



PŘÍRODOVĚDECKÁ  
FAKULTA  
Univerzita Karlova

Přírodovědecká fakulta Univerzita Karlova



Ústřední komise Biologické olympiády

Biologická olympiáda

59. ročník

školní rok 2024–2025

**Studijní text k tématu**

**OBRANA,**

**ANEB JAK NEBÝT SEŽRÁN**

kategorie C a D

Praha 2024

**OBSAH**

1. Úvod .....	3
2. Jak s textem pracovat .....	3
3. Jak se brání rostliny .....	5
3.1. Mechanická obrana rostlin .....	5
3.2. Chemická obrana rostlin .....	14
4. Jak se brání živočichové .....	22
4.1. Žahavci .....	22
4.2. Kroužkovci .....	23
4.3. Měkkýši .....	24
4.4. Členovci .....	29
4.5. Ostnokožci .....	45
4.6. Kruhoústí .....	47
4.7. Paryby .....	48
4.8. Ryby .....	49
4.9. Obojživelníci .....	53
4.10. Plazi .....	56
4.11. Ptáci .....	64
4.12. Savci .....	73
5. Shrňme si to .....	86
5.1. Typy obrany .....	86
5.2. Rozdíly mezi rostlinami a živočichy .....	87
5.3. Maskování a barvoměna .....	87
5.4. Maskování a narušení obrysu těla .....	88
5.5. Zastráňování a varování .....	88
5.6. Obranné chování .....	88
5.7. Únikové chování .....	89
5.8. Nejlepší je kombinace .....	90
6. Mechanismy obrany v těle obratlovců .....	91
– určeno pro okresní a krajská kola kategorie C a krajská kola kategorie D	
7. Imunita .....	95
– určeno pro okresní a krajská kola kategorie C a krajská kola kategorie D	
7.1. Co je to imunita? .....	95
7.2. Čím je obrana zajištěna? .....	96
7.3. Buňky imunitního systému .....	100
8. Něco navíc, aneb kaleidoskop zajímavostí .....	105
– nepovinný doplněk, který <b>není určen k přípravě</b> na soutěž.	
9. Zdroje .....	122

Autoři: Klára Dragová, Veronika Francová, Jarmila Ichová, Hana Korčáková, Lucie Starčevská

Editoři: Romana Anděrová, Jana Dobroruková, Jiří Hotový, Ivo Králíček

Recenzenti: Michal Bílý, Jan Černý

## 1. ÚVOD

**Krásná lidská zásada pro soužití hlásá: „Žít a nechat žít“. Pro vztahy v přírodě však platí spíše zásada: „Sežrat a nebýt sežrán“.**

Každý organismus se snaží uspět, přežít, a nejen to – pokud možno prospívat. K tomu si ale potřebuje zajistit přísun energie a dalších zdrojů nezbytných pro život. Pokud se jedná o rostlinu, znamená to hlavně mít dostatek slunečního světla a zachytit potřebné množství vody a minerálních látek. V případě živočichů zase sehnat si co nejvíce vhodné potraviny. Ve výsledku vše směřuje k tomu, aby organismy zajistily dostatek potomků a tím zachovaly populaci svého druhu a dále šířily své geny. To je první část úvodní zásady, tedy „Sežrat...“.

Proti tomu ale stojí druhá část – „...a nebýt sežrán“. Pokud totiž příliš vyrostu nebo až moc horlivě sháním potravu, určitě si mě někdo všimne a hned se mě pokusí sežrat. Pak se nerozmnožím, nepředám své geny dál. Tomu se samozřejmě chci za každou cenu vyhnout, tudíž se musím bránit.

U živých organismů se postupně vyvinula nepřeborná škála obranných mechanismů a strategií, které jim pomáhají vyhnout se onomu „být sežrán“. Tyto mechanismy pochopitelně něco stojí (energii, zdroje), a je tedy třeba najít rovnováhu mezi tím, co organismus na jedné straně získá (poroste, bude mít dost energie a zdrojů potravy...), a co naopak na straně druhé musí vydat na svou obranu. Pokud totiž investuje do obrany až moc, nezůstane mu nic na produkci a zajištění potomstva, tedy na rozmnožování, a tudíž zachování druhu.

Co bylo dosud řečeno, se týká všech živých organismů, v našem textu se ale soustředíme na rostliny a živočichy. Seznámíte se s různými mechanismy a strategiemi obrany, které se u nich vyvinuly a jež jim pomáhají zvýšit jejich šanci na přežití a rozmnožení se.

Doufáme, že se vám bude přípravný text dobře číst a dovíte se spoustu zajímavých informací.

## 2. JAK S TEXTEM PRACOVAT

V textu jsou **jména organismů** psána **tučně**. S dalšími tučně vyznačenými jmény organismů se setkáte v **Seznamu organismů určeném pro teoretickou část soutěže**. To jsou ta, s nimiž se můžete setkat v otázkách **školního kola**. Při přípravě na školní kolo jim věnujte pozornost. Ve **vyšších kolech** se může v otázkách objevit kterýkoliv z organismů tučně zvýrazněných v tomto přípravném textu.

Pojmy psané *kurzívou* a případně ještě uvedené v závorce se **nemusíte** učit.

Některé kapitoly jsou určeny **pouze pro okresní nebo krajská kola**, ve školním kole se údaje z těchto kapitol neobjeví. Tato informace je před každou z těchto kapitol uvedena a **text je v rámečku**.

V textu je mnoho **obrázků a fotografií** probíraných organismů, ale samozřejmě tam nejsou všechny. Pokud nebudete vědět, jak organismus vypadá, najděte si jeho obrázek na internetu ([www.biolib.cz](http://www.biolib.cz)), abyste si ho dokázali představit a spojit s jeho způsobem obrany. Nechybí ani odkazy na zajímavá **videa**. Pokud vám nejdou otevřít přímo kliknutím s klávesou ctrl, musíte si odkaz vykopírovat a vložit do vyhledávacího řádku prohlížeče.

V materiálech pro Biologickou olympiádu najdete jako vždy i **Seznam organismů pro přípravu na praktickou část soutěže** (poznávání přírodnin). Jména organismů, které jsme zařadili do školního kola Biologické olympiády a ze kterých vám vaši učitelé připraví ve školním kole „poznávačku“, jsou v Seznamu organismů pro přípravu na praktickou část soutěže zvýrazněna **tučně**.

### **NĚCO NAVÍC, aneb kaleidoskop zajímavostí**

Téma tohoto ročníku Biologické olympiády je natolik poutavé, že jsme neodolali a jako malý bonus jsme připravili přílohu sestavenou z kaleidoskopu zajímavostí, které se tématu týkají. Odkazy na ně najdete v textu označené šipkou a psané *kurzívou*: ► *Něco navíc*:... Nic z toho se samozřejmě neobjeví v žádném kole soutěže, ale třeba si texty rádi přečtete nebo je využijí učitelé.

## **3. JAK SE BRÁNÍ ROSTLINY**

**Pojďme se nejprve podívat na rostliny. Fotosyntéza, která probíhá v jejich buňkách, je základním biochemickým dějem, který nám umožňuje naši modrou planetu obývat. Vegetace na nás působí svou zelenou barvou uklidňujícím dojmem, ale pro řadu býložravců je obrovským magnetem. Pro tyto konzumenty jsou rostliny hlavním zdrojem potravy. Ale i rostliny se dokážou bránit.**

### 3.1. MECHANICKÁ OBRANA ROSTLIN

#### **Pozor, to píchá!**

Když člověk chce zabránit průniku kohosi či čehosi do určitých míst, použije například ostnatý drát, který dokáže případného narušitele odradit. Jestli jste se někdy pokoušeli projít houštím, vaše problémy se mnohonásobně zvětšily, pokud byly keře opatřeny pichlavými výrůstky. Vzpomeňte si třeba na potíže prince v pohádce Šípková Růženka! Příroda vytvořila nepřeberné množství různých pichlavých struktur, jejichž hlavním cílem je zabránit, aby byly rostliny sežrány. Všechny tyto útvary vznikaly nezávisle na sobě u různých skupin rostlin a z různých částí jejich těla.

#### Kolce

Zkrácené postranní větvičky **u hlohu, hrušně** nebo **trnky** se často přeměňují na kolce s pichlavou špičkou, které jsou tudíž stonkového původu a mohou být rozvětvené. Po stranách kolců můžou z pupenů vyrůstat jak listy, tak i květy a poté i plody. Od hlavní větve se kolce dají jen obtížně odlomit, jsou s ní pevně spojené.



Obr. 1: Kolce trnky

#### Trny

Trny **dříšťálu** či různých druhů **kaktusů** jsou hladké, bez dalších útvarů. Vznikly přeměnou listů nebo jejich úkrojků a podobně jako kolce se nedají snadno odlomit. U kaktusů jsou trny ukázkou přizpůsobení se těchto rostlin prostředí, kde je málo

vody. Klasické listy kaktusům chybí, rostlina by jejich plochou zbytečně ztrácela vodu, a tak přeměnou listů vznikl útvar, který pomáhá odolávat velkým býložravcům.



Obr. 2: Trny kaktusu jsou přeměněné listy.

Jestli jste někdy pozorovali trny u **akátu**, možná jste si všimli, že se nacházejí na bázi listu (ten je u akátu lichozpeřený). Tyto trny vám doporučujeme prohlédnout si v jarních měsících, kdy jsou ještě měkké.

Vznikají přeměnou částí listů, kterým říkáme palisty, jež vyrůstají u báze listu.



Obr. 3: Trny trnovníku akátu (vlevo) a dřišťálu (vpravo)

Některé druhy **akácií** (kapinic) mají obranu ještě důkladnější. Jejich trny jsou u báze zduřelé a duté. Poskytují ochranu mravencům, kteří rostlinu před případným žrutem listů brání. Jejich agresivita dokáže většinu býložravců odradit. Vyhýbají se jim dokonce i sloni, kteří mají citlivý chobot a mravenčí obrana je jim nepříjemná.

Deštníkovitá podoba některých druhů akácií rostoucích v africké savaně tak, jak ji znáte z přírodopisných dokumentů, vzniká souhrou řady faktorů. Mladé akácie rostou ve větších skupinách, a když mají dostatek živin, vytvoří hustou houštinu. Jejich listy jsou snadno dostupné například pro antilopy, které ale nedosáhnou na středové

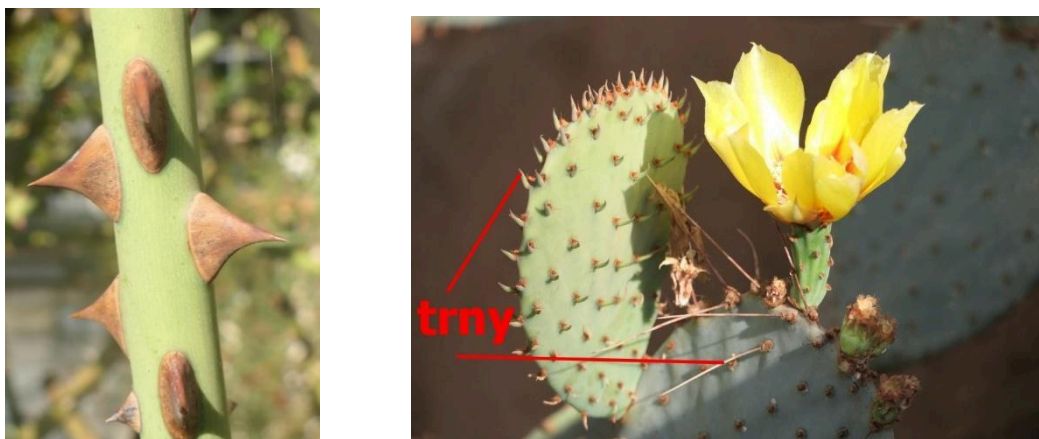
jedince. Ti pak rostou velmi rychle do výšky a ční z houštiny jako stožár. Centrální strom sílí, odebírá živiny postranním větvím, které postupně usychají. Když doroste do dostatečné výšky, jedinými velkými konzumenty listů jsou **žirafy**. Mají velmi obratný jazyk pokrytý hustými slinami a pohyblivé pysky s tuhou kůží. Proto jim nečiní problémy otrhat listy i z trnité větve a rozčilení mravenci jim nevadí.

Akácie mají ještě jednu obrannou superschopnost. Při větším poškození býložravci vytvářejí chemické látky, které se hromadí v listech a poté se uvolňují do okolí. Tyto chemické signály jsou schopné zachytit akácie v okolí a začnou rovněž vylučovat do listů „poplašné“ chemické látky. A tak býložravec, kterému proto přestane akácie chutnat, musí často urazit velkou vzdálenost, než narazí na strom, který nebyl chemickým signálem varován. Je to určitá forma komunikace mezi rostlinami, kdy jedna rostlina je schopna signalizovat ostatním v okolí nějaké ohrožení, a ony na to zpravidla zareagují. A pak že rostliny nemluví!

► *Něco navíc: Akácie, mravenci a žirafy (s. 105)*

### Ostny

To, co vás píchne, když si sáhnete na větvíčku **ostružníku**, **angreštu** nebo **růže**, nazývají botanici ostny. Vznikají z pokožkových buněk. Ostny můžete snadno odlomit a pak na stonku uvidíte stopy vodivých pletiv, které zajišťují rozvod látek v těle rostlin, ale do ostnu (na rozdíl od kolce a trnu) nezasahují.



Obr. 4: Ostny růže (vlevo) a trny opuncie (vpravo)

Při cestách do Středomoří či jiných teplých oblastí si můžete pochutnat na velmi sladkých plodech **opuncí** neboli nopálů. Dejte si ale pozor, protože na plodech se nacházejí drobné ostny, které jsou zahnuté jako háčky a snadno pronikají do pokožky

i sliznice jazyka. Pokud je nejdříve pečlivě neodstraní, jejich konzumace může mít nepříjemné následky. Plody opuncí, které lze koupit v obchodě, jsou již bez ostnů. Mimo to má rostlina na stoncích i dlouhé a tuhé trny, často zpevněné křemičitými látkami, které vyrůstají z plochých stonkových článků.

### Ostnité listy

Řada rostlin má ostnité pouze okraje listů (například **bodlák**, **pcháč**, **máčka**, **pupava**, **ostropestřec**, **cesmína**) nebo plodů (jako jsou ostnité tobolky **jírovce** nebo **skočce** či ostnitá číška **buku** kryjící nažky).



Obr. 5: Máčka plocholistá (vlevo) a máčka alpská (vpravo) mají ostnité okraje listů.

### **I rostliny mohou mít kožíšek**

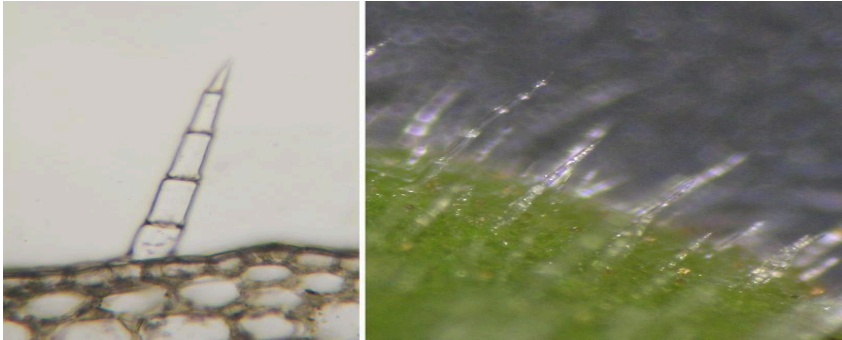
Víte, jak vypadají listy **divizny**? Ano, jsou na první pohled chlupaté. Máte doma mezi pokojovými rostlinami **jonátku** neboli **africkou fialku**? Pohláďte její list. Je na dotek jakoby sametový. Útvary, které listu dodávají hebkost, jsou krycí chlupy neboli krycí trichomy. Krycí trichomy se podílejí především na ochraně před vnějším prostředím. Vnitřek trichomů je často vyplněn vzduchem, což vytváří skvělou clonu, která chrání rostlinu před přehřátím, promrznutím nebo nadměrným výparem.

Krycí trichomy ale představují i mechanickou obranu rostlin. Jsou bariérou pro drobné zástupce býložravého hmyzu, kteří by si jinak na listu rádi pochutnali.

Rostlina tak chrání svou zelenou továrnu, ve které probíhá fotosyntéza. Zároveň krycí trichomy odradí hmyz od kladení vajíček a ztěžují i samotný pohyb po listu nebo po chlupatém stonku. Nejlépe se o stavbě trichomů přesvědčíte, když se na ně podíváte na preparátu pod mikroskopem. Zkoumání trichomů různých druhů rostlin by pro vás mohla být zajímavá zábava. Trichomy se liší počtem buněk, větvením i tvarem. Pokud si je vyfotografujete přes okulár mikroskopu (třeba pomocí



fotoaparátu v mobilu), můžete si vytvořit i jejich atlas. (Poznámka: Inspiraci pro jeho tvorbu najdete například v této práci: [BP Trichomy Husičková - finální verze \(theses.cz\)](https://theses.cz/bp/trichomy).)



Obr. 6: Krycí trichomy listu africké fialky



Obr. 7: Krycí trichomy listu divizny

### Zrádná vůně

U některých rostlin se kombinuje mechanická obrana s chemickou. Žláznaté trichomy obsahují vonné látky (silice), které mohou případně býložravce odradit (pokud jim je vůně nepříjemná), ale také mohou způsobit poleptání, či dokonce zalepení ústního ústrojí apod.). Najdeme je u rostlin z čeledi **hluchavkovitých** nebo u **muškátů**, které máte vy nebo někdo ze sousedů na okenním parapetu.

### Au, au, ty kopřivy tak krásně pálí, radoval se Radovan

List kopřivy se vám asi nebude chtít hladit, protože se nechcete popálit. **Kopřivy** mají pro svou obranu před býložravci vytvořené žahavé trichomy. Jejich stěny jsou zpevněny oxidem křemičitým, což je materiál, ze kterého je sklo. Při dotyku se tenká, křehká špička trichomu ulomí a může narušit pokožku. Následně dojde k vylití koktejlu chemických látek, které trichom obsahuje, do ranky. V pokožce způsobí podráždění, pálení, svědění a otok. Projevy jsou podobné nepříjemné alergické reakci, a proto se většina velkých býložravců těmto rostlinám vyhýbá. Nechtějí mít popálené čumáčky. To housenky babočky admirála nebo kopřivové jsou schopny se po listech kopřivy pohybovat tak, že trichomy nezlomí.

► *Něco navíc: Zrádný kopřivák (s. 106)*

## Rostliny v brnění

### Kutikula

Obranou funkci může mít i samotný povrch rostlin, obzvlášť pokud je nějak speciálně upraven. Na povrchu pokožkových buněk je obvykle vrstva kutikuly, která je nebuněčná a odpuzuje vodu. Zabraňuje průniku nejrůznějších patogenů – virů, bakterií nebo spor hub – do těla rostlin. Vytváří voskovitý povrch, který zároveň plní řadu dalších funkcí (omezuje ztráty vody, působí jako izolační vrstva apod.).

Kožovitými a na okrajích navíc pilovitými listy se brání **cesmíny**. Také velmi tuhé stonky **sítin** jsou názornými příklady obrany rostlin před býložravci.

Trhali jste někdy **ostřici** nebo **srhu říznačku**? O tyto rostliny se můžete nepříjemně pořezat i vy, tak si představte, jak působí na měkký jazyk býložravého savce. Je to způsobeno ukládáním křemičitých sloučenin, díky nimž mohou být listy ostré jako skleněný stěp. Když už se býložravci do této potravy přece jen pustí, mají další problém, protože jim způsobuje obrušování zubů.

### **Užitečná borka**

Ochrannou funkci u dřevin má borka, která vytváří charakteristické struktury na povrchu dřevnatých stonků (kmenů a větví). Pro každý druh dřeviny je svým vzhledem typická a v zimních měsících můžete podle ní určovat jednotlivé druhy stromů. Borka vytváří jistý typ hradby, který znesnadňuje například sporám hub, virovým nebo bakteriálním patogenům proniknutí do těla dřevin. Zároveň může odradit některé druhy býložravců.

### **Smíšená obrana**

Jehličnany se nebrání okusu jen mechanicky, ale často tuto obranu kombinují s chemickými „zbraněmi“. Ve stoncích a jehlicích můžete pod mikroskopem pozorovat pryskyřičné kanálky. Pryskyřice velmi dobře zaceluje rány, ale dokáže zalepit ústní ústrojí nejrůznějších druhů hmyzu nebo zalít celé jeho tělo. Právě výrony pryskyřice mohou být počátečním signálem, který upozorní na napadení stromu **lýkožroutem** (brouk patřící mezi kůrovce).

Když je ale tato první obranná linie stromu překonána, přestane pryskyřice vylučovat. Její tvorba totiž pro rostlinu znamená velký energetický výdej. Proto když dojde k přemnožení lýkožrouků nebo k oslabení **smrku** či jiného jehličnanu vnějšími podmínkami (například v důsledku nedostatku srážek), pak už se smrk ubránit

nedokáže. V posledních letech jste mohli být svědky kůrovcových kalamit v některých našich regionech. Vznikl proto speciální projekt, který monitoruje lýkožrouty v českých lesích.

► *Něco navíc: Jak bojovat s kůrovcem (s. 106)*

### Tento text je určen pro okresní a krajské kolo

#### Jak pomůže lignin?

Některé rostliny dokážou znesnadnit pronikání celé škály organismů do těla tím, že je jejich dřevo obohaceno o látku zvanou lignin. Dřevo představuje důležitou součást těla rostlin. Jde o část vodivých pletiv, která v rostlinách vedou vodu a minerální látky získané kořeny. V případě napadení rostliny dochází ke zvýšené tvorbě ligninu, takže je pak pro býložravce méně výživná, a tudíž méně lákavá jako potrava.

Lignin je součástí sklerenchymu, speciálního pletiva, které má silně ztlustlé buněčné stěny. Jednotlivé buňky jsou většinou již mrtvé a vytvářejí velmi výraznou překážku. Jen si vzpomeňte na tvrdé hrudky v dužnině **hrušky**. Právě ty jsou tvořeny sklerenchymatickými buňkami zpevněnými ligninem. Podobné pletivo zpevněné ligninem se nachází i ve skořápkách oříšků **lísky** nebo „pecky“ **orešáku**. Tuto bariéru



naleznete také u dalších plodů a semen. Je tak pevná, že ji nedokážou poškodit ani trávicí procesy většiny býložravců. Proto můžete pozorovat pecky **třešní** v trusu některých živočichů, jako jsou **kuny** nebo **lišky**.

Obr. 8: Šipkami je označeno sklerenchymatické pletivo chránící semeno kokosovníku.

#### Co dovedou šišky

Většina jehličnanů uzavírá semena do dřevnatějících šištic, které jim poskytují dostatečnou ochranu, dokud nedozrají a za vhodných podmínek nevypadají. Šišky

jsou schopné dokonale načasovat uvolnění semen. Za vlhka jsou zavřené a otevírají se v době sucha, kdy mají okřídlená semena možnost odletět co nejdál od mateřské rostliny. Někteří živočichové nicméně ovládají způsob, jak šišku otevřít a dostat se k semenům.



Obr. 9: Jestli jste se někdy podívovali nad neobvyklým tvarem zobáku **křivky**, tak vězte, že funguje jako dokonalý otvírák. Křivka dokáže oddálit šupiny v šišce tak, aby se jazykem dostala přímo k semení.

### Také buňky se brání

Každá rostlinná buňka je opatřena svým vlastním brněním – buněčnou stěnou z celulózy (*složitý sacharid*). Kromě toho, že pomáhá držet tvar buňky a tvoří její obranný val, je tento materiál pro většinu živočichů těžce stravitelný. Poradí si s ním ale například některé bakterie nebo houby.

### UŽ? Ještě ne!

Jednou z cest, jak se bránit a nebýt sežrán, je pro rostliny možnost uniknout v prostoru a čase. To je důvodem, proč se setkáme s vyšší produkcí semen řady dřevin (například **buku** nebo **dubu**) jen v určitých letech. Takové období je označováno jako semenný rok. Mimo semenné roky je produkce semen a plodů nízká a uživí tak jen malou populaci býložravců. Když přijde semenný rok, býložravci se nestihnou tak rychle namnožit a značné množství semen a plodů má tak šanci uniknout býložravcům a dát základ novým rostlinám.

### Tento text je určen pro okresní a krajské kolo

#### Hra na schovávanou

Uniknout pozornosti býložravců je možné prostřednictvím dokonalého maskování. Pro tropické deštné lesy je charakteristický výrazný výskyt epifytů – rostlin, které



využívají jako oporu jiné rostliny. Mnohé z nich znáte jako pokojové rostliny (různé druhy **bromélií**, kapradina **parožnatka** a další). V přírodě rostou v korunách stromů, čímž se dostávají na světlo a zároveň unikají

před pozemními býložravci. Velmi často mají dělené a vzorované listy, které jim pomáhají splynout s prostředím a zároveň uniknout zrakům i těch býložravců, kteří se ve vyšších patrech korun stromů pohybují.



Obr. 10: Vlevo – bromélie, vpravo

– kapradina parožnatka

Africké sukulentní rostliny **lithopsy**

naopak rostou na zemi, kde dokonale splývají s podkladem.

Vytvářejí dva dužnaté listy, které jsou velmi bohatě žilkované, a při pohledu shora si je býložravec může snadno splést s kameny, které jsou všude okolo. Proto se pro ně vžilo i české označení „živé kameny“.



Obr. 11: Lithopsy

### I když mám hlad, tebe žrát nebudu!

Když si sednete ke stolu, vaši chuť k jídlu ovlivňuje i to, jak jídlo vypadá. Proto vypadat nechutně je cesta, jak si některé rostliny chrání listy před okusem.

#### Citlivka je citlivá

Když budete mít možnost pozorovat listy **citlivky stydlivé** (nejspíš v botanické zahradě, například v Liberci či pražské Troji, nebo někdy i v květinářství), všimněte si na bázi listu drobných ztlustěnin. Obsahují buňky, které dokážou rychle měnit množství vody, již obsahují. V důsledku změny jejího množství, a tedy i tlaku na okolní buňky, dochází ke sklápění nejen celých zpeřených listů (je to podobný fyzikální princip, jako když rostlinu nezalejete – taky sklopí listy), ale i jednotlivých lístků. Když začne býložravec citlivku okusovat, citlivka svěsí listy a vypadá, jako kdyby žádné neměla. Většinou tak strážníka odradí jak náhlým pohybem listu, tak

následným zvadlým vzhledem. Rychlost, jakou se šíří signál pro sklopení lístků, je obdivuhodná – během několika vteřin rostlina vypadá pro býložravce nevábne. Podstatou této rychlosti je opět změna tlaku vody ve ztluštěninách. Při podrobnějším zkoumání citlivky zjistíte, že to není její jediná obranná strategie. Kromě toho, že některé druhy jsou opatřené trny, vylučuje rostlina chemické látky, které působí dávivě. Proto v případě, že zkusíte, jak reagují její listy, doporučujeme si pak umýt ruce.

### Proč nejsou mladé listy zelené?

Mladé listy některých tropických rostlin, například **kávovníků**, jsou velmi křehké a chutné. Zároveň jsou tyto listy zpočátku zbarveny do červena nebo do fialova. To jsou barvy, které nejsou pro býložravce tolik přitažlivé jako zelená, a tak je nechají na pokoji. Aby rostlina ochránila listy před býložravci i později, vytvoří v nich řadu chemických látek, které způsobí jejich nechutnost v době, kdy jsou listy už zelené. Změnu ve zbarvení listů můžete doma pozorovat u pokojových rostlin, které pocházejí z tropů, nebo v naší přírodě u mladých listů dubů či jasanů.



Obr. 12: Mladé listy tohoto tropického stromu (*Brownea*, česky ovláčeň) jsou načervenalé, zatímco starší listy jsou zelené.

► *Něco navíc: Jak oklamat motýly (s. 107)*

### **3.2. CHEMICKÁ OBRANA ROSTLIN, aneb „káva od Maryši“**

Víte, že je docela náročné najít v přírodě něco dobrého k jídlu? Jak jste měli možnost zjistit již v předchozí části textu, mechanická obrana není jediný způsob rostlin, jak se bránit proti býložravcům. Využívají ve značné míře i nejrůznější chemické zbraně. Některé působí otravy, jiné jsou pro býložravce pouze nechutné. Více než 10 % druhů suchozemských rostlin obsahuje jedovaté **alkaloidy** (například **mák**, **ruřík**, **durman** nebo **ocún**). Ještě větší procento rostlin má v sobě jedovaté **glykosidy** (například **konvalinka**, **jírovec**, nazelenalé **brambory** nebo některé **brukvovité**

rostliny). Jedovaté látky se mohou vyskytovat v jakékoliv části těla rostliny nebo je rostliny mají koncentrovány pouze v určitém orgánu (kořen, stonek, list, květ, plod). Jedovatost je velmi relativní – co je pro jeden druh jedovaté, pro jiný druh být jedovaté nemusí. Jistě máte rádi čokoládu, kakao, čaj, případně hroznové víno. Všechno jsou to potraviny, které nám chutnají. Kdo však máte doma psího mazlíčka, tak jistě víte, že mu tyto dobroty nedopřejete, protože by mu neudělaly dobře.

### Neustálé soutěžení

Jak jste se dověděli z předchozího textu, vztahy mezi rostlinami a živočichy se neustále vyvíjejí, a tak můžeme sledovat, jak se někteří živočichové dokázali vypořádat s nástrahami, které na ně rostliny připravily. Toto vzájemné přetahování představuje boj mezi dvěma světy a je hybnou silou jejich společného vývoje, který označujeme jako koevoluci. Je logické, že právě býložravci se s jedovatostí rostlin museli vypořádat lépe než masožravci. Přitom s jedovatostí rostlin je to někdy docela složité. Některé druhy jsou jedovaté jen v případě, že jsou okusovány býložravcem nebo napadeny nějakým patogenem. Rovněž vnější podmínky mohou sehrát svou roli. Například v době sucha, kdy se dá předpokládat, že bude nouze o dostatek rostlinné potravy, rostliny produkují větší množství jedovatých látek.

### Stejně tě sním!

Co vede některé živočichy ke konzumaci jedovatých rostlin? Důvodů může víc.

- Mohou být velmi výživné, třeba díky vysokému obsahu bílkovin. Například **vlnice**, v České republice vzácná ohrožená rostlina, má až dvacetiprocentní obsah bílkovin.
- Určité druhy jedovatých rostlin jsou někdy chutné. Například **oměj** je při požití zprvu nasládlý, nepříjemná chuť se dostaví až po několika minutách.



Obr. 13: Vlevo – vllice chlupatá, vpravo – oměj šalounek

► Řada rostlin obsahuje návykové alkaloidy, které nutí býložravce znovu je konzumovat, stejně jako drogově závislý člověk má touhu znovu si vzít drogu (patří k nim **durman**, **kávovník**, nezralý **mák**, **kýchavice** nebo výše zmíněná vlnice).

### **Tento text je určen pro okresní a krajské kolo**

#### **Jedy, kam se podíváš**

Nejběžnějšími skupinami jedovatých látek v rostlinách jsou **taniny**, **alkaloidy**, **terpeny** a **glykosidy**. Jednotlivé skupiny látek si projdeme v následujících odstavcích. Poté se seznámíme s chemickými sloučeninami, které do těchto skupin nepatří (**kyselina šťavelová**, **kyanovodík**, směs látek v podobě **mléka** neboli **latexu**).

#### **Taniny (neboli třísloviny)**

Mají většinou hořkou nebo svíravou chuť, což živočicha často odradí od konzumace dané rostliny. Zažili jste třeba chuť velmi silného černého čaje? Tak to je přesně ono! U kopytníků mohou taniny negativně ovlivnit trávení celulózy. Buď tím, že zabíjejí symbiotické organismy v jejich trávicí soustavě, nebo tím, že narušují strukturu enzymů sloužících k rozkladu celulózy.

#### **Alkaloidy**

Jsou to sloučeniny, které mají ve své molekule zabudovaný dusík. Velmi často jsou odvozeny od aminokyselin, základních stavebních jednotek bílkovin. U živočichů mohou vyvolat zvracení, halucinace a v některých případech mohou vést až k ochrnutí. Známe jich přes 7 000 druhů, o mnoha z nich jste už zřejmě slyšeli. Připomeňme si některé nejznámější a jejich působení:

- **kofein** a podobné sloučeniny z **čajovníku**, **kávovníku**, **kolovníku** a **kakaovníku** (povzbuzení organismu)
- **nikotin** z **tabáku** (povzbuzení organismu, návyková látka)
- **chinin** z kůry **chinovníku** (léčení malárie)
- **piperin** z **pepřovníku** (pálivá chuť)
- **taxin** z **tisu** (silný jed pro většinu živočichů)
- **ricin** ze **skočce** (silný jed pro většinu živočichů)
- **strychnin** z **kulčiby** (silný jed, používal se proti hlodavcům)
- **kokain** z jihoamerického keře **koky** (povzbuzení organismu, oblíbená zvláště ve vysokohorském prostředí, návyková látka)

► *Něco navíc: Vysokohorský čaj (s. 107)*



**Tis červený** je prakticky celý jedovatý, obsahuje alkaloid taxin. Jedinou výjimkou je červený míšek, který obaluje semeno. Rostlina výraznou červenou barvou míšku láká ptáky nebo jezevce na sladkou odměnu a oni pak šíří její semena. Před pár lety byli v přírodě pozorováni jezevci, jak hodují na tis. Když vědci zkoumali jejich trus, zjistili, že semena projdou jejich zažívacím traktem bez porušení, čímž nedojde k uvolnění jedovatých látek, které semeno chrání. Semena jsou pak zanesena na místa, kde se mohou uchytit a najít nový životní prostor.



Obr. 14: Míšek ukryvající semeno tisu

U některých rostlin jsou plody jedovaté pouze v době své nezralosti (například tropická rostlina **liči** nebo nezralá **rajčata**). Znesnadňují tak případnou konzumaci ještě před tím, než dojde k dozrání semen.

**Brambory** jíte jistě s chutí. Ale prakticky celá zelená rostlina je jedovatá, protože obsahuje alkaloidy, které chrání všechny zelené části. Jen hlízy tento jed neobsahují. Pokud se ale hlízy dostanou na povrch, zezelenají a stanou se rovněž jedovatými. Je to způsob, jak zabránit jejich konzumaci býložravci.

Zástupci některých čeledí rostlin obsahují pestré směsice alkaloidů. Jsou to například pryskyřníkovité (**oměj**, **pryskyřník**, **sasanka**) nebo mákovité (**vlaštovičník**, **mák** – jeho opium je směsí asi 25 alkaloidů a má uklidňující až tlumivý účinek). Z lilkovitých možná znáte jedovaté rostliny **rulík**, **blín** nebo **durman**, které obsahují **atropin**. Tato látka působí na nervovou soustavu, způsobuje zrychlení srdeční činnosti a následně bezvědomí až smrt. Dalšími známými rostlinami, které obsahují více alkaloidů, jsou **ocún jesenní** nebo **kýchavice**, které patří mezi jednoděložné rostliny.

### Tento text je určen pro okresní a krajské kolo

#### Smrtící kurare

Možná jste už slyšeli nebo četli o šípových jedech, které používají lovci domorodých kmenů Jižní Ameriky. Jedním z nejznámějších je kurare (*obsahující strychnin*), který se získává z kůry některých stromů (například kulčiby dávivé) a způsobuje ochrnutí.

Účinnou látkou je alkaloid, který paralyzuje svaly, je ale nebezpečný pouze v případě, když se dostane do krevního řečiště. Proto se takto zasažené zvíře bez problémů může dál tepelně upravit a konzumovat. Účinku této látky využívali v minulých stoletích lékaři při operacích, protože operovaný pacient zůstal nehybně ležet a bylo potřeba jen udržovat umělé dýchání. Jed totiž dýchací svaly vyřadil z činnosti.

## Terpeny

Jsou označovány také jako **silice** nebo **éterické oleje**. Jsou nerozpustné ve vodě a mají menší hustotu než voda. Jsou těkavé, na vzduchu se rychle vypařují.

V rostlinách je nalezneme například ve žláznatých trichomech a často i v různých mezibuněčných prostorech. Jejich společným znakem je výrazná vůně. Kromě obrany před sežráním nebo proniknutím mikrobiálních či houbových patogenů je jejich důležitou funkcí v některých případech i nalákat opylovače. Terpeny jsou obsaženy například v **jehličnanech**, **citrusech**, hluchavkovitých (**máta**, **šalvěj** nebo **tymián**) a miříkovitých (**kmín**, **fenykl**, **koriandr**). Některé terpeny však působí negativně na mikroorganismy v trávicí soustavě kopytníků, jimž tyto mikroorganismy pomáhají při trávení rostlinné potravy.

## Tento text je určen pro okresní a krajské kolo

### Glykosidy

Mají hořkou až palčivou chuť. Příkladem může být amygdalin, který se nachází třeba v semenech **meruněk** a **broskví**. Další úpravou této látky během trávení může vznikat velmi jedovatý kyanovodík. Z glykosidů zmíníme ještě **digitalin** z **náprstníku**, který se v lékařství používá k povzbuzení srdeční činnosti.

► *Něco navíc: Záhada van Gogha (s. 108)*

### Kyselina šťavelová

Je další známou jedovatou látkou obsaženou v rostlinách. Nachází se například ve **šťovíku**, **šťavelu**, **rebarboře** nebo ve **špenátu**. Váže se v krvi na dostupný vápník, čímž blokuje jeho vstřebávání, a navíc vzniklý šťavelan vápenatý může způsobovat tvorbu ledvinových kamenů.

► *Něco navíc: Tajemství české hospodyňky (s. 108)*

**Maniok a kolokázie** (taro) jsou tropické rostliny, které se v tropech ve velkém pěstují pro jedlé hlízy. Rovněž obsahují krystalky šťavelanu vápenatého.

**Diefenbachie** a některé další áronovité rostliny využívají rovněž tuto zbraň. Krystalky šťavelanu se zabodávají do sliznic a na jejich přítomnost reagují bílé krvinky, které uvolňují histamin, čímž mohou vyvolat nepříjemné otoky, které někdy vedou až k udušení.

► *Něco navíc: Zrádná vůně hořkých mandlí (s. 108)*

### **Mléko (latex)**

Tato tekutina patří mezi účinné chemické zbraně rostlin. Můžete ji pozorovat u **pryščů** nebo některých hvězdicovitých rostlin, jako je **pampeliška**. Mléko je shromažďováno ve speciálním typu pletiva, takzvaných mléčnicích. Ty mohou vystupovat na povrch rostliny drobnými bradavičkami na stoncích nebo plodech. Mléko z nich vytéká, jakmile jsou mechanicky poškozeny.

**Pryšec nádherný** („vánoční hvězda“) je jedním ze symbolů Vánoc. Když utrhnete list nebo zlomíte stonek, můžete pozorovat vytékající mléko, které je slabě jedovaté. Dávejte zejména pozor, aby se vám nedostalo do očí.

I latex našich pryščů (**pryšec chvojka, kolovratec**) odrazuje větší býložravce, protože je nechutný, a drobnému hmyzu může doslova zalepit ústní ústrojí.

Mléko **klejichy** je pro většinu zvířat velmi toxické, způsobuje srdeční kolaps. Pro housenky motýla **monarchy stěhovavého** jsou to nicméně živné rostliny. Jedovatou složku latexu sice nedokážou rozložit, ale jsou schopny ji izolovat a uložit v nezměněné podobě ve svém těle. Mohou ji pak využít k obraně nejen jako housenky, ale i jako dospělci, protože v jejich těle zůstává i po proměně (metamorfóze).

► *Něco navíc: Zběhovce a motýli (s. 108)*

### **S jedem si poradím**

Někteří živočichové se naučili, jak se s jedovatými látkami v rostlinách vypořádat. Zajímavé chování bylo pozorováno u jihoamerických papoušků rodu **ara**. Při sběru potravy se nevyhýbají ani jedovatým rostlinám. Poté, co se nakrmí, zkonsumují také jííl. Jílovité částice na sebe v jejich zažívacím ústrojí navážou jedovaté látky a tím účinky jedů potlačí. Funguje to podobně jako u člověka, který si v případě zažívacích problémů vezme tabletu živočišného uhlí.

**Nežer mě, nebudu ti chutnat!**

Někdy rostliny neobsahují látky vysloveně jedovaté, ale spíše nechutné nebo zapáchající. Jsou to například sirmé sloučeniny v brukvovitých rostlinách, třeba v **hořčici** nebo v **řeřiše**, které chutnají štiplavě až pálivě. Vznikají při štěpení glykosidů a jsou jedovaté až ve velkém množství, často ale býložravcům nechutnají. (I když některým naopak ano – třeba housenkám běláška zelného nebo i lidem.) Býložravci obvykle nemají rádi ani oblíbenou balkonovou rostlinu **muškát (pelargonie)**, která vylučuje páchnoucí terpeny (viz též str. 9).

**Tento text je určen pro okresní a krajské kolo**

**Aksamitník** (afrikán), **chryzantéma** nebo **kopretina** obsahují páchnoucí látku *pyrethrin* působící na hmyz a také na půdní hlístice háďátka odpudivě (repelentně). Jestliže se na zahradě potřebujete zbavit háďátek, vysaďte zároveň na záhon afrikány. Z *pyrethrinu* a podobných látek se vyrábí řada prostředků na hubení hmyzu. Pokud v prstech rozemnete **pelyněk** (například u nás velmi častý pelyněk černobýl), ucítíte výrazné kořenité aroma způsobené směsí látek, hlavně terpeny. Dokonce i chutné ovoce, jako je **ananas** nebo **papája**, obsahuje v nezralém stavu enzymy, které mají odradit býložravce. Způsobují pálení v ústech – třeba si to někdy zkusíte na vlastní jazyk 😊. Bílkoviny se při vyšší teplotě rozkládají, proto vám kompot většinou tuto nepříjemnost nezpůsobí.



Obr. 15: Vlevo ananas, vpravo plody papáje

**Nedotýkat se!**

Některé rostliny obsahují látky, které poškozují pokožku až po ozáření slunečním světlem (jsou *fotosenzibilující*). Příkladem je **třezalka tečkovaná**, ale známější je invazní rostlina **bolševník velkolepý**, který může způsobit puchýře a těžké poleptání

kůže řady živočichů včetně člověka. Ovce a krávy bolševník mohou konzumovat, protože přes srst se účinky popálení neprojeví, ale může dojít k poškození očí a sliznic. Rostlin s podobnými účinky je mnoho (například fíkovník nebo **třemdava**).



Obr. 16: Vlevo bolševník velkolepý, vpravo puchýře způsobené kontaktem s bolševníkem velkolepým a následným vystavením slunci



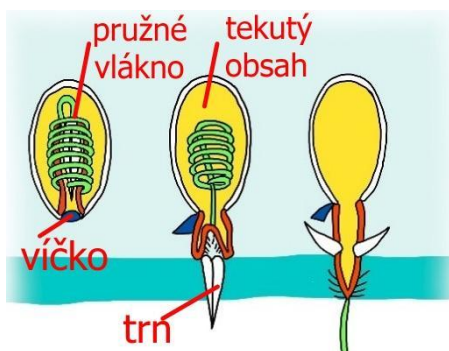
Obr. 17: Vlevo třemdava bílá, vpravo puchýře způsobené kontaktem s třemdavou a následným vystavením slunci

## 4. JAK SE BRÁNÍ ŽIVOČICHOVÉ

V této kapitole si uděláme malou procházku živočišnou říší. Seznámíte se s různými typy obrany vybraných skupin živočichů, od žahavců po savce.

### 4.1. ŽAHAVCI

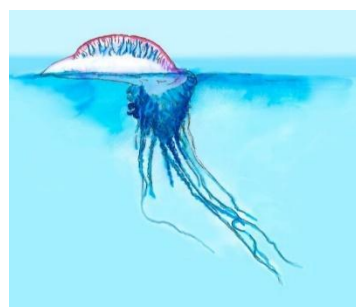
Žahavci jsou pojmenováni podle žahavých buněk, které mají na chapadlech. Toto důmyslné zařízení, které připomíná harpunu pro podvodní lov, je vybaveno vystřelovacím trnem a dlouhým vláknem napojeným na jedovou žlázu. Při kontaktu se spustí celý mechanismus, který velkou rychlostí vystřelí, dojde k zabodnutí trnu a vypuštění jedu. Žahavé buňky slouží především k lovu drobné kořisti, kterou jed velmi rychle omráčí, případně usmrtí.



Obr. 18: Takto funguje žahavá buňka.

#### Krásné, ale smrtící

Vzhledem k rychlé reakci žahavých buněk a přítomnosti jedu využívají žahavci tento systém i k obraně proti větším predátorům, jako jsou ryby. Malé množství jedu pochopitelně nestačí k jejich usmrcení, ale je dostatečné k tomu, aby predátora odradilo podobně jako elektrický ohradník. To může potvrdit každý, kdo v moři potkal medúzy a požahal se o jejich chapadla. Tento způsob obrany je rozšířený a velmi účinný právě u volně plovoucích žahavců. Není náhoda, že jedněmi z nejjedovatějších zástupců mořské fauny jsou právě **medúzy, čtyřhranky a trubýši** (například **měchýřovka portugalská**).



Obr. 19: Vlevo – čtyřhranka irukandži měří 1 cm. Vpravo – měchýřovka portugalská

**...a jsem pryč!**

Drobní přisedle žijící žahavci mají i jiný typ obrany než jen žahavé buňky. Snaží se ochránit si především jemná chapadla důležitá pro získávání potravy. Nezmaří, například **nezmar hnědý**, jsou u nás na vodních rostlinách poměrně hojní. Ale málokdo z vás asi viděl nezmaru živého. Proč je tomu tak? Kromě jeho malé velikosti i proto, že jakmile se k nezmarovi cokoli většího přiblíží, hned se stáhne do malé kuličky a zcela splyne s prostředím. Podobně se chová i převážná většina mořských korálnatců. Z pevné vápencové schránky jim do prostředí vyčnívají drobná chapadla, která však živočich při vyrušení rychle zatáhne dovnitř.

**Ve dvou se to lépe brání**

Mnozí z vás byli u Středozemního moře, a pokud vás nezajímalo jen koupání, tak jste si mohli všimnout zajímavých žahavců – mořských **sasank**. Mají často velmi barevná chapadla a k podkladu jsou přichyceny nožním terčem. Při doteku většina sasank prudce zatáhne chapadla a smrští tělo. Některé sasanky při své obraně jako by vsadily na zásadu „v jednotě je síla“ a navázaly obranné spojení s jinými



živočichy. Patrně nejznámějším příkladem je soužití sasanky (například **sasanky velkolepé**) a ryby **klauna očkátého**. Zatímco sasanka žahavými chapadly chrání klauna před predátory, klaun odstraňuje z prostoru mezi chapadly parazity a odhání jiné ryby (například klipky), které by jinak sasance měkká chapadla okusovaly.

Obr. 20: Sasanka s dvěma klauny očkátými

**4.2. KROUŽKOVCI**

Pokud se půjdete při pobytu u moře projít do přístavu, všimněte si podivných rourek, ze kterých občas vylézají jakési vějířky a které jsou přichycené pod vodou na

stěnách, na dně nebo i na dlouho ponořených lanech. Jsou to **rournatci**, kteří, i když na to nevypadají, patří ke kroužkovcům stejně jako žížala. V klidu vysunují z rourky spirálovitě zatočená tykadla s jemnými výstupky, kterými chytají potravu. Pokud byste se jich však chtěli dotknout, brání se stejně jako sasanka – ihned je zatáhnou dovnitř.

([https://www.youtube.com/watch?v=C4D\\_JPqsp-k](https://www.youtube.com/watch?v=C4D_JPqsp-k))

### **Táhli, táhli, ale žížalu nevytáhli**

Představovat vám **žížalu** určitě není třeba. Žije sice pod zemí, ale v noci vylézá na povrch, kam odkládá hromádky pohlcené zeminy smíšené s trusem. Po deštích, kdy má zaplavené chodbičky, vylézá na povrch i ve dne a stává se tak snadnou kořistí například kosů nebo drozdů. Pokud ale kos zahlédne žížalu, jak zalézá do země, a chce ji vytáhnout, nemá to snadné. Proč? Zkuste někdy vzít do ruky žížalu a přejet po ní prsty směrem od hlavového konce těla. Zjistíte, že je hladká. Ale zkuste to obráceně – od konce těla k „hlavě“! Ucítíte, že povrch je drsný. Proč tomu tak je? Žížala má na povrchu těla štětinky, které jsou skloněné směrem dozadu. Tyto štětinky pomáhají žížale při pohybu vpřed, aby „neprokluzovala“ – fungují podobně jako vzorek na pneumatice nebo šupinky na skluznicích běžek. Když kos chytne žížalu za konec těla, vzepře se žížala v chodbičce štětinkami tak, že je těžké ji vytáhnout. Je to její způsob obrany.

### **4.3. MĚKKÝŠI**

Co je typické pro živočicha, který patří mezi měkkýše? Podle názvu vás ihned napadne, že má měkké tělo, které ho před predátory neochrání. Není tedy divu, že si měkkýši vytvářejí schránku, která má měkké tělo chránit. U některých skupin však došlo během evoluce k přeměně schránky, či dokonce k její výrazné redukci, ale k tomu se dostaneme později. Nejprve se pojďme podívat na typickou schránku měkkýšů, její stavbu a podobu.

#### **Můj dům, můj hrad**

Na hřbetní straně je tělo měkkýšů kryto pokožkovou vrstvou, která se nazývá plášť. Díky činnosti žlázek v plášti může vznikat třívrstvá schránka. Vnější vrstva je převážně z organických látek, pod ní je vrstva z uhličitanu vápenatého a vnitřní vrstva je perleťová, tvořená také z uhličitanu vápenatého, ale spojeného s organickými látkami. Perleťová vrstva je z našich měkkýšů zvláště silně vyvinuta jen u **velevrubů**

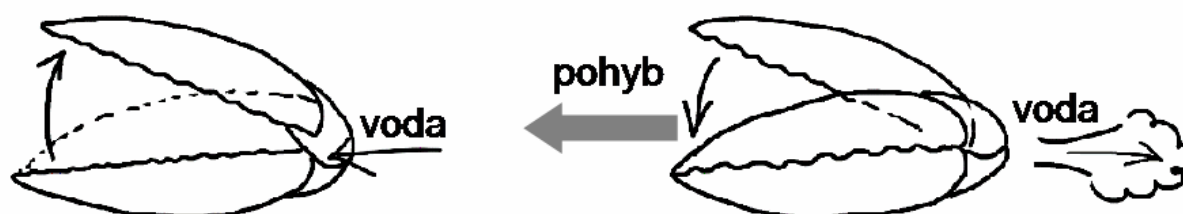


a **perlorodky říční**, kdežto u **škeblí** je jen tenká. Častěji se s ní setkáme u mořských **plžů**, například u **ušně**, nebo **mlžů**, například u **perlotvorek**. Vrstevnatá struktura schránky a kombinace materiálů dodává schránce tvrdost a odolnost vůči mechanickému poškození.

### Skákající mlž

Schránkou **mlžů** je lastura, která má dvě části (misky) spojené na hřbetní straně pružným vazem. Ten misky rozevívá, aby vznikla štěrbina, kterou dovnitř proudí voda potřebná pro dýchání pomocí žaber a získávání potravy. Pokud najdete sice ještě spojené, ale prázdné misky lastury, budou rozevřené. Za života mlže jsou však obě části lastury sevřené, protože je k sobě drží svaly, a to velmi pevně. Je to mimo jiné způsob obrany, aby se k měkkému tělu mlže nedostal predátor.

Někteří mlži ale dovedou využít prudké stahy těchto svalů ke skákání. Teď si určitě říkáte: “Mlži skáčou? To snad ne!” A přece je skok překvapivý manévr u **hřebenatek**, pokud chtějí uniknout predátorům, např. pomalu lezoucím hvězdicím. Hřebenatky používají v nebezpečí takzvaný reaktivní pohyb. Prudce sklapnou obě poloviny lastury, tím naženou vodu do zvláštních odtokových kanálků a tlak je odmrští opačným směrem. Pro lepší představu doporučujeme shlédnout videa uvedená v následujících odkazech <https://www.youtube.com/watch?v=jDjVj5mKY00>, <https://www.youtube.com/watch?v=5vRHIEp9iU>. Naši sladkovodní mlži tuto schopnost nemají, lezou velmi pomalu pomocí svalnaté nohy, kterou se přitahují (<https://www.facebook.com/watch/?v=764615828248069>).



Obr. 21: Pohyb hřebenatky

### Domeček, někdy i s dveřmi

V porovnání s mlži jsou plži závodní běžci. Zatímco jejich vnitřní orgány jsou ukryté ve schránce, jsou schopni z ní vystrčit mohutnou svalnatou nohu, díky které se pohybují a kde je i hlavová část těla. Schránka plžů se nazývá ulita, je z „jednoho kusu“ a je většinou spirálovitě vinutá. V případě ohrožení je plž schopen do ní

zatáhnout celou nohu i s hlavou („schovat se do domečku“). Specializovaní predátoři (například někteří střevláci nebo potápníci) jsou však schopni proniknout do ulity otevřeným otvorem pro nohu a plže sežrat. Někteří plži jsou ale schopni tuto skulinu v obraně vyřešit. Například náš vodní plž **bahenka živorodá** je schopen ulitu uzavřít ještě víčkem, které je k tělu přirostlé a po zatažení těla plže do ulity



pevně zavře její ústí („schová se do domečku a zavře za sebou dveře“). Trvalé víčko mají i někteří mořští plži, například vám možná známá **ostranka jaderská**.

Obr. 22: Bahenka s víčkem

S podobnou obranou se setkáme také u plžů s kuželovitou ulitou, především u mořských **přilipek**. Pokud zaznamenají nebezpečí, velmi rychle se přitisknou k podkladu a mezi nohou a podkladem vytvoří podtlak. Je pak takřka nemožné je od podkladu odtrhnout.

### Dravý plž

Ne všichni plži se spoléhají jen na pasivní schovávání se v domečku. Mořští plži z čeledi **homolice** jsou draví. Kořist loví pomocí upravené raduly (jazyka), přeměněné do podoby trnu, dlouhého vlákna a jedového váčku. Při lovu je trn „vystřelen“ z úst homolice, zabodne se do těla kořisti a jed ji ochromí. Pomocí vlákna je pak kořist vtažena do úst. (<https://www.youtube.com/watch?v=V0zzti4Ubas>) V případě ohrožení větším predátorem je homolice schopna toto ústrojí použít i na obranu a odradit, případně i zabít predátora (jsou známy případy úmrtí člověka). To vám zní povědomě, že? Správně, už jsme se s tímto přístupem setkali! Ústrojí homolice svým uspořádáním a fungováním připomíná zvětšený model žahavých buněk u žahavců.

### Každá zbraň je dobrá, i ta cizí

Homolice ale nejsou jediní plži, kteří se při obraně spoléhají na jed. V moři můžete potkat dravé, pestře zbarvené **nahožábré plže**. Nemají schránku, a tak se musí bránit jinak. A dělají to velmi chytře – přejímají obranu od své kořisti. Druhy, které se živí mořskými houbami (houbovci), přebírají jejich jed a ukládají ho do svého těla, případně tento jed ještě upraví, aby byl účinnější. Druhy, které se živí žahavci, zase

nestráví žahavé buňky, ale přesunou je do výrůstků na povrchu svého těla.

(<https://www.youtube.com/watch?v=KLVfWKxtfow>) Skutečnost, že jsou jedovatí, pak dávají všem najevo pestrými barvami. Tento jev se označuje jako výstražné zbarvení a všichni jej znáte například u vos nebo sršní.

### Sliz místo schránky

Mořští nahožábří plži nejsou jedinou skupinou, u které došlo k redukci ulity. Z naší přírody znáte **slimáky** a **plzáky**. U těchto „naháčů“ zbyla z ulity jen hřbetní destička pod pláštěm. Tyto skupiny plžů vyměnily ochrannou funkci ulity za větší pohyblivost, schopnost schovat se do štěrbin a především za možnost rozšířit se do oblastí, kde je na stavbu ulity nedostatek vápníku (což je mimo jiné většina území ČR). Při obraně spoléhají především na tvorbu slizu, který je lepivý, případně nechutný.

### Schránka? Pryč s ní!

Nejznámější skupinou měkkýšů s redukovanou schránkou jsou bezesporu **hlavonožci**. V historii se vyskytovala celá řada hlavonožců se schránkou, ať již přímou (belemniti) nebo vinutou (amoniti). Ti však vyhynuli v druhohorách, na konci křídly. Do současnosti se zachoval jediný rod hlavonožců, který si tvoří pevnou vnější schránku – **loděnky**. **Loděnka hlubinná** má vinutou přehrádkovanou schránku. V ní se nachází 33–36 komůrek, přičemž živočich žije v největší z nich. Ostatní jsou vyplněny plynem, který loděnku nadnáší.



Obr. 23: Vlevo – loděnka hlubinná, vpravo – řez schránkou loděnky

U dnešních hlavonožců můžeme nalézt pouze pozůstatky schránky, například u **sépií** zůstala po schránce jen pórovitá vápenatá destička uvnitř těla na hřbetní straně, známá jako sépiová kost. Prodává se ve zverimexech jako zdroj vápníku třeba pro papoušky nebo doma chované kraby. U dalších skupin hlavonožců redukce schránky pokračovala dále. **Chobotnicím** zůstal jen pár tyček uvnitř těla, případně schránka vymizela úplně. Úplné vymizení schránky je typické pro chobotnice, které žijí u dna.

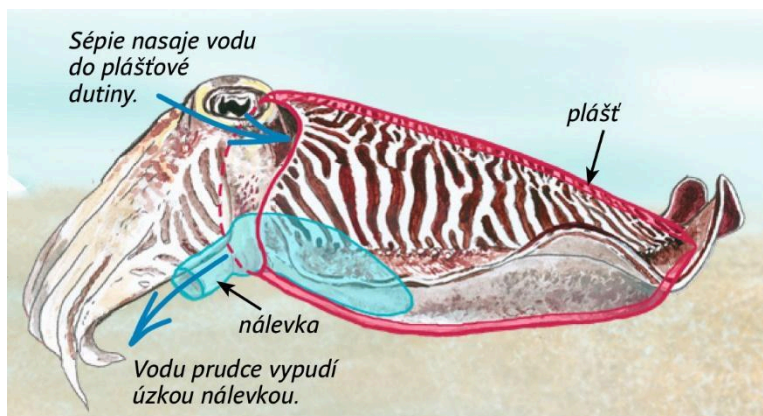
Měkké tělo jim pak umožňuje se před predátory schovat do nejrůznějších úkrytů ve skalách, často i velmi úzkých. ([https://www.youtube.com/watch?v=E3N0i\\_KM8cl](https://www.youtube.com/watch?v=E3N0i_KM8cl))

### Barvoměna u hlavonožců

Schopnost schovat se před predátory a uniknout tak jejich pozornosti vylepšily chobotnice a sépie o schopnost barvoměny. Slovo barvoměna jste určitě již slyšeli a možná i znáte některé živočichy, kteří to dokážou. Hlavonožci mezi nimi patří k přeborníkům. V jejich kůži jsou buňky, zvané chromatofory, které obsahují různá barviva, a případně další buňky, které jsou schopné odrážet světlo. Stahováním a roztahováním těchto buněk vznikají různé odstíny zbarvení. Hlavonožec tak může reagovat třeba na změnu dna (písek, skála) nebo na podráždění a maskovat se tak před případnými predátory. Změna tvaru chromatoforů je ovládána nervovou soustavou a díky tomu může být velmi rychlá. Obzvláště některé chobotnice dovedou změnit barvu během zlomku vteřiny, případně napodobit i vzor a texturu dna.

(<https://www.youtube.com/watch?v=q8xJ13pAZNw>) Pokud by se vám při pobytu u moře poštěstilo zahlédnout v mělké vodě třeba pomalu se pohybující sépii, můžete pozorovat, jak je její tělo při pohybu nad pískem světle zbarvené a když začne plavat nad skalnaté dno, její tělo postupně tmavne.

### Stíhači, na start!



Kromě schovávání se a barvoměny se u sépií a chobotnic vyvinula zcela jiná obranná strategie než u ostatních měkkýšů, založená na rychlém pohybu. Z části těla měkkýšů nazývané noha se u

hlavonožců vyvinula ramena s přísavkami, která umožňují hlavonožcům poměrně rychlé plavání vpřed. U sépií k tomu napomáhá ještě ploutevní lem kolem těla. Kromě toho u hlavonožců vznikla ze zbylé části původní nohy svalnatá nálevka, do které mohou nasávat vodu. Při ohrožení se svaly nálevky sevřou a z otvoru prudce vystříkne voda. Hlavonožec se tak skokem posune směrem vzad a tento reaktivní

únikový pohyb může rychle opakovat. V nadsázce tak lze říct, že hlavonožci si pro útěk pořídili tryskový motor.

Obr. 24: Princip reaktivního pohybu sépie.

### Mizíme v oblaku dýmu

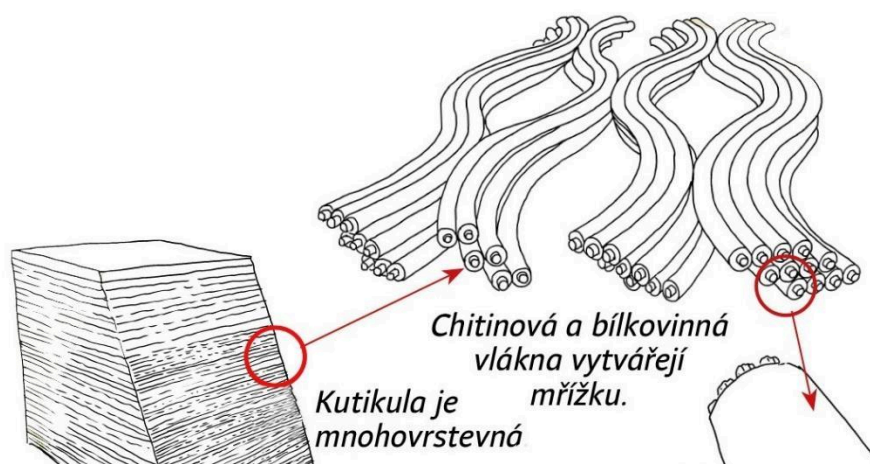
Chobotnice a sépie se při přiblížení predátora nesnaží jen utéct, ale navíc predátora i matou. Používají k tomu váček s barvivem (inkoustem, takřka čisté barvivo *melanin*). Při úniku uvolní tento inkoust smíchaný s malým množstvím slizu do svalnaté nálevky, proud vody z nálevky vynese inkoust do vody a vytvoří oblak tmavé vody („kouřová clona“). Díky slizu se inkoust příliš nerozptýlí a vzniklý oblak se tak rozpouští jen pomalu. Predátor tak ztratí hlavonožce z dohledu a ten může uniknout. Sliz navíc obsahuje látky, které mohou zmást i ostatní smysly predátora (čich, chuť). (<https://www.youtube.com/watch?v=-UmAWzLphOQ> )

► *Něco navíc: Chyť si návnadu!* (s. 109)

## 4.4. ČLENOVCI

### Kostra jako brnění

Členovci, například klepítkatci, korýši nebo hmyz, mají vnější kostru. Je to pevný obal na povrchu těla, na který se zevnitř upínají svaly a jenž je zároveň významným prvkem mechanické obrany živočicha. Pokožka členovců totiž vylučuje silnou vrstvu zvanou kutikula, která je složená převážně z chitinu. Chitin má podobu vláken, která se mohou dále spojovat do síťovité struktury. Je pevný, pružný a odolný. Pevná a pružná je díky tomu i kutikula, například u housenek motýlů. Na chitin mohou být navázány další látky, které kutikulu dále zpevní, většinou ale za cenu ztráty pružnosti. Mohou to být bílkoviny (viz krovky brouků) nebo uhličitan vápenatý (viz krunýř krabů). Aby se členovci vůbec mohli hýbat, není kutikula celistvá. V místech, kde se musí ohýbat končetiny nebo například články zadečku, je přerušena pružnou blankou.



Obr. 25: Složení kutikuly

► *Něco navíc: Jak vyměnit kabát (s. 109)*

## Korýši

Jaký živočich se vám vybaví, když se řekne korýš? Nejspíš **rak** nebo **krab**. Tyto velké druhy korýšů mají vnější kostru ještě silně zpevněnou uhličitanem vápenatým, takže vytváří pevný krunýř, který je pro ně dobrou ochranou. Většinou mají vyvinutá



také velká klepeta, která jim slouží jak k získání potravy, tak k obraně. Tyto mohutné a těžké struktury si mohou dovolit díky tomu, že žijí většinou ve vodě, která je nadnáší.

Obr. 26: Krabi používají zvětšené klepeta k obraně i k dorozumívání.

## Prázdna ulita? Beru!

U **poustevníčků** se vyvinula strategie, jak ušetřit energii a materiál na stavbu podobného brnění. Poustevníček (například **poustevníček severský**) využívá k ochraně svého měkkého zadečku prázdnou ulitu plže, kterou obsadí. Při ohrožení se do ulity dokonce celý zatáhne a uzavře ji zvětšeným levým klepetem. Když poustevníček vyrostl a ulita je mu už malá, najde si novou, větší, a přeleze si do ní.

(<https://www.youtube.com/watch?v=NI4vVXnL64c>)

## Ve dvou se to lépe brání – podruhé

Podobně jako klaun očkatý i poustevníčci využívají pro svou ochranu spolupráci se sasankami, například **sasankou plášťovou**. Sasanku uchopí klepety a posadí si ji na ulitu. Sasanka se tam přichytí a svými žahavými chapadly poustevníčka chrání před predátory. Sasanka se zase při pohybu poustevníčka dostává k novým zdrojům

potravy. Tato symbióza je oboustranně natolik výhodná, že při stěhování si dokonce poustevníček sasanku přesadí na novou ulitu.

(<https://www.youtube.com/watch?v=dYFALyP2e7U>)

### Řasy jako maskování

Ne všichni krabi se však mohou při obraně spolehnout na velká klepeta. Například **krab pavoučí** má klepeta malá. Můžete ho najít během dovolené u moře mezi kameny nebo na ponořených přístavních zdech a molech pokrytých řasami. Musíte se ale dobře dívat a čekat, až se pohne. Maskuje se totiž řasami, mezi kterými žije – umísťuje si je na krunýř a řasy se mu tam přichytí. Dokonale tak splyne s prostředím.

### Couvám, jen když prchám!

Naši **raci** se při obraně kromě krunýře také spoléhají na různé úkryty. Obzvláště přes den jsou zalezlí pod kameny či v norách mezi kořeny a ven se odváží až po setmění. V pohádkách a rčeních se můžete dozvědět, že raci couvají, lezou pozpátku. Tuto vžitou představu si raději vysvětlíme. Které části těla má rak na hlavě? Jsou tu tykadla – hmatový orgán, dále oči na stopkách a ústní ústrojí. Je tedy logické, že rak normálně kráčí směrem vpřed, aby mohl pomocí smyslových orgánů nalézt potravu. Co ale udělá, když je v nebezpečí? Zadeček, na jehož konci má rozšířenou ploutvičku, začne prudce ohýbat pod tělo, čímž rychle odplave směrem dozadu a má šanci utéct útočníkovi. (<https://www.youtube.com/watch?v=rwgQXfbC-60>)

### Hop, skok, a jsem pryč!

Podobná útěková reakce jakou jsme si popsali u raka, se objevuje také u podstatně menších korýšů, a to u planktonních **buchanek**. Sice jsou dlouhé jen několik milimetrů, ale měřit by se s nimi nemohli ani plavci na olympiádě. Když buchanka zaznamená, že se k ní blíží predátor, je schopna ve zlomku sekundy odskočit pomocí rozvětvené vidličky na konci těla i několik centimetrů daleko. Kdybychom její výkon převedli na rozměry člověka, přeplaval by jedním rázem celý bazén rychlostí asi 200 km/h! (<https://www.youtube.com/watch?v=V0T5bdFf4kc>)

### Nahoru a dolů, hlavně at' jsem v bezpečí!

Rychlý útěk není ale jediný způsob, jak se bránit před predátory. Drobní vodní korýši se jim doslova vyhýbají. Během dne se zdržují v hloubce, kde je tma, a dravci,

především ryby, je nevidí, a tak je nemůžou ulovit. Teprve v noci vyplouvají k hladině, aby se „napásli“ mikroskopických, volně se vznášejících řas. Se svítáním zase plavou do hlubin. **Perloočky** během této denní vertikální migrace urazí až desítky metrů, mořské druhy **vznášivek** dokonce stovky metrů. Vzhledem k jejich velikosti je to podobné, jako byste každý den chodili 15–20 km do školy a zpátky!

### Přechod členovců na souš

Mohutný krunyř, který známe u krabů, je pro pohyb po souši příliš těžký. U členovců, kteří opustili vodu a vydali se na souš, ho proto nenajdeme. Mají jen kutikulu zpevněnou chitinem, případně dalšími látkami. Vyvinula se však u nich celá řada dalších způsobů, jak se bránit proti predátorům.

### Klepítkatci

#### Poslední možnost obrany – jed

**Štíři** mají na konci zúžené části zadečku jedový bodec. Po jeho stranách pod špičkou vyúsťuje párová jedová žláza. Jed používají, pokud nejsou schopni kořist usmrtit klepety na konci makadel, nebo v případě sebeobrany. Použití jedu je ale až



poslední zoufalý pokus. Štíři se nejprve snaží predátora odradit, zastrašit. Široce roztáhnou klepeta do stran, aby vypadali větší. Zároveň výhružně vztyčí bodec nad tělo, takže jeho špička směřuje k útočníkovi.

Obr. 27: Výstražný postoj štíra

#### Nohu, nebo život!

**Sekáči** nemají jed ani žádné bodce, a tak spoléhají při obraně nejprve na nenápadnost. Většinou jsou zbarvení v odstínech šedé či hnědé, aby splynuli s prostředím, které obývají. V případě ohrožení znehybní, aby unikli pozornosti útočníka. Když ani to nestačí, odhláskají jej pomocí návnady – vlastní končetiny. Tu činností svalů odtrhnou od těla (autotomie), ale končetina se dál svírá a rozevívá, jako by sekala – odtud jméno „sekáči“. Odtržená končetina svými pohyby přiláká pozornost útočníka a sekáč může odejít. Za záchranu života ale draze zaplatí,



ztracené končetiny totiž sekáčům nedorůstají. Ztratí tak něco ze své pohyblivosti, ale je to pořád lepší než ztratit život.

### Jed? Máme!

Téměř všichni **pavouci** mají jedové žlázy, které se nacházejí v mohutném prvním článku klepítek (chelicer) a přední části hlavohrudi. Krátkým kanálkem ústí těsně pod hrotem dráčku klepítka. Při lovu pavouk zabodne tyto dráčky do kořisti a napustí do ní jed, který kořist znehybní. Rychle působící jed mají například **běžníci**, kteří loví žahadlové blanokřídlé (včely, vosy apod.). Klepítka a jed ale používají pavouci i při obraně. Někteří jsou schopni „kousnout“ a odradit i tak velkého „útočníka“, jako je člověk. Z našich pavouků jsou to například velcí **křížáci** a **pokoutníci**, ale především **stepníci** a **zápřednice**. U nich už nemusí být působení jedu pouze místní (bolestivý otok), ale může postihnout celé tělo (bušení srdce, horečka, třas). Na svou jedovatost upozorňují nápadným zbarvením (výstražné neboli aposematické zbarvení), kterým už dopředu predátora odrazují. **Křížák pruhovaný** je zbarvený žluto-černě, samci **stepníka rudého** černo-červeně. **Zápřednice jedovatá** má zase oranžovo-černá klepítka.



Obr. 28: Samec stepníka rudého

### Vidíš mě?

Výstražně zbarvení pavouci jsou minimálně u nás spíše výjimkou. Většina se jich snaží splynout s prostředím, má krycí (kryptické) zbarvení. Druhy, které běžně žijí na kůře stromů (například **křížák podkorní**), bývají zbarveny do hněda, a také struktura jejich zbarvení odpovídá nepravidelným skvrnám kůry. Kryptické zbarvení však neznamená totéž, co nenápadné, mdlé. V závislosti na prostředí, kde žijí, mohou mít pavouci zbarvení pestré, často v nápadných barvách. **Slídák písečný** má na těle množství drobných světlých a tmavých skvrn. Dokonale tak splývá se zrnky písku, když se pohybuje po povrchu písčín.



A již zmínění **běžníci**? Ti jsou často svítivě bílí, zelení nebo žlutí. Perfektně se tak

maskují na povrchu rostlin, a především na květech, kde číhají na kořist.

Obr. 29: Běžník kopretinový s kořistí

► *Něco navíc: Nejsem, co se zdám (s. 109)*

### **Bungee-jumping, jupí!**

Pokud skrývání se a odrazování nestačí, a predátor si pavouka vyhlédne jako kořist, nastupují další způsoby obrany. Jedním z nich je například chvilkový stav strnulosti. Pavouk je pak těžko rozeznatelný od povrchu země a predátor ho snadno přehlédne. Tuto obranu používají i pavouci, kteří pobíhají po sítích nebo po vegetaci. Rychle se pustí podkladu a spadnou na zem, kde zůstanou strnule ležet. Aby si pádem neublížili, a také aby se po odeznění nebezpečí mohli vrátit, táhnou za sebou při pádu pavučinové vlákno. A pak že bungee-jumping vymysleli lidé!

### **Třesu se strachy!**

V lidských obydlích, třeba na stěně chodby domu, můžete někdy vidět pavouka s dlouhými tenkými nohama, který trochu připomíná sekáče. Je to **třesavka velká**, případně **třesavka sekáčovitá**. Když se k ní přiblížíte nebo se zkusíte jí jemně dotknout, hned pochopíte, proč se jmenuje třesavka. Rozkmitá se na pavučinovém vlákně tak rychle, že ji predátor vidí rozostřeně, má problém ji zaměřit, a tak ji nemůže ulovit. Podobně se brání i křížák pruhovaný.

(<https://www.youtube.com/watch?v=BCwRODze6-Y>)

### **Lepší než Usain Bolt**

Nejčastější obranou našich pavouků je útek. O tom se můžete snadno přesvědčit, když najdete síť, ve které sedí křížák. Jakmile se bude vámi cítit ohrožen, bleskově přeběhne pavučinu a zmizí ve škvíře na jejím okraji. Podobně i další pavouci, jako jsou **pokoutníci**, **skálovky** a **stepníci**, utečou a schovají se do nory nebo tunelu z pavučiny. Velcí **slíd'áci** a **pokoutníci** jsou obdivuhodně rychlí – při útěku jsou schopni běžet rychlostí až 50 cm/s. Pokud bychom to opět převedli na rozměry člověka, dostaneme se na rychlost přes 70 km/h, dvakrát víc než nejlepší sprinteři. Celá řada pavouků je schopna i skákat. Přeborníky v tom jsou **skákavky**, odtud také jejich pojmenování. Skok používají jak při lovu, tak při útěku. Během zlomku sekundy

skočí až 40 cm, přibližně 25násobek délky jejich těla. To je stejné, jako kdybyste přeskočili fotbalové hřiště na šířku!

(<https://www.youtube.com/watch?v=reBnd0hpGxg>)

► *Něco navíc: Chlupy jsou všude (s. 109)*

## Stonožkovci

Stonožkovci jsou skupina členovců, kteří mají protáhlé, převážně stejnoměrně článkované tělo s velkým počtem končetin. Kromě několika nepočetných skupin mezi ně patří především **stonožky** a **mnohonožky**. Ačkoli žijí v podobném prostředí (půdní hrabanka, úkryty pod kameny a dřevem) a také mohou na první pohled vypadat podobně, v mnohém se liší. Můžeme si na nich dobře ukázat princip nazývaný *trade-off*, tedy něco jako „směna“, případně „něco za něco“. Jedno přizpůsobení, případně strategie organismu ovlivňuje i další jeho rysy a zároveň vylučuje jiné přizpůsobení či strategie. Nelze mít vše naráz, vždy je potřeba si „vybrat“.

## Pozor, stonožka!

**Stonožky** mají dlouhé končetiny umístěné stranách těla. Spolu s vlnivým pohybem těla umožňují velmi rychlý pohyb. Stonožky na spoléhají jak při lovu kořisti (jsou dravé), tak obraně, kdy se snaží před predátory utéct.

Končetiny prvního článku těla za hlavou (kusadlové nožky) mají přeměněné do podoby klíštěk. Na jejich konci je ostrý



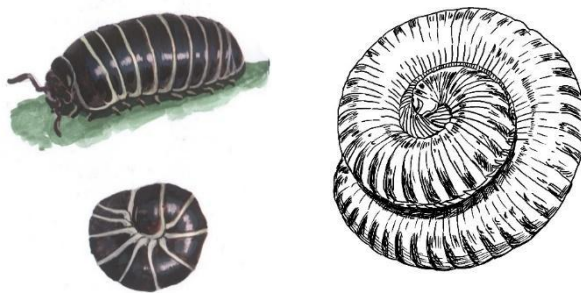
po  
jim  
něj  
při

drápek s vývodem jedových žláz. Jed používají k omráčení či usmrcení kořisti, ale mohou ho použít i při obraně. Naše **stonožka škvorová** nedokáže proniknout lidskou kůží, ale pokud pojedete třeba do Chorvatska, můžete pod kameny nalézt podstatně větší **stonohu páskovanou**, která vás může bolestivě „kousnout“.

Obr. 30: Detail hlavy stonohy páskované s kusadlovými nožkami.

### Jeden za osmnáct, druhý bez dvou za dvacet

Naproti tomu **mnohonožky** mají končetiny krátké, které směřují dolů pod tělo. Dovolují proto mnohonožkám jen pomalý pohyb. A z toho plyne celá řada dalších rysů jejich biologie. Tak například mnohonožky se živí převážně detritem – odumřelou hmotou rostlinného i živočišného původu. Pochopitelně, protože žádnou kořist by nedokázaly dohnat a ulovit. Stejně tak se nemohou při obraně spolehnout na útěk, musí se tedy bránit jinak. Zaprvé mají silnou kutikulu, často i vyztuženou vápenitými sloučeninami. Dalším způsobem jejich obrany je stočení se do spirály (například **mnohonožka lesní**), případně do kuličky (například **svinule vroubená**). Chrání si tak končetiny a další citlivé části těla. Také se snaží predátora odradit – z pórů na těle vylučují tekutinu, která obsahuje řadu dráždivých až jedovatých látek. V některých případech i vysoce jedovatý kyanovodík!



Obr. 31: Mnohonožky se stáčejí do kuličky nebo do spirály.

### Hmyz

Hmyz je patrně nejrozmanitější skupina bezobratlých. Množství barev, tvarů a různých způsobů života se odráží i na široké paletě obranných mechanismů. Proto si uvedeme jen některé z nich spolu s příklady. V závěru zmíníme i chvostoskoky, skupinu blízce příbuznou hmyzu.

#### Říkejte mi „Kamufláž“

Každá obrana něco stojí (čas, energii, zdroje) a organismy se pochopitelně snaží s tím vším šetřit. Z toho také vychází strategie jejich obrany. Nejméně náročnou metodou je zajistit, aby si mě predátor vůbec nevšiml. K tomu slouží například různé metody krypse – splynutí s okolím. Celá řada zástupců hmyzu má stejnou barvu jako prostředí, ve kterém se vyskytují. Luční druhy **kobylek**, **sarančí**, **křísů** a **ploštic** jsou zbarveny v různých odstínech zelené až hnědé, takže je na rostlinách jen těžko uvidíte, obzvláště pokud se nehýbají. **Noční můry**, které přes den sedí na kůře stromů, jsou zbarveny hnědě až šedě, často s různými nepravidelnými skvrnami,

kteří připomínají vojenské maskování. Na první a často ani na druhý či třetí pohled si jich vůbec nevšimnete. U vodních zástupců (například **potápníka vroubeného**, **znakoplavky obecné**, **bodule obecné** a dalších) zaujme nápadný kontrast mezi svrchní a spodní částí těla. Svrchní část těla je tmavá, aby při pohledu shora splynula s tmavým pozadím dna. Spodní strana těla je naopak světlá, aby při pohledu zesponu, ode dna, splynula se světlým pozadím oblohy.

Mnohé druhy hmyzu napodobují své okolí nejen zbarvením, ale také tvarem těla. Housenky některých druhů **píd'alek** vypadají jako suchá větvička nebo ptačí trus a při ohrožení se nehýbají. Zcela dokonalou imitaci kousku větvičky včetně dřeva a lýka, které jsou viditelné v místě ulomení, předvádí dospělec motýla **vztyčnořitky lipové**. Podobnou obranu používají i **lupenitky** z řádu strašilek, které napodobují listy, a dokonce se kývají jako by ve větru, nebo známější **pakobylky**, které jsou k nerozeznání od větviček.



Obr. 32: Najdete dvě lupenitky?

### Dělat mrtvého brouka

Celá řada predátorů se při lovu orientuje pomocí zraku a zvláště dobře vnímá jakýkoliv pohyb. Nehybnost je tedy dobrý způsob, jak uniknout pozornosti predátora. Kromě výše zmíněných příkladů například **mandelinkovití** brouci stáhnou nožičky k tělu, pustí se rostlin a spadnou na tmavou půdu, kde nehybně leží a splynou tak s prostředím. **Bázlivec olšový** podle tohoto padání z listů dostal i své jméno.

### V jednotě je síla

Další možností, jak přelstít zrakem se orientujícího predátora, je naopak moc pohybu najednou, tedy shluknutí se do hejna či roje. Pro predátora je pak těžké zaměřit se na konkrétního jedince a ulovit ho. Na to vsází třeba **jepice**. Dospělec žije krátce, někdy jen několik hodin, a za tu dobu toho musí mnoho stihnout. V jarních dnech se

proto jepice líhnou a vyletují z vody ve velkých hejnech. I díky tomu velké množství jepic přežije a stihne se rozmnožit, přestože se je snaží ulovit mnoho ptáků nebo šídel. Ochrana před predátory je také jedním z důvodů, proč se ve velkých hejnech pohybují **komáři**, **pakomáři**, **muchničky** a při zásnubních letech také **mravenci**.

<https://www.youtube.com/watch?v=1r1wxLKhE2o>

### V noci jsou všechny můry černé

Mnoho druhů hmyzu (**cvrčci**, **cikády**, někteří **střevlíci**, **noční můry**) predátorům uniká také nočním způsobem života. Vcelku pochopitelně – v noci je tma a predátoři je nevidí. Samozřejmě ani noční život není bez nebezpečí. V noci například loví netopýři, kteří se orientují sluchem nebo echolokací (vnímají odražené zvukové vlny). I proti tomu je ale možné se bránit. **Noční můry** také vnímají zvukové vlny. Když zaznamenají netopýrem vyslaný signál, přiloží křídla k tělu a padají k zemi. Při troše štěstí tak netopýrovi „vypadnou ze signálu“.

### Dolů do dolu

Zalézt do štěrbin je také dobrý způsob, jak se vyhnout pozornosti většiny predátorů. I když je kvůli tomu nemáme rádi, protože často zvolí štěrbinu v lidských obydlích. Chrání se takto např. **rybenky**, **švábi** a **škvoři**. **Cvrčci** si hrabou nory, ve kterých se přes den skrývají a jejich příbuzná, **krtonožka**, tráví v tunelech pod zemí takřka celý život.

### Drž se ode mě dál!

Pro případ, že si predátor kořisti všimne, snaží se ho hmyz všemožně odradit od útoku. Velmi používanou metodou, kterou jsme zmiňovali již u pavouků, je výstražné neboli aposematické zbarvení. Hmyz tak už dopředu dává najevo, že je nechutný, případně jedovatý. Výstražné zbarvení je často v kombinacích žluto-černá (**vosa obecná**), případně červeno-černá (**vřetenušky**, **ruměnice pospolná**, **slunéčko sedmitečné**). Uplatňuje se zde *Müllerovo* mimikry, kdy dva a více nebezpečných druhů má podobné zbarvení (například **vosy**, **sršně** a **včely**; všichni **čmeláci**; **slunéčka** a některé **ploštice** apod.). Tím, že všichni používají stejný signál, zvyšují jeho účinnost. Poté, co predátor učinil špatnou zkušenost s jedním zástupcem, vyhýbá se už všem jedincům s podobným zbarvením.

*Poznámka: Slovo mimikry pochází z řečtiny, je středního rodu (tedy to mimikry) a nesklouje se, i když to možná vypadá nezvykle.*

### Všichni lžou!

Toho ale mohou některé druhy hmyzu zneužít. Při procházce lesem nebo po louce můžete potkat zvláštní, výrazně zbarvené mouchy **pestřenky**, které se dovedou ve vzduchu zastavit a vznášet se na místě. Jsou neškodné, ale svým vzhledem napodobují vosy, včely nebo čmeláky. Díky tomu predátora oklamou a odradí. Tomuto jevu se říká *Batesovo* mimikry. Tato strategie pochopitelně může fungovat jen za předpokladu, že neškodných napodobitelů (třeba pestřenek) je v prostředí výrazně méně než nebezpečných vzorů (třeba vos). Jinak by efekt odrazení nefungoval, protože predátorovi by se vyplatilo to „risknout“.



Obr. 33: Pestřenka rybízová

### Smrdí, smrdí, to to smrdí!

Další možností, jak predátora odradit už před vlastním útokem případně hned v jeho počátku, je vydávat nepříjemný zápach. Páchnoucí tekutinu při podráždění vypouští například různé druhy ploštic (**kněžice rudonohá**, **kněžice trávozelená**) nebo **střevlíků**. Podobně jako výstražné zbarvení, i zápach často zároveň upozorňuje na fakt, že daný hmyz je nechutný, případně jedovatý. **Ruměnice pospolná**, kterou najdete na jaře ve velkých množstvích u paty velkých listnatých stromů, hlavně lip, má pachové žlázy a pro většinu predátorů je nejedlá. Motýli **vřetenušky** vylučují páchnoucí tekutinu, která obsahuje prudce jedovatý kyanovodík. Podobně výměšek **puchýřníků** a **majek** obsahuje jedovatý alkaloid *kantaridin*. V minulosti byl dokonce zneužíván lidmi při otravách.



Obr. 34: **Sluněčka** vylučují ostře páchnoucí, oranžovou tekutinu, jejíž požití vyvolá u predátorů (třeba drobných pěvců) otravu spojenou s dávením.

### Zamířit, pal!

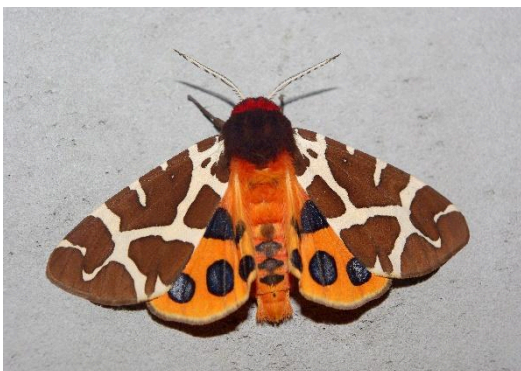
Možná znáte z pohádek brouka **prskavce**. V knížce „Pohádky z pařezové chaloupky Křemílka a Vochoomůrky“ střílí brouk Prskavec z kanónu. Tím chtěl dětem Václav Čtvrtek přiblížit, že prskavci při podráždění vystřelují ze zadečku kapalinu za třaskavých zvuků a obláčků „dýmu“. Děj, který tomu předchází, je značně složitý. Nejprve dochází ve zvláštní zpevněné komůrce na konci zadečku brouka k mísení dvou chemických látek a následně k jejich vzájemné reakci. Tím se uvolní velké množství tepla, jež způsobí ohřátí směsi téměř na 100 °C. Část směsi se odpaří, čímž vytvoří natlakovaný plyn, který zbytek horké, páchnoucí a dráždivé směsi „vystřelí“ z komůrky směrem k útočníkovi. Kam se hrabe pepřový sprej!

(<https://www.youtube.com/watch?v=WKEu90Zsh4A>)

### Kolik obran znáš, tolikrát jsi živ

Některé druhy hmyzu výše popsané principy kombinují.

**Přástevník medvědí** má první pár křídel hnědo-bíle mramorovaný. Když sedí s křídly složenými na kůře stromu, dobře s ní splývá, je maskován. Pokud jej přesto napadne predátor, roztáhne první pár křídel a odhalí nápadně výstražně zbarvená červenooranžová křídla druhého páru a zároveň vypouští z přední části hrudi čpavou tekutinu. Upozorňuje tak na svoji jedovatost.



Obr. 35: Přástevník medvědí

Podobně využívá náhle odkrytou hrozbu a varování i **lišaj paví oko**. První pár křídel má také nenápadně hnědavě zbarvený s „maskovacím vzorem“, aby splynul s pozadím. Když na něj zaútočí pták, křídla rozevře a útočník náhle uvidí na druhém páru křídel nápadně velké oční skvrny, které ho od útoku často odradí.



► *Něco navíc: Moment překvapení (s. 110)***Vedle! Netrefil ses!**

Pokud si predátor kořisti všimne, nepodaří se ho odradit na dálku a zaútočí, má hmyz v zásobě ještě celou řadu obranných možností. Jednou z nich je predátora oklamat, poskytnout mu „falešné cíle“ pro útok. Aby kořist usmrtili rychle, útočí predátoři často na hlavu, potažmo na oči kořisti. Co když ale zdánlivý předek těla není hlava nebo domnělé oči nejsou na hlavě?!

Oční skvrny na křídlech motýlů mohou fungovat jako takové falešné cíle, pokud predátora neodradí samy o sobě. Často se nacházejí na zadním vnějším okraji křídel. Pokud na ně predátor (třeba pták) zaútočí, odnese si jen kousek křídla, který není příliš výživný, a napadený motýl je stále schopen odletět.



Obr. 36: Jihoamerická babočka *Caligo* s nápadnou oční skvrnou (vlevo). Pták sice kus křídla poškodil, ale motýl zůstává naživu (vpravo).

Jihoamerický kříš **svítilka surinamská** má na hlavě velký dutý výrůstek, který tvarem i zbarvením připomíná hlavu krokodýla. Pokud na něj predátor zaútočí, svítilce to příliš neublíží a je stále schopna uniknout a přežít. Svítilka je vůbec přeborníkem v obraně, využívá totiž všechny výše zmíněné obranné strategie. První pár křídel slouží jako maskování, na druhém páru jsou výrazné oční skvrny podobně jako u lišaje paví oko, a při přiblížení predátora vypouští páchnoucí výměšek. A k tomu ještě onen falešný cíl na hlavě. Dokonalost sama!



Obr. 37: Tři obranné strategie svítilky surinamské

### Pozor, ostnatý drát!

Další možností, jak odolat útoku predátora, je mechanická obrana. Brouci mají první pár křídel přeměněn na krovky, které jsou často mohutně zpevněné. Spolu s podobně zesílenou kutikulou hlavy, hrudi a břišní strany zadečku to vytváří dokonalé brnění kolem celého těla brouka. Křísi **ostnohřbetky** mají zvětšený štít na přední části hrudi, který má směrem dozadu často různě rozvětvený trnovitý výběžek. Ten může řadu predátorů odradit. Podobně mohou predátory odradit i různé trny a tuhé chlupy na těle hmyzu.



Obr. 38:

Housenky **bourovčíka toulavého** jsou pokryty dlouhými měkkými chlupy a krátkými tuhými chloupky. Při dotyku se chlupy snadno odlamují a při styku s kůží nebo sliznicemi vyvolávají nepříjemné reakce. Pokud se dostanou do plic, mohou způsobit natolik silnou reakci, že dojde k udušení. Některé druhy ptáků, hlavně kukačky, to ale od požívání těchto housenek neodradí.

### Běž pryč, nebo tě kousnu!

Mechanická obrana při napadení může být i aktivní. Hmyz při ní často používá ústrojí, které jinak používá pro lov a zpracování potravy (kusadla, bodavě-sací ústrojí, žihadlo). Pokud chytíte do ruky například velkou **kobylku**, **saranči**, **šídlo** či samici **roháče**, pokusí se vás kousnout mohutnými kusadly. Ploštice, například **znakoplavka**, **bodule** nebo **lovčice**, vás zase mohou citelně bodnout svým „sosákem“ (odborně nazývaným bodavě-sací ústní ústrojí).

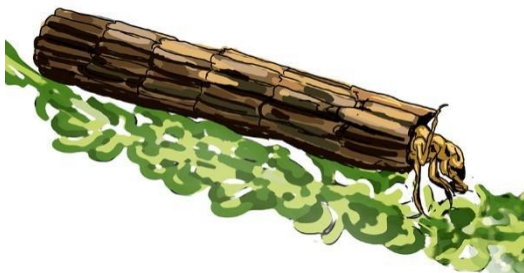
**Včely**, **vosy**, někteří **mravenci** a mnozí další blanokřídlí mají vyvinuté žihadlo (přeměněné kladélko), které kromě citelného bodnutí dopraví do útočnicka také jed. Kombinují tedy mechanickou obranu s chemickou. O to je efekt odrazení účinnější. Podobně mravenci používají k obraně také kusadla. Většina mravenců má navíc v zadečku váček naplněný kyselinou mravenčí, kterou mohou vystříknout tak, že ohnou zadeček dopředu. Kombinaci kousnutí a působení kyseliny lze přirovnat k pověstnému „sypání soli do rány“.

### Vstup na vlastní nebezpečí

Některé včely a vosy jsou samotářské, jiné patří mezi společenský hmyz, žijí v koloniích. Při pobytu mimo kolonii brání při napadení samy sebe, pokud ale je napadena celá kolonie, použijí kolektivní obranu. Možná s tím máte i své nepříjemné zkušenosti. Když si při procházce lesem chcete odpočinout a sednete si náhodou vedle nenápadného vchodu do podzemního hnízda vos, podrážděné vosy na vás rychle zaútočí a jsou schopné vás i dlouhou dobu pronásledovat a citelně vás pobodají. Svě mraveniště společně brání při napadení i mravenci.

### Kdo nemá bunkr, musí si ho postavit

V knížce o Ferdovi Mravenci od Ondřeje Sekory jsou popsány další zajímavé možnosti obrany, i když samozřejmě pohádkovým způsobem. Ferda pozoruje v potoce **larvy chrostíků**, které si kolem svého těla staví domečky z písku, z větviček i z prázdných malých ulit plžů. Něco podobného můžete pozorovat i vy, pokud se budete pozorně dívat na dno nějakého potoka nebo na mělký okraj rybníka. Po dně se pohybují trubičky většinou z kamínků a drobných částí rostlin a uvnitř každé je



larva chrostíka. Když se přestane pohybovat, splyne se dnem tak dokonale, že ji žádný predátor neuvidí. Schránka navíc funguje jako pevné brnění, které predátor jen tak neprokousne.

Obr. 39: Larva chrostíka se schránkou

► *Něco navíc: Služba za oplátku (s. 110)*

### Rychle pryč!

Obrannou reakcí téměř všech druhů hmyzu je snaha utéct – ať se jedná o běh (rychle běhají například brouci **svižníci**, **kvapníci**), o schopnost odskočit (**chvostoskoci** a z hmyzu například brouci **dřepčící**, dále **kobylky**, **saranče**, **křísi**, **blechy**), odletět (většina křídlatých, například **vážky**, **mouchy**, **motýli**, **včely**), odplavat (vodní hmyz a jeho larvy), zahrabat se (**krtonožka**) nebo zmizet ve vyhrabané díře (**cvrček**).

### Přeskočím i mrakodrap

Pojďme se podrobněji podívat na schopnost hmyzu a chvostoskoků skákat. Zkoušeli jste někdy skákat z místa? Určitě jste neskočili nijak daleko, přibližně tolik, kolik sami měříte na výšku. Trénovaný sportovec by dosáhl maximálně dvojnásobku svojí výšky. Skoky výše zmíněných zástupců hmyzu jsou v porovnání s tím skutečně obrovské. Přeborníky ve skoku jsou **blechy** a **křísi**, jejich skoky dosahují až 100násobku délky jejich těla. Jen si to představte! To je, jako kdyby dospělý člověk dokázal přeskočit dvě fotbalová hřiště. A bez rozběhu!

(<https://www.youtube.com/watch?v=psbNbTpsprU>)

### Tento text je určen pro okresní a krajské kolo

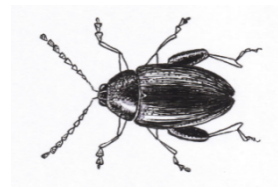
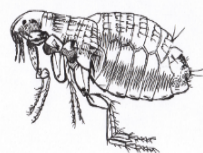
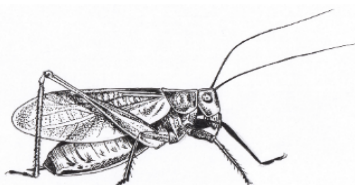
Sílu k obrovským skokům hmyzu a chvostoskoků nemohou zajistit pouze dobře vyvinuté svaly. Na pohybu se podílí i speciální pružná bílkovina *resilin*. Ta v sobě dokáže „uložit“ energii vytvořenou svaly podobně jako stlačená pružina. Při odrazu se bílkovinné útvary prudce rozeprnou a uvolněná energie zajistí vymrštění. Funguje to podobně jako při střelení z luku, nebo ještě lépe z kuše. Tam také postupně silou napnete lučiště a zajistíte západkou. Při výstřelu ji uvolníte a veškerá síla v jediném okamžiku vyše šíp vpřed. *Resilin* v kloubech hmyzu a chvostoskoků je však mnohem účinnější než většina ostatních materiálů používaných lidmi.

Další zajímavosti zde:

(<https://plus.rozhlas.cz/resilin-supermaterial-inspirovany-blechou-6646517>)

**Rovnokřídlí, křísi, blechy** a někteří brouci (např. **dřepčící**) mají ke skákání uzpůsobené zadní končetiny, které jsou zesílené, případně protažené, aby dosáhly lepší účinnosti při skocích.

(<https://plus.rozhlas.cz/skace-blecha-jinak-nez-irbis-blecha-se-vymrsti-jako-sip-selma-jako-ostep-8599420>)



Obr. 40: Zleva – kobylika, blecha, dřepčící



Obr. 41: **Chvostoskoci** neskáčou pomocí končetin, ale pomocí skákací vidlice umístěné na břišní

straně zadečku. Na obrázku je chvostoskok se sklopenou vidlicí (vlevo) a ve skoku (vpravo).

### Plavu jako o závod

Vodní hmyz (ať už jeho larvy nebo ve vodě žijící dospělci) má pro možnost rychlého úniku vyvinuta různá přizpůsobení. Brouci **potápníci** používají jako vesla dlouhé zadní končetiny, které mají ploché holeně a chodidla zvětšená plovacími chlupy. Podobným způsobem vesluje ploštice **znakoplavka**, která opravdu plave hřbetem dolů. **Larvy komárů**, které se vznášejí u hladiny hlavou dolů, se při ohrožení rychle potápějí pomocí prudkých mrskvavých pohybů celého těla.

## 4.5. OSTNOKOŽCI

**Ostnokožci (lilijice, hvězdice, hadice, ježovky a sumýši)** jsou mořští živočichové, kteří až na vzácné výjimky obývají dno. Pokud se při pobytu u moře chcete s některými z nich blíže seznámit, stačí plavat s potápěčskou maskou nedaleko od břehu. Při plavání uvidíte na dně sumýše, občas hvězdice, mezi kameny množství ježovek. Když budete obracet kameny u svých nohou, můžete zahlédnout i hadice, které jsou ve dne ukryté pod kameny a vylézají až v noci.



Základní obranou ostnokožců je zpevněný povrch těla. Pod kůží mají uloženy vápenité destičky, ze kterých mohou dále vyrůstat různé výběžky až ostny (odtud název ostnokožci). Vápenité destičky mohou být rozptýlené (sumýši), pohyblivě spojené do pásů (lilijice, hvězdice, hadice) nebo pevně srostlé do souvislého krunýře (ježovky). Pevně ukotvené nebo pohyblivé jsou i ostny.

Obr. 42: Pokud se půjdete při odlivu projít po břehu, můžete nalézt schránky ježovek nebo jejich části, někdy moře vyplaví i mrtvou hvězdici.

**Nesahat, bodám!**

Málo pohyblivé **ježovky** spoléhají při obraně především na oklamání a odrazení útočníka. Jejich destičky jsou srostlé do celistvého krunýře, který je velmi pevný a odolný. Z krunýře na všechny strany navíc trčí ostny, které jsou často dlouhé, tenké a křehké. Snadno se odlomí, špička pak zůstane v ráně útočníka, ta se zanítí a dlouho bolí.

► *Něco navíc: Nejsou to jen ostny (s. 110)*

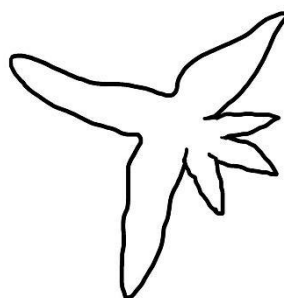
### Trnitá krása

**Hvězdice** a **hadice** se při obraně spoléhají také na ostny, které jsou sice většinou krátké, ale jsou tuhé a ostré. Rozhodně nic příjemného na dotek! **Hvězdice trnová koruna**, která se v současnosti invazivně šíří v teplých mořích, tuto obranu dále vylepšuje o nechutné a toxické látky. Ty jsou obsaženy v tkáních hvězdice. Pokud se predátor poraní o trny na povrchu hvězdice, jsou tyto látky uvolněny do rány a začnou působit – predátor nejprve pocítí hořkou chuť (často pak hvězdici vyplivne), následuje ostrá bolest způsobená rozkladem krve a tkání a zároveň dochází k otoku poraněných částí těla.

Hvězdice a především hadice přidaly do své obrany i pohyb. Pohybují se pomocí velkého množství panožek na spodu těla, které se střídavě přichycují a pouštějí podkladu. Některé hvězdice (*Pycnopodia*) a většina hadic se dovede pohybovat i rychle. Hadice si při tom pomáhají vlněním velmi pohyblivých dlouhých ramen. Rychlý pohyb používají při lovu, ale především při úniku, po kterém se snaží schovat. Hvězdice a hadice se také snaží predátora oklamat. Při napadení odvrhují celá ramena nebo jejich části, které se dále trhaně pohybují. Tím upoutají pozornost útočníka a samy se mohou zachránit. Tento jev – autotomii – jsme si již popsali u sekáčů. Na rozdíl od sekáčů ale hvězdicím a hadicím jejich odvržená ramena dorůstají (regenerují).



Obr. 43: Hvězdice trnová koruna



Obr. 44: Místo chybějícího ramene někdy vyroste více nových ramen.

## Všechno pryč! Hlavně, že přežiju!

Obranu založenou na autotomii dovedli k dokonalosti **sumýši**. **Sumýš Forsskálův** je příkladem sumýšů, kterým vyrůstají ze zadní části střeva svazky dlouhých vláken, takzvaných *Cuvierových trubic*. Při napadení sumýš vyvrhuje tyto trubice z těla směrem k predátorovi. (<https://www.youtube.com/watch?v=3YhRZZH6tck>) Trubice jsou lepkavé a predátora obalí. Pokud ani to predátora neodradí, vyvrhne sumýš celou zadní část střeva spolu s dýchacími a rozmnožovacími orgány. Odporná představa! Jiní sumýši (například rod *Eupenctata*) odvrhují naopak přední části střeva spolu s chapadly kolem ústního otvoru. Tento způsob obrany si mohou dovolit jen díky úžasné schopnosti regenerace, kdy jim všechny odvržené části těla znovu dorostou. Takový způsob obrany, i když velmi účinný, je pochopitelně velmi nákladný. Sumýši jej proto využívají jako záchrannou brzdu, až když nemají jinou možnost. Jinak se snaží před predátory spíš schovat buď tak, že se zahrabou do dna, nebo se maskují různými výrůstky na těle, které vypadají jako trsy řas.

## 4.6. KRUHOÚSTÍ

### Slizová obrana

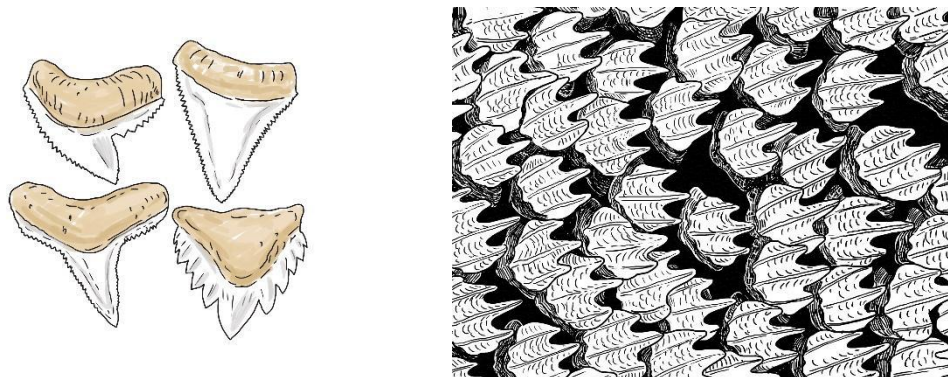
Milióny let žijí v mořích **sliznatky**, hadovití tvorové, kteří nemají párové ploutve, kosti ani čelisti, ale zato se u nich vyvinul jedinečný způsob obrany, který jim dal i české jméno. V kůži mají podél těla na obou stranách velké množství žláz, jimiž vylučují sliz. Ten po styku s mořskou vodou během zlomku vteřiny mnohonásobně zvětší objem a vytvoří silně lepkavý gel. Nejenže se tím sliznatka stane pro predátora takřka neuchopitelná, ale navíc může slizem doslova zalepit jeho žábry, ústa nebo oči. Aby se sama nezadusila vlastním slizem, vytvoří na těle uzel, který se postupně posouvá a tím její tělo od slizu očistí. To jí poskytne příležitost u úniku před predátorem.

## 4.7. PARYBY

### Žraloci – rychlost a zuby

Žraloci patří v mořích k vrcholovým predátorům a mohlo by se zdát, že je samotné nikdo ohrožovat nemůže. Přesto se musí i oni bránit – jejich hlavními predátory jsou například kosatky, velké ryby, vorvani nebo jiní žraloci. První linií obrany je pevný povrch těla, protože mají plakoidní šupiny, které jsou nejen tvrdé jako zuby, ale navíc vybíhají v trny. Hlavními obrannými taktikami žraloků je však jejich rychlost, které

dosahují mimo jiné rovněž díky tvaru šupin. Nejrychlejší je **žralok mako**, který vyvine rychlost až 65 km/h. U většiny druhů patří k účinným prostředkům obrany i ostré zuby. Žralokům se zuby vyměňují celý život. Jsou uspořádány v řadách, kterých může být u některých druhů patnáct i víc, přičemž paryba používá přední dvě a další jsou připravené vypadlé zuby nahradit. Celkem může žralok za život vyměnit až 50 000 zubů!



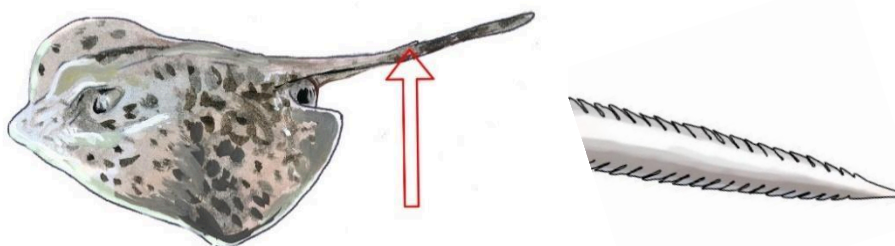
Obr. 45: Vlevo – zuby žraloků mají rozmanitý tvar. Vpravo – plakoidní šupiny žraloků inspirovaly k výrobě smirkového papíru.

► *Něco navíc: Dokolečka dokola (s. 110)*

### Jedový trn a elektřina

**Rejnoci** patří stejně jako žraloci mezi paryby, ale vedou jiný způsob života, a tudíž se brání odlišně. Jsou sice zdatní plavci, ale mnozí tráví čas napůl zahrabaní na mořském dně. Spoléhají především na krycí zbarvení, i když se mezi nimi najdou druhy s velmi účinnými obrannými „zbraněmi“.

**Trnuchy** mají na ocase jedové trny. Jsou to vlastně přeměněné plakoidní šupiny opatřené háčky a rýhou, v níž se nachází tkáň vylučující jed. V ohrožení trnucha prudce švihne ocasem a vztyčí trny, jimiž útočníka zasáhne.



Obr. 46:  
Trnucha  
a detail trnu

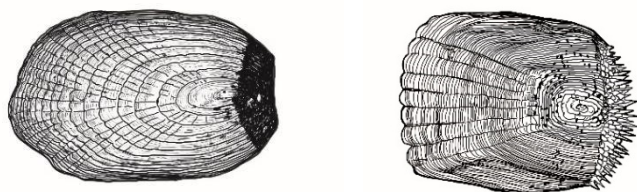


**Parejnok elektrický** má sice jako ostatní rejnoci krycí zbarvení, ale navíc dokáže vysílat silné elektrické výboje. Využívá je nejen k omráčení kořisti, ale i k obraně. Párový elektrický orgán vznikl přeměnou svaloviny a nachází se v přední části trupu.

#### 4.8. RYBY

##### Rybí šupiny

Většina kostnatých ryb má tělo kryté kostěnými šupinami. Ty nejenže chrání tělo, ale spolu se slizem pomáhají snižovat tření při plavání, což je důležité pro rychlý pohyb ve vodě. Většina moderních druhů ryb má pružné a poměrně tenké šupiny, které jsou dvojího typu. Cykloidní šupiny jsou hladké a zakulacené, mají je například kaprovité ryby – **kapr**, **karas** a další. Ktenoidní šupiny mají na okraji drobné zoubky, což zvyšuje jejich ochrannou funkci. Zkuste si někdy pohladit **okouna** nebo **candáta** – budete mít pocit, že přejíždíte po smirkovém papíru.



Obr. 47: Vlevo cykloidní šupina, vpravo ktenoidní šupina.

##### Obrněnci s ploutvemi

V mělkých teplých mořích žijí drobné rybky – **mořští koníčky**. Jsou výjimeční v mnoha ohledech včetně způsobů, jak se ubránit predátorům. Jsou malé, nedokážou rychle uplavat a nejsou jedovatí, a tak mají vlastně jen tři možnosti. Tou první je skutečnost, že mají tělo pokryté kostěnými štítky jako brnění. Druhou je fakt, že jsou mistry v maskování. „Stojí“ na jednom místě a přidrží se ovíjivým ocáskem i větví korálnatců nebo porostu řas, které napodobují nejrůznějšími výrůstky na těle i tvarem ploutví. Mnozí se svému okolí přizpůsobují i zbarvením, a dokonce jsou schopni i rychlé barvoměny, aby si jich predátor nevšiml.



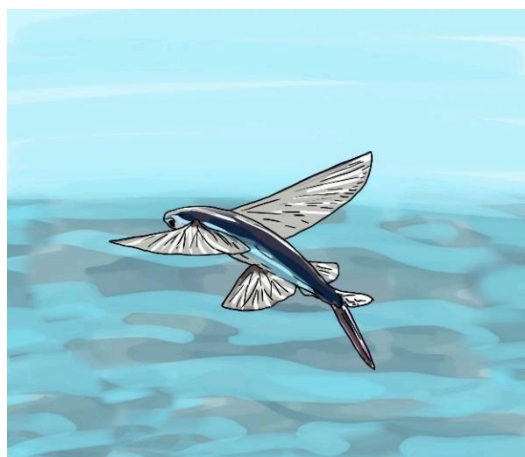
Obr. 48: Vlevo – koníček mořský se zřetelnými kostěnými štítky.  
Vpravo – řasovník je maskovaný v porostu řas.

► *Něco navíc: Ryby v krabičce (s. 110)*

### Rychlý únik

Mnohé ryby využívají k úniku před predátory schopnost rychle a obratně se pohybovat, což platí hlavně pro mořské druhy, které mají dost prostoru k rozvinutí rychlosti.

**Plachetník** je považován za nejrychlejší rybu vůbec. Svědčí o tom i štíhlé tělo a vykrojená ocasní ploutev. Při lovu i při úniku před predátory, jako jsou kosatky nebo žraloci, vyvine rychlost přes 100 km/h.



**Letoun měkkoploutvý** patří mezi asi padesát druhů takzvaných létajících ryb. Samozřejmě nelétají aktivně, ale dokážou nabrat rychlost, pak se vymrštit z vody a plachtit nad hladinou ve výšce až 3 m. Mají rozšířené prsní a někdy i břišní ploutve, které roztáhnou a tím získají větší vztlak.

Obr. 49: Letouni doplachtí několik desítek metrů (rekordně i více než 100 m) daleko.

### Tmavý hřbet a světlé břicho

Mnoho ryb má tmavou hřbetní stranu těla a výrazně světlejší spodinu, což je jev, s nímž jste se již setkali u vodních zástupců hmyzu (potápníka, znakoplavky nebo bodule – viz str. 36). Je to docela chytré maskování. Vezměte si třeba takovou makrelu, na kterou se ostatně můžete zblízka podívat v obchodě s rybami. Břicho má bílé, zatímco hřbet se šedomodrá, s tmavými pruhy a skvrnami. A teď si představte moře za slunného dne. Když se budete dívat ze břehu, bude se vám dno jevit tmavé. Kdybyste se ponořili do vody a podívali se nahoru, bude hladina zářivě světlá.

**Makrely** se během dne pohybují v hejnech poměrně nehluboko pod hladinou. To znamená, že je pravděpodobné, že si jich ptačí predátoři, jako jsou albatrosi nebo orli, nevšimnou. Naopak lovcům z hlubin, jako jsou například velké ryby, budou světlá

břicha makrel splývat s ozářenou hladinou. V noci se pak makrely přestěhují do větší hloubky.

### Zubaté krásky

**Murény** jsou mořské ryby s hadovitým tělem, které využívají k obraně jednak maskování, jednak jed. Na první pohled se zdají být nápadné, ale v pestrém světě korálových útesů, kde žijí, se jejich strakaté tělo dokonale ztratí. Zvláště když se uchýlí do vhodné skuliny. Druhou linií muréní obrany je jed. Nemají sice jedové zuby jako hadi (i když jsou vyzbrojené pěkně ostrými zuby), ale jejich tělo s hladkou kůží bez šupin je pokryté jedovatým slizem a jed mají rovněž ve slinách.

### Hra na kámen

**Odranec** patří mezi mořské ryby, které ke své obraně využívají jed. Některé z nich se maskují na mořském dně, jiné na svou jedovatost upozorňují nápadným zbarvením a výstražným chováním. Odranec patří k prvnímu typu. Má tak nepravidelný povrch těla, že vypadá jako kámen porostlý řasami (však se mu také anglicky říká *stonefish*, tedy kámen-ryba). Nehybně leží na mořském dně, s nímž dokonale splývá. Toto maskování má význam především při lovu, aby si odrance nevšimly menší ryby, ale uplatní se také jako ochrana před predátory. Když už se ale nějaký žralok, rejnok nebo mořský had rozhodne, že odrance uloví, může ho čekat nepříjemné překvapení v podobě jedových trnů, které má odranec na hřbetě. Jsou to vlastně tvrdé ploutevní paprsky, u jejichž základny se nacházejí jedové žlázy.

► *Něco navíc: Ropušnice není ropucha (s. 111)*

### Klamavý půvab

**Perutýn** vypadá a chová se úplně jinak než odranec, i když je s ním příbuzný. Skutečnost, že také on má na obranu jedové ploutevní paprsky, dává najevo výstražným zbarvením a předváděním ploutví, které jsou rozdělené, takže připomínají ptačí perutě. Vysvětlení této strategie je celkem jednoduché – perutýn

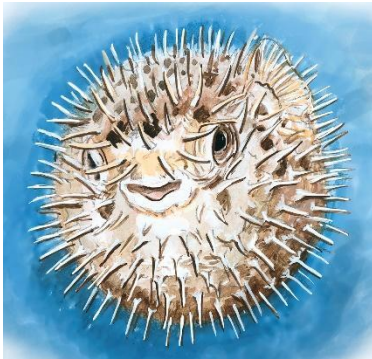


vede jiný způsob života než odranec. Je to ryba volného moře, která rozhodně netráví život přitisknutá na dno. Naopak – je to velmi obratný plavec, který pomocí plynového měchýře dokáže skvěle kontrolovat pohyb ve vodním sloupci.

Obr. 50: Perutýn ohnivý

### Nafukovací ryby

**Čtverzubci a ježici** obývají moře. Tělo mají kryté buď malými destičkami, nebo šupinami opatřenými trny. Jejich hlavní obrannou taktikou je ale schopnost spolykat tolik vody, že se jejich poměrně štíhlé tělo nadme do kulovitého tvaru. Nejenže je pak



**kanic** či jiný predátor nedokáže uchopit, ale v případě ježiků se tato koule skutečně naježí ostrými trny. Někteří čtverzubci mají navíc ve vnitřních orgánech prudký nervový jed, jiní mají jed uložený v kůži, odkud se dostává do slizu pokrývajícího tělo. V prvním případě jed působí na predátora pouze, pokud ho spolkne, v druhém i při pouhém dotyku.

Obr. 51: Ježík v obranném postavení

### Ryby pod proudem

V těle každého živočicha probíhají slabé elektrické výboje, ať už při přenosu nervových vzruchů, nebo při práci svalů. Ty jsou pochopitelně tak nepatrné, že se navenek nijak neprojevují. Existují však ryby, které dokážou vyrábět elektrické pole dost silné na to, aby omráčilo kořist nebo aby se uplatnilo při obraně před predátory. Elektrické orgány vznikly přeměnou příčně pruhované svaloviny, případně volných nervových zakončení. Téměř všechny ryby schopné elektřinu vyrábět dovedou elektrické pole také vnímat, a to přeměněnými buňkami postranní čáry.

**Paúhoř elektrický** z jihoamerických řek ve skutečnosti vůbec není úhoř. Je to obr dlouhý až 2,5 m, jehož elektrický výboj ho poměrně účinně chrání, a tak vlastně mnoho predátorů, kteří by byli schopni ho usmrtit, nemá. Dokáže si poradit i s kajmanem, který by se rozhodl paúhoře ulovit, a neublíží mu ani obávané piraně.

► *Něco navíc: Máme nabito (s. 111)*

### Bezpečí v hejnu

Mnoho menších druhů ryb žije v početných hejnech, a to buď jen v mládí, nebo i v dospělosti. Hejno se chová jako jeden organismus, což je výhodné, když si uvědomíme, že platí pravidlo: velké ryby loví malé ryby. Přitom ryby, které se

nacházejí na okraji, reagují na blížícího se lovce okamžitou změnou směru. Díky citlivé postranní čáře to vnímají sousední ryby a tak se pohyb neuvěřitelně rychle šíří celým hejnem. Takže když hejno **sledů**, **šprotů** nebo **sardinek** vypadá jako jedna velká ryba, je větší šance, že ryby predátora zmatou. Nehledě na to, že v hejnu se loví špatně a predátor se obtížně soustředí na jednotlivé ryby, které by snadněji chytil.



Obr. 52: Pevně semknuté hejno ryb se chová jako jeden celek.

#### 4.9. OBOJŽIVELNÍCI

U obojživelníků se vyvinula pestrá škála obranných prostředků, často velmi účinných. A to i přesto, že by se někomu mohli zdát poměrně zranitelní a proti predátorům bezmocní.

##### Žebrovníci a trnočolci

Jak napovídá jejich jméno, používají tito příbuzní čolky ke své obraně „trny“ – ne ale ledajaké. Na první pohled si na nich všimnete řady hrbolků na bocích. Ty ukrývají špičky žeber. Jakmile se **žebrovník** nebo **trnočolek** cítí ohrožen, zploští tělo nebo se naopak vyhrbí a ostré konce žeber proniknou kůží jako skryté čepele. Když nebezpečí pomine, zajedou zpět a ranky se velmi rychle zahojí. To je možné jednak díky tomu, že podkožní žlázy vylučují látky bránící infekci, jednak díky účinnému imunitnímu systému.

S touto podivuhodnou obranou se ale uvedení obojživelníci nespokojí. Jsou navíc schopni vylučovat kožními žlázami jednak hustý sliz, jednak nedobře chutnající výměšky. Ty ulpí na žebrech pronikajících kůží, takže predátor má najednou tlamu plnou pichlavých a odporně chutnajících věcí.

► *Něco navíc: Tvrdohlavá žába (s. 111)*

#### Únik do bezpečí

Mnoho druhů žab se řídí pravidlem „kdo uteče, ten vyhraje“. Je to v podstatě ten nejjednodušší způsob, jak nebýt kořistí, pokud ovšem není predátorů příliš mnoho. Na pevné zemi fungují silné zadní nohy jako pérovací odrazový můstek, jak to známe u **skokanů**. V korunách stromů žáby plachtí pomocí širokých blán mezi prsty. Když žába prsty roztáhne, může plachtit mnohem dál, než kdyby pouze skočila.



Obr. 53: **Létavka** plachtí vzduchem díky širokým plovacím blánám.

### Jak uniknout pozornosti

Jestliže má žába v prostředí, kde žije, příliš mnoho predátorů, útěk je pro ni nevýhodný, protože by vlastně nedělala nic jiného, než jen utíkala, a na shánění potravy nebo rozmnožování by jí nezbýval čas. Proto se u takových druhů vyvinula jiná taktika – stát se pro predátora neviditelným. Nejjednodušší způsob, jak toho docílit je maskování, díky němuž žába doslova splyne s okolím.



Obr. 54: **Drsnokožka kornatá** z Vietnamu vypadá na stromě jako kousek mechu.

► *Něco navíc: Dokonalé maskování (s. 112)*

### Pozor, jed!

**Pralesničky**, drobné žabky za Střední a Jižní Ameriky, jsou, na rozdíl od strategie „nebýt spatřen“, často výrazně zbarvené. Dávají tím najevo: „Pozor, jsem jedovatá!“ Jedovaté sice nejsou všechny druhy, ale ty, které jsou, obsahují jed velmi silný. Jedů žab rodu *Phyllobates* a *Dendrobates* existuje několik druhů, nejznámější z nich jsou alkaloidy *batrachotoxiny*. Pralesničky mají jed uložený v kůži, takže není radno se jich dotýkat. Zajímavé je, že pralesničky sice mají kožní žlázy jako jiné žáby, ale v těch se jed netvoří. Získávají ho z potravy, i když zatím není znám



přesný způsob jeho ukládání do kůže. Pro tuto domněnku svědčí i skutečnost, že pralesničky chované v lidské péči v důsledku jiné potravy svoji jedovatost postupně ztrácejí. Za nejedovatější žabu je považována pralesnička strašná.

#### Obr. 55: Samec pralesničky strašné

► *Něco navíc: Malá, ale nebezpečná (s. 112)*

**Mlok skvrnitý** má rovněž výrazné zbarvení. Ten ale (na rozdíl od pralesniček a



obdobně jako třeba ropuchy) dokáže jed sám vytvářet. Velké jedové žlázy má za očima, další podél hřbetu a na bocích.

Obr. 56: Uspořádání a tvar i velikost skvrn mloka skvrnitého jsou značně proměnlivé.

#### **Falešné oči**

Pro predátora překvapivou obranou je chování jihoamerické žaby **hvízdalky**. Jako mnoho jiných druhů žab s krátkýma nohama a zavalitým tělem se nesnaží rychle prchnout, ale naopak – jejím cílem je predátora zmást a zastrašit. Proto se prudce



zvedne na všechny čtyři, nadme tělo a bleskově se otočí k útočníkovi zády. Tím odhalí velké tmavé skvrny, které jsou bíle lemované a v klidu schované pod stehny. Pokud je predátor menší, může získat dojem, že se proti němu postavilo mnohem větší zvíře, a tak lov vzdá.

Obr. 57: Hvízdalka Nattererova v obranném postoji

#### **Npravé drápy**

Mnoho žab má sice na prstech drápy, ty ale nejsou při obraně moc platné.

U **vlasatice třásnité** se vyvinul zvláštní způsob, jak si k ostrým „drápům“ pomoci.

V ohrožení si je schopna zlomit tenké kosti prstů, jejich okraje proniknou kůží a slouží

k obraně před predátory. Žábě to ale nijak neublíží – v klidu pak kůstky zase zatáhne, kam patří, a díky značné schopnosti regenerace jí opět velmi rychle srostou.

#### 4.10. PLAZI

První obrannou linií je u většiny plazů pevný, ba někdy velmi tvrdý povrch těla, který predátor tak snadno neprorazí. Základní obrannou taktikou všech plazů je však snaha nebýt spatřen nebo predátorovi uniknout. Pokud ani jedno není možné, snaží se ho nějakým způsobem od útoku odradit – výstražným postojem, výstražnými zvuky nebo předstíráním smrti. V neposlední řadě volí fyzickou obranu, tedy útok.

##### Krokodýli

Všichni zástupci krokodýlů mají hřbetní část těla krytou velkými a tvrdými šupinami z rohoviny, které jsou navíc zpevněné kostěnými destičkami uloženými ve škáře pod nimi. Často vybíhají v nápadné hrboly nebo trny. Na zbytku těla jsou šupiny pružnější. Většinu času leží krokodýli nehybně ve vodě a díky nevýraznému zbarvení unikají pozornosti. Když jsou ale napadeni, brání se šviháním ocasem, kterým dokážou uštvědit silnou ránu. Nehledě na to, že mají v čelistech vyzbrojených ostrými zuby obrovskou sílu a že sice nejsou schopni vyrazit hlavou přímo dopředu, ale rychlými pohyby do stran mohou útočníka notně překvapit.



Obr. 58: Detail kůže na hřbetě krokodýla

##### Želvy

Ačkoliv většina lidí si v případě želv okamžitě vybaví krunýř jako hlavní obranný prostředek, nemusí to tak být vždy. Želvy uplatňují i další strategie než je zatažení do krunýře. Může to být maskování, rychlý útěk (i suchozemské želvy dokážou překvapivě rychle běhat a vodní hbitě uplavou), zahrabání, nepříjemný zápach nebo kousání.

**Klapavky** jsou malé sladkovodní želvy, které tráví většinu života na dně stojatých vod, obvykle s bahnitým dnem, do kterého se částečně zahrabou. Díky zbarvení krunýře, který je převážně hnědý s různou kresbou, snadno uniknou pozornosti. Když



už je ale predátor, například mýval, orel nebo skunk, přece jen objeví, uchýlí se k velmi zvláštnímu způsobu obrany: uzavřou se do krunýře jako do krabičky. Spodní část krunýře je totiž rozdělena na dvě nebo tři části podle druhu. Ty jsou spojené pohyblivým „kloubem“, a tak želva bleskurychle zatáhne nohy, ocas, hlavu i krk a pak pohyblivé části krunýře pevně zaklapne – odtud české rodové jméno klapavky. Další obrannou linií klapavek je silný zápach, jehož příčinou jsou pachové žlázy ukryté pod okrajem krunýře. V případě, že to nestačí, neváhají se klapavky bránit kousáním. Ačkoliv želvy nemají zuby, jejich ostré čelisti dokážou rozdrtit krunýř raka nebo i menší kost, a tak je jejich kousnutí opravdu bolestivé.

**Matamata trásnitá** dostala české jméno podle četných kožních výrůstků na hlavě a na krku. Tato vodní želva z povodí Amazonky má poměrně malý krunýř, do kterého se nedokáže úplně zatáhnout. Spoléhá proto na skvělé maskování. Leží nehybně ve vodě zcela ukrytá mezi vodními rostlinami a je v nich takřka neviditelná. To jí pomáhá hned dvojím způsobem, jak je u maskování často běžné: případná kořist (živí se rybami i dalšími vodními živočichy) ji nezaznamená, a nevšimne si jí tedy ani predátor, jako je krokodýl.

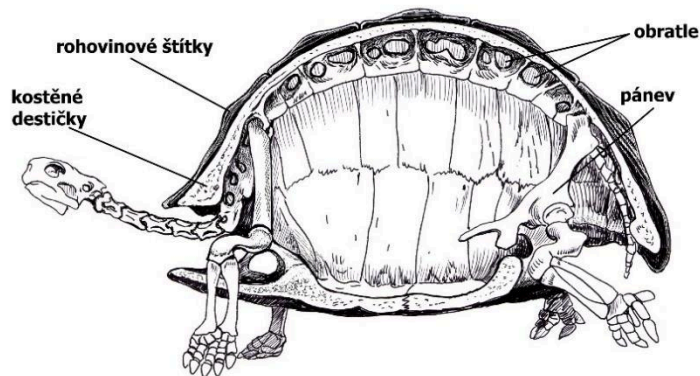
**Želva stepní** je typickou ukázkou suchozemské želvy. Vysoce klenutý krunýř je velice tvrdý a želva do něj dokáže zatáhnout všechny vyčnívající části těla. Přední nohy má navíc pokryté tvrdými šupinami. Je to její hlavní obrana před predátory, ať už je to šelma, nebo dravec, protože je jen těžko uchopitelná. Jelikož ale žádná obrana není stoprocentní (a to neplatí jen pro želvy, ale obecně), našli si někteří predátoři přece jen způsob, jak si s želvou poradit. Mohou ji například vynést ve spárech do výšky a pustit na skálu, nebo mají tak silné čelisti či zobák, že krunýř prorazí.

### **Tento text je určen do okresního a krajského kola**

#### **Krunýř**

Se želvami je neodmyslitelně spjatá představa tvrdého krunýře, který jim slouží jako dokonalé brnění. To ale platí především pro želvy suchozemské, případně sladkovodní, pokud tráví část života i na souši. Typicky vodní želvy, jako jsou **karety**, mívají krunýř plošší a ne tak velký, protože pak neklade tak velký odpor při plavání a je lehčí. **Kožnatky** mají dokonce krunýř a jeho výztuž výrazně potlačený a překrytý kůží.

Stavba krunýře je u všech želv podobná. Jeho základem jsou kostěné desky, které jsou částečně srostlé s páteří a žebry. Z vnější strany je překrývají rohovinové štítky. Krunýř je rozdělen na hřbetní štít neboli karapax a břišní štít neboli plastron. Na bocích jsou tyto štíty spojené buď pevně, nebo pružnými vazy.



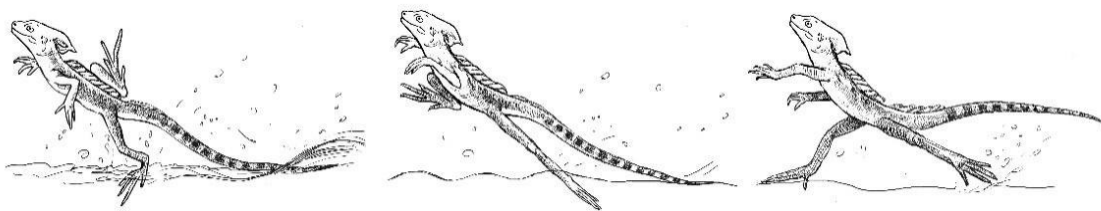
Obr. 59: Řez krunýřem želvy

## **Ještěři**

Základní obrannou metodou ještěřů je maskování – kresbou těla splývají v klidu se svým prostředím. Mimoto však u mnoha z nich můžeme pozorovat rozličné a někdy podivuhodné způsoby, jimiž se brání proti predátorům.

### **Útěk po hladině**

**Baziliškové** jsou štíhlí ještěři s dlouhými zadními nohama a dlouhým ocasem. Zdržují se v blízkosti vody, a tak není divu, že v ní hledají útočiště v případě ohrožení. Nejprve co nejrychleji prchají, přičemž se napůl vztyčí a běží jen po zadních nohách. Ocasem udržují rovnováhu. Jakmile doběhnou k vodě, nezaváhají ani vteřinu – plynule se rozeběhnou po hladině. Dlouhé prsty na nohou při „došlápnutí“ vytvoří malou vzduchovou kapsu, která funguje jako odrazový můstek. Bazilišek dokáže běžet rychlostí až 11,5 km/h, ovšem nevydrží mu to dlouho. Po nějaké době se jednoduše ponoří a uplave. Pokud nemá na dosah vodu, snaží se před predátorem vyšplhat na strom nebo se rychle zahrabat do písku.



Obr. 60: Běžící bazilišek

► *Něco navíc: Dvojí strategie (s. 112)*

### Pichlavé kolo

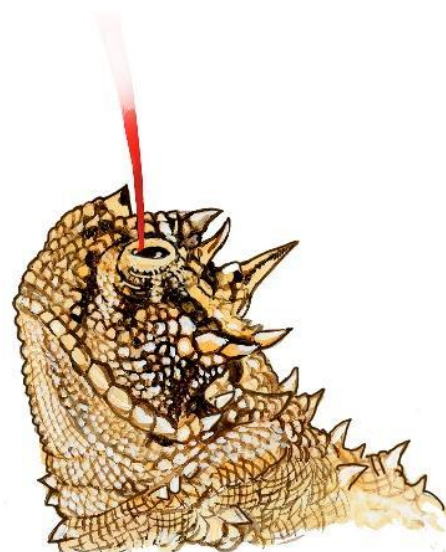
**Kruhochvost štitnatý** je malý africký ještěr, jehož hlavní obranou je maskování a šupiny, které na hřbetní straně těla i ocasu vyběhají v ostré trny a ještě jsou podloženy kostěnými deskami tvrdými jako kámen. Kruhochvost není nijak rychlý, a tak se ani nesnaží utéct. Místo toho se stočí do kruhu, špičku ocasu sevře v tlamě a vytvoří ježaté kolo. V této poloze vydrží, dokud to útočník nevzdá.



Obr. 61: Stočený kruhochvost

### Krvavá sprcha

**Ropušníci** obývají pouště v Severní Americe. Tvarem těla opravdu trochu připomínají ropuchy s ocáskem – jsou zavalití a mají krátké nohy, takže je jasné, že přeborníky v běhu nebudou. Obvykle jim stačí maskování, díky němuž splývají s pískem a kamením v pouštích, které obývají. Kromě toho mají tělo pokryté ostnatými šupinami. Dovedou se ale bránit i jiným, velmi neobvyklým způsobem – vystříknou z koutků očí proud krve, který dokážou namířit velmi přesně do očí predátora. Docílí toho změnou tlaku v hlavě. Tato obranná taktika je účinná hlavně proti šelmám, které ho navzdory jeho maskování uchopí do tlamy, protože krev ropušníka má odpornou chuť.



Obr. 62: Obranná taktika ropušníka ►

## Létající ještěr

**Dráčkové** obývají lesy v jižní Asii. Když sedí nehybně na kmenech, ani si jich nevšimnete, protože mají celkem nevýrazné krycí zbarvení. Když je ale vyplaší had nebo jiný predátor, odlepí se od kmene a uletí!

Samozřejmě křídla nemají, ale jsou vybaveni létacími blánami na bocích. V klidu jsou složené u těla, ale když dráček potřebuje zmizet, poslouží mu jako rogal. Blány jsou vyztužené pěti páry prodloužených žeber, takže je dráček může různě naklánět a tím řídit směr klouzavého letu.

Obr. 63: Dráček



překoná vzdálenost až 125 m.

## Ztracený ocásek

**Ještěrka obecná** dokáže při setkání s predátorem odlomit ocas. Tím ho zmátne, a zatímco predátor zkoumá dosud se mrskející ocas, ještěrka může zmizet. Díky schopnosti regenerace, tedy opětovnému růstu ztracených částí těla, jí časem ocas doroste, i když bude mít trochu jiné zbarvení a místo kostěných obratlů bude vyztužen pouze chrupavkou.

Dobrovolnému odlomení části těla se říká autotomie a už jste se s ním setkali například u sekáčů nebo hvězdic. Mezi plazy není takový způsob obrany vyhrazen jen ještěrce obecné, ale je poměrně hojně rozšířen i u dalších plazů – jiných druhů ještěrek, **scinků**, některých **gekonů**, **slepýšů** a mnoha dalších. Lze se s ním setkat rovněž u hadů, například u některých zástupců užovkovitých, i když těm pak ocas nedoroste.

► *Něco navíc: Místo zlomu (s. 113)*

## Jak se brání chameleoni

O chameleonech se traduje, že jejich hlavní způsob obrany před predátory je barvoměna, díky níž jsou dokonale maskovaní. To je sice pravda, ale jen do určité míry. Barvoměnu, kterou jsou chameleoni proslulí, využívají hlavně při vzájemném dorozumívání, například když dva samci soupeří o teritorium či samici, nebo když březí samice dává samci najevo, že o něj nemá zájem. Ve vztahu k predátorům uplatňují nejen změnu zbarvení, ale i mnohem pestřejší škálu obranného chování.

Když už je tedy predátor objeví, snaží se ho odradit od útoku tím, že se dělají větší, než skutečně jsou. Nafouknou hrdelní kožní vak, a pokud mají kožní přílby nebo záhyby na hlavě, rovněž je vztyčí. Zploští tělo ze stran a jakoby se nahrbí, stočí ocas do pevné spirály, případně ho prudce rozvinou a opět stočí. K tomu široce rozevírají tlamu a hlasitě syčí. Pozemní druhy také dokážou překvapivě rychle běžet.

► *Něco navíc: Jak se mění chameleon (s. 113)*

### **Jed není všechno**

Mezi ještěry mnoho jedovatých druhů nenajdeme. Ještě poměrně nedávno byli jako jediní ještěři schopní vylučovat jed z jedových žláz uváděny dva druhy **korovců** – korovec jedovatý a korovec mexický. Oba se ale pohybují poměrně pomalu, a tak spoléhají především na maskování.

► *Něco navíc: Užitečný jed (s. 113)*

Nyní už víme, že jedové žlázy má v dolní čelisti i největší ještěr na světě – **varan komodský**. Jeho jed sám o sobě není nijak prudký, ale působí spolu s desítkami druhů patogenních bakterií, které se v tlamě varana vyskytují a byly původně považovány za hlavní příčinu smrtelného kousnutí. Jed hlavně zabraňuje srážení krve.

Varan komodský využívá při obraně i další možnosti. Za prvé je velký, takže si na něj v dospělosti troufne vlastně jen zas jiný dospělý varan. Za druhé má tvrdé šupiny podložené ještě tvrdšími kostěnými destičkami, což vytváří velmi pevný povrch těla. Za třetí dokáže ušetřit nebezpečnou ránu ocasem, který je dlouhý, svalnatý a pohyblivý. Za čtvrté se může uchýlit k tomu, že vyzvrátí obsah žaludku. Ne že by tím chtěl odradit jiného tvora než člověka, ale protože se tak zbaví několika kilogramů zátěže. Pak může překvapivě rychle utéct – vyvine rychlost až 20 km/h! Konečně poslední možností je kousnutí. Jelikož má pohyblivý nejen ocas, ale i krk, švihá hlavou ze strany na stranu a pravděpodobnost, že neústupného útočníka zasáhne, je tudíž vysoká.

### **Hadi**

Většina lidí si myslí, že hlavní zbraní hadů jsou zuby, ať už jedové, anebo ne. Ve skutečnosti ale je prvotním úkolem zubů znehybnit a držet kořist a teprve druhotně

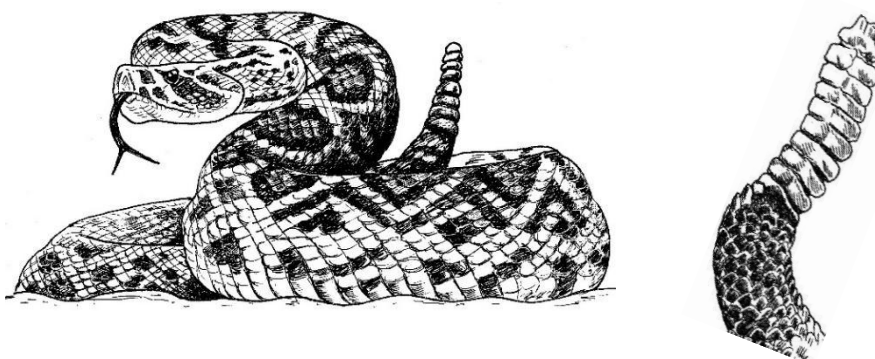
slouží rovněž k obraně před predátory. Protože jsou ale jedové zuby hadů křehké a snadno se zlomí a protože vytvoření další dávky jedu je energeticky náročné, hadi raději jedem šetří a uchylují se nejprve k jiným způsobům obrany. Na rozdíl od ještěřů nemají na těle trny nebo tvrdé štítky, ale využívají taktiku maskování, zastrašení nebo rychlého úniku, staví se mrtvými nebo napodobují mnohem nebezpečnější druh.

### Létající had

V jihovýchodní Asii žije **bojga zlatá** z příbuzenstva užovek. Většinu života tráví na stromech, kde také loví. Její kořistí, kterou usmrtí jedem ze zubů umístěných v zadní části čelistí, jsou mimo jiné i dráčkové. Dokáže totiž stejně jako oni plachtit desítky metrů. Nemá sice létací blány, ale když roztáhne žebra, vytvoří její zploštělé tělo plochu dost velkou na dlouhý klouzavý let. To jí pomáhá nejen při lovu, ale také při rychlém úniku před predátory, jako jsou dravci nebo velcí plazi. „Let“ bojgy sice trvá jen několik sekund, dokáže však urazit vzdálenost až 100 m a vyvinout rychlost více než 40 km/h!

### Chřestidlo

Výstražný chřestivý zvuk mohou hadi vydávat jednak třením šupin o sebe, jednak speciálním útvarem na konci ocasu – chřestidlem, což jsou tvrdé duté články kožního původu. Chřestidlo je, jak název napovídá, typické pro **chřestýše**, jedovaté americké hady, kteří jinak svým zbarvením splývají s okolní krajinou. Snadno by na ně mohl šlápnout třeba bizon nebo by na ně mohl zaútočit kojot, jestřáb nebo jiný predátor. Při vyrušení chřestýš zvedne konec ocasu a začne jím rychle kmitat. Tím na sebe články chřestidla narážejí a výsledný zvuk se nese překvapivě daleko – i několik desítek metrů.



Obr. 64: Vlevo chřestýš ve výstražném postoji, vpravo detail chřestidla.

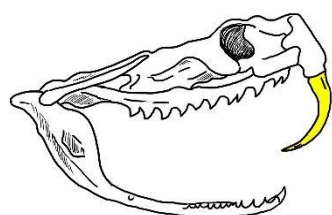
► *Něco navíc: Chřestýš bez chřestidla (s. 113)*

### Jedem je třeba šetřit

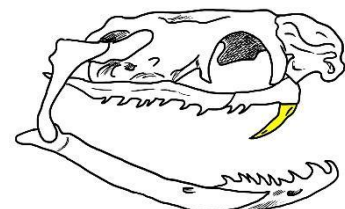
Jedovatí hadi mají jedové žlázy, které vznikly přeměnou slinných žláz a nacházejí se v blízkosti očí. Vytvářejí typy jedů, které jsou neškodné, pokud jsou spolknuty, ale nebezpečné, pokud se dostanou do krevního oběhu. Je tedy zřejmé, že had musí jed vpravit do svalů kořisti či predátora pomocí zubů, jimiž pronikne kůží.

Tvorba jedu v jedových žlázách často neprobíhá nepřetržitě, je to dost náročný proces, který nějakou dobu trvá. Po tuto dobu had nemůže lovit ani se bránit, Proto hadi v ohrožení často kousnutí naznačí nebo kousnou „naprázdno“, tedy bez vstříknutí jedu. Dokážou totiž množství jedu uvolněného z jedových žláz do jisté míry ovládat.

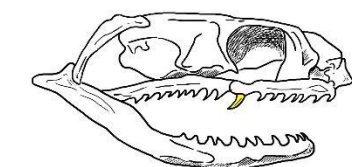
Obr. 65: Hadi mají tři typy jedových zubů:



**Zmije a chřestýši** mají při zavřené tlamě jedové zuby sklopené dozadu. Při rozevření čelistí se zuby vztyčí a jed vytéká kanálkem.



**Kobry, mamby, korálovci a vodnáři** a také nejjedovatější had **taipan menší** mají jedové zuby pevně ukotvené vepředu v čelisti. Zuby mají hlubokou rýhu, která je u některých druhů uzavřena v dutý kanálek.



**Bojgy** mají zuby umístěné v zadní části čelisti. Jsou opatřené rýhou, kterou jed stéká při opakovaném stisku čelistí.

### Jedovatý, nebo ne?

**Korálovka sedlatá** je nejedovatý had z příbuzenstva užovek. Přesto má velmi výrazné zbarvení, které se nápadně podobá výstražnému zbarvení prudce jedovatého **korálovce žlutavého**. Je to její způsob obrany, který se velmi často vyskytuje také u hmyzu. Už jste se ním seznámili – jde o typ mimikry, kdy druh, který

sám nemá žádné „zbraně“, jimiž by odrazil útok predátora, napodobuje druhy, které takovými zbraněmi (například jedovými zuby nebo žihadly) disponuje.

### Smrdím a jsem mrtvá!

Už jste někdy chytili do ruky **užovku obojkovou**? Jestli ne, tak to nedělejte. Ne že by vám nějak ublížila, ale v nebezpečí se brání vylučováním velmi nepříjemně, ba přímo odporně páchnoucí směsi trusu a výměšku pachových žláz, případně vyzvrátí obsah žaludku.

Obr. 66:

V nouzi nejvyšší se užovka převrátí břichem vzhůru, svěsí hlavu, z pootevřené tlamy jí vyčnívá jazyk – zkrátka vypadá jako mrtvá. Také s tímto typem obrany proti predátorů jste se seznámili u bezobratlých živočichů. Označujeme ji jako thanatozu a využívají ji i další živočichové. Většina predátorů totiž dává přednost živé kořisti.



## 4.11. PTÁCI

Téměř všichni ptáci dokážou rychle létat, jiní naopak umí hbitě běhat, plavat nebo se potápět. Většina ptáků se snaží před predátory schovat do vhodného úkrytu nebo jinak uniknout jejich pozornosti. Mnozí hledají bezpečí v početném hejnu, jiní se pokoušejí predátora zmást. Jsou i druhy, které dokážou predátora zapudit odporným pachem, i když většina ptáků speciální pachové žlázy nemá. Jindy se uchýlí k výstražným postojům nebo křiku, či dokonce na predátora zaútočí, ať už jednotlivě, nebo hromadně. K obraně využívají ostrý zobák a drápy, kopání či údery křídly. Mezi ptáky najdeme dokonce i druhy jedovaté.

### Že mě nevidíš?

Mnoho ptáků se ve snaze uniknout pozornosti predátorů spoléhá na dokonalé maskování. Skutečnými mistry v tomto oboru jsou lelkové a jejich příbuzní, některé sovy, bukači, samice těch druhů kachen, které samy sedí na vejcích, a mnozí další.



Obr. 67:

**Bukač velký** žije skrytě v hustých porostech rákosu na březích stojatých vod. Před predátory, například liškami, ho kryje nejen hnědo-běžová kresba peří, ale i zvláštní postoj. Natáhne krk, zvedne hlavu, štíhlý zobák namíří k nebi a doslova strne. Jen



když zafouká vítr, kýve se stejně jako okolní rákosí. Při bezprostředním ohrožení se brání bleskovými výpady ostrým zobákem.

**Kalous ušatý** využívá podobnou techniku „neviditelnosti“ jako bukač jen s tím rozdílem, že se před predátory, jako jsou káně, sokoli nebo výři, skrývá v korunách stromů. Protáhne tělo a vztyčí pírka na hlavě, která připomínají uši, (říká se jim chvostky). Někdy se natočí bokem, aby vypadal jako suchá větev. Podobně dokážou doslova zmizet i další druhy sov, jako jsou **puštíci** nebo **výrečkové**.

**Kachna divoká** je příkladem druhu, u něhož se zbarvení samce a samice výrazně liší (pohlavní dvojtvárnost). Zatímco kačer je zvláště v době toku velice pestrý a nápadný, kachna má nevýrazné zbarvení. Je to totiž ona, kdo sedí na vejcích



a vodí mláďata. Obdobnou obrannou taktiku uplatňují i mnohé druhy hrabavých, jako je **bažant obecný**.

Obr. 68: Hnízdo kachny divoké je dobře ukryté, obvykle v hustém porostu, s nímž zbarvení samice výborně splývá.

Obr. 69:

**Lelkové** a jejich příbuzní (vlevo **lelek lesní**, vpravo **australský leloun soví**) jsou proslulí tím, že jsou aktivní za šera a v noci, kdežto ve dne nehybně odpočívají na zemi nebo na stromě. Spoléhají na své ochranné zbarvení natolik, že lelka

odpočívajícího na zemi spíš zašlápnete, než že byste ho donutili vzlétnout. Oproti lelounovi vysedává ve vodorovné poloze i na větvi.



**Kdo uteče (či uplave), ten vyhraje**

Ptáci schopní letu mohou uniknout pozemním predátorům tím, že rychle odlétnou, vzlétnou prudce do výšky nebo zamíří k vodě. Co si ale mají počít nelétaví ptáci, jako jsou zástupci běžců nebo další druhy?

**Kasuáři** jsou velcí a mohutní, ale protože obývají husté lesy, nemá smysl, aby se snažili utéct. Dokážou se však účinně bránit kopáním a údery zakrnělými křídly, která jsou opatřena několika ostrými hroty (jsou to vlastně přeměněná pera).

**Pštrosi, nanduové a emu** dovedou velmi rychle běhat, a tak většině možných predátorů, jako jsou lvi, hyeny, pumy, dingové nebo orli, obvykle utečou. Neváhají však využít ani tvrdý zobák nebo silné nohy a útočníka zahnat klováním nebo mu uštvědit pořádný kopanec. Ten je o to nebezpečnější, že mají velmi silné drápy. Pštros je schopen zabít kopáním i lva. Vzhledem ke své výšce a skvělému zraku mají tito ptáci dobrý přehled a predátora včas zaznamenají. Nanduové si často jednoduše lehnou, krk natáhnou na zem před sebe a nehybně čekají, až nebezpečí pomine. Jestliže se predátor příliš přiblíží, nanduové i emu prudce vyskočí do vzduchu a brání se zmíněným kopáním.

Obr. 70: Pštros dvouprstý dosahuje rychlosti až 70 km/h.



► *Něco navíc: Kdo je nejrychlejší? (s. 114)*

**Kiviové**, poměrně malí nelétaví ptáci z Nového Zélandu, se snaží uniknout pozornosti predátorů různým způsobem. Jsou aktivní v noci, plíží se podrostem pokud možno nenápadně a navíc mají krycí zbarvení, které je maskuje. Pokud je predátor, například sova, přece jen objeví, dokážou docela rychle běžet.



Obr. 71: Kivi vyvine rychlost až 30 km/h.

► *Něco navíc: Mistři v ukrývání (s. 114)*

Že **tučňáci** nedovedou létat, určitě víte. Také asi tušíte, že skvěle plavou a potápějí se. To je jejich hlavní taktika, jak v moři uniknout predátorům, jako jsou kosatky nebo lachtani. Dokážou pod vodou doslova „létat“ rychlostí až 35 km/h, a když chtějí ještě zrychlit, vyskočí a několik metrů „kloužou“ nízko nad hladinou.

Na souši jsou na tom ale hůř. Chodí pomalu a běhat nedokážou vůbec. Pokud žijí v chladných oblastech, využívají sníh jako klouzačku – jedou po bříše a pomáhají si křídly.

► *Něco navíc: Sprintující kukačka (s. 114)*

### V hejnu nebo kolonii je bezpečněji

Víc očí víc vidí, a tak mnoho ptáků využívá výhody, které jim poskytuje život v početné skupině, například při hnízdění, migraci nebo nočním odpočinku.

O **tučňácích** již byla řeč v souvislosti s rychlým únikem před vodními predátory. Proti vzdušným a pozemním predátorům se tučňáci brání především tím, že všechny druhy žijí v početných koloniích. Společně se dokážou ubránit náletům racků nebo buňáků i útokům šelem. Obrátí se proti nim a snaží se je zasáhnout zobákem. Ten mají tučňáci překvapivě ostrý a není divu – vždyť v něm musí udržet kluzkou mrskající se rybu.

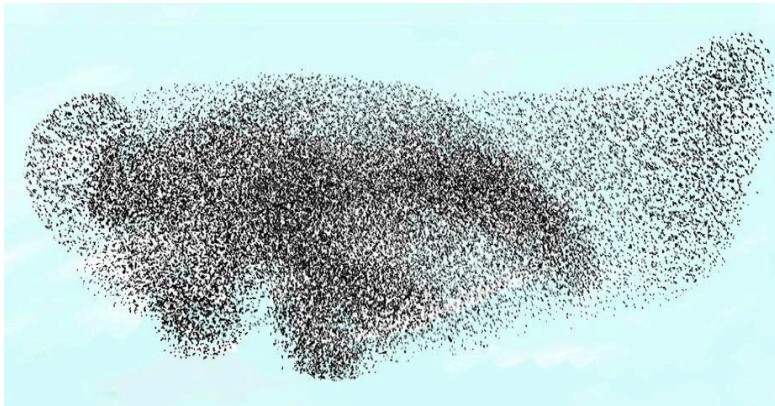
**Husy sněžné** i mnoho dalších druhů hus hnízdí v koloniích, kde má sice každý pár své vlastní hnízdo, jehož nejbližší okolí si hájí, ale když se objeví nějaký predátor, ať už je to šelma, dravec nebo had, určitě si ho někdo včas všimne. To se pak v kolonii spustí poplach a není nic výjimečného, že se na něj rodiče doslova sesypou a dorážejí na něj tak dlouho, až ho zaženou. Odborně se tomuto chování říká *mobbing*. Podobně se chovají mnozí menší ptáci i mimo dobu hnízdění. Pěvci se snaží společně zahnat útočícího dravce a dorážejí na sovu, kterou objevili při odpočinku na blízkém stromě.



Obr. 72: Husy sněžné zahánějí lišku polární, která se snažila ukrást vajíčka nebo právě vylíhlé mládě.

V koloniích hnízdí nejen mnoho mořských a mokřadních ptáků, jako jsou tučňáci, rackové, terejové, pelikáni nebo volavky, ale také třeba **papoušci mniší** nebo **snovači**.

Hejno **špačků obecných** se chová podobně jako hejno malých ryb v moři. Stovky ptáků jsou vzájemně dokonale sladěné a úspěšně tak zmatou každého dravce či jiného vzdušného predátora, který by jednotlivce jistě snadněji ulovil. V této formaci je ale uvidíte až poté, co vyvedli mláďata, protože do té doby trávili noc v hnízdě nebo jednotlivě v křovinách. Nyní se každý večer shromažďují, aby pak společně



nocovali v rákosinách, na vinicích nebo podobných vhodných místech.

Obr. 73: Hejno špačků obecných tvoří někdy stovky ptáků, takže vypadá jako přelévající se mrak.

Společné nocování není výsadou špačků. Znamé je také u **havranů polních** a dalších krkavcovitých ptáků, hrdliček zahradních, některých pěvců (třeba **zvonků zelených**), **racků chechtavých** nebo **hus polních**. Někteří ptáci se k sobě v noci tisknou, čímž především zahánějí noční chlad, každopádně jsou však v tak velkém počtu mnohem lépe chráněni před predátory.

Také **plameňáci** žijí v početných koloniích, a to i mimo dobu hnízdění. Když procezuji potravu z vody, musí mít hlavu skloněnou, takže nemohou pozorovat okolí. Proto vždy několik ptáků hlídkuje. Jakmile spatří hrozící nebezpečí, celá kolonie nebo její část se naráz zvedne a semknuté hejno se jako jediný růžový superorganismus přesune jinam.

### Barvoměna u ptáků?

S barvoměnou jste se již setkali například u chobotnic nebo chameleonů. Změna zbarvení u nich probíhá v kůži. Jak jsou ale na tom ptáci, když mají na těle peří? Samozřejmě nejsou schopni měnit zbarvení tak rychle, přesto ale existují druhy, které

se dovedou skrýt před predátory jednoduše tak, že vymění barevné peří, které mají v létě, za bílé, když nastane zima.



Obr. 74: **Bělokur rousný**, který obývá tundru, má letní šat hnědě a béžově skvrnitý. S končícím létem se mu začne objevovat stále více bílého peří a na zimu je již bílý. Nu, a na jaře je tomu naopak.

### Že se mě lekneš?

Stejně jako jiní živočichové se i ptáci snaží v případě přímého setkání s predátorem vyhnout přímému boji. Mohou toho docílit buď hrozbou, při níž se dělají větší, než jsou, zmatením útočníka nebo hlasitými zvuky od syčení po pronikavý pokřik.

**Perlička supí** z africké savany sice žije v různě početných skupinách, přesto se snadno může stát cílem predátora, jako je šakal. Zvláště v době hnízdění, kdy se hejna rozdělí na jednotlivé páry, musí perličky bránit sebe i mláďata. V ohrožení nejdřív hrozí – načepýří dlouhá pera na krku a hrudi roztáhnou křídla. Když to nepomůže, otevřou široce zobák a pronikavě křičí. Velmi často tím predátora od útoku odradí, protože jako všichni hrabaví mají nejen ostrý zobák, ale i silné drápy.



Obr. 75: Hrozící perlička supí

**Pštrosi** zahánějí hyeny, supy i jiné možné lovce výhružným postojem s roztaženými křídly. Také **jeřábi** při ohrožení roztáhnou široká křídla a vztyčí se. **Sovy** se na obranu načepýří, až vypadají jako dvojnásob velké koule, hlasitě klapou zobákem a zvolna zavírají oči. Tím mohou predátora překvapit, protože zatímco oční duhovku má většina sov výraznou (zářivě žlutou nebo oranžovou, případně hnědou), víčka jsou často světlá a kontrastně se odrážejí od okolního peří.

► *Něco navíc: Oči na křídlech (s. 115)*

**Kulíškové** jsou malé sovy, které loví převážně ve dne. V týle mají „falešné oči“ – skvrny tvořené černými a bílými pery. Podle odborníků mají dvojí obrannou funkci. Tou první je obrana před predátory, kteří obvykle útočí zezadu. Protože ale tmavé skvrny považují za skutečné oči, zaútočí z opačné strany – a setkají se s upřeným pohledem zářivě žlutých skutečných očí, což je zmate a často odradí. Navíc kulíšek jako všechny sovy dokáže rychle otáčet hlavu o více než 180 stupňů, a tak je účinek o to silnější. Druhým významem nepravých očí je obrana proti *mobbingu* – cíleným útokům pěvců. Protože tyto nálety často míří právě na oči, nastaví jim kulíšek oční skvrny, tedy méně zranitelnou část hlavy. Velmi názorně uvidíte kulíškovu obranu v tomto videu:

[How Do Animals Use False Eyes? | AWC Diaries \(youtube.com\)](https://www.youtube.com/watch?v=...)

**Krutihlav obecný** patří mezi šplhavce, i když své příbuzné strakapoudy nebo žluny připomíná pramálo. Zbarvením, v němž se střídají různé odstíny hnědé a béžové, dokonale splývá s kůrou stromů. Když se ale k dutině, kterou obsadil (sám si ji vytesat nedokáže) přiblíží predátor, například kuna, na krycí zbarvení nespolehá a snaží se ho zastrašit. Natahuje dlouhý krk, kroutí jím a kmitá zobákem. K tomu vydává syčivé zvuky, takže může predátorovi připadat jako nebezpečný had a tím ho odradit od útoku. Což se mu také nezřídka daří.

► *Něco navíc: Sova, nebo had? (s. 115)*

### **Pozor na zobák a drápy**

Všichni ptáci mají zobák a všichni mají drápy. S jejich pomocí získávají a zpracovávají potravu, pečují o peří nebo je využívají při vzájemném dorozumívání. Pro mnohé druhy jsou to ovšem také účinné prostředky obrany před soupeři či predátory. Už jsme se zmínili o tom, jak se jimi brání pštrosi, kasuáři, emuové nebo perličky, nejsou ale jediní.

**Arové** jsou jihoameričtí papoušci. Velké druhy dokážou zobákem rozlousknout i velmi tvrdé ořechy, a pokud se brání predátorům, neváhají ho použít. Mají stisk srovnatelný svou silou se stiskem čelistí velkých psů, jako jsou rotvajleři nebo pitbulové.

**Husy** mají kuželovitý zobák s ostrými okraji lemovanými drobnými zoubky. Predátora zahánějí nejprve hlasitým syčením a výpady s roztaženými křídly. Těmi dokážou

zasadit silné údery a k tomu štípou zobákem. Jejich „kousnutí“ je velice citelné, lze ho přirovnat ke stisku špičky kombinovaných kleští. Zaženou tak i mnohem větší útočníky, než jsou samy.

► *Něco navíc: Obrana za letu (s. 115)*

### Fuj, to je puch!

Už jsme si řekli, že většina ptáků nemá zvláštní pachové žlázy. Přesto se i oni dokážou bránit i odporným pachem.

**Buřňáci** jsou mořští ptáci, kteří kolem sebe šíří tak silný zápach, že odradí většinu pozemních predátorů. V době hnízdění jsou mláďata buřňáků chráněna tím, že tito ptáci hnízdí v početných koloniích. Dokážou se však bránit i velmi aktivně – vyvrhnou olejovitou látku, která se jim tvoří v žaludku. Nejenže opravdu odporně páchne, ale navíc ulpí na peří nebo srsti útočníka a přinejmenším mu tím znepríjemní život. Je-li predátorem mořský pták, může na takovou obranu doplatit i životem, protože slepené peří takřka znemožní let a navíc přestane být nepropustné pro vodu.

► *Něco navíc: Smrdutí rackové (s. 115)*

Také **dudek chocholatý**, který k nám přilétá na léto, se v době hnízdění brání pachem. Samice vylučuje z pachové žlázy v blízkosti kloaky výměšek, který páchne jako rozkládající se maso. Roztírá si ho do peří a účinně tak odradí každou šelmu, která by chtěla ulovit ji samotnou nebo její potomky. Když se mláďata osamostatní, přestane být žláza aktivní.

**Hoacin chocholatý** je podivný pták obývající deštné lesy v Jižní Americe. Je to opeřená obdoba přežvýkavců, protože se živí listy a v trávicím traktu má symbiotické bakterie, které tuhou potravu pomáhají rozložit. Tím ovšem vzniká velké množství nepříjemně páchnoucího plynu, kterého se hoacinové zbavují říháním, takže kolem sebe neustále šíří zápach podobný pachu kravského hnoje.

Obr. 76: Hoacin chocholatý



► *Něco navíc: Plavající mláďata (s. 116)*

► *Něco navíc: Pozor, budu zvracet! (s. 116)*

## Poplach!

Je mnoho ptáků, kteří jsou ohrožováni predátory schopnými vyvinout vysokou rychlost, například sokoli nebo jestřábi. Není proto nic divného na tom, že první, který si hrozby všimne, vyrazí typický poplašný křik

**Kos černý** je jedním z nejznámějších ptačích druhů, jejichž poplašné volání zní velmi často a je nezaměnitelné. Spoléhají se na něj i další druhy ptáků, a dokážou dokonce podle počtu „slabik“, jejich sledu, četnosti a hlasitosti rozeznat, jaké nebezpečí hrozí a jak je blízko.

**Sýkory** jsou spolehlivými ohlašovateli nebezpečí hlavně v lese nebo v parku. Předčí i pověstnou sojku, protože sojka se často chová tak trochu hystericky a začne pokřikovat, i když skutečný predátor není vůbec v dohledu. Naproti tomu sýkora modřinka nebo koňadra dobře pozná, zda se blíží neškodný člověk na procházce nebo skutečně nebezpečný dravec.

► *Něco navíc: Chytrá kukačka (s. 116)*

## Pozor, jed!

Ptáci sice nemají jedové žlázy a pochopitelně ani jedové zuby (vždyť přece nemají zuby vůbec), ale přesto několik málo druhů jedovatých ptáků existuje. Patří k nim i **pištec černohlavý** z Nové Guineje. Domorodci dobře vědí nejen to, že je maso



těchto ptáků nepoživatelné, ale že není radno se jich ani dotýkat. Také predátoři se jim zdálky vyhnou, protože kontrastní černo-oranžové zbarvení je už na dálku varuje: Pozor, jsem jedovatý! Pištci mají totiž v peří a v kůži prudký jed, který je dobře známý u pralesniček. Ptáci ho pravděpodobně získávají z těl brouků z čeledi bradavičnickovitých, kteří jsou součástí jejich jídelníčku.

Obr. 77: Pištec černohlavý je jeden ze zástupců pěvců příbuzných žluvám, kteří jsou jedovatí.

## 4.12. SAVCI



Savci jako kdyby posbírali všechny dosud zmiňované typy obrany před nejrůznějšími predátory, kteří by je chtěli ulovit. Dokážou uniknout pozornosti díky maskování nebo vhodnému úkrytu, jsou schopni utéct, uplavat, odskákat, či dokonce ulétnout. Jsou vybaveni pestrou škálou „zbraní“ a v neposlední řadě se u mnohých vyvinulo chování, které rovněž slouží k zastrašení nebo zmatení predátora i k účinné obraně. A jistě vás nepřekvapí, že často několik způsobů obrany kombinují.

### Úkryt a rychlé nohy

**Zajíc polní** obývá otevřenou krajinu, kde si ho mohou snadno všimnout pozemní i vzdušní predátoři, jako jsou lišky nebo káně. Proto je aktivní převážně večer a v noci a během dne se ukrývá v podrostu. Vyhlubí si mělkou jamku, v ní se přitiskne k zemi, dlouhé boltce sklopí k tělu a nehýbe se. Díky hnědavému zbarvení se v krajině dokonale ztratí. Když mu i přesto hrozí bezprostřední nebezpečí, prudce vystartuje a rychlým klíčkováním se snaží uniknout.

► *Něco navíc: Vybíravý zajíc (s. 116)*

### Malé příbuzné

**Pišťuchy** nemají dlouhé nohy, a tak se v ohrožení spoléhají především na krycí zbarvení. Díky němu unikají pozornosti v kamenitém prostředí hor, kde mnoho druhů žije. Dokážou také bleskově zmizet v nejbližší skalní štěrbině. Na krycí zbarvení a útěk do úkrytu spoléhají i druhy žijící ve stepích. Ty si ale hrabou nory, od kterých se příliš daleko nevzdalují.



Obr. 78: Pišťuchy jsou nejmenší zástupci řádu zajíců.

### Neviditelné kočky

**Manul** je menší kočkovitá šelma, která obývá stepi a hory ve Střední Asii. Ačkoliv je sám zdatný predátor (loví hlavně malé hlodavce), musí se mít na pozoru před dravci, liškami nebo vlky. Jeho dlouhá srst, která ho chrání před drsnou zimou, má šedé až šedohnědé zbarvení podle prostředí, v němž žije.



Obr. 79: Když se manul nehýbe, prozradí  
ho jen zářivě žluté oči.

Podobně jako manul mají i ostatní kočkovité šelmy krycí zbarvení. Svislé černé pruhy na zlatavém podkladu pomáhají **tygrům** rozbít obrys těla a splynout s vysokou trávou a křovinami. Díky skvrnitě srsti se **levharti** dokážou skrývat mezi listy v koruně stromu.

► *Něco navíc: Proč nejsou savci zelení (s. 117)*

### Vypůjčená barva a ostré drápy

V korunách stromů v tropických lesích Jižní a Střední Ameriky se dovedou skvěle ukrývat **lenochodi**, zvláště lenochodi tříprstí. Když se potřebují najíst nebo přemístit, zvolna se přesouvají zavěšeni hřbetem dolů. Jakmile si ale chtějí odpočinout, usadí se pohodlně ve vidlici silných větví a v tu ránu jako kdyby zmizeli. V přírodě totiž mají nazelenalou srst díky řasám, které v srsti žijí.

Lenochodi ale nespolehnou jen na vypůjčené maskování. Když je nějaká šelma přece jen objeví, dokážou se také bránit – sekají ostrými hákovitými drápy na konci dlouhých paží, případně jsou schopni citelně kousnout. Mají dlouhé a ostré špičáky, kterými běžně strhávají listy z větví.

► *Něco navíc: Lenochodi, motýli a řasy (s. 117)*

### Jak předběhnout predátora

Základním pohybem savců je sice chůze po všech čtyřech, ale v průběhu času se vyvinuly mnohé další způsoby, jak se přemístit z místa na místo. Prvotním cílem bylo sice získání potravy a uspokojení dalších životních potřeb, ale ruku v ruce s tím šla i nutnost vyhnout se predátorům a přežít. Což platí především pro býložravce a mrchožrouty, kteří se před svou potravou opravdu nepotřebují skrývat ani se za ní honit, ovšem pro predátory jsou vítanou svačinkou. Protože savci mají na rozdíl od plazů nohy podsunuté pod tělem, dokážou často vyvinout značnou rychlost.

**Srnec obecný** není žádný louda. Hrozí-li mu nebezpečí, vyvine rychlost až 70 km/h a při tom si pomáhá skoky dlouhými až 3 m. Nevydrží to ale dlouho a záhy se snaží najít vhodný úkryt. Při útěku vztyčí krátký ocas, čímž odhalí bílé chlupy, které jsou jinak schované pod ním (bílé ploše se říká obřitek nebo zrcátko). Varuje tak ostatní

srnce v okolí. Bílá barva je mnoha živočichy vnímána jako varovný signál, zvláště když se objeví takto nečekaně jen na určité části těla.

► *Něco navíc: Préríjní superběžec (s. 118)*

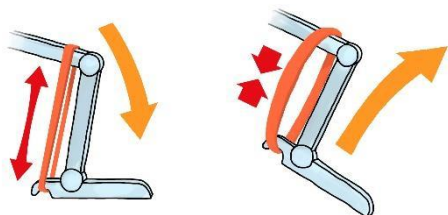
**Gepard** je sice predátor, ale i on se musí občas zachránit rychlým během, i když ho využívá hlavně při lovu. Je svou rychlostí, která může být až 110 km/h, proslulý, ale na rozdíl od většiny kopytníků to není žádný vytrvalec. Dokáže na plný výkon zrychlit během několika sekund, ale pak je nucen po jedné či dvou minutách zastavit a poměrně dlouho odpočívat.



Obr. 80: Tajemství rychlého běhu geparda spočívá především v neobyčejně pružné páteři a výkonným plicím i srdci.

### Zdatní skokani

**Klokan rudý** i další stepní klokan sice nedokážou běhat, ale zato jejich skoky jsou proslulé. Největší druh, klokan rudý, dokáže skočit do dálky i více než 10 m a do výšky až 3 m. Tajemství spočívá v zadních nohou, které jsou nejen dlouhé, ale také svalnaté. Odraz od země usnadňují prsty – pátý prst (což je vlastně malíček) chybí, ale čtvrtý prst je zvětšený. Drápy jsou silné, takže fungují jako špunty na tretrách, aby nohy nepodklouzávaly. O rovnováhu se stará dlouhý ocas. Je-li klokan rudý ohrožen a nemůže utéct, brání se kousáním, boxováním a kopáním. Stisk jeho čelistí je stejně silný jako stisk medvěda grizzlyho a přední nohou dokáže uštedřit ránu osmkrát silnější než lidský boxer. Podobně se dovedou bránit i jiné druhy klokanů.



Obr. 81: Na mechanickém modelu je dobře vidět, že pevné, ale pružné šlachy na zadních nohou klokanu fungují jako napínací guma. Při natažení se v nich nastřádá energie, která se při odrazu od podkladu uvolní a vymrští klokanu podobně, jako když vyletí náboj z katapultu.

► *Něco navíc: Když klokan neskáče (s. 118)*

**Veverka obecná** volí v ohrožení především taktiku rychlého útěku. Nejenže dovede neuvěřitelně hbitě běhat po větvích, ale v případě potřeby přeskočí mezi stromy a překoná vzdálenost až 9 m. Je-li ovšem „zahnána do kouta“, což se stává při obraně hnízda s mláďaty, neváhá se bránit kousáním. Jelikož má (jako všichni

hlodavci) řezáky ostré jako nabroušené dláto, může být takový útok pro menšího predátora důvod k ústupu.

**Giboni** se mezi korunami stromů pohybují ručkováním. Zavěsí se dlouhými pažemi pod větev, rozhoupou se a pak přeskočí, přičemž se chytí vždy střídavě jednou a druhou rukou. Mají silně zkrácený palec, ale ostatní prsty jsou dlouhé a silné a slouží jako záchytné háky. Jejich pohyb, který se podobá pohybu kyvadla, označujeme jako brachiaci. Dokážou vyvinout rychlost až 45 km/h a přeskočí volný prostor na vzdálenost více než 10 m. Snadno tak uniknou stromovým predátorům, jako jsou velcí hadi nebo některé šelmy.

### Útěk vzduchem

**Poletušky** jsou hlodavci, kteří se před predátorem snaží uletět. Lépe řečeno odplachtit, protože jediní savci schopní aktivně létat jsou letouni, tedy netopýři, kaloni a jejich příbuzní. Poletušky sice nemají křídelní blány jako letouni, ale zato jsou vybaveny osrstěnou kožní řasou, která se upíná na přední a zadní nohy. Když zvíře skočí do prostoru, široce roztáhne nohy, kůže se napne jako plachta na rogalu. Nakláněním těla, kormidlováním ocasem a pohybem nohou lze tento klouzavý let docela dobře řídit.

► *Něco navíc: Chlupatí plachtaři (s. 119)*

### Útěk do výšky

**Kozorožci** jsou oblíbenou kořistí velkých šelem. Dokážou sice rychle běhat, ale jejich nejlepší záchranou je útěk na strmou skalní stěnu. Zatímco oni se bez potíží udrží na místě, kde by se zdánlivě vůbec udržet neměli, medvěd nebo vlk nemají nejmenší šanci je pronásledovat, aniž by se vystavovali riziku, že se zřítí do hlubin.



Obr. 82: Tajemství kozorožčí obratnosti spočívá v utváření kopýtek. Jejich okraje jsou ostré, ale pružné. Když kozorožec došlápne, zafungují jako přísavka a pevně drží i na hladkém povrchu. Pokud ale kozorožec nemá plochu dost velkou na takové došlápnutí, stačí mu

i nepatrná štěrbinu, aby se v ní ostrým okrajem kopytka zachytil a neuklouzl. Obdobně dokážou predátorům unikat i jiní kopytníci žijící ve skalnatém prostředí – **kamzíci**, horské ovce nebo antilopy skálolézové.

### Útěk do vody i ve vodě

**Bobři, nutrie, ondatra** či **vydra říční** jsou něco jako obojživelníci mezi savci. Jejich hlavním živlem je voda, i když se dost často zdržují na souši. Není tedy divu, že cítí-li se ohrožení (například liškou), hledají bezpečí právě ve vodě. Všichni jsou skvělí plavci a potápěči, o čemž svědčí i plovací blány mezi prsty. Jen styl plavání se liší. První tři jsou hlodavci a ve vodě je pohánějí pohyb zadních nohou, zatímco vydra využívá vlnivý pohyb celého těla. Ocas jim slouží jako kormidlo, v případě bobrů i jako poplašné zařízení. Jsou-li překvapeni ve vodě, hlasitě plácnou ocasem o hladinu (nad vodou se zvuk nese na velkou vzdálenost) a pak se rychle ponoří.

**Lachtani, tuleni** i ostatní ploutvonožci se na souš vydávají v podstatě jen v době rozmnožování – a když chtějí uniknout kosatkám, které jsou v moři jejich hlavními predátory. Na souši nemají dospělí takřka žádné přirozené predátory, jen na severu je mohou lovit medvědi lední. Naproti tomu ve vodě je loví nejen kosatky (které jsou schopné vyšvihnout se za nimi i kus na břeh), ale také například tuleni leopardí nebo žraloci. Ploutvonožci ve snaze uniknout před žralokem na souš využívají svou obratnost a rychlost. Jsou-li napadeni, brání se kousáním a často se jim podaří útočníka zahnat, či dokonce ho vážně poranit.

**Delfíni** musí čelit především žralokům, i když menší druhy se často stávají kořistí jejich velkých příbuzných kosatek. Hlavní obrannou taktikou delfínů je žralokovi se vyhnout. Díky schopnosti echolokace ho zaznamenají i na větší vzdálenost a mohou uplavat. Protože delfíni žijí pospolitě ve skupinách, je šance, že si někdo hladového predátora všimne, mnohem vyšší, než kdyby žili samotářsky. Pokud dojde na střetnutí, uplatní se delfíní obratnost. Na rozdíl od žraloků dokážou rychle stoupat nebo klesat a pak zaútočit na nechráněné břicho predátora tvrdým čenichem. Kosatkám čelí společně buď také nárazy čenichem, nebo úderý ocasem.

► *Něco navíc: Skok vysoký (s. 119)*

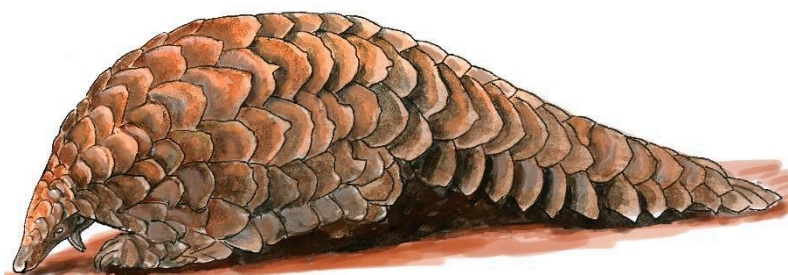
### **Bráníme se srstí!**

Savci mají kůži porostlou srstí (až na výjimky, jako jsou typicky vodní savci – kytovci a sirény). Kůže i srst je hřejší, chrání před deštěm a sněhem a další nepřízní počasí nebo před zraněním, maskují je v prostředí a také jim můžou zajistit skvělou obranu před útoky predátorů. U některých druhů se totiž srst přeměnila v bodliny, ostny, šupiny a krunýře.

**Medojed** má tak tuhou kůži a drsnou, hustou srst, že si může dovést rozhrabávat hnízda včel, když má chuť na hmyzí larvy, protože žihadla jí neproniknou (med je jen bonus, na kterém si také rád pochutná). Chrání ho dokonce i před mnohem většími a nebezpečnějšími predátory, jako jsou kobry nebo velké šelmy. Medojed rozhodně není stavěný na rychlý útěk, ale zato se dovede bránit. Stiskem silných čelistí s ostrými zuby prokousne i želví krunýř, natož kůži lva. Když už ho šelma chytí (většinou za krk), využije jinou výjimečnou schopnost – bleskově se otočit a útočníka kousnout. Má totiž kůži na krku natolik silnou a zároveň volnou, že se v ní doslova protočí a šelmu překvapí. Kromě toho má medojed v záloze další účinnou zbraň – „chemickou bombu“ v podobě odporně páchnoucího výměšku dvou podcasních pachových žláz.

► *Něco navíc: Medojed a kobra (s. 119)*

**Luskouni** jsou jediní savci, kteří mají na těle rohovinové neboli keratinové šupiny. Základem šupin je bílkovina keratin, která je uspořádaná v několika vrstvách tak, že jim dodává pevnost a zároveň pružnost. Drobné rýhy na povrchu brání ulpívání nečistot. Šupiny jsou na těle luskouna uspořádané jako tašky na střeše, takže po nich stéká dešť. Na obranu před predátory mají luskouni tři hlavní „zbraně“. První jsou především šupiny, které kryjí celou svrchní část těla včetně hlavy a ocasu. Při jakékoliv známce nebezpečí se luskoun sbalí do pevné koule, a vydrží tak velmi dlouho. Druhou obrannou linií je skutečnost, že šupiny mají velice ostré okraje a navíc jsou pohyblivé. Luskoun je dokáže mírně zvednout a pohybovat jimi do stran jako nůžkami. Do třetice přidá chemickou obranu – z podcasních žláz vylučuje odporně páchnoucí tekutinu.



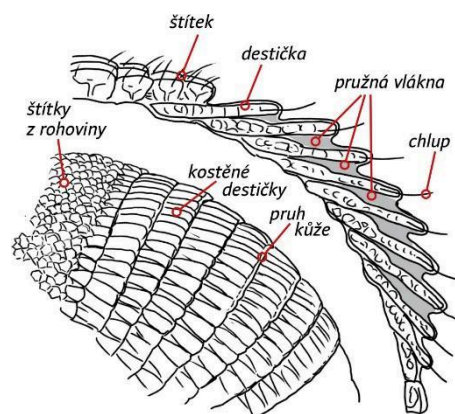
Obr. 83: Luskoun velký

► *Něco navíc: Luskouní šupiny (s. 120)*

**Pásovcí** jsou skuteční obrněnci a jediní savci s krunýřem. Není to samozřejmě stejný krunýř jako želví, ale jsou to jednotlivé kostěné destičky uložené v kůži vedle sebe a spojené pružnými vlákny z bílkoviny kolagenu. Z vnější strany je kryjí rohovinové štítky uspořádané do příčných pásů, mezi nimiž se na hřbetě nacházejí pruhy kůže. Na hlavě, ocase a přední i zadní části těla vytvářejí štítky pevný krunýř. Spodní část těla je měkká a nechráněná. Dva druhy pásovců (kulovitý a třípásý) si ji chrání tak, že se stočí do pevné koule, která je pro predátora prakticky neuchopitelná. Ostatní pásovcí volí různou obrannou taktiku. Někteří se přitisknou k zemi tak pevně, že se k zranitelnému břichu predátor nedostane, nebo zmizí v noře, kde se nahrbí, takže v ní vězí pevně jako zátko v láhvi a nelze je vytáhnout. Mnoho druhů včetně mohutného pásovice velkého při náhlém setkání s predátorem prudce vyskočí do vzduchu (pásovec velký až metr) a pak se dají do běhu k nejbližšímu úkrytu. Pásovec štíhlý při tom ještě pronikavě ječí. Pokud na něj zaútočí had, neutíká před ním, ale vrhne se na něj a snaží se ho poranit nebo zabít ostrými okraji krunýře.



Obr. 84: Pásovec kulovitý nechá při stočení do klubíčka malou štěrbinu. Když do ní šelma strčí čenich nebo tlapu, prudce krunýř sevře. Tak bolestivá zkušenost je poučením na celý život.



Obr. 85: Stavba krunýře pásovců – dole vnější pohled, nahoře průřez

**Dikobrazi** a **urzon kanadský** vypadají velmi podobně, ale kromě toho, že jsou oba hlodavci, jsou příbuzní jen vzdáleně. Co ale mají společného je způsob obrany proti predátorům. Část chlupů mají přeměněnou v bodliny nebo ostny. Nejprve se snaží

predátora zastrašit – otočí se k němu zády, naježí se, aby vypadali větší a předvedli své „zbraně“. Dikobrazi dokonce dokážou bodlinami na ocase chřestit. Když se ale predátor přiblíží až k nim, prudce couvnou, takže se ostny zabodnou do těla útočníka. Ostny jsou v kůži upevněné poměrně volně, a tak se snadno uvolní a zůstanou trčet v čenichu neopatrné šelmy. Ostny někdy doslova létají kolem, když se rozčilený dikobraz prudce otřese. Vystřelovat je ale nedovede.



Obr. 86: Dikobrazi mají na ocase krátké a tvrdé bodliny, zatímco na zadní části těla jsou pružnější ostny dlouhé až 50 cm. Jsou hladké a jen na špičce mají drobné háčky.



Obr. 87: Na povrchu ostnů urzona se háčky nacházejí po celé délce. V kůži predátora pevně uvíznou, a dokonce se v důsledku stahů kůže zavrtají ještě hlouběji a lze se jich jen velmi obtížně zbavit.

**Ježkové** mají také chlupy na hřbetní straně těla přeměněné v tuhé bodliny, ty ale na rozdíl od dikobrazích a urzoních ostnů drží v kůži velice pevně. Ježek v ohrožení hlasitě funí a dupe, aby predátora zastrašil. Jeho hlavní obranou jsou ale právě bodliny a speciální svěrací sval. Když se stočí do klubíčka s hlavou schovanou pod tělem, díky síle tohoto svalu je prakticky nemožné ho násilím rozbít.

### Zuby, rohy a parohy

Takřka všichni savci mají zuby (kromě kytovců s kosticemi, luskounů, mravenečníků a ptakořitných, tedy **ptakopyska**, **ježury** a paježur), které jim slouží v první řadě k získání a zpracování potravy. Dokážou je ale používat i jako zbraně při obraně proti predátorům. Naproti tomu rohy a parohy jsou vybaveni jen kopytníci, a to ještě ne všichni. Využívají je jako druhotný pohlavní znak, vyjádření nadřazeného postavení a samozřejmě i jako obranný prostředek.



**Hroch obojživelný** je právem považován za velmi nebezpečné zvíře. Dospělý hroch má v podstatě jen jednoho přirozeného predátora, a tím je krokodýl. Účinnou obranu však potřebuje i při soubojích i s jinými samci, i když ne proto, aby nebyl uloven, ale aby si obhájil teritorium. Útočníka se snaží zastrašit tím, že rozevívá široce tlamu, aby ukázal mohutné řezáky a špičáky.

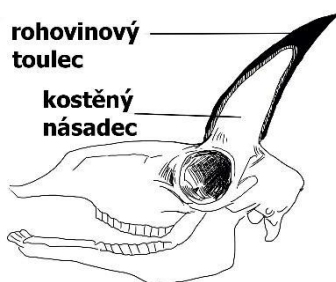
Obr. 88: Čtyři řezáky v dolní čelisti hrocha trčí vodorovně dopředu, zatímco oba špičáky se stáčejí obloukovitě nahoru a dosahují délky až 50 cm. Jak řezáky, tak špičáky rostou po celý hrochův život.



► *Něco navíc: Mořský jednorožec (s. 120)*

► *Něco navíc: Opravdu se nesměju (s. 120)*

**Kozy, ovce, antilopy** nebo **tuři** (zkrátka zástupci čeledi turovitých) mají rohy – buď jen samci, ale většinou i samice, i když třeba kratší a slabší. Používají je při vzájemných potyčkách i na obranu proti predátorům. Zatímco při vzájemných soubojích samců jde spíše o přetlačování nebo výjimečně o úder oblouky rohů do těla soupeře, v případě obrany proti predátorům se napadený snaží zasáhnout útočníka špičkami rohů do břicha, což je vždy nejzranitelnější část těla. Velcí turovití, jako jsou buvoli, dokážou útočícího lva nebo hyenu odhodit a obranný útok mnohokrát opakovat.



Obr. 89: Rohy turovitých jsou duté a nerozvětvené. Nasedají na pevný výrůstek čelní kosti a jsou tvořené rohovinou. Jsou trvalé, nevyměňují se a rostou nepřetržitě, přičemž přirůstají od hlavy, takže špička je nejstarší část rohu.

**Nosorožci** sice také mají jeden či dva rohy, jde ale o docela jiný útvar než jsou rohy turovitých. Nejsou duté a nemají vnitřní kostěný nástavec. Naopak – rohy nosorožců jsou plné, protože je tvoří pevně slisované chlupovité útvary. Jsou tedy také kožního



původu, tvořené rohovinou. Na dospělého nosorožce si sice troufne málokterá šelma, ale přesto rohy používá jako varování, když chce predátora zahnat. To platí zvláště pro samici, která chrání mláďe.

Obr. 90: Rohy nosorožců nejsou spojené s lebkou.

**Jelenovití** sudokopytníci nemají rohy, ale parohy, což je něco docela jiného.

S výjimkou **sobů** rostou parohy jen samcům (u sobů je má i samice) a pouze **srnčiči** nemají parohy vůbec. Podstatné je, že parohy jsou tvořené kostí, nikoliv rohovinou, že jsou plné a že je zvířata pravidelně shazují. Parohy slouží jako druhotný pohlavní znak, vypovídají o zdravotním stavu a věku samce, uplatňují se při vzájemných soubojích o samice a jejich důležitou funkcí je i zastrašení či zahnání predátora. Podobně jako u turovitých jsou souboje samců soupeření v přetlačování, zatímco při obraně před predátorem se samec snaží zasáhnout jeho tělo ostrými konci výsad, což jsou postranní větve parohu.

► *Něco navíc: Zuby místo parohů – i ty falešné (s. 121)*

### Společná obrana

Už v předchozích příbězích jste si jistě všimli toho, že při obraně proti predátorům pomáhá, když se spojí síly několika jedinců. U mnoha savců je to, podobně jako u jiných živočichů, propracovaná taktika.

**Pižmoni** jsou severští příbuzní ovcí, jen mnohem mohutnější. Jejich hlavními predátory jsou vlci, ale pižmoni si s nimi dovedou poradit. Semknou se k sobě a otočí se k útočícím šelmám hlavami s mohutnými rohy. Tím vytvoří něco jako vozovou hradbu (kterou s úspěchem využívali husité) a vlci, nebo dokonce i medvěd, si dobře rozmyslí, zda ji dokážou překonat.



Obr. 91: Pokud mají pižmoni mláďata, ukryjí je za sebe.

**Surikaty** jsou promykovité šelmy obývající africkou poušť Kalahari. Žijí v různě



početných skupinách a ukřývají se v soustavě podzemních nor, které si samy hrabou. V kolonii stojí vždy několik surikat na stráž a bystrým zrakem vyhlíží orly, šelmy i další predátory. Jakmile některého spatří, vyrazí ostré varovné hvízdnutí a všichni rázem zmizí pod zemí. Pokud je

útočníkem had, byť to byla třeba jedovatá kobra, snaží se ho společně zahnat nebo ještě častěji zabít a pak si na něm pochutnat.

Obr. 92: Surikaty si společně troufnou i na jedovaté hady.

**Zebry** mají pruhy, to ví každý. O jejich významu existuje několik teorií, od vzájemného poznávání (žádné dvě zebry nemají úplně stejné uspořádání pruhů) po účast na termoregulaci či odpuzování obtížného hmyzu. Jednou z těchto teorií je možnost, že se jedná o obranu proti predátorům, protože pruhy doslova rozbíjejí obrys těla. Když se navíc semkne několik zvířat blízko k sobě, lze v mihotajícím se horkém vzduchu nad rozpálenou savanou jen těžko určit, kolik jich vlastně je.

### I savci mění zbarvení

Podobně jako bělokurové vyměňují hnědavý letní šat za bílý zimní, tak i mnozí savci přelínávají na zimu do bílé nebo alespoň o hodně světlejší srsti.

**Rys ostrovid** se zdánlivě žádných predátorů (kromě člověka) bát nemusí. To ale platí jen pro rysy žijící ve střední a jižní Evropě. V severní Evropě a v Asii se mohou stát kořistí rosomáka, vlčí smečky nebo tygra. V létě jsou rezavě hnědí s kontrastně černými skvrnami, takže se na pozadí mihotavých stínů téměř ztrácejí. Naopak v zimě mají srst šedavou a také skvrny jsou světlejší a jakoby rozpité. Nejenže jim to pomáhá při lovu, kdy si jich kořist všimne často až na poslední chvíli, ale zároveň uniknou pozornosti predátorů.



Obr. 93: **Hranostaj** je malá lasicovitá šelma, která je v létě skořicově hnědá a v zimě bílá. Jen špička ocasu zůstává černá po celý rok.

**Liška polární** obývá severskou tundru. V létě díky hnědošedému zbarvení není na pozadí šedavých skal a nízké vegetace nápadná. V zimě, kdy tundru zasype sníh, má srst bílou.

**Zajíc měnivý** a další dva druhy severských zajíců rovněž mění letní hnědavou srst za zimní bílou. Celý proces zřejmě souvisí s délkou dne. Jak začne ubývat světla, je

tato informace předána do mozku a výměna srsti začne. Nejdřív zbělají ušní boltce, nakonec celé tělo.

## Výstraha

Podobně jako mnoho jiných živočichů, s nimiž jste se již seznámili, také savci se v případě setkání s predátorem snaží útočnicka zastrašit. Využívají k tomu kontrastní zbarvení, typické chování nebo různé zvuky.

**Netopýr velký** vydává v ohrožení zvuky, které jsou takřka k nerozeznání od bzučení rozčilené sršně. Netopýr sice vylétá zvečera a v noci, ale v tu dobu lze sršně zastihnout také. A protože taková rozrušená sršeň dokáže být docela nebezpečná, může tento zvuk hladovou sovu odradit. Připadá vám to obdobné, jako když se pestřenka tváří jako vosa nebo jako když korálovka napodobuje korálovce? Správně. Je to vlastně mimikry, jen místo vzhledu netopýr napodobuje zvuk potenciálně nebezpečného živočicha.

**Skunkové** jsou proslulí tím, že na útočnicka vystřikují smrdutý výměšek podocasných žláz. Předtím se ho ale snaží odradit charakteristickým postojem. Otočí se k němu zadní částí těla, vztyčí ocas a předek pokrčí. Společně s černo-bílou kresbou je to pro zkušeného predátora naprosto srozumitelný signál: „Raději zmiz, nebo budeš zapáchat ještě hodně dlouho!“.

## Jsou savci jedovatí?

Není jich mnoho, ale existují.

**Ptakopysk** vypadá neškodně – takový malý plyšák, který si poklidně loví svým podivuhodným zobákem drobotinu na dně australských řek. Ovšem samec je proti útočníkům dobře vyzbrojený. Na zadních nohou má nejen ostré drápy, ale navíc po jedné duté ostruhy. Ty jsou spojené s jedovou žlázou uloženou ve stehně. Ptakopysk používá ostruhy hlavně při soubojích v době rozmnožování, ale stejně dobře mu



poslouží i jako obrana, když ho chce ulovit had, dingo, dravec nebo velká ryba. Mezi jeho nepůvodní predátory však bohužel patří i zdivočelí

domácí psi a kočky nebo zavlečené lišky obecné.

Obr. 94: Ostruha je dlouhá

až 1,5 cm.

**Rejscí a rejskové** jsou malí hmyzožravci, z nichž někteří mají vyvinuté podčelistní a podjazykové jedové žlázy, patří k savcům, kteří dokážou vpravit jed do těla útočnicka zuby. **Rejsec vodní** nebo **rejsek obecný**, kteří žijí i v naší přírodě, využívají jed hlavně k lovu drobných živočichů, kterými se živí.

## 5. SHRŇME SI TO,

### aneb OBECNÉ PRINCIPY OBRANY ROSTLIN A ŽIVOČICHŮ

**V předchozích kapitolách jsme si popsali mnoho různých obranných mechanismů a strategií a jejich příkladů u jednotlivých druhů či skupin rostlin a živočichů. Pojdme si nyní shrnout některé obecné rysy těchto mechanismů, a jak si je můžeme rozdělit.**

Pro přirovnání a lepší přiblížení některých přístupů jsme si už dříve občas vypůjčili vojenskou terminologii a nyní v tom budeme pokračovat, a to z jednoduchého důvodu: mnoho zásad spojených s obranou (či útokem) živočichů lidé ve vojenství využívají. Ať už proto, že je z přírody prachsprostě okopírovali, nebo proto, že na ně postupem času přišli také neboli „objevili Ameriku sto let po Kolumbovi“.

### 5.1. Typy obrany

Obranné mechanismy a strategie můžeme dělit podle několika hledisek. Jedno dělení je například na obranu pasivní a aktivní. Další možné dělení je na obranu mechanickou a chemickou. Oba tyto přístupy lze samozřejmě kombinovat a často se tak v přírodě opravdu děje. Pojdme se tedy podívat na tyto čtyři základní skupiny obrany organismů před predátory podrobněji.

► **Pasivní mechanická obrana** využívá především různé zpevněné povrchy těla (kutikula, krunýř, schránka, borka, skořápka), případně tvrdé či ostré výčnělky na tomto povrchu (trny, ostny atd.). Můžeme ji přirovnat k brnění, případně ke štítu. Tedy k něčemu, za čím se obránce schová a doufá, že tato obrana je dostatečně pevná, aby ji predátor nepřekonal.

► **Aktivní mechanická obrana** je založena na snaze útočnicka odradit, zahnat, nebo dokonce poranit natolik, že útok vzdá. Můžeme ji přirovnat k meči, tedy ke zbrani, kterou obránce užívá k protiútok. V případě živočichů jsou to zuby, drápy, rohy, parohy apod.

► **Pasivní chemická obrana** spočívá v látkách, které jsou obsaženy v těle obránce a jsou pro útočnicka přinejmenším nepříjemné, případně nebezpečné (nechutné, dráždivé, jedovaté). Nevýhodou této obrany pochopitelně je, že útočnicka odradí až poté, kdy zaútočí – býložravec si kousne do plodu blínu nebo pták sezobne ploštic. Sice tím získá nepříjemnou osobní zkušenost, která ochrání další příslušníky druhu, ale konkrétní jedinec na ni většinou doplatí.

► **Aktivní chemická obrana** naproti tomu počítá s dopravením nepříjemné látky (často jedu) k útočnickovi bez toho, že by obránce utrpěl nějakou újmu. Takovouto obranu můžeme přirovnat třeba k pepřovému spreji, který v případě napadení nastříkáte útočnickovi do očí. Sem lze zařadit celou řadu obranných mechanismů od žahavých buněk žahavců přes žihadla vos až po jedové zuby hadů.

## 5.2. Rozdíl mezi rostlinami a živočichy

Rostliny už z podstaty svého fungování spoléhají především na obranu pasivní – především na pevné povrchy a ostré výběžky nebo na obsah jedovatých látek. Přesto i ony jsou schopné bránit se do jisté míry aktivně, protože uvolňují do okolí různé sloučeniny, které mohou býložravcům nepříjemně páchnout, takže je odradí. Živočichové mají škálu obranných opatření pestřejší, protože vedle pasivní obrany mohou využívat i aktivní způsoby. Jak jste se přesvědčili, nejde vždy jen o býložravce. I predátoři se musí bránit před ještě většími predátory a k aktivní obraně jim často slouží útvary, které jsou původně určeny především k lovu a zpracování potravy.

## 5.3. Maskování a barvoměna

Kromě mechanické a chemické obrany jsou ale i další způsoby, jak zajistit, že se rostlina nebo živočich nestanou potravou. Jedním z nich je zbarvení a tvar těla. I v tomto případě můžeme rozeznat pasivní a aktivní přístup.

Za pasivní způsob obrany lze považovat všechny typy maskování, které je mezi živočichy (a některými rostlinami) hodně rozšířené a bezesporu úspěšné.

Organismus se snaží být nenápadný, splynout s prostředím. K tomu slouží nejrůznější skvrny, pruhy a tečky, zkrátka krycí zbarvení, které můžeme přirovnat k maskovacím vzorům na vojenském oblečení a vybavení.

Také v tomto případě člověk „opisoval“ od přírody, a tak maskáče odpovídají danému typu prostředí, se kterým mají vojáci splynout. Není divu, že jinak vypadá uniforma pro pohyb v našich lesích a jinak pro pouštní oblasti. U živočichů je to stejné. Co v jednom prostředí funguje jako krycí, působí v jiném typu prostředí velmi nápadně. Zeleně zbarvená kobylka je v trávě takřka neviditelná, ale pokud skočí na holou zem nebo na kmen stromu, je vidět zdaleka. Živočichům se ale povedlo překonat i tento nedostatek – dokážou měnit barvu, jak jste se o tom přesvědčili v předchozím textu.

#### 5.4. Maskování a narušení obrysu těla

Další možností maskování je rozbití obrysu těla, siluety. Jasně ohraničené tvary jsou v přírodě většinou velmi nápadné. Ale pokud máte na těle různé výrůstky, třásně apod., snadněji splynete s pozadím, které také většinou není jedolité. Jen si



vzpomeňte na řasovníka, matamatu nebo lelka! Pokud ale má živočich tělo se zřetelnými obrysy, může se maskovat tím, že napodobí jiný objekt v prostředí. Vzpomenete si na nějaký příklad? Přece lupenitka, která napodobuje list.

Obr. 95: Vojáci využívají princip splynutí s prostředím díky různým výrůstkům a třásněm na maskovacím obleku, jemuž se říká hejkal.

#### 5.5. Zastrásování a varování

Aktivním způsobem obrany s využitím zbarvení je snaha predátora zastrašit či varovat na dálku. Do této kategorie patří různé typy výstražného zbarvení, často v kombinacích žlutá a černá, červená a černá nebo červená a bílá. Tyto kombinace jsou vám povědomé? Ano, člověk je z přírody převzal a můžete je vidět na různých výstražných nápisech a tabulích a samozřejmě na dopravních značkách.

#### 5.6. Obranné chování

Ať už se živočich brání pasivně, nebo aktivně, vždy je jeho strategie doprovázena nějakým chováním.

- ▶ Pokud se živočich spoléhá na maskování, podpoří ho tím, že nehybně strne, případně se přitiskne k podkladu, jako to dělá lelek.
- ▶ Využívá-li výstražné zbarvení, doprovodí ho nějakým nápadným pohybem. Obvykle takovým, aby vypadal větší nebo aby předvedl své „zbraně“. Může to být vztyčený jedový bodec štíra, nadmutí těla ježírky nebo načepýření peří a roztažení křídel perličky.
- ▶ Typický postoj a pohyb bývá často doprovázen zvukem (syčivý zvuk krutihlava nebo chřestění bodlin dikobraza).

### 5.7. Únikové chování

Nejčastějším obranným chováním je únik. Ten se může odehrát jak v čase, tak v prostoru.

**Únik v čase** většinou znamená, že se rostlina nebo živočich snaží vyhnout se predátorovi. Je to tedy snaha nebýt aktivní v době, kdy je aktivní predátor.

Příkladem úniku v čase je například různé denní nebo roční načasování aktivity. Mnoho živočichů se snaží vyhnout se predátorům tím, že vedou noční způsob života. Predátoři, kteří se orientují zrakem, v noci neloví.

Další možností je načasování životního cyklu tak, aby se od predátorova lišil. Tehdy se uplatní různé typy diapauzy, tedy zpomaleného až zastaveného vývoje či aktivity. Tento způsob využívají jak rostliny (semena, která klíčí jen za určitých podmínek apod.), tak celá řada živočichů (například trvalá vajíčka perlooček).

**Únik v prostoru** znamená nebýt na stejném místě jako predátor. Zmínili jsme například denní vertikální migrace drobných koryšů, kteří se ve dne vyhýbají oblastí, kde predátoři loví. Podobně celá řada živočichů přistupuje k pobytu u napajedla – chová se velmi opatrně a zdržuje se tam jen nezbytně dlouhou dobu, jinak se napajedlu vyhýbá.

K únikům v prostoru patří také pobyt na obtížně přístupném místě. Mnoho živočichů je tvarem těla přizpůsobeno životu v různých štěrbinách nebo dutinách, kam se za nimi dostane jen omezený výběr predátorů.



Také pohyb v korunách stromů je svým způsobem únik – mnoho predátorů je moc velkých na to, aby se mohli pohybovat mezi větvemi, nebo moc těžkých na pohyb po větvích.

Uniknout predátorovi lze také zahrabáním se do dna (například rejnok) nebo do půdy či písku (blatnice).

Živočichové se ovšem nemusí vždy ukryvat ve svém prostředí. Stejně dobře funguje i to, když se schovají do skupiny jedinců stejného druhu. Ve stádě nebo v hejnu se predátor nesnadno zaměří na jednoho jedince, kterého by chtěl ulovit. Protože predátor prostě nestihne ulovit všechny příslušníky skupiny, část se vždy zachrání. Výše zmíněné způsoby úniku mají většinou preventivní charakter. Jejich cílem je se s predátorem vůbec nepotkat, neupoutat jeho pozornost a nedovolit mu tak útok. Když ale přece jen predátor zaútočí, je bezprostřední reakcí ohroženého živočicha útěk, kořist se snaží aktivně vzdálit z dosahu predátora co nejrychleji. Může to být „couvání“ raků, reaktivní pohyb sépií, všechny formy běhu a skoku z dosahu predátora, případně odlet.

### **5.8. Nejlepší je kombinace**

Shrnuli jsme si tedy hlavní způsoby, jak se rostliny a živočichové brání tomu stát se potravou. V přírodě ale samozřejmě neexistují jasně vymezené „škatulky“, ale různé přechody od jedné formy obrany ke druhé a především kombinace různých mechanismů a strategií. Rostlina například může mít trny a zároveň být jedovatá. Nebo být jedovatá a mít jen omezené vegetační období, zatímco zbytek roku stráví v podobě semene, hlízy či cibule. Mnohokrát jsme zmiňovali živočichy, kteří se maskují, ale když to nepomůže, snaží se útočníka zastrašit. Když ani to nezafunguje, pokusí se rychle zmizet nebo naopak sami zaútočí.

Tak jak je rozmanitá příroda a všechny druhy organismů v ní, tak jsou rozmanité a podivuhodné způsoby obrany, které se u organismů vyvinuly a neustále vyvíjejí. Predátoři se totiž vždy snaží jejich obranu překonat, vyzrát na ni. Musí, pokud sami chtějí přežít a zajistit si dostatek potravy. Reakcí na to je další vývoj obrany, její zdokonalování a vylepšování. Jsme tak svědky „závodů ve zbrojení“ – neustálého vývoje mechanismů a strategií útoku jak na straně býložravců či predátorů a obranných postupů na straně rostlin nebo kořisti.

Tato kapitola je určena pouze pro okresní a krajské kolo kategorie C a krajské kolo kategorie D.

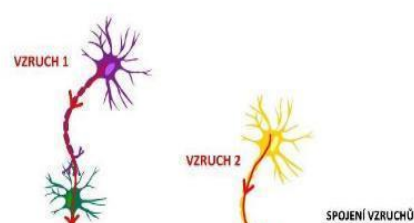
## 6. MECHANISMY OBRANY V TĚLE OBRATLOVCŮ, aneb Jak funguje nervová soustava

**Už jste někdy přemýšleli, co se děje v těle zajíce, když před vámi peláší pryč po poli? Co pohání antilopu, která utíká před útočícím lvem jako o život? A co vlastně žene toho lva?**

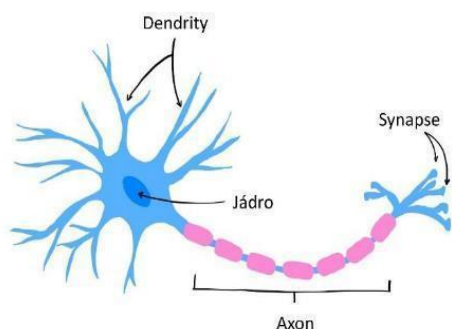
Věřte tomu nebo ne, ale v těle těchto zvířat se odehrávají úplně stejné pochody, jaké se dějí vám v situacích, kdy takzvaně „máte z něčeho nervy“. Znáte ten pocit, když se vám před vystoupením nebo před testem začnou potit ruce, zrychlí se vám dech a začne bušit srdce? Taky vaše pozornost se zúží – plně se soustředíte na výzvu, která vás čeká. Situace vás a zmíněných zvířat jsou si tedy vlastně velmi podobné: je před vámi fyzicky nebo psychicky těžký úkol a hrozí, že když nepodáte dostatečně dobrý výkon, tak selžete. Pro vás naštěstí selhání znamená pouze zapomenutý text nebo špatnou známku z testu, ale pro tu antilopu jsou výhledy v případě, že nedokáže před lvem utéct, podstatně horší.

### Stresová odpověď

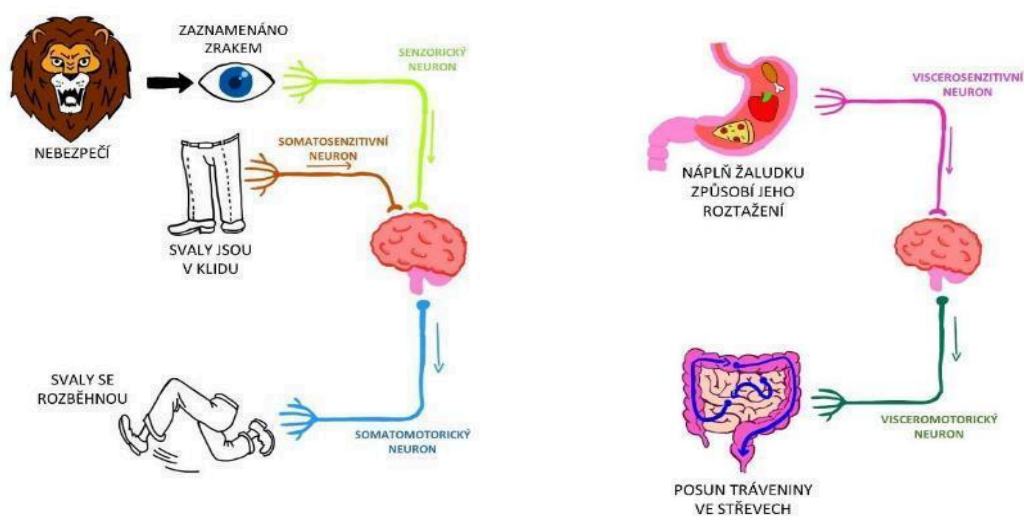
Aby tělo bylo schopné v podobných situacích správně reagovat, vyvinuly se v něm speciální mechanismy, které na určité podněty z okolí reagují spuštěním stresové odpovědi. Na malou chvíli se změní způsob, jakým tělo funguje, aby bylo schopné překonat nepříznivou situaci – tento mechanismus nese výstižné anglické označení *fight or flight*, tedy „bojuj, nebo uteč“.



## Přenos signálů



Obr. 96: Vlevo: Obecné schéma neuronu, základní buňky nervových vláken  
Vpravo: Jednosměrné předávání signálů mezi neurony



Abychom rozuměli tomu, jak dojde ke

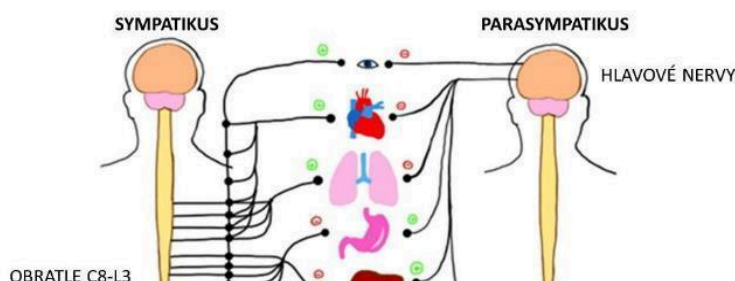
spuštění stresové odpovědi, musíme si nejdřív vysvětlit, jak se v těle přenáší signály. Úsloví „mít z něčeho nervy“ není vlastně úplně přesné. Všichni obratlovci včetně nás samotných totiž nervy máme, a to neustále. Nervy (vlákna složená z nervových buněk čili neuronů) jsou něco jako kabely, po kterých se posílají informace a příkazy. Neurony jsou buňky, které mají tělo, několik krátkých výběžků (dendritů) a jeden dlouhý výběžek (axon), který může měřit klidně celý metr. Ve skutečnosti existuje více druhů neuronů, které mají uspořádání pokaždé trochu jiné, ale nám bude stačit představa neuronu, jak je na obrázku 96.

Obr. 97: Vlevo: Schéma reakce, kdy je zrakový podnět zpracován v mozku a vyhodnocen jako nebezpečný, načež mozek pošle svalům nohou signál k tomu, aby zahájily útěk.  
Vpravo: Schéma reakce, kdy je signál o naplnění žaludku po jídle zpracován.

Nervová vlákna slouží k přenášení informací. Funguje to tak, že na dendrity nebo tělo jednoho neuronu se napojují axony ostatních neuronů v místech zvaných synapse, a těmito spojeními mu posílají signály. Neuron tyto signály přijme a svým axonem je pošle dál na další neuron v řadě, jak můžete vidět na obrázku 97. Řídicím centrem těchto nervových dálnic je náš mozek a pro stresovou odpověď je klíčová jeho část s názvem limbický systém. Mozek přijímá informace prostřednictvím **dostředivých** nervových drah a vydává do těla příkazy o tom, jak mají naše orgány a svaly reagovat prostřednictvím **odstředivých** drah. Takže když například antilopa uvidí útočícího lva, tato informace putuje z jejích očí dostředivými drahami do mozku, ten ji zpracuje, a vydá odstředivými drahami příkaz k tomu, aby začala rychle utíkat.

Nervový systém v našem těle se dělí na **centrální** (CNS, mozek a mícha) a **periferní** (PNS, obvodový – zmíněné nervové dálnice). Podložkou periferního nervového systému je pak **autonomní** nervový systém (ANS), který zodpovídá za ty děje v našem těle, které nemůžeme ovládat vůlí (tlukot srdce, trávení, pocení atd.). ANS má v sobě dva důležité hráče: nervy **sympatické** (neboli sympatikus) a **parasympatické** (neboli parasympatikus). Toto jsou dva systémy vegetativních nervových vláken, která vedou všude po těle a které jsou vlastně protivníci – každý chce s tělem dělat něco jiného. **Parasympatikus** se snaží v našem těle nastolit klidový stav (anglicky *rest and digest*). Je aktivní převážně v době, kdy jsme po jídle, v klidu a nehrozí nám nebezpečí. Dovoluje nám zpracovat přijaté živiny a regenerovat svaly. Zato **sympatikus** se aktivuje v situacích, kdy jsme ve stresu, pod tlakem nebo nám hrozí nebezpečí a vyvolává v našem těle pravý opak. Ano, je to právě sympatikus, kdo zodpovídá za již dříve zmíněnou *fight or flight* odpověď.

Nefunguje to však tak, že by byl sympatikus v jednu chvíli úplně utlumený a celé tělo řídil jen parasympatikus (nebo naopak). Oba tyto hráče jsou v každém okamžiku do jisté míry aktivní, ale přetlačují se o nadvládu nad tělem a vede vždycky ten, který je právě více potřeba podle toho, v jaké situaci se tělo nachází. Sympatická nervová vlákna vycházejí především z hrudní a bederní části míchy, vlákna parasympatiky vycházejí z křížové části míchy a zahrnují také hlavové nervy. Oba tyto systémy vedou do orgánů, které ovlivňují, jak můžete vidět na obrázku 98.



Obr. 98: Schéma orgánů, které ovlivňuje sympatikus, a orgánů, které ovlivňuje parasympatikus.

Co tedy ten **sympatikus** s naším tělem vlastně dělá? Už jsme si řekli, že aktivuje stresovou odpověď – tu tělo potřebuje, když je v nějaké nebezpečné situaci. Logicky si tedy řekněme: Co potřebuji dělat, když mi hrozí nebezpečí?

- ▶ Potřebuji utíkat. Sympatikus proto přivede co nejvíce krve do svalů. Krev s sebou přinese živiny a kyslík, takže svaly mohou pracovat na plný výkon.
- ▶ Potřebuji rychle a správně reagovat. Proto je spousta krve přivedena i do našeho mozku a smyslových orgánů (oči, uši, čichová sliznice). Dojde také k rozšíření zorniček, aby náš zrak pokryl širší prostor. Jsme tak bystřejší a neunikne nám případně další nebezpečí.
- ▶ Potřebuji ztratit co nejméně krve v případě, že se zraním. Když utíkáme před nebezpečím, je určitě možné, že například zakopneme a rozbijeme si koleno nebo si způsobíme jakékoliv jiné zranění. Aby rána moc nekrvácela, sympatikus stáhne všechny cévy v kůži. Tím do nich neproudí tolik krve a v případě zranění se jí tolik neztratí. Proto můžeme být ve stresu „bledí jako stěna“ – kůže v tu chvíli není dostatečně prokrvená.
- ▶ Potřebuji zhluboka dýchat. Sympatikus nám proto mocně rozšíří průdušky a přivede do plic větší množství krve, aby se mohla pořádně okysličit a zásobit svaly a mozek. Sympatikus nám dýchání také zrychlí a prohloubí.
- ▶ Potřebuji na to všechno dost energie. Proto sympatikus zrychlí srdeční činnost a zvýší krevní tlak tím, že do centrálního řečiště přivede krev z orgánů, které zrovna nepotřebujeme (hlavně trávicí trakt, viz níže). Sympatikus také spustí spalování glykogenu (což je zásobní polysacharid živočichů podobný škrobu – jedna z forem uložení energie v našem těle) v játrech a svalech a později i zásobních tuků v naší tukové tkáni, které pak slouží tělu jako palivo.
- ▶ Potřebuji se zbavit nadbytečného tepla, které moje aktivní tělo produkuje. To sympatikus zprostředkuje aktivací potních žláz. Když se potíme, odpařuje se z potu na povrchu kůže voda, čímž je odváděno přebytečné teplo, které produkují hlavně

naše pracující svaly. V žádném případě se nechceme přehřát – to by nám v této situaci jen ublížilo. Tepla se zbavujeme navíc také hlubokým dýcháním.

A co naopak vůbec nepotřebují?

► Nepotřebují trávit. Trávení potravy je dost náročný proces, který by nám ve chvíli útěku jen ubíral energii. Proto sympatikus odloží trávicí činnost na později, stáhne cévy našich vnitřních orgánů (žaludek, játra, střeva) a raději odvede krev do svalů a mozku, kde je momentálně nejvíc potřeba.

► Nepotřebují se vyprazdňovat. Kdybychom si museli během útěku odskočit, zbytečně by nás to zdržovalo a mohlo by nás to dokonce stát život. Proto sympatikus zpomalí vyprazdňování střev a močového měchýře a stáhne řitní a močové svěrače.

► Nepotřebují se rozmnožovat. Útěk určitě není vhodná doba na hledání partnera a rozmnožování, a proto je krev odvedena z pohlavních orgánů.

Dalo by se říct, že **parasympatikus** bude mít na většinu zmíněných orgánů přesně opačný účinek: zpomalí srdeční činnost, zaktivuje trávení, otupí naše smysly, spustí vyprazdňování, a navíc ještě zvýší činnost například slinných a slzných žláz. Proto se vždy po vydatném obědě cítíme spokojení, klidní a chce se nám spát.

Naprosto stejný mechanismus stresové odpovědi, který se u lidí vyvinul v době, kdy jsme i my sami byli častou potravou velkých šelem, se uplatňuje i u jiných obratlovců, zvláště u savců.

**Tato kapitola je určena pouze pro okresní a krajské kolo kategorie C a krajské kolo kategorie D.**

## **7. IMUNITA, aneb vnitřní obrana organismů**

### **7.1. Co je to imunita?**

Zjednodušeně lze říct, že je to schopnost organismu rozpoznávat cizorodé látky, viry nebo jiné organismy (bakterie, houby nebo parazity), které by pro něj mohly být nebezpečné. Pokud cizorodé látky proniknou do organismu, imunitní systém může zabránit jejich rozšíření a zajistit jejich likvidaci. Imunitní systém dokáže rozpoznat a zlikvidovat i buňky vlastního těla, které jsou změněné – např. virovou infekcí nebo buňky nádorové.

Než si začneme vysvětlovat principy fungování imunitního systému, projděte si slovníček používaných pojmů. Pokud se v následujícím textu budete ztrácet, můžete

se ke slovníčku vracet. Také doporučuji shlédnout video: Byl jednou jeden život – Tělesná stráž <https://decko.ceskatelevize.cz/video/e290330753110003>

► **Antigen** – cizorodá částice, která je schopna vyvolat obrannou reakci organismu (imunitní odpověď) – vznik specifických protilátek. Antigenem mohou být například bílkoviny na povrchu virů, bakterií a jiných infekčních částic, ale třeba i jedy. Jako antigen může působit i bílkovina tělu vlastní; pokud imunitní systém proti ní zasáhne, může nastat autoimunitní onemocnění.

► **Patogen** – cokoliv, co je schopné způsobit nemoc (patogenní = způsobující onemocnění).

► **Protilátka** – bílkovina produkovaná B-lymfocyty, která je schopna vázat se na antigen. Protilátek (*imunoglobulinů*) se v těle tvoří miliony druhů, protože na každý antigen se váže jiná protilátka. Specifita protilátek se dá vysvětlit na principu zámku a klíče, kdy zámek je antigen a do něj přesně zapadá protilátka jako klíč. Hlavní funkcí protilátek je navázat se na patogeny a ty tak označit pro likvidaci. V některých případech mohou protilátky přímo zastavit infekci, například vazbou na povrch viru zablokovat jeho vstup do buňky. Molekula protilátky má většinou tvar písmene Y.

► **MHC proteiny** – MHC I jsou molekuly bílkovin na povrchu buněk, na nichž se vystavují látky vyráběné uvnitř buňky (nejčastěji kousky bílkovin – peptidy). Můžete si je představit jako nástěnky, na nichž buňka ukazuje (vystavuje), co se v ní odehrává, a které jsou pravidelně kontrolovány dalšími složkami imunitního systému, konkrétně T-lymfocyty. MHC proteiny, označované jako MHC II, používají jako své „nástěnky“ také antigen prezentující buňky (viz str. 101). Ty ale vystavují kousky patogenů, které příslušná buňka pohltila z vnějšího prostředí, tj. jmenují se podle toho, že prezentují = ukazují.

## 7.2. Čím je obrana zajištěna?

Aby byla obrana organismu dostatečná, vyvinuly se tři různé obranné linie, které spolupracují.

I. VROZENÁ SLOŽKA OBRANY ORGANISMU		II. ZÍSKANÁ (ADAPTIVNÍ) SLOŽKA OBRANY ORGANISMU
první obranná linie (vnější)	druhá obranná linie	třetí obranná linie
■ neporušená kůže	■ fagocyty	■ T-lymfocyty
■ sliznice, hlen, nízké pH	■ zánět	■ B-lymfocyty a protilátky

■ mikrobiom

■ chemické látky  
(komplement)

První dvě linie mají tu společnou vlastnost, že přesně nerozlišují konkrétního vetřelce. Dokážou ale zahájit specifickou reakci proti konkrétnímu typu a rozlišit, zda jde o virus, bakterii nebo kvasinku. Dědíme je po svých rodičích. Je to za stamiliony let nastřádané *know how*, jak rozpoznat a zničit virové, bakteriální, houbové nebo parazitární infekce.

Obranu těla lze přirovnat k obléhanému městu. Pokud si představíme tělo jako pevnost, tak **vrozenou složku obrany** by představovaly hradby se střílnami, vodní příkop a vojáci, kteří stojí na stráži, v případě nebezpečí střílejí z děla a informují velení o napadení pevnosti. Tito vojáci likvidují kohokoliv s nepřátelským erbem a nerozlišují, zda má oštěp nebo katapult. Podobně jako makrofágy, jedny z buněk vrozené imunity, nerozlišují při pohlcování patogenů, s kým mají tu čest. Obránci v první linii ale nejsou schopni rozeznat ve svých vlastních řadách například maskovaného zvěda nebo zrádce.

**Získanou imunitu** si můžeme představit jako inteligentní důstojníky, kteří pátrají a odhalují konkrétní nebezpečí. Pracují s moderními zbraněmi a mohou měnit strategii obrany podle typu útoku. Součástí jejich aktivit je typicky vývoj úplně nových zbraní ze součástek, které mají k dispozici. Vzhledem k tomu, že tělo může být napadeno tisíci různých nepřátel (kteří se navíc neustále mění), je výhodné mít k dispozici kreativní ozbrojenou složku schopnou improvizace. V imunitním systému plní tuto roli T-lymfocyty, které vyhledávají cizorodé látky a podněcují konkrétní B-lymfocyty k vytváření protilátky.

### **První obranná linie**

Má za úkol zabránit průniku vetřelců do organismu. Zkuste se zamyslet, kudy mohou patogeny do těla pronikat a jak se tomu organismus brání, neboli jaké bariéry stojí v cestě vetřelcům.

- ▶ Neporušená pokožka vás asi napadla jako první. Možná vás překvapí, že váš povrch není živý, ale jedná se o cíleně usmrcené buňky, takzvaný keratinizovaný (zrohovatělý) epitel, jenž je geniální ochranou před virovou infekcí. Viry totiž potřebují pro množení živé buňky.
- ▶ Oči jsou chráněné slzami, které obsahují enzym lysozym. Ten umí štěpit buněčnou stěnu bakterií.

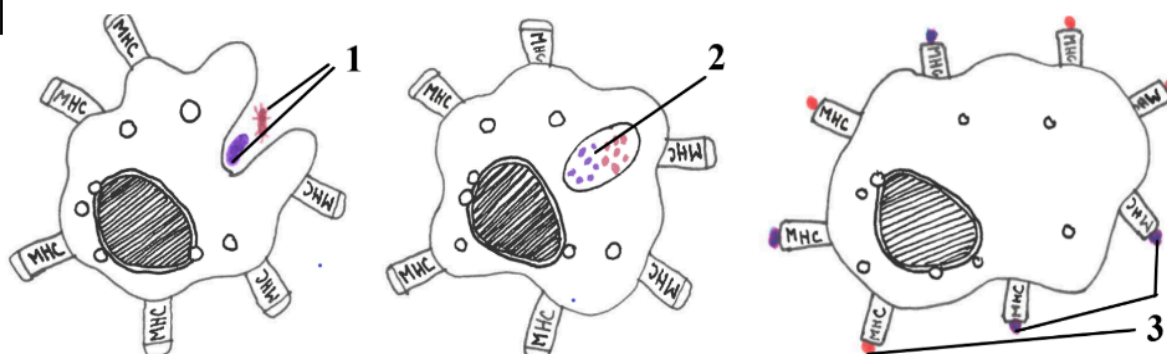


- ▶ Uši – ve stěnách zvukovodů jsou mazové žlázy. Lepivý ušní maz zachycuje drobné částice.
- ▶ Nosní dutina je vybavena chloupky a hlenem. Nadbytečný hlen vysmrkáme. Dolní dýchací cesty jsou vybaveny hlenem a řasinkami, které kmitají proti směru vdechovaného vzduchu. Řasinky posunují hlen s nalepenými částicemi do hltanu, kde jsou spolknuty.
- ▶ Trávicí soustava je chráněna kyselinou chlorovodíkovou, která zajišťuje v žaludku silně kyselé prostředí (*kolem pH 2*). To většině patogenů, které sníme, znemožňuje přežít.
- ▶ Neměli bychom zapomenout na náš **mikrobiom** (soubor symbiotických mikroorganismů), který je konkurentem patogenních bakterií a nedovolí jim příliš se rozšířit. Mikrobiom je přítomen na kůži, sliznicích ústní dutiny a pohlavního ústrojí, ve střevech atd. Mimo jiné udržuje povrch naší pokožky mírně kyselý (*pH 5,5*).

### Druhá obranná linie

Druhá obranná linie je vnitřní a zasahuje proti útočníkům, kteří překonali vnější bariéry. Je zajištěna především **fagocytózou** a dále například bílkovinami, které se mohou vázat na bakterie a dělat díry do jejich membrán nebo anorganickými sloučeninami schopnými pohlcené patogeny zabít.

Fagocytóza je schopnost buňky obejmout svými výběžky cizorodé látky, mikroby nebo poškozené buňky, pohltnout je a rozložit. Fagocyty (makrofágy, neutrofilní granulocyty) patří mezi bílé krvinky, umí pohlcovat a navíc vše pozřené usmrtit.



Obr. 99: Bílá krvinka rozpoznala cizorodou částici (1), pohltila ji fagocytózou a tím ji uzavřela uvnitř svého těla do membránového váčku (2). V něm probíhá trávení. Rozštěpené kousky vystavila pomocí MHC na svém povrchu (3), aby upozornila ostatní složky imunitního systému na výskyt konkrétního antigenu.

## Zánět

Představte si, co se děje v těle, když si do kůže zarazíte třísku. Do drobné rány tím vniklo cizí těleso, které poškodilo několik buněk, a s ním se do rány dostávají i mikroorganismy. Zraněné buňky vysílají chemické signály (signály nebezpečí), které spustí zánětlivou reakci. Tepénky, které přivádějí do poškozeného místa krev, se rozšiřují, zatímco žilky, které krev odvádějí, se smršťují. Ve vlasečnicích, které tepénky se žilkami propojují, se tím zvýší množství krve. Přebytečná krevní plazma uniká z vlasečnic do okolí a tím vzniká otok. Stěny vlasečnic v místě zánětu vystaví na svém povrchu bílkoviny, které umožní snadnější průnik neutrofilních granulocytů, typických fagocytů první vlny buněčné obrany, do místa poškození. V místě zánětu pozorujeme otok, zarudnutí a zvýšenou teplotu. Smyslem zánětu je pokusit se zlikvidovat patogeny hned v místě průniku do organismu a neumožnit jim rozšířit se do celého těla.

## Chemické látky

Součástí druhé obranné linie je i skupina bílkovin v krevní plazmě (*komplement*). Dokážou se navázat na povrch patogenů (bakterií, prvoků a obalených virů). Jakmile k tomu dojde, tak se aktivují a jejich akce končí proděravěním patogenů. Tyto obranné bílkoviny často nepracují „na vlastní pěst“, ale mohou spolupracovat s vyšším stupněm velení, například protilátkami.

## Třetí obranná linie

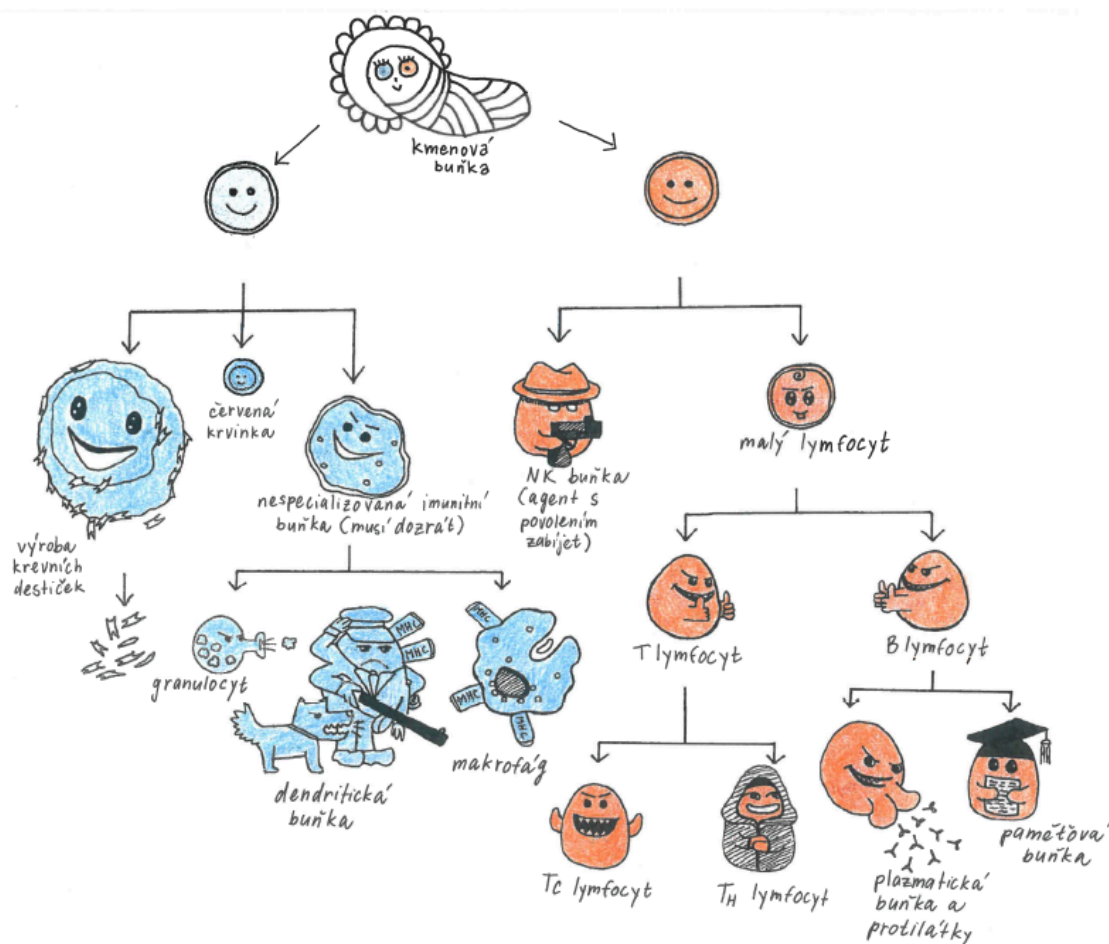
Třetí obrannou linii představuje adaptivní imunitní systém, který je propojený s druhou obrannou linií. Výhodu **adaptivní** složky obranného systému představuje schopnost vytvořit účinnou specifickou **protilátku** po setkání s novým útočníkem. Schopnost si to zapamatovat a vytáhnout předchozí zkušenost v případě potřeby „jako eso z rukávu“ označujeme jako **imunitní paměť**. Tento systém obranyschopnosti, zajištěný bílými krvinkami zvanými **lymfocyty**, je vlastní pouze čelistnatcům, tj. obratlovcům kromě mihulí a sliznatek. Nevýhodou tohoto systému je, že imunitní odpověď není okamžitá, ale trvá i několik dnů (vysvětlení v odstavci o B-lymfocytech). Výhodu získané imunity představuje schopnost vytvořit účinnou specifickou protilátku po setkání s novým antigenem a zachovat si imunitní paměť. Proto je získaná imunita adaptivní, přizpůsobuje se příslušnému patogenu.

Výsledkem je, že po opakovaném setkání s tímto antigenem (patogenem) už je odpověď rychlejší a mnohem účinnější.

Adaptivní imunita není vrozená, buduje se až po narození v průběhu života po setkání s antigenem. Existence **imunitní paměti se využívá při očkování** (vakcinaci).

### 7.3. Buňky imunitního systému, aneb bílá armáda

Všechny buňky zajišťující obratlovcům obranyschopnost (bílé krvinky) vznikají ze stejných kmenových buněk v kostní dřeni a postupně se rozrůžňují na granulocyty, makrofágy a lymfocyty.



Obr. 100: Původní kmenová buňka se dělí a mění se na dva typy buněk kostní dřeneš. Ty se postupně vyvíjejí v jednotlivé typy krevních buněk a buněk zajišťujících imunitní odpověď (není nutné učit se z paměti přesné názvy buněk). Armáda bílých krvinek je rozdělena na vojenské hlídky. Jedna část hlídá v krvi, druhá mimo krevní oběh ve tkáních. Bílé krvinky jsou velmi pohyblivé, mohou se jako měňavky přesouvat buď stěnami vlásečnic do tkání, nebo se protahovat mezi buňkami tkání. V případě potřeby se dokážou uvolnit a rychle se množit.

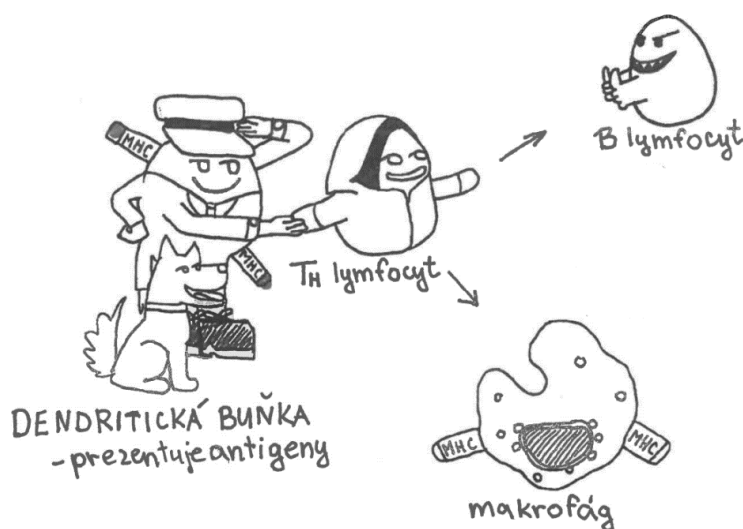
**Granulocyty** byly pojmenovány podle přítomnosti váčků (granul) v cytoplasmě.

Granulocyty jsou trojího typu, zde popisujeme funkci neutrofilů. Neutrofilní granulocyty tvoří 60–70 % všech bílých krvinek v krvi. Jsou přítomné v krvi, ale v případě zánětu se umí přesunout do jiných tkání. Jejich rolí je **ničit a pohlcovat bakterie**, po jejich odumření vzniká hnis. Žijí velmi krátce, často jen několik hodin.

**Makrofágy** můžeme označit jako profesionální fagocyty. Žijí ve tkáních, jejich život je delší než u granulocytů (týdny až měsíce) a jejich úkolem je pohlcovat mikroorganismy i poškozené buňky vlastních tkání. Fagocytují například i staré červené krvinky. Dokážou předkládat (prezentovat) části pohlceného materiálu T<sub>H</sub>-lymfocytům, a tím aktivovat imunitní odpověď.

**Antigen prezentující buňka** je schopna zachytit cizorodé struktury, rozložit je a na svém povrchu pomocí MHC molekul vystavit jejich rozštípané kousky. Tím informuje vyšší stupně imunitního systému a umožňuje vznik imunitní odpovědi. Prezentovat antigeny dokážou makrofágy, dendritické buňky a B-lymfocyty (bude vysvětleno dále).

s



z

Obr. 101:

**Dendritické buňky** (buňky výběžky připomínající korunu stromu, z řeckého slova *dendros* – strom) jsou hlavními informátory T-lymfocytů. Na svém povrchu vystavují kousky pohlcených antigenů. Dendritické buňky se vyskytují téměř ve všech tkáních, kam mohou proniknout cizorodé částice vnějšího prostředí (například kůže, plíce, krční mandle, střevo, játra).

V naší pomyslné pevnosti mají roli pohraničnicků. Když narazí na patogen a pohltí ho, putují do mízních uzlin nebo sleziny, což jsou hlavní komunikační centra imunitního systému, a tam probíhá předání informací lymfocytům. Dendritické buňky patogeny rozeznávají způsoby typickými pro vrozenou imunitu, ale následně komunikují právě s imunitou adaptivní".

**Lymfocyty** jsou buňky, které zajišťují získanou (adaptivní) část imunity, jsou tedy součástí třetí obranné linie. Rozlišují se na dva základní typy.

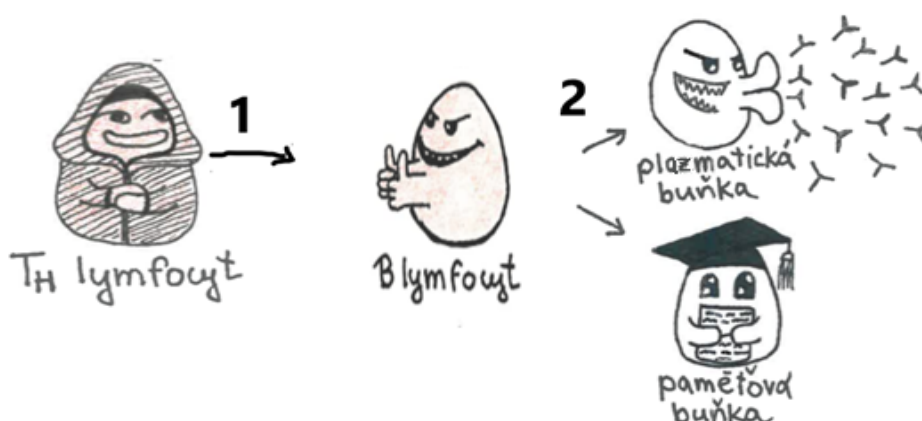
**B-lymfocyty** mají za úkol **vyrábět protilátky**. Hlavní funkcí protilátek je označení antigenů. Mohou také patogeny slepit a zpomalit jejich pohyb. Protilátkami označené

patogeny jsou následně pohlceny fagocyty. B-lymfocyty se po setkání s příslušným antigenem začnou (s pomocí pomocných  $T_H$ -lymfocytů) měnit na **plazmatickou** buňku (továrnu na protilátky). Část B-lymfocytů po odeznění infekce zůstane jako **paměťové buňky**, které dlouhodobě přežívají v těle, viz obrázek 102. Protože existují miliony antigenů, měly by existovat i miliony typů B-lymfocytů, protože každý B-lymfocyt produkuje jen jeden typ protilátek. Aby to B-lymfocyty dokázaly, musí provést to, co je jiným buňkám přísně zakázáno – měnit svoji genetickou informaci!

**T-lymfocyty** se z kostní dřeně stěhují do brzlíku (orgán za hrudní kostí), kde se „učí“ rozpoznávat povrchy zdravých buněk od buněk nádorových nebo buněk napadených viry. Pokud T-lymfocyt zaútočí na bílkovinu tělu vlastní, je v brzlíku zlikvidován.

Postupným zráním se T-lymfocyty začnou rozlišovat na dva funkční typy:  $T_C$  a  $T_H$ .

První typ T-lymfocytů je takzvaný helper čili **pomocný T-lymfocyt ( $T_H$ )**.  $T_H$ -lymfocyty podněcují imunitní reakce, povzbuzují k optimálnímu výkonu makrofágy nebo B-lymfocyty.  $T_H$ -lymfocyty jsou nezbytné pro správný průběh imunitní odpovědi. Virus HIV napadá tyto klíčové buňky imunitního systému a výsledkem je získaný imunodeficit, tedy neschopnost imunitního systému likvidovat patogeny. Příkladem nemoci, která se tím rozvine, je AIDS.

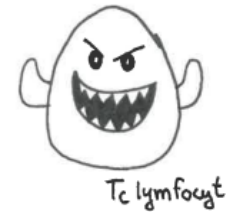


Obr.

#### 102: Podněcování tvorby protilátek

$T_H$  lymfocyty stimulují konkrétní B-lymfocyty k výrobě protilátek (1). B-lymfocyty se začnou množit, většina se přemění na plazmatické buňky a začne vyrábět protilátky. Menší část se přemění na paměťové buňky, které zůstávají v těle dlouhou dobu (2).

Druhým typem T-lymfocytů jsou **cytotoxické T-lymfocyty (T<sub>C</sub>)**. Ty jsou schopny v těle zabít například nádorové buňky buňky napadené virem. Poškozené buňky rozeznávají od zdravých buněk podle molekul vystavených na MHC I i na jejich povrchu.



a

Každá buňka těla musí neustále informovat své okolí o dějích, které v ní probíhají. Kousky vyráběných látek (typicky bílkovin) umísťuje na své MHC proteiny (povrchové nástěnky) a T<sub>C</sub>-lymfocyty tyto nástěnky svými receptory kontrolují.



**NK buňky** (z anglického *natural killer* – buněční agenti s povolením zabít) mají stejnou funkci jako T<sub>C</sub>-lymfocyty, tedy likvidaci poškozených buněk. Jsou takovou pojistkou, aby imunitnímu systému neunikly vadné buňky, které místo vystavování svých produktů na MHC proteinech tyto povrchové nástěnky schovají. NK buňky považují za nebezpečné všechny buňky bez MHC I, které tají, co v jejich nitru probíhá, a proto je okamžitě likvidují.

V následujících odkazech se podívejte, jak vypadají bílé krvinky pod mikroskopem.

Vlevo červená, vpravo bílá krvinka:

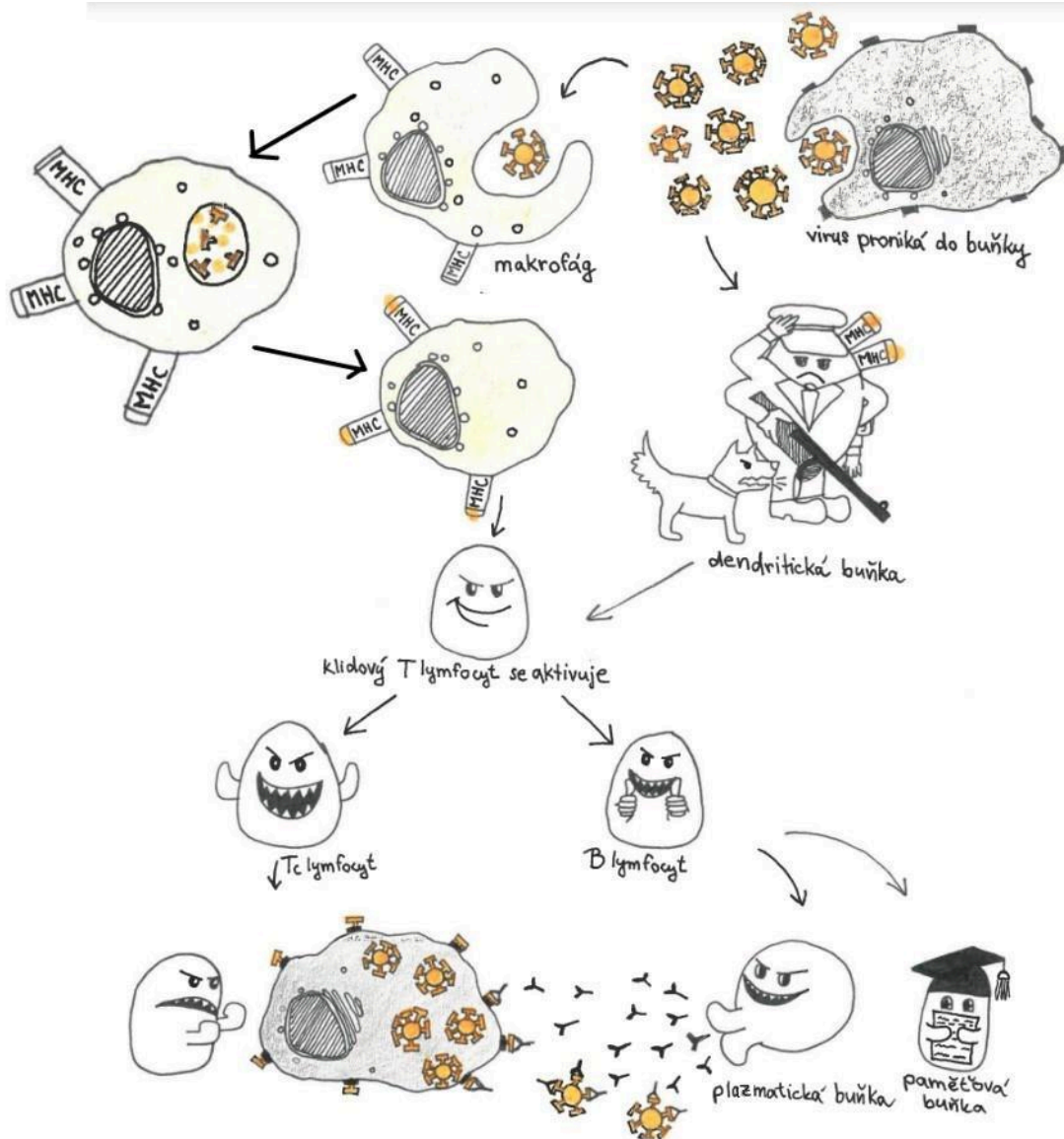
[https://ecampusontario.pressbooks.pub/app/uploads/sites/4322/2019/07/1900\\_Blood\\_cells-1536x1011.jpg](https://ecampusontario.pressbooks.pub/app/uploads/sites/4322/2019/07/1900_Blood_cells-1536x1011.jpg)

Polykání koronaviru:

[https://videos.pond5.com/white-blood-cells-swallowing-coronavirus-footage-146509194\\_main\\_xxl.mp4](https://videos.pond5.com/white-blood-cells-swallowing-coronavirus-footage-146509194_main_xxl.mp4)

Makrofág:

<https://earimediaproductweb.azurewebsites.net/Api/v1/Multimedia/99fc0c8b-f2a8-4ec2-8c34-b61ea3cc7b95/Rendition/low-res/Content/Public>



Obr. 103: Zjednodušené znázornění reakce imunitního systému po napadení organismu virovou infekcí.

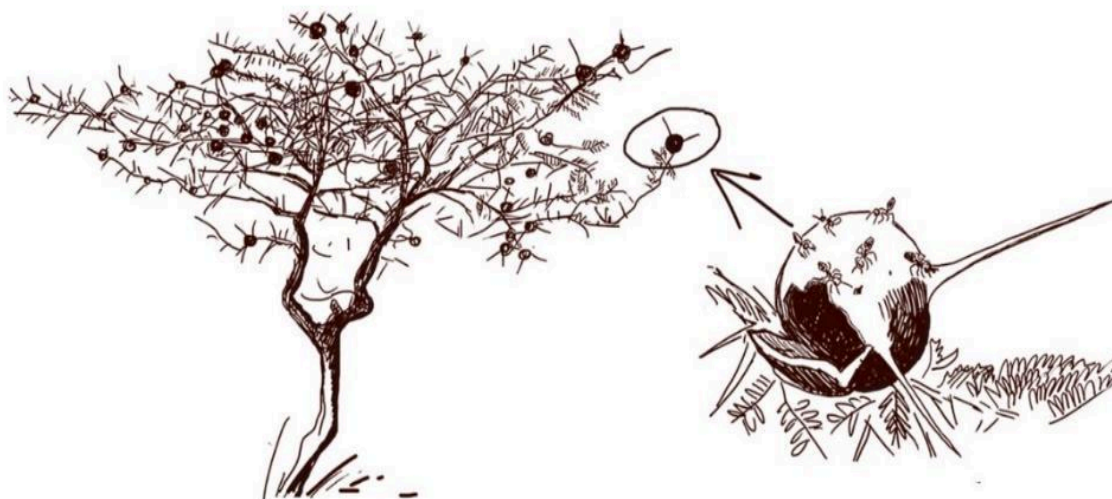
Virus pronikne do hostitelské buňky, ve které se virové částice začnou množit. Buňka zároveň vystavuje vyráběné virové proteiny na svém povrchu. Virus, který není schován v buňce, může být pohlcen makrofágem nebo dendritickou buňkou. Ty ho rozloží na menší části a vystaví na svém povrchu. T-lymfocyt rozpozná vystavené kousky viru, aktivuje se a spustí poplach. T<sub>C</sub>-lymfocyty začnou likvidovat napadené buňky a B-lymfocyty se s pomocí T<sub>H</sub> přemění na plazmatické buňky se schopností vyrábět příslušné protilátky proti volným virovým částicím. Makrofágy nakonec pohltnou všechny označené viry spolu se zbytky zničených buněk (nezakresleno).

## 8. NĚCO NAVÍC

Zajímavosti uvedené v této kapitole jsou nepovinné, určené těm z vás, kdo se chtějí dovědět něco zajímavého k danému tématu.

### ► Akácie, mravenci a žirafy (s. 7)

Akácie opravdu poskytují domov mravencům, ale ne všechny druhy mají ztloustlé báze trnů. U některých druhů žijí mravenci v dutinách ve stonku, které zbyly poté, co je vykousaly larvy tesaříků. Zoologové zjistili ještě souvislost s žirafami: Okusování žirafami podněcuje akácii k tvorbě zduřelých trnů a výrůstků na listech, kterými se mravenci a jejich larvy živí. To láká mimo jiné mravence *Crematogaster mimosae*, aby se tu usadili, a ti brání rostlinu před malými býložravci typu sarančí či brouků i před většinou velkých spásačů včetně slonů. Brání ji jednak kyselinou mravenčí, jednak přímým hromadným útokem – koušou. Tam, kde žirafy nejsou, akácie vytvářejí mnohem méně zduřelých trnů i výrůstků s potravou a usazují se v nich především mravenci *Crematogaster sjoestedi*, kteří bydlí ve stoncích vykousaných larvami tesaříků. Bylo zjištěno, že akácie neokusované žirafami špatně rostou a nakonec hynou.



Obr. 104: Akácie a detail zduřelého trnu.

### ► Zrádný kopřivák (s. 9)

Když se vypravíte do Austrálie, dejte si pozor na kopřiváka morušovitého. Tento keř nebo strom má na sobě žahavé trichomy, které způsobují ukrutnou





bolest (je přirovnávána k opalování kůže plamenometem či pocitu poleptání silnou kyselinou). Jediný vačnatec, který je vůči jedům kopřiváka imunní, je klokan znamenáný, pro ostatní savce včetně člověka je rostlina jedovatá, a to dokonce nejen při požití, ale i při pobytu v její blízkosti. Žahavé trichomy se totiž uvolňují do okolního vzduchu a mohou být vdechnuty. Pro ptáky a hmyz je kopřivák neškodný.

Obr. 105: Kopřivák dorůstá výšky více než 3 m.

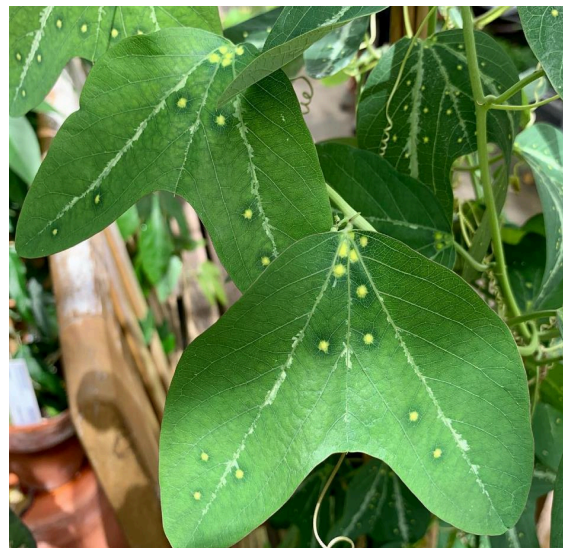
### ► **Boj s kůrovci** (s. 11)

Mnoho zajímavého se o problematice boje s kůrovci můžete dovědět na této stránce:

[O projektu | Kůrovcové Info \(kurovcoveinfo.cz\)](https://kurovcoveinfo.cz).

### ► **Jak oklamat motýly** (s. 14)

Tropické mučenky vytvářejí na listech skvrny, které jsou nápadně podobné vajíčkům babočkovitého motýla rodu *Heliconius*. Když vědci prováděli výzkum, zjistili, že se jedná o strategii, jak odradit motýla od kladení vajíček, a tím uchránit listy před okusem housenkami. Samičky totiž nerady kladou vajíčka na listy, na nichž už jsou cizí vajíčka. Zajímavé je to, že skvrny se objevují pouze na některých listech. Jsou různé teorie, které tuto skutečnost vysvětlují, ale přesně to nevíme. Na některé otázky nedokážeme jednoznačně odpovědět. Vztah mezi babočkou a mučenkou je ukázkou koevoluce, která formuje život na naší planetě.



Obr. 106: List mučenky s falešnými vajíčky

### ► **Vysokohorský čaj** (s. 16)

O účincích koky vědí své indiánské kmeny, kteří žijí ve vyšších nadmořských výškách v oblasti jihoamerických And. Když navštívíte tyto oblasti, dostanete čaj z koky nebo samotné listy ke žvýkání. Určitě vás povzbudí a kromě toho tlumí bolesti hlavy, zažene únavu i hlad a žízeň. Protože v nadmořských výškách nad 4 000 m je řidší vzduch, bude se vám díky účinným látkám i lépe dýchat. Zkrátka, při pobytu ve vysokohorském prostředí se stimulant fyzických i duševních sil hodí. Není divu, že se listy koky používají jako lék při výškové nemoci.

Z listů této rostliny je možné vyrobit tvrdou drogu zvanou kokain, nicméně listy účinky kokainu nemají. Na výrobu jednoho gramu kokainu je potřeba nasbírat přes půl kilogramu čerstvých listů.

V 19. století naložil francouzský vinař Angelo Mariani lístky koky do vína. Jeho „zázračné víno“ dle reklamních sloganů dodávalo tělu energii, zahánělo melancholii a obnovovalo zdraví. Mezi známé konzumenty tohoto vína patřila anglická královna Viktorie, papež Lev XIII. nebo spisovatel Jules Verne. Rovněž Coca-Cola se až do roku 1903 připravovala podle původní receptury s výtažky z koky.

Obr. 107: Rudodřev koka (kokainovník)



#### ► Záhada van Gogha (s. 18)



V minulosti byly léky připravené z náprstníku používány i pro léčbu epilepsie. Jedním z pacientů byl i malíř Vincent van Gogh, jak dokládá portrét jeho ošetřujícího lékaře, kterého nakreslil s kyticí náprstníku. Vedlejším účinkem tohoto léčiva je však žlutě zbarvené vidění světa, což je patrné i na známém van Goghově obraze Slunečnice, který je celý laděn do žluta.

Obr. 108: Portrét dr. Gacheta

#### ► Tajemství české hospodyňky (s. 18)

S kyselinou šťavelovou si v české kuchyni umíme poradit. Její negativní vliv totiž pomáhají neutralizovat přísady, které se do špenátových jídel tradičně přidávají – tedy smetana, mléko nebo vejce. Jsou to přirozené zdroje vápníku, který s kyselinou šťavelovou reaguje v trávicí soustavě. Vzniklé šťavelany se nevstřebávají a jsou vyloučeny z těla.

#### ► Zrádná vůně hořkých mandlí (s. 19)

Kyanovodík a z něj odvozené kyanidy jsou další jedovaté látky v rostlinách. Nacházejí se například v jeteli plazivém nebo čiroku a v semenech peckovin, jako je meruňka, třešeň nebo mandle. Látky, z kterých kyanidy vznikají, rostlina ukládá do specializovaných buněk. Při porušení listů býložravcem dojde k chemické reakci, která kyanidy uvolní. Také mráz může buňky narušit a tím otrávit samotné rostliny. Proto si rostliny v chladných oblastech kyanid v listech netvoří. Znáte bez černý? On i další příbuzné keře obsahují ve svém těle i plodech kyanid, který se ale tepelnou úpravou mění na neškodné látky. Nebezpečná proto pro vás může být konzumace syrových plodů, která se u lidí obvykle projeví pouze silným zvracením.

Kapradina hasivka rovněž patří mezi rostliny, které produkují velké množství jedovatých látek včetně kyanidu. Velcí býložravci se jejím listům obvykle vyhýbají. Hasivka je kapradina rostoucí takřka na celém světě. Její úspěšnost je dána nejen obsahem jedovatých látek, ale i schopností šířit se prostřednictvím oddenků. Mladým rostlinám však chemická obrana chybí, a proto vylučují z malých ztlustěnin na stonku kapky nektaru. Ty lákají mravence, kteří si chrání stálý zdroj sladké šťávy a odhánějí většinu býložravců.

### ► **Zběhovce a motýli** (s. 19)

Vědci zkoumali jeden z exotických zběhovců rostoucích v Africe, kterému se motýli při kladení vajíček nečekaně vyhýbali. Zjistili, že vytváří chemické látky na bázi hormonů, které negativně ovlivňují vývoj dospělce. Na svět tak přicházeli motýli, kteří měli dvě hlavy.

### ► **Chyt' si návnadu!** (s. 29)

Jednou ze strategií hlavonožců, která využívá inkoust, je tvorba návnad, falešných cílů. Při této reakci hlavonožec vypustí inkoust spolu s větším množstvím slizu. Oblak se tak rychle nerozptýlí a tvarem i velikostí navíc připomíná daného hlavonožce. Takových návnad většinou vytvoří víc, zároveň s tím změni směr úniku a často také změni barvu. Predátor je natolik zmaten falešnými návnadami, že hlavonožec snadno unikne.

**► Jak vyměnit kabát (s. 30)**

Vnější kostra bezobratlých sice živočicha dobře chrání, současně však vzniká problém – kutikula s živočichem neroste. U těch vývojových stádií členovců, která rostou, musí být proto občas svlékána. Například u hmyzu rostou jen larvální stádia, musí proto svlékat kutikulu. Dospělci nerostou, k výměně staré kutikuly za větší u nich tedy nedochází. Naopak například klepítkatci a korýši rostou celý život, takže u nich ke svlékání kutikuly dochází i v dospělosti. V období po svlékání živočich rychle roste, dokud je povrch jeho těla měkký, ale je velice zranitelný, než mu kutikula opět ztvdne. Proto se ještě před svlékáním schová do nějakého úkrytu, kam se za ním jeho predátoři nedostanou.

**► Nejsem, co se zdám (s. 33)**

Pavouci se snaží případné predátory zmást nejen maskováním, ale i tvarem těla. Mnoho z nich (například příznačně pojmenovaní mravčící a brabenčící) napodobuje mravence, a to nejen tvarem těla, ale i pohyby. Díky vypouštění pálivé a páchnoucí kyseliny mravenčí jsou mravenci natolik obávaní, že i pouhá napodobenina mnoho predátorů odradí.

**► Chlupy jsou všude (s. 35)**

Nejspíš znáte sklípky, velké chlupaté pavouky, kterým se nesprávně říká tarantule. Americké druhy sklípkanů (například sklípkan největší) mají na zadečku dráždivé chloupky. V případě ohrožení tře pavouk tělo zadními nohama, chloupky se odlamují, vznášejí se ve vzduchu a mohou útočnicka odradit. Při kontaktu s kůží a především s citlivými částmi těla (oči, nos, dýchací cesty) způsobují totiž svědění, pálení a další alergické reakce. Pro menší zvířata může být tato reakce dokonce smrtící.

**► Moment překvapení (s. 41)**

Saranče vrzavá, německá nebo modrokřídla sice nejsou jedovaté, ale také používají k odrazení útočnicka pestré barvy. Do poslední chvíle sedí v klidu, pak náhle prudce vzletí a roztáhnou krytky (první, nenápadně zbarvený pár křídel). Pod nimi se objeví nápadně červeně nebo modře zbarvený druhý pár křídel, což může útočnicka zaskočit a zarazit. Saranče mezitím zase usedne, krytky barevný pár křídel zakryjí a saranče splyne s prostředím.

**► Služba za oplátku (s. 43)**

V knížkách o Ferdovi Mravenci působí tak trochu pohádkově vyprávění o „mravenčích krávách“ – o mšicích, které mravenci lovili a odváděli je do mraveniště, protože mají rádi jejich sladkou šťávu. Jak to je ve skutečnosti? Mšice sají rostlinné šťávy s množstvím cukru a přebytek vypouštějí z těla v podobě takzvané medovice. Tu sbírají nejen včely, ale také mravenci, kteří dokonce „své“ mšice sedící na větvičkách či listech brání proti predátorům, například proti sluněčkům. Mšice si tak medovicí platí mravenčí „bodyguardy“.

**► Nejsou to jen ostny (s. 46)**

U ježovek vyrůstají z destiček mezi ostny stopkovité pohyblivé panožky zvané pedicelárie, které se také podílejí na obraně proti predátorům. Některé mají na konci klíšťky, jimiž většinou odstraňují z povrchu těla ježovky různé nečistoty. Mohou ale také na těle přidržovat drobné předměty (lastury, kusy řas apod.), které pak slouží ježovce jako maskování. Jiný typ pedicelárií má na konci váček s jedem, jenž se při kontaktu uvolní, čímž predátora odradí.

**► Dokolečka dokola (s. 48)**

Máčka leopardí obývající mělká moře u Afriky předvádí při ohrožení na žraloka velmi neobvyklé chování. Díky ohebné páteři se stočí do kruhu, hlavu si chrání ploutvemi a ještě dokáže velmi rychle klesnout na dno, kde znehybní. Predátor je jednak zmaten, jednak ji považuje za mrtvou a ztratí o ni zájem.

**► Ryby v krabičce (s. 50)**

Kromě koníčků žijí na korálových útesech další obrněnci – havýši. Zdánlivě roztomilé a neškodné rybky se dovedou účinně bránit. Jednak se v ohrožení obklopí jedovatým slizem, jednak mají tělo chráněné tvrdými kostěnými štíty, takže trochu připomínají barevnou krabičku s otvory pro oči, drobná ústa a ploutve.

[Tetrosomus gibbosus Pyramiden Kofferfisch](#)

**► Ropušnice není ropucha (s. 51)**

Ropušnice jsou samotářské mořské ryby, které připomínají ropuchy zavalitým tělem a hlavně velkými ústy. Některé mají podobně jako ropuchy na těle různé hrbolky, jiné spoustu ostrých trnů, zvláště na hlavě. Díky těmto výrůstkům se maskují na mořském

dně. Na těle mají poměrně velké a tvrdé šupiny a kromě toho používají při obraně paprsky nejen ve hřbetní a řitní ploutvi, ale také v břišních ploutvích, kterými vpraví do těla útočnicka silný jed.

[Scorfano rosso Scorpaena scrofa Red scorpionfish intotheblue.it](https://www.scorfano.rosso.it/Scorpaena-scrofa-Red-scorpionfish-intotheblue.it)

#### ► Máme nabito (s. 53)

Elektrické paryby a ryby mohou uštvědit opravdu silnou ránu, jak o tom svědčí tyto údaje o napětí, které v jejich elektrických orgánech vzniká:

- paúhoř *Electrophorus voltai* – až 850 V
- parejnok elektrický – až 650 V
- pasumec elektrický – až 350 V
- napětí v běžné zásuvce – 230 V

#### ► Tvrdohlavá žába (s. 54)

Rosnička Greeningova, která žije v brazilském tropickém lese, je doslova tvrdohlavá. Má totiž hlavu opatřenou pancířem – zkostnatělá kůže je pevně srostlá s lebkou. Před blížícím se predátorem zacouvá rychle do nejbližší skuliny a její vchod uzavře hlavou jako zátkou. Protože má navíc na hlavě shluky ostrých trnů a hrbolků, pod nimiž se ukrývají jedové žlázy, je tato obrana více než účinná.



Obr. 109: Jed rosničky Greeningovy je dvakrát silnější než jed hada křovináře.

#### ► Dokonalé maskování (s. 55)

Pablatnice nosatá se ve dne zdržuje na zemi v tropickém lese v jihovýchodní Asii. Sedí úplně nehybně, a tak díky zbarvení a plochým výrůstkům na kůži napodobuje spadané listy.



Obr. 110: Najděte dvě pablatnice.

► **Malá, ale nebezpečná** (s. 55)

Jed pralesničky strašné, která je považována za nejjedovatější druh žáby vůbec, je tak silný, že jeden miligram (což je obvyklé množství jedu jedné žabky) může zabít 10–20 lidí. Domorodí indiáni přesto používají žabí sekret k výrobě otrávených šípů pro lov zvěře. Jed získaný z jediné žáby stačí k namočení konečků 40 šípů. Zasažené zvíře je otráveno, ale není nejedlé.

► **Dvojí strategie** (s. 60)

Rychlým útekem po zadních nohou se snaží uniknout predátorovi nejen bazilišek, ale i další druhy leguánů nebo agam, například agama límcová. Nejdřív se ale snaží zastrašit útočníka tím, že prudce roztáhne kožní límec za hlavou, který je jinak složený u těla. Nejenže najednou vypadá mnohem větší, ale přidá ještě hrozivě otevřenou tlamu a hlasitě syčí.



Obr. 111: Agama límcová ve výstražném postoji ►

► **Místo zlomu** (s. 61)

Princip odlomení ocasu je v zásadě dvojitý. První možností je, že se přímo v těle obratlů nachází „slabé“ místo, takzvaná lomová destička, kde se obratel rozlomí. To se děje u většiny plazů schopných autotomie. Ocas pak regeneruje, pokud ovšem nedojde k velkému poškození obratle včetně destičky. V takovém případě se stává, že z místa odlomení vyrostou více náhradních ocasů, rekordně jich bylo zaznamenáno sedm. Druhá možnost spočívá v oddělení ocasu mezi dvěma obratli, jak je tomu například u leguánů nebo agam. V takovém případě ocas znovu nedoroste.

► **Jak se mění chameleon** (s. 61)

Se schopností barvoměny jste se seznámili v textu o hlavonožcích. V případě chameleonů je ale princip trochu jiný. V pokožce mají nejen buňky s barvivy (chromatofory), ale také takzvané iridiofory. Ty neobsahují barvivo, ale jsou schopné odrážet světlo různé vlnové délky podle toho, jak chameleon stahuje či uvolňuje kůži. Když se k sobě iridiofory přiblíží, odrážejí modré a zelené světlo, když se oddálí,

odrážejí červené, oranžové a žluté světlo. Další odstíny vznikají kombinací světla odraženého iridiofory s barvivy v chromatoforech.

### ► Užitečný jed (s. 61)

Korovci rozhodně nejsou žádní přeborníci v rychlém běhu. Když už je predátor objeví, snaží se nejprve vyšplhat někam do výšky, a když to nejde, pokoušejí se ho nejdřív zastrašit – rozevírají široce tlamu, aby předvedli své „zbraně“, a výhružně syčí. Teprve úplně nakonec, když nemají možnost útěku a predátor je neodbytný, uchýlí se ke kousnutí. V obou dolních čelistech mají několik jedových žláz a jed vytéká rýhou na povrchu čtyř párů zubů. Korovci dokážou stisknout opravdu silně a často urputně drží, dokonce opakovaně „přežvykují“. Jejich jed je působením přirovnáván k jedu chřestýše a není znám žádný protijed.

Podobně jako v případě mnoha jiných organismů včetně rostlin je i jed korovců využíván k přípravě léků. Skutečnost, že lidem způsobuje tento jed silnou bolest, zánět a další závažné příznaky, vedl vědce ke zkoumání složení korovcových slin. Zjistili, že obsahují hormon, který se svým složením podobá lidskému hormonu odpovědnému za zvýšenou tvorbu inzulínu, jehož nedostatek je příčinou cukrovky (diabetu) typu 2. To vedlo k vývoji léku, který pomáhá toto závažné a stále častější onemocnění léčit.

### ► Chřestýš bez chřestidla (s. 62)

Chřestýši jsou vejcoživorodí, což znamená, že mláďata se líhnou z vajec ve chvíli, kdy je samice klade, nebo těsně po naklazení. Právě narozený chřestýš ještě chřestidlo nemá, jen jakýsi knoflík na konci ocásku. Hadi čas od času svlékají pokožku, což pochopitelně platí i pro chřestýše. Při každém svlékání přiroste jeden článek chřestidla, ale ne do nekonečna. Starší články se mohou rozpadnout nebo poškodit, a tak dospělý chřestýš mívá obvykle 8–10 článků.

Jak funguje chřestidlo a jak vypadá uvnitř, uvidíte v tomto videu:

[Look Inside a Rattlesnake's Rattle | Deep Look \(youtube.com\)](#)

Je sice anglicky, ale vlastně komentář nepotřebuje.

### ► Kdo je nejrychlejší (s. 66)

Z běžců je nejrychlejší africký pštros dvouprstý – dosahuje rychlosti i více než 70 km/h a vydrží takto běžet až půl hodiny. Při běhu má hlavu zvednutou a křídla



mírně odtažená od těla, což mu pomáhá při náhlé změně směru. Nanduové z Jižní Ameriky běhají podobně jako pštrosi, jen o něco pomaleji – byla jim naměřena nejvyšší rychlost kolem 65 km/h. Třetím v pořadí je emu hnědý z Austrálie. Natáhne krk dopředu, celý se jakoby přikrčí a vyvine rychlost až 60 km/h. Neběhá přímo, ale v plné rychlosti prudce kličkuje, což je velmi účinná taktika hlavně vůči orlům útočícím shora.

#### ► Mistři v ukrývání (s. 66)

Pět druhů kiviů a také papoušek kakapo soví žijí na Novém Zélandu. [The Strangest Parrot in the World | Modern Dinosaurs](#) Ke zdejší ptačí fauně patří i nelétaví ptáci z řádu krátkokřídlých – chřástal weka a slípka takahe. Podobně jako kiviové nebo kakapo jsou i tyto dva druhy mistry v ukrývání. Oba se zdržují v hustém podrostu nebo v jeho blízkosti a mají tomu odpovídající zbarvení. Slípka obývající mokřady zarostlé trávou je zeleno-modrá. Weka žije v různých typech lesů, křovin i v písečných dunách, a tak má peří v odstínech hnědé, rezavé, béžové a černé.

#### ► Sprintující kukačka (s. 66)

Kukačka kohoutí ze Severní Ameriky je velmi zdatný běžec. Jakmile spatří například kojota, natáhne krk a hlavu před sebe a dlouhým ocasem udržuje rovnováhu a kormidluje, když prudce mění směr – je schopna bez ztráty rychlosti zabočit v pravém úhlu. Má dlouhé a silné nohy, díky nimž vyvine rychlost až 40 km/h a vydrží tak běžet poměrně dlouho. Ovšem před chřestýšem neutíká, naopak ho dokonce dokáže i ulovit.

[\(86\) Roadrunner 26 mph - YouTube](#)

#### ► Oči na křídlech (s. 70)

Slunatce nádherný je nevelký obyvatel jihoamerických mokřadů. Běžně uniká pozornosti, protože má nevýrazné zbarvení a pohybuje se pomalu, jako by se plížil. Je-li však ohrožen, přikrčí se a prudce roztáhne křídla. Má na nich výrazné skvrny v podobě falešných očí. Je to natolik překvapivé, že tím často predátora úspěšně odradí od okamžitého



útočce, což mu poskytne dost času na to, aby zmizel v podrostu.

Obr. 112: Slunáček ve výstražném postoji

### ► **Sova, nebo had?** (s. 71)

Mláďata sýčka králičího z Ameriky se brání velmi neobvykle. Když se rodiče vydají shánět potravu, zůstanou v hnízdě v podzemní noře. Když se na ně dobývá například kojot, stáhnou se a začnou vydávat zvuky, které se nápadně podobají chřestění rozčileného chřestýše. Málokterá šelma si troufne vniknout naslepo do tmavé dutiny, v níž by se opravdu mohl had ukrývat.

[BURROWING OWL sounds \(ATHENE CUNICULARIA\). Feeling threatened. Goes out in defense of its territory.](#)

### ► **Obrana za letu** (s. 71)

Orli i někteří další dravci se proti jiným ptákům brání údery nohama. Jak dobře víte, mají ostré zahnuté drápy – spolu s prsty je označujeme jako spáry. Když na orla zaútočí jiný dravec, obrátí se ve vzduchu hřbetem dolů a nastaví mu napjaté nohy se široce roztaženými prsty, takže jsou drápy připravené k obraně. Soupeři se vzájemně chytí spáry a v tomto sevření klesají, dokud se jeden z nich nepustí. Při tom brzdí pád máváním křídel.

### ► **Smrdutí rackové** (s. 72)

Buňákům se v angličtině říká fulmars. Je to slovo norského původu a znamená „smrdutý racek“, i když buňáci nejsou s racky nijak blízce příbuzní. Nepříjemný pach kolem sebe šíří nejen dospělí ptáci i mláďata, ale dokonce i jejich vejce. Je natolik urputný, že vejce v muzejních sbírkách páchnou i po několika letech.

### ► **Plavající mláďata** (s. 72)

Mláďata hoacinů sice nepáchnou tolik jako dospělí ptáci, ale brání se jinak. Sedí v hnízdě umístěném na větvi přesahující nad vodní hladinu. Jakmile uvidí hada nebo jiného predátora, bez zaváhání skočí do vody. Dovedou dobře plavat, ale využijí toho jen k tomu, že jakmile nebezpečí pomine, vrátí se ke svému stromu. Pak se pomocí ostrých drápů na nohou, a dokonce i na křídlech, vyšplhají zpět.



### ► Pozor, budu zvracet (s. 72)

Kondor krocanovitý se stejně jako jiné druhy kondorů živí zdechlinami. Když najde zdroj potravy, nacpe se tak říkajíc k prasknutí. V případě, že se cítí ohrožen, však obsah rozměrného volete prudce vyvrhne. Jistě si dovedete představit, jak odporný to je puch. Nehledě na to, že částečně natrávené, již předtím hnijící maso, je jedovaté. Tato obrana je sama o sobě účinná, ale má ještě další výhodu: kondor je tak rázem o hodně lehčí a může hbitě odlétnout, což by s plným žaludkem asi nezvládl.

### ► Chytrá kukačka (s. 73)

Kukačka rezavobřichá z jihoamerických lesů vydává v ohrožení klapavé zvuky, které se podobají zvukům, jež vydávají pekariové (vzdálení příbuzní prasat), když při hrozbě cvakají zuby. Protože pekariové se neváhají bránit ostrými špičáky, zvuky vydávané kukačkou takřka vždy predátora odradí.

### ► Vybíravý zajíc (s. 74)

Zajíci mění úkryt podle ročního období. Vybírají si místa, kde je okolní porost vyšší než 30 cm, v němž jsou schovaní, i když se vztyčí. Proto se od jara do podzimu zdržují na loukách, případně v polích, zatímco na zimu se uchylují na okraje lesů s porostem křovin.

Při běhu díky pružné páteři a dlouhým zadním nohám, které při běhu zajíc klade před přední, docílí rychlosti až 70 km/h. Při návratu do úkrytu dává pozor, odkud vane vítr, a pak se stočí tak, aby byl od predátora po větru a on ho nemohl sledovat podle pachu.

**► Proč nejsou savci zelení? (s. 74)**

Zamysleli jste se někdy nad tím, že savci jsou jedinou skupinou živočichů, v níž nenajdeme jediného zástupce s vysloveně zeleným zbarvením, i když mnozí žijí v trávě či v korunách stromů? Výjimkou jsou někteří lenochodi, ale o tom se dovíte v další zajímavosti. Vysvětlení je poměrně jednoduché: většina savců má tělo porostlé srstí a chlupy jsou buď duté a bezbarvé (pak se srst jeví bílá), nebo obsahují pouze dva typy barviv. Jeden typ způsobuje černé a hnědé zbarvení, druhý žluté nebo červené až oranžové. Ani smícháním těchto barev nezískáte jasně zelenou, jakou znáte třeba u kobylek, rosniček nebo papoušků.

**► Lenochodi, motýli a řasy (s. 75)**

Příčinou zeleného zbarvení srsti tříprstých lenochodů nejsou barviva, ale podivuhodné soužití lenochodů, drobných nočních motýlků a mikroskopických zelených řas. Když lenochod jednou týdně sestoupí na zem, aby se vyprázdnil, využijí toho motýlci a nakladou na trus vajíčka. Housenky se živí trusem, a jakmile se vylíhnou dospělci, vylétnou na strom a svého lenochoda si najdou. Lenochod tak má stálý přísun svých okřídlených hostů. Motýlci jsou totiž pro něj důležití, protože vylučují dusíkaté látky, které jsou důležité pro růst řas. Ty jsou usazené v drobnoučkých prasklinkách a rýhách na povrchu lenochodích chlupů, a protože obsahují chlorofyl, dodávají jim zelenavý nádech. Lenochodi řasy olizují, protože ty obsahují látky, jimiž si doplňují jinak energeticky velmi chudý jídelníček (živí se prakticky jen listy).

A proč právě tříprstí lenochodi? Protože jen čtyři druhy tříprstých lenochodů odkládají trus na zem pod strom, zatímco oba druhy dvouprstých lenochodů se vyprazdňují na stromech. Je to záhada? Ani ne. Zatímco tříprstí lenochodi jsou výhradně býložraví, takže je pro ně obohacení potravy o látky obsažené v řasách velice důležité, jsou dvouprstí lenochodi všežravci a jejich jídelníček je tedy mnohem pestřejší. Však také v jejich srsti tolik motýlků, a tudíž ani řas, nežije.

**► Préríjní superběžec (s. 75)**

Vidloroh by si nepochybně zasloužil mezi všemi kopytníky zlatou medaili za rychlý vytrvalostní běh. Jeho domovinou jsou rozlehlé severoamerické prerie, kde musí čelit mnoha predátorům, například kojotům. Jakmile některého zahlédne, rozeběhne se rychlostí kolem 40 km/h. Jestliže ho však predátor překvapí, naježí dlouhé bílé chlupy

u kořene ocasu, čímž varuje ostatní vidlorohy. Poté zrychlí až na 95 km/h a touto rychlostí vydrží běžet i 15 km. Není to jen tak obyčejný cval, ale sled skoků dlouhých 3–6 m. Odrazovým můstkem jsou silné zadní nohy.

#### [Pronghorns: The American Sprinter Born To Race Cheetahs](#)

Pomocí dlouhých skoků dosahuje vysoké rychlosti mnoho dalších sudokopytníků. Antilopa skákavá z africké savany se ale při skoku nenatáhne do délky, jako vidloroh či srnec, ale naopak vyhrbí hřbet. Tím se jí vzadu na hřbetě rozevře kožní řasa a odhalí dlouhé bílé chlupy, které jsou dobře viditelné na dálku. Je to obdoba signálu, který vysílá vidloroh.

#### [Springbok pronking](#)

#### ► Když klokan neskáče (s. 76)

Když klokan zrovna neprchá, pohybuje se kratšími přískoky po všech čtyřech. Jeho běžná cestovní rychlost je v tomto případě průměrně 15–20 km/h. Způsob pohybu stepních klokanů jim neumožňuje couvat.

Kromě stepních (lépe řečeno pozemních) klokanů existují i druhy přizpůsobené životu na stromech. Tito stromoví klokaní na zemi poskakují podobně jako jejich příbuzní, ale ve větvích dovedou obratně šplhat a přeskakovat mezi stromy vzdálenost až 9 m. Mají silné přední a kratší zadní nohy a na chodidlech pružné polštářky. Jako obranu proti predátorům využívají hlavně krycí zbarvení a rychlý útěk.

#### ► Chlupatí plachtaři (s. 77)

Podobně jako poletušky dokážou plachtit i další savci. Letuchy představují samostatný řád zastoupený jen dvěma druhy žijícími v jihovýchodní Asii.



Obr. 113: Vakoveverka patří mezi vačnatce. ►

Někteří „plachtaři“ jsou skutečnými mistry ve svém oboru. Posudte sami.

Vakoveverka žlutobřichá (celková délka 75 cm) – dolet 120 m

Vakoveverka létavá (celková délka 30 cm) – dolet až 50 m

Poletuška slovanská (celková délka 17 cm) – dolet až 40 m

Poletucha velká (celková délka až 118 cm) – dolet 100 m

Letucha filipínská (celková délka 15 cm) – dolet 130 m

### ► Skok vysoký (s. 78)

Delfíni dokážou kosatkám uniknout i výskokem do výšky. Přeborníkem je delfín dlouholebý. Nejprve prudce klesne do hloubky a pak zamíří k hladině, přičemž se začne otáčet kolem své osy. Tím získá potřebnou energii, která překoná odpor vody při cestě vzhůru.

Obr. 114: Jakmile delfín prorazí hladinu, odpor zmizí a delfín se dokáže vymrštit kolmo vzhůru až 3 m vysoko.



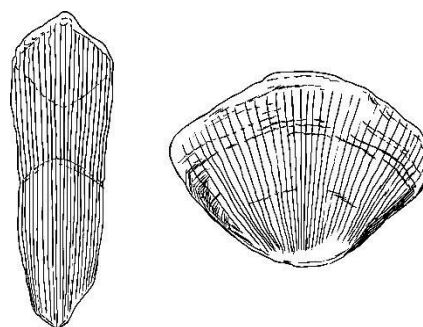
### ► Medojed a kobra (s. 79)

Až čtvrtinu jídelníčku medojeda tvoří hadi včetně těch jedovatých. Je totiž proti jejich jedu zčásti imunní. Některé látky v jeho těle brání jedu proniknout do buněk, které by jinak přenášely do mozku zprávu, že má tělo „vypnout“. Jed kobry tak medojeda sice na chvíli zpomalí, ale nezabije. Po několika hodinách je opět v plné formě. Podobný mechanismus obrany před jedovatými živočichy se vyvinul také u dalších savců, jako jsou mangusty nebo ježci.

### ► Luskouní šupiny (s. 80)

Rýhovaný povrch šupin luskounů inspiroval vědce k vylepšení skalpelu. Když ho napodobili, projížděl skalpel tkáněmi mnohem lépe, protože se na jeho povrch nelepily. Bohužel, právě šupiny se staly luskounům, kteří žijí v Asii a v Africe, osudnými. Místní obyvatelé jim přisuzují zázračné vlastnosti, a tak loví luskouny ve velkém. Všech osm druhů, které dnes žijí, je v Červeném seznamu ohrožených druhů zařazeno do nejvyšších kategorií jako zranitelní, ohrožení, nebo dokonce kriticky ohrožení.

Obr. 115: Luskouni mají dva typy šupin. ►



### ► Mořský jednorozec (s. 81)

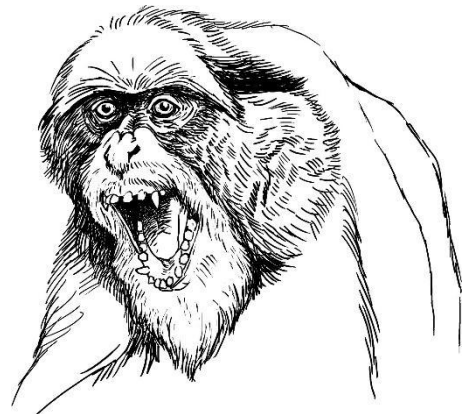
Narval patří mezi kytovce. Jeho „roh“ ale není vůbec roh, nýbrž zub! Mají ho jen samci a je to levý horní špičák, který prorůstá kůží a postupně se stáčí. Druhý špičák je sice vyvinutý, ale většinou se vůbec z čelisti neprořizne (u samic jsou takto krátké oba). Ačkoliv zub narvala vypadá hrozně, neslouží jako zbraň, jak se dříve myslelo. Je to nejspíš druhotný pohlavní znak (něco jako parohy u samců jelenů) a kromě toho jde o orgán vnímající změny prostředí i přítomnost kořisti.



Obr. 116: Zub může být dlouhý až 3 m

► **Opravdu se nesměju** (s. 81)

Mnozí primáti mají ostré špičáky, které jsou zvláště dlouhé u samců. Když se cítí ohroženi, ohrnou pysky a předvedou útočníkovi zuby, aby ho zastrašili. Když to nepomůže, zaútočí a kousnou.



Obr. 117: Útočná hrozba kočkodana Brazzova

► **Zuby místo parohů – i ty falešné** (s. 82)

Parohy mohou mít nejrůznější tvar a velikost. Mohutnými parohy je proslulý největší zástupce jelenovitých, los. Mají často lopatovitý tvar a váží až 35 kg. Prapředkové jelenovitých měli parohy poměrně měkké a používali je zřejmě hlavně k označování svého území, protože parohy zanechávaly pachovou stopu. Jejich hlavní zbraní byly podobně jako u dnes žijícího srnčíka dlouhé horní špičáky. Při zastrašování soka zvedá srnčík hlavu, aby byly vyčnívající zuby dobře patrné. Je zajímavé, že i současní jeleni mají bílou „bradu“ a černé skvrny, které původní „zbraně“ jejich předchůdců vzdáleně opticky připomínají. Jsou dobře patrné při imponování, kdy zvedají hlavu podobně jako srnčiči.

## 9. ZDROJE – textová část

Altmann, Antonín (1984): Mořská fauna a flóra. Albatros, Praha.

Kůrka Antonín, Milan Řezáč, Rudolf Macek, Jan Dolanský (2015): Pavouci České republiky, Academia Praha, ISBN 978-80-200-2384-1

Attenborough David (1996): Soukromý život rostlin. Columbus, Praha, ISBN 80-85928-24-8

Balážová Alena, Vojtěch Baláž, Jan Černý, Albert František Damaška, Jaroslav Nunvář, Michal Ptáček, Petr Šíma (2020): Přípravný text BiO 2019–2020, Nepřítel se nelekejte, na množství nehleďte

Baum Jiří (1938): V říši pavouků. Vesmír, Praha

Birkhead a kol. (1998): Soukromí živočichů. Reader's Digest Výběr spol. s r. o., Praha. ISBN 80-86196-02-X

Campbell Neil A., J. Reece (2006): Biologie. Computer Press, a. s., Brno. ISBN 80-251-1178-4

Clause AR, Capaldi EA. (2006): Caudal autotomy and regeneration in lizards. J. Exp. Zool. 305A: 965–973.

Cooke Fred a kol. (2006): Zvířata. Ottovo nakladatelství, Praha. ISBN 80-7360-388-8

Dobroruka Luděk J., Václav Cílek, František Hasch a Zuzana Storchová (1999): Přírodopis I. Scientia, Praha. ISBN 80-7183-168-9



- Dobroruková Jana, Luděk J. Dobroruka (2001): Malá tajemství přírody. Albatros, Praha. ISBN 80-00-00952-8
- Frits W. Went. (1979): Rostliny. Mladá fronta, Praha
- Hanzák Jan, Josef Moucha a Jiří Zahradník (1973): Světem zvířat, V. díl, 2. část, Bezobratlí. Albatros, Praha
- Hanzák Jan, Ladislav Halík a Marie Mikulová (1973): Světem zvířat, V. díl, 1. část, Bezobratlí. Albatros, Praha
- Howard I. Browman, Silke Kruse, W. John O'Brien (1989): Foraging behavior of the predaceous cladoceran, *Leptodora kindtii*, and escape responses of their prey. *Journal of Plankton Research*, Volume 11, Issue 5, Pages 1075–1088, dostupné z: <https://doi.org/10.1093/plankt/11.5.1075>
- Kůrka Antonín a Václav Pflieger (1984): Jedovatí živočichové. Academia, Praha
- Lang Jaroslav, Oldřich Pravda, Jaromír Doskočil a Karel Hůrka (1971): Zoologie, 1. díl. SPN, Praha:
- Lorencová Klára, Eva Novozámská, Jarmila Skružná: Ďáblova zahrádka. Botanická zahrada HMP, Praha. ISBN 978-80-88312-15-4
- Macek Jan (2001): Svět zvířat XI, Bezobratlí (2). Albatros, Praha. ISBN 80-00-00884-X
- Morris R. (1989): Zázraky a tajemství v přírodě. Obzor, Bratislava. ISBN 80-215-0209-6
- Motyčka Vladimír, Zdeněk Roller (2001): Svět zvířat X, Bezobratlí (1). Albatros, Praha. ISBN 80-00-00918-8
- Petrusek Adam (2011): Nahožábří plži – zrádně pestré klenoty světových moří. *Vesmír* 90, s. 32
- Pflieger Václav (1988): Měkkýši. Artia, Praha
- Richard C. Brusca & Gary J. Brusca (2003): *Invertebrates* (2nd ed.), Sinauer Associates, Sunderland Massachusetts: [ISBN 978-0-87893-097-5](https://doi.org/10.1007/978-0-87893-097-5).
- Stewart Amy (2011): Zlé rostliny a další botanická zvěrstva. Grada, Praha. ISBN 978-80-247-3936-6
- Veselovský Zdeněk (1992): Chováme se jako zvířata? Panorama, Praha. ISBN 80-7038-240-6
- Votýpka Jan, Vlado Varga, Michal Varga (2004): Přípravný text BiO 2003–2004, Parazitismus.
- Lidské tělo, Gemini Limited, Bratislava 1992, ISBN 80-85265-3-3

[Cnidocyte - Wikipedia](#)

[Ocellaris clownfish - Wikipedia](#)

[Mollusc shell - Wikipedia](#)

[Cone snail - Wikipedia](#)

[Cephalopod - Wikipedia](#)

[Cephalopod ink - Wikipedia](#)

[Tarantula - Wikipedia](#) <https://en.wikipedia.org/wiki/Tarantula>

[Stonožkovci – Wikipedie \(wikipedia.org\)](#) <https://cs.wikipedia.org/wiki/Stonožkovci>

[Trade-off – Wikipedie \(wikipedia.org\)](#)

[Centipede - Wikipedia](#)

[Millipede - Wikipedia](#) <https://en.wikipedia.org/wiki/Millipede>

[Flea - Wikipedia](#)

[Resilin - Wikipedia](#)

[Crown-of-thorns starfish - Wikipedia](#)

[https://ecampusontario.pressbooks.pub/app/uploads/sites/4322/2019/07/1900\\_Blood\\_cells-1536x1011.jpg](https://ecampusontario.pressbooks.pub/app/uploads/sites/4322/2019/07/1900_Blood_cells-1536x1011.jpg)

[https://videos.pond5.com/white-blood-cells-swallowing-coronavirus-footage-146509194\\_main\\_xxl.mp4](https://videos.pond5.com/white-blood-cells-swallowing-coronavirus-footage-146509194_main_xxl.mp4)

[https://earimediaproduct.azurewebsites.net/Api/v1/Multimedia/99fc0c8b-f2a8-4ec2-8c34-b61ea3cc7b95/Rendition/low-res/Content/Publicsharp ribbed newt \(froglife.org\)](https://earimediaproduct.azurewebsites.net/Api/v1/Multimedia/99fc0c8b-f2a8-4ec2-8c34-b61ea3cc7b95/Rendition/low-res/Content/Publicsharp%20ribbed%20newt%20(froglife.org))

[Frogs Use Brains or Camouflage to Evade Predators | Lab Manager](#)

[How Fast Are Frogs? \(It's Surprising\) \(toadsnfrogs.com\)](#)

[NATTERER'S EYED FROG Eupemphix nattereri FAUNA PARAGUAY](#)

[Autotomy and Regeneration in Squamate Reptiles \(Squamata, Reptilia\): Defensive Behavior Strategies and Morphological Characteristics \(Using Computer Microtomography Methods\) | Biology Bulletin \(springer.com\)](#)

[Rattlesnake Rattles | Missouri Department of Conservation \(mo.gov\)](#)

[Komodo dragon | Smithsonian's National Zoo and Conservation Biology Institute \(si.edu\)](#)

[Black Mamba, facts and photos \(nationalgeographic.com\)](#)

[Flying snakes depend on oscillating movement while airborne - ASME](#)

[Survival 101: Mimicry in Snakes - Wildlife SOS](#)

[Defense and escape behavior of tree dwelling chameleons – Madcham.de](#)

[\(9\) Why haven't animals larger than the chameleon and octopus evolved to develop camouflage? - Quora](#)

[Gila Monster | San Diego Zoo Animals & Plants](#)

[venom of Heloderma lizard](#)

[Gila monster: meet the lizard whose venomous bite is saving lives | Natural History Museum \(nhm.ac.uk\)](#)

[Venomous Snake FAQs \(ufl.edu\)](#)

[\(PDF\) toxins Current Knowledge on Snake Dry Bites \(researchgate.net\)](#)

[https://www.nwf.org/kids/family-fun/outdoor-activities/~/\\_media/6D0C444344D14A66A76EA95E7CA6E975.ashx](https://www.nwf.org/kids/family-fun/outdoor-activities/~/_media/6D0C444344D14A66A76EA95E7CA6E975.ashx)

[Context-dependent social benefits drive cooperative predator defense in a bird - ScienceDirect](#)

[The Golden Plover is a bird that hatch with the power of camouflage fully activated. These fluffy birds match the mossy Arctic nesting site perfectly. : r/NatureIsFuckingLit \(reddit.com\)](#)

[www.shutterstock.com/image-photo/camouflage-bird-woodcock-brown-dry-leaves-1556362148](http://www.shutterstock.com/image-photo/camouflage-bird-woodcock-brown-dry-leaves-1556362148)

[How to be invisible | New Zealand Geographic \(nzgeo.com\)](#)

[18 Birds That Can Camouflage Really Well - Sonoma Birding](#)

[These Amazing Images Show How Good Bird Camouflage Can Be | Audubon](#)

[10 Birds With Truly Odd Defenses - Listverse](#)

[Weka | New Zealand Birds Online \(nzbirdsonline.org.nz\)](#)

[www.casopisveronica.cz/clanek.php?id=1550](http://www.casopisveronica.cz/clanek.php?id=1550)

[Pygmy-Owls' False Eyes | BirdNote](#)

[Hooded pitohui, one of the world's only toxic birds - Australian Geographic](#)

[Bird in the Spotlight: Hooded Pitohui \(birdpartners.org\)](#)

[Mezidruhový význam varovných volání- kdo má hlavní slovo? - AVIFAUNA - Český online magazín o ptácích](#)

[NEW rufous Vented Ground Cuckoo Bird Call Rare and ly Seen \(youtube.com\)](#)

[Best defense tactics of animals around the world \(naturesafariindia.com\)](#)

[Sloths Wearing of the Green | Curious Sengi \(wordpress.com\)](#)

[veined octopus - Hledat Googlem](#)

<https://animaldiversity.org>

[HOW ANIMALS RUN \(originalwisdom.com\)](https://www.originalwisdom.com)

[9 Interesting platypus facts | WWF-Australia | 9 Interesting platypus facts | WWF Australia](#)

[How a Curious Mammal Evolved Its Venom - The New York Times \(nytimes.com\)](#)

[Blarina toxin, a mammalian lethal venom from the short-tailed shrew Blarina brevicauda: Isolation and characterization | PNAS](#)

[Pronghorn \(ultimateungulate.com\)](#)

[predator-and-prey-adaptations.pdf \(royalsaskmuseum.ca\)](#)

[Bats tell predators to 'buzz off' — literally | Live Science](#)

[Acoustic mimicry in a predator–prey interaction | PNAS](#)

[11 Kangaroo Facts That Will Amaze You \(worldanimalprotection.us\)](#)

[Tree Kangaroo: Predator-Prey Interactions, Fights, and Aggressive Behaviors | Animal Matchup](#)

[\(16\) How do seals protect themselves from sharks? - Marine Wildlife - Quora](#)

[Honey badgers: Adorable but fierce little mammals | Live Science](#)

[Snake Dentition - Whole Earth Education](#)

[The Truth About Porcupine Projectiles \(massaudubon.org\)](#)

## ZDROJE – obrázky

archiv Ivo Králíčka: 2, 4 oba, 5 oba, 8, 11, 12, 14, 16 oba, 36 oba, 37 všechny, 107

Ivana Hanzlíková (archiv Zoo Praha): 9, 10oba, 19–22, 25–28, 31, 34, 39,43–45, 46

oba, 47 oba, 49–51, 53, 55, 56, 58–63, 64 oba, 65 všechny, 66–68, 69 oba, 70–73,

74 oba, 75–81, 82 oba, 83–86, 87 oba, 88–92, 93 oba, 94 oba, 105, 109, 113–117,

komiks str. 115

[www.botanickafotogalerie.cz](http://www.botanickafotogalerie.cz): 6, 7

Kozáková 40, 41

Zuzana Dostálová 99–103

Veronika Francová 96–98

wikimedia commons:

1 (AnemoneProjections cc-by-sa 2.0), 3 (vlevo – Andrew-Butko CC-BY-SA-3.0,

vpravo – Alpsdake CC-BY-SA 4.0), 13 (Stefan.Iefnaer CC-BY-SA 3.0), 15 (Isidre

blanc CC-BY-SA 4.0), 17 (MurielBendel CC-BY-SA 4.0) – oba, 18 (Franz Xaver

GFDL CC-BY-SA, GeXeS CC-BY-SA 4.0), 21 (Trinitri14045 CC-BY-SA-4.0), 23 (Tom

Meijer - Own work, CC BY-SA 3.0), 24 (Profberger CC BY 2.5; Chris 73 CC BY-SA

3.0), 29 (Olei – Self-published work by Olei, CC BY-SA 3.0), 30 (Fritz Geller-Grimm -

Own work, CC BY-SA 2.5), 32 (Cumming RT, Thurman JH, Youngdale S, Tirant SL

CC BY 4.0), 33 (Alvesgaspar – Vlastní dílo, CC BY-SA 3.0), 35 (Tlust'a – Vlastní dílo,

Volné dílo), 36 (Sarefo – Vlastní dílo, CC BY-SA 3.0), 42 (Kräkeboller CC BY-SA 2.5),

52 (Flock of fish in the sea Stock Photo 02 free download), 111 (Jacopo Werther CC

BY-SA 2.0), 57 (Felipe Gomes CC BY-SA 2.5), 108 (Sailko CC-BY-3.0), 95 (Ghillie  
Suit Construction Part 1 | Crosswind Precision), 109 (Cortoguy646 CC0 1.0)

Daniel Kolečka 54

106 –

<https://www.facebook.com/photo/?fbid=394664902669862&set=pcb.3946649560031>

90