

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních
zdrojů

Katedra obecné zootechniky a etologie



Antipredační chování obratlovců

Bakalářská práce

Autor práce: Lada Procházková

Vedoucí práce: doc. Ing. Lukáš Jebavý, CSc.

2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma antipredační chování obratlovců vypracoval(a) samostatně a použil(a) jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Praze dne: podpis autora práce.....

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat svému vedoucímu doc. Ing. Lukáši Jebavému, Csc. za pomoc, cenné rady a odborné vedení mé bakalářské práce.

Antipredační chování obratlovců

Souhrn

Práce se zabývá obrannými mechanismy a strategiemi obratlovců. Cílem práce je shromáždit informace o antipredačním chování z možných dostupných zdrojů a vytvořit celkový souhrn informací o daném tématu. Pojednání seznamuje s podkmenem obratlovců (Vertebrata), vymezuje pojem predace a stručně popisuje nejdůležitější smysly a zbraně predátorů pro lov kořisti.

Hlavní součástí pojednání je samotné antipredační chování. Zabývá se preventivním obranným chováním, sloužícím k lokalizaci okolí a včasnému odhalení predátora. Dále aktivní obranou, která zahrnuje nejrozličnější obranné mechanismy a strategie jedinců nebo skupin živočichů. A v neposlední řadě popisuje obranu pasivní, zahrnující převážně maskovací nebo výstražné zbarvení.

Klíčová slova:

obránné chování, komunikace, signál, kořist, mimetické jevy, akineze, mutilace, obranné struktury

Antipredation behaviour in vertebrates

Summary

The work deals with the defense mechanism and strategies of vertebrates. The aim is to gather information of antipredatory behavior from possible available resources and create an overall summary of the topic. The work introduces sub-system vertebrates, defines the concept of predation and briefly describes the most important senses and weapon for hunting predator prey.

The main part of the treatise itself antipredatory behavior. It deals with pre-emptive defensive behavior, serving to locate area and early detection of a predator. In addition, active defense which includes a variety of defense mechanism and strategies for individual animal or groups of animals and finally describes a passive defense , which mainly involving masking or warning coloration.

Keywords:

defensive behavior, communication signal, prey, mimetic effects, akinesis, mutilation
defensive structures

Obsah

1	Úvod	3
2	Cíl práce	3
3	Obratlovci	3
3.1	Sliznatky a mihule	4
3.2	Paryby	4
3.3	Násadcoploutví (syn. nozdratí)	5
3.4	Paprskoploutví	5
3.5	Obojživelníci	6
3.6	Plazi	6
3.7	Ptáci	7
3.8	Savci	7
4	Antipredační chování	8
4.1	Predace	8
4.2	Predátor	8
5	Jištění	10
5.1	Komunikace	11
5.2	Signály	12
5.2.1	Optické signály	12
5.2.2	Akustické signály	13
5.2.3	Pachové signály	14
6	Aktivní obrana	15
6.1	Útěk	15
6.2	Zastrašování	17
6.3	Chemická obrana	20
6.4	Tanatóza (akineze)	23
6.5	Mutilace	25

6.6	Obranné struktury	26
6.7	Obranný význam živočišných společenstev	28
7	Pasivní obrana	30
7.1	Mimetické jevy	30
7.2	Kryptické zbarvení (kamoufláž)	31
7.2.1	Fytomimeze	32
7.2.2	Zoomimeze	33
7.2.3	Allomimeze	33
7.2.4	Kontrast stínu a světla	34
7.3	Sémantické zbarvení	34
7.3.1	Batesovské mimikry	35
7.3.2	Müllerovské mimikry	35
7.3.3	Mertensovské mimikry	36
8	Závěr	37
9	Seznam literatury	38

1 Úvod

Antipredační chování je jednou z nejdůležitějších evolučních strategií, bez které by většina živočichů neměla vůbec šanci přežít. Je to obranná nebo úniková reakce zvířete, které objeví a identifikuje svého predátora. V mnoha podobách se vyskytuje u různých druhů zvířat. Každé chování, které vede k redukci predace, zvyšuje fitness daného jedince.

Predátor je pro lov kořisti morfologicky i etologicky velmi dobře vybaven. Kořist musí být schopna těmto specializacím predátora čelit, což je poměrně náročný úkol. Musí jej nejprve správně identifikovat, potom bezchybně vyhodnotit nebezpečí, které hrozí jemu samotnému či jeho mláďatům a následně vybrat mezi řadou potenciálních reakcí tu nejlepší k vypořádání se s konkrétním druhem predátora. Jakákoliv chyba může vést k smrti jeho samotného nebo jeho potomků.

2 Cíl práce

Cílem práce je shromáždit informace o antipredačním chování z možných dostupných zdrojů a vytvořit celkový souhrn informací o daném tématu. Pro úplnost tématu je nutné stručně charakterizovat podkmen obratlovců, definovat pojem predace a seznámit se s predátory a jejich zbraněmi, aby bylo zřejmé, čemu všemu musí kořist čelit.

Hlavním cílem je popsat ochranné mechanismy a strategie, které zajišťují jak preventivní obranné chování, tak i aktivní či pasivní obranu a vše doplnit o příklady z volné přírody.

3 Obratlovci

Obratlovci jsou druhově nejbohatším podkmenem strunatců, v současnosti je popsáno přibližně 58 000 druhů (Kajan, 2006). Došlo u nich k vytvoření vnitřní chrupavčité nebo kostěné kostry. Jejich páteř je tvořena z obratlů a hlavová část je kryta lebkou. Základem nervové soustavy je nervová trubice, která se v hlavové části rozšiřuje v mozek. Cévní soustava je uzavřená, pohyb krve zajišťuje srdce v systému tepen, žil a vlásečnic. Vylučovacími orgány jsou párové ledviny, jejichž základní funkční jednotkou je nefron. Trávicí soustava se člení na několik specializovaných částí. Dýchacím ústrojím jsou u vodních obratlovců žábry, u suchozemských a sekundárně vodních druhů plic. Vícevrstevná pokožka je většinou kryta různými útvary (např. šupiny, peří, srst), ale některé druhy ryb a obojživelníků mohou mít pokožku úplně holou. Obratlovci jsou téměř bez výjimky odděleného pohlaví, u vodních druhů je častější vnější oplození, s přechodem na souš se vyvinulo oplození vnitřní (Anon., 2012).

Podkmen obratlovců se dělí do dvou nadtříd: bezčelistnatci (Agnatha) – třídy: sliznatky (Myxini), mihule (Petromyzontes) – a čelistnatci (Gnathostomata) – třídy: paryby (Chondrichthyes), násadcoploutví (Brachiopterygii), paprskoploutví (Actinopterygii), obojživelníci (Amphibia), plazi (Reptilia), ptáci (Aves), savci (Mammalia).

3.1 Sliznatky a mihule

Sliznatky a mihule jsou dnes jediné dvě žijící třídy skupiny bezčelistnatců, v současné době zahrnují pouze 2 řády, které čítají okolo 100 druhů. První bezčelistnatci se objevili přibližně před 500 miliony let, z nichž většina vyhynula asi před 360 miliony let (Kajan, 2006).

Jsou to obratlovci bez čelistí. Pravé ploutve se u nich téměř nevyskytují, mají pouze nepárovou ocasní ploutev a někdy jednu nebo dvě ploutve hřbetní, vyztužené rohovitými paprsky. Tělo je protáhlé a chybí jakékoliv párové končetiny. Kostní tkáň se u bezčelistnatců vůbec nevyskytuje. Je vytvořena jednoduchá chrupavčitá lebka a ústní podpůrný aparát. Chorda zůstává zachována. Mozek je diferencován do tří rozlišitelných oddílů. Smyslové orgány jsou původně párové, ale nosní otvor je nepárový. V cévní soustavě je diferencováno srdce. Jejich kůže je vždy holá (Gaisler a Zima, 2007).

3.2 Paryby

Mezi paryby, které již patří do skupiny čelistnatců, se řadí žraloci, parejnoci, rejnoci a chiméry. První žraloci se objevili asi před 400 miliony let, zatímco rejnoci až o 200 milionů

let později. Tato třída je rozdělována do 12 řádů, do kterých patří asi 1000 recentních druhů. Většina těchto druhů žije v mořích (Kajan, 2006).

Jsou to vodní, převážně mořští živočichové s chrupavčitou kostrou, jejíž části sice mohou kalcifikovat (jsou impregnovány anorganickými solemi), ale nikdy nejsou přestavěny v pravé kosti. Od bezčelistnatců je odlišují dobře vyvinuté čelisti a párové prsní a břišní ploutve. Od kostnatých ryb se liší chrupavčitou kostrou, plakoidními šupinami (jsou homologické zubům, tvoří je sklovina a zubovina) a tím, že jim zuby dorůstají po celý život. Za původní znak se považuje heterocerní tvar ocasní ploutve, který je dobře zachován u většiny žraloků. Jako hydrostatický orgán slouží velká játra, plynový měchýř není vytvořen. Typická je živorodost a přímý vývoj (Gaisler a Zima, 2007).

3.3 Násadoploutví (syn. nozdratí)

Nozdratí patří do skupiny čelistnatců, jež se v historii objevila asi před 395 miliony lety. Následně se čelistnatci začali vyvíjet ve dvou liniích, z nichž první linií jsou právě násadoploutvé ryby. Všichni zástupci mají masité ploutve, jejichž kostra a svalovina spíše připomíná končetiny čtvernožců než ploutve ostatních žijících ryb, lebka je podobná lebce obojživelníků (Kajan, 2006).

Podtřída lalokoploutvých ryb (Coelacanthimorphes), v dnešní době čítající pouze dva druhy, byla velmi důležitým vývojovým článkem, neboť právě z ní se pravděpodobně vyvinuly první čtvernožci, kteří dále stáli u vzniku všech obratlovců (Kajan, 2006).

Druhou podtřídou jsou ryby dvojdyšné (Dipnoi) s devíti žijícími druhy. Osm z devíti druhů dvojdyšných v dospělosti dýchá plicemi, aby přežily ve vodě s velmi nízkým obsahem kyslíku, kde žijí (Kajan, 2006).

3.4 Paprskoploutví

Jsou druhou vývojovou linií skupiny čelistnatců a patří sem naprostá většina kostnatých ryb. Charakteristická je kostra ploutví, sestávající ze samotných paprsků. Paprskoploutví rozdělujeme do dvou podtříd – chrupavčítí (Chondrostei) a kostnatí (Neopterygii), (Kajan, 2006).

Chrupavčítí jsou velmi starobylou skupinou. Tělo mají pokryté ganoidními šupinami, se kterými se u moderních ryb již nesetkáváme. Ve střevě je přítomna spirální řasa, jež se běžně vyskytuje u paryb. Období jejich největšího rozmachu bylo asi před 280 miliony let.

Kostnatí jsou druhou podtřídou paprskoploutvých. Pravděpodobně se vyvinuli z časných chrupavčitých ryb přibližně před 250 miliony let. Oproti svým předkům mají mimo

jiné pohyblivější ústa a jednodušší stavbu ploutví, díky čemuž se zlepšila jejich schopnost plavat a opatřit si potravu. Tak vznikla neúspěšnější skupina ryb, do které patří většina dnes žijících druhů (přibližně 24 000 známých druhů ryb), (Kajan, 2006).

3.5 Obojživelníci

Obojživelníci se objevují před 360 miliony let. Jejich předky jsou lalokoploutví, kteří jako první obratlovci trvale osídlili souš. Dělíme je do tří řádů s 5 400 druhy.

V souvislosti s přechodem na souš se u obojživelníků vyvinuly některé typické adaptace a znaky. Jsou to: jazyk, pohyblivá víčka a slzné žlázy, pravidelně se vyměňující tenká pokožka, stavba ucha, hlasivky a Jacobsonův orgán (orgán chuti a čichu), (Kajan, 2006).

Téměř všichni obojživelníci žijí v larválním stadiu ve vodě, v dospělosti pak na souši. Vajíčka kladou do vody a zde se i páří. Z vajíček se líhnou volně pohyblivé larvy (pulci), které dýchají žábrami. Pulci poté procházejí metamorfózou a mění se v suchozemského dospělého. Existují však výjimky – u některých druhů probíhá přímý vývoj (bez larválního stadia) na souši, jiné druhy mohou být výhradně vodní a živorodé (Kajan, 2006).

3.6 Plazi

Současné druhy plazů jsou výsledkem evoluce, která trvala 300 milionů let. V té době se blanatí (Amniota - zárodek chrání tři zárodečné obaly, další vaječné obaly a pevná vápenitá nebo kožovitá skořápka) začala vyvíjet dvěma směry. První vedl k savcům, druhý k ptákům a plazům. Plazi se dále rozdělili na dvě velké skupiny – Lepidosauria (šupinatí, což jsou hadi, ještěři, červoři a haterie) a Archosauria (krokodýli, ptakoještěři, dinosauři a předchůdci ptáků). Dnes se plazi dělí do čtyř řádů (želvy, krokodýli, haterie, šupinatí), které čítají přibližně 8 160 druhů (Kajan, 2006).

Želvy (Testudinata) mají pánevní i lopatkový pletenec ukrytý v krunýři, který je srostlý se žebry. Od ostatních řádů je také odděluje anapsidní lebka. Podle fosilních nálezů se objevily před 220 miliony let, tj. v době, kdy Země ještě ovládali dinosauři. Odborníci si stále nejsou jisti tím, zda se želvy nevyvíjely odděleně od ostatních plazů (Kajan, 2006).

Krokodýli (Crocodylia) na světě existují již 220 milionů let. Podíl na jejich dlouhém přežití má nepochybně to, že se stali vrcholovými predátory. Mají diapsidní lebku a jejich tělesná stavba se příliš nezměnila, proto se jim často říká „živoucí fosilie“ (Kajan, 2006).

Haterie (Rhynchocephalia) jsou velice starobylým řádem. Do současnosti přežily pouze dva druhy vyskytující se na Novém Zélandu. Jsou jedinými pozůstatky početné skupiny plazů, kteří žili v dobách dinosaurů před 225 miliony let. V diapsidní lebce je zachován

temenní otvor s relativně dobře vyvinutým temenním okem překrytým průsvitnými šupinami nebo kůží. Hateriím se občas též přezdívá „živoucí fosilie“ (Kajan, 2006).

Šupinatí (Squamata) jsou velmi rozmanitým řádem. Jejich lebka je původně diapsidní, ale v současnosti je pozměněna (chybí jeden nebo oba jařmové oblouky). Jsou pro ně typické dva základní typy tělesné stavby: původní čtyřnohý ještěrkovitý typ (prsty i končetiny mohou být více či méně zakrnělé) a odvozený beznohý hadovitý typ (u vývojově původnějších skupin někdy bývají zachovalé zbytky pánevního pletence, někdy i zbytky pánevních končetin), (Kajan, 2006).

3.7 Ptáci

Ptáci se vyvinuli z plazů, což dokládají např. šupiny na nohou nebo snášení vajec. Na rozdíl od jejich nelétavých předků si dnešní ptáci vytvořili schopnost aktivního letu. Přední končetiny jsou přeměněny v křídla a tělo je uzpůsobeno tak, aby umožňovalo co nejvýkonnější pohyb ve vzduchu. Jejich kostra je lehká a pevná, obsahuje méně kostí než kostra plazů a savců. Létání je energeticky velmi náročné, proto mají zrychlený metabolismus – jejich srdce a dýchací soustava jsou tak velmi výkonné. Někteří zástupci však druhotně schopnost letu ztratili. Kůži všech ptáků pokrývá peří (Kajan, 2006).

Tato třída v současnosti čítá 29 řádů s přibližně 9 700 žijícími druhy, z nichž více než polovina patří mezi pěvce. Můžeme se s nimi setkat téměř všude, od nehostinných pouští po severní i jižní pól (Kajan, 2006).

3.8 Savci

Savci se díky své přizpůsobivosti a inteligenci rozšířili na všechny kontinenty světa a obsadili téměř všechny biotopy. Ačkoliv jsou velmi různorodou skupinou, mají některé společné znaky. K těm hlavním patří připojení dolní čelisti přímo k lebce, endotermie, krmení mláďat mateřským mlékem a téměř všem pokrývá povrch těla srst (Kajan, 2006).

Předky savců byli plazi. První praví savci s typickým kloubem mezi dolní čelistí a lebkou se objevili asi před 195 miliony let. V té době Zemí vládli dinosauři a savci zůstávali malí a nevýrazní. Před asi 65 miliony let došlo k vymření 70 % živočichů včetně dinosaurů vlivem výrazných klimatických změn. Zřejmě díky své schopnosti udržet si stálou tělesnou teplotu řízením metabolismu, savci tyto změny přežili a začali se šířit do uvolněných nik (dnes se vyskytují na souši, pod zemí, na stromech, ve vzduchu, ale i ve sladké nebo slané vodě). Tím začal proces vedoucí k pozoruhodné rozmanitosti dnešních 26 řádů s přibližně 4 780 druhy současných savců (Kajan, 2006).

4 Antipredační chování

Antipredační chování slouží k ochraně před nepřítelem. Všechny organizmy jsou potenciální potravou pro organismy jiné. Musí se tedy snažit přizpůsobit svůj vzhled a chování tak, aby sami získali co nejvíce potravy, ale zůstali naživu. Proto si organismy vytvořily různé druhy obrany proti predátorům. Obrana před nepřítelem je jednou z nejdůležitějších evolučních strategií (Veselovský, 1971).

Pokud se zvíře setká s nepřítelem, působí na něj predátor jako stresor. Působení stresoru vyvolá poplachovou reakci – zvýší se aktivita autonomního sympatického nervového systému, ten stimuluje dřeň nadledvinek, která začne vylučovat hormony adrenalin a noradrenalin, čímž dojde k řadě změn. Potní žlázy začnou nadměrně produkovat pot, naježí se kožní pokryv, tep srdce se zvýší, dýchání je rychlejší a hlubší, zvýší se průtok krve svalovinou, stoupne hladina glykogenu, atd. Pokud stres dále přetrvává, kůra nadledvin začne vlivem adrenokortikotropního hormonu (hormon povzbuzující kůru nadledvin, vylučovaný epifýzou) produkovat kortikoidy, které mobilizují tělesné zásoby živin, zvyšují štěpení bílkovin, uvolňují zásoby tuku a podporují tvorbu glukózy. V tuto chvíli je organizmus připraven nejlépe čelit nepříteli. Dalo by se říci, že adrenokortikotropní hormon snižuje i strach (Veselovský, 1992).

4.1 Predace

Predace je nesymetrický vztah, v němž jeden druh slouží jako kořist jinému druhu. Predace je jednou z nejdůležitějších hybných sil dynamiky společenstva, protože všichni živočichové získávají energii konzumováním - predací - jiných organismů. Pravá predace představuje interakci predátora a kořisti, která je usmrcována a poté pozřena (Losos a kol., 1984).

4.2 Predátor

V klasickém slova smyslu se pojem predátor kryje s pojmem dravec, tedy živočich živící se jiným živočichem, který je živý ve chvíli ulovení či konzumace. Predátory můžeme klasifikovat dvěma hlavními způsoby. Nejběžnější je pravděpodobně klasifikace taxonomická: masožravci konzumují živočichy, býložravci rostliny a všežravci obojí. Druhou možností je funkční klasifikace. Zde jsou čtyři hlavní typy predátorů: praví predátoři, spásači, parazitoidi a paraziti (ty lze dále rozdělit na makroparazity a mikroparazity). Pravý predátor zabíjí kořist víceméně ihned po útoku a během života uloví několik či mnoho různých jedinců. Často spotřebují svou kořist celou, ale někteří z pravých predátorů konzumují jen

části své kořisti. Mezi klasické predátory řadíme např. šelmy, dravce, dravý hmyz apod. Vedle živočichů sem ale rovněž patří i masožravé rostliny (Begon et al., 1997).

Z našeho pohledu je tedy predátor masožravec. Teoreticky by se mohl živit jakýmkoliv libovolným živočichem – býložravcem, všežravcem, rozkladačem, nebo dokonce jiným dravým masožravcem. Ve skutečnosti však nemají predátoři sklon lovit se navzájem. Museli by bojovat s kořistí, která má ostré zuby, velké drápy nebo jiné zbraně, podobné jejich vlastním. Nejsnadnější kořisti jsou proto obvykle býložravci a menší živočichové (Losos a kol., 1984).

Chce-li predátor objevit svou kořist, musí mít výkonné smysly. U živočichů žijících na souši tradičně uznáváme pět smyslů: zrak, sluch, čich, chuť a hmat. Tyto smysly jsou nejnámější, neboť je má i člověk. Ale příroda všeobecně a zvláště predátoři (zejména vodní) mohou seznam svých smyslů zdvojnásobit až na deset. Patří k nim smysly pro vnímání pachů šířících se ve vodě, vlnách a proudech, které vyvolává kořist pohybující se ve vodě. Při lovu pomáhají také smysly specializované na zachycování infračervených paprsků, elektrických impulzů, jež vznikají při práci svalů či jiných orgánů kořisti, dále pomocí smyslů vnímají změny v magnetickém a gravitačním poli Země, změny v množství nebo v koncentraci přírodních solí a minerálů ve vodě a mnohé další (Parker, 2002).

Technika lovu je také u každé skupiny odlišná. Někteří lovci se pomalu plíží k oběti, jiní čekají v záloze a mohou být ukryti v podrostu nebo mezi skalami, případně díky svému dokonalému maskování splývají s okolím. Další se při hledání kořisti potulují, a pokud ji najdou, vynaloží veškeré své síly k jejímu ulovení. Strategie lovu může být vrozená čili instinktivní a téměř neměnná – predátor ji těžko změní. Dravý hmyz, jako např. kudlanka, obvykle číhá na kořist, až se přiblíží, neboť chování hmyzu se zcela řídí instinktem. Naopak šelma, jako je hyena, se může naučit, že je nezbytné změnit a přizpůsobit svou strategii lovu třeba jiné kořisti nebo jiné roční době. Někteří z neúspěšnějších masožravců toto pružné účelné lovecké chování často využívají (Parker, 2002).

. Predátoři mají soubor zbraní, kterými si zabezpečují potravu. K těmto nástrojům na lovení a zabíjení patří zuby (Obr. 1), drápy (Obr. 2), ostny a chemické zbraně. Když predátor uvidí svou potenciální potravu, sleduje ji, nebo na ní číhá, nakonec zaútočí a uloví ji. Takové okamžiky rozhodují o životě nebo smrti a v přírodě se vyskytují neustále. Když se však ve fázi přibližování nebo útoku něco pokazí, predátor se většinou raději vzdá, než aby riskoval své poranění. Predátor může přežít a lovit později, ulovená kořist už moc šancí na přežití nemá.

Lovení kořisti je vysoce vyvinutý a koordinovaný proces, jehož účelem je maximálně zvýšit šanci predátora chytit a usmrtit kořist, ale zároveň snížit na minimum riziko pro lovce (Parker, 2002).

Obr. 1: Zuby geparda severoafrického (*Acinonyx jubatus hecki*), 2012



Zdroj: <http://www.wildafrica.cz/>

Obr. 2: Drápy varana komodského (*Varanus komodoensis*), 2012



Zdroj: <http://www.arkive.org/>

5 Jištění

Posuzujeme-li vztah kořisti a nepřítele z hlediska kořisti, můžeme ho zhruba rozdělit na tři stupně: 1. ochranné preventivní chování, 2. aktivní obrana a 3. pasivní obrana.

Každý jedinec svým způsobem setrvává v neustálé ostražitosti, aby co nejdříve zaznamenal blížícího se nepřítele. Takové chování označujeme jako ochranné preventivní chování (tzv. jištění). V době jištění jsou všechny smysly v nejvyšší pohotovosti a často je spojeno i s typickým postojem pro ten který druh. Srnec pasoucí se v přírodě se každou chvílí zastaví, otáčí hlavou a větrí. Pokud jeho smyslové orgány nezaregistrují žádné nebezpečí, začne se znovu pást. Sysli, svišti, zajáci, králci nebo kunovité šelmy při jištění panáčkují, aby si zvětšili zorné pole a obhlédli co největší kus území (Obr. 3). Sloni v určitých časových intervalech zvedají choboty až do výšky pěti metrů, čímž větrí v mnohem vyšších vrstvách vzduchu (Obr. 4). V afrických savanách, kde jsou celá těla slonů skrytá ve vysoké trávě, vyčnívají vysoko do vzduchu pouze jejich větrící choboty. Sovy při zjišťování podezřelého nehybného předmětu nezvykle krouží hlavou. Tyto pohyby jsou dnes vysvětlovány tak, že se sova sama snaží posunout si obraz předmětu do míst nejostřejšího vidění a rozpoznat tak co

nejvíce podrobností o potencionálním nepříteli. Většina zvířat totiž mnohem dokonaleji rozpozná pohyb než tvar (Veselovský, 1971).

Často je projev podezření doprovázen vzájemnou komunikací, kterou bychom mohli nazvat signalizováním nebezpečí. Tento jev je sice všeobecně znám, avšak lidé se často mylně domnívají, že zvíře úmyslně signalizuje svým druhům určité nebezpečí. Ve skutečnosti u zvířat nelze mluvit o úmyslu, ale o typickém vrozeném chování, spojeném s objevením nějakého podezřelého zvuku, tvaru nebo pachu. Stejně se chová zvíře, je-li úplně samo, a dokonce i zvíře, které bylo uměle odchováno a s příslušníky svého druhu se nikdy nesetkalo (Veselovský, 1964).

Obr. 3: Hlídkující sysel maloasijský (*Spermophilus xanthoprimum*), 2012



Zdroj: <http://www.arkive.org/>

Obr. 4: Sloni afričtí větrící vzduch (*Loxodonta Africana*), 2012



Zdroj: <http://www.arkive.org/>

5.1 Komunikace

Přežití často bezprostředně závisí na vzájemné komunikaci. Z hlediska teorie informací podle Shannona a Weavera (1949) se za komunikaci považuje, když se informace (či lépe zpráva) od vysílajícího předává příjemci. Vysílající sestaví zprávu z určitých výrazových kódů a předává ji příjemci pomocí určitého kanálu (např. optický, akustický či pachový), jehož volba samozřejmě souvisí i se smyslovým vybavením příjemce. Ten zprávu podle zvolených výrazových kódů rozšifruje. Samostatné odvětví etologie, které se komunikací mezi jedinci zabývá, se nazývá biokomunikace. V biokomunikaci se místo termínu zpráva používá termín signál (Veselovský, 2005).

5.2 Signály

Na evoluci signálů poprvé upozornili zakladatelé etologie Lorenz a Tinberger. Ti odhalili jejich původ v často velmi jednoduchých projevech a pohybech, které se ritualizovaly (Veselovský, 2005).

Za informační signál považujeme projev, který ovlivní chování jiného jedince, i když ten svými smyslovými orgány určitý jev ještě nezaregistroval. Přenos informací se zpravidla odehrává ve třech rovinách. V první rovině přijímací zvíře přebírá určité chování. Např. spatří-li jeden pták plížící se kočku, reaguje na ni nejprve varovným pokřikem, postojem těla a následně pak odletem. Odlétají i další ptáci, kteří šelmu ani nezahlédli. Podobná reakce na signál jednoho jedince je známa i u koní a antilop. Zde je jasně vidět, jak je útěk nakažlivý. Lavina splašených zvířat strhává k bezhlavému úprku další a další jedince, což má často za následek hromadná poranění. Druhá rovina signálů představuje takové chování, kterým se dá přenést vyladění (motivace) daného jedince. Druhé zvíře podle těchto signálů pozná, v jakém vyladění se vysílající jedinec nachází. Třetí rovinou je přenos určitého významu signálu. U jednotlivých druhů ptáků se dají rozeznat signály, různící se např. při zahlédnutí po zemi se pohybujícího nepřítele a při spatření letícího dravce – kos černý (*Turdus merula* Linnaeus, 1758) používá čtyři hlasy, které mají za úkol varovat před nepřítelem. Při spatření nepřítele na zemi, např. kočky, se ozývá hlasem jako „dak,dak“, při větším rozčilení štěkavým hlasem „tix, tix“, na letícího nepřítele reaguje pisklavým hlasem a kromě toho se při polapení ozývá úzkostným pokřikem (Veselovský, 1992).

I u veverek a sýslů se signály na letícího nebo po zemi se blížícího nepřítele liší svou frekvencí. Varovné signály o vysoké frekvenci mají krátký dosah, proto je dravci, útočící ze vzduchu nestačí zachytit. Navíc vysoké tóny tlumí porost a listy stromů. Obranná reakce proti dravcům pak spočívá v ukrytí a následné nehybnosti. Naopak nízkými tóny varují savci a ptáci před po zemi se pohybujícími šelmami. Takový varovný hlas zachytí i šelma, která začne pátrat po jeho původci, čímž se dříve nebo později neopatrným pohybem prozradí. Když varující jedinec nepřítele objeví, volí i nejvhodnější způsob útěku (Veselovský, 1992).

Pro antipredační chování jsou nejdůležitější signály varovné. Ty mohou být trojího typu – zrakové (optické), sluchové (akustické) nebo čichové (pachové).

5.2.1 Optické signály

Typický zrakový signál je možno pozorovat u laní a jelenů. Zpozoruje-li jedinec blížící se nebezpečí (stačí i pouhé podezření), oddělí se od stáda a jde zvláštním odpichovaným krokem. U ostatních příslušníků druhu to okamžitě vyvolá zvýšenou pozornost. Někteří jeleni,

srnci a antilopy roztáhnou při nebezpečí nápadné bílé chlupy na zadku (tzv. zrcátko), čímž se jim na zádi těla objeví velký, bíle zářící kotouč. Účinnost tohoto optického signálu je ještě u některých druhů zdůrazněna zdvižením ocasu. Ten ční kolmo do výšky a jeho bílá spodina tak vytváří jakýsi výstražný vykřičník (Veselovský, 1964). Gazely Thomsonovy (*Gazella thomsonii* (Grunther, 1884)) se vzájemně varují před plížícím se lvem tak, že provádějí vysoké signální skoky se strnulými končetinami (Griffin, 1984). Dalším příkladem je tetřívěk, který signalizuje nebezpečí svým postojem. Jeho tělo potom dostane téměř lahvovitý tvar (Veselovský, 1971).

5.2.2 Akustické signály

I zvukových signálů existuje u zvířat celá řada. Výstražné hlasy musí upozornit na nepřítele, ale zároveň znesnadnit objevení varujícího. Proto má většina těchto signálů vysokou frekvenci a trvá delší dobu. Vysokofrekvenční signály mívají malý dosah a jsou snadno pohlcovány okolím, takže je sluchový aparát predátora většinou ani nepostřehne. Tyto výstrahy využívají hlavně ptáci, kteří, jak již bylo zmíněno, reagují jinak na nepřítele ve vzduchu a na zemi, jinak upozorňují na nepřítele lovícího a odpočívajícího. Husy používají tři typy varovných signálů: krátké zavolání „gog“ okamžitě zvýší pozornost celého hejna. Na lišku nebo psa reagují pokřikem „gi gog“ a konečně masově znějící „gang“ je povel k okamžitému úprku. Kromě toho se husy při obraně ozývají hlasitým syčením. Mezi velmi zajímavé volání patří též hlasy, kterými se ptačí rodiče snaží odlákat nepřítele od hnízda a svých mláďat. Sýkory sedící v dutinách na vejcích nebo malých mláďatech zastrašují vetřelce ostrým hadím syčením. Mnohem mohutnějším syčením reagují na cizince mláďata kondorů. U savců je takovým signálem např. varovné hvízdání kamzíků, svišťů, syslů, apod. (Veselovský, 2005).

Cheneyová a Seyfarth (1992) popsali tři typy varovných signálů kočkodanů zelených (*Chlorocebus aethiops sabaesus* (Linnaeus, 1766)), které se zcela liší svou strukturou. Tato varování upozorňují na jednoho ze tří hlavních predátorů: levharta, orla a hada, především kraju písmenkovou (*Python sebae* (Gmelin, 1788)). Na výstrahu „Pozor levhart!“ se celá skupina vyšplhá do koruny stromů na místa s tenkými větvemi, která jsou pro levharta nebo jinou kočkovitou šelmu nepřístupná. Na signál „Pozor orel!“ zaleze celá tlupa do nejhustšího křoví, kam se orel neprotlačí. A konečně varování „Pozor had!“ volají kočkodani ve vzpřímeném postoji na zadních nohách, přičemž pečlivě sledují směr jeho pohybu. Následně se vzdálí buď po zemi, nebo vylezou na strom (Veselovský, 2005).

Živočichové používají však i jiné akustické projevy než hlasové. U divokých králíků je to prudké dupnutí zadními nohama. U bobra hlasité plesknutí širokého ocasu o hladinu vody. Podobným signálem je i zvláštní plesknutí (tzv. splash sound), vznikající dopadem celé spodní strany žabího těla na hladinu. (Veselovský, 1964).

5.2.3 Pachové signály

Poslední jsou signály pachové. I těch se u zvířat vyskytuje mnoho. Příkladem mohou být sobi, jejichž mezikopytní žlázy vylučují zvláštní sekret. Pach této látky způsobuje úlek a následný útěk jedinců téhož druhu. Trvanlivost této značky je téměř dlouhá, často může přetrvat až několik dní (Veselovský, 1964). Myši domácí (*Mus musculus* Linnaeus, 1758) při nebezpečí vylučují zvláštně páchnoucí moč, jež varuje ostatní příslušníky jejich druhu (Franck, 1996).

Kůže kaprovitých ryb a některých sumců vylučuje při poranění feromon, který má za následek všeobecný poplach. Malá kapička této látky vypuštěná do vody způsobí, že se hejno ryb bleskově rozplave na všechny strany. Podobná schopnost vylučovat z kůže alarmující feromon se vyskytuje i u některých pulců (Veselovský, 2005).

I když většina signálů působí v rámci jednoho druhu, zvláštností není ani reakce druhů nepříbuzných. Marler (1979) pomocí sonogramů dokázal, že hlasy varující před dravcem mají u pěti druhů pěvců – sýkory modřinky (*Cyanistes caeruleus* Linnaeus, 1758), sýkory koňadry (*Parus major* Linnaeus, 1758), strnada rákosního (*Emberiza schoeniclus* (Linnaeus, 1758)), pěnkavy obecné (*Fringilla coelebs* Linnaeus, 1758) a kosa černého (*Turdus merula*) – téměř shodné frekvenční spektrum a stejný časový průběh. V Indii bylo pozorováno, že varovné volání páva vyvolalo okamžitou ostražitost u pasoucích se jelenů a antilop. V Africe vyvolá reakci antilop, ale i opic hlas leskoptve. V České republice reagují jeleni na hlas sojky a v horách kamzíci na hvízdání svišťů. Zajímavá aliance (dočasné spojení živočišných druhů) se vyskytuje u afrických mangust trpasličích (*Helogale parvula* Sundevall, 1847) a malých zoborožců rodu *Tockus*. Zoborožci poskakují mezi hrabajícími mangustami a vyzobávají vypasený hmyz. Mají velmi výkonné oči a upozorňují na blížícího se dravce. Když se u mangustí kolonie usadí více jak dvanáct zoborožců, přestanou mangusty sami hlídat a spolehnou se jen na ptačí ostrahu (Veselovský, 2005).

6 Aktivní obrana

Zachytí-li smysly jistícího zvířete něco podezřelého, okamžitě se změní celé jeho chování. Nejprve se zvíře různými pohyby hlavy snaží lokalizovat místo výskytu potenciálního predátora a pokud se jeho podezření potvrdí, nastává čas na aktivní obranu.

Aktivní obrana zahrnuje celou řadu způsobů obrany před nepříteli (Veselovský, 1964).

6.1 Útěk

Útěk je nejčastěji využívanou a pravděpodobně nejúčinnější obrannou strategií. Zvíře se uchýlí k útěku teprve tehdy, pokud nepřítel překročí určitou vzdálenost. Tato vzdálenost se odborně nazývá jako vzdálenost úteková. Obecně lze uvést, že u menších zvířat je tato vzdálenost menší, u velkých zvířat naopak větší. Zvíře však utíká pouze tak dlouho, dokud mezi ním a nepřítelem nezůstane vzdálenost opět zachována. Zvláště ptáci a savci jsou schopni poučit se ze svých zkušeností, proto se v rezervacích úteková vzdálenost snižuje a u zcela krotkých zvířat do jisté míry mizí. Naopak v krajinách, kde člověk volně žijící zvířata loví, se úteková vzdálenost mnohonásobně zvyšuje. Zde je ještě nutno dodat, že úteková reakce není projevem strachu, ale naopak do stavu strachu zvíře upadá, má-li útěk znemožněn. Strach sám o sobě je určitým fyziologickým stavem, souvisejícím s porušením rovnováhy hormonální hladiny, který již byl popsán výše (Veselovský, 1964).

V afrických savanách antilopy i zebry dobře poznají nasyceného lva od lva motivovaného k lovu, dokážou běžet vysokou rychlostí dostatečně dlouhou dobu na to, aby odvrátily pronásledování jakékoliv kočkovité šelmy. Výjimkou je gepard, který je rychlejší a dokáže vyvinout rychlost přes 100 km/h, na druhou stranu není tak vytrvalý a jen zřídka pronásleduje svou kořist na vzdálenost delší než 300 metrů. Naopak psovité šelmy dokážou vytrvale štvát svou kořist několik kilometrů a v závěru pronásledování jsou schopny rychlost ještě stupňovat. Proto si živočichové osvojili další vylepšení útekových vlastností. Jejich běh je doprovázen prudkými kličkami do stran a nepředvídatelnými výskoky, typickými především pro zajíce. Prudkými kličkami v letu se vyznačují rychle létající bahňáci, především bekasiny (Veselovský, 2005).

Vynikající taktikou je tzv. proteánská obrana, která spočívá v prudké a nepředvídatelné změně pohybu či postoje těla. Název je odvozen od jména božského Protea, syna boha moře Poseidona, jenž jako stařec pásal svému otci stáda tuleňů a měl výbornou schopnost se bleskurychle přeměnit do nejrůznějších podob. Dobrou proteánskou obranou, zejména u malých zvířat, je střídání útěk s nehybným přitisknutím těla k podkladu (Veselovský, 2005). Např. zajíc má před nepřítelem dva typy obranné reakce. Jinak se chová před jestřábem nebo

orlem (nepřítel ze vzduchu), jinak před liškou, psem nebo kunou (pozemní nepřítel). Spatří-li zajíc kroužícího dravce, přitiskne se k zemi a zůstává nehybný. Vrozeně tak využívá svého hnědého krycího zbarvení a nehybnosti, čímž stěžuje ptákům, reagujícím především na pohyb, aby ho spatřili. Jinak se chová zajíc, který zaznamená pozemního nepřítele. Savci jako pes nebo liška se řídí především svým čichem. Proti tomu mu není ochranné zbarvení nic platné, proto raději volí rychlý útěk s častými kličkami (Veselovský, 1964).

Mnoho menších živočichů využívá při útěku nory nebo jiné úkryty, do nichž se za nimi predátor nedostane. Např. v Americe žije malý křeček rodu *Neotoma*, jehož nora je proti případnému útoku dravce řádně zabezpečena. Ze stěn trčí ostré trny směřující k vrcholu. Toto zabezpečení křeček získává tak, že vyleze na kaktus, uhryzne osten, odnese jej do své nory a zabodne do stěny u vchodu hrotem vzhůru. Napadne-li křečka nějaká šelma, např. skunk, dá se na útěk a instinktivně míří k noře. Je-li nora příliš daleko, ukryje se v bodavé houštině kaktusů, které mají prakticky stejné obranné účinky (Akimuškin, 1989). Asi nejrychleji ze všech savců si svůj úkryt dokážou vyhrabat ježury. Pokud se ježura cítí v ohrožení, hrabe všema čtyřma nohama, na rozdíl od ostatních savců, kteří tak činí hlavou napřed. Pod povrch se dokáže zahrabat během necelé minuty a na povrchu po ní zůstane jen trs bodlin vyčnívajících ze země (Carwardine, 2010). Mořské rybky žijící na korálových útesech hloubí své úkryty buď přímo v útesu nebo v okolním písku (Broom, 1981). Dalším příkladem z mořského prostředí jsou malé rybky rodu *Vireosa*, které svými ťukajícími hlavami dráždí zévu rodu *Tridacna* a nutí ji, aby je zavřela do lastury.

Mláďata tlamovců z čeledi *Cichlidae* se vyvíjejí v tlamě matek. Po nějaké době mladé rybky opouštějí matčina ústa, ale ještě nějakou dobu se zdržují v její blízkosti. Ve chvílích nebezpečí matka vydává poplašný signál, kterým je zvláštní postoj v úhlu 10° - 20° k hladině, přičemž tlamovec ještě opakovaně zvedá a spouští hřbetní ploutev. Když malé rybky signál zachytí, shluknou se u matčiny hlavy a snaží se jí honem vklouznout do úst. Matka sama rychle lapá ty, které se nestihly schovat. Když „spolkne“ poslední, uchýlí se do bezpečí (Akimuškin, 1989).

Ačkoliv většina příbuzných druhů používá stejný nebo podobný druh obrany, existují i velmi příbuzné druhy, u nichž se útková reakce značně liší. Např. hroch obojživelný (*Hippopotamus amphibius* (Linnaeus, 1758)) a hrošík liberijský (*Hexaprotodon liberiensis* (Morton, 1849)) jsou jedinými žijícími druhy čeledi hrochovitých (*Hippopotamidae*). Zatímco hroch obojživelný (*Hippopotamus amphibius*) prchá před nepřítelem do vody (Obr. 5), hrošík liberijský (*Hexaprotodon liberiensis*) hledá ve stejné situaci nejbližší houštinu (Obr. 6). Naprosto rozdílně se chovají i američtí pásovci, jejichž tělo je kryto silným kostěným

krunýřem. Pásovci rodů *Dasypus* a *Chaetophractus* se před nepřítelem obrovskou rychlostí zahrabou do země. Pásovec rodu *Priodontes* je dobrým běžcem a při nebezpečí odbíhá do nejbližšího úkrytu. Konečně pásovci rodu *Tolypeutes* se jako jediní umí stočit do klubíčka a vytvořit tak ze sebe úplnou pancéřovanou kouli (Veselovský, 1964).

Obr. 5: Hroch obojživelný (*Hippopotamus amphibius*) ve vodě, 2012



Zdroj: <http://www.arkive.org/>

Obr. 6: Hrošík liberijský (*Hexaprotodon liberiensis*) ve vegetaci, 2012



Zdroj: <http://www.arkive.org/>

Je samozřejmé, že s útekovou reakcí souvisí i celková stavba těla. Stačí, aby se příslušník určité skupiny začal adaptovat na jiné prostředí, a zároveň se začne přizpůsobovat nejen stavba těla, ale i obranné chování. Např. všem husám a kachnám vypadávají v době pelichání všechny letky. V takovém období jsou neschopny letu, nemají šanci uletět, a proto se skrývají v rákosí. V bažinách a záplavových oblastech Austrálie žijící husovec strakatý (*Anseranas semipalmata* (Latham, 1798)) nemá možnost se ukrýt, proto u něj výjimečně pelichají letky postupně (Veselovský, 1964).

Je-li zvířeti znemožněn útek a nepřítel překročí určitou vzdálenost (tzv. kritickou), dochází teprve k vlastní obraně. Kritická vzdálenost je stejně jako úteková typická pro určité druhy zvířat. Překročení této kritické vzdálenosti vyvolá u zvířat panický strach, který často vede k přímému útoku na nepřítele. U některých jedinců může v nanejvýš kritické situaci dojít až k nervovému šoku končícímu smrtí (Veselovský, 1964).

6.2 Zastrásování

Celkem účinným prostředkem při přímém styku s nepřítelem je zastrašování. Obecně platí, že čím více se zvíře dokáže opticky zvětšit, tím větší je pravděpodobnost, že dokáže predátora zastrašit. Např. ropuchy nadmou své tělo a vztyčí se na zadních končetinách. Jihoamerické žáby rohatky rodu *Ceratophrys* mají zastrašovací projev ještě nápadnější.

Nejenže nadmou své tělo, ale postaví se s otevřenou tlamou do vzpřímené polohy a ozývají se hlasitým voláním (Veselovský, 2005).

Výstražné postoje jsou běžné i u plazů. Tiliqua páskovaná (*Tiliqua multifasciata* Sternfeld, 1919), žijící v Austrálii, při ohrožení do daleka vyplazuje svůj svítivě modrý široký jazyk (Veselovský, 2005). Bojga africká (*Dispholidus typus* (Smith, 1829)) opticky zvětšuje velikost těla nafukováním krku, a navíc ještě kývá hlavou, čímž získává ještě další „zvětšení“. Zmije útočná (*Bitis arietans* (Merrem, 1820)) nafoukne celé tělo, hlasitě syčí a poskakuje vstříc nepříteli. Kobry zase hrozí vztyčením přední části těla a roztažením krční kápě. Ploskolebec vodní (*Agkistrodon piscivorus* (Lacépède, 1789)), (Obr. 7) a bičovka měděná (*Oxybelis aeneus* (Wagler, 1824)) varují doširoka otevřenou tlamou. Jedovatá mamba černá (*Dendroaspis polylepis* (Günther, 1864)) trhá ještě hlavou do strany, aby zdůraznila zastrašení. Mnoho hadů používá i velmi agresivní způsoby výstrahy. Užovka mokasínová (*Nerodia sipedon* (Linnaeus, 1758)) v nebezpečí zplošťuje své tělo, výstražně syčí a opakovaně se vrhá proti nepříteli. Podobně se chová i užovka býčí (*Pituophis melanoleucus* (Daudin, 1803)), která svou výstrahu doprovází ještě chřestěním ocasu (Burton, 1998).

Obr. 7: Varující ploskolebec vodní (*Agkistrodon piscivorus*), 2012



Zdroj: <http://www.jestero.estranky.cz/>

Obr. 8: Chřestýš západní – chřestidlo (*Crotalus atrox*), 2012



Zdroj: <http://www.arkive.org/>

Silné syčení však není jediným zvukovým varováním hadů. Vejcožrout africký (*Dasypeltis scabra* Linnaeus, 1758) vydává šustivý zvuk třením bočních šupin o sebe. Užovka liščí (*Elaphe vulpina* (Baird & Girard, 1853)) vibruje konečkem ocasu ve spadaném listí a chřestí i bez chřestidla. Chřestýši zastrašování je však v tomto směru jedinečné. Cítí-li se chřestýš ohrožen, začne kmitat ocasem a vydávat hlasitý chřestivý zvuk (Obr. 8). Hluk i pohyb zmate nepřítele, který sleduje ocas, a ne hlavu. (Burton, 1998).

Některá zvířata však syčení a chřestění pouze napodobují. Malý gekon rodu *Teratoscincus* ze středoasijských pouští odrazuje nepřítele zvukem, který připomíná šustění šupin prudce jedovaté zmije paví (*Echis carinatus* (Schneider, 1801)). Sova králičí (*Athene cunicularia* (Molina, 1782)) žijící v Americe hnízdí v norách psounů. Aby se žádný vetřelec neodvážil vlézt do nory, odpuzuje nepřítele syčením, které je podobné tomu hadímu (Veselovský, 2005).

Výstražné postoje jsou často také spojeny s odhalováním nápadných vzorů. Jihoamerická žába hvízdalka překvapivá (*Physalaemus biligonigerus* (Cope, 1861)) v ohrožení pozvedne proti útočníkovi zadní část těla, kde odhalí dvě černé skvrny podobné očím (Veselovský, 2005). Některé druhy kober mají roztažitelnou část krku (tvořící charakteristický terč) doplněnu kresbou v podobě „brýlí“ nebo jen „oka“. Náhlé objevení se velkých bílých „očí“ např. u kobry indické (*Naja naja* (Linnaeus, 1758)) má většinou za následek zastrašení útočníka, který se raději dá na ústup. Některé bojgy nejprve nafouknou hrdlo až na trojnásobek jeho původní šířky. Hrdlo však zůstává ze stran zploštělé a na růžovém podkladě takto vytvořených terčů náhle vyniknou jakési „oči“ Had se otočí „očima“ k nepříteli, trhavě pohybuje hlavou a vymršťuje rumělkově zbarvený jazyk, který má pravděpodobně též zastrašovací funkci. Pak obvykle otevře tlamu a vyrazí po vetřelci, avšak bez úmyslu kousnout. Spíše omylem se občas zastrašování přemění v přímý útok. Když had naznačuje výpad k zastrašení, zasáhne nepřítele čumákem nebo jinou částí těla. Tento úder však nikdy není příliš silný, ale menšího tvora někdy zastraší. V krajních případech může had kousnout, čehož pak využije k okamžitému útěku. U velkých hadů, jako jsou hroznýši, krajty a anakondy, může dojít i k obtočení útočníka smyčkami těla (Felix, 1978).

I další druhy hadů mají pestře zbarvený jazyk, který může mít zastrašovací efekt. Např. zeleně zbarvená užovka smaragdová (*Opheodrys vernalis* (Harlan, 1827)) z USA má rovněž červeně zbarvený jazyk. Náhle kmitající červeň uprostřed moře zelených listů, kde tento had žije, často vetřelce odradí od případného útoku (Felix, 1978). I někteří ještěři se snaží zahnat útočníka vyplazováním jazyka, např. australské tylikvy syčí a prudce vyplazují zářivě zbarvený jazyk, čímž varují predátory (Kajan, 2006),

Zajímaví způsob k překvapení nepřítele používá kalifornská užovka prstencová (*Thamnophis ordinoides* (Baird & Girard, 1852)). Svrchu má břidlicovou barvu, zatímco břicho je žlutavé a spodní strana ocasu je oranžová. Když je užovka napadena, utvoří z ocasu spirálovitý kotouč a obrátí ho oranžovou barvou nad hlavu proti nepříteli. Ten je často tak překvapen, že raději ustoupí (Felix, 1978).

Jeden z nejpozoruhodnějších ochranných způsobů mají tři druhy severoamerických ropušníků – ropušník sluneční (*Phrynosoma solare* Gray, 1845), ropušník trnohlavý (*P. cornutum* (Harlan, 1825)), (Obr. 9) a ropušník kalifornský (*P. coronatum* (Blainville, 1835)). Prudce zvýší tlak krve v dutinách očních, až prasknou jejich stěny, a očními koutky vystříkují několikrát po sobě tenké praménky krve až do vzdálenosti 1,2 metru. Jde však o obranu až v nejkrajnějších situacích proti větším predátorům, jako jsou např. psovité šelmy. Pokud se cítí méně ohroženi, používají tradičnější obranné prostředky. Často se nafukují, aby dosáhli zvětšení svého objemu, nebo dělají výpady směrem dopředu a syčí (Carwardine, 2010).

Obr. 9: Ropušník trnohlavý (*Phrynosoma cornutum*), 2012



Zdroj: <http://www.biolib.cz/>

Obr. 10: Křídla slunatce nádherného (*Eurypyga helias*), 2012



Zdroj: <http://cs.wikipedia.org/>

Ptáci většinou zastrašují predátory široce roztaženými křídly, což je běžné především u sov nebo u slunatce nádherného (*Eurypyga helias* (Pallas, 1781)), (Obr. 10). Také savci mají řadu zastrašovacích postojů (Veselovský, 2005).

6.3 Chemická obrana

Do chemické obrany můžeme zařadit různé jedy, sekrety a odpudivé látky, jejichž použití je často ve spojení s výstražným postojem a zbarvením. Hadi se při napadení často brání vypouštěním páchnoucího obsahu z análních žláz. Např. u užovky obojkové (*Natrix natrix* (Linnaeus, 1758)) je vystřikován zvláštní výměšek, jenž má za úkol odradit nepřítele, který hada uchopil do tlamy. Podobně se ve stejné situaci chová i užovka žlutopruhá (*Elaphe flavolineata* (Schlegel, 1837)), (Felix, 1978).

Další využívanou taktikou převážně kober je „plivání“ jedu. Do skupiny používající tuto taktiku patří několik druhů a poddruhů rodu *Naja* (např. kobra černokrká (*Naja nigricollis* Reinhardt, 1843), poddruh kobry indické (*Naja naja sputatrix* Bourret, 1937)) a

kobra obojková (*Hemachatus haemachatus* (Bonnaterre, 1790)). Jedové kanálky těchto kober neústí na rozdíl od většiny ostatních druhů ve špičce jedových zubů, ale vysoko vpředu nad špičkou zubu a ještě jsou poněkud zúženy. Spolu se zvýšenou schopností stlačit svoji jedovou žlázu jim to umožňuje vystříkovat jed na vzdálenost až přes 2 metry (udává se „dostřel“ až 4 metry). Vzhledem k tomu, že se jed rozpráší nejen přirozeným rozstříknutím, ale i jemnými pohyby hlavy, málokdy mine cíl (Burton, 1998). Jed těchto „plivajících“ kober je velmi rychle vstřebáván oční sliznicí, a proto působí téměř okamžitě. U větších živočichů má za následek dočasnou či trvalou slepotu, u menších může způsobit dokonce i smrt. V Africe jsou pozorováni psi oslepení jedem kober, se kterými se dostali do styku. Pokud jed dopadne pouze na kůži, nezpůsobí žádná poranění. Dostane-li se však do otevřené rány nebo odřeniny, může se též vstřebat a účinkovat jako po kousnutí (Felix, 1978).

Ze savců disponují silně páchnoucími látkami někteří zástupci kunovitých (lasicovitých) a cibetkovitých šelem, dále ještě jisté druhy krtků a rejsek (Veselovský, 2005). Asi nejvíce páchnoucí jsou některé druhy čeledi lasicovitých, zvláště z podčeledi skunků (Mephitidae Bonaparte, 1845), (Obr. 11). Mají velmi dobře vyvinuté anální pachové žlázy, produkující oleji podobnou žlutou silně páchnoucí tekutinu, jejíž účinnou složkou je butanthiol. Ta je uložena ve váčcích, které ústí do konečníku. Některé druhy vystříkují v případě ohrožení tuto tekutinu řitním otvorem. Skunk dokáže přesně mířit na 2 metry a dostříknout až do vzdálenosti 6-7 metrů. Vypouštějí buď jakýsi sprej, nebo proud drobných kapiček. Síla účinku se druh od druhu velmi liší, rozdíly jsou i mezi jedinci, a dokonce i v různých ročních obdobích. Dostane-li se sekret do očí, způsobuje pálení, silné podráždění a občas i dočasné oslepnutí. Zápach je sirnatý a tak silný, že jej lze ucítit i v dálce 2,5 kilometru po směru větru. Zasažený tvor dále zvrací a často dochází k poškození čichového orgánu. Tekutina se drží na oběti a postupně se uvolňuje ještě několik dnů. Výsledkem tohoto obranného systému je, že se většina živočichů skunkům vyhýbá. Pozoruhodnou výjimkou je výr virginský (*Bubo virginianus* (Gmelin, 1788)), kterému tento sekret zřejmě nevádí (Cawardine, 2010).

Nejjedovatější druhy savčí říše jsou z řádu *Soricomorpha* (rejsci, krtci a štěinatci) z čeledi rejskovití (Soricidae) a štěinatcovití (Solenodontidae). Konkrétně je to štěinatec kubánský (*Solenodon cubanus* Peters, 1861), štěinatec haitský (*Solenodon paradoxus* Brandt, 1833), rejsek krátkocasý (*Blarina brevicauda* (Say, 1823)) a rejsec vodní (*Neomys fodiens* (Pennant, 1771)). Tyto druhy mají slinné žlázy, které produkují neurotoxický jed a ústí v blízkosti řezáků na spodní čelisti. Při kousnutí pronikají jedovaté sliny do poranění, následně do centrální nervové soustavy a způsobují paralýzu. Jed rejska krátkocasého je tak silný, že pokud by se podal intravenózně, zabil by až 200 myši (Cawardine, 2010).

Obr. 11: Skunk (Mephitidae)



Zdroj: <http://animal-wildlife.blogspot.com/>

Obr. 12: Ptakopysk podivný (*Ornithorhynchus anatinus*)



Zdroj: <http://zpravy.idnes.cz/>

Jedovatí jsou i samci ptakopyska podivného (*Ornithorhynchus anatinus* (Shaw, 1799)), (Obr. 12) z řádu ptakořitných (Monotremata C. L. Bonaparte, 1837). Jedová žláza je uložena na stehně a kanálkem je spojena s rohovitou ostruhou na vnitřní straně kotníků zadních nohou. Ostruhy jsou vztyčovány z kožního záhybu a jed je uvolňován, když ptakopysk sevře nepřítelů zadními nohama. Jeho sevření je tak pevné, že není možné se z něj vyprostit. Všeobecně se předpokládá, že ostruhy slouží k obraně. Zde však vyvstává otázka, proč jimi nejsou vybaveny i menší samice, které by je potřebovaly více (Cawardine, 2010).

Jed používají proti svým nepřítelům i outloňové rodu *Nycticebus* z řádu primátů (Primates). Pod lokty předních končetin vyměšují mírně jedovatý sekret, který mísí se slinami a roztírají si ho po srsti (Cawardine, 2010).

I kůže některých obojživelníků vylučuje látky s antibiotickými či obrannými účinky včetně jedů. Tyto látky odrazují nepřítelů svou nepříjemnou chutí nebo jedovatostí (Kajan, 2006). Velmi jedovaté jsou malé jihoamerické pralesničky rodů *Dendrobates* a *Phyllobates*. Jejich kožní žlázy vyměšují jedy zvané batrachotoxiny, které jsou velmi účinné. Nejjedovatější je výměšek z kůže pralesničky strašné (*Phyllobates terribilis* Myers, Daly & Malkin, 1978), (Obr. 13), jež je asi dvacetkrát silnější než jedy vylučované jinými pralesničkami. Tato pralesnička vyloučí až 2 miligramy jedu, což by stačilo k usmrcení 20 000 laboratorních myší (Veselovský, 2005). Nejvíce zapáchající žábou je největší zástupce čeledi pralesničkovitých (*Dendrobatidae*) – vhodně pojmenovaná pralesnička skunkovitá (*Aromobates nocturnus* Myers, Paolillo O. & Daly, 1991). Na rozdíl od ostatních členů čeledi,

kteří se v obraně spoléhají na toxicitu svých výměšků, pralesnička skunkovitá (*Aromobates nocturnus*) místo toho vylučuje nechutně zapáchající látky. Je zajímavé, že chemikálie zodpovědná za zápach, je stejná sloučenina organické síry, kterou vylučují skunkové (Cawardine, 2010).

Obr. 13: Pralesnička strašná (*Phylllobates terribilis*), 2012



Zdroj: <http://www.arkive.org/>

Obr. 14: Varující čtverzubec rudoploutví (*Takifugu rubripes*), 2012



Zdroj: <http://lemur.amu.edu.pl/>

Z ryb jsou prudkým jedem vybaveny zejména ropušnice (*Scorpaena*) a perutýni (*Pterois*). Na ostny hřbetních ploutví je kanálky vylučován velmi účinný jed, který způsobuje selhání krevního oběhu. Čtverzubci rodu *Takifugu* (Obr. 14) při napadení zvětšují svůj objem ale dravec, který se nenechá odstrašit, zahyne na otravu smrtelně jedovatým tetrodotoxinem, který se koncentruje hlavně v játrech, gonádách, jikrách a kůži. (Veselovský, 2005). Tetrodotoxin působí postupné ochrnutí svalstva. Oběť otravy se udusí při plném vědomí. Jed je vytvářen bakteriemi *Pseudomonas* a také bakteriemi *Vibrio fischeri* (Beijerinck, 1889), které kolonizují trávicí soustavu ryby. Ryba obsahuje smrtelnou dávku pro cca 30 lidí. Vysoká jedovatost ryby však neodrazuje japonské labužníky, kteří oceňují zvláštní chuť způsobenou právě minimálním množstvím jedu v pokrmu. Připravovat tuto rybu mohou pouze licencovaní kuchaři, takže pokrmy podávané v restauracích by měly být bezpečné. Každoročně nicméně zahyne několik lidí na otravu z neodborně připravené ryby nebo podcenění množství jedu ve vysoce jedovatých orgánech (Anon., 2012).

6.4 Tanatóza (akineze)

Tanatóza či akineze neboli předstírání smrti je stav, při kterém se téměř zastaví tělesné funkce a zvíře se vůbec nepohybuje. Např. skokan volský (*Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802)) maximálně vytrčí nohy do výšky, zploští tělo a zůstane delší dobu v nehybném postoji.

Stavění se mrtvým je účinná taktika využívaná především hady. Ti se často převrátí na záda a otevřou obě čelisti s posmrtným vyplazením jazyka. V ústní dutině dojde k prasknutí drobné cévky a objeví se krev a krevní podlitiny. Takto se brání např. naše užovka obojková (*Natrix natrix*) nebo užovkovití hadi heterodoni. Je-li heterodon plochonosý (*heterodon platirhinos* Latreille in Sonnini & Latreille, 1801) v ohrožení, nafukuje se, syčí a vyrazí proti nepříteli. Pokud tato obrana selže, otočí se na záda, otevře tlamu, vyplázne jazyk a zůstane nehybně ležet. Do této polohy se vrátí, i když je predátorem otočen zpět na břicho (Burton, 1989). Malí pralesní pahroznýšovec rodu *Tropidophis* (Obr. 15) z Antil však tuto strategii dovedl k dokonalosti. Při napadení se prudce a pevně stočí do klubíčka, čímž mu popraskají krevní kapiláry a začne krváčet z tlamy. Krví se naplní i očníce a současně dojde k vytlačení silně páchnoucí tekutiny, která má silně hnilobný zápach. Taková kořist působí dojmem, že už se značně dlouhou dobu rozkládá a pro predátora není zrovna vábným soustem (Veselovský, 2005).

U ptáků je tato schopnost vzácností. Přesto se poměrně často vyskytuje u sov pálených (*Tyto alba* (Scopoli, 1769)) a mláďat čápů. Je známá i u některých druhů holubů. U samice kulíka se nedá mluvit přímo o tanatóze – v případě ohrožení se svěřeným křídlem předstírá zranění, aby predátora odhlákala od mláďat (Veselovský, 2005).

Obr. 15: Pahroznýšovec rodu *Tropidophis*, 2012



Zdroj: <http://forusrakos.blog.cz/>

Obr. 16: Vačice opossum (*Didelphis marsupialis*), 2012



Zdroj: <http://forusrakos.blog.cz/>

Ze savců se akinezí brání několik druhů netopýrů a malých kunovitých šelem. Nejdokonaleji však předstírá smrt americká vačice opossum (*Didelphis marsupialis* Linnaeus, 1758) Stočí se na bok, vypoulí oči, povolí hlavu, otevře tlamu a nechá z ní vyčnívat jazyk

(Obr. 16). Je velmi přesvědčivá zejména proto, že se nepohne, ani když se jí predátor dotkne, kousne ji nebo s ní třese (Arora, 2009). Je-li to nutné, vydrží vačice v tomto stavu až 6 hodin. Její mozek však zůstává v neustálé pohotovosti a vačice je připravena okamžitě se probrat zpět k životu a vzchopit se ve chvíli, kdy ji predátor položí nebo uvolní svůj stisk (Cawardine, 2010). Stavění se mrtvým je popsáno i u jihoamerických pouštních veverek a jihoamerických lišek (Veselovský, 2005).

6.5 Mutilace

Asi nejznámějším a nejrozšířenějším příkladem mutilace (neboli sebemrzačení) je autotomie, jejíž mechanismus spočívá v odvržení periferní části těla (Obr. 17). V živočišné říši je velice rozšířena, avšak u obratlovců je jediným orgánem, který může být takto odvržen, ocas. Kaudální autotomie (též urotomie) je rozšířena u některých ocasatých obojživelníků, haterií, u mnoha ještěřů, několika málo hadů a dokonce i u některých savců (Roček, 2002).

Obr. 17: Ještěrka korsická (*Podarcis Tiliguerta*) po autotomii, 2012



Zdroj: <http://www.nature-motion.de/>

Obr. 18: Odvržený ocas pagekona ušatého (*Rhacodactylus ciliatus*), 2012



Zdroj: <http://geckoacrete.fr.gd/>

Anatomicky je tato schopnost dána příčnými zónami zlomu, jejichž pozice je u plazů intravertebrální (neprobíhá mezi obratli, ale napříč obratlovým centrem a neurální lištou) a u ocasatých obojživelníků intervertebrální (probíhá mezi obratli). Kromě několika postsakrálních obratlů (bývá jich 4-9) dělí zlomová zóna všechny ocasní obratle, takže se ocas může odlomit jak na špičce, tak i za kořenem. Zmíněné postsakrální obratle zůstávají autotomií nedotčeny, protože je v jejich úrovni kloaka, u samců hemipenis, a jsou na ně upevněny rovněž svaly účastníci se pohybu. K odlomení ocasu dochází maximálně 3 obratle před místem dotyku, čímž zvíře ztratí pouze jeho nezbytnou část. V první fázi se svaly před a za místem dotyku silně kontrahují. Většinou se ocas v důsledku kontrakce ohne (předpokládá

se proto, že k autotomii je nutné, aby byl ocas nějakým způsobem fixován, např. zuby predátora), (Roček, 2002).

Autotomie může nastat dokonce i na již odtrženém ocase. Odvržený ocas je schopen samostatného pohybu, což odvrátí pozornost nepřítele od unikajícího jedince (Obr. 18). Význam autotomie byl dokázán i experimentálně, kdy byli útokům přirozeného hadího predátora vystavováni gekoni s normálně vyvinutým ocasem a gekoni, kteří ocas v důsledku autotomie již jednou ztratili. Zjistilo se, že 37 % zdravých jedinců díky autotomii uniklo, zatímco 100 % bezocasých bylo uloveno (Roček, 2002).

S autotomií souvisí regenerace, což je schopnost vytvářet relativně složité struktury, které byly v důsledku nejrůznějších příčin ztraceny. Regeneraci lze rozdělit do několika fází: hojení rány, vytvoření zárodečné tkáně, diferenciací tkáně a růst. Vlastní rána je celkem malé poškození. Krvácení se velmi rychle zastaví, svalstvo se během několika minut zakryje kůží, která se kolem rány stáhne. Konec pahýlu je tvořen jen malý rudimentem obratle. Růst začíná asi 5 dní po autotomii a trvá asi 3 měsíce. Výsledkem bývá regenerovaný ocas, který může i přesáhnout velikost toho původního, většinou však dosahuje pouze zlomku původní velikosti. Při regeneraci často dochází k odchýlkám od normálního vývoje, což je také důvod, proč se v přírodě můžeme setkat např. s ještěrkami, které mají dva i více ocasů. Schopnost regenerace se druh od druhu velmi různí (Roček, 2002).

Podobný význam jako autotomie má i úlekové pelichání u ptáků, zejména u holubů a kurových. Při útoku predátora mohou naráz ztratit veškerá rýdovací a část hřbetních per. Celý chomáč ztraceného peří zmátne nepřítele, který na něj útočí místo skutečné kořisti. U některých drobných hlodavců, myšic a plchů, se z ocasu (pokud ho nepřítel chytí do tlamy) stáhne kůže i s chlupy. Podobně jsou na tom někteří scinkové (Scincidae Gray, 1825) a gekoni (Gekkonidae Gray, 1825), kteří jsou při chycení schopni se svléknout z pokožky (Veselovský, 2005).

6.6 Obranné struktury

Do obranného chování můžeme zařadit i ochranné struktury a pancéřování. U savců se takové struktury vyvinuly např. u několika druhů z řádu ptakořitných (Monotremata) - ježur (*Tachyglossa* McKenna, 1993) a paježur (*Zaglossa* Gill, 1877). Ty se pomocí svých silných drápů zahrabávají neuvěřitelnou rychlostí do podkladu a nastavují nepříteli velmi ostré ostny. Dále jsou ostny vybaveni někteří madagaskarští bodlíni, zejména rody *Echinops* a *Setifer*, kteří se pomocí podkožních svalů stočí do klubička. Nejdelší a nejmohutnější ostny se nachází pravděpodobně u dikrobazů. Jejich nebezpečí však nespočívá pouze v jejich délce a síle, ale

také v možné infekci, kterou mohou přenášet. Často se proto stávají příčinou smrti nezkušeného predátora. Dikobraz varuje nepřítele chřestěním dutých ostnů na konci ocasu. Ostny jsou usazené v kůži jen velmi volně a snadno se uvolňují, rychle ale dorůstají. V Severní i Jižní Americe žije řada bodlinatých hlodavců (Rodentia) ze skupiny morčatovců (*Caviomorpha*). Typickým zástupcem je urzon kanadský (*Erethizon dorsatum* (Linnaeus, 1758)), (Obr. 19), který má bodliny vybaveny zpětnými háčky, takže si je nepřítel jen tak nevytrhne. Při manipulaci naopak pronikají stále hlouběji do kůže. Přepadený urzon se snaží výpadem proti nepříteli vbodnout do jeho kůže co největší počet ostnů. Krátké ostny v srsti mají i někteří další hlodavci, např. myši bodlinaté rodu *Acomys* (Veselovský 2005).

Obr. 19: Urzon kanadský
(*Erethizon dorsatum*) 2012



Zdroj: <http://www.biolib.cz/>

Obr. 20: Kajmanka supí
(*Macrochelys temminckii*), 2012



Zdroj: <http://www.biolib.cz/>

Tlaku odolnou páteř propojenou obratlovými výrůstky mají afričtí rejsci rodu *Scutisorex*. Pevnost páteře tohoto druhu, měřícího pouze 15 centimetrů, je schopna bez následků odolat plné váze dospělého člověka. Africká poloopice poto velký (*Perodicticus potto* (Müller, 1766)), má na posledních krčních a prvních hrudních obratlích ostré výběžky, prorážejících kůži, které při nebezpečí nastavuje proti nepříteli. Jedinými savci, kteří ke své obraně využívají brnění z čistě rohovitých, překrývajících se šupin (jiní savci jsou chráněni zesílenou kůží nebo kostěnými destičkami s rohovitým povrchem), jsou luskouni (*Pholidota* Weber, 1904). Díky těmto šupinám, vyrůstajícím ze silné kůže, připomínají spíše plazi než

savce. Šupiny chrání každý kousek jeho těla kromě břicha a vnitřní strany končetin, postupně vypadávají a jsou nahrazovány novými (Cawardine, 2010). Silné krunýře z kostěných a rohovinou pokrytých šupin mají i pásovci. Avšak pouze jediní zástupci rodu *Tolypeutes* se dovedou stočit do kuličky (Veselovský, 2005).

Mohutný krunýř z kostěných i rohovinových desek mají krokodýli, kostěným pevným krunýřem se charakterizuje i většina želv (Obr. 20). Různými trny či ostny je vybavena i celá řada ještěrů, u většiny z nich se však jedná o pouhou poměrně měkkou "ozdobu", jíž navíc často disponují jen samci. Jihoafrický ještěr kruhochvost štítnatý (*Cordylus cataphractus* Boie, 1828) má však tělo chráněno silnými rohovitými šupinami s trny podloženými kostěnými destičkami. Skrývá se hlavně ve skalních dutinách, a je-li překvapen nepřítelem, zakousne se do konce svého ocasu a vytváří nebezpečně vyhlížející trnitý kruh. Nápadný ostnitý krunýř má i moloch ostnitý (*Moloch horridus* J. E. Gray, 1841). Jiným druhům narůstají kluzké šupiny, které lze jen těžko sevřít (Kajan, 2006).

Ochrannými trny se vyznačuje i řada ryb. Např. mořská ryba ježik hnědý (*Diodon holocanthus* Linnaeus, 1758) při ohrožení polyká velké množství vody a vztyčí trny na těle. Při obranném zvětšení se však snižuje jeho pohyblivost. Stejně jako ostatní bodlokovití (Acanthuridae) má i bodlok Vlamingův (*Naso vlamingii* (Valenciennes, 1835)) na bocích ocasu nebezpečné trny, kvůli kterým dostal lidový název "chirurg". Ostny ve tvaru skalpelu v nebezpečí vztyčí a může způsobit nepříteli hluboké poranění (Veselovský, 2005).

6.7 Obranný význam živočišných společenstev

Živočišná společenstva mají v obraně před nepřítelem velmi důležitou roli. Mnoho druhů překračuje vzájemnou vazbu běžného uspořádání do jednotlivých párů nebo rodin a spojuje se na čas nebo natrvalo do větších sociálních jednotek. Těmto jednotkám dále říkáme společnosti, skupiny, stáda, smečky či tlupy. Souhrnně bychom je mohly označit jako konglobace (Veselovský, 2005). Losos B. a kol. (1984) definují konglobaci jako societu, vzniklou působením vnějších činitelů, motivovanou také vnitřními faktory (ukrývání skupiny v příhodném úkrytu, společné hnízdění, apod.). Skupina se většinou skládá z příslušníků téhož druhu, ale může být i heterotypická, složená z různých druhů.

Statistickými metodami bylo dokázáno, že větší množství jedinců ve skupině je lépe chráněno před útokem predátora. Je to dáno hlavně tím, že více očí více vidí, více uší více slyší a více nosů více cítí. Blížící se nepřítel je mnohem rychleji objeven skupinou, než-li samotným jedincem. Elgar (1989) zveřejnil kritický soubor pozorování 50 druhů ptáků i savců s průkaznými výsledky. Tato pozorování potvrdila, že čím větší je skupina, tím kratší

dobu musí jedinci věnovat zajištění bezpečnosti a tím více času jim zbývá pro sběr potravy. Saino (1994) dokázal na hejnech vrány černé (*Corvus corone* Linnaeus, 1758), že větší efekt získávání potravy záleží nejen na velikosti potravního zdroje, ale i na velikosti hejna. Zatímco ve velkém hejnu věnují jednotlivé vrány kratší dobu pozorování okolí, a díky tomu se prodlužuje čas určený k získávání potravy, u menších hejn je tomu právě naopak. Kenward (1977) pomocí pokusů zjistil, že neúspěšnost lovu jestřába závisí na počtu holubů v cílovém hejnu. Jediného holuba uloví jestřáb v 80 % případů, zatímco u hejna čítajícího nad 50 jedinců se šance úspěšného lovu snižuje na 5 %. Veselovský (2005) uvádí, že většina tlup primátů živících se na zemi si při sběru potravy staví stráž nebo se vedoucí samci rychle nasytí a potom hlídají. Stavění stráží je dokázáno i u pucholovitých šelem, u nichž vznikla tzv. hlídací kasta.

Další účinnou obranou využívanou jedinci ve skupinách je konfuze efekt. Tímto pojmem se označuje jev, kdy hejno nebo skupina zvířat složitě kličkuje před predátorem, jejich běžecké dráhy se prolínají a tím mu znesnadňují výběr kořisti a přímý útok. S tímto jevem se setkáváme např. při útoku dravých ryb, menší hejno se brání tak, že se jednotlivé rybky rozprchnou všemi směry. Dále tuto strategii využívají i velká manévrující hejna letících ptáků. Tinbergen (1963) popsal, že při útoku sokola se špačkové shluknou do kompaktního hejna, které navíc provádí složité letové manévry. Podobně se chovají i hejna snovačů nebo stáda jelenů axisů vepřích (*Axis porcinus* (Zimmermann, 1780)), (Veselovský, 2005).

Na další mechanismus skupinové obrany upozornil Hamilton (1971) a efekt pojmenoval sobecké stádo. Vypozoroval, že v případě nebezpečí se skupiny shluknou do uzavřené formace a jednotlivá zvířata využívají svých druhů jako jakýchsi živých štítů, za kterými se snaží ukrýt. Tyto studie dokázaly, že velikost určité society snižuje riziko ulovení predátorem. Jedinec je poměrně snadnou kořistí, když se však k němu přidá devět dalších členů, snižuje se možnost být uloven na jednu desetinu. Při útoku predátora se všichni jedinci snaží přemístit do středu skupiny. Proto se sociálně žijící druhy snaží překonat území, kde může dojít k napadení predátorem, v co nejhustším útvaru. U papuchalků, alek a alkounů se všechna mláďata díky synchronizovanému hnízdění líhnou téměř ve stejné době a společně i vylétají z hnízda. Když potom hromadně odlétají ze skalních útesů na otevřené moře, velikost hejna zabrání, aby se stala obětí útoků velkých druhů mořských racků. Také skupiny antarktických tučňáků čelí útokům dravého tuleně leopardího (*Hydrurga leptonyx* Blainville, 1820) tak, že všichni jedinci naskáčou do vody najednou a znesnadní tak predátorovi soustředění na jediný objekt. Mořské rybky rodu *Plotosus* se brání kolektivně tím, že se celé hejno při vyrušení prudce shlukne a vytvoří útvar podobný ježovce (Veselovský, 1964).

Další možností obrany je mobbing. Tento způsob spočívá v aktivním napadání nepřítele. Je známo, že ptáci hnízdící ve velkých koloniích, se společně snaží zahnat predátora. Objeví-li ptáci v koruně stromu spícího dravce nebo sovu okamžitě se shromáždí mezidruhovú obrana, která často končí přímým napadením. Kolonie kvícal i jiné druhy drozdů nalétávají ve skupinách na sedící sovu nebo krkavce a bombardují je trusem. Mobbing využívají zejména pěvci, ale velmi agresivní mohou být i kolibřici, kteří napadají dravce a bodají je velmi ostrými zobáky. Některé druhy pouštních timálií útočí i na zmiže a takové útoky na hady jsou známé i u pouštních jihoafrických veverek. Hady kolektivně zahánějí i cibetkovité šelmy surikaty (*Suricata suricatta* Schreber, 1776). Mobbing byl pozorován i u některých malých druhů mangust. Pižmoni se seskupují po objevení vlků do kruhu, v němž chrání svými hrozivými rohy mláďata. Podobně se shlukují před vlkem stáda sobů, kteří také často hledají ochranu i v „protivlčím“ obranném valu pižmoňů. Stejně se chovají bizoni, antilopy losí i divoké horské ovce. Nizozemský etolog Kortland (1967) popsal a nafilmoval mobbing i u šimpanzů, kteří se snažili zahnat levharta házením větví. Podobné chování bylo pozorováno i u samců paviánů (Veselovský, 2005).

7 Pasivní obrana

Pasivní obrana je v živočišné říši zajišťována hlavně ochranným zbarvením a přizpůsobením tvaru těla, které pro každého živočicha představuje velmi důležitý ochranný mechanismus, jež ho především chrání před přirozeným nepřítelem (Čačko, 1999). Tyto jevy se obecně nazývají jako mimetické jevy.

7.1 Mimetické jevy

Pojem mimikry (miméze), odvozený od řeckých slov *mimetikos* (= napodobující) a *mimeisthai* (= napodobovat), byl poprvé užit Kirbym a Spencerem v učebnici entomologie v roce 1817, a to v souvislosti s udivující podobností brazilské strašilky rodu *Phasmia* suché větví. V dnešním použití znamená podobnost mezi dvěma živočichy, která není zapříčiněna příbuzností nebo korvengentním vývojem, ale je způsobena v typickém případě selekčním tlakem predátorů. Živočich může být podobný i neživému předmětu (Komárek, 2004).

Napodobovaný předmět nebo živočich bývá nazýván vzorem nebo modelem, napodobitel se nazývá mimetik a zvíře kvůli němuž mimetik napodobuje vzor, se označuje jako příjemce signálu. Podle Wallace (1889) má mimetismus 5 určitých znaků: oba druhy (mimetik i model) se vyskytují na stejném stanovišti, mimetik má vždy horší obranyschopnost, modelů je vždy více než mimetiků, mimetik se nápadně odlišuje od svých

nemimetických příbuzných a napodobování je pouze vnější, netýká se vnitřních podobností (Komárek, 2004).

S mimetickými jevy se pojí tzv. Oudemansův fenomén, vyskytující se u všech živočichů s přetržitými povrchy (plazi, ptáci), kdy na peří či šupinách jsou nápadně zbarveny pouze odkryté části navzájem se překrývajících morfologických struktur – ty ostatní jsou zbarveny nenápadně, nejčastěji šedě. Navenek se tedy vytváří smysluplný grafický celek (celostní kresba, "holotypická kresba"), který se v jiné než přirozené poloze živočicha rozpadá na několik částí. Příkladem může být kachna divoká (*Anas platyrhynchos*), která má modré křídelní "zrcátko" (modrá je vždy jen část každého pírka), (Obr. 21) nebo skokan hnědý (*Rana temporaria*), jehož zadní nohy pokrývá kryptická kresba (Obr. 22), (Komárek, 2004).

Obr. 21: Kachna divoká
(*Anas platyrhynchos*), 2012



Zdroj: <http://www.jirsaphoto.cz/>

Obr. 22: Skokan hnědý
(*Rana temporaria*), 2012



Zdroj: <http://zoo.wendys.cz/>

Zde by mělo být uvedeno ještě Peterichovo biochromatické pravidlo, týkající se kombinace barev na površích živočichů: teplé barvy (od červené po žlutozelenou) a studené barvy (od modrozelené po fialovou) bývají vždy odděleny alespoň úzkým proužkem nějaké neutrální barvy (bílá, šedá, černá, hnědá, neutrální zeleň), nikdy se nevyskytují těsně vedle sebe (Komárek, 2004).

Rozlišujeme 2 základní typy zbarvení: kryptické a sémantické.

7.2 Kryptické zbarvení (kamufláž)

Mechanismus kryptického zbarvení spočívá v tvarovém i barevném utváření povrchů, které živočicha znenápadňují. Nejjednodušší strategií pro přežití je chovat se způsobem, který vede k přehlédnutí či k ignoraci ze strany nepřítele. Proto schovávající se kořist často využívá

faktu, že predátoři jsou extrémně citliví k pohybu a lokalizují svou kořist zejména pomocí vizuálních podnětů. Částečným odstraněním těchto klíčových signálů, nutí své nepřátele, aby investovali více času a energie do jejich hledání. Účinnost kamufláže je obvykle závislá na schopnosti zvířete zůstat na delší dobu ve stavu nehybnosti. Jedinec však dokáže splynout s pozadím pouze tehdy, je-li ve správném prostředí. Paradoxně je možné se ukrýt, i když je zbarvení na první pohled velmi výrazné. (Alcock, 1975).

7.2.1 Fytomimeze

Fytomimeze je pojem používaný pro připodobnění živočicha k rostlině nebo její části. Sem patří všechna maskující zbarvení, od nejjednodušších, nechávajících zvíře zmizet v rostlinném porostu, až po nejsložitější, napodobující s naprostou důkladností lišejníky, květy, usychající listy, atd. (Komárek, 2004). Např. tělo mořského koníka řasovníka rozedraného (*Phycodurus eques* (Günther, 1865)), (Obr. 23) je složeno ze samých stonků a lístečků. Navíc se dokáže mořským chaluhám přizpůsobit i příslušnou barvou, mezi skutečnými řasami je tudíž k nerozeznání. Nevýhodou jeho taktiky je, že se nemůže odvážit mimo řasové porosty (Fokt, 2011). Jihoamerické ryby ostnáči jednovousí (*Monocirrhus polyacanthus* Heckel, 1840), (Obr. 24) připomínají tvarem a zbarvením těla uschlý, na vodě spadlý list, přičemž jediný vous vyrůstající na bradě, napodobuje řapík listu (Veselovský, 2005). Podobným způsobem se maskují i ryby pilohřbetci hnědí (*Lobotes surinamensis* (Bloch, 1790)), kteří žijí v mangrovových lesích (Broom, 1981).

Obr. 23: Řasovník rozedraný
(*Phycodurus eques*), 2012



Zdroj: <http://www.zivocich.com/>

Obr. 24: ostnáč jednovousý
(*Monocirrhus polyacanthus*), 2012



Zdroj: <https://accounts.google.com/>

Většina rosniček a listovnic žijící v zelených listech má dokonalé krycí zbarvení. Listovnice zručná (*Phyllomedusa sauvagei* Boulenger, 1882) se dokonce před vyschnutím brání tím, že si předními i zadními nohama potírá celé tělo výměškem kožních žláz a celý den pak tráví nepohnutě jako soška z vosku (Veselovský, 2005). Pro gekona třásnitého (*Uroplatus fimbriatus* (Schneider, 1797)), pocházejícího z Madagaskaru, je charakteristický listovitě plochý ocas, ploché řasy a výrůstky na bocích těla. Pokud se přitiskne k povrchu větví pokrytých mechy a lišejníky, dokonale splyne s podkladem (Fokt, 2011). Mezi ještěry jsou pak zvláště proslulí chameleoni se svou schopností barvoměny, díky které dokonale splývají s okolím (Kajan, 2006). I mezi hady je fyto-mimeze rozšířena, jejich barva a vzor většinou napodobují podklad, na němž se vyskytují. Bičovka nosatá (*Ahaetulla nasuta* (Lacépède, 1789)) z jihovýchodní Asie zcela splývá s listovým stromů, kde žije (Burton, 1998).

Z ptáků mají dokonalé krycí zbarvení např. jihoameričtí lelci potuové šedí (*Nyctibius griseus* (Gmelin, 1789)). Ve dne sedí ve vzpřímené pozici na stromě jako ulomené pahýly, jejich velké oči překrývají víčka s malými zářezy na okrajích, díky nimž ptáci pečlivě pozorují okolí (Veselovský, 2005). I většina samic ptáků hnízdících na zemi, jako jsou sluky, raci, čejky a další druhy, má charakteristické krycí zbarvení. Stejně tak i jejich mláďata, která se v případě ohrožení přitisknou k zemi, s níž opticky téměř splynou (Čačko, 1999).

7.2.2 Zoomimeze

Zoomimeze je napodobování živočichů nebo jejich částí (Komárek, 2004). Mnoho ryb využívá skutečnosti, že útok dravých ryb či ptáků směřuje téměř výhradně na hlavu. Proto je vlastní oko kryté černým páskem či maskou a blízko ocasní ploutve se nachází černá výrazná skvrna – falešné oko – která odchyluje útok od velmi zranitelné hlavy (Breed, Moore, 2010). Zobec obecný (*Chelmon rostratus* (Linnaeus, 1758)) dokonce občas plave i pozpátku, aby ještě více zmátl nepřítele (Hornýánszky and Tasi, 2002). Někteří scinkové a menší hadi mají nápadně modře či oranžově zbarvené ocasy, které pohybem i barvou odvádějí pozornost nepřítele od hlavového konce těla (Veselovský, 2005).

7.2.3 Allomimeze

Při allomimezi zvířata napodobují neživé objekty. (Komárek, 2004). Např. „kobercový“ žralok wobegong skvrnitý (*Orectolobus maculatus* (Bonnaterre, 1788)) bez hnutí leží na mořském dně a připomíná kámen. Žába rosněnka průsvitná (*Centrolenella parabambae* (Boulenger, 1898)), hlídající svá vajíčka přilepená na listu, připomíná sklovitou kůži s nepravidelnými šedými skvrnami spíše ptačí trus. Řada severských ptáků, např. bělokurové

rodu *Lagopus*, a ze savců zajíci, např. zajíc běláček (*Lepus timidus* Linnaeus, 1758), má bílý zimní šat, který je při přikrčení k sněhovému podkladu dokonale chrání před objevením nepřítelem (Veselovský, 2005).

7.2.4 Kontrast světla a stínu

Další způsob maskování je založen na principu protistínu. Jestliže pozorujeme nějaký objekt osvětlený z jedné strany, vnímáme ho jako těleso hlavně proto, že jedna strana je osvětlená a druhá ve stínu. Je-li objekt rovnoměrně osvětlený ze všech stran, zdá se nám plochý. Pokud nakreslíme na jeho osvětlenou stranu nějakou tmavou kresbu, bude se nám objekt při jednostranném osvětlení jevit jako plochý, a už ho nebudeme vnímat jako těleso. Barvy na tělech zvířat jsou uspořádány tak, že při normálním osvětlení se zdají být rovnoměrně rozložené, čímž se ztrácí vnímání trojrozměrného těla. Většina druhů ryb má hřbetní stranu tmavou a břišní světlou. Při osvětlení shora splývá tmavé zbarvení s přirozeným stínem na břišní straně, což vyvolává dojem, že ryba je po celém těle rovnoměrně tmavá, a ve svém prostředí splývá s okolím (Čačko, 1999). Prudké rozdíly světla a stínu využívají ke své obraně i pralesní zvířata. Na první pohled nápadné černobílé zbarvení tapíra čabakového (*Tapirus indicus* Desmarest, 1819) se v hustém pralesním porostu mezi ostrými plochami světla a stínu změnil v dokonalou kamufláž. Pouštní antilopy, např. gazela dama (*Gazella dama* (Pallas, 1766)), mají ve zbarvení na těle velmi ostré hranice mezi tmavým, rezavě hnědým hřbetem a bílými partiemi na břiše, bocích a zadku. Při prudkém světle střídání tmavých a bílých partií výrazně opticky zploští trojrozměrný tvar těla a znesnadňuje jeho objevení. Ležící, odpočívající gazely natáhnou hlavu dopředu a jejich hřbetní strana zcela splývá s podkladem (Veselovský, 2005).

7.3 Sémantické zbarvení

Sémantické zbarvení je zbarvení a povrchová struktura, jejichž cílem je učinit živočicha nápadným, což bývá nejčastěji dosahováno kombinací pestrých a vzájemně kontrastních barev. Škodliví nebo nebezpeční živočichové na tuto skutečnost upozorňují jasnými, dobře viditelnými barvami a vzorováním, které má ještě umocnit odpudivý zážitek. Na základě pozorování v přírodě je jasné, že nejefektivnější jsou červená a žlutá v kombinaci s černou. Existuje mnoho typů barevných vzorů, které mají odpudit predátora. Nejlépe osvědčeným vzorem je tzv. oční skvrna. Nejděsivější se jeví koncentrické kruhy, navíc trochu asymetricky uspořádané (Komárek, 2004). Varující zbarvení neboli aposematismus spočívá v tom, že někteří bezbranní tvorové napodobují zbarvením i tvarem těla nebezpečného, nepoživatelného nebo jedovatého živočicha (Veselovský, 2005). Výstražné

obranné mimikry ještě můžeme rozlišit na tři typy: Batesovské mimikry, Müllerovské mimikry a Martensovské mimikry.

7.3.1 Batesovské mimikry

Batesovo mimikry jsou nazývány podle anglického entomologa H. W. Batese. Popisují stav, kdy neškodní živočichové napodobují nebezpečné (hlavně jedovaté nebo nepoživatelné) druhy a přejímají jejich znaky, čímž se chrání před útokem predátora. Aby však fungovaly, musí být početnost napodobovače menší než početnost nejedlého modelu. V okamžiku, kdy predátor potkává více mimiků než modelů, přestává si spojovat výstražnost s nevhodností.

Obr. 25: Mločík červený
(*Pseudotriton rube*), 2012



Zdroj: <http://www.biolib.cz/>

Obr. 26: Čolek zelenavý
(*Notophthalmus viridescens*), 2012



Zdroj: <http://www.biolib.cz/>

Např. mločík červený (*Pseudotriton ruber* (Sonnini de Manoncourt & Latreille, 1801)), (Obr. 25) je chráněn díky podobnosti s nepoživatelným druhem čolkem zelenavým (*Notophthalmus viridescens* (Rafinesque, 1820)), (Obr. 26), (Veselovský, 2005). Pestré zbarvení sestavené z červených, černých, bílých či žlutých proužků prudce jedovatých hadů korálovců z rodů *Micrurus* a *Micruroides* je směle napodobováno úplně neškodnými užovkami rodu *Lampropeltis* a *Atractus* (Burton, 1998).

7.3.1 Müllerovské mimikry

Dalším typem jsou Müllerovské mimikry (podle A.S. Müllera). Jedná se o případ, kdy jeden nebezpečný či nejedlý druh napodobuje jiný nebezpečný druh. Většina jedovatých živočichů má proto velmi podobné výstražné zbarvení, takže nepříteli stačí pouze jeden

pokus, aby se naučil vyhýbat podobně vypadajícím jedincům. Tím se zvyšuje pravděpodobnost přežití obou lovených druhů (Komárek, 2004).

7.3.2 Mertensovské mimikry

Posledním typem aposematismu jsou nejméně využívané Emsleyovy-Mertensenovy mimikry, kdy velmi nebezpečný druh přejímá výstražné znaky méně nebezpečného druhu. Např. středně jedovatá korálovka rodu *Lampropeltis* (Obr. 27) je napodobována nejen méně jedovatými druhy (rod *Simophis*), ale i jedovatějšími příbuznými (rod *Micrurus*), (Obr. 28), (Komárek, 2004).

Obr. 27: rod *Lampropeltis*, 2012



Zdroj: <http://www.mexico-herps.com/>

Obr. 28: rod *Micrurus*, 2012



Zdroj: <http://www.biolib.cz/>

8 Závěr

I když se tato práce zabývá pouze obratlovci, nebylo by spravedlivé opomenout říši bezobratlých živočichů, která si se svými možnostmi antipredačního chování nezavdá s říší obratlovců. Zde bych chtěla zmínit ještě alespoň jeden příklad. Koukal (2007) uvádí, že světovým rekordmanem v mimetických jevech je prazvláštní chobotnice, kterou odborníci objevili teprve nedávno v zapadlém koutu Indonésie. Tvarem i barvou umí imitovat celkem patnáct vodních živočichů. Každou chvíli se proměňuje – v mořského hada, rybu slizouna, rejnoka. Mezi napodobovanými živočichy nechybí ani sasanky a korýši - včetně raka poustevníčka. Z něj se v mžiku dokáže proměnit ve zploštělého platýze s chapadly vzadu. Podivné zvíře navíc přesně napodobuje i chování živočichů, které právě představuje. Někdy je téměř neviditelné, aby se vzápětí proměnilo v tvora, který výhrůžným postojem varuje možného predátora.

Závěrem práce je třeba dodat, že i když je téma antipredačního chování velice rozsáhlé, stále ještě není dle mého názoru zcela probádané a mnohé stále ještě zůstává skryto.

9 **Seznam literatury**

- Akimuškin, I. 1989. Podivuhodná zvířata. Lidové nakladatelství. Praha. 224 s. ISBN: 8070220236.
- Alcock, J. 1975. Animal behavior. Sinauer Associates. Massachusetts. p. 547. ISBN: 0878930221.
- Arora, M. P. Animal behaviour. 2009.. Himalaya Publishing House. Mumbai. p. 443. ISBN: 9788178667751.
- Begon, M., Harper, J. L., Townsend, C. R. 1997. Ekologie: jedinci, populace a společenstva. Vydavatelství Univerzity Palackého. Olomouc. 949 s. ISBN: 8070676957.
- Breed, M. D., Moore, J. (eds.). 2010. Encyclopedia of animal behavior – Volume 1. Academic Press/Elsevier. Amsterdam. p. 834. ISBN: 9780080453330.
- Broom, D. M. 1981. Biology of behaviour: mechanisms, functions and applications. Cambridge University Press. Cambridge. p. 320. ISBN: 0521299063.
- Burton, J. A. 1998. Kniha o hadech. Václav Svojtka & Co. Praha. 144 s. ISBN: 8072370936.
- Carwardine, M. 2010. Rekordy ze světa zvířat. Slovart. Praha. 256 s. ISBN: 9788073913182.
- Čačko, L. 1999. Boj o přežití [online]. Koktejl. 1999 (7-8). Dostupné z http://www.czechpress.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=1379%3Aboj-o-peiti&Itemid=4.
- Elgar, M. 1989. Predator vigilance and group-size in mammals and bird – a critical review of the empirical evidence. Biological reviews of the cambridge philosophical society. 64 (1). 13 – 33.
- Felix, J. 1978. Hadi. SZN. Praha. 156 s.
- Franck, D. 1996. Etologie. Karolinum. Praha. 323 s. ISBN: 8070668784.
- Gaisler, J., Zima, J. 2007. Zoologie obratlovců. Vyd. 2. Academia. Praha. 692 s. ISBN 9788020014849.
- Griffin, D. R. 1984. Animal Thinking. Harvard University Press. Cambridge. p. 237. ISBN: 067403712X.
- Hamilton, W. D. 1971. Geometry for selfish herd. Journal of theoretical biology. 31 (2). 295 – 311.
- Hornyánszky, B., Tasi, I. 2002. Nature's I.Q. Torchlight Publishing. Badger CA. p. 159. ISBN: 9639353094.

- Cheney, D. L., Seyfarth, R. M. 1992. How monkeys see the world. University of Chicago Press. Chicago. p. 388. ISBN: 9780226102467.
- Kajan, M. (ed). 2006. Zvířata. Ottovo nakladatelství. Praha. 608 s. ISBN: 8073603888.
- Komárek, S. 2004. Mimetismus, aposematismus a příbuzné jevy. Dokořán. Praha. 188 s. ISBN: 8086569721.
- Koukal, M. Mimikry: Rafinovaně útočné i ochranné [online]. 21. století. 20. července 2007 [cit. 2012-4-3]. Dostupné z: <http://21století.cz/blog/2007/07/20/mimikry-rafinovane-utocne-i-ochranne/>
- Losos, B. a kol. 1984. Ekologie živočichů. SPN. Praha. 316 s.
- Obratlovci [online]. 5. února 2012 [cit. 2012-2-22]. Dostupné z <http://cs.wikipedia.org/wiki/Obratlovci>.
- Parker, S. 2002. Predátoři. Ottovo nakladatelství. Praha. 128 s. ISBN: 8071817546.
- Roček, Z. 2002. Historie obratlovců. Academia. Praha. 511 s. ISBN: 8020008586.
- Sanio, N. 1994. Time budget variation in relation to flock size in carrion crows, *Corvus corone corone*. Animal behaviour. 47 (5). 1189 – 1196.
- Takifugu [online]. 9. února 2012 [cit. 2012-4-3]. Dostupné z <http://cs.wikipedia.org/wiki/Takifugu>.
- Veselovský, Z. 1964. Praobyčejná zvířata. ČSM. Praha. 298 s.
- Veselovský Z. 1971. Are animals different? Methuen, London. p. 208. ISBN: 416674801
- Veselovský, Z. 1992. Chováme se jako zvířat?. Panorama. Praha. 247 s.
- Veselovský, Z. 2005. Etologie:biologie chování zvířat. Academia. Praha. 407 s. ISBN: 802001331.