

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA AGROBIOLOGIE, POTRAVINOVÝCH A PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ
KATEDRA OBECNÉ ZOOTECHNIKY A ETOLOGIE



Potravní strategie vybraných druhů netopýrů Chiroptera

Bakalářská práce

Autor práce: Rebeka Ježková

Obor studia: Speciální chovy (ABPS)

Vedoucí práce: Ing. Renata Masopustová, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Potravní strategie vybraných druhů netopýrů Chiroptera“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12. 4. 2018

Rebeka Ježková

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Ing. Renatě Masopustové, PhD. D. za její trpělivost, vstřícnost a v neposlední řadě věnovaný čas a rady, které mi pomohly tuto práci vytvořit. Také bych chtěla poděkovat mojí rodině, která mi poskytla zázemí a pomoc při finálních úpravách.

Potravní strategie vybraných druhů netopýrů Chiroptera

SOUHRN

Řád Chiroptera, česky letouni, je považován za druhou největší skupinu savců a tvoří ji přibližně 20 % dnešních žijících savců na Zemi. Letouni jsou kosmopolitní a vyskytují se na všech kontinentech, kromě Antarktidy a několika izolovaných ostrovů. Do tohoto řádu patří insektivorní, frugivorní, nektarivorní, karnivorní a hematofágní druhy, které se od sebe liší různými morfologickými adaptacemi.

Cílem této bakalářské práce bylo popsat potravní strategie letounů, jejich způsoby lovu a morfologické odlišnosti, které jim umožňují výběr potravy. V prvních kapitolách je popsána stručná fylogeneze a taxonomie řádu letouni (Chiroptera). Jeden z nejstarších popsaných druhů tohoto řádu žil před cca 52,5 miliony let (počátek Eocénu) a nese znaky dokazující, že let se u letounů vyvinul před echolokací. Také se již taxonomicky nerozlišují podřády Kaloni (Megachiroptera) a Netopýři (Microchiroptera), ale v rámci jednoho řádu jsou zástupci dělení pouze do čeledi.

V dalších kapitolách je zmíněné rozšíření letounů na jednotlivých kontinentech, kde největší druhová diverzita je v neotropické oblasti a největší variabilita potravních specializací se vyvinula v teplejších oblastech. Zmínka je také o ohrožení a ochraně letounů, kdy největší hrozbou je antropogenní činnost a pro netopýry Severní Ameriky nemoc zvaná White-nose syndrome. Kvůli významným úbytkům zástupců tohoto řádu byly založeny různé ochranné organizace a uvedeny v platnost zákony zaměřené na jejich ochranu nejen ve světě, ale i v České republice.

Hlavní část práce je věnována popisu fyziologie a morfologie lebky, chrupu, křídel, zažívacímu traktu a echolokaci. Tvar lebky je velmi variabilní v závislosti na druhu a jeho potravní specializaci. Většinou podlouhlé úzké lebky mají plodožraví a nektarivorní, naopak široké krátké lebky patří karnivorním a insektivorním druhům. Chrup je adaptován v závislosti na přijímané potravě. Může docházet i k jeho redukci (například ztráta stoliček u hematofágů).

Stavba křídel se většinou u letounů neliší – křídla jsou tvořena prodlouženými předními končetinami, u kterých je létací blána natažená mezi tělem, horními a dolními končetinami letouna. K ocasu se mohou specificky pojit blány, podle toho, zda se jedná o druh patřící mezi srostloocasé nebo volnoocasé netopýry.

Zažívací trakt je uzpůsoben příjmu konkrétního typu potravy. U insektivorních a karnivorních druhů je zkrácený a postrádá střevo, u plodožravých se vyvinul větší žaludek a dvakrát delší střevo, než je délka těla, nektarivorní zástupci mají oproti plodožravým menší žaludek a delší střeva, hematofágní druhy mají žaludek dlouhý, tenkostěnný s odlišnou funkcí.

Práce se také zabývá specifickými loveckými strategiemi, které se vyvinuly u konkrétních druhů letounů. Některé druhy využívají strategie Slow Hawking, Fast Hawking, Trawling, Gleaning a Flycatching, avšak zmíněné techniky mohou být také kombinovány v závislosti na zvolené kořisti. Literární přehled se věnuje vybraným zástupcům s určitými potravními specializacemi, kterými jsou insektivorie, frugivorie, nektarivorie, karnivorie a hematofágie. Vybranými druhy jsou netopýr velký, netopýr ušatý, netopýr dlouhouchý, netopýr hvízdavý, netopýr černý, tadarida guánová, vrápenec malý, kaloň egyptský, listonos plodožravý, *Anoura fistulata*, glosofága dlouhojazyčná, kaloň lysý, netopýr rybožravý, netopýr rybařící, *Myotis adversus*, netopýr vodní, listonos žabožravý, megaderma australská, upír obecný, upír ptačí a upír bělokřídlý. U každého zástupce jsou vypsány informace o výskytu, průměrné velikosti jedince, sociálních strukturách, habitatu a úkrytech, o způsobech a technikách lovu a druhu potravy.

KLÍČOVÁ SLOVA: letouni, Chiroptera, netopýři, potrava, biologie, rozšíření

The food strategy of selected species of bats Chiroptera

SUMMARY

The order Chiroptera is considered to be the second largest order and makes up about 20 % of extant mammals. Bats are cosmopolitan and occur on all continents except Antarctica and several isolated islands. This order includes insectivorous, frugivorous, nectarivorous, carnivorous and haematophagous species that differ from each other by morphological adaptations.

The aim of this bachelor thesis was to describe the feeding ecology of the order Chiroptera, their ways of hunting and morphological differences which offer them variety sources of food. The first chapters describe phylogeny and taxonomy of the order Chiroptera. One of the oldest species lived about 52,5 million years ago (during the early Eocene epoch), which carries strong evidence of developed flight before the echolocation was evolved. Also the classification of Bats as suborders Megabats (Megachiroptera) and Microbats (Microchiroptera) is no longer valid and species are classified only into families.

In the following chapter there is mentioned the Chiroptera diversion on all continents, where the largest species diversity is in neotropic areas and the greatest diversion of feeding ecologies are more in tropical areas than temperate ones. Another chapter is about threats and protection of Bats, when the biggest threat to Bats is anthropogenic activity and for North American bats a disease called White-nose syndrome. Due to the significant decreases of the species populations of this order, various organizations and laws for their protection were made.

The main part of the thesis is focused on the description of physiology and morphology of skulls, teeth, wings, digestive system and echolocation. The variability of skull shape depends on the species. Skulls which are long and narrow belong to frugivorous and nectarivorous species, and wide, short skulls belong to carnivorous and insectivorous species. The denture adaptation depends on the food which bats consume. Teeth may also be reduced (for example molars of haematophagous species).

Wing construction is mostly alike within the order, and consists of elongated forelimbs with membrane attached to the body, the upper and lower limbs. The tail can vary by species and may be attached to the membrane as well.

The digestive system is adapted for different intake of food. Insectivorous and carnivorous species have short digestive system and lack the intestine, frugivorous species have larger stomach and twice as long intestine as their body, nectarivorous species have smaller stomach and longer intestines compared to frugivorous species, and the haematophagous species have a long, thin-walled stomach which vary in function compared to other mammals.

The next chapter is focused on the foraging behaviour that species use, which are Slow Hawking, Fast Hawking, Trawling, Gleaning and Flycatching. However these types of foraging behaviour can be combined depending on prey they choose to hunt. The final chapter deals with selected species of certain feeding ecology such as insectivory, frugivory, nectarivory, carnivory and haematophagy. Those selected species are Greater Mouse-eared Bat, Brown Long-eared Bat, Grey Long-eared Bat, Common Pipistrelle, Western Barbastelle, Mexican Free-tailed Bat, Lesser Horseshoe Bat, Egyptian Fruit Bat, Jamaican Fruit-eating Bat, Tube-lipped Tailless Bat, Pallas's Long-tongued Bat, Common Blossom Bat, Greater Bulldog Bat, Fish-eating Bat, Large-footed Myotis, Daubenton's Myotis, Fringe-lipped Bat, Ghost Bat, Common Vampire Bat, Hairy-legged Vampire Bat and White-winged Vampire Bat. Each species is described with information about distribution, average size, social structures, roosting sites, feeding ecology and foraging behaviour.

KEYWORDS: bats, diet, feeding ecology, foraging behaviour

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. CÍL PRÁCE	2
3. LITERÁRNÍ PŘEHLED	3
3.1 STRUČNÁ FYLOGENEZE LETOUNŮ	3
3.2 STRUČNÁ TAXONOMIE LETOUNŮ	4
3.2.1 Vývoj taxonomie druhu	4
3.2.2 Aktuální taxonomie řádu (podle Wilson a Reeder, 2005)	5
3.3 ROZŠÍŘENÍ VE VOLNÉ PŘÍRODĚ	6
3.3.1 Rozšíření letounů v Evropě	6
3.3.2 Rozšíření letounů v Severní a Jižní Americe	7
3.3.3 Rozšíření letounů v Asii a Indonésii	8
3.3.4 Rozšíření letounů v Africe.....	8
3.3.5 Rozšíření letounů v Austrálii a Novém Zélandu	9
3.4 OHROŽENÍ A OCHRANA LETOUNŮ	10
3.4.1 Ohrožení letounů	10
3.4.1.1 Lidská činnost.....	10
3.4.1.2 Nemoci letounů	12
3.4.2 Ochrana letounů.....	14
3.5 FYZIOLOGIE A MORFOLOGIE LETOUNŮ	16
3.5.1 Stavba lebky a chrupu.....	16
3.5.2 Stavba a tvar křídla	17
3.5.3 Zažívací trakt	18
3.5.3.1 Insektivorní a karnivorní druhy	18
3.5.3.2 Frugivorní a nektarivorní druhy	19
3.5.3.3 Hematofágní druhy	19
3.5.4 Echolokace.....	20
3.6 LOVECKÉ STRATEGIE PŘI ZÍSKÁVANÍ POTRAVY VE VOLNÉ PŘÍRODĚ	22

3.6.1	Strategie Fast hawking	22
3.6.2	Strategie Slow hawking	22
3.6.3	Strategie Trawling	23
3.6.4	Strategie Gleaning	23
3.6.5	Strategie Flycatching a Perch-hunting.....	24
3.7	POTRAVNÍ SPECIALIZACE	25
3.7.1	Insektivorie	25
3.7.1.1	Insektivorní druhy z čeledi Vespertilionidae.....	25
3.7.1.2	Insektivorní druhy z čeledi Molossidae.....	28
3.7.1.3	Insektivorní druhy z čeledi Rhinolophidae.....	28
3.7.2	Frugivorie a nektarivorie	29
3.7.2.1	Frugivorní druhy z čeledi Pteropodidae	29
3.7.2.2	Frugivorní druhy z čeledi Phyllostomidae	30
3.7.2.3	Nektarivorní druhy čeledi Phyllostomidae	31
3.7.2.4	Nektarivorní druhy čeledi Pteropodidae.....	32
3.7.3	Karnivorie	32
3.7.3.1	Piscivorní druhy čeledi Noctilionidae	33
3.7.3.2	Piscivorní druhy čeledi Vespertilionidae.....	34
3.7.3.3	Karnivorní druhy z čeledi Phyllostomidae	35
3.7.3.4	Karnivorní druhy z čeledi Megadermatidae	35
3.7.4	Hematofágie.....	36
4.	ZÁVĚR.....	38
5.	SEZNAM LITERATURY	39
6.	SAMOSTATNÉ PŘÍLOHY	46

1. ÚVOD

Letouni jsou řád savců žijící na všech kontinentech světa s výjimkou Antarktidy. Nejen že je kosmopolitní, ale je zároveň považován za druhý největší řád savců po hlodavcích (Roček, 2002). Jsou známí především jako hmyzožravci s noční aktivitou, avšak existuje nemálo čeledí s potravní specializací na nektar z květů rostlin a plodů, dále karnivorní zástupci, kteří loví i drobné obratlovce, a také netopýři živící se pouze krví obratlovců. K jejich potravním specializacím se váží i různorodé morfologické adaptace, aktivita ve dne či noci nebo i způsob jakým svou kořist loví (Anděra, 2014).

2. CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je popsat různé potravní strategie letounů a seznámit se s druhy netopýrů, řazenými mezi potravní specialisty i mezi omnivory.

Téma se zaměří také na různé způsoby jejich lovu a na získávání požadované potravy, protože vzhledem obrovskému areálovému rozšíření netopýrů se u těchto savců vyvinuly unikátní adaptace, směřující ke snažšímu lovu a příjmu potravy.

3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 STRUČNÁ FYLOGENEZE LETOUNŮ

Letouni jsou jedním z nejvíce specializovaných řádů moderních savců. Všichni jsou schopni aktivního letu, který byl patrný jako vysoce vyvinutý již v prvních fosilních nálezech. Nejstarším nalezeným letounem je *Onychonycteris finneyi* Simmons et al., 2008 který žil cca před 52,5 miliony let. U tohoto druhu je velmi malý hlemýžď ve vnitřním uchu, podobně jako u letounů, kteří nevyužívají k lovu echolokaci. Tento náález je přímým důkazem hypotézy, že let se vyvinul před echolokací (Merritt, 2010). Dalším nalezeným zástupcem byl *Icaronycteris* Jepsen, 1966 z počátku Eocénu (přibližně před 52,2 miliony let), který byl již velmi podobný dnešním zástupcům tohoto řádu. Avšak kvůli nedostatkům kosterních nálezů není možné přesně určit, kdy se začali divergovat (Carroll, 1988). Teeling et al. (2005) dále uvádějí hypotézu, že letouni mohou pocházet z raného Paleocénu a tím tak zavrhují teorii, že by letouni pocházeli z Gondwany, dokonce i se zahrnutím druhu *Australonycteris* Hand, et al. 1994 ve svých analýzách. Byl také předpoklad, že se poprvé začali vyvíjet v jižní hemisféře, avšak to je založeno na datech o nynější druhové diverzitě a hustotě Chiroptera. V dnešní době je možné tvrdit, že letouni jsou kosmopolitním řádem, ale druhově je poměrně rozšířený endemismus.

Sice není možné určit, jak rapidní byl průběh změn v počáteční fázi evoluce letounů, ale je jisté, že změny v průběhu ranného Eocénu byly velmi pomalé. *Icaronycteris* již měl přední končetiny podobné dnešním letounům. Prodloužené pažní kosti, částečný srůst loketní kosti a lopatkou v dorzální pozici (Carroll, 1988).

3.2 STRUČNÁ TAXONOMIE LETOUNŮ

3.2.1 VÝVOJ TAXONOMIE DRUHU

Řád Letouni zahrnují přibližně 20 % dnešních žijících savců na Zemi. Avšak jejich evoluční vývoj není tolik probádaný vzhledem k nedostatečným fosilním záznamům a nedokončeným či sporným fylogenezím. Řadíme je do nadřádu Archonta, kam patří i řády Primates, Dermoptera a Scandentia na základě monografie M. C. McKenna a S. K. Bella z roku 1997 (Fejfar, 2005).

Teeling et al. (2005) vypracovali detailní fylogenetické rozlišení, na základě molekulární genetiky všech existujících čeledí letounů. Jejich hypotéza je založena na faktu, že původní taxonomie rozlišující Netopýry a Kaloně není geneticky správná, a původní Megachiroptera (Kaloní) mají něco společného s liniemi čtyř hlavních čeledí původních Microchiroptera (Netopýrů) žijících na počátku Eocénu (přibližně 52 až 50 milionů let před naším letopočtem), kdy narůstala teplota na Zemi a zvyšovala se rozmanitost rostlin a hmyzu. Dále uvádějí, že tři z hlavních linií Microchiroptera mají původ v Laurasii, kdežto čtyři další linie z té samé skupiny mají původ v Gondwaně.

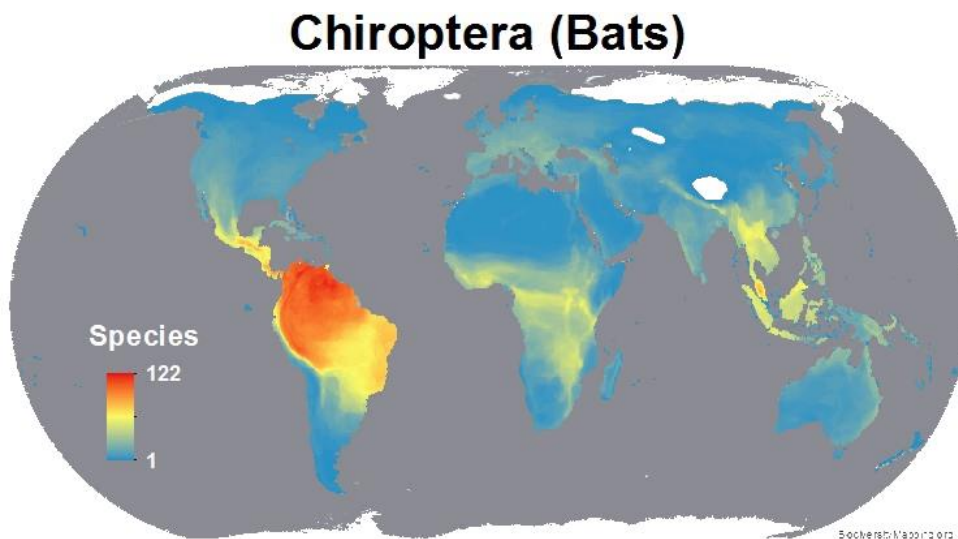
Morfologické záznamy tradičně rozlišují dva podřády, Megachiroptera s českým názvem Netopýři a Microchiroptera známé jako Kaloně, které jsou rozděleny na základě echolokace a způsobu letu. Molekulární záznamy ale poukazují na příbuznost sesterských taxonů rhinolophidních netopýrů a kaloňů. Toto tvrzení stojí na předpokladu, že řád Chiroptera není monofyletický. Na základě těchto nových poznatků můžeme dělit letouny na podřády Yangochiroptera, jinak nazývané Vespertilioniformes a Yinpterochiroptera neboli Pteropodiformes. Avšak výše zmíněné dělení nebylo dosud schváleno a není používáno (Teeling et al., 2005). Jones et al. (2001) také podporují studie, které nesouhlasí s dělením letounů podle morfologických znaků, ale i přes to, nesouhlasí s dělením na Yangochiroptera a Yingochiroptera. Avšak tvrdí, že taxonomické dělení letounů není ustálené, kvůli nedostatku fosilních nálezů a nedostatku informací.

3.2.2 AKTUÁLNÍ TAXONOMIE ŘÁDU (PODLE WILSON A REEDER, 2005)

Říše:	živočichové	Animalia Linnaeus, 1758
Kmen:	strunatci	Chordata Bateson, 1885
Podkmen:	obratlovci	Vertebrata Cuvier, 1812
Nadtřída:	čtyřnožci	Tetrapoda Gaffney, 1979
Třída:	savci	Mammalia Linnaeus, 1758
Infratřída:	placentálové	Eutheria Gill, 1872
Řád:	letouni	Chiroptera Blumenbach, 1799
Čeleď:	netopýrkovití	Craseonycteridae Hill, 1974
	pavrápencovití	Hipposideridae Lydekker, 1891
	megadermovití	Megadermatidae Allen, 1864
	kaloňovití	Pteropodidae Gray, 1821
	vrápencovití	Rhinolophidae Gray, 1825
	víkonosovití	Rhinopomatidae Bonaparte, 1838
	embalonurovití	Emballonuridae Gervais, 1855
	furipterovití	Furipteridae Gray, 1866
	létavcovití	Miniopteridae Dobson, 1875
	tadaridovití	Molossidae Gervais, 1855
	mormoopidovití	Mormoopidae Saussure, 1860
	mystacinovití	Mystacinidae Gray, 1843
	myzopodovití	Myzopodidae Thomas, 1904
	natalovití	Natalidae Gray, 1866
	noktilionovití	Noctilionidae Gray, 1821
	nykteridovití	Nycteridae Hoveen, 1855
	listonosovití	Phyllostomidae Gray, 1825
	tyropterovití	Thyropteridae Miller, 1907
	netopýrovití	Vespertilionidae Gary, 1821

3.3 ROZŠÍŘENÍ VE VOLNÉ PŘÍRODĚ

Letouni jsou kosmopolitní živočichové. Tento řád se rozkládá přes všechny kontinenty kromě Antarktidy a pár izolovaných ostrovů. Největší druhová diverzita je v neotropické oblasti, do které řadíme Jižní a Střední Ameriku, část Mexika a ostrovy v Karibském moři (Hutson et al., 2001).



Obrázek č. 1: Mapa rozšíření letounů.

(Upraveno podle zdroje: <http://biodiversitymapping.org/wordpress/index.php/mammals/>)

3.3.1 ROZŠÍŘENÍ LETOUNŮ V EVROPĚ

Evropa je území, které obývá cca 52 druhů z pěti čeledí letounů. Vespertilionidae je nejvíce početnou čeledí této oblasti, čítá přibližně 38 druhů a je rozšířená po celé Evropě. Rhinolophidae je čeleď, která sčítá pět druhů letounů vyskytujících se na území Evropy. Dále jsou čeledi, které jsou zastoupeny na tomto kontinentě pouze jedním druhem – Miniopteridae a Molossidae – které se nacházejí v západní a jižní Evropě, čeleď Nycteridae zasahuje na Balkánský poloostrov a jeden druh z čeledi Pteropodidae se vyskytuje na Kypru (Hutson et al., 2001).

V České republice se nacházejí dvě čeledi letounů. Jsou to Vespertilionidae a Rhinolophidae a dohromady čítají 26 druhů. Z čeledi Vespertilionidae je nejvíce zastoupeným netopýrem netopýr velký *Myotis myotis*, Borkhausen, 1797 který obývá většinu území ČR, dále také netopýr brvitý *Myotis emarginatus* Geoffroy, 1806, který se nachází ve východních Čechách a na Moravě. Dalším hojným druhem z čeledi Rhinolophidae je vrápenec malý *Rhinolophus hipposideros* Bechstein, 1800, který je rozšířen převážně ve středních a východních Čechách a na Moravě. Zmíněné druhy jsou také hlavními zástupci druhů, které jsou monitorovány a sčítány v ČR (Andreas a kol., 2010).

3.3.2 ROZŠÍŘENÍ LETOUNŮ V SEVERNÍ A JIŽNÍ AMERICE

Přibližně 40 druhů letounů ze čtyř čeledí obývá Severní Ameriku, avšak největší zastoupení mají letouni ve Střední a Jižní Americe (známé také jako Latinská Amerika), kde se nachází přes 150 druhů z devíti čeledí. Nejpočetnějšími čeleděmi těchto území jsou Emballonuridae, kteří se nejvíce vyskytují ve Střední Americe, Phyllostomidae, kteří obývají oblasti Střední Ameriky, ostrovů Karibského zálivu a severní části Jižní Ameriky a čeleď Molossidae, která obývá neotropickou oblast. Do čeledi Phyllostomidae patří druhy, které jsou jak insektivorní, tak nektarivorní, plodožraví, masožraví a také k nim patří tři druhy letounů rodu *Desmodus*, kteří disponují potravní specializací zvanou hematofágie. Další početná čeleď je Vespertilionidae, kteří žijí na území Severní Ameriky a v neotropické oblasti. Přes to, že většina druhů z čeledi Vespertilionidae je hmyzožravá, některé druhy rodu *Myotis*, například *Myotis vivesi* Ménègaux, 1901, jsou rybožravé. Na těchto kontinentech se také vyskytují čeledě Furipteridae, Mormoopidae, Natalidae, Noctilionidae a Thyropteridae (Hutson et al., 2001). Většina druhů z těchto čeledí je insektivorní. Střední a Jižní Ameriku spolu s Karibskými ostrovy ale obývá druh netopýr rybožravý *Noctilio Leporinus* Linné, 1758 z čeledi Noctilionidae, který je znám pro rybožravost (Myers, 2001).

Latinská Amerika je považována za útočiště nejrozmanitější biodiverzity letounů na světě. Také v jižní části Severní Ameriky až po Mexiko se nacházejí největší kolonie letounů. Příkladem jsou zástupci druhu tadarida guánová *Tadarida brasiliensis* Geoffroy, 1824, kteří vytvářejí největší známé savčí kolonie na území Texasu v počtu až 20 milionů jedinců (Hutson et al., 2001).

3.3.3 ROZŠÍŘENÍ LETOUNŮ V ASII A INDONÉSII

Asijský kontinent je útočištěm až 450 druhů letounů, u kterých se přibližně 190 druhů živí ovocem, listy a nektarem, zbývající druhy jsou hmyzožravé. Indonésie má přibližně 175 druhů letounů. Největší hustota populací a diverzita druhů se nachází v jihovýchodní části Asie a pokračuje až na ostrovy Indonésie. Jen v jižní části Asie se nachází až 128 druhů letounů. Ze států jižní Asie, do kterých patří Indie, Nepál, Pákistán, Bangladéš, Afghánistán, Srí Lanka, Bhútán a Maledivy, má Indie více než 90 % celkové diverzity letounů. Velká část druhů jsou z čeledi Vespertilionidae, Rhinolophidae, Hipposideridae, Emballonuridae, Molossidae, Megadermatidae a také cca 10 dalších druhů z čeledi Pteropodidae. Do čeledi Pteropodidae patří letouni rodu *Rousettus*. Tento rod je známý svou schopností částečné echolokace, při které používají klikání jazyka o horní patro tlamy (Srinivasulu et al., 2010).

Na území Thajska a Myanmaru je rozšířená čeleď Craseonycteridae s jediným žijícím druhem netopýrek thajský *Craseonycteris thonglongyai* Hil, 1974. Tento druh je známý také pod názvem „Bumblebee bat“ a se svojí hmotností cca 2 g je nejmenším žijícím savcem na světě (Bates et al., 2008).

3.3.4 ROZŠÍŘENÍ LETOUNŮ V AFRICE

Chiroptera na území Afriky jsou velmi důležitou složkou afrického ekosystému. Nejen že loví hmyz, ale jsou významnými opylovači a roznášejí semena. Na tomto kontinentu a jeho přilehlých ostrovech se nachází cca 190 popsáných druhů, z velké části jde o endemity. Odhaduje

se, že zde žije přes 300 druhů letounů, avšak u mnoha druhů není znám areál výskytu. Největší druhová rozmanitost letounů je v oblastech centrální rovníkové a západní Afriky. Hlavními čeleděmi jsou Hipposideridae, Rhinolophidae, Rhinopomatidae, Emballonuridae, Nycteridae, Megadermatidae, Vespertilionidae, Molossidae a Pteropodidae (Hutson et al., 2001). V čeledi Myzopodidae se nacházejí dva popsané endemitické druhy, kteří obývají Madagaskar (Watson, 2002).

3.3.5 ROZŠÍŘENÍ LETOUNŮ V AUSTRÁLII A NOVÉM ZÉLANDU

V Austrálii se nachází přibližně 106 druhů letounů. Jen 53 druhů není ohroženo, ale zbytek je buď ohrožený, kriticky ohrožený, nebo téměř vyhynulý. Řadíme sem čeleď Molossidae, která se rozkládá od východní části Austrálie přes centrální oblasti, Vespertilionidae, která je druhově nejpočetnější čeledí Austrálie nacházející se přes celý kontinent a zasahující některými druhy až na ostrov Tasmánie a Pteropodidae obývající oblasti severu a východního pobřeží Austrálie s přilehlými ostrovy, kteří jsou významní pro svou plodožravost (Hutson et al., 2001). Další čeledí je Megadermatidae s jediným australským druhem megaderma australská *Macroderma gigas* Dobson, 1880. Megaderma australská je potravní specialista, který loví jiné netopýry a obratlovce (McKenzie a Hall, 2008). Rhinolophidae je čeleď, která se rozkládá především na Nové Guinei, ale zasahuje i na severní pobřeží Queenslandu. Druhy čeledi Hipposideridae se nacházejí hlavně v oblastech Queenslandu. Emballonuridae je čeleď, která se rozprostírá přes severní a centrální Austrálii až do Nové Guinei. Do Molossidae patří druhy, které se nacházejí na území severní, centrální a jižní Austrálie. Miniopteridae obývají oblasti severní, východní Austrálie a Nové Guinei. Na australském kontinentě se také nachází čeleď Rhinolophidae (Hutson et al., 2001).

Na Novém Zélandu se nachází jediná čeleď letounů Mystacinidae, do které patří tři endemitické druhy letounů. Mystacina větší *Mystacina robusta* Dwyer, 1962 je druh, který je považován za kriticky ohrožený až vyhubený, zbylé dva mystacina novozélandská *Mystacina tuberculata* Gray, 1843 a netopýr hrbolatý *Chalinolobus tuberculatus* Forster, 1844 jsou považovány za ohrožené druhy (Hutson et al., 2001).

3.4 OHROŽENÍ A OCHRANA LETOUNŮ

3.4.1 OHROŽENÍ LETOUNŮ

Dostupná data ohledně počtu populací letounů ukazují velké úbytky, hlavně kvůli ztrátám habitatu, lovu a tropickým bouřím. Objevy dřívějších objevitelů a vědců naznačují, že hustota populací Pteropodidae bývala velmi vysoká v tropických oblastech. Například roku 1840 Peale z US Exploring Expedition popsal lesy Samoa jako prodchnuté pachem letounů. Dnes nejen že v těchto lesích není již žádný pach letounů cítit, ale je také velká pravděpodobnost letouna při pobytu na Samoi vůbec nezahlédnout. Ve Filipínách hnízdilo přibližně 150 000 letounů, ale dnes jejich počty klesly na pár set jedinců. V Austrálii roku 1930 Ratcliffe zaznamenal kolonie letounů dlouhé 10 kilometrů a 113 kilometrů široké s počtem až 30 milionů jedinců. Dnes mnoho kolonií úplně vymizelo a jsou zaznamenány jen velmi malé počty kolonií, které čítají kolem 100 000 jedinců. V Indonésii a Malajsii Fujita informoval, že po dobu posledních 10 let je pro lovce čím dál tím obtížnější hnízdiště rodu *Pteropus* lokalizovat (Mickleburgh et al., 1992).

3.4.1.1 Lidská činnost

Největším nebezpečím pro většinu letounů jsou aktivity a růst lidské populace. Mnoho druhů je závislých hlavně na lesích a kvůli rozsáhlému ničení tropických deštných lesů jsou jejich populace ohroženy. Dalším faktorem je náhodné nebo cílené ničení jejich hnízdišť lidmi. Většina kaloňů je lokálně nebo komerčně lovena. Příkladem může být komerční lov v oblasti Tichomoří z ostrova Guam, který vedl k vyhubení nejméně jednoho druhu. V některých oblastech také dochází k sporu letounů a pěstitelů ovoce. Letouni jsou ovšem ohrožováni i přírodními faktory. Tropické bouře jsou velkým nebezpečím a mohou mít zničující dopad, hlavně v oblastech, kde jsou již populace pod tlakem lidských aktivit (Mickleburgh et al., 1992). Avšak nejen tropické deštné lesy jsou redukovány. Další hrozbou je i deforestace lesů mírného podnebného pásu a ostatních lesů tropického podnebného pásma. Příkladem jsou suché lesy, které se rozkládají od Mexika po Argentinu, které jsou pravděpodobně jedním z nejohroženějších habitatů této oblasti. Také ve střední a východní Evropě se zvýšilo využívání původních dřívě člověkem nepostižených lesů (Hutson et al., 2001).

Amazonie má největší plochu tropických deštných lesů na světě. Ročně je deforestací postiženo přibližně 10 000 km² Amazonského lesa. Přesto že tato čísla jsou znepokojující, některé oblasti Jižní Ameriky utrpěly mnohem větší ztráty. Příkladem jsou lesy Ekvádoru, které byly zredukovány o 96 %, a zbývá pouze 1 % pobřežního suchého lesa. I Afrika zaznamenává velké ztráty původních lesů (Hutson et al., 2001).

Nejen deforestace kvůli růstu lidské populace decimuje počty letounů, ale velkou roli hraje i zemědělství. Je kladen velký tlak na využívání řek pro lesnictví a neexistuje žádná legislativa, která by chránila tyto oblasti. Staré pobřežní lesy jsou životně důležité pro letouny, protože jsou jediným možným hnízdištěm pro druhy žijící na stromech. Také mechanizovaná sklizeň velmi poškozuje okolní vegetaci. Například v jižní Páraná v Brazílii selektivní těžba dřeva může zanechat mezi 1/3 až 2/3 zbylých stromů těžce poškozené, pokud není prováděna s odpovídající opatrností. Další studie dokazují, že pro letouny jsou důležité určité klíčové prvky krajiny. Například živé ploty, linie lesů aj. jsou používány pro orientaci v době letu. V takových oblastech, kde je prvků hojně, jsou husté sítě letových cest, zatímco v oblastech bez nebo jen s málo takovými prvky, je jen málo letových cest. Některé druhy, například netopýr vodní *Myotis daubentonii* Kuhl, 1817 a vrápenec malý *Rhinolophus hipposideros*, raději následují živé ploty, i když to znamená, že poletí delší trasu, než aby létali přes otevřené oblasti bez takových prvků. Je možné, že taková strategie umožňuje krmení po cestě, a také působí jako ochrana před predátory (Hutson et al., 2001).

Další hrozbou je nahrazení původní vegetace tržními komoditami, kterými jsou palmový olej, kakaovník, kávovník a kaučukovník. Takové zásahy znamenají pokles druhové diverzity, který také ovlivní dostupné druhy hmyzu pro netopýry. Také pesticidy jsou nebezpečné pro populace letounů. Přes to, že jsou vyráběny insekticidy s nízkou toxicitou pro savce, v rozvojových zemích jsou stále využívány vysoce toxické přípravky (například DDT) a mohou být roznášeny vzduchem i do míst, kde se takové pesticidy již nepoužívají. Pesticidy redukují počty hmyzu a jejich diverzitu, což má velké dopady na hmyzožravé letouny. Užití DDT vyústilo v masivní úhyny druhu tadarida guánová *Tadarida brasiliensis* v jižní části USA přes to, že byla tato chemikálie roku 1972 zakázána. V Austrálii pak DDT zapříčinilo masivní vymírání létavce stěhovavého *Miniopterus schreibersii* Kuhl, 1817 (Hutson et al., 2001).

O'Brien et al. (2007) také uvádějí, že hrozbou pro letouny je nejen úbytek habitatu, nebo přírodní katastrofy, ale i inbreeding. Inbreeding, v překladu příbuzenská plemenitba, se vyskytuje u těch zvířat, která nemají k dispozici dostatek jedinců stejného druhu, a proto se uchylují k páření s jedinci příbuznými. Takové křížení má za následek snižování heterozygotních alel s negativními následky. Tato ztráta genetické variability může vyústit v inbrední depresi spojenou s častějším projevem recesivních alel, které mohou být škodlivé a snižovat fitness jedince.

Dalším nově objeveným nebezpečím pro letouny jsou větrné elektrárny, přesněji rotující listy turbín. Objevilo se několik teorií, které by mohly vysvětlovat jejich smrt. Jednou z nich je, že hmyz, který netopýr loví, je přitahován teplem produkovaným motory, nebo světly nacházejících se na větrných turbínách. Další teorií je, že vlnění, které turbína vydává, letouny přitahuje. Jiná teorie uvádí, že netopýry vtahují rotující listy turbín, které vytvářejí oblasti nízkého tlaku vzduchu. Pokud netopýr do takovéto oblasti vlétne, dochází u něj k úmrtí na popraskání cév a roztažení plic (Anděra, 2014).

3.4.1.2 Nemoci letounů

White-nose syndrome, česky syndrom bílého nosu, je nebezpečná nemoc, která decimuje populace hibernujících letounů v Severní Americe. Je to alarmující onemocnění s mortalitou od 70-90 %, které zapříčinilo smrt více než šesti milionů netopýrů v uplynulých šesti letech. Poprvé byl syndrom objeven v New Yorku v letech 2006 až 2007 (Wibbelt et al., 2010). Toto plísňové onemocnění způsobuje houba *Pseudogymnoascus destructans* Minnis & Lindner, 2013, jinak nazývaná *Geomyces destructans* přežívající na chladných a vlhkých místech, které poskytují doly a jeskyně sloužící jako hnízdiště hibernujícím netopýrům (Leopardi et al., 2015). *P. destructans* vytváří specifické bílé chomáče plísně na čenichu (příloha č. 1, obr. 2). Nejen že se nachází na čenichu, ale také napadá uši, ocas, končetiny a membránu křídel. Přes to, že je syndrom pozorovatelný většinou jen na kůži, dochází i ke změnám chování netopýra. Příkladem je častější probouzení z hibernace, přibližování se více k východům hnízdiště a také častější vylétávání ven za dne v průběhu zimy. Mnoho aspektů WNS je stále neznámých, například proč *P. destructans* vygraduje ve smrt jedince. V Severní Americe je potvrzeno šest druhů, které přes zimu hibernují a které tato plíseň napadá. Těmito druhy jsou netopýr hnědý *Eptesicus fuscus* de Beauvois, 1796,

Myotis leibii Audubon & Bachman, 1842, netopýr hnědavý *Myotis lucifugus* Le Conte, 1831, *Myotis septentrionalis* Trouessart, 1897, netopýr žlutavý *Pipistrellus subflavus* Cuvier, 1832 a netopýr společenský *Myotis sodalis* Miller & Allen, 1928 (Wibbelt et al., 2010).

K dispozici jsou dvě teorie, které by mohly vysvětlovat úmrtí nakažených netopýrů. První teorie zastává názor, že infikovaní jedinci se probouzí častěji nežli zdraví a narušuje se tak jejich hibernační cyklus. Jedinci se v normálních stavech budí kvůli protažení křídel, vylučování, nebo napojení. Pokud k probuzení dochází častěji, dochází také k větším ztrátám energetických zásob a jedním z možných důvodů vylétávání je tedy hlad. Druhá teorie soudí, že k probouzení dochází kvůli poškození kůže. Protože *P. destructans* je unikátní tím, že napadá nejen povrch kůže, ale i živou tkáň a narušuje tak membránu křídel, které jsou v období hibernace důležité pro termoregulaci, vodní rovnováhu a oběh krve. V Evropě a Asii je *P. destructans* také pozorována, ale zatím nebylo prokázáno úmrtí letounů na plíseň. Tento fakt naznačuje možnost, že letouni těchto oblastí si dokázali vyvinout rezistenci na WNS (Wibbelt et al., 2010).

Protože v Evropě je *P. destructans* původně a přirozeně se vyskytující houbou, vyvinula se mezi evropskými netopýry a tímto druhem koevoluce. Proto je recentní vystavení amerických netopýrů této houbě důvodem WNS. Avšak evropští netopýři nemigrují do Severní Ameriky, proto je velká pravděpodobnost že *P. destructans* byla zavlečena antropogenní aktivitou, díky které je opět zdůrazněna potřeba přísnější kontroly mezinárodní dopravy a obchodu s biologickým materiálem (Leopardi et al., 2015).

Vzteklina je virové onemocnění, které je celosvětově rozšířené u domestikovaných nebo divoce žijících masožravců (lišky, psi, mývali a skunkové). Objevuje se také u krev sajících a některých insektivorních netopýrů. Hmyzožraví letouni mohou být přenašeči vztekliny hlavně v USA a Kanadě, ale v porovnání s výše zmíněnými savci není nakažení netopýry tak časté. V Evropě je vzteklina přenášena hmyzožravými netopýry a v Austrálii byla zaznamenána u plodožravých letounů. V Latinské Americe jsou všechny tři druhy krev sajících netopýrů významnými vektory vztekliny a mohou mít značný dopad na zdraví hospodářských zvířat. Díky dostatku dobytka a drůbeže počty těchto netopýrů velmi vzrostly. Dopad krev sajících netopýrů je

sice větší než u insektivorních druhů, ale stále má menší význam než ostatní celosvětově zaznamenané způsoby přenosu vztekliny (Hutson et al., 2001).

3.4.2 OCHRANA LETOUNŮ

Ochrana tohoto řádu je velmi důležitá pro záchranu jejich populací a tím tak celých ekosystémů. Letouni jsou důležití v tropických deštných lesích jako rozsévači semen a opylovači, některé rostliny závisí přímo na letounech a otevírají se v noci. Většina hmyzožravců je důležitá pro regulaci hmyzu. Přesto ve většině zemí stále přetrvává odpor lidí k letounům. Od pradávna je na letouny nahlíženo jako na ďáblovo nebo démonické stvoření, duchy zemřelých, bytosti černé magie, symboly smrti aj. přirovnání, a váže se k nim mnoho pověr. Proto také po dlouhou dobu nebyl o tato zvířata větší zájem. Zájem rostl teprve poslední desetiletí a největší změna nastala v 60. a 70. letech, kdy byly zaznamenány větší úbytky letounů. Dnes patří k chráněným a ohroženým druhům, o kterých se společnost prostřednictvím světových nebo státních organizací dozvídá stále více (Anděra, 2014).

The Agreement on the Conservation of Bats in Europe spadá pod úmluvu s názvem Bonn Convention. Dohoda vstoupila v platnost roku 1994 a v dnešní době je 36 států, které na dohodu přistoupily. Sekretariát je ustanoven v Bonnu v Německu. Tato dohoda pojednává o strategiích sledování populací vybraných 53 evropských ohrožených druhů letounů a rozvíjí mezinárodní programy pro studium vybraných stěhovavých druhů, za účelem vypracování vhodných ochranných opatření a určení osvědčených postupů pro správu lesních a podzemních stanovišť. Veřejnost informuje o ohrožených druzích letounů v Evropě prostřednictvím každoroční akce European Bat Night. USA a Mexiko mezi sebou roku 1994 také uzavřeli dohodu s názvem The Program for the Conservation of Migratory Bats of Mexico and the United States. Program se zaměřuje na migrující druhy, kterým je například tadarida guánová *Tadarida brasiliensis*. V obou zemích je prováděn výzkum, ochrana a vzdělávání, které jsou zaměřeny na zvrácení alarmujícího poklesu migrujících letounů (Hutson et al., 2001).

Všechny druhy netopýrů vyskytující se v České republice jsou chráněné Zákonem č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny s prováděcími vyhláškami č. 395/1992 Sb., a č. 175/2006 Sb. Chráněná nejsou jen zvířata, ale i sídla a biotopy které jsou jimi využívány. Další zákon České republiky, který se týká ochrany netopýrů, je Zákon na ochranu zvířat proti týrání (č. 246/1992 Sb.), který zakazuje bezdůvodné usmrcování a týrání všech obratlovců. ČR je také zavázána několika mezinárodními úmluvami, kterými jsou CMS neboli Bonnská úmluva, Bernská úmluva a Dohoda o ochraně populací evropských netopýrů neboli Eurobats (Anděra, 2014).

V České republice vznikla roku 1991 organizace Česká společnost pro ochranu netopýrů (ČESON). Ta se zaměřuje nejen na ochranu netopýrů České republiky, ale i na koordinovaný výzkum, propagaci netopýrů, kteří se zde vyskytují, a spolupráci s podobnými organizacemi v zahraničí. Spolupracují se státními orgány, kterými jsou AOPK ČR neboli Agentura ochrany přírody a krajiny a Ministerstvo životního prostředí ČR. Je členem organizace BatLife. Jednou z nejdůležitějších prací ČESON je monitoring netopýrů, který poukazuje na vývoj netopýřích populací a je nápomocný při jejich sčítání na zimovištích nebo kontrolách letních kolonií. Další záslužnou činností je propagace problematiky ochrany netopýrů široké veřejnosti v podobě seminářů, přednášek, akcí, výstav, publikací veřejně dostupných na jejich internetových stránkách a mnoho dalších. Příkladem mohou být akce Mezinárodní noc pro netopýry, která se v České republice organizuje od roku 1997, Náš soused netopýr, kdy lidé dostávají ocenění v případě, že poskytnou netopýrům svůj dům jako úkryt, nebo geocachingová série S Drákulou v netopýřím světě (Anděra, 2014).

Pro ochranu letounů jsou určité doporučení, která by mohla pomoci znovu navýšovat počty populací ohrožených druhů. Měli by se chránit lesy s vysokou nadmořskou výškou, pobřežní lesy v Keni a horské lesy zejména v Etiopii, Tanzanii a Malawi. Kontrolovat vysoušení trvalých a sezonních bažin pro zemědělství (Hutson et. al., 2001).

3.5 FYZIOLOGIE A MORFOLOGIE LETOUNŮ

Délka hlavy a těla netopýrů se liší v rozmezí od 25 do 406 mm. Jejich srst je dlouhá, hladká s hustou podsadou. Někteří jedinci mohou mít srst barevnou. Mají pachové žlázy, které produkují silný pižmový pach a různí se polohou na těle. Varlata samců jsou v průběhu doby páření v dočasném vaku. Samičky obvykle mají jeden pár funkčních mléčných žláz, které se nacházejí v oblasti hrudi, ale samičky rodu *Lasiurus* mají čtyři funkční mléčné žlázy (Nowak, 1999).

3.5.1 STAVBA LEBKY A CHRUPU

Tvar hlavy je velmi variabilní, někteří mají hlavu podobnou psovi nebo lišce, jiní se podobají myším a někteří mají bizarní tvary. Mnoho druhů má listovitý tvar nosu, nebo jiné výrůstky a mechanismy, kterými jsou schopni přijímat nebo vysílat signály echolokace. Prodloužené uši mnoha druhů jsou modifikované tak, že jsou vybaveny záhyby, které pomáhají při příjmu ozvěny echolokace. Jedním z unikátních modifikací je tragus neboli ušní víčko. Tragus je kožní výrůstek při okraji ušního boltce, který napomáhá usměrnit zvuky do ucha netopýra. Tvar ušního víčka je druhově variabilní (Nowak, 1999).

Stavba lebky a zubů úzce souvisí s příjmem specifického druhu potravy. Lebeční švy se s věkem vytrácejí a povrch lebky dospělého jedince je hladký a bezešvý (Nowak, 1999). Freeman, (1998) uvádí, že typ lebky s protaženým úzkým patrem je specifický pro většinu frugivorních a nektarivorních letounů. Existují i výjimky, kterými jsou například frugivorní netopýři z rodu *Centurio* z čeledi Phyllostomidae, kteří mají širokou krátkou lebku. Lebky, které jsou široké a krátké, jsou charakteristické především pro insektivorní a karnivorní druhy (příloha č. 2, obr. 3). Nejvíce variabilní lebky mají druhy z čeledi Phyllostomidae, protože k této čeledi se řadí insektivorní, karnivorní, frugivorní, nektarivorní i hematofágní druhy.

Maximální počet mléčných zubů je 22, ty mohou být využívány mladými netopýry pro zachycení se matčiny srsti v době letu. Počet trvalých zubů je v rozmezí od 20 do 38 (Nowak a Walker, 1994).

Zuby velké části dravých letounů jsou malé a ostré, většina hmyzožravců má redukované horní řezáky. Spodní řezáky jsou opatřeny hrbolky, které používají na čištění své srsti. Špičáky většinou mají ostrý podlouhlý tvar. Většina třenových zubů je malá a redukovaná, počet se liší v závislosti na druhu, avšak první čtyři třenové zuby horní čelisti jsou dlouhé a ostré. Horní stoličky jsou dilambdodontní s dlouhými okraji tvořící tvar písmene „W“. Hlavním rozlišovacím znakem u většiny hmyzožravých je počet třenových zubů (Hillson, 2005).

Krevsacími netopýři podčeledi Desmodontinae mají jedinečnou potravní specializaci. Proto se u nich také vyvinuly změny v jejich chrupu. Jejich zuby slouží k natržení kůže svého hostitele, aby se nakrmili jejich krví. Horní řezáky mají klínovitý tvar, v čelistech dominují a jsou výrazně viditelné spolu s jejich špičáky. Většina zubů za špičáky je silně redukována (příloha č. 2, obr. 4), (Hillson, 2005).

Většina frugivorních letounů má malé špičáky, jejich stoličky jsou hladké a široké s podélnými rýhami. Předpoklad je, že plochými stoličkami se lépe dostává šťáva z ovoce, kterým se živí. Ti, kteří se specializují na požívání nektaru, mají zúžené, zmenšené zuby, protože jejich potrava se zpracovává dále v trávicím traktu. Původní funkce chrupu nektarivorních letounů vymizela (Freeman, 1988).

3.5.2 STAVBA A TVAR KŘÍDLA

Netopýři jsou jedinými savci schopni aktivního letu. Jejich křídla jsou tenčí nežli křídla ptáků a jsou schopni lepšího manévrování a rychlejšího pohybu ve vzduchu než většina druhů ptáků. U netopýřů je tvar křídel velmi variabilní podle toho, jakým způsobem daný druh loví. Na povrchu se nacházejí citlivé hmatové receptory, které se nazývají Merkelovy buňky. Ty jsou stejné, jako buňky na konečcích prstů člověka. Membrána křídel, která se rozpíná od boku, nohou až k ocasu, je ve skutečnosti protažená kůže z břicha a zad netopýra. Tyto membrány jsou elastické, tenké a složeny ze dvou vrstev kůže bez svalstva a jen malým množstvím pojivové tkáně, ve které se nacházejí cévy a nervy. Přesto, že se dá snadno potřhat, má poměrně dobrou regenerační schopnost (Nowak a Walker, 1994).

Pro různé lovecké strategie docházelo k různým adaptacím křídel. Letouni, kteří loví létavý hmyz, mají malá, špičatá křídla, která jim dodávají hbitost a velkou rychlost. Letouni, kteří loví hmyz nacházející se ve vegetacích, mají krátká a oblá křídla, která zajišťují také dobrou manévrovatelnost a pomalejší let. Ti, kteří loví hmyz z otevřeného prostředí, mají dlouhá křídla. Rybožraví, kteří se musí udržet nad vodní hladinou a jiní karnivoři, kteří také musejí uzvednout těžkou kořist, mají velmi dlouhá, zaoblená křídla, která jim poskytují dobrou stabilitu a málo energeticky náročný let. Nektarivorní letouni mají malá křídla, kterými se dokáží vznášet před rostlinou (Norberg and Rayner, 1987).

Blána je podepřena prodlouženými kostmi prstů přední končetiny. Membrána mezi prsty se nazývá *chiroptagium*, dodatečná membrána spojená s palcem a ramenem se nazývá *propatagium* a největší část mezi boky, horní a dolní končetinou se nazývá *plagiopatagium*. U letounů se dále vyskytuje membrána *uropatagium*, která se nachází mezi dolními končetinami a obklopuje ocas (příloha č. 3, obr. 5). Délka třetího prstu je většinou stejná jako délka hlavy, těla a nohou dohromady. Koleno i dolní končetina jsou utvořeny tak, aby podporovaly křídlo. Palec je krátký, má ostré, hákovitě stočené drápy (na rozdíl od čeledi Furipteridae) a je používán pro zavěšení k povrchům při přistávání. Všechny prsty, vyjma palce, pomáhají zvětšit plochu křídla a u většiny druhů Pteropodidae má druhý prst dráp. Prsty dolní končetiny mají ostré, stočené drápy. Dlouhé kosti jsou štíhlé, lehké, trubkovité a obsahují kostní dřev. Létání usnadňují duté, odlehčené kosti, dvojité zakloubení kosti pažní s lopatkou a mohutné svalstvo upnuté na nízký hřeben hrudní kosti (Nowak a Walker, 1994).

3.5.3 ZAŽÍVACÍ TRAKT

3.5.3.1 Insektivorní a karnivorní druhy

Nejúspěšnějšími lovci vzdušného hmyzu jsou letouni. Hmyz je dobře stravitelný a poskytuje velké množství energie. Protože hmyzožravci konzumují minimum vláknité rostlinné složky, jejich zažívací trakt je zkrácený a postrádá slepé střevo (Merritt, 2010).

Karnivorní letouni tvoří 1 % z celkového počtu řádu Chiroptera a jejich potravou mohou být ještěřky, malí savci, ptáci, hlodavci, žáby nebo i jiní netopýři. Je zde předpoklad, že karnivorie se vyvinula z insektivorie a tím došlo ke snížení aktivity trehalózy (disacharid složený ze dvou molekul glukózy, který je důležitou zásobárnou energie), (Schondube et al., 2001).

3.5.3.2 Frugivorní a nektarivorní druhy

Schondube et al. (2001) se domnívají, že frugivorie a nektarivorie se mohla vyvinout z hmyzožravosti. Došlo u nich ke zvýšení aktivity střevní sacharózy a maltázy, snížení aktivity trehalózy a k redukci tloušťky dřeně ledvin. Ruby et al. (2000) uvádějí, že letouni živící se rostlinnou potravou mají větší žaludek a dvakrát delší střevo, než je délka jejich těla. Zástupci letounů žijící v neotropických a paleotropických oblastech jsou známi tím, že se živí různými částmi rostlin zahrnujícími květy, pyl, plody, nektar a listy. Ovoce je bohaté na jednoduché sacharidy, ale je chudé na tuky a bílkoviny. Listy jsou pro frugivorní letouny velmi důležitou složkou potravy. Z listů získávají potřebný vápník, který je nezbytný pro udržení acidobazické rovnováhy, svalové a kosterní činnosti organismu, a bílkoviny, které jim nektar nebo ovoce nejsou schopné zajistit. Proto by mohla být foliforie spolu s frugivoríí energeticky výhodnějším způsobem přijímání potravy než příjem pouze ovoce.

Nektarivorní letouni mají unikátní dlouhý jazyk pokrytý různými výběžky nebo žlábký. Mají oproti frugivorním menší žaludek a delší střeva. Jsou schopni přijmout nektaru tolik, jako je váha jejich vlastního tělního tuku. Protože konzumují potravu chudou jak na tuky, tak na bílkoviny, jejich energetické potřeby zajišťují jednoduché sacharidy, které se po přijetí z potravy přímo metabolicky spalují (Voigt a Speakman, 2007). Nektar postupuje trávicím traktem poměrně rychle a ve výkalech se objevuje již po 45 minutách od konzumace (Merritt, 2010).

3.5.3.3 Hematofágní druhy

Průměrné množství zkonsumované krve je přibližně 20 ml za noc, tj. až 50 % tělesné hmotnosti netopýra. Jazyk má jeden pár rýh, které fungují jako brčka. Žaludek je dlouhý, trubicový, tenkostěnný a vysoce roztažitelný, avšak jeho funkce nespočívá v metabolizaci proteinů, jako je tomu u většiny savců, ale je důležitý pro uchovávání konzumované krve a pro absorpci vody. Malé

střevo má úzké stěny a je 2x delší než žaludek. Ledviny dokáží předčít funkci ledvin mnohých pouštních savců, a to ve schopnosti koncentrovat moč, a tak uchovávat vodu v těle (Merritt, 2010). Schondube et al. (2001) také uvádějí, že u netopýrů, kteří se živí krví, došlo k úplné ztrátě produkce maltázy, což je mezi savci unikátní jev.

Vzhledem ke konzumaci velkého množství krve získané během jednoho letu, by měli hematofágní netopýři problém vzlétnout s takovým množstvím potravy v žaludku, proto se u nich vyvinula unikátní „dvoufázová“ (tzv. two-phase) funkce ledvin. V první fázi je voda vylučována již v místě krmení, ve fázi druhé, která se odehrává již v místě odpočinku a shromažďování netopýrů, je moč koncentrována. Přibližně hodinu po krmení netopýr ztratí většinu přijímané vody z krve, tj. přibližně 25 % vody z potravy je vyloučeno močí. Takové ztráty vody jsou nutné proto, aby se byli netopýři schopni vrátit do svých hnízdišť. V hnízdišti pak pokračuje trávení částečně dehydratované krve, kde vylučují velmi koncentrovanou moč (Merritt, 2010).

Protože krev se po vystavení vzduchu začíná srážet, sliny krev sajících netopýrů obsahují antikoagulanty, které zabraňují srážení a tím umožňuje netopýrům lízat krev z rány i po dobu několika hodin. Sliny se specifickými látkami se dostávají do ran pohyby jazyka (Tellgren-Roth et al., 2009).

3.5.4 ECHOLOKACE

Echolakace je používána více než polovinou letounů pro orientaci v prostředí v noci a pro lov potravy. Zahrnuje tvorbu zvuků v hrtanu a jejich vysílání skrz tlamu, nebo nos v průběhu letu netopýra. Tyto zvuky jsou reflektovány zpět k netopýrovi a jsou zachyceny sluchovým ústrojím. Díky takové adaptaci jsou letouni schopni určovat vzdálenost a polohu objektů v prostoru při letu ve tmě a také lokalizovat kořist. Netopýři nejsou schopni takové orientace, pokud jsou jejich uši ucpané a neschopny slyšet ozvěny. Lidské ucho netopýří signály většinou neslyší, protože se pohybují nad lidskou hranicí slyšitelnosti (20 kHz), ale pes nebo kočka je zaslechnout umí. Echolakace netopýrů se pohybuje od 8 kHz do 220 kHz. Ti, kteří se živí ovocem nebo krví velkých spících zvířat vysílají impulsy, které mají pouze sílu jedné tisícinové energie impulsů, které jsou vysílány netopýry, kteří loví létající hmyz a ryby. Echolakace je přítomna u většiny dravých

druhů, ale částečnou echolokaci využívají i druhy rodu *Rousettus*, jehož zástupci používají jazyk pro vytváření zvukového obrazu, ale stále jsou závislí i na zraku a čichu pro vyhledání potravy (Nowak a Walker, 1994).

Některé můry si vyvinuly ochranu proti echolokaci netopýřů. Jsou schopny zaznamenat netopýři ultrazvuky a buď prchají ihned, co takový zvuk uslyší, nebo přestanou mávat křídly, aby znemožnili netopýřům zaznamenat jejich polohu. Jako odpověď netopýři vysílají ultrazvuky, až když jsou blízko kořisti, aby znemožnili můrám uniknout. Avšak některé můry, jako je například druh *Bertholdia trigona* Grote, 1879 vydávají cvakavé zvuky, díky kterým jsou schopny vytvořit v prostotu mnohonásobný akustický signál a dokáží tak rušit echolokaci netopýřů (Corcoran et al., 2009).

3.6 LOVECKÉ STRATEGIE PŘI ZÍSKÁVÁNÍ POTRAVY VE VOLNÉ PŘÍRODĚ

Způsob letu a chování letounů se různí v závislosti na oblasti výskytu, potravě, velikosti jedince a dalších faktorech. U hmyzožravých letounů bylo definováno pět základních technik pro lov hmyzu, kterými jsou: Fast hawking, Slow hawking, Trawling, Gleaning, Flycatching a Perch-hunting. Letouni nemusí lovit jen jednou z výše zmíněných technik, ale mohou je kombinovat v závislosti na rozmanitosti potravy (Norberg a Rayner, 1987).

Karnivoři a rybožraví letouni mají velmi podobné modely lovu kořisti. Rybožraví využívají Trawling pro lov ryb z vody a karnivoři využívají techniku podobnou Gleaning a Perch-hunting. Nektarivorní a frugivorní letouni získávají potravu způsobem Gleaning (Norberg a Rayner, 1987).

3.6.1 STRATEGIE FAST HAWKING

Tato strategie je popsána u těch letounů, kteří se při pronásledování kořisti spoléhají na rychlost a hbitost. Využívají rychlého letu na dlouhé vzdálenosti, a proto disponují kratšími křídly se špičatými konci, které jim pomáhají šetřit energii. Druhy využívající tuto techniku jsou například z čeledi Molossidae tadarida guánová *Tadarida brasiliensis* (Merritt, 2010).

3.6.2 STRATEGIE SLOW HAWKING

Slow hawking je technika, při které se letouni spoléhají na detekci kořisti na kratší, omezené vzdálenosti, a proto vyžadují pomalejší let. Pokud loví v otevřeném prostoru, disponují delšími křídly a oblými konci křídel, díky tomu při letu nedochází k velkým energetickým ztrátám. Při lovu v uzavřenějším prostředí je potřeba kratších křídel pro dobrou manévrovatelnost. Příkladem lovu pomocí této techniky je rod *Pipistrellus* (Norberg a Rayner, 1987).

3.6.3 STRATEGIE TRAWLING

Tímto způsobem loví netopýři kořist z vodní hladiny. Používají buď zadní končetiny, které jsou adaptované dlouhými drápy, nebo delšími chodidly, nebo membránu mezi zadními končetinami a ocasem *uropatagium*, která funguje jako rybářská síť. K tomuto způsobu lovu je třeba pomalý let, a protože loví většinou v otevřeném prostředí, mohou mít krátká i dlouhá křídla. Využívají také k lovu echolokaci, kdy jejich signály dokáží zaznamenat kořist v těsné blízkosti vodní hladiny nebo přímo na ní. Druhy letounů, kteří využívají tuto techniku, jsou například netopýr vodní *Myotis daubentonii*, netopýr rybožravý *Noctilio leporinus* a netopýr rybařící *Myotis vivesi* (Merritt, 2010).

3.6.4 STRATEGIE GLEANING

Norberg a Rayner (1987) uvádějí, že tato strategie je využívána především malými letouny lovící kořist, která je těžká a nelétá. Letouni se před ní buď vznášejí anebo letí velmi pomalu, aby byli schopni kořist sebrat z podkladu. Další možnost je přistát před kořistí a pak ji sebrat. Samotný letoun nebo jeho křídla mají malou velikost a ta umožňuje dobrou manévrovatelnost v lesních porostech. Tento způsob má podobné aspekty jako technika Slow hawking. Merritt (2010) dále uvádí, že lovci využívající Gleaning nejsou tolik závislí na vzdušné teplotě a mají výhodu v lovu vzdušného hmyzu, vzhledem k tomu, že můry nedokáží tak snadno detekovat přítomnost letounů. Tato technika lovu je například využívána druhem netopýr ušatý *Plecotus auritus* Linné, 1758, který sbírá kořist z povrchu stromů nebo ze země. Dalšími příklady insektivorních rodů využívající techniku gleaning jsou *Myotis*, *Rhinolophus* a *Macroderma*.

3.6.5 STRATEGIE FLYCATCHING A PERCH-HUNTING

Perch-hunting, také nazývaná Flycatching, je strategie, při které letouni stráví většinu času zavěšení na větvi nebo jiném odpočívadle a vyčkávají na kořist. Vzlétnou jen v případě, že kořist lokalizují. Pro napadení kořisti ze zálohy potřebují velmi dobrou schopnost manévrovat a okamžitě zrychlit. Takovou schopnost umožňují dlouhá křídla nebo široké konce křídel (Norberg a Rayner, 1987). Jedni ze zástupců, kteří využívají tuto techniku, patří do rodu *Rhinolophus*. Příkladem je druh vrápenec velký *Rhinolophus ferrumequinum* Schreber, 1774, který tímto stylem loví některé druhy brouků a motýlů (Vaughan, 1997).

3.7 POTRAVNÍ SPECIALIZACE

3.7.1 INSEKTIVORIE

Insektivorní, jinak řečeno hmyzožravý živočich, je ten, u kterého převážnou nebo jedinou složku potravy tvoří hmyz a jeho larvy. Většina druhů řádu Chiroptera lovcí hmyz, žije na sever od 38° severní šířky a na jih od 40° jižní šířky. Insektivorní letoun zkonsumuje až 50 % své tělesné hmotnosti každý den. Samička produkující mléko pro její mládě dokáže zkonsumovat i tolik, kolik sama váží. Uvádí se, že zdravá populace netopýrů dokáže ulovit až 4 500 000 kusů hmyzu neboli 10 kg každou noc. Mezi hmyzožravci se mohou objevovat i specialisté na určité skupiny hmyzu. Ti, kteří loví převážně brouky, se vyznačují robustnější lebkou a většími zuby. Letouni lovcí můry mají menší lebku. Většina letounů, kteří loví hmyz, se nachází v mírných podnebných pásmech a velká část z nich patří do čeledi Vespertilionidae (Merritt, 2010).

3.7.1.1 Insektivorní druhy z čeledi Vespertilionidae

Netopýr velký *Myotis myotis* se nachází na většině území Evropy, kromě Velké Británie, Irska, Skandinávského poloostrova a států od Estonska po Ukrajinu. Jeho výskyt je zaznamenán i na území Turecka a Sýrie. Je to poměrně velký netopýr o tělesné hmotnosti 20-45 g s rozpětím křídel 365-450 mm. Jedinci se sdružují ve skupinách okolo 10 až 100 netopýrů. Je jeskynním druhem, který občasně obývá v poměrně otevřených prořídých lesích. Dokázal se také přizpůsobit synantropnímu životu (Coroiu et al., 2016). *M. myotis* je také jeden z nejhojnějších netopýrů vyskytujících se na území České republiky (Anděra, 2014). Loví převážně v otevřených prostranstvích, kterým je například pole. Živí se převážně pozemními brouky, kterými jsou například střevlíci, sarančata, chrousti, cvrčci, pavouci a housenky, které loví z povrchu metodou Gleaning, ale také loví můry pomalým letem Slow Hawking. Avšak složení jeho potravy se různí v závislosti na ročním období. Je schopen pozřít okolo 25-50 % své tělesné hmotnosti za jednu noc (Arlettaz, 1996).

Netopýr ušatý *Plecotus auritus* se nachází se v mírných pásech kontinentu Eurasie od Španělska po Japonsko až na jih k Indii. Je to letoun s tělesnou hmotností kolem 6-12 g. Má uši skoro stejně dlouhé jako vlastní tělo. Při letu drží netopýři uši plně vztyčené a směřující dopředu, při odpočinku je naopak stočí do stran. V létě se sdružují a je možné je nalézt v počtu 10 až 50 samic, populace může dosahovat i 100 jedinců. V zimě jsou obecně solitérní nebo žijí ve velmi malých skupinách dvou až tří jedinců (Hutson et al., 2008a). Tento druh se vyskytuje převážně v lesích, ale přizpůsobil se i oblastem ve členitých kulturních krajinách, kde se střídají lesy s vodními plochami, osadami nebo loukami. Letní kolonie většinou přebývají na půdách staveb, ve stromových dutinách nebo budkách, a skládají se jak ze samic, tak občasně i samců. Mohou čítat 5-30 jedinců. *P. auritus* zimuje v jeskyních a štolách, ale může trávit zimu i v dutinách stromů (Anděra, 2014). Loví vzdušný i nelétavý hmyz. Potravu tvoří převážně můry, nebo jiní motýli, ale konzumuje i brouky, dvoukřídlé (tiplice, pestřenky), pavouky, škvory, stonožky, housenky aj. Loví je buďto z povrchu nebo při vznášení (Gleaning), nebo také při letu (Slow Hawking). Většinou po ulovení okřídlenému hmyzu jejich křídla ukousne a nekonzumuje je. Bylo zjištěno, že při vznášení u kořisti nebo lovu z podkladu nepoužívají tyto netopýři echolokaci a pasivně naslouchají pohybům hmyzu, kdežto při lovu za letu echolokaci používají. Loví v blízkosti svého hnízdiště a většinou vzdálenost nepřekračuje 500 m (Anderson a Racey, 1991).

Netopýr dlouhouchý *Plecotus austriacus* Fischer, 1829 je letoun, který obývá území západní, jižní a centrální Evropy. Nenachází se v Řecku, Velké Británii a od Ukrajiny po sever Evropy (Juste et al., 2008). Váží přibližně 5-20 g s rozpětím křídel 225-300 mm. Kolonie jsou velké přibližně o 10 až 40 samic, samci žijí solitérně. Obývá zejména lesostepi, ale přizpůsobil se i kulturní krajině. Hnízdí převážně v jeskyních, starých ptačích hnízdech, a na půdách budov. Zimuje pak ve sklepích, štolách a jeskyních. Loví v otevřených prostranstvích, řídkých lesích a sadech a chytá svoji kořist za letu pomocí vaku vytvořeného ocasní membránou uropatagium. Můry a jiní noční motýli tvoří 70–100 % potravy, nelétavý hmyz pak mnohem menší část. Loví v bezprostřední blízkosti svého hnízdiště a mnohdy zimuje ve sklepě stejné budovy, kde v letním období přebývá na půdě (Anděra, 2014).

Netopýr hvízdavý *Pipistrellus pipistrellus* Schreber, 1774 se nachází na většině území Evropy kromě Skandinávského poloostrova, na severozápadním pobřeží Afriky (Maroko, Alžírsko, Tunisko a Libye) a v jihozápadní oblasti Asie (Turecko, Irán, Afghánistán, Turkmenistán, Uzbekistán, Tádžikistán, Kyrgyzstán), kdy populace zasahují i do centrální a jižní oblasti Asie (Čína, Indie, Myanmar). Váží přibližně 2,5-8 g s rozpětím křídel 180-240 mm. Kolonie je utvářena 25 až 50 jedinci, ale byla zaznamenána kolonie i 200 jedinců. Samci utváří v době páření harémy samic (Hutson et al., 2008b). Původně obýval listnaté a smíšené lesy, kde hnízdl ve stromových a skalních dutinách. Vlivem člověka se kvůli úbytku přirozeného prostředí dokázal přizpůsobit životu v blízkosti člověka, kde využívá pro hnízdění seníky a posedy. Preferuje oblasti v blízkosti vodní plochy se stromovou vegetací (Anděra, 2014). Loví svou kořist nad vodní hladinou za letu buďto pouze blánou uropatagium, nebo s pomocí křídel si jej na ocasní blánu posune. Využívá také echolokaci, ale signály přestává vysílat v blízkosti několika centimetrů od loveného hmyzu. Kořisti jsou většinou dvoukřídly hmyz (hlavně komáři), malé mûry, blanokřídli, ploštice aj. létavý hmyz (Kalko, 1995).

Netopýr černý *Barbastella barbastellus* Schreber, 1774 je netopýr, který se nachází na většině území Evropy, ale také se vyskytuje v oblasti Středozeemí, na území Maroka a na Kanárských ostrovech. Jde o středně velkého netopýra, který váží okolo 6-10 g s rozpětím křídel 245-300 mm. V letním období vytváří malé kolonie přibližně o velikosti 30 jedinců a v zimním může žít soliterně, či vytvářet malé kolonie, byly ale zaznamenány kolonie i o 7 000 jedinců na území Francie (Piraccini, 2016). Vyskytuje se převážně v lesních oblastech, ale může se vyskytovat i na vesnicích nebo městech. Jeho hnízdiště se nachází převážně v senících, pod okenicemi, na posedech a skalách. Zimuje ve štolách nebo i v místech, kde v létě hnízdl. Loví nad vodní plochou nebo i v lesních porostech až do výšky 10 m. Chrup je adaptován na malý hmyz s měkkou tělní schránkou, kam patří převážně noční motýli, v menší míře tiplice, mouchy aj. dvoukřídly hmyz, loví i některé síťokřídle (Anděra, 2014). Hmyz chytá technikou Slow Hawking. V jeho potravě nejsou zaznamenáni brouci nebo jiný hmyz se silnou tělní schránkou (Vaughan, 1997).

3.7.1.2 Insektivorní druhy z čeledi Molossidae

Tadarida guánová *Tadarida brasiliensis* je hmyzožravý netopýr, který obývá oblasti Severní Ameriky (Nebraska, Ohio, Oregon), Střední Ameriky (Mexiko, Guatemala, Honduras, Kostarika, Panama) i Jižní Ameriky (Venezuela, Kolumbie, Peru, Brazílie, Bolívie, Argentina, Chile), kde je poměrně hojně zastoupen. Je to středně velký netopýr s hmotností 7-12 g a rozpětím křídel 280 mm. Samice žijí společně v koloniích až o milionovém počtu, kde matky většinou nechávají své potomky ve větších skupinách mláďat, tzv. jesličkách. (Barquez et al., 2015a). Tento druh využívá širokou škálu míst pro hnízdění, které zahrnují jeskyně, mosty, půdy budov nebo dutiny stromů. Loví vzdušný hmyz, který zahrnuje brouky, můry, vážky, dvoukřídlé, sršně, včely a mravence. Výběr potravy je ovlivněn hojností výskytu kořisti, podnebnými podmínkami, počasím a jinými faktory. Pro lov využívají techniku Hawking (McWilliams, 2005). Tento netopýr je jeden z nejrychlejších letounů, který dokáže létat rychlostí 50–60 km/h (Anděra, 2014).

3.7.1.3 Insektivorní druhy z čeledi Rhinolophidae

Vrápenec malý *Rhinolophus hipposideros* je rozšířen skoro v celé Evropě, Severní Africe (Maroko, Alžírsko, Tunis, a Egypt) a nachází se od západní až po centrální Asii. Váží 5-9 g s rozpětím křídel 192-254 mm. V Evropě vytváří letní kolonie o 10 až 50 jedinců a v zimních měsících žijí buď soliterně, nebo ve skupinách o 500 jedinců. V jihovýchodní Asii je v zimních koloniích kolem 40 jedinců nebo žijí soliterně. Velikost populace není v Africe a na jihu Asie známa. (Taylor, 2016). Jde o druh, který obývá jeskyně, členité pahorkatiny a vrchoviny, nenachází se v zalesněných územích. Tento druh se přizpůsobil i životu v blízkosti člověka. Letní kolonie se nacházejí na půdách, kanálech, mostech nebo sklepech. Zimuje v jeskyních, štolách nebo sklepech, u kterých vyžaduje vysokou vzdušnou vlhkost (Anděra, 2014). Jeho potrava se skládá z motýlů, dvoukřídlých (převážně tiplice, komáři), brouků, malého hmyzu a pavouků. *R. hipposideros* chytá kořist v letu (Fast Hawking) nebo ji loví z podkladů (Gleaning) (McAney a Fairley, 1989).

3.7.2 FRUGIVORIE A NEKTARIVORIE

Frugivorní živočichové jsou ti, kteří se živí rostlinnými plody a nektarivorní živočichové ti, kteří se živí nektarem rostlin. Muscarella a Fleming (2007) uvádějí, že plodožraví jsou letouni ze dvou čeledí Pteropodidae a Phyllostomidae. Většina frugivorních letounů nachází potravu čichem. Pteropodidae se dostávají k potravě tak, že se zavěsí oběma zadními nohama na větev, zatímco z ovoce ukusují přímo na rostlině, nebo si jej jednou zadní nohou přidržují a mačkají na hrudi. Pokud je ovoce malé, přenáší si je v tlamě na jinou větev, kde je pak konzumují. Frugivorní Chiroptera pak z plodů vymačkají v ústech šťávu a vyplivnou dužinu a pecku, nebo je pecka vyloučena defekací. Takto dokáží roznášet semena na větší vzdálenosti. Důležití jsou pro rostliny hruškovce přelahodný, jehož plodem je avokádo a pro další plody, které kvetou v noci, jako je durian, eukalyptus, kvajáva, papája, mangovník, banánovník a další.

3.7.2.1 Frugivorní druhy z čeledi Pteropodidae

Většina Pteropodidae se nachází na území Afriky, Asie a Austrálie, kde je mnoho dužnatých rostlin. Velikost těchto letounů je poměrně rozmanitá od menších druhů, kterým je například kaloň malý *Macroglossus minimus* Geoffroy, 1810 s tělesnou hmotností 15 g, až po velké druhy rodu *Pteropus*, kteří mají až 1 kg s rozpětím křídel až 1,5 m. Živí se plody až 145 druhů rostlin (Merritt, 2010).

Příkladem druhu této čeledi je **kaloň egyptský** *Rousettus aegyptiacus* Geoffroy, 1810, který se nachází roztroušeně v oblastech subsaharské a Jižní a Severní Afriky. Také se objevuje v Asii v oblastech Turecka, Iránu a Pákistánu. Jsou to středně velcí letouni o tělesné hmotnosti od 80 do 170 g s rozpětím křídel až 600 mm. V Africe utváří velké kolonie až o 40 000 až 50 000 jedinců. V Asii je počet jedinců na skupinu kolem 50 až 500. Obývá tropické deštné lesy a jeskyně (Korine, 2016). Většina Pteropodidae postrádá schopnost echolokace, avšak tento druh je schopný vydávat zvuky podobné echolokaci svým jazykem, který jim pomáhá při pohybu v jeskyních. Zvuky vydávané jazykem jsou pomalé, pravidelné a zrychlují se, pokud je před nimi nebo v jejich blízkosti nějaký objekt (Holland et al., 2004). Živí se většinou šťávou a dřením přezrálých plodů stromů. Jsou schopni zkonzumovat za jeden den až 50 % jejich tělesné hmotnosti. Poté, co si

vyberou plod, se s ním odeberou opodál, kde si jej chrání u těla proti jiným letounům a po rozžvýkání vyplivnou jen pecku. *R. aegyptiacus* je jedním z druhů letounů, kteří jsou důležitými rozsěvači semen stromů Baobabu v africké savaně (Merritt, 2010).

3.7.2.2 Frugivorní druhy z čeledi Phyllostomidae

Z čeledi Phyllostomidae jsou frugivorní druhy z rodu *Carollia*, *Rhinophylla*, *Brachyphylla* a většiny druhů podčeledi Stenodermatinae. Většina netopýrů z rodů *Carollia* a *Rhinophylla* má redukované stoličky a dokáže konzumovat jen měkké ovoce, kterými jsou fíky a banány (Merritt, 2010).

Středně velké druhy, jako je například **listonos plodožravý** *Artibeus jamaicensis* Leach, 1821 se nacházejí v oblastech Karibiku, Střední Ameriky od území Mexika, až po Jižní Ameriku, kde se nachází ve Venezuele, Kolumbii a Ekvádoru (Miller et al., 2016). Jsou to středně velcí letouni s hmotností kolem 46 g a rozpětím křídel 96-150 mm. Vytvářejí harémové skupiny 4 až 18 samic s potomky, které si hlídá jeden samec. Obývají rozmanité oblasti od deštných pralesů, po suché, opadavé lesy, až po lidské plantáže. Hnízdí ve stromových dutinách, jeskyních, skalních trhlinách a někdy i v budovách. Jako úkryt mohou využívat i velké listy, které si utvoří do podoby „stanů“ (Nowak, 1999). Mají dobře adaptované zuby na žvýkání plodů až 92 druhů rostlin. V tropických deštných lesích Panamy jsou speciální druhy fíkovníků, které produkují až 40 000 plodů v průběhu jednoho týdne jednou až dvakrát za rok a *A. jamaicensis* je důležitým roznašečem semen tohoto druhu. Fíky netopýři vyhledávají a dokáží pozřít tolik plodů, jako je hmotnost jejich těla (příloha č. 4, obr. 6). Pecky nepolykají a potrava v jejich trávicím traktu nezůstává déle než 15–20 minut. Proto v místech výskytu fíkovníku je většinou velké množství exkrementů a napadaného ovoce, které vyhledávají prasata (Merritt, 2010). U tohoto druhu netopýrů byla pozorována i foliforie, konzumace listů rostlin, které obsahují vyšší množství proteinů. *A. jamaicensis* však nemá uzpůsobený trávicí trakt tak, aby využil celý list jako přežvýkavci či jiné foliforní druhy zvířat. Tento druh nepolyká celý list, ale rozžvýká ho, šťávy listu polkne a vláknitý, těžko stravitelný zbytek vyplivne (Kunz a Diaz, 1995).

3.7.2.3 Nektarivorní druhy čeledi Phyllostomidae

Tito letouni se při získávání potravy se vznášejí u květu rostliny, zatímco z něj svým dlouhým čenichem a ohebným jazykem přijímají nektar, nebo přistanou na rostlině. Nektarivorní letoun snaží zachytit co nejvíce potravy pro sebe, ale druh glosofága velká *Leptonycteris nivalis* Saussure, 1860 neúmyslně přenáší nektar rostliny Agáve na svém těle a při přeletu k jiné rostlině zapříčiní oplodnění rostliny. Během krmení více jedinců krouží kolem rostlin a střídají se na nich (Merritt, 2010).

Anoura fistulata Mena-Valenzuela & Albuja, 2005 je jedním z vysoce specializovaných netopýrů žijících se nektarem. Nachází se v jižní Americe na území Ekvádoru (Burneo a Mantilla, 2008). Tento druh má velmi dlouhý jazyk dosahující délky až 85 mm, který je jeden a půl krát delší, než je délka vlastního těla. Proto se uvádí, že má delší jazyk v poměru k tělu než kterýkoliv jiný savec. Báze jazyka se nachází mezi srdcem a hrudní kostí a netopýr je schopný jej zatáhnout až do dutiny hrudní (příloha č. 4, obr. 7). *A. fistulata* je důležitým opylovačem rostliny *Centropogon nigricans* z rodu bodlochlup *Centropogon*, která má délku okvěti přibližně 80-90 cm (Merritt, 2010).

Glosofága dlouhojazyčná *Glossophaga soricina* Pallas, 1766 je netopýr, který se nachází ve Střední Americe v oblastech od Mexika po Jižní Ameriku v oblastech Kolumbie, Venezuely, Ekvádoru, Peru, Brazílie, Bolívie až po Paraguay. Také obývá ostrovy Jamajka a Bahamy. Tělesná hmotnost tohoto druhu je kolem 9 g. Obývá neotropické lesy, venkovské a městské oblasti a hnízdí v jeskyních, tunelech, opuštěných dolech, nebo i domech (Barquez et al., 2015b). Kolonie se většinou skládají z obou pohlaví, ale samice s mláďaty vytvářejí během určitého období mateřské kolonie. Živí se převážně pylem, nektarem, částmi rostlin, ovocem a občasně i hmyzem, ovšem složení potravy bývá různé v závislosti na období a oblasti výskytu. Například bylo zaznamenáno, že v Panamě se *G. soricina* živí nektarem a pylem v období sucha a ovocem v období dešťů. Naopak v lesích Kostariky se ten samý druh živí nektarem po celý rok. Svoji potravu získávají buďto technikou Gleaning, při které se vznáší před rostlinou, nebo na rostlině přistanou a přidržují se palci (Alvarez et al., 1991).

3.7.2.4 Nektarivorní druhy čeledi Pteropodidae

Podobné adaptace jazyka, které má *A. fistulata*, se nacházejí u rodu *Syconycteris* čeleď Pteropodidae. Příkladem je druh **kaloň lysý** *Syconycteris australis* Peters, 1867, který se vyskytuje na východním pobřeží Austrálie a ostrově Nová Guinea a k němu přilehlých malých ostrovech (Aplin a Armstrong, 2016). Váží kolem 20 g s rozpětím křídel 72-92 mm. Žije solitérně nebo v malých skupinách. Obývá oblasti tropických deštných lesů a své hnízdiště denně obměňuje. Má dlouhý, úzký jazyk s kartáčovitými hrbolky, které mu pomáhají získávat nektar z květů. Tito netopýři však nekonzumují nektar přímo z rostliny, ale při groomingu si jej olížou ze srsti na těle a z křídel. U tohoto druhu nebylo zaznamenáno konzumování jiné potravy, například ovoce, hmyzu nebo listů, jen nektaru a pylu. Proto jsou také důležitými opylovači hřebíčkovce a některých druhů banánovníků (Merritt, 2010).

Další nektarivorním i frugivorním zástupcem z čeledi Pteropodidae je například druh z rodu *Macroglossus*, kaloň malý *Macroglossus minimus* (Merritt, 2010).

3.7.3 KARNIVORIE

Karnivorie neboli masožravost je způsob získávání živin a energie konzumací živočišných tkání jiného organismu. Příkladem jsou i piscivorní živočichové, kteří se živí rybami. Jedna z hypotéz, která by vysvětlovala, proč se vyvinula masožravost u netopýřů, je, že větší netopýři nejsou schopni dobře vyhledávat malý hmyz nebo jej zaměřují pozdě. Echolokace umožňuje lokalizovat kořist jen na vzdálenost pár metrů, a proto je za potřebí dobré schopnosti manévrování, která je umožněna menším letounům. Větší zástupci nedokáží manévrovat tak rychle a dobře pro lov menšího hmyzu, a musí se uchýlovat k lovu většího. Protože velkého hmyzu není tolik druhů a množství jako malého, letouni by museli vynaložit více energie, aby je vůbec našli (Brooke, 1994). Další hypotéza tvrdí, že velikost těla není jedinou podmínkou pro masožravost. Příkladem je *Micronycteris microtis* Miller, 1898 vážící 7 g, u kterého je velká část potravy tvořena hmyzem, si zpestřuje potravu o malé ještěrky. Nebo naopak někteří větší letouni jsou hmyzožraví. Brooke proto uvádí, že velikost těla umožňuje lovit širší spektrum potravy na základě zdrojů dané oblasti

a důležitým faktorem pro lov obratlovců je velikost a tvaru lebky a vývin svalů. Svaly umožňují silnější stisk čelistí, které dokáží rozdrtit maso a kosti. Adaptace na lebce letounů, které umožňují lov obratlovců, jsou delší rostrum, které umožňuje širší otevření tlamy, a masivnější žvýkácké svaly. Výjimkou jsou dva rybožravé druhy netopýr rybožravý *Noctilio leporinus* a netopýr rybařící *Myotis vivesi*, kteří mají krátké a široké rostrum a silný a dlouhý jařmový oblouk. Tyto změny jim umožňují velkou sílu stisku čelistí na menší kořist, kterou potřebují pro rozžvýkání ostrých tenkých kostí ryb. Kratší rostrum poskytuje menší rychlost zavření čelistí, ale protože svoji kořist nechytají přímo tlamou a používají uropatagium a zadní končetiny, není vysoká rychlost nutná (Santana a Cheung, 2016).

3.7.3.1 Piscivorní druhy čeledi Noctilionidae

Z rybožravých letounů jsou známy minimálně 4 druhy. Netopýr rybožravý *Noctilio leporinus*, netopýr rybařící *Myotis vivesi*, *Myotis adversus* Horsfield, 1824 a netopýr vodní *Myotis daubentonii*. Rybožravost se pravděpodobně vyvinula z insektivorie (Merritt, 2010).

Netopýr rybožravý *Noctilio leporinus* se nachází v Severní Americe na karibských ostrovech, ve Střední Americe od Mexika po Jižní Ameriku v oblastech Venezuely, Kolumbie, Peru, Brazílie, Bolívie, Paraguay a zasahuje až do severních oblastí Argentiny. Je to druh s hmotností 60-78 g a rozpětím křídel 98-132 mm. Žije ve skupinách od několika desítek až po několik set jedinců. Hnízdí v dutinách stromů a jeskyních, které jsou v blízkosti potoků, řek a jiných vodních ploch (Barquez et al., 2015c). Loví za soumraku nebo v noci v malých skupinách v oblastech malých rybníků, pomalu tekoucích řek nebo lagun. *N. leporinus* byli také pozorováni nad mořem a okrajů příbojů. Zrak a čich není pro tento druh potřebný pro lov. Za pomoci echolokace netopýři dokáží zaznamenat čerení vodní hladiny rybou, která je blízko hladiny. Po lokalizaci ryby se snesou blíž a své zadní nohy táhnou po vodní hladině. Nadzvednou membránu ocasu nad vodu, aby rybu uchvátili. Po uchvácení ji ihned přenesou do tlamy, kde ji z části rozžvýkají a uloží v tvářových vacích. Buď to rybu zkonzumují za letu nebo až na místě odpočinku. Za jeden večer jsou schopni ulovit přibližně 30 až 40 ryb do velikosti 8 cm. Jejich žaludek má unikátní modifikaci jícnu a česla a umožňuje jim uskladnění větších částí potravy. Přes to, že jsou

ryby důležitým zdrojem potravy, loví i z velké části hmyz (Merritt, 2010). Brooke (1994) uvádí, že v období sucha tvoří ryby hlavní zdroj potravy a v období dešťů převládá hmyz.

3.7.3.2 Piscivorní druhy čeledi Vespertilionidae

Netopýr rybařící *Myotis vivesi* je jedním z největších druhů čeledi *Myotis* nacházející se převážně v oblastech ostrovů v Kalifornském zálivu a pobřeží Mexika. Jeho tělesná hmotnost je okolo 25 g s rozpětím křídel 40 cm. Žije ve velkých skupinách, které čítají 12 000 až 15 000 jedinců. Hnízdí v jeskyních nebo skalních puklinách v blízkosti vodních ploch (Arroyo-Cabrales a Ospina-Graces, 2016). Má dlouhé zadní nohy a velké drápy adaptovány k lovení ryb. *M. vivesi* má odlišný způsob lovu od *N. leporinus*. *M. vivesi* své uropatagium ponoří do vody, místo aby ho držel nad vodou. Jeho ledviny jsou uzpůsobeny pro konzumaci vysokého obsahu soli v kořisti. Kůra ledvin je tenká a dřevnatější s dlouhou Henleovou kličkou, která se prodlužuje do ledvinných bradavek. Čím delší je Henleova klička, tím více dokáže netopýři svou moč koncentrovat. Tyto anatomické změny umožňují koncentrovat sůl v moči netopýra a díky ní mohou pít slanou vodu (Merritt, 2010).

Myotis adversus (prozatím bez českého názvu) se rozprostírá na území Austrálie Indonésie a jihovýchodní Asie v oblasti Malajsie. Tento netopýr váží kolem 10 g s rozpětím křídel 280 mm. Jeho specifickým znakem jsou dlouhá chodidla měřící 11-14 mm. Žije v malých koloniích v jeskyních anebo tunelech. Loví v okolí rybníků, větších jezer a potoků. Při lovu se snese nad vodní hladinu a dlouhými drápy čeří vodu. Hlavní složku jeho potravy tvoří hmyz a ryby (Merritt, 2010).

Netopýr vodní *Myotis daubentonii* se nachází v jižní, střední, západní i východní Evropě. Zasahuje také do jižní části severní Evropy a je rozšířen až do střední a východní Asie. Váží přibližně 8 g a jeho rozpětí křídel je 250 mm. Jeho kolonie tvoří přibližně 20 až 50 jedinců. Nachází se v blízkosti vodních ploch a hnízdí v jejich blízkostech ve stromových dutinách, jeskyních nebo pod mosty. Typickým znakem tohoto druhu jsou velká chodidla, která jsou dlouhá jako polovina holenní kosti. Loví létavý vodní hmyz, jako jsou komáři, pakomáři a larvy, kteří tvoří hlavní složku

jejich potravy. Občasně loví i malé ryby (příloha č. 5, obr. 8), (Anděra, 2014). V zajetí bylo zaznamenáno, že dokáže ulovit 7 až 10 ryb za den (Merritt, 2010).

3.7.3.3 Karnivorní druhy z čeledi Phyllostomidae

Jsou známi nejen netopýři, živící se lovem ryb, ale existují také druhy, které zahrnují do své potravy určitý druh žab. **Listonos žabožravý** *Trachops cirrhosus* Spix, 1823 se nachází v oblastech Střední Ameriky, konkrétně pak v jižní části Mexika, Guatemale, Kostarice a Panamě. Dále v Jižní Americe ve státech Bolívie, Ekvádor, Peru, Brazílie, Venezuela a Guyana. Jde o středně velkého netopýra o tělesné hmotnosti 45 g. *T. cirrhosus* vytváří malé kolonie o počtu přibližně šesti jedinců, ale mohou existovat větší kolonie hluboko v jeskyních. Nachází se v oblastech tropických lesů, ale objevuje se i v suchých opadavých lesích v blízkosti vlhkých habitatů. Hnízdí v jeskyních, dutinách stromů nebo budovách. (Miller et al., 2015). Živí se převážně žábami, ale je zaznamenán i lov ještěrek, hmyzu a občasně i ovoce nebo malých savců a ptáků. Experimenty prováděné na tomto druhu netopýrů dokazují, že jsou schopni rozpoznat zvuky vydávané určitými druhy žab, a tak se vyhnout těm, které by pro ně byly toxické. Uvádí se, že v rozpoznání by jim také mohly pomáhat výrůstky v okolí tlamy s chemickými senzory, které by umožňovaly rozpoznat jedovaný druh dotykem žabí kůže (Rodriguez et al., 2004). Pro lov žab mají uzpůsobené uši, aby dokázali zachytit zvuky nízké frekvence, které žáby vydávají. Mají velké ušní boltce, které dokáží zvuky o nízké frekvenci detekovat. Také mají středně velký bubínek, který umí rozpoznávat jak vysokofrekvenční, tak nízkofrekvenční zvuky (Cramer et al., 2001). Při lovu přistanou na blízké větvi a naslouchají zvukům, které žáby vydávají. Aby zaznamenali polohu kořisti, využívají nízkofrekvenční echolokaci. (Rodriguez et al., 2004).

3.7.3.4 Karnivorní druhy z čeledi Megadermatidae

Jedním z netopýrů, kteří se živí převážně malými obratlovci nebo i jinými netopýry, je **megaderma australská** *Macroderma gigas*. Tento druh se nachází v oblastech severního pobřeží Austrálie. Jeho tělesná hmotnost je od 130-170 g s rozpětím křídel 600 mm. Utváří malé kolonie nebo žije samotářsky. Vyskytuje se převážně v suchých oblastech poblíž skalních výstupů a hnízdí v jeskynních, dolech či skalních štěrbinách, ale je možný výskyt i v tropických deštných lesích

(McKenzie a Hall, 2008). *M. gigas* svou kořist uchvacuje technikou Gleaning, kdy zavěšený na větvi vyčkává na kořist, která se dostane do jeho blízkosti. Při zpozorování kořisti se snese z vyvýšeného místa na zem, kde ji zakousne v oblasti hlavy nebo krku. Zkonzumuje i srst, kosti a kůži (příloha č. 5, obr. 9). Pokud je nedostatek potravy, uchyluje se i k lovu hmyzu (Tidemann et al., 1985).

3.7.4 HEMATOFÁGIE

Někteří ze zástupců letounů jsou jediní savci, kteří se dokázali adaptovat a specializovat na konzumaci krve. Těmito netopýry jsou upír obecný *Desmodus rotundus* Geoffroy, 1810, upír bělokřídlý *Diaemus youngi* Jentink, 1893 a upír ptačí *Diphylla ecaudata* Spix, 1823 z čeledi Phyllostomidae. Tito zástupci se vyskytují v oblastech od Mexika po Argentinu (Merritt, 2010).

Protože pro tyto netopýry může být smrtelné hladovění delší než tři dny, vyvinulo se u nich unikátní sociální chování reciprokého altruismu, při kterém se jedinci dělí o potravu s jinými zástupci druhu. Tedy snižují vlastní fitness v očekávání, že se jim „laskavost“ vrátí v době nouze. Jejich skupiny čítají od 20 do 100 jedinců. Podělí se tak, že samičky vyvrhují krev do tlam sousedních netopýrů (samci žijí odděleně od skupiny). Dělení se neděje jen mezi pokrevními příbuznými, ale i s jinými jedinci, kteří jsou v blízkém okolí a budou teoreticky schopni v budoucnu i oni poskytnout potravu, když bude potřeba (Merritt, 2010).

Upír obecný *Desmodus rotundus* se živí převážně krví savců. Nachází se v celé Střední Americe až po Jižní Ameriku vyjma Argentiny (Barquez et al., 2015d). Velikost těla je přibližně 7-9 cm s rozpětím křídel 180 mm a tělesnou hmotností 25-40 g. Obývají jak suché, tak vlhké oblasti a hnízdí v jeskyních nebo dutinách stromů. V blízkosti lidských obydlí sají krev převážně na skotu, koních, mulách, kozách, prasatech, ovcích a i lidech (Merritt, 2010). Způsob lovu je odlišný od běžného lovu jiných letounů. Přistanou poblíž kořisti a pohybují se kvadrupedně po zemi krátkými skoky nebo lezením. Vyšplhají na svou kořist a najdou za pomoci termoreceptorů, které se nacházejí v oblasti tlamy, cévy, které jsou v těsné blízkosti kůže. Svými řezáky provedou malý řez a olizují krev z ranky (příloha č. 6, obr. 10). Ze svého hostitele pijí přibližně 20-30 minut, poté

odlétají pryč. Kousnutí není bolestivé a u hostitelů nedochází k masivním ztrátám krve, které by jim mohly ublížit. Kousnutí ale může být nebezpečné kvůli případné infekci nebo přenosu vztekliny, kterou tito netopýři mohou přenášet (Nowak a Walker, 1994). Až 13 jedinců bylo pozorováno na jednom hostiteli (Merritt, 2010).

Upír ptačí *Diphylla educata* je menší netopýr obývající Střední Ameriku v oblastech východního pobřeží Mexika směrem na jih až po Jižní Ameriku, kde se vyskytuje ve Venezuele, Kolumbii, Peru, Bolívii a Brazílii. Avšak nenachází se v oblastech Amazonského tropického deštného lesa. Sdružuje se v menších skupinách o 12 jedincích, kteří se také dělí o potravu, nebo žijí samostatně. Živí se převážně krví malých ptáků, ke kterým se přibližuje po bidélku k běhákům, kde také provádí řez řezáky (Sampaio et al., 2016).

Upír bělokřídlý *Diaemus youngi* je druh, který se živí krví ptáků, převážně pak drůbeže. Nachází se ve Střední ve východní části Mexika a Panamy a severní části Jižní Ameriky ve státech Argentina, Bolívie, Paraguay, Brazílie a Venezuela (Barquez et al., 2015e). Při přistání na bidélku v blízkosti ptáka zůstávají chvíli v klidu a nehnutě, poté se vzhůru nohama přibližují k běhákům ptáka, kde pak provedou řez svými řezáky. Preferovanými místy pro řez jsou části běháků mezi prsty. Ptáci, kteří mají silnou kůži na běhácích (například krocani), jsou napadeni v nižších částech prsních svalů. Stejně jako *D. rotundus*, *D. youngi* nesaje krev z rány, ale olizuje ji (Sazima a Uieda, 1980).

4. ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce byl sběr a kompletace vědeckých publikací, zabývajících se problematikou potravních specializací letounů. Letouni jsou řádem kosmopolitních savců, u kterých je zaznamenána řada potravních specializací, které se vyvinuly v důsledku specifických morfologických adaptací v závislosti na způsobu lovu a oblastí výskytu.

Jedny z hlavních morfologických změn letounů jsou schopnost letu a variabilita lebek a chrupu. Let umožňuje získávání potravy v korunách stromů, ve vzduchu nebo na povrchu a tím tak zpřístupňuje široký výběr potravy.

Lebky a chrup jsou uzpůsobené podle potravy, kterou daný druh konzumuje. Frugivorní druhy mají protáhlé, úzké lebky s širokými stoličkami s podélnými rýhami, kterými dokáží drtit dužinu ovoce a tím získávat jejich šťávy. Druhy nektarivorní mají též protáhlou úzkou lebku se zmenšenými, zúženými zuby. Insektivorní a karnivorní zástupci mají krátkou širokou lebku se špičatým, malým chrupem a s podlouhlými ostrými špičáky, který jim napomáhá drtit skelety hmyzu. Hematofágní druhy jsou opatřeny krátkou širokou lebkou s redukovaným chrupem, výraznými podlouhlými špičáky a horními řezáky, které v čelistech dominují a které využívají pro naříznutí kůže hostitele.

Způsoby lovu jsou také rozmanité. Vědecky jsou popsány techniky Slow Hawking, Fast Hawking, Trawling, Gleaning a Flycatching, které letouni nejčastěji využívají. Avšak některé druhy výše zmíněné techniky střídají a neloví pouze jediným z popsaných způsobů.

Insektivorní druhy tvoří největší zastoupení tohoto řádu. Velká část letounů, vyjma hematofágních druhů podčeledi Desmodontinae, není striktními potravními specialisty a mnoho druhů, které se řadí mezi frugivorní či nektarivorní, konzumují v malém množství i hmyz. Karnivorní druhy se v určitých obdobích či při nedostatku obvyklé kořisti také uchylují k lovu hmyzu.

5. SEZNAM LITERATURY

Alvarez, J., Willig, R. M., Jones, K. J., Webster, D. 1991. *Glossophaga soricina*, Mammalian Species. The American Society of Mammalogists. 379. 1-7.

Anděra, M. 2014. Naši netopýři. Průhonice: Správa jeskyní České republiky. ISBN: 9788087309223.

Anderson, M. E., Racey, P. A. 1991. Feeding behaviour of captive brown long-eared bats, *Plecotus auritus*. *Animal Behaviour*. 42. 489-493.

Andreas, M., Cepáková, E., Hanzal, V. 2010. Metodická příručka pro praktickou ochranu netopýřů. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. ISBN: 9788087051825.

Arlettaz, R. 1996. Feeding behaviour and foraging strategy of free-living mouse-eared bats, *Myotis myotis* and *Myotis blythii*. *Animal Behaviour*. 51. 1-11.

Brooke, P. A. 1994. Diet of the fishing bat, *Noctilio Leporinus* (Chiroptera: Noctilionidae). *Journal of Mammalogy*. 75. 212-218.

Carroll, R. L. 1988. Vertebrate paleontology and evolution. New York: Freeman. ISBN: 0716718227.

Corcoran, J. A., Barber, R. J., Conner, E. W. 2009. Tiger Moth Jams Bat Sonar. *Science*. 325. 325-327.

Cramer, M. J., Willig, M. R., Jones, C. 2001. *Trachops cirrhosus*. Mammalian Species. 656. 1-6.

Fejfar, O. 2005. Zaniklá sláva savců. Praha: Academia. ISBN: 802001361X.

Freeman, W. P. 1998. Form, Function, and Evolution in Skulls and Teeth of Bats. *Papers in Natural Resources*. 9.

- Freeman, W. P. 1988.** Frugivorous and animalivorous bats (Microchiroptera): dental and cranial adaptations. *Biological Journal of the Linnean Society*. 33. 249-272.
- Hillson, S. 2005.** *Teeth*. 2nd ed. New York: Cambridge University Press. ISBN: 0521545498.
- Holland, R. A., Waters, D. A., Rayner, J. M. V. 2004.** Echolocation signal structure in the Megachiropteran bat *Rousettus aegyptiacus* Geoffroy 1810. *The Journal of Experimental Biology*. 207. 4361-4369.
- Hutson, A. M., Mickleburgh, P. S., Racey, P. A. 2001.** *Microchiropteran bats: global status survey and conservation action plan*. Cambridge: IUCN. ISBN: 2831705959.
- Jones, E. K., Purvis, A., MacLarnon, A., Bininda-Emonds, R. P. O., Simmons, B. N. 2001.** A phylogenetic supertree of the bats (Mammalia: Chiroptera). *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*. 77. 223-259.
- Kalko, K. V. E. 1995.** Insect pursuit, prey capture and echolocation in pipistrelle bats (Microchiroptera). *Animal Behaviour*. 50. 861-880.
- Kunz, T. H., Diaz, C. A. 1995.** Folivory in Fruit-eating Bats, with New Evidence from *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera: Phyllostomidae). *BIOTROPICA*. 27. 106-120.
- Leopardi, S., Blake, D., Puechmaile, J. S. 2015.** White-Nose Syndrome fungus introduced from Europe to North America. *Current Biology*. 25. 217-219.
- McAney, C. M., Fairley, J. S. 1989.** Analysis of the diet of the lesser horseshoe bat *Rhinolophus hipposideros* in the West of Ireland. *Journal of Zoology*. 217. 491-498.
- McWilliams, L. A. 2005.** Variation in diet of the Mexican free-tailed bat (*Tadarida brasiliensis mexicana*). *Journal of Mammalogy*. 83. 599-605.
- Merritt, F. J. 2010.** *The Biology of Small Mammals*. Baltimore: Johns Hopkins University Press. ISBN: 0801879507.

Mickleburgh, S. P., Hutson, A. M., Racey, P. A. 1992. Old World fruit bats: an action plan for their Conservation. Gland, Switzerland: IUCN. ISBN: 2831700558.

Muscarella, R., Fleming, H. T. 2007. The Role of Frugivorous Bats in Tropical Forest Succession. *Biological Reviews*. 82. 573-590.

Norberg, U. M., Rayner, J. M. V. 1987. Ecological Morphology and Flight in Bats (Mammalia; Chiroptera): Wing Adaptations, Flight Performance, Foraging Strategy and Echolocation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 316. 335-427.

Nowak, R. M., Walker, E. P. 1994. Walker's bats of the world. Baltimore: Johns Hopkins University Press. p. 287. ISBN: 0801849861.

Nowak, R. M. 1999. Walker's mammals of the world. 1st ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press. p. 1936. ISBN: 9780801857898.

O'Brien, J., McCracken, G. F., Say, L., Hayden, T. J. 2007. Rodrigues fruit bats (*Pteropus rodricensis*, Megachiroptera: Pteropodidae) retain genetic diversity despite population declines and founder events. *Conservation Genetics*. 8. 1073-1082.

Roček, Z. 2002. Historie obratlovců: evoluce, fylogeneze, systém. Praha: Academia. ISBN: 8020008586.

Rodriguez, F. H. G., Reis, M. L., Braz, V. S. 2004. Food habits of the frog-eating bat, *Trachops cirrhosus*, in Atlantic Forest of Northeastern Brazil. *Chiroptera Neotropical*. 10. 180-182.

Ruby, J., Nathan, P. T., Balasingh, J., Kunz, T. H. 2000. Chemical Composition of Fruits and Leaves Eaten by Short-Nosed Fruit Bat, *Cynopterus sphinx*. *Journal of Chemical Ecology*. 26.

Santana, E. S., Cheung, E. 2016. Go big or go fish: morphological specializations in carnivorous bats. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 283.

Sazima, I., Uieda, W. 1980. Feeding behaviour of the White-Winged Vampire Bat, *Diaemus youngii*, on poultry. *Journal of Mammalogy*. 61. 102-104.

- Schondube, E. J., Herrera-M, L. G., Martínez del Rio, C. 2001.** Diet and the evolution of digestion and renal function in phyllostomid bats. *Zoology*. 104. 59-73.
- Srinivasulu, C., Racey, P. A., Mistry, S. 2010.** A key to the bats (Mammalia: Chiroptera) of South Asia. *Journal of Threatened Taxa*. 2. 1001-1076.
- Teeling, C. E., Springer, M. S., Madsen, O., Bates, P., O'Brien, J., Murphy, W. J. 2005.** A Molecular Phylogeny for Bats Illuminates Biogeography and the Fossil Record. *Science*. 37. 580-584.
- Tellgren-Roth, A., Dittmar, K., Massey, E. S., Kemi, C., Thellgren-Roth, C., Savolainen, P., Lyons, A. L., Liberles, A. D. 2009.** Keeping the blood flowing-plasminogen activator genes and feeding behavior in vampire bats. *Naturwissenschaften*. 96. 39-47.
- Tidemann, R. C., Priddel, M. D., Nelson, E. J., Pettigrew, D. J. 1985.** Foraging Behaviour of the Australian Ghost Bat, *Macroderma gigas* (Microchiroptera: Megadermatidae). *Australian Journal of Zoology*. 33. 705-713.
- Vaughan, N. 1997.** The diets of British bats (Chiroptera). *Mammal Review*. 27. 77-94.
- Voigt, C. C., Speakman, J. R. 2007.** Nectar-feeding bats fuel their high metabolism directly with exogenous carbohydrates. *Functional Ecology*. 21. 913-921.
- Wibbelt, G., Kurth, A., Hellmann, D., Weishaar, M., Barlow, A., Veith, M., Pruger, J., Gorfol, T., Grosche, L., Bontadina, F., Zophel, U., Seidl, H., Cryan, P. M., Blehert, D. S. 2010.** White-Nose Syndrome Fungus (*Geomyces destructans*) in Bats, Europe. *Emerging Infectious Diseases*. 16. 1237-1243.
- Wilson, D. E., Reeder, D. M. 2005.** *Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference* (3rd editoin). John Hopkins University Press. 2.

INTERNETOVÉ ZDROJE:

Aplin, K., Armstrong, K. 2016. *Syconycteris australis* [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2016. [cit. 2018-02-22]. Aktualizace dne 22. 2. 2018. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/21185/0>>.

Arroyo-Cabrales, J., Ospina-Graces, S. 2016. *Myotis vivesi* [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2016. [cit. 2018-02-22]. Aktualizace dne 22. 2. 2018. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/14209/0>>.

Barquez, R., Diaz, M., Gonzalez, E., Rodriguez, A., Incháustegui, S., Arroyo-Cabrales, J. 2015a. *Tadarida brasiliensis* [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2015. [cit. 2017-12-08]. Aktualizace dne 12. 8. 2017. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/21314/0>>.

Barquez, R., Perez, S., Miller, B., Diaz, M. 2015b. *Glossophaga soricina* [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2015. [cit. 2018-03-05]. Aktualizace dne 22. 2. 2018. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/full/9277/0#habitat>>.

Barquez, R., Perez, S., Miller, B., Diaz, M. 2015c. *Noctilio leporinus* [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2015. [cit. 2018-02-22]. Aktualizace dne 22. 2. 2018. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/14830/0>>.

Barquez, R., Perez, S., Miller, B., Diaz, M. 2015d. *Desmodus rotundus* [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2015. [cit. 2017-08-29]. Aktualizace dne 29. 8. 2017. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/6510/0>>.

Barquez, R., Perez, S., Miller, B., Diaz, M. 2015e. *Diaemus youngi* [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2015. [cit. 2017-08-29]. Aktualizace dne 29. 8. 2017. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/6520/0>>.

Bates, P., Bumrunugsri, S., Francis, C. 2008. *Craseonycteris thonglongyai* [online]. The IUCN Red List of Threatened Species. [cit. 2017-08-28]. Aktualizace dne 28. 8. 2017. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/5481/0>>.

Burneo, S., Mantilla, H. 2008. Anoura fistulata [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2008. [cit. 2018-02-22]. Aktualizace dne 22. 2. 2018. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/136239/0>>.

Coroiu, I., Juste, J., Paunovič, M. 2016. Myotis myotis [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2016. [cit. 2017-12-08]. Aktualizace dne 8. 12. 2017. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/14133/0>>.

Hutson, A. M., Spitzenberger, F., Aulagnier, S., Coroiu, I., Karatas, A., Juste, J., Paunovic, M., Palmeirim, J., Benda, P. 2008a. Plecotus auritus [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2008. [cit. 2017-12-11]. Aktualizace dne 11. 12. 2017. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/17596/0>>.

Hutson, A. M., Spitzenberger, F., Aulagnier, S., Coroiu, I., Karatas, A., Juste, J., Paunovic, M., Palmeirim, J., Benda, P. 2008b. Pipistrellus pipistrellus [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2008. [cit. 2017-12-11]. Aktualizace dne 11. 12. 2017. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/17317/0>>.

Juste, J., Karatas, A., Palmeirim, J., Paunovic, M., Spitzenberger, F., Huston, A. M. 2008. Plecotus austriacus [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2008. [cit. 2018-02-05]. Aktualizace dne 5. 2. 2018. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/17597/0>>.

Korine, C. 2016. Rousettus aegyptiacus [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2016. [cit. 2017-12-07]. Aktualizace dne 7. 12. 2017. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/29730/0>>.

McKenzie, N., Hall, L. 2008. Macroderma gigas [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2008. [cit. 2017-08-28]. Aktualizace dne 28. 8. 2017. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/12590/0>>.

Miller, B., Reid, F., Arroyo-Cabrales, J., Cuarón, A. D., de Grammont, P. C. 2015. Trachops cirrhosus [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2015. [cit. 2017-12-07]. Aktualizace dne 7. 12. 2017. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/22029/0>>.

Miller, B., Reid, F., Arroyo-Cabrales, J., Cuaron, A. D., de Grammont, P. C. 2016. *Artibeus jamaicensis* [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2016. [cit. 2018-02-22]. Aktualizace dne 22. 2. 2018. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/88109731/0>>.

Myers, P. 2001. Noctilionidae [online]. Animal Diversity Web. [cit. 2017-08-28]. Aktualizace dne 25. 2. 2017. Dostupné z <<http://animaldiversity.org/accounts/Noctilionidae/>>.

Piraccini, R. 2016. *Barbastella barbastellus* [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2016. [cit. 2017-12-11]. Aktualizace dne 11. 12. 2017. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/2553/0>>.

Sampaio, E., Lim, B., Peters, S. 2016. *Diphylla ecaudata* [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2016. [cit. 2017-08-29]. Aktualizace dne 29. 8. 2017. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/6628/0>>.

Taylor, P. 2016. *Rhinolophus hipposideros* [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2016. [cit. 2017-12-11]. Aktualizace dne 11. 12. 2017. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org/details/19518/0>>.

Watson, M. 2002. *Myzopoda aurita* [online]. Animal Diversity Web. [cit. 2017-08-29]. Aktualizace dne 25. 02. 2017. Dostupné z <http://animaldiversity.org/accounts/Myzopoda_aurita/>.

6. SAMOSTATNÉ PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Netopýr velký *Myotis myotis* s onemocněním WNS na čenichu a fotografie *Pseudogymnoascus destructans*

Příloha č. 2: Porovnání lebek letounů

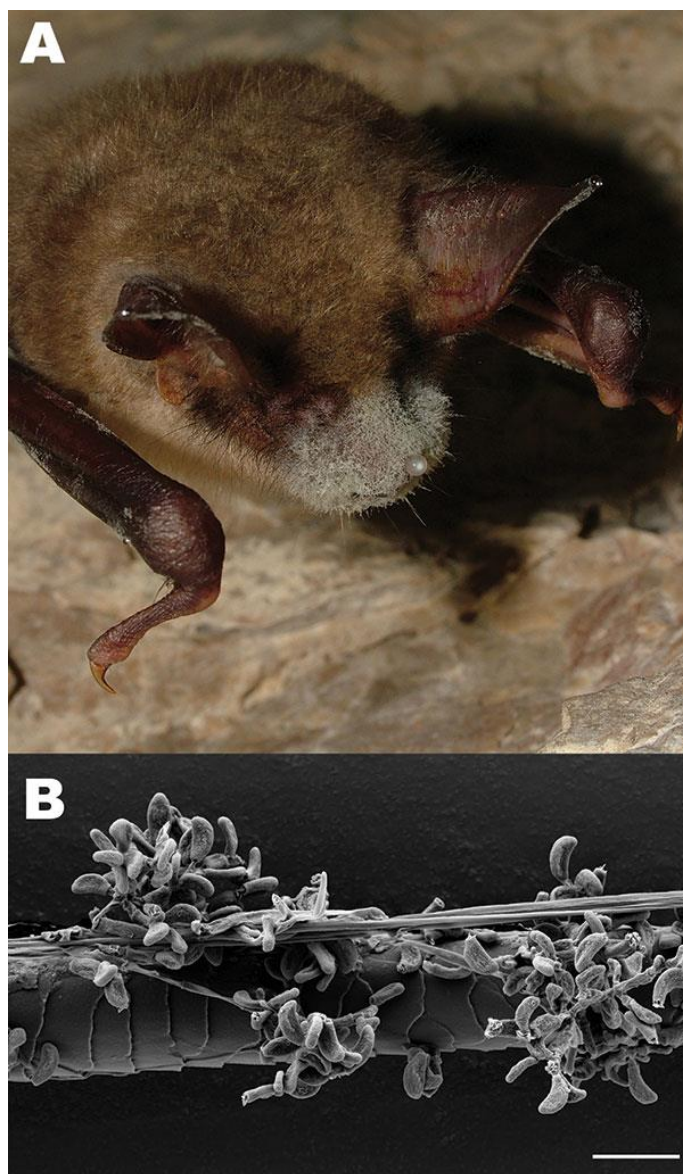
Příloha č. 3: Ilustrace uspořádání létacích blan letounů

Příloha č. 4: Frugivorní a nektarivorní druhy konzumující potravu

Příloha č. 5: Karnivorní druhy lovící kořist

Příloha č. 6: Upír obecný *Desmodus rotundus* živící se krví skotu

PŘÍLOHA Č. 1: NETOPÝR VELKÝ *MYOTIS MYOTIS* S ONEMOCNĚNÍM WNS NA ČENICHU A FOTOGRAFIE *PSEUDOGYMNNOASCUS DESTRUCTANS*



Obrázek č. 2: A Netopýr velký *Myotis myotis* s onemocněním WNS na čenichu a B elektronovým mikroskopem naskenovaný chlup netopýra kolonizovaný *Pseudogymnoascus destructans* (viz podkapitola 3.4.1.2., Nemoci letounů).

(Zdroj: Wibbelt et al., 2010).

PŘÍLOHA Č. 2: POROVNÁNÍ LEBEK LETOUNŮ



Obrázek č. 3: Porovnání lebek letounů nektarivorních (vlevo) insektivorních (uprostřed) a frugivorních (vpravo), (viz podkapitola 3.5.1, Lebka a chrup).

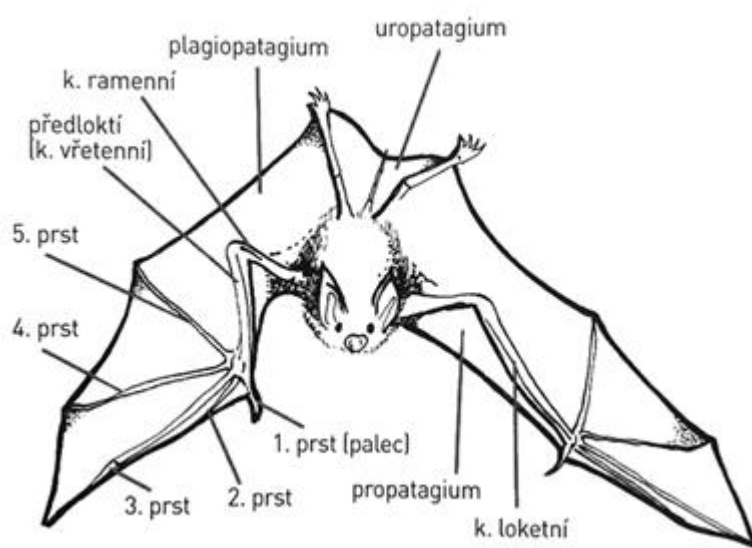
(Zdroj: http://www.wildmammal.com/index_files/bat_skull_shape_evolution.html).



Obrázek č. 4: Lebka hematofágního druhu upír obecný *Desmodus rotundus* (viz podkapitola 3.5.1, Lebka a chrup).

(Zdroj: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Common_Vampire_Bat_Skull.jpg).

PŘÍLOHA Č. 3: ILUSTRACE USPOŘÁDÁNÍ LÉTACÍCH BLAN LETOUNŮ



Obrázek č. 5: Ilustrace uspořádání létacích blan letounů (viz podkapitola 3.5.2, Křídla).

(Zdroj: Anděra, 2014).

PŘÍLOHA Č. 4: FRUGIVORNÍ A NEKTARIVORNÍ DRUHY KONZUMUJÍCÍ POTRAVU



Obrázek č. 6: Listonos plodožravý *Artibeus jamaicensis* konzumující plod (viz podkapitola 3.7.2, Frugivorie a nektarivorie).

(Zdroje: <https://www.arkive.org/jamaican-fruit-eating-bat/artibeus-jamaicensis/image-G83777.html>).



Obrázek č. 7: *Anoura fistulata* krmící se nektarem (viz podkapitola 3.7.2, Frugivorie a nektarivorie).

(Zdroje: <http://www.planet-mammiferes.org/drupal/en/node/40?indice2=Photos%2FVolants%2FPhyllost%2FAnouFis1.jpg>).

PŘÍLOHA Č. 5: KARNIVORNÍ DRUHY LOVÍCÍ KOŘIST



Obrázek č. 8: Netopýr vodní *Myotis daubentonii* loví rybu z vody (viz podkapitola 3.7.3, Karnivorie).

(Zdroje: <https://www.arkive.org/daubentons-bat/myotis-daubentonii/image-A7186.html>).



Obrázek č. 9: Megaderma australská *Macroderma gigas* s ulovenou kořistí (viz podkapitola 3.7.3, Karnivorie).

(Zdroje: <http://animal.memozee.com/view.php?tid=3&did=20776>).

PŘÍLOHA Č. 6: UPÍR OBECNÝ *DESMODUS ROTUNDUS* ŽIVÍCÍ SE KRVÍ SKOTU



Obrázek č. 10: Upír obecný *Desmodus rotundus* krmící se krví skotu (viz podkapitola 3.7.4, Hematofágie)

(Zdroj: <https://www.arkive.org/common-vampire-bat/desmodus-rotundus/image-G16720.html>).