

**Univerzita Karlova v Praze**

**Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Ekologická a evoluční biologie



**Lucie Palivcová**

Efektivita a využití různých metod studia společenstev nočních motýlů  
Effectivity and utilisation of different methods of moths research

**Bakalářská práce**

Školitel: RNDr. Robert Tropek, Ph.D

Praha, 2016

**Prohlášení:**

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

V Praze, 19. 8. 2016

Podpis

### *Poděkování*

*Touto cestou bych ráda poděkovala svému školiteli RNDr. Robertovi Tropkovi, Ph.D za trpělivost a cenné rady při psaní této práce.*

*V neposlední řadě patří velký dík všem mým blízkým za všestrannou podporu.*

## Abstrakt

Sběr dat o společenstvech nočních motýlů je základem pro jejich studium, které nám umožní jejich lepší poznání. Tato práce se zaměřuje na různé metody sběru nočních motýlů, zejména pak na metody využívající světlo, jelikož právě ty jsou označovány za nejvhodnější, co se týče odchyty nočních motýlů. Jednotlivých metod je celá řada a lze je jen stěží porovnat, jelikož studie dokazují, že rozdílné metody udávají různé výsledky.

Individuální sběr je metoda, která je ideální pro zkoumání konkrétních druhů či skupin druhů. Jedná se o sběr jednotlivců z jejich přirozených habitatů. Záchytové pasti jsou vhodné pro studium letových koridorů, tvoří totiž překážku, do které hmyz narazí, spadne a následně je uvězněn. Noční motýli se dají lákat na několik druhů návnad. Mohou to být barevné misky, potravinové či feromonové návnady nebo ostatní přístupy, které využívají k lákání světlo.

Zvolením světelného zdroje lze výrazně ovlivnit efektivitu sběru dat. Největší spektrum druhů a množství jedinců přitahuje krátkovlnné záření. Konkrétní preference jsou druhově i pohlavně závislé, avšak je obtížné najít nějaké pravidelnosti v jednotlivých skupinách nočních motýlů.

Porozumění metodologii a chování motýlů lze využít například k dalšímu výzkumu v oblasti entomologie nebo biologie, může nám pomoci v ochranářské biologii i k boji se škůdci.

Klíčová slova: noční motýli, metodologie, sběr dat, světlo, hmyz, Lepidoptera

## Abstract

Sampling of data on moth communities is essential for our better understanding of their biology. This thesis is focused on different moth sampling methods, with a special aim to light catching as the most effective way how to attract them. Various sampling methods are described together with review of published knowledge of their effectivity, as well as advantages and disadvantages.

Individual sampling is suitable for studying of preselected particular species. Interception traps are used for studying of flying corridors. Selected groups of moth can be attracted by various baits or caught by colored pan traps, bait traps and pheromone traps. Common and highly useful is attracting of moths using light.

Light source can significantly affect sampling efficiency. The most species and individuals are attracted by shortwave light, but particular preferences are species and sexes specific.

Understanding of methodology and moth behavior can improve study of them and should bring new knowledge of their conservation or management of moth pests.

Key words: moth, methodology, sampling techniques, light, insect, Lepidoptera

## Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Cíle práce.....</b>	<b>8</b>
<b>3. Noční motýli .....</b>	<b>8</b>
<b>4. Přehled základních metod sběru dat .....</b>	<b>11</b>
4.1. Individuální sběr .....	11
4.2. Záchytové pasti.....	12
4.3. Odchyt pomocí návnad.....	13
<b>5. Světelné záření a jeho vnímání motýly .....</b>	<b>16</b>
<b>6. Metody odchytu využívající světlo.....</b>	<b>18</b>
6.1. Manuální sběr.....	19
6.2. Automatický sběr.....	21
<b>7. Druhy světelných zdrojů a jejich schopnost lákat hmyz.....</b>	<b>22</b>
7.1. Vysokotlaké výbojky .....	23
7.2. Nízkotlaká fluorescenční výbojka .....	25
7.3. Elektroluminiscenční dioda .....	26
<b>8. Intenzita světelných zdrojů .....</b>	<b>28</b>
<b>9. Vlnová délka a její vliv na skladbu odchycených motýlů .....</b>	<b>28</b>
<b>10. Shrnutí.....</b>	<b>29</b>
<b>11. Závěr.....</b>	<b>32</b>
<b>12. Seznam použité literatury .....</b>	<b>33</b>

## 1. Úvod

Noční motýli jsou zajímavou skupinou hmyzu jak z pohledu biologa, tak z pohledu nadšence či náhodného pozorovatele. Kromě toho, že poskytují člověku estetický požitek, mohou nám sdělit i cenné informace o stavu prostředí, ve kterém motýli žijí. Významní jsou ale i pro celý ekosystém, jelikož mnoho organismů, jako jsou například ptáci či netopýři, je na jejich existenci závislá. Jedná se o druhově početnou skupinu hmyzu, která je i hojně zastoupena ve většině biotopů. Nesmíme opomenout ani to, že mnoho zemědělských škůdců náleží do řádu motýlů. Nalezneme mnoho různých metodických přístupů ke sběru a studiu nočních motýlů. Tato bakalářská práce se věnuje jejich shrnutí a zhodnocení. Více prostoru bude věnováno metodám, které k lákání nočních motýlů využívají světelného záření.

Noční motýly lze sbírat individuálním sběrem, lákat pomocí návnad jak přírodních tak i uměle vyrobených, ale nejpoužívanější metody jsou ty, které lákají noční motýly na světelné záření. Oheň byl používán v prvních zařízeních, avšak jejich efektivita zdaleka nedosahovala efektivitě dnešních zdrojů umělého světla. Právě možnosti těchto metod byly v poslední době, díky novým technologiím, rozšířeny o řadu nových přístupů, což výrazně rozšířilo možnosti studia nočních motýlů ve stádiu dospělce.

Je zřejmé, že jsou noční motýli přitahováni světelným zářením, i když nezodpovězenou otázkou stále zůstává, proč tak motýli činí. Atraktivnosti světelného záření lze využít právě při odchytu nočních motýlů. Mnoho studií se zabývá problematikou lákání nočních motýlů na světlo. Nejméně tři parametry mohou ovlivňovat to, jestli vůbec a v jaké míře bude světlo pro motýly atraktivní. Je to vlnová délka a intenzita světla a doba svícení (Callahan, 1957 podle Sambaraju, Phillips, 2008).

Vlivem množství rozdílných metod, lze vědecké studie jen těžko porovnat a často ani nelze určit míru jejich spolehlivosti. Je prokázáno, že různé metody udávají odlišné výsledky a proto by bylo dobré znát hlavní odchylky jednotlivých přístupů, abychom mohli dané studie alespoň nepřímo porovnat. Proto nejprve jednotlivé metody popíši a na základě vědeckých studií se pokusím o jejich porovnání. Největší prostor bude dán metodám, které využívají světlo. Tyto metody jsou v současné době asi nejvyužívanějšími přístupy ke studiu a sběru společenstev nočních motýlů, ostatně žádný jiný přístup není schopen lákat tak velké množství druhů i jedinců nočních motýlů (Muirhead-Thompson, 2012). Samotné metody využívající světlo zahrnují mnoho rozmanitých přístupů, kterých v posledních letech ještě přibývalo. To rozšířilo možnosti sběru nočních motýlů i jejich studování.

## 2. Cíle práce

1. Shrnout základní metody sběru nočních motýlů, s důrazem na metody využívající světelné záření, včetně jejich použití, výhod a nevýhod.
2. Shrnout publikované metodologické studie a na jejich základě zhodnotit a porovnat metody využívající světelné záření
3. Zamyslet se nad možnostmi zdokonalení stávajících studií

## 3. Noční motýli

Noční motýli jsou parafyletickou skupinou a společně s denními motýly tvoří řád motýli (Lepidoptera). Jedná o jednu z druhově nejpočetnějších skupin hmyzu. V současné době je popsáno kolem 160 000 druhů motýlů, celkový počet druhů je odhadován až na půl milionu (Kristensen, 2007). Dva sesterské řády motýli (Lepidoptera) a chrostíci (Trichoptera) tvoří společně nadřád Amphiesmenoptera. Ještě s mnoha dalšími skupinami hmyzu tvoří skupinu Holometabola, což je nejdiverzifikovanější skupina hmyzu (Insecta) (Peters et al., 2014). Většina řádu motýli je tvořena právě nočními motýly čítajícími kolem 140 000 popsáných druhů (Kristensen, 2007). Řád motýli (Lepidoptera) je tvořen čtyřmi podřády: Zeugloptera, Aglossata, Heterobathmiina a Glossata. Právě do podřádu Glossata patří druhově nejpočetnější čeledi jako Erebidae čítající okolo 25 000 popsáných druhů, Geometridae (pídalkovití) s celkem asi 23 000 druhů a Noctuidae (můrovití) zahrnující asi 12 000 druhů (van Nieukerken et al., 2011).

Většina druhů nočních motýlů je aktivní převážně v noci, vyvinula se u nich i morfologická uzpůsobení. Od denních motýlů je rozlišíme například stavbou tykadel. Pro denní motýly jsou typická tykadla kyjovitá neboli paličkovitá, noční mívají tykadla různá, často členitější a to zejména u samečků, kteří je využívají k vyhledávání samičích feromonů (Macek et al., 2007). Noční motýli mívají více ochlupené tělo a křídla zbarvena tmavěji a méně nápadně než denní. Souvisí to nejspíše s lepší absorpcí a udržením tepla a také s kryptickým zbarvením. Toto nenápadné zbarvení má za úkol připodobnit kresbu na motýlích křídlech či na larvě podkladu, a zajistit tak, aby jedinec splynul s okolím a nebyl objeven možným predátorem. Nalezneme však výjimky například v podobě některých martináčů či lišajů, kteří mají na křídlech výrazné oční skvrny, které mají predátory nočních motýlů vyděsit (Komárek, 2004)

Ústní ústrojí dospělců je u fylogeneticky starších skupin kousacího typu. U podřádů Zeugloptera a Heterobathmiina mají kousací ústrojí všechny formy, u podřádu Aglossata jsou kusadla vyvinuta ještě u kulek. U většiny ostatních motýlů (Glossata) se vyvinul sosák a kusadla zakrněla či úplně chybí. U některých skupin druhotně zakrňuje i sosák, nemohou přijímat potravu a po celé stádium imága musí žít z larválních zásob. Chybějící sosák mají například druhy čeledi



hrotnokřídlecovití (Hepialidae), vakonošcovití (Psychidae) a bourovcovití (Bombycidae). Nevyvinutí ústního ústrojí je často spojeno i s redukcí křídel (zejména u samic) a to například u podčeledi bekyňovití (Lymantriidae), čeledi můrovití (Noctuidae) nebo vakonošcovití (Psychidae). Délka přežití dospělce se pohybuje od několika málo dnů až po několik měsíců. Některé druhy migrují na dlouhé vzdálenosti (Macek et al., 2007). Většina dospělců se živí nektarem rostlin a šťávou z jejich plodů, avšak nalezneme i mírné kuriozity – motýli živící se sáním potu, slz, moči, exkrementů ale i krví (Zaspel et al., 2007).

U nočních motýlů je většina druhů aktivní v noci, avšak vyskytují se i druhy aktivní ve dne. Z čeledi nočních motýlů s denní aktivitou můžeme jmenovat nesytkovité (Sesiidae) a vřetenuškovité (Zygaenidae). Dále jsou to někteří zástupci strakáčovitých (Endrominae), vakonošcovitých (Psychidae), bekyňovitých (Lymantriidae). Například z čeledi lišajovitých (Sphingidae) má denní aktivitu rod dlouhozobka (Hemaris) (Macek et al., 2007).

Noční motýli zastávají významnou ekologickou roli. Tvoří nedílnou součást v potravních řetězcích některých ptáků (Moeed, Fitzgerald, 1982) či netopýrů (Jennings, 2008) a jsou významnými opylovači rostlin. Larvy nočních motýlů, housenky, živící se rostlinnou potravou, zasahují do vývoje rostlin, ale také do vývoje celých ekosystémů. Larvy nočních motýlů, které jsou specialisty a živí se skupinou nebo i jediným druhem rostlin, mohou ovlivňovat kompetici jednotlivých druhů rostlin. Mimo jiné přispívají k přímému přenosu živin do půdy a mohou danou rostlinu stimulovat k intenzivnějšímu růstu a to díky stresu vzniklým její mírnou konzumací (Schowalter, 1981). Na druhou stranu se jedná o časté škůdce nejen v zemědělství. Zejména v monokulturách tyto motýli dokáží pozřít všechnu vegetaci, a proto je jejich populace třeba usměrňovat. To je jeden z hlavních důvodů, proč jsou noční motýli intenzivně zkoumány, jelikož se zvyšující se potřebou potravin se zvyšuje i nebezpečí, které mohou zemědělství škůdci pro lidstvo znamenat.

Díky tomu, že některé ohrožené druhy nočních motýlů vzbuzují zájem veřejnosti, jsou označovány jako vlajkové druhy. Je to jen malá skupina charismatických druhů, kteří mohou obecně podnítit veřejnost, aby podporovala jeho ochranu a tím i ochranu přírody (New, 1997). Díky mnoha dalším charakteristikám jsou některé druhy považovány za druhy deštníkové, jejichž ochranou jsme schopni zaštitit ochranu dalších skupin terestrických bezobratlých (McGeoch, 1998). Deštníkové druhy by měli být ohrožené, pro veřejnost atraktivní druhy, obývající biotop a vyžadující takové zdroje, které jsou vyžadovány i ostatními ohroženými živočichy (New, 1997). Noční motýly lze považovat za takzvané bioindikátory – organismy, které svým výskytem indikují stav prostředí, jeho kvalitu a míru zachovalosti. Pokud při monitorování daných druhů zjistíme, že populace těchto motýlů se snižují, značí to nežádoucí změny prostředí a je třeba v příslušném biotopu zasáhnout vhodným typem managementu. Jsou ideálním řádem hmyzu využívaným při studiích sloužících v ochranářské biologii a to z několika důvodů: mají vysokou druhovou bohatost, poměrně vysokou početnost

jedinců, jsou rozšířeni v mnoha ekosystémech a mají i vysokou variabilitu ekologických nároků. Jedná se o skupinu s poměrně dobře známou taxonomií, některé druhy se dají celkem lehce odchytit a identifikovat. Část druhů je úzce habitatově specializovaná a vývoj housenek může být vázán na specifickou živnou rostlinu. Z výše zmíněných důvodů citlivě reagují na změny prostředí, ke kterým přispívá například změna klimatu, intenzivní hospodaření či změna hospodaření v krajině. Úbytek motýlů může být způsoben fragmentací a homogenizací krajiny, ztrátou vhodných stanovišť, změnami klimatu, chemickým znečištěním (Konvička et al., 2005), ale i neustále se zvyšující mírou světelného znečištění, které zasahuje do celé řady procesů a narušuje populace nočních motýlů i ostatních nočních živočichů (Lamphar and Kocifa, 2013; Longcore et al., 2015). Z těchto důvodů se v poslední době některé druhy stávají ohroženými (New, 1997). Úbytky nočních motýlů potvrzují studie z Nizozemí (Groenendijk and Ellis, 2011) a Švédska (Franzén and Johannesson, 2007). Farkač (2005) uvádí, že v roce 2005 motýlí fauna České republiky čítala 3372 známých druhů. Z toho je 337 druhů zapsáno v Červeném seznamu ohrožených druhů. Vymizelých druhů nočních motýlů, jež jsou v seznamu zaznamenáni, je celkem třináct, mezi kriticky ohrožené je zařazeno dalších 22 druhů (Farkač et al., 2005). Extinkce nočních motýlů by mohly mít nedozírné důsledky v měřítku celého ekosystému. Proto je třeba společenstvům nočních motýlů věnovat zvláštní pozornost, chránit je, pečovat o vhodné biotopy a sledovat odchylky v jejich početnosti.

Společenstva nočních motýlů je třeba studovat z několika důvodů. Většina druhů je stále nepopsána, není známa jejich biologie a ekologie. Pokud budeme vědět o společenstvech nočních motýlů více, nejen že to může pomoci k ochraně jich samotných, ale lze také jejich prostřednictvím hodnotit a sledovat stav daného prostředí. Motýli jsou bioindikátory zejména díky tomu, že někteří mají poměrně specifické nároky na prostředí, a proto citlivě reagují na jeho změny. Vymizení určitého biotopu či rostliny může mít za následek i vymizení druhu z dané oblasti. Můžeme je využít k určení kvality biotopu, k určení míry degradace biotopu nebo množství stresu způsobeného člověkem. Motýli zastávají významnou roli v ekosystémech. Z toho může vyplývat, že pokud je lépe poznáme, může nám to pomoci v rozluštění složitých vztahů uvnitř daného ekosystému a umožní nám to pochopit fungování ekosystému samotného. Se stále se zvyšující mírou světelného znečištění by bylo vhodné, zaměřit se na to, jaký světelný zdroj je pro motýly nejméně atraktivní a tomu pak přizpůsobit lampy veřejného osvětlení, aby toto světlo co nejméně zasahovalo do života motýlů. Do skupiny nočních motýlů se řadí celá řada druhů, kteří mohou být zemědělské škůdci a lidé s nimi většinou bojují pomocí škodlivých insekticidů. Pokud bychom na jejich hubení zvolili síť optimalizovaných světelných pastí, mohlo by to zmenšit dopad na životní prostředí i na ostatní živočichy.

## 4. Přehled základních metod sběru dat

Většina nočních motýlů je aktivní při soumraku, svítání či v noci, přes den neaktivují. Ale i tak je lze sbírat z jejich úkrytů. Efektivnější a častěji používaný je však odchyt v noci, kdy lze využít jejich aktivity. V noci lze navíc používat metody, které využívají lákání pomocí světelného záření. Noční motýli s denní aktivitou lze lákat jinými způsoby, které jsou jinak využívány pro sběr denních motýlů. Pro různé účely sběru dat se hodí různé metodické přístupy.

Metodické přístupy se dělí na kvalitativní a kvantitativní. Při použití kvalitativních metod se můžeme zaměřit a sbírat pouze jedince, které chceme do výzkumu zahrnout. Kvalitativními metodami lze zkoumat například výskyt konkrétních druhů a mikrohabitaty, kde se hmyz zdržuje. S pomocí kvantitativních přístupů sbíráme data více neselektivně. Většinou je pracováno s větším vzorkem dat, které po statistickém zpracování mohou určit navíc i početnost jednotlivých druhů, populační dynamiku, poměr mezi pohlavími, aktivitu v průběhu dne či roku, migrace atd. Kvantifikace dat a porovnání jednotlivých vzorků je spolehlivější při použití kvantitativních metod (Bejček, Šťastný a kol., 2001; Novák a kol., 1969)

Většina metod, například odchyt na návnady či světlo, umožňuje provádět jak kvalitativní tak kvantitativní výzkum. Kvalitativní výzkum lze realizovat tak, že aktivně sbíráme přilétnuvší jedince pomocí entomologického vybavení například přímo z osvětleného plátna. Atraktant můžeme umístit i tak, aby se nalákání motýli shromažďovali do pastí – kvantitativní přístup. Získáme tak větší počet dat při relativně malém úsilí (Novák a kol., 1969)

V následující části jsou podrobněji představeny metody sběru. Budou rozděleny do jednotlivých podkapitol dle základních principů, na jakém funguje sběr nočních motýlů. Jedná se o individuální sběr, záchytové pasti, odchyt pomocí potravinových návnad, odchyt pomocí feromonů a odchyt pomocí světelného záření, jemuž bude dán větší prostor v samostatné kapitole.

### 4.1. Individuální sběr

Individuální sběr je metoda, kdy aktivně vyhledáváme jednotlivce, které následně chytáme. Jeho cílem je zaměřit se na konkrétní druhy, jedná se o kvalitativní přístup. Patří sem individuální sběr jednotlivců z jejich přirozeného habitatu. Při sběru lze využít různé pomůcky jako entomologická pinzeta, síťka, smýkadlo, sklepávadlo či exhaustor (Novák a kol., 1969). Lze sbírat i nedospělé jedince ve formě larev či vajíček.

Tato metoda je relativně efektivní. Dá se s jejím použitím zaměřit na jednotlivé mikrohabitaty (rostliny, dutiny stromů, exkrementy) a lze ji použít na konkrétní skupiny či druhy, jak na početné tak i na vzácné. Je poměrně náročná na čas a na počet osob sbírajících data, na druhou stranu není potřeba mnoho vybavení. Při samotném sběru je nebezpečí vyplašení a následného úniku bezobratlých a tak neúplnosti vzorku. Avšak pokud pro sbírání zajistíme optimální podmínky, přizpůsobíme se biologii a

chování daného druhu, lze toto riziko minimalizovat. Při individuálním sběru je obtížná kvantifikace vzorku a samotný sběr může být zatížen mnoha metodickými chybami, například rozdílně pečlivým sběrem jednotlivých pozorovatelů (Bejček, Šťastný a kol., 2001).

#### 4.2. Záchytové pasti

Záchytové neboli intercepční pasti jsou vhodné pro odchyt létajícího hmyzu, který pasivně zachytávají. Jsou umísťovány na místa, kde hmyz hojně létá a využívají toho, že hmyz při letu narazí do překážky a následně spadne k zemi. Patří mezi metody kvantitativní, při kterých je hmyz odchyťován pasivně a tedy i poměrně neselektivně. Ideální je například pro výzkum letových koridorů. Mohou být využity k odchyťům širokého spektra létajícího hmyzu a to například za účelem studia druhové bohatosti a početnosti druhů hmyzu včetně motýlů v listnatých lesích (Butler, 1999; Trisnawati, 2008), migraci (Novák a kol., 1969), monitoringu nejružnějších létajících škůdců (Bragança, 1997). Vhodné jsou pro skupiny hmyzu jako dvoukřídli, blanokřídli (Lamarre et al., 2012) a brouci (Pinheiro, 2002). Naopak nevhodná se zdá být pro skupiny s dobrým zrakem a pro zdatné letce, jakými jsou například lišaji.

Nárazová past je tvořena průhlednou deskou (například plexisklo) či jemnou vypnutou sítí, která je umístěna kolmo na letový koridor tak, aby co nejefektivněji zachytávala létající hmyz. Funguje na principu, že letící hmyz, který narazí do skryté překážky, spadne k zemi. Pod deskou je umístěna sběrná nádoba s fixační tekutinou, nebo jiné zařízení, do kterého se hmyz hromadí (Bejček, Šťastný a kol., 2001). Bývá používána pro odchyt létajícího hmyzu za účelem určení druhové bohatosti a početnosti (Trisnawati, 2008), také pro určení sezonní aktivity hmyzu (Pinheiro, 2002).

Malaiseho past připomíná svou konstrukcí jehlanový stan. Malaise, tvůrce této pasti, vycházel z pravidla, že hmyz uvězněný ve stinném prostoru má tendenci létat nahoru za světlem. Většina pláště je proto tvořena ze síťoviny, která je neutrálně či tmavě zbarvená. Horní část je ze síťoviny světlé barvy, aby byl uvízlý hmyz v pasti lákán vzhůru. Síťovina nesáhá až na zem a tak je zde prostor pro vniknutí jedinců. Kromě letícího hmyzu past zachytává i hmyz líhnoucí se přímo z prostoru pod pastí. V horním rohu se nachází sběrná láhev s konzervačním médiem (Novák a kol., 1969). Jejich nevýhodou je vyšší pořizovací cena. Použita byla například pro zjištění druhové bohatosti, početnosti (Butler, 1999), sezonního výskytu hmyzu (Pinheiro, 2002).

Srovnání efektivity odchyty nočních motýlů výše zmíněnými záchytnými metodami se věnovaly studie hmyzích společenstev podrostu nížinného lesa ve Francouzské Guyaně (Lamarre et al., 2012) a v brazilském cerradu (Pinheiro, 2002). Lamarre et al. (2012) instalovali celkem šest Malaiseho pastí a šest pastí nárazových. Sběr dat probíhal 6 měsíců, tři měsíce v období sucha a tři měsíce v období dešťů. Pinheiro (2002) ve své studii použil dvojnásobný počet pastí a i sběr dat probíhal dvojnásobně dlouho, tedy jeden rok. Navíc do své studie zahrnul i zemní pasti, které však pro sběr nočních motýlů nejsou vhodné (Novák a kol., 1969), a proto se jim dále nebudu věnovat. Bylo zjištěno, že v nížinném

tropickém lese bylo více motýlů zastoupeno v Malaiseho pasti (Lamarre et al., 2012), v brazilského cerradu bylo naopak průkazně více jedinců odchyceno nárazovými pastmi (Pinheiro, 2002). Vhodnost využití záchyťových pastí tedy může souviset s konkrétními podmínkami prostředí. Množství odchycených jedinců hmyzu bylo poměrně velké - 71 822 (Lamarre et al, 2012) a 50 127 jedinců (Pinheiro, 2002), avšak noční motýli v nich byly zastoupeny menšinově. Pinheiro uvádí jen 4% jedinců z celého vzorku náležících do řádu motýlů. Lamarre et al. (2002) vyhodnocují Malaiseho past jako vhodnou pro odchyt motýlů, avšak uvádí, že i přes relativně intenzivní sběr zachytili, s pomocí obou pastí, pouze velmi malou část společenstva nočních motýlů. Mnoho druhů totiž nelétá v podrostu, ale žije ve stromovém patře. Proto jí doporučují používat souběžně s dalšími metodami jako je světelná past či past s návnadou.

#### 4.3. Odchyt pomocí návnad

Někteří noční motýli se dají lákat na různé návnady. Mohou jím být přirozeně se vyskytující látky, ale i synteticky vyráběné substance, které jsou hmyzem pozitivně vnímány. Jedná se o čichové či chuťové atraktanty. V případě odchytu pomocí jakýchkoli návnad se již nejedná o neselektivní a náhodný odchyt, vzorek bude vždy značně ovlivněn použitým typem návnady. Přírodní vnadidla jsou často rozkládající se živočišné či fermentované rostlinné produkty, jako je například ovoce (Novák a kol., 1969; Schauff, 2001). Část motýlů se v dospělosti živí rostlinnými nektary či dalšími produkty rostlin, proto jsou přitahováni tímto typem návnad. Návnadou mohou být i uměle vyrobené feromony – chemické látky vytvářené motýly za účelem vzájemné komunikace. Typem návnady mohou být umělé světelné zdroje nebo i barevné misky, které lákají motýly na vizuální podnět – barvu (Novák a kol., 1969).

##### 4.3.1. Barevné misky

Barevné misky jsou nádoby zhotovené ze skla, plastu či kovu. Lákají hmyz na vizuální podnět v podobě barvy a jsou naplněny tekutinou se sníženým povrchovým napětím, aby motýli, kteří nalétnou na vodní hladinu, zůstali uvnitř misky. Původně byly použity Moerickem pro monitorování výskytu létajících mšic, později ovšem zjistil, že mají širší využití. Barevné, nejčastěji žluté, kruhové či čtvercovité misky převážně lákají vizuálně se orientující opylovače mnoha skupin hmyzu, jako jsou například motýli. Zvolením barvy lze měnit jejich atraktivnost i druhové složení lákaného hmyzu (Novák a kol., 1969). Většinou se umísťují na zem, ale lze je, zejména ve vyšší vegetaci, umístit i na výsuvné stativy (Bejček, Šťastný a kol., 2001).

Tato metoda může být použita pro odchyt denních motýlů, v případě sběru nočních motýlů lze barevné misky aplikovat u těch, které jsou aktivní ve dne a zároveň se živí na květech rostlin. Výhodou může být malá pořizovací cena.

Barevné misky byly použity například k monitorování škůdců z čeledi nesytkovití (Bakowski et al., 2013) nebo zjištění diverzity a početnosti motýlích druhů v oblasti Krkonoš (Bílá et al., 2016).

#### 4.3.2. Potravinové návnady

Motýli, kteří se v průběhu stádia dospělce něčím živí, lze lákat pomocí jejich potravy. Mohou to být rozkládající se živočišné či fermentované rostlinné produkty, jako je například ovoce (Novák a kol., 1969; Schauff, 1986). Lze použít i různé roztoky cukrů (El-Sayed et al. 2005) jako směs sirupu z cukrové třtiny a z kvasící ovocné šťávy (Fry, Waring, 1996) nebo směs svařeného černého piva, jablek a cukru (Novák a kol., 1969). Existují motýli, kteří se živí potem, slzami, močí, exkrementy ale i krví (Zaspel et al., 2007), což jsou také formy návnad, na které lze lákat tyto specifické druhy.

Návnadu lze použít pro přilákání motýlů tak, že natřeme části různých objektů (kmeny stromů, trsy trávy, plotní sloupky) takzvaným vnadidlem. Tím, že je návnada umístěna přímo na místech, kam motýli přirozeně sedají, zabráníme „odrazení“ motýla pastí, která se v přírodě přirozeně nevyskytuje. Takzvané „*wine ropes*“ jsou konvenčně užívanou metodou, kdy se savá šňůra napustí směsí cukru a vína, poté se zavěší mezi vegetaci a láká hmyz (Fry, Waring, 1996). Při obou těchto metodách je pak nutné přilákaný hmyz průběžně odchytávat.

Odchyt nočních motýlů pomocí potravinových návnad je jednou z nejstarších používaných metod (Schauff, 1986). Tato metoda byla hojně využívána k monitoringu motýlích škůdců, avšak po vynalezení uměle vyrobených feromonů jejich výzkum a využívání v této oblasti ustoupilo (Sayed et al. 2005). Mezi výhody potravinových návnad oproti feromonovým lze zařadit to, že lákají obě pohlaví a značně širší spektrum druhů. Nevýhodou naopak je, že jsou atraktivní i pro ostatní hmyz, jako jsou například blanokřídlí (El-Sayed et al. 2005). Někteří noční motýli v dospělosti nepřijímají jakoukoli potravu. Proto pro ně jakákoli vnadidla nebudou atraktivní. Jsou to například noční motýli z čeledi hrotnokřídelcovití (Hepialidae), vakonošcovití (Psychidae), drvopleňovití (Cossidae), bourovcovití (Bombycidae) a bekyněvití (Lymantriidae) (Macek et al., 2007). Použití vnadidel je naopak vhodné pro skupiny jako můrovití (Noctuidae), píďalkovití (Geometridae), obalečovití (Tortricidae) a zavíječovití (Pyraloidea) (El-Sayed et al. 2005).

Past s návnadou použili ve své studii například Maicher et al., 2016, kdy se autoři zaměřili na diverzitu nočních motýlů živících se ovocem. Při studiu letové aktivity v závislosti na počasí a na fázi Měsíce byla použita tzv. „*wine ropes*“ (Yela and Holyoak, 1997)

Studie probíhající v jablečném sadu na Novém Zélandu se zaměřovala se na problematiku škůdců a jejich možnou regulaci pomocí pastí s návnadou. Autoři porovnávali čtyři typy fermentovaných atraktantů – palmový cukr, třtinový cukr, melasu a portské víno. Nejvíce nočních motýlů přitahoval fermentovaný roztok palmového nebo třtinového cukru. Obě tyto návnady vydávaly vyšší množství esterů. Sběr dat probíhal na 14 místech po dobu tří měsíců a pasti byly umístěny alespoň 20 metrů od sebe. Ve všech pastech náleželo 90 % jedinců do čeledi můrovitých (Noctuidae). Jde tedy zřejmě o

ideální metody, pokud se chceme zaměřit přímo na tuto čeleď. Poměr pohlaví u nejpočetnějšího druhu *Graphania mutans* byl 1:1, což indikuje to, že tyto metody lákají motýly čistě za účelem krmení (El-Sayed et al. 2005).

#### 4.3.3. Odchyt pomocí feromonů

Feromony jsou chemické sloučeniny, které jsou produkovány hmyzem a jsou důležitým prostředkem umožňující vnitrodruhovou komunikaci. Jsou využívány při páření, agregaci jedinců, obraně a při dalších formách skupinového chování. Díky tomu, že je hmyz používá k vzájemnému seskupování, mohou být využívány i k lákání a odchytu nočních motýlů. Hrají významnou roli v komunikaci a chování celé řady druhů hmyzu (Witzgall et al., 2010)

Feromonové návnady mají nejčastěji podobu lepových pásek či desek, které jsou napuštěny feromony, které se uvolňují do okolí a mohou motýly lákat. Desky jsou potřeny lepivou emulzí a tak motýli ulpívají přímo na nich (Novák a kol., 1969)

Samečci mnoha druhů mohou být vábeni samotnými samičkami, přesněji jejich feromony. Existují pasti, do kterých se umístí odchycená samička, která vydává pach a může tak přilákat samečka stejného druhu (Fry, Waring, 1996).

Odchyt pomocí feromonů je druhově specifický a poměrně efektivní. Ideální jsou k odchytu konkrétních druhů motýlů například monitorování či likvidování konkrétních zemědělských škůdců (Bejček, Šťastný a kol., 2001). Často se pro tyto účely využívá feromonů, které mají za úkol přilákat samečky škůdců a tak omezit páření (El-Sayed et al., 2006). Lákání motýlů na feromony je naopak nevhodné, pokud chceme studovat diverzitu určité oblasti, nebo pokud se ve výzkumu chceme zaměřit na poměr pohlaví nebo studium motýlích samic.

Feromonové pasti se používají především k monitoringu škůdců nebo přímo k jejich hubení (Agnello et al., 1996). Wen-Jie et al. (2015) se zabývali aktivitou a cirkadiánními rytmy blyskavky červicové (*Spodoptera exigua*), další studie zkoumaly pomocí feromonových pastí letovou aktivitu a měnící se atraktivitu feromonů v průběhu roku (Landolt et al., 2011; Baker et al., 2011).

Reddy a Urs (1996) se ve své studii zabývali problematikou sexuálních feromonů západníka polního (*Plutella xylostella*) a jejich použitím při odchytu tohoto druhu. Západník je závažný škůdce brukvovitých rostlin. Reddy a Urs (1996) se zaměřili na několik kritérií důležitých k efektivnímu odchytu na polích. Na indických polích používali lepové desky napuštěné feromonem a pasti, ve kterých byly umístěny neoplozené samičky. Zajímalo je například, na jakou vzdálenost budou samci tohoto druhu přitahováni k lepovým deskám a jaká je nejefektivnější výška pro umístění pastí. Zaměřili se také na závislost atraktivity samic na jejich stáří. Pro studium vzdálenosti, ve které je past účinná, vypouštěli autoři vždy 20 označených jedinců v různých vzdálenostech (0.5 – 18 metrů) od lepové pasti s feromonem a to po i proti větru s počtem čtyř opakování. Ve vzdálenosti 0,5

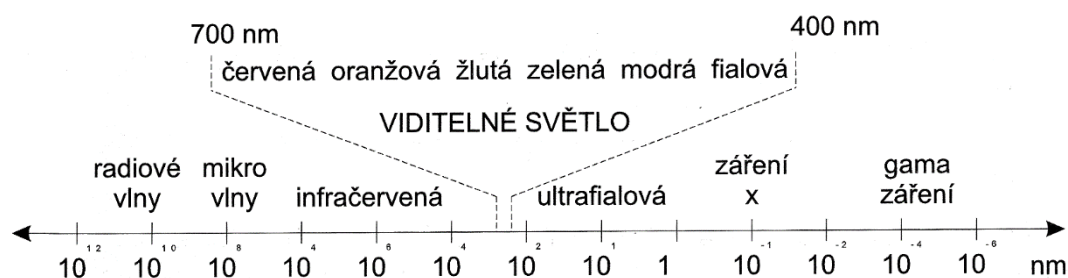
metru v pastech skončilo 100 % vypuštěných jedinců, od kterých byla past po větru a 95 % jedinců, kteří letěli proti větru. Ve vzdálenosti 10 metrů se počet jedinců snížil na 47,5 % a 27,5 % a ze vzdálenosti 18 metrů nepřiletěl ani jeden jedinec. Zjistili také, že nejefektivnější výška pro umístění feromonové lepové desky je 30 centimetrů nad porostem. Celkem šest pastí v šesti různých výškách nad porostem (15 – 90 cm) bylo rozmístěno s 10 metrovými rozestupy do pole. Sběr probíhal po dobu tří měsíců celkem na třech místech. Mimo jiné autoři zjistili vztah mezi atraktivností samičky a jejím stářím. Do celkem pěti pastí umístili 10 samiček různého stáří (1 – 5 dní) a sledovali, kolik samečků se chytí na lepovou desku umístěnou u pastí se samičkami. Sběr probíhal od 16:00 do rána, celkově byly provedeny tři opakování. Autoři našli negativní závislost mezi počtem přilákaných samečků a stářím samiček, což souvisí s tím, že samičky se páří hned po vylíhnutí.

## **5. Světelné záření a jeho vnímání motýly**

Motýli, stejně jako ostatní hmyz, vnímají světelné záření pomocí složených očí (oculi), což jsou jejich hlavní optické receptory. Toto složené oko se skládá z jednotlivých oček neboli ommatidií, kterých se ve složeném oku může nacházet na tisíce. Každé ommatidium se skládá z vlastního světločivného aparátu, který se skládá z kutikulární čočky, z epidermálních buněk, dále zde nalezneme krystalický kuželík plnící funkci sklivce a světločivnou tyčinku, která je zakončená optickým nervem. Vnější plášť je tvořen pigmentovými buňkami, které izolují paprsky z jednotlivých ommatidií. U nočních motýlů však tyto pigmentové buňky nezabraňují průchodu světla a tak se u nich zlepšuje schopnost orientace za snížené viditelnosti. Složením podnětů z optických nervů vznikne takzvaný mozaikovitý obraz. Létavý hmyz má dále na temeni hlavy umístěny takzvané ocelli. To jsou optické receptory vnímající intenzitu světla. (Smrž, 2015)

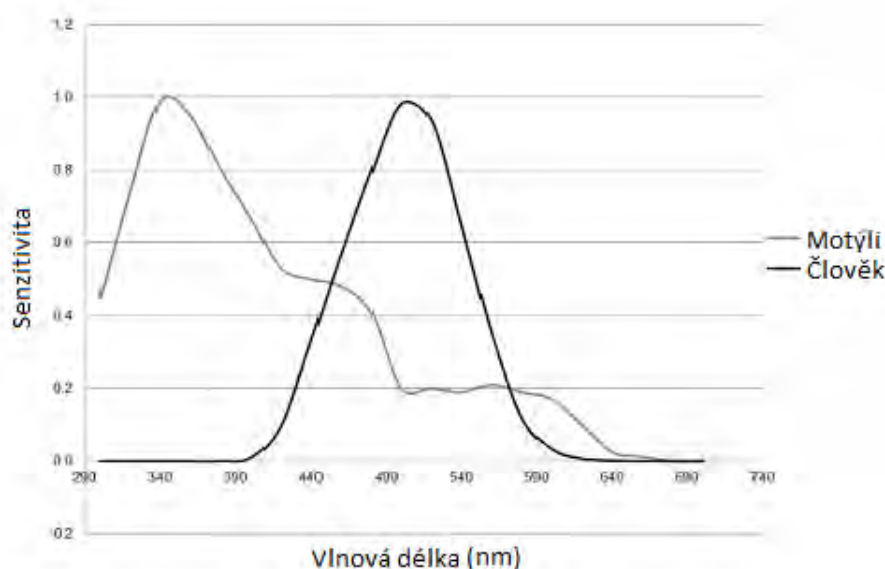
Jako světelné záření je označována viditelná část elektromagnetického záření o vlnové délce od 390 nm do 790 nm. Viditelné světlo v tomto rozsahu tvoří celé spektrum barev, které sloučením všech vlnových délek utvoří bílé světlo. Záření o delší vlnové délce v rozsahu 790 nm až 1 mm nazýváme infračervené, naopak záření s kratší vlnovou délkou a větší energií nazýváme ultrafialové v rozsahu 10 nm až 390 nm. (viz. Obr. 1.) (Lepil a kol., 1995).





Obr. 1. Znáznornění vlnové délky elektromagnetického záření. (Zdroj: [https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz\\_cast.pl?cast=769](https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=769))

Ačkoli člověk je schopen pomocí očí vnímat pouze viditelnou část světelného spektra, hmyz může rozlišovat navíc i ultrafialové světlo (Obr. 6.). Je to způsobeno rozdílnými formami světločivných pigmentů v oku, jako je například rhodopsin (Fry, Waring, 1996). Hmyz mající v oku dva typy rhodopsinu nazýváme bichromatický. Největší spektrální citlivost je v oblasti UV a oblasti zelené barvy. Trichromatický hmyz navíc citlivě vnímá i modrou část spektra a tetrachromatický, například některé druhy nočních motýlů, jsou schopni vnímat i červenou část spektra (Poiani et al., 2015). Mikkola (1972) uvádí, že noční motýli mají 3 až 4 receptory vlnové délky. Největší spektrální citlivost oka motýlů je mezi 490 a 570 nm (modro-zelená až žlutá barva), avšak největší behaviorální reakci prokazují motýli při záření v UV spektru (340 – 380 nm) (Mikkola, 1972).



Obr. 6: Rozdílná spektrální senzitivita motýlů a člověka (Lamphar and Kocifaj, 2013, upraveno)

Otázka, proč jsou noční motýli přitahováni světlem, je stále nezodpovězená, avšak existuje několik teorií, které tento jev vysvětlují. Jedna z nejznámějších tvrdí, že tento jev souvisí s orientací motýlů v prostoru či při migraci. Motýli využívají Měsíc, hvězdu či jiný světlý objekt jako výrazný orientační bod na noční obloze. Pokud se v jejich blízkosti rozzáří umělý zdroj světla, považují ho za Měsíc, což vede k jejich dezorientaci, a ve snaze udržovat stejný úhel mezi směrem letu a zdrojem světla, se spirálovitým letem přibližují stále blíže ke světlu (Baker and Sadovy, 1978). Jednodušší hypotéza, která je také spojena s orientací v prostoru, popisuje, že motýl, ve snaze udržovat stálý směr letu, si v dále vyhlédne jasnější bod v požadovaném směru a s jeho pomocí udržuje přímý let (Janzen, 1984). Jiná teorie tvrdí, že noční motýli využívají Měsíc jako orientační bod při ohrožení. V hustém porostu tak lehce určí směr vzhůru a uniknou hrozbě v podobě predátorů na zemi. Mohou ovšem umělý zdroj světla zaměnit za Měsíc (Fry, Waring, 1996). Je také známo, že rostliny produkující nektar lákají motýly na obrazce na květech, které odráží právě ultrafialové záření (Penny, 1983). Motýli jsou na UV citliví a jsou jím přitahováni, i když se jedná o umělý zdroj tohoto světla. Další teorie pracuje s hypotézou, že noční motýli obecně vyhledávají pro ně příhodné otevřené prostory v krajině. Z tohoto důvodu mohou uměle osvětlený prostor zaměnit za například měsícem prosvětlenou mýtinu, a proto se znenadání ocitnou u zdroje umělého světla (Altermatt et al., 2009).

## **6. Metody odchytu využívající světlo**

Nejpoužívanější metodou při odchytu nočních motýlů sloužícímu k jejich studiu je odchyt na světlo, který využívá pozitivní fototaxe hmyzu. První písemná zmínka o odchytu nočních motýlů pochází nejspíše z doby okolo roku 60 – 65 našeho letopočtu. Autorem je Columella pocházející ze starého Říma a jedná se o jakýsi návod, jak likvidovat zavíječe malého, škůdce působícího ve včelích úlech (Beavis, 1995 podle Fry and Waring, 1996).

Některé druhy, zejména ty s denní aktivitou, nejsou přitahovány světlem. Avšak nalezneme výjimky. Heitzman (1965) uvádí, že na světelné pasti lze lákat i některé druhy nočních motýlů s denní aktivitou nebo i samotné motýly denní. Lákaní pomocí světla je ze všech metod sběru nočních motýlů nejvíce efektivní, ať už se to týká druhové bohatosti, tak početnosti lákaných jedinců (Muirhead-Thompson, 2012). Motýli jsou nejvíce přitahováni krátkovlnným zářením, naopak dlouhovlnné a infračervené záření bylo vyhodnoceno jako nejméně atraktivní (van Langevelde, 2011; Cho and Lee, 2012; Kim and Lee, 2014). Preference ohledně barev jsou druhově variabilní (Mikkola, 1972), avšak obecně platí, že záření, které láká hmyz, jsou odstíny zeleného, modrého a fialového světla a ultrafialového spektra (Sun, 2014; Cowan and Gries, 2009; Kim, 2014; Cho and Lee, 2012). Ultrafialovou a fialovou barvu motýly používají k orientaci v prostoru (Cowan and Gries, 2009). Citlivost k zelené části spektra se často vyvíjí u fytofágního hmyzu, který tak snáz nalezne živnou rostlinu (Blackmer et al., 2008). Variabilitu reakcí motýlů k různým vlnovým délkám světla najdeme

jak mezi druhy, tak mezi pohlavími (Wallren et al., 1995; Garris and Snyder, 2010; Nowinsky and Puskás, 2015). Metody využívající světlo lákají více samečků než samiček. Může to být způsobeno vyšší mírou migračního chování, lepší schopností letu či vyšší citlivostí zraku u samečků (Altermatt et al., 2009). Rozdílné reakce na světlo vykazují i oplozené a neoplozené samičky (Cowan and Gries, 2009).

Odchyt pomocí světelných zdrojů lze optimalizovat. Nejméně tři základní faktory ovlivňují charakter odchycených jedinců. Je to vlnová délka vyzařovaného záření, intenzita světla a doba svícení (Callahan, 1957 podle Sambaraju, Phillips, 2008).

Využití této skupiny metod je opravdu široké. Mohou se využít k monitorování výskytu škůdců či rovnou k jejich hubení, dále při zkoumání motýlích společenstev pro vědecké účely, zvlášť pro srovnávací studia kvantitativního rázu. Sběr motýlů můžeme provádět manuálně z osvětleného bílého plátna, nebo automaticky, kdy jsou použity světelné lapáky, které motýly přilákají do uzavřeného prostoru, odkud nelze snadno uniknout popřípadě je usmrtí jedovatými výpary či elektrickým proudem.

Světelné pasti se dají používat jen za šera či tmy, avšak některé druhy nočních motýlů jsou aktivní jen ve dne. Kromě těchto druhů jsou světelné metody nevhodné i pro skupiny aktivní za rozběsku či stmívání, jelikož v tomto období je jejich efektivita snížena množstvím okolního světla (Fry, Waring, 1996). Nevýhodou světelných metod může být i nutnost energetického zdroje, zvláště v odlehlých oblastech. Navíc mnoho vedlejších faktorů ovlivňuje motýlí aktivitu nebo účinnost a viditelnost světelného zdroje. Je to především počasí – teplota, srážky, vzdušná vlhkost, oblačnost, rychlost a směr větru. Dále je sběr dat ovlivněn fází Měsíce (Yela and Holyoak, 1997), dobou v roce i dobou v průběhu noci (Lamarre et al., 2015). Při nízké teplotě, stejně jako při větším větru a vysoké vzdušné vlhkosti je počet odchycených jedinců nižší (Jonason et al., 2014). Měsíční záře také negativně ovlivňuje množství odchycených jedinců ve světelných pastech. Není jasné, zda množství světla utlumuje aktivitu motýlů, nebo se světelný zdroj při jasné noci stává pro motýly méně viditelný (Yela and Holyoak, 1997).

Při lákání a následném odchytu si můžeme zvolit formu sběru dat. Jedná se o sběr manuální nebo automatický. V případě metod využívající k lákání světlo znamená nejčastěji manuální sběr lákání motýlů na světlé nasvícené plátno. Automatickým sběrem se rozumí chytání nočních motýlů do lapacích zařízení.

### 6.1. Manuální sběr

Jednou z nejznámějších metod pro odchyt nočního hmyzu je lákání na osvětlené plátno. Na vhodné místo se umístí zdroj světla, který vyzařuje spektrum záření atraktivní pro noční hmyz. Světlo ozařuje bílé plátno, které může být umístěno vertikálně, horizontálně či do dalších útvarů, jako je například

lapací věž (light tower). Použití light tower, která obklopuje světelný zdroj, zaručuje rovnoměrné rozptylování světelného záření do všech směrů (Brehm and Axmacher, 2006). Na tomto plátně i v jeho okolí se koncentruje přilákaný hmyz a může být manuálně sbírán.

Manuálním sběrem můžeme minimalizovat vzájemné poškození jedinců, ke kterému dochází ve světelných lapačích ve sběrných nádobách, což může usnadnit identifikaci druhů. Některé skupiny motýlů, například lišaje (Sphingidae) nacházíme spíše posedávat okolo pastí než uvnitř pastí, proto je zdá vhodnější je sbírat například z osvětleného plátna (Beck and Linsenmair, 2006).

Manuální sběr dat pomocí metody odchytu na plátno je pracnější, avšak v porovnání se světelnými pastmi se zdá efektivnější v tom smyslu, že za krátkou dobu se odchytí poměrně dost jedinců. Výsledky studií porovnávající tyto dvě metody ukazují, že při odchytu pomocí osvětleného plátna a ručního sběru je počet odchycených jedinců výrazně vyšší a i druhově bohatší (Axmacher & Fiedler, 2004; Brehm & Axmacher, 2006).

V následujících studiích byl porovnáván vliv použité metody na velikost a skladbu sebraných dat. Axmacher a Fiedler (2004) porovnávali automatický a manuální sběr v tropickém deštném lese v Tanzánii, zatímco Brehm a Axmacher (2006) srovnávali ty samé metody v deštných lesích Kostariky. Autoři použili stejné vybavení - světelné pasti a světelné stany („light towers“). Axmacher a Fiedler (2004) do svých zařízení nainstalovali stejný zdroj světla a to 15W žárovku typu „blacklight tube“, Brehm a Axmacher (2006) zvolili rozdílné zdroje. V pastech byla použita 8W UVA fluorescenční žárovka, zatímco ve světelných věžích byly vždy dvě 15W UVA fluorescenční žárovky. Doba sběru dat byla u obou studií podobná. Odchyt do pastí probíhal celou noc od 19 do 6 hodin, na světelné věže jen pouhé tři hodiny. Množství vzorků, tedy výsledné množství sběrů z pastí během všech odchytů, byl u Axmachera a Fiedlera (2004) větší – celkem 94 vzorků odebraných pomocí pastí a 49 sebraných manuálně. Brehm a Axmacher (2006) měli celkem 60 sběrů z pastí a 32 ze světelných stanů. Studie obou autorů měly podobný závěr. Axmacher a Fiedler (2004) vyhodnotili, že počet ručně sebraných motýlů z čeledi Geometridae (Píďalkovití) byl v průměru za jednu noc 10x vyšší než počet jedinců v pastech. Pomocí ručního sběru bylo celkem sebráno 2123 jedinců ze 109 druhů, data z pastí čítala 372 jedinců ze 49 druhů. Celkově se 36% druhů bylo odchyceno pomocí obou metod, jen na plátně se nacházelo 57% druhů a výhradně v pastech bylo 8% druhů. Brehm a Axmacher (2006) celkem odchytily 1238 jedinců náležících do 162 druhů (čeleď Arctiidae) a 1769 jedinců ze 196 druhů z čeledi Geometridae. Pomocí světelných věží bylo odchyceno přibližně 4x více jedinců z čeledi Geometridae a i větší množství druhů v porovnání s pastmi. Co se týče podčeledi Arctiidae, nebyl zaznamenán prokazatelný rozdíl mezi pastmi a ručním sběrem. Autoři obou studií vysvětlují výsledky tak, že vyšší efektivita manuálního odchytu je způsobena tím, že po přistání na plátno byli jedinci okamžitě sebráni. Do pastí totiž nevletí všichni přilákaní jedinci a někteří, zvláště ti s menším rozpětím křídel, mohou past opustit. (Axmacher & Fiedler, 2004; Brehm & Axmacher, 2006).

## 6.2. Automatický sběr

Jak už bylo zmíněno výše, motýli můžeme lákat a lapat do světelných pastí. Zde budou představeny základní typy světelných lapáků. Celkem bylo zkonstruováno již mnoho různých modifikací, které vycházejí právě z těchto základních typů. Některé jednodušší typy se dají zhotovit doma, speciální lze i zakoupit (Fry and Waring, 1996).

Většina světelných pastí využívá toho, že hmyz lákaný světlem, se následně chce před intenzivním světelným zářením ukrýt. Tento úkryt však často bývá právě ve sběrné nádobě, ve které je hmyz nějakým způsobem uvězněn a popřípadě i omámen či zabit. K tomu se používají jedovaté těkavé látky jako například chloroform, octan ethylnatý, ethylether nebo kysličník siřičitý (Novák a kol., 1969). Takto lze snížit počet uniknuvších jedinců, usnadnit manipulaci s obsahem sběrné nádoby a zredukovat škody vzniklé vzájemným poškozením jedinců při pokusech past opustit. Pokud si motýli ve sběrné lahvi v pasti poškodí kresbu na křídlech, podstatně to ztěžuje jejich následnou identifikaci.

Ke každému typu pasti byl na počátku přiřazen určitý zdroj světla. Vlivem rozšíření počtu a forem světelných zdrojů se dnes k danému typu používají různé zdroje. (Fry and Waring, 1996).

### 6.2.1. Krabicový typ světelné pasti

Krabicový typ lapáku má jednoduchou stavbu a je poměrně lehké ho zkonstruovat svépomocí. Základem je kvádrovitý box - pět stěn je neprůsvitných a jedna, umístěna vertikálně, je zhotovena ze dvou průhledných desek. Tyto desky jsou mírně sklopené dovnitř a částečně se překrývají tak, že mezi nimi vzniká prostor pro vlétnutí hmyzu. Díky úhlu, který tyto desky svírají, hmyz lehce vletí dovnitř, ale obtížně hledá cestu ven. Uvnitř krabice se nachází zdroj světla a je dobré umístit sem i smrtničku nebo jiný zdroj látek pro omámení hmyzu. Tento typ lapáku má však plno nevýhod – vrhá světlo jen jedním směrem, je poměrně velkých rozměrů a tak omamná látka rychle vytěká a hmyz zůstává aktivní, což může způsobit jeho poškození a znesnadnění identifikace druhů (Novák a kol., 1969).

### 6.2.2. Skinnerův světelný lapák

Tento lapák je konstrukcí podobný krabicovému a platí pro něj podobné charakteristiky. Odlišuje se však v tom, že průhledná strana, kterou tvoří dvě desky sklopené dovnitř, tvoří horní stěnu - je umístěna horizontálně. Světelný zdroj, původně rtuťová výbojka, je na rozdíl od krabicové, umístěna vně kvádrů, přímo nad mezerou z průhledných desek, láká tedy hmyz ze všech stran (Fry and Waring, 1996).

### 6.2.3. Rothamstedova světelná past

Rothamstedova světelná past byla vyvinuta pro extenzivní monitoring motýlů. Jedná se o past pracující na podobném principu jako výše zmíněné pasti. Je konstruována tak, že v horní části je nainstalována žárovka, umístěná však směrem dolů. Ta ústí do trychtýře, zhotoveného ze čtyř desek z průhledného materiálu. Pod tímto trychtýřem je prostor, kde je hmyz zachycován. Vše je umístěno

na konstrukci s nohami a stříškou. Tento typ pasti není mobilní, proto je využíván k dlouhodobému monitoringu motýlů na daném místě či v celé oblasti (Fry and Waring, 1996).

#### 6.2.4. Robinsonova světelná past

Robinsonova past se od předchozích liší tím, že má kruhovou základnu. Původní typ byl tvořen trychtýřem, ve kterém se nacházela výbojka lákající hmyz. Tento trychtýř, ústící do sběrné nádoby, má v sobě navíc jakési vertikálně umístěné příčky, které jsou oporou pro světelný zdroj, kterým původně byla vysokotlaká rtuťové výbojka. Desky dále fungují na principu nárazových pastí, do kterých hmyz narazí a spadne k zemi. Výhody této pasti spočívají zejména v její mobilitě a vysoké efektivitě sběru. Kruhová sběrná nádoba navíc zajistí menší poškození jedinců (Fry and Waring, 1996).

#### 6.2.5. Healthova světelná past

Tato past je jako jediná zkonstruovaná speciálně pro trubicovitý zdroj světla, původně pro nízkotlakou fluorescenční výbojku, dnes jí může nahradit pás světelných diod. Ta tvoří hlavní osu pasti, okolo které jsou, podobně jako u předchozí, rozmístěny asi čtyři desky fungující jako opora i jako nárazová past. Vše ústí trychtýřem do sběrné nádoby. Výhodou je skladnost, mobilita a vysoká efektivita sběru. Tyto pasti se mohou i zavěsit, lze s nimi chytat hmyz i v korunách stromů (Fry and Waring, 1996).

Autoři studie z Velké Británie (Bates et al., 2012) se zaměřili právě na vliv typu pasti na množství odchycených motýlů a ke sběru dat využili občany. Ve Velké Británii je totiž mnoho nadšenců, kteří mají v blízkosti domova světelnou past a tak mohou spolupracovat na celoplošném sběru dat. Tito dobrovolníci byly speciálně vyškoleni a poučeni, místa sběru byly podrobně popsány a musely splňovat různá kritéria, například alespoň 50 metrovou vzdálenost od osvětleného objektu. Spolupracovníci prováděli odchyt do tří různých pastí: Healthova, Skinnerova a Robinsonova. Zdrojů bylo použito velké množství s různými počty wattů. Výzkumníci je alespoň zařadili do tří kategorií, a to rtuťové výbojky, fluorescenční zářivky a rtuťové smíšené světelné zdroje. Celkově se na tomto výzkumu podílelo 314 dobrovolníků, kteří dohromady provedli 21 000 hodin sběru dat. Odchyt probíhal jedenkrát týdně, nejlépe v pátek. Výzkum probíhal celkem 36 týdnů, spolupracovníci musely předat výsledky alespoň z 26 týdnů. Výsledky studie jsou celkem nejednoznačné, jelikož vlivem velkého množství světelných zdrojů se výsledky dají těžko porovnat. Co se týče typů pastí, nejméně druhů odchytla Healthova past. Robinsonova past překonala početnost jedinců Skinnerovy pasti, ale jen v omezené míře.

## 7. Druhy světelných zdrojů a jejich schopnost lákat hmyz

Noční hmyz je přitahován jen určitými vlnovými délkami světelného záření, a proto je dobré zohlednit jejich preference při výběru světelného zdroje. Právě jeho vhodným zvolením lze odchyt

optimalizovat. Při výběru máme hned několik možností, z nichž většina emituje minimálně část záření v UV spektru.

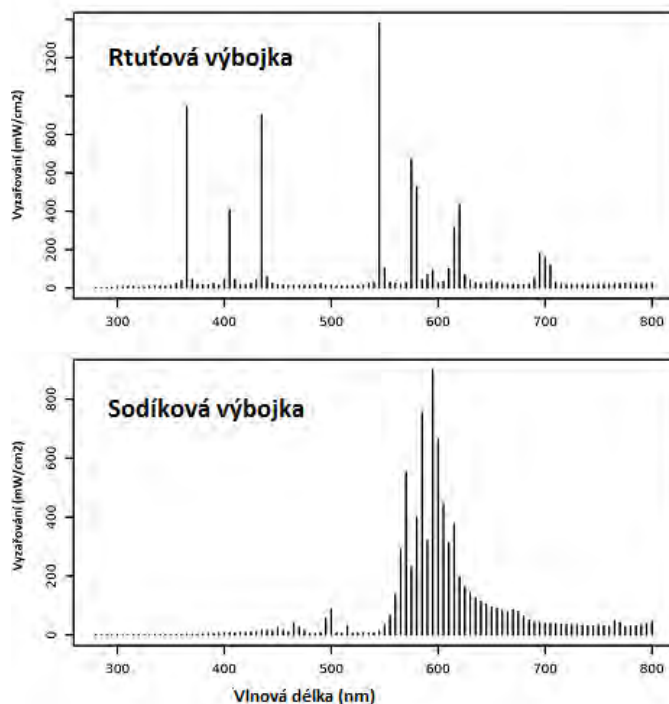
Před vynálezem žárovky, umělého světelného zdroje, lidé používali plamen ohně. Entomologové v 19. a počátkem 20. století používali přenosné petrolejové, karbidové či benzinové lampy (Fry and Waring, 1996; Hardwick, 1968). Postupně se začaly využívat žárovky s wolframovým vláknem, které již ve 30. letech 20. století byly široce používány. Zanedlouho poté byly tyto žárovky vytlačeny zdroji s větším podílem UV záření, jakými jsou například výbojky a fluorescenční zářivky (Hardwick, 1968). Mezi další používané zdroje patří například halogenidová žárovka (Cowan and Gries, 2009) či světelné diody neboli LED.

Světelná zdroje jsou obvykle charakterizovány počtem wattů (W) udávající příkon a počtem lumenů (lm) udávající vyzařovaný světelný tok. Světelný tok je označení po množství vyzařovaného záření vnímatelného lidským okem. Světelné zdroje, které dokáží lépe a efektivněji proměnit energii na světelné záření, mají větší počet lumenů na počet wattů, což znamená, že větší část příkonu je využito k produkci viditelného světla. Jednotka jeden lux (lx) udává intenzitu osvětlení. Každý světelný zdroj emituje elektromagnetické záření o různé vlnové délce udávané v nanometrech (nm). Vlnová délka udává druh záření, energii světelného záření a v případě viditelného světla i jeho barvu. Čím větší má hodnotu, tím delší vlny o menší energii vyzařuje (Lepil a kol., 1995).

Autoři většiny studií se shodují, že nejvýznamnější faktor udávající to, v jaké míře bude dané záření přitahovat motýly, hraje krátkovlnné záření. Bylo provedeno mnoho studií dokládajících tento fakt – například Wallren (1995), Nabli a Bailey (1999), van Langevelde et al. (2011), Somers-Yeates et al. (2013), Nowinszky et al. (2013), Poiani a Dietrich (2014) a Kim a Lee (2014).

### 7.1. Vysokotlaké výbojky

Vysokotlaké výbojky lze rozdělit na rtuťové, sodíkové a metalhalogenidové. Nejpoužívanější rtuťová výbojka vydává jak viditelné světlo, tak i UV záření o vlnové délce 360 - 700 nm. Skládá se z vnějšího skleněného obalu, který pohlcuje UV záření do 300 nm (Fry, Waring, 1996) a z vnitřní trubice z křemenného skla, která obsahuje rtuťové páry a elektrody (Novák a kol., 1969). Velká část energie je vyzářena v podobě tepelného záření – teplota ve vnitřní trubici dosahuje teploty až 800 °C. Z toho důvodu může být poškozena náhlým ochlazením, a proto musí být chráněna před deštěm (Fry, Waring, 1996). Vnější obal, z části filtrující UV záření, lze pro větší efektivitu odstranit. Výkon rtuťových výbojek se pohybuje okolo 125 wattů a světelný tok okolo 50 lm/w. U sodíkové výbojky je počet lumenů na watt asi 2krát vyšší a rozdílné je i rozložení vyzařovaných vlnových délek a vyzařuje menší množství záření krátkých vlnových délek (Obr.3)



Obr. 3: Množství vyzářování a vlnová délka záření emitované rtuťovou a sodíkovou výbojkou (Barghini and De Medeiros, 2012, upraveno)

Speciálním druhem výbojky či zářivky využívaným nejen při sběru hmyzu je tzv. „*black light*“ (slangově, avšak nepřiliš vhodně překládané jako *černé světlo*). Vyzářované záření je dlouhovlnné UV okolo 365 nm s minimem viditelného světla. Je to především díky tomu, že obal lampy je tvořen černým sklem, které zabrání vyzářování viditelného světla a ven propouští pouze paprsky v oblasti UV s minimem viditelného světla (Fry, Waring, 1996). Jde o jeden z nejčastěji využívaných zdrojů světla pro lákání hmyzu. Velká efektivita sběru je nejspíš dána tím, že v některých případech může vysoký podíl viditelného záření tlumit letovou aktivitu nebo motýly odpuzovat (Mikkola, 1972).

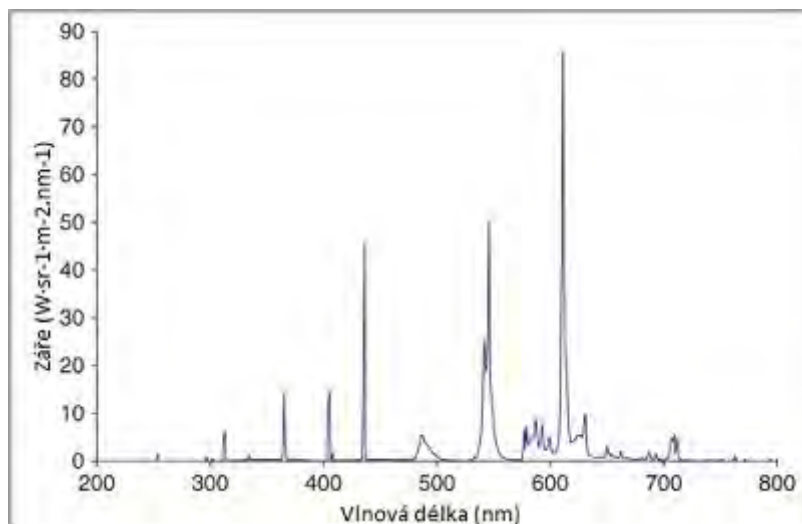
Následující dvě studie zkoumaly mimo jiné efektivitu vysokotlakých výbojek při odchytu nočních motýlů. Wallren (1995) se zaměřil na rtuťovou a sodíkovou výbojku (obě 100W) v klasickém provedení a také v provedení s filtrem, který odstraňoval asi polovinu krátkovlnného záření (pod 480 nm). Další testovaný světelný zdroj je fluorescenční zářivka „*black light*“, které se budu věnovat níže. Podobně Mikkola (1972) porovnával efektivitu odchytu tří rtuťových výbojek – klasické, s úpravou „*black light*“ a výbojku emitující pouze žlutou část spektra, tzn. radiaci jen nad 450 nm. Wallner (1995) prováděl sběr dat ve smíšeném lese ve východním Rusku a zaměřil se na tři druhy bekyní (*Lymantria*). Odchyt motýlů probíhal celkem na třech stanovištích po 17 nocí pomocí pěti osvětlených pláten, na kterých byli vždy od 22:00 motýli sbíráni. Celkem bylo provedeno 232 hodin sběru. Průkazně méně jedinců bekyní přiletělo právě k filtrovaným výbojkám, zastoupení druhů u různých světelných zdrojů bylo podobné. Tím se potvrdila výrazná atraktivnost krátkovlnného záření. Ze dvou nefiltrovaných výbojek byla atraktivnější rtuťová výbojka emitující více krátkovlnného záření.



Mikkola (1972) sbíral data pomocí pastí umístěných v převážně listnatém lese ve Finsku. Sběr probíhal po dobu 68 nocí, všechny tři zdroje byly použity současně. Pasti byly vzdáleny 20 - 40 metrů. Autor uvádí, že pro noční motýly byla preferovaným zdrojem světla jednoznačně klasická rtuťová výbojka. V porovnání s výbojkou „black light“ odchytila až 3krát více jedinců. Do pasti, která byla vybavená výbojkou se žlutým zářením, přiletělo jedinců nejméně, avšak některé druhy, například *Hepialus fusconebulosus*, nebo nadčeled *Pyraloidea*, byly prokazatelně více nacházeny právě zde. Druh *Hepialus hecta* se nacházel pouze v pastech s „blacklight“ výbojkou. To potvrzuje rozdílné reakce různých druhů motýlů na světlo rozdílné vlnové délky. Mikkola (1972) dodává, že se jeho výsledek preferovaného zdroje se odlišuje od ostatních studií, kde byla jednoznačně atraktivnější právě výbojka „black light“. Domnívá se, že v jižnějších oblastech, vlivem tmavých nocí, může viditelné světlo působit více odpudivě než je tomu ve Finsku.

## 7.2. Nízkotlaká fluorescenční výbojka

Nízkotlaká fluorescenční výbojka či zářivka je, alespoň co se týče využití energie, efektivnějším zdrojem světla než rtuťová výbojka. Dosahuje teploty maximálně 60°C a do pastí se nejčastěji používají výkony okolo 15 wattů se světelným tokem okolo 800 lm. Její obal tvoří dlouhá a tenká skleněná trubice, která je z vnitřní strany pokryta fluorescenčními částicemi. Nízkotlaká výbojka vydává záření v rozmezí 300-570 nm (Fry, Waring, 1996), u některých je rozsah vydávaných vlnových délek ještě větší (Obr.4).



Obr. 4: : Množství vyzařování a vlnová délka záření emitované nízkotlakou fluorescenční výbojkou (Eadie et al., 2009, upraveno)

Efektivitě zářivek emitujících světlo různé vlnové délky v lákání nočních motýlů se věnuje celá řada studií. Ramamurthy et al. (2010) ve své studii porovnávali atraktivnost „black light“ fluorescenční zářivky vyzařující UVA (400 – 315 nm) se zářivkou vyzařující UVC záření (280 – 100

nm). Sběr byl prováděn jednou týdně po dobu 7-8 hodin v období 52 týdnů v Indii na polích s různými plodinami. V další studii (Nabli et al., 1999) byla porovnávána celkem čtyři různá spektrální složení fluorescenčních zářivek. Sběr dat probíhal v rurální oblasti v Missouri, USA. Dva zdroje zářivek „*black light*“ emitovali nejvíce záření o vlnové délce 365 nm, z toho jedna vydávala navíc i část viditelného světla. Ultrafialové záření vydávaly i další dvě, ale většinu energie vyzařovaly v delších vlnových délkách (440 nm, 580 nm). Všechny 4 pasti byly rozmístěny v porostu trávy a vojtěšky a byly od sebe vzdáleny pouhých 15 m. Jejich místa byla náhodně měněna každé 2 týdny. Sbíraly motýly nepřetržitě 6 měsíců. V následující studii (van Langevelde et al., 2011) porovnávali šest fluorescenčních zářivek (6 W), které byly opatřeny filtry a každá emitovala jiný poměr vlnových délek a to v rozmezí od 380 nm do 780 nm. Výzkum probíhal celkem s osmnácti pastmi, které odebírali vzorek 2krát týdně po dobu šesti týdnů v přírodní rezervaci Kampina v Nizozemsku obklopené loukami a stromy. Pasti byly vzdáleny alespoň 50 metrů od sebe a jejich vzájemná pořadí byla každou odchytovou noc náhodně měněna. Ramamurthy et al. (2010) vyhodnotili, že více motýlů bylo odchyceno pomocí „*black light*“ fluorescenční zářivky vyzařující UVA než zářivkou vyzařující UVC. Nabli et al. (1999) zjistili, že větší počet nočních motýlů byl zachycen u zářivek „*black light*“ s kratší vlnovou délkou než zbývající dvě zářivky emitující delší vlnové délky. Poslední studie (van Langevelde et al., 2011) má obdobný výsledek - z šesti světelných pastí byl nejvyšší počet jedinců nalezen u zdrojů emitující nejkratší vlnové délky, naopak nejméně jedinců u dlouhovlnných zdrojů světla. U ostatních „středních“ vlnových délek nebyl prokázán signifikantní rozdíl v počtu odchycených (van Langevelde et al., 2011). Nabli et al. (1999) navíc vypožadoval, že zářivky „*black light*“ nejvíce přitahovaly skupiny můrovití (Noctuidae) a přástelníkovití (Arctiidae), obalečovití (Tortricidae) byly poměrně rovnoměrně atrahovány všemi zdroji, lišajovití (Sphingidae) a martináčovití (Saturniidae) vykazovali preference ke zdroji „*black light*“, který vyzařoval navíc i trochu viditelného světla.

### 7.3. Elektroluminiscenční dioda

Elektroluminiscenční dioda, světelná dioda neboli LED (Light Emitting Diode) je zdroj světla, který vydává elektromagnetické záření širokého spektra. Skládá se z polovodičové součástky s P-N přechodem, která při průchodu elektrického proudu emituje záření. Světelné diody mají velkou účinnost, jsou tudíž nenáročné na energii, existují formy vydávající různá spektra záření a dají se skládat do sérií. To je jen zlomek výhod, které LED mohou přinášet při odchytu hmyzu (Dvořáček, 2009). Použití světelných diod přineslo řadu nových možností a v poslední době se stávají čím dál více využívané k nejrůznějším účelům, jakožto i k lapání a studování hmyzu.

Cowan a Gries (2009) se zabývali reakcí zavíječe paprikového (*Plodia interpunctella*) na světlo v závislosti na vlnové délce. Sun et al. (2014) se věnovali motýlu obaleči východnímu (*Grapholeta modesta*) a jeho fototaxi k různým zdrojům. V obou případech se jedná o laboratorní pokusy. Cowan a Gries (2009) se se světelnými diodami zaměřili pouze na oblast „modrého“ a

„fialového“ záření. Vždy instalovali čtyři světelné zdroje z jednoho úseku spektra. „Modré“ záření bylo zastoupeno zdroji o průměrných vlnových délkách 405 nm, 435 nm, 450 nm a 470 nm. V oblasti „fialového a ultrafialového spektra“ to byly délky 350, 365, 380, a 405 nm. Sun et al. (2014) použili sedm různých LED: červená s průměrnou vlnovou délkou 649 nm, oranžová (600 nm), žlutá (591 nm), zelená (520 nm), modrá (470 nm), fialová (421 nm) a bílá s širokým spektrem záření.

Cowan a Gries (2009) při každém pokusu vypustili 10 jedinců, odkud byli lákáni světly. U zdrojů byly aplikovány lepené pásy, do kterých se motýli lapili a po 2 hodinách byl pokus ukončen a vyhodnocen. Každý pokus byl 10 krát opakován a to zvláště se samečky, s neoplozenými a s oplozenými samičkami. Sun et al. (2014) použili pro každý pokus vždy 50 samic a 50 samců. Po pěti hodinách od vypuštění se spočítali jedinci lapení u zdrojů. Pokus se opakoval celkem šestkrát.

Ve studii Cowana a Griesa (2009) z oblasti modrého spektra byla prokazatelně nejefektivnější dioda se 405 nm a to nezávisle na pohlaví. Ze 4 diod zářících v oblasti fialového spektra bylo nejvíce jedinců odchyceno v blízkosti diody s průměrnou vlnovou délkou 350 nm. Výjimku tvořily neoplozené samice, které nereagovaly ani na jednu z LED s fialovým nebo UV zářením. Autoři uvádí, že jejich výsledky potvrzují to, že motýli používají fialovou a UV oblast záření k orientaci v prostoru. Usoudili tak kvůli variabilitě reakcí na světlo, jelikož samečci a spárené samičky podnikají dlouhé lety, zatímco neoplozené samičky, které na světlo nikterak nereagovaly, nemigrují. Pokus se opakoval celkem šestkrát. U druhé studie (Sun et al., 2014) nejvíce jedinců přitahovala zelená LED s vlnovou délkou 500 – 570 nm, poté fialová (400 – 450 nm) a modrá (450 – 500 nm).

Další dvě studie se zabývají efektivitou různých vlnových délek za účelem lákání nočních motýlů za použití světelných diod. Kim et al. (2014) se na tuto problematiku zaměřil u makadlovky obilné (*Sitotroga cerealella*), Cho et al. (2012) u zářezníčka polního (*Plutella xylostella*). Obě studie jsou si velice podobné metodikou, nikoli však výsledky. Výzkumy probíhaly v laboratoři v upravené krabici, kde oba konce byly zkonstruovány z průhledného plexiskla, uprostřed boxu byl otvor pro vypouštění jedinců. Pokus probíhal tak, že k jedné průhledné straně byl přistaven zdroj LED a druhá zůstala neosvětlená. Autoři porovnávali atraktivitu celkem šesti světelných diod a to UV (365 nm), modré (470 nm), zelené (520 nm), žluté (590 nm) červené (625 nm) a infračervené (730 nm). Po třiceti minutách autoři vyhodnotili počty jedinců u zdroje a počty jedinců na neosvětlené straně. Každý pokus s každým světelným zdrojem byl opakován alespoň šestkrát. Kim et al. (2014) prováděli pokus 30 minut, zatímco Cho et al. (2012) vyhodnocovali přilétnutí již po 15 minutách. Kim et al. (2014) zjistili, že nejvíce atraktivní zdroj byl pro makadlovku ultrafialová dioda, kam přilétlo 67,7 % vypuštěných jedinců, následovala jí modrá se 57,7 % a zelená se 44 % vypuštěných jedinců. Zářezníčka polního nejvíce přitahovala zelená dioda (98,3 % vypuštěných jedinců), poté UV (90 %) a červená (79,4 %) (Cho et al., 2012). Celkově v těchto pokusech bylo zaznamenáno větší procento na světlo pozitivně reagujících motýlů.

## 8. Intenzita světelných zdrojů

Vědecké studie se zabývají i tím, jaký vliv má intenzita světla na míru atraktivitu. Předpokládá se, že se vzrůstající intenzitou světla se předpokládá i vyšší „*attraction radius*“, tedy vzdálenost, z jaké je hmyz lákán ke zdroji světla, což může dělat tyto studie obtížnějšími.

Reakcemi motýlů na světlo v závislosti na intenzitě a vlnové délce se zaměřili Cho et al. (2012) a Kim et al. (2014). Své laboratorní pokusy prováděli na konkrétních druzích nočních motýlů působících jako zemědělské škůdci. Cho et al. (2012) se věnoval zápředníčku polnímu *Plutella xylostella* a Kim et al. (2014) se zaměřil na makadlovku obilnou *Sitotroga cerealella*. Obě studie si byly velice podobné svou metodologií – vždy 30 dospělců bylo vystavováno po dobu 30 minut různým intenzitám záření a to 20, 40, 60, 80 a 100 luxů o různých vlnových délkách UV (365 nm), modré (470 nm), zelené (520 nm), žluté (590 nm) červené (625 nm) a infračervené (730 nm). Každý experiment byl šestkrát opakován. Obě dvě studie se výsledky shodly na tom, že u vybraných druhů neplatí přímá úměrnost, co se týče atraktivnosti a intenzity a že preferovaná míra intenzity závisí na vlnové délce záření. Cho et al. (2012) zjistil, že pro druh *Plutella xylostella* je v případě modré diody (470 nm) nejvíce atraktivní zdroj vydávající 40 lx, v případě záření zeleného, žlutého a červeného je to 60 luxů. Ve studii Kim et al. (2014) autoři určili jako nejvíce motýli přitahující intenzity 60 luxů v případě modrého a zeleného záření, a 80 luxů u žlutého a červeného záření. Při zvýšení i snížení této optimální hodnoty intenzity osvětlení se zdroj světla stával méně atraktivní pro jedince příslušného druhu. Preference pro danou světelnou intenzitu jsou závislé nejen na vlnové délce ale i na druhu.

## 9. Vlnová délka a její vliv na skladbu odchycených motýlů

Výše byl porovnáván vliv jednotlivých forem světelných zdrojů, kde vlnová délka hrála významnou roli. Zde se však budu zabývat výhradně vlivem vlnové délky na charakter odchycených motýlů. Jak již bylo zmíněno, kratší vlnové délky atrahují větší spektrum druhů a více jedinců (Mikkola, 1972; Wallren et al., 1995; Nabli and Bailey, 1999, Ramamurthy et al., 2010; Poiani and Dietrich, 2014). Existují druhové preference k určitým vlnovým délkám, které nejsou stejné pro jednotlivé skupiny (Mikkola, 1972; Nabli and Bailey, 1999) Určité pravidelnosti lze nalézt, pokud se zaměříme na spojitost vlnové délky světla a velikost jedince. Na tuto problematiku se zaměřil například van Langevelde (2011), který ve své studii použil šest fluorescenčních zářivek vyzařující světlo různých vlnových délek. Somers-Yeates et al. (2013) zvolili dva zdroje, a to dlouhovlnnou sodíkovou výbojku (656 nm) a krátkovlnnou metalhalidovou výbojku (538 nm) a Nowinsky et al. (2013) porovnával klasickou wolframovou žárovku s „*blacklight*“ výbojkou, která emitovala téměř všechno své záření ultrafialovém spektru. Van Langevelde et al. (2011) na každé z 18 pastí provedli 12 celonočních odchytů a celkově odchytily 112 druhů. Autoři u každého druhu určili průměr oka, šířku a délku křídel. Ve svých výsledcích potvrdili hypotézu, že větší motýli přitahují kratší vlnové délky. Ve studii Somers-Yeates et al. (2013) došli k podobným výsledkům. Na krátkovlnný zdroj světla – rtuťovou výbojku, bylo odchyceno průkazně více jedinců i druhů, zejména vyšší počet druhů z čeledi můrovití

(Noctuidae). Naopak čeleď píďalkovití (Geometridae), která je proporčně drobnější, byla rovnoměrně zastoupena u obou zdrojů světla. Nowinsky et al. (2013) do své studie zahrnuli celkem 19 míst, na každé lokalitě se nacházely oba světelné zdroje. Jejich poznatky jako celkově nejefektivnější zdroj světla, co se týče počtů jedinců a druhů, udávají „*blacklight*“. Avšak zjistili také, že pro sběr motýlů s malým rozpětím křídel (pod 25 mm) byla jednoznačně více efektivní žárovka. Větší jedinci byly lépe chytáni pomocí „*blacklight*“.

## 10. Shrnutí

Správně zvolená metoda je základem pro studium společenstev nočních motýlů. Vlivem velkého množství nejrozličnějších přístupů se nám otevírá řada možností, jakou metodu zvolit pro odchyt dospělých stádií nočních motýlů. Pokud chceme sběr dat optimalizovat, musíme vzít k úvahu, na jakou skupinu nočních motýlů se chceme zaměřit, a také pro jaký účel a v jakém prostředí danou studii provádíme.

Individuální sběr je vhodný, pokud se chceme zaměřit na konkrétní druh či skupinu druhů. Jako jediná z metod nám umožňuje sbírat motýly z jejich přirozených mikrohabitatů. Je vhodný pro sběr jak vzácných tak hojných druhů. Není náročný na potřebné vybavení, ale pro jeho realizaci je potřeba větší množství lidí, aby bylo množství dat dostatečně velké (Novák a kol., 1969).

Záchytové pasti jsou ideální pro studium letových koridorů či migrace (Novák, 1969). Používají se i pro studium druhové bohatosti a početnosti (Trisnawati, 2008), pro studium sezonní aktivity hmyzu (Pinheiro, 2002), populační dynamiky nebo monitoringu škůdců, stejně jako většina metod, co bude následovat. Tato i ostatní studie uvedené níže, se řadí do pasivních metod sběru, což znamená, že pro odchycení hmyzu je nutné, aby on sám byl aktivní. To může výrazně ovlivňovat množství odchycených.

Barevné misky lákají z nočních motýlů pouze ty, kteří mají denní aktivitu a zároveň se živí na květech rostlin. Záchytové pasti i barevné misky chytají hmyz do konzervačního roztoku, což značně poškozuje kresbu na motýlích křídlech a znesnadňuje identifikaci do druhů.

Pomocí potravinových návnad lákáme druhy nočních motýlů, kteří se i ve stádiu dospělce přijímají potravu. Vhodně zvoleným vnadidlem můžeme ovlivnit skladbu odchycených motýlů (Novák, 1969).

Feromonové pasti jsou druhově specifické, tudíž s nimi nelze zkoumat diverzitu daného prostředí, ale právě proto jsou hojně využívány pro sběr a monitorování zemědělských škůdců (Witzgal et al., 2010).

Jako jeden z nejefektivnějších způsobů studia společenstev nočních motýlů bylo určeno lákání na světlo, tedy odchyt s pomocí světelného zdroje (Muirhead-Thompson, 2012). Právě světelný zdroj,

přesněji emitované záření, má velký vliv na efektivitu a složení odchycených druhů (Mikkola, 1972; Nabli a Bailey, 1999; Nowinszky et al., 2013). Vlnová délka světelného záření nebo i kombinace jednotlivých vlnových délek ovlivňují to, zda budou daný druh nočních motýlů přitahovat či nikoli. Noční motýly láká zejména krátkovlnné záření (van Langevelde, 2011; Nowinszky, 2013). Nelze však určit jednotný úsek spektra, protože preference různých skupin hmyzu stejně jako různých druhů nočních motýlů, se podstatně liší (Nabli et al., 1999). Také behaviorální odpověď jednotlivců při vystavení světlu nelze určit jen podle vnímavosti oka samotného k určitému spektru záření (Mikkola, 1972). Mezi intenzitou světla a atraktivností pro motýly vždy nenalzáme pozitivní závislost, jak by se mohlo zdát a navíc nacházíme spojitost mezi intenzitou a vlnovou délkou světla (Cho, 2012; Sun, 2014).

Pokud porovnáme pasti nevyužívající a využívající světlo při odchytu motýlů, v první řadě je jasné, že světelné metody lze používat jen za tmy, což neodpovídá aktivitě všech nočních motýlů (Fry, Waring, 1996). Pasti využívající návnady, jak už potravinové tak feromonové, by mohly být vhodnější zejména v jarním období, kdy jsou noční motýli, kvůli chladnějším teplotám, nuceni létat za stmívání či rozbřesku (Landolt et al., 2011). Mezi další nevýhody světelných metod lze zařadit nutnost energie pro světelný zdroj, tedy přívod elektřiny, baterii nebo agregát, což může v určitých situacích komplikovat sběr. Naopak výhodou je, že světlo může lákat širší spektrum druhů než metody využívající návnad (Muirhead-Thompson, 2012). Další plus je, že šíření světla není ovlivňováno směrem větru, což by se u metod s návnadou dalo očekávat.

Pro správnou interpretaci dat získaných odchycem nočních motýlů musíme mít představu mimo jiné o biologii a ekologii zkoumané skupiny, musíme znát faktory ovlivňující sběr dat a je dobré se zamyslet nad možnými metodologickými chybami (Novák a kol., 1969). Ač bylo publikováno mnoho studií o metodologii odchytu nočních motýlů, jejich vnímavosti a chování, přesto je stále co zkoumat. Důvodem je neskutečná variabilita v reakcích dospělých jedinců tak i v množství působících faktorů (Mikkola, 1972).

Je třeba odhalit většinu faktorů, které sběr dat ovlivňují. Jsou to z velké části samotní noční motýli, kteří svým chováním ovlivňují sběr dat. Je jisté, že většina metod sběru je z určitého pohledu vždy selektivního rázu, a tak nikdy nedostaneme takový vzorek dat, který by zahrnoval všechny druhy motýlů v dané oblasti. Pokud však budeme znát míru a způsob toho, jak daná metoda ovlivňuje sběr, lze tento problém obejít kombinací jednotlivých metod. Na aktivitu jedinců, jakožto i na efektivnost jednotlivých metod, má vliv celá řada abiotických faktorů, jako je vítr, déšť, vlhkost a teplota vzduchu, míra měsíčního svitu, roční i denní doba a řada dalších.

Je nutné nadále a intenzivněji pokračovat ve výzkumu rozdílných metod studia nočních motýlů v různých prostředích, už jen proto, jak široké využití poznatků toto studium přináší. Velice málo článků, které se mi podařilo najít, se věnuje vlivu samotného lapacího zařízení na efektivitu sběru.

Naopak studií porovnávající různé světelné zdroje je poměrně hodně, avšak vlivem různých kombinací zdrojů, rozdílných variant jednotlivých zdrojů a celkové variability ovlivňujících faktorů, lze tyto studie stávat jen obtížně porovnatelnými. Poměrně malý počet studií se zabývá záchytovými pastmi používaných ke sběru nočních motýlů. Je pravdou, že pokud se chceme věnovat výhradně této skupině hmyzu, která v těchto pastech většinou není hojně odchytávána, zvolíme raději jiný způsob. Noční motýli, kteří jsou potenciální zemědělské škůdci, jsou velmi často zkoumáni různými metodami.

Pokud by byl uskutečněn rozsáhlý a standardizovaný výzkum, který by co nejobektivněji porovnával různé metody studia nočních motýlů, mohly bychom pak určit nejvhodnější metodu či skupinu metod zkoumající danou problematiku.

## 11. Závěr

Vědecké studie jasně dokládají, že pokud při studiu dospělců nočních motýlů zvolíme různé metody, výsledky jsou ovlivněny řadou faktorů a podávají tudíž rozdílné výsledky.

Každá z uvedených metod je díky různým specifikům vhodná pro jinou oblast výzkumu. Pokud chceme provést objektivní studii zaměřenou na větší počet druhů, je zapotřebí použít metod několik.

Individuální sběr je vhodný zejména pro studium vybraných druhů nebo pro studium přirozených habitatů hmyzu, zatímco záchytné pasti dokáží při vhodném použití zachytit většinu letících jedinců v letovém koridoru. Pasti s návnadou se převážně zaměřují na opylovače či jedince živící se nektarem a ovocem, pokud se jedná o pasti feromonové, lákají samečky příslušného druhu. Světelné metody sběru jsou označovány jako nejefektivnější, avšak i zde je vzorek odchycených jedinců ovlivňován faktory, jejichž působení není vždy lehké určit. Studie se shodují, že největší vliv na sběr dat má světelný zdroj.

Noční motýli jsou nejvíce přitahováni krátkovlnným zářením, užší preference jsou druhově i pohlavně závislé. Míru atraktivity udává také celkový poměr vyzařovaných vlnových délek a intenzita světla. I když motýlí oko nejvíce reaguje na oblast žlutého světla, nejvíce atrahován je krátkovlnným zářením.



## 12. Seznam použité literatury

- Agnello, Arthur M., et al. "Trap response and fruit damage by obliquebanded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae) in pheromone-treated apple orchards in New York." *Environmental Entomology* 25.2 (1996): 268-282.
- Altermatt, Florian, Adrian Baumeyer, and Dieter Ebert. "Experimental evidence for male biased flight-to-light behavior in two moth species." *Entomologia experimentalis et applicata* 130.3 (2009): 259-265.
- Baker, G. H., C. R. Tann, and G. P. Fitt. "A tale of two trapping methods: *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera, Noctuidae) in pheromone and light traps in Australian cotton production systems." *Bulletin of Entomological Research* 101.01 (2011): 9-23.
- Baker, R. Robin, and Yvonne Sadovy. "The distance and nature of the light-trap response of moths." *Nature* 276 (1978): 818-821.
- Bąkowski, Marek, Hanna Piekarska-Boniecka, and Ewa Dolańska-Niedbala. "Monitoring of the red-belted clearwing moth, *Synanthedon myopaeformis*, and its parasitoid *Liotryphon crassiseti* in apple orchards in yellow Moericke traps." *Journal of insect science* 13.1 (2013): 4.
- Barghini, Alessandro, and Bruno Augusto Souza de Medeiros. "UV radiation as an attractor for insects." *Leukos* 9.1 (2012): 47-56.
- Barnes, Martin M., et al. "Codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) control by dissemination of synthetic female sex pheromone." *Journal of Economic Entomology* 85.4 (1992): 1274-1277.
- Beavis, I.C., "The first light trap, 1 st century" *Entomologist's Record and Journal of Variation* (1995) 107-155 \*
- Beck, J., and K. EDUARD Linsenmair. "Feasibility of light-trapping in community research on moths: attraction radius of light, completeness of samples, nightly flight times and seasonality of Southeast-Asian hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae)." *Journal of Research on the Lepidoptera* 39 (2006): 18-37.
- Bejček, V., and K. Šťastný. "Metody STUDIA." (2001). Available from: [https://moodle.czu.cz/pluginfile.php/248762/mod\\_resource/content/1/MSE\\_skripta.pdf](https://moodle.czu.cz/pluginfile.php/248762/mod_resource/content/1/MSE_skripta.pdf)
- Bílá, Karolína, et al. "Consequences for selected high-elevation butterflies and moths from the spread of *Pinus mugo* into the alpine zone in the High Sudetes Mountains." *PeerJ* 4 (2016): e2094.
- Blackmer, Jacquelyn L., John A. Byers, and Cesar Rodriguez-Saona. "Evaluation of color traps for monitoring *Lygus* spp.: design, placement, height, time of day, and non-target effects." *Crop Protection* 27.2 (2008): 171-181.
- Bowden, John. "An analysis of factors affecting catches of insects in light-traps." *Bulletin of entomological Research* 72.04 (1982): 535-556.
- Bragança, Marcos AL, et al. "Effects of environmental heterogeneity on Lepidoptera and Hymenoptera populations in Eucalyptus plantations in Brazil." *Forest Ecology and Management* 103.2 (1998): 287-292.
- Brehm, Gunnar, and Jan C. Axmacher. "A comparison of manual and automatic moth sampling methods (Lepidoptera: Arctiidae, Geometridae) in a rain forest in Costa Rica." *Environmental Entomology* 35.3 (2006): 757-764.

- Butler, Linda, et al. "Effects of weather conditions and trap types on sampling for richness and abundance of forest macrolepidoptera." *Environmental Entomology* 28.5 (1999): 795-811.
- Callahan, Philip S. "Oviposition response of the imago of the corn earworm, *Heliothis zea* (Boddie), to various wave lengths of light." *Annals of the Entomological Society of America* 50.5 (1957): 444-452.  
\*
- Cowan, Thomas, and Gerhard Gries. "Ultraviolet and violet light: attractive orientation cues for the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*." *Entomologia Experimentalis et Applicata* 131.2 (2009): 148-158.
- Dvořáček, Vladimír. "Světelné zdroje–světelné diody." *Časopis světlo* 12.5 (2009): 68-71. Available from: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39810.pdf>
- Eadie, E., J. Ferguson, and H. Moseley. "A preliminary investigation into the effect of exposure of photosensitive individuals to light from compact fluorescent lamps." *British Journal of Dermatology* 160.3 (2009): 659-664.
- El-Sayed, A. M., et al. "Potential of mass trapping for long-term pest management and eradication of invasive species." *Journal of economic entomology* 99.5 (2006): 1550-1564
- El-Sayed, A. M., et al. "Volatile constituents of fermented sugar baits and their attraction to lepidopteran species." *Journal of agricultural and food chemistry* 53.4 (2005): 953-958.
- Farkač, J., DAVID KRÁL, and MARTIN ŠKORPÍK. "Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí." *Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha* (2005).
- Franzén, Markus, and Mikael Johannesson. "Predicting extinction risk of butterflies and moths (Macrolepidoptera) from distribution patterns and species characteristics." *Journal of Insect Conservation* 11.4 (2007): 367-390.
- Fry, Reg, and Paul Waring. *A guide to moth traps and their use*. Amateur Entomologist's Society, 1996.
- Garris, Heath W., and John A. Snyder. "Sex-specific attraction of moth species to ultraviolet light traps." *Southeastern Naturalist* 9.3 (2010): 427-434.
- Groenendijk, D., and W. N. Ellis. "The state of the Dutch larger moth fauna." *Journal of insect conservation* 15.1-2 (2011): 95-101.
- Heitzman, R. "More observations on the attraction of diurnal lepidoptera to light." *Journal of the Lepidopterists' Society* 19.3 (1965): 179-180.
- Hollingsworth, Joe P., Albert W. Hartstack, and D. A. Lindquist. "Influence of near-ultraviolet output of attractant lamps on catches of insects by light traps." *Journal of Economic Entomology* 61.2 (1968): 515-521.
- Cheng, Wen-Jie, et al. "The circadian rhythm of flight activity of *Spodoptera exigua* males in response to sex pheromone." *Entomologia Experimentalis et Applicata* 154.2 (2015): 154-160.
- Cho, Kyoung-Shik, and Hoi-Seon Lee. "Visual preference of diamondback moth, *Plutella xylostella*, to light-emitting diodes." *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry* 55.5 (2012): 681-684.
- Janzen, Daniel H. "Two ways to be a tropical big moth: Santa Rosa saturniids and sphingids." *Oxford surveys in evolutionary biology* 1.85 (1984): 140.

- Jonason, Dennis, Markus Franzén, and Thomas Ranius. "Surveying moths using light traps: effects of weather and time of year." *PloS one* 9.3 (2014): e92453.
- Kim, Min-Gi, and Hoi-Seon Lee. "Phototactic behavior 5: Attractive effects of the angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella*, to light-emitting diodes." *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry* 57.2 (2014): 259-262.
- Komárek, Stanislav. *Mimikry, aposematismus a příbuzné jevy: mimetismus v přírodě a vývoj jeho poznání*. Dokořán, 2004.
- Konvička, M., J. Beneš, and L. Čížek. "Ohrožený hmyz nelesních stanovišť: ochrana a management." *Sagittaria*, Olomouc (2005). ISBN 80-239-6590-5. Available from: [http://www.forumochranyprirody.cz/sites/default/files/ohrozeny\\_hmyz\\_nelesnich\\_stanovist.pdf](http://www.forumochranyprirody.cz/sites/default/files/ohrozeny_hmyz_nelesnich_stanovist.pdf)
- Kristensen, Niels P., Malcolm J. Scoble, and O. L. E. Karsholt. "Lepidoptera phylogeny and systematics: the state of inventorying moth and butterfly diversity." *Zootaxa* 1668.699 (2007): e747.
- Lam, D. F. "A brief review of the principles of light trap design with a description of an efficient trap for collecting noctuid moths." *J. Lepid. Soc* 22.2 (1968): 65-75.
- Lamarre, G. P. A., et al. "Stay out (almost) all night: contrasting responses in flight activity among tropical moth assemblages." *Neotropical entomology* 44.2 (2015): 109-115.
- Lamarre, Greg, and Paul Fine. "A comparison of two common flight interception traps to survey tropical arthropods." *ZooKeys* 216 (2012): 43.
- Lamphar, Hector Antonio Solano, and Miroslav Kocifaj. "Light pollution in ultraviolet and visible spectrum: effect on different visual perceptions." *PloS one* 8.2 (2013): e56563.
- Landolt, P. J., Christelle Guedot, and R. S. Zack. "Spotted cutworm, *Xestia c-nigrum* (L.)(Lepidoptera: Noctuidae) responses to sex pheromone and blacklight." *Journal of Applied Entomology* 135.8 (2011): 593-600.
- Langevelde, Frank, et al. "Effect of spectral composition of artificial light on the attraction of moths." *Biological Conservation* 144.9 (2011): 2274-2281.
- Leinonen, R., et al. "Intercalibration of different light-traps and bulbs used in moth monitoring in northern Europe." *Entomologica Fennica* 9.1 (1998): 37-51.
- Lepil, Oldřich, Zdeněk Kupka, and Miloš Jirsa. *Fyzika pro gymnázia: Optika*. Prometheus, 1995,
- Longcore, Travis, et al. "Tuning the white light spectrum of light emitting diode lamps to reduce attraction of nocturnal arthropods." *Phil. Trans. R. Soc. B* 370.1667 (2015): 20140125.
- Macek, J., et al. "Motýli a housenky střední Evropy–Noční motýli I." *Academia*, Praha (2007): 340.
- Maicher, Vincent, et al. "Two Genera and Nineteen Species of Fruit-Feeding Erebid Moths (Lepidoptera: Erebidae) Recorded in Cameroon for the First Time." *Entomological News* 126.1 (2016): 64-70.
- McGEOCH, MELODIE A. "The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators." *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 73.02 (1998): 181-201.
- Mikkola, Kauri. "Behavioural and electrophysiological responses of night-flying insects, especially Lepidoptera, to near-ultraviolet and visible light." *Annales zoologici fennici. SOCIETAS BIOLOGICA FENNICA VANAMO*, 1972.

Moeed, Abdul, and B. M. Fitzgerald. "Foods of insectivorous birds in forest of the Orongorongo Valley, Wellington, New Zealand." *New Zealand journal of zoology* 9.3 (1982): 391-403.

Muirhead-Thompson, R. C. *Trap responses of flying insects: the influence of trap design on capture efficiency*. Academic Press, 2012. Available from:  
[https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=\\_woheipgLKMC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Trap+response+of+flying+insects.+The+influence+of+trap+design+on+capture+efficiency&ots=yPKSv3k2Tb&sig=Zi3vMEFZoprCILE7z7VaDsAW9Mk&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Trap%20responses%20of%20flying%20insects.%20The%20influence%20of%20trap%20design%20on%20capture%20efficiency&f=false](https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=_woheipgLKMC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Trap+response+of+flying+insects.+The+influence+of+trap+design+on+capture+efficiency&ots=yPKSv3k2Tb&sig=Zi3vMEFZoprCILE7z7VaDsAW9Mk&redir_esc=y#v=onepage&q=Trap%20responses%20of%20flying%20insects.%20The%20influence%20of%20trap%20design%20on%20capture%20efficiency&f=false)

Nabli, Henda, Wayne C. Bailey, and Semi Necibi. "Responses of Lepidoptera in central Missouri to traps with different light sources." *Journal of the Kansas Entomological Society* (1999): 82-90.

New, T. R. "Are Lepidoptera an effective 'umbrella group' for biodiversity conservation?." *Journal of Insect Conservation* 1.1 (1997): 5-12.

Novák, K. "a kol.(1969): Metody sběru a preparace hmyzu." Academia, Praha224.

Nowinszky, L., et al. "The dependence of normal and black light type trapping results upon the wingspan of moth species." *APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH* 11.4 (2013): 593-610.

Nowinszky, László, and János Puskás. "Sex Ratio Analysis of Some Macrolepidoptera Species Collected by Hungarian Forestry Light Traps." *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 11.2 (2015): 99-110.

Penny, J. H. J. "Nectar guide colour contrast: a possible relationship with pollination strategy." *New phytologist* 95.4 (1983): 707-721.

Peters, Ralph S., et al. "The evolutionary history of holometabolous insects inferred from transcriptome-based phylogeny and comprehensive morphological data." *BMC evolutionary biology* 14.1 (2014): 1.

Pinheiro, F., et al. "Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado." *Austral Ecology* 27.2 (2002): 132-136.

Poiani, S., et al. "Effects of residential energy-saving lamps on the attraction of nocturnal insects." *Lighting Research and Technology* 47.3 (2015): 338-348.

Ramamurthy, Vilayanoor V., et al. "Efficiency of different light sources in light traps in monitoring insect diversity." *Munis Entomology & Zoology* 5.1 (2010): 109-114.

Reddy, G. V. P., and K. C. D. Urs. "Studies on the sex pheromone of the diamondback moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) in India." *Bulletin of entomological research* 86.05 (1996): 585-590.

Sambaraju, Kishan R., and Thomas W. Phillips. "Responses of adult *Plodia interpunctella* (Hübner)(Lepidoptera: Pyralidae) to light and combinations of attractants and light." *Journal of insect behavior* 21.5 (2008): 422-439.

Schauff, Michael E., ed. *Collecting and preserving insects and mites: techniques & tools*. Systematic Entomology Laboratory, USDA, 2001.

Schowalter, Timothy D. "Insect herbivore relationship to the state of the host plant: biotic regulation of ecosystem nutrient cycling through ecological succession." *Oikos* (1981): 126-130.

- Smrž, Jaroslav. *Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů*. Charles University in Prague, Karolinum Press, 2015
- Somers-Yeates, Robin, et al. "Shedding light on moths: shorter wavelengths attract noctuids more than geometrids." *Biology letters* 9.4 (2013): 20130376.
- Sun, Y-X., et al. "Phototaxis of *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Olethreutidae) to Different Light Sources." *Journal of economic entomology* 107.5 (2014): 1792-1799.
- Taylor, L. R., and R. A. French. "Effects of light-trap design and illumination on samples of moths in an English woodland." *Bulletin of Entomological Research* 63.04 (1974): 583-594.
- Trisnawati, I., and K. Nakamura. "Abundance, diversity and distribution of above-ground arthropods collected by window traps from satoyama in Kanazawa, Japan: an order level analysis." *Far Eastern Entomologist* 181 (2008): 1-23.
- van Nieukerken, Erik J., et al. "Order Lepidoptera Linnaeus, 1758." *Zootaxa* 3148 (2011): 212-221.
- Van Swaay, C., et al. "Guidelines for Standardised Global Butterfly Monitoring." Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network, Leipzig, Germany. GEO BON Technical Series 1 (2015). Available from: [http://www.geobon.org/Downloads/reports/GEOBON/2015/Global%20Butterfly%20Monitoring\\_Print.pdf](http://www.geobon.org/Downloads/reports/GEOBON/2015/Global%20Butterfly%20Monitoring_Print.pdf)
- Vaughan, N. "The diets of British bats (Chiroptera)." *Mammal Review* 27.2 (1997): 77-94.
- Wallner, William E., et al. "Response of adult lymantriid moths to illumination devices in the Russian Far East." *Journal of Economic Entomology* 88.2 (1995): 337-342.
- Witzgall, Peter, Philipp Kirsch, and Alan Cork. "Sex pheromones and their impact on pest management." *Journal of chemical ecology* 36.1 (2010): 80-100.
- Worth, C. B., and J. Muller. "Captures of large moths by an ultraviolet light trap." *Journal of the Lepidopterists' Society* (1979).
- Yela, José Luis, and Marcel Holyoak. "Effects of moonlight and meteorological factors on light and bait trap catches of noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae)." *Environmental Entomology* 26.6 (1997): 1283-1290.
- Zahiri, Reza, et al. "A new molecular phylogeny offers hope for a stable family level classification of the Noctuoidea (Lepidoptera)." *Zoologica Scripta* 40.2 (2011): 158-173.
- Zaspel, J. M., V. S. Kononenko, and P. Z. Goldstein. "Another blood feeder? Experimental feeding of a fruit-piercing moth species on human blood in the Primorye territory of far eastern Russia (Lepidoptera: Noctuidae: Calpinae)." *Journal of Insect Behavior* 20.5 (2007): 437-451.

\* Sekundární citace