

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie



Ekologie a diverzita hmyzu v alpínské zóně

Ecology and diversity of insect in alpine zone

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Tomáš Kadlec, Ph.D.

Bakalantka: Barbora Dubská

2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekologie

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Barbora Dubská

Aplikovaná ekologie

Název práce

Ekologie a diverzita hmyzu v alpínské zóně

Název anglicky

Ecology and diversity of insect in alpine zone

Cíle práce

Bakalářská práce má za cíl (a) sumarizovat poznatky o ekologických faktorech ovlivňující diverzitu subalpínských a alpínských ekosystémů, (b) shrnout dosavadní znalosti fauny nočních motýlů modelového pohoří Krkonoš a (c) vlastním terénním průzkumem doplnit poznatky o fauně Krkonoš v neprozkoumaných částech (Obří důl, Studniční jámy).

Metodika

Poznatky o ekologii a diverzitě motýlů (hlavně Krkonoš) budou dohledávány metodou literární rešerše dostupných literárních pramenů. Ve vybraných částech Krkonoš (Obří důl, Studniční jámy) bude pomocí přenosných světelných lapačů sledována v pravidelných návštěvách diverzita nočních motýlů. Ke každému odchytovému místu budou navíc dobírány charakteristiky prostředí, mající efekt na druhovou diverzitu (charakter vegetace, struktura vegetace, orientace svahů, nadmořská výška) a pomocí statistických analýz bude hledána závislost druhového složení na daných faktorech.

Doporučený rozsah práce

cca 30 stran

Klíčová slova

montánní ekosystém; druhová diverzita; Krkonoše; Lepidoptera

Doporučené zdroje informací

- BILA K., KURAS T., SIPOS J. & KINDLMANN P. 2013: Lepidopteran species richness of alpine sites in the High Sudetes Mts.: effect of area and isolation. *Journal of Insect Conservation* 17: 257-267.
- BOGGS C.L. & MURPHY D.D. 1997: Community composition in mountain ecosystems: climatic determinants of montane butterfly distributions. *Global Ecology and Biogeography Letters* 6: 39-48.
- FLEISHMAN E., AUSTIN G.T. & WEISS A.D. 1998: An empirical test of Rapoport's rule: Elevational gradients in montane butterfly communities. *Ecology* 79: 2482-2493.
- GUTIERREZ D. 1997: Importance of historical factors on species richness and composition of butterfly assemblages (Lepidoptera: Rhopalocera) in northern Iberian mountain range. *Journal of Biogeography*, 24: 77-88.
- KURAS T., BENES J., FRIC Z. & KONVICKA M. 2003: Dispersal patterns of endemic alpine butterflies with contrasting population structures: *Erebia epiphron* and *E. sudetica*. *Population Ecology* 45: 115-123.
- LIŠKA J. & SKYVA J. 1997: Historical and recent occurrence of Lepidoptera in mountain sites of the Giant Mountains (Czech Republic). *Biologia, Bratislava*, 52: 163-165.
- LIŠKA J. 2000: Pokus o srovnání motýlí fauny subalpínských poloh Vysokých Sudet. (An attempt at comparing the lepidopteran fauna of subalpine areas of the High Sudetes). *Opera Corcontica*, 37: 286-290.
- SOFFNER J. 1960: Schmetterlinge aus dem Riesengebirge. *Zeitschrift der Wiener Entomologischen Gesellschaft*, 45: 70-91.
-

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

Mgr. Tomáš Kadlec, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 18. 9. 2014

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 6. 11. 2014

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 10. 04. 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Tomáše Kadlece, Ph. D., a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 15. 4. 2015

.....

Poděkování

Nejvíce bych chtěla poděkovat svému vedoucímu Tomášovi Kadlecovi za ochotu a trpělivost. Také chci poděkovat Oldřichu Čížkovi a Jaroslavu Zámečnickovi za koordinaci projektu, jehož částí je i tato práce. Jiřímu Skalovi a Janu Hrnčířovi chci poděkovat za pomoc při sběru terénních dat. Nakonec bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za psychickou podporu a pomoc.

V Praze dne 15. 4. 2015

.....

Abstrakt

V celoevropském měřítku lze Krkonoše zařadit mezi oblasti s výskytem unikátních alpínských a subalpínských druhů bezobratlých. Je tomu tak proto, že v Krkonoších s vysokou nadmořskou výškou, která vedla k izolovanosti tohoto území, probíhal jiný vývoj než ve zbytku republiky. Po poslední době ledové docházelo k četným změnám areálů druhů. Vzhledem ke geografické poloze Krkonoš docházelo k mísení druhů jak montánních, tak boreálních (severských). Postupná izolace nejvyšších poloh Krkonoš později vedla k specializaci některých druhů. Z nich jsou dnešní glaciální relikty. Není výjimkou, že některé taxony mívají také endemický status. V Krkonoších se vyskytují také unikátní biotopy alpínských bezlesí, tedy oblastí nad horní hranicí lesa. Výskyt motýlů v těchto oblastech je podmíněn specifickými stanovištními požadavky a také nadmořskou výškou. V létě roku 2014 se uskutečnila studie, založená na průzkumu motýlů s noční aktivitou. Zkoumána byla jejich diverzita v alpínském pásmu Krkonošského národního parku. Výzkum byl zaměřen na ledovcové kary (Malá Studniční jáma, Velká Studniční jáma a Obří důl). Do každé ze tří lokalit byly umístěny přenosné světelné lapače a zaznamenávány jejich nadmořské výšky. V rozmezí nadmořských výšek od 975 po 1475 m n. m. bylo celkem zjištěno 86 druhů. Nejpočetnější čeleď tvořili *Geometridae* (39 druhů) a *Noctuidae* (37 druhů), ostatní skupiny byly zastoupeny jen v malém počtu. Společenstvo motýlů se podél gradientu nadmořské výšky měnilo, s největší diverzitou nad vrchní hranicí souvislých porostů lesa a kleče. Studie zjistila také vysoký počet migrujících druhů ve vyšších polohách. Nejhojnějším druhem byla osenice šťovíková (*Noctua pronuba* Linnaeus, 1758)). Zajímavý byl také výskyt některých xerothermních druhů ve vysokých nadmořských výškách, např. osenice jetelové (*Rhyacia simulans* (Hufnagel, 1766)). Ta se vyskytovala na vyhřátých místech nad horní hranicí lesa v poměrně vysokých počtech. Ledovcové kary i přes úbytky některých specializovaných druhů stále hostí zajímavá společenstva motýlů, jež mohou být v budoucnosti ohrožena postupným posunem a zapojováním klečových porostů, jednak vlivem absence jakékoliv péče, ale také postupnou změnou klimatu.

Klíčová slova: druhová diverzita, gradient nadmořské výšky, migrace, světelné lapače, Krkonoše, Lepidoptera

Abstract

Across the Europe, the Giant Mountains can be included among areas where unique alpine and subalpine invertebrate species occur. It is because the Giant Mountains developed in a different way than the rest of the republic - due to its high altitude it became isolated. Many species-area changes happened after the last glacial period. Due to its geographic location, there was a mixing of species of both montane and boreal (northern). Gradual isolation of the Giant Mountains led to the specialization of some species. Contemporary glacial relicts come from them. It is not an exception that some taxa have endemic status as well. Also unique alpine timberline habitats, meaning areas above the upper forest boundary, occur in the Giant Mountains. Moths' presence is subject to both specific regional requirements and altitude. A study was held in summer 2014 based on the survey of moths with night activity. Their diversity in the Giant Mountains National Park was researched. The survey was focused on glacial cirques (Malá Studniční jáma, Velká Studniční jáma and Obří důl). Portable light traps were placed in each of those three areas, their altitudes were registered as well. At altitudes ranging from 975 over 1475 metres, 86 species were found. The largest family consisted of *Geometridae* (39 species) and *Noctuidae* (37 species), the rest of the families were represented in small numbers. The fellowship of butterflies changed along the altitudinal gradient, with the biggest diversity above the timberline of continuous forest and dwarf pine. Also, the study found out a large number of migratory species at higher locations. The most abundant was *Noctua pronuba* (Linnaeus, 1758). The appearance of xerothermophilous species at high altitudes, for example *Rhyacia simulans* (Hufnager, 1766), was equally interesting – quite large number occurred in warm areas above the timberline. Despite decreases of some specialized species, glacial cirques still host interesting butterfly fellowships that can in future be threatened by gradual shift and involvement of dwarf pine vegetation, partly due to the absence of any care, but also the progressive climate change.

Key words: species diversity, altitudinal gradient, migration, light traps, the Giant Mountains, Lepidoptera

Obsah

1. Úvod	9
2. Cíle práce.....	9
3. Literární rešerše	10
3.1 Ekologie horských motýlů	10
3.1.1 Vliv teplot na motýli.....	10
3.1.2 Míra izolovanosti a vliv klimatu	12
3.2 Management v horských oblastech (Vysoké Sudety)	13
3.3 Průzkumy motýlů v Krkonoších.....	15
3.3.1 Historie.....	15
3.3.2 Migrace nočních motýlů do Krkonoš	16
4. Metodika.....	17
4.1 Charakteristika zkoumaných lokalit.....	17
4.1.1 Lokalizace	17
4.1.2 Geomorfologie oblasti	18
4.1.3 Klima.....	19
4.2 Sběr dat.....	20
4.3 Statistická analýza dat.....	23
5. Výsledky	25
5.1 Vliv nadmořské výšky na motýlí společenstva	26
6. Diskuze	30
7. Závěr.....	33
8. Seznam použité literatury.....	34
9. Přílohy	40

1. Úvod

Pohoří Krkonoš se spolu s Králickým Sněžníkem a Hrubým Jeseníkem tvoří masiv Vysokých Sudet. Celá oblast je unikátní výskytem mimořádné fauny bezobratlých. Dochází zde ke kontaktu druhů boreálních neboli severských s druhy horskými (původními v Alpách a Tatrách). Odlišný holocenní vývoj a izolovanost jednotlivých tří oblastí vedla ke vzniku diferenciací v těchto od sebe nepříliš geograficky vzdálených oblastech.

Krkonoše byly formovány ledovcovou činností. Během posledního postglaciálního osídlení se zde utvořily unikátní biotopy a společenstva. Není výjimkou také výskyt četných glaciálních reliktních. Takováto krajina není ve střední Evropě běžná. Nejbližší takové oblasti se zachovaly pouze v Alpách anebo v Tatrách. Bezlesé polohy tundrového charakteru, vyskytující se nad horní hranicí lesa, hostí mnoho druhů motýlů (Lepidoptera).

Výskyt motýlů v těchto oblastech vykazuje specifické požadavky v rámci vhodných stanovišť i nadmořské výšky. Největší diverzita motýlů v horských oblastech se vyskytuje na svazích ledovcových karů ve formacích vyšších bylin (Kuras et al 2013).

Krkonošské kary poskytují pro motýli vhodné biotopy, nejen díky vhodné geografické poloze alpských bezlesí, ale zároveň poskytují vhodný migrační koridor. Lze tedy předpokládat, že diverzita motýlů ve zkoumaných krkonošských karech bude značně vysoká.

2. Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je formou literární rešerše rekapitulace základních poznatků o (i) ekologii horských motýlů a (ii) druhové rozmanitosti motýlů s noční aktivitou v alpínském pásmu Krkonošského národního parku. Dále také (iii) pomocí terénního pozorování porovnání výskytu motýlů v závislosti na nadmořské výšce a sledovat změnu diverzity s rostoucím gradientem.

3. Literární rešerše

3.1 Ekologie horských motýlů

3.1.1 Vliv teplot na motýli

Motýli jsou vhodnou taxonomickou skupinou pro studium klimatických změn. Je tomu tak proto, že se vyskytují v mnoha různorodých biomech, rychle reagují na změny ve svém prostředí, jednotlivá stadia vývojového cyklu se adaptují na různá stanoviště a také jsou relativně snadno identifikovatelní (Dennis, 1993).

Z historického hlediska patří glaciály a interglaciály mezi nejzásadnější faktory, jež ovlivnily druhová složení v temperátní části Evropy (Coope, 1987). Především střídání dob ledových a meziledových ve čtvrtohorách přispívalo k četným změnám v areálu druhů (Berger et Loutre, 1991). Pohoří vyskytující se ve střední Evropě (vyjma Alp), jsou charakteristická tím, že dosahují alespoň mírně nad horní hranici lesa. Díky tomu se po poslední době ledové staly vhodným místem pro úkryt arko-alpínských populací (Jeník, 1998).

Ve vyšších nadmořských výškách bývají nižší okolní teploty a častější výskyt oblačnosti a srážek. To má vliv i na distribuci motýlů. Je tomu tak zejména proto, že chladné oblačné počasí negativně ovlivňuje fekunditu a tím i výskyt dospělých motýlů (Dennis, 1993). Schopnost letu je pro motýli nejdůležitější životní funkcí. Díky němu jsou schopni si shánět potravu, vyhledávat místa k páření a klást vajíčka. Doba vhodná pro let souvisí s tělesnou teplotou motýlů, a proto je působení okolních teplot zásadním prvkem pro jejich existenci (Boggs et Murphy, 1997).

Motýli patří mezi poikilotermní organismy (Barton et al. 2014). Ti se vyznačují tím, že se jejich tělesná teplota mění v souvislosti s měnícími se okolními teplotami. Vzniklé ztráty tepla si často kompenzují takovým chováním, jež jim teplo opět doplní. Specifické mechanismy, jimiž teplo získávají, jsou velice variabilní a liší se napříč druhy. Je to však zejména schopnost pozměnit držení těla a také místo působení v průběhu vyhřívání se na slunci. V tomto procesu je nejdůležitější úloha křídel motýlů. Není jednoduché popsat, zdali se snaží spíše minimalizovat úniky tepla nebo naopak maximalizovat teplo získané z vyhřívání (Barton et al. 2014). Dalším behaviorálním procesem pro udržování tělesné teploty je využívání malých stanovišť

(mikrohabitatů). Toto počínání je možné sledovat u horských motýlů převážně s denní aktivitou. Malé biotopy, které jsou výsadou heterogenity krajiny, motýli využívají pro nahřívání. To jim při ochlazení vzduchu následně prodlužuje aktivitu. Je to patrné z výzkumu rodu *Erebia* z rakouských Alp. Při zkoumání několika příbuzných druhů tohoto rodu bylo zjištěno, že druhy obývající skály a louky, tedy teplejší biotopy, si udržují vyšší tělesnou teplotu. Za nízkých teplot se tyto druhy zahřály mnohem účinněji, než druhy vyskytující se v lesích nebo na pastvinách. Z toho důvodu mohly být aktivní i za méně příhodných podmínek. Existence různých typů malých stanovišť a s tím související jejich specifické podmínky, povedou k výskytu sympatrických druhů (Kleckova et al. 2014).

Dle studie prováděné na australském okáči *Heteronympha merope* (Fabricus, 1775) byla zjištěna citlivost tohoto druhu na teplo a s ním spojený vznik morfologických znaků (Barton et al. 2014).

Morfologické znaky jsou při zkoumání termoregulace důležité, jako například fakt, že větší a mladí jedinci mají vyšší tělesnou teplotu (Kleckova et al. 2014). V polohách s vyšší nadmořskou výškou se lze setkat i s dalšími morfologickými adaptacemi zlepšující termoregulační schopnost (Kingsolver et Watt, 1983). Při teplotách nad bodem mrazu jsou některé přezimující druhy můr (př. zimovnice) schopny aktivního pohybu i v zimě (Macek et al. 2008). Větší můry využívají při letu břicho, jež funguje jako radiátor. Například lišaj vinný (*Hyles lineata* (Fabricius, 1775)), jež má velké plošné zatížení křídel, si musí pomocí svalů vytvářet dostatečnou teplotu pro pokračování v letu. Zároveň však přebytečné teplo (nad 45°C) musí nějakým způsobem odvádět. K tomuto účelu slouží cirkulační mechanismus, kterým je toto teplo odváděno do břicha (Heinrich, 1971). Oproti tomu menší můrovití (Noctuidae) mají protiproudící tepelný „výměník“, který jim umožňuje létat dokonce i při teplotách 0°C (Dennis, 1993). To je patrně důvod, proč jsou ve vysokohorských podmínkách za chladných nocí aktivní zejména můrovití, zatímco subtilnější píďalky (Geometridae) za těchto podmínek zůstávají méně aktivní (Kadlec T, in litt.).

Motýli s denní aktivitou v horských polohách se však nedokáží kompletně přizpůsobit průměrným chladným podmínkám, aniž by riskovali smrt. I přes to se zde vyskytují. Je tomu tak zejména díky vzácným, ale opakujícím se chvílím, kdy je nebe jasné a přízemní teploty jsou velmi vysoké (Kingsolver et Watt, 1983).

3.1.2 Míra izolovanosti a vliv klimatu

Po poslední době ledové došlo v Evropě k postglaciální kolonizaci (Nagy et al. 2003). Biotopy travnatých či tundrových druhů se posunuly na sever nebo do horských oblastí, které se později staly jejich útočištěm (Gutiérrez, 1997). Příkladem mohou být alpská montánní bezlesí (Nagy et al. 2003). Ta se vyskytují ve formě malých ostrůvků na vrcholech některých hor, hřebenů a karů a mají většinou azonální charakter (Jeník, 1998). Vyznačují se heterogenní krajinou, která je spojená s téměř neporušenými přírodě blízkými stanovišti. Proto je dle nedávných výzkumů lze zařadit mezi místa s vysokou druhovou diverzitou (Nagy et al. 2003). Dalším refugiem druhů vyskytujícím se ve vyšších nadmořských výškách jsou také kaňony. Vlivem oteplování klimatu se tato místa posunem izoterm stávají menšími a čím dál více izolovanými. A proto se motýli, ale i rostliny z těchto areálů nebudou moci dále rozšiřovat (Fleishman et al. 1998). Rozsáhlé horské plochy mívají obvykle větší druhovou diverzitu, než plochy malé. Na malých prostorech bývá i zcela odlišné druhové složení. Takto skutečnost souvisí s geografickým umístěním a vzdáleností mezi jednotlivými izolovanými oblastmi. Jakékoliv zmenšování by mohlo zásadně ovlivnit stávající motýlí společenstva (Bila et al. 2013). Dlouhodobě izolované druhy v horských oblastech se postupem času specializují. Proto se zde vyskytuje řada glaciálních reliktních. Není výjimkou také výskyt některých endemických druhů (Černá, 2011).

Vysoká početnost druhů ve vyšších polohách je však zapříčiněna i dalšími faktory. Je to například obměna či ztráta přirozených stanovišť, ale také současná, probíhající změna klimatu (Warren et al. 2001), která ovlivňuje kolonizaci horských oblastí druhy z nižších nadmořských výšek (Konvicka et al. 2003).

Organismy, vyskytující se v izolovaných horských areálech mohou být do budoucna nejvíce ohroženy právě změnou klimatu (Hill et al. 2002). Je zřejmé, že reakce na tuto skutečnost budou úzce souviset s ekologií jednotlivých druhů. Nepříliš aktivní, spíše sedentární druhy, nebudou na změny reagovat tak jako druhy pohyblivé. Ty se díky větší pohyblivosti a tudíž i širšímu areálu rozšíření na přicházející změny připraví mnohem lépe (Warren et al. 2001). Na recentní klimatické změny motýli obecně reagují rozšiřováním svého působení směrem k pólům nebo lokálně do vyšších nadmořských výšek. Díky probíhajícím změnám klimatu, konkrétně jeho oteplováním, byla ve Velké Británii provedena studie, zkoumající působení tohoto faktu na motýli.

V rámci nadmořské výšky i zeměpisné šířky, byla analyzována distribuce několika druhů motýlů. Během 20. století druhy se severním či horským rozšířením zcela vymizely z nižších poloh a osídlily polohy vyšší. Je proto odhadováno, že do budoucna nejsevernější druhy zmenší svůj areál, protože nebudou mít možnost stoupat výše. Oproti tomu druhy z jižních oblastí se budou moci přesunout severněji. Celková velikost jejich rozsahu tedy zůstane obdobná, jako byla, nebo se nepatrně zvýší (Hill et al. 2002). Může také nastat případ, kdy se některým druhům se nepodaří přemístit na vhodnější podmínky, a dojde tak i na lokální vyhynutí (Fleishman et al. 1998).

3.2 Management v horských oblastech (Vysoké Sudety)

Společně s Králickým Sněžníkem a Hrubým Jeseníkem se Krkonoše řadí do oblasti Vysokých Sudet (Černá, 2011). V rámci Evropy je to oblast s neobvyklou faunou bezobratlých. Jedná se především o alpské a subalpské druhy (Černá, 2011). Zmíněná území od sebe nejsou geograficky příliš vzdálená, ale přesto jsou mezi nimi značné rozdíly, jež jsou způsobeny zejména izolovaností a odlišným holocenním vývojem. Tato skutečnost se projevuje na přítomnosti či absenci jednotlivých druhů ve zmiňovaných oblastech (Liška, 2000).

Krkonoše patří mezi jedinečné oblasti České Republiky potažmo i celé střední Evropy (Štursa, 2003). Byly formovány činností ledovce a při postglaciálním osídlování se zde některé druhy zachovaly jako glaciální relikty. Zároveň se v nich nacházejí oblasti s unikátní vysokohorskou tundrou, jež nemá ve střední Evropě obdoby. Další taková místa jsou pouze v Alpách nebo v Tatrách (Jeník, 1998). Významným prvkem krkonošské krajiny jsou také již zmiňovaná alpská bezlesí. Vyskytují se v celé oblasti Vysokých Sudet, avšak s nejrozsáhlejším výskytem právě v Krkonoších. Jedná se o plochu s rozsahem 5465 ha, z čehož větší část se nachází ve východní části Krkonoš (Treml et Banaš, 2000).

V minulosti se nejvyšší partie Krkonoš využívaly pro tzv. budní hospodářství. Bylo provozováno obyvateli horských bud, kteří tato místa využívaly pro pastvu dobytka nebo získávání sena (Příloha 3). Tento typ hospodaření se do Krkonoš přenesl z Alp. Snahy o ochranu lesa a také rozvoj turismu ke konci 19. století postupně přispívaly k zániku tohoto hospodářství (Hartmanová, 2005). Díky tomu v těchto dříve obhospodařovaných oblastech nyní dochází ke zvyšování hranice lesa, zapojování porostů kosodřeviny a tím k úbytku alpských bezlesí. (Treml et Banaš, 2000).

V Krkonoších je fauna znatelně odlišná od ostatních dvou území. Důvodem této odlišnosti může být přítomnost a vliv borovice kleče (*Pinus mugo*) (Černá, 2011). V České republice tvoří borovice kleč monokulturní souvislý porost v Krkonoších, ale menší formace se vyskytují také na Šumavě a v Jizerských horách (Jeník, 1998). Z celé oblasti Vysokých Sudet je tato dřevina původní pouze v Krkonoších, zatímco v Králickém Sněžníku a Hrubém Jeseníku nikoliv (Tremel et Banaš, 2000). Důkazem její původnosti v Krkonoších je také výskyt některých reliktních druhů motýlů, které jsou na ni potravně vázány. Ve zbylých dvou oblastech se tyto druhy nevyskytují (Černá, 2011).

Negativní účinek borovice kleče je znám z Jeseníků, konkrétně z Národní přírodní rezervace Praděd. Dochází zde k významnému narušování a změně společenstev, vyskytujících se obzvláště v okolí horní hranice lesa. Mezi dvěma významnými vrcholy (Praděd a Malý Děd) se utvořil kompaktní porost této dřeviny a potlačil tak původní rozvolněnou smrčinu. Kvůli tomu je teď specifická tundrová bezlesá plocha Malého Dědu ještě více izolovaná a tím jsou ohroženy i druhy na ní (Kuras et al. 2009). Některá specifická společenstva rostlin i živočichů potřebují pro svůj vznik činnost lavin. V této oblasti je to například Velká a Malá kotlina (Jeník, 1998). Souvislý klečový porost může zrodit těchto unikátních společenstev zamezit. Expanzi borovice kleče je nutné co nejdříve zastavit a to přednostně ve výše zmiňovaných oblastech (Kuras et al. 2009).

Ve střední Evropě začal člověk souvislý lesní porost úmyslně ovlivňovat od období neolitu (zhruba před 6500 lety). V této době dominovala rostlinná výroba spojená s orbou a také pastva dobytka (Kalis et al. 2003). Dobytek se pásal i v lesích, provozovalo se také pařezinové hospodaření. Docházelo ale také k cílenému vypalování či kácení lesů. Tyto zásahy zamezily plošnému šíření lesa a podpořily heterogenitu krajiny (Konvička et al. 2005). Avšak obdobně jako u borovice kleče, v horských oblastech po ukončení výrazných aktivit člověka v horských oblastech dochází často k rozšiřování vytrvalých statných travin, jako je smilka tuhá (*Nardus stricta*). Vytlačují tak nektarově bohaté květnaté louky (Kuras et al. 2009). Okáč sudetský (*Erebia sudetica* (Staudinger, 1861)) se dnes v Hrubém Jeseníku vyskytuje výhradně ostrůvkovitě a to na kvetoucích vysokostébelných porostech (Kuras et al. 2003). Tomuto druhu, ale i ostatním aktuálně vymizelým lučním motýlům by mohla pomoci některá forma extenzivního hospodaření. Příkladem takového hospodaření je

pastva. Díky ní by se mohly obnovit květnaté horské louky a pastviny a spolu s nimi i ustupující motýlí společenstva (Kuras et al. 2009).

Obecně lze říci, že pro zachování druhové bohatosti motýlů je nutné zaměřit ochranné úsilí nejen na biotopy nacházející se ve vyšších nadmořských výškách, ale také na přechodná místa. Tedy na oblasti předcházející polohám s vysokou nadmořskou výškou. Přes tato území mohou motýli v závislosti na oteplování klimatu migrovat (Fleishman, 1998). Areály nacházející se na přechodných místech mezi výškovými gradienty vykazují vysokou diverzitu motýlů. Zároveň však mohou plnit funkci útočiště při stále zřetelnějším regionálním kolísání klimatu (Dennis, 1993).

3.3 Průzkumy motýlů v Krkonoších

3.3.1 Historie

Motýlí fauna Krkonoš se začala zkoumat zhruba na konci 19. a v první polovině 20. století. Jedny z prvních prací (Wocke, 1872,1874; Sterneck, 1929; Sterneck et Zimmermann, 1933; Marschner; 1932-1934), jako i pozdější revize historických záznamů (Obeneberger, 1952; Soffner, 1960) dokladují v Krkonoších výskyt asi 900 druhů motýlů, z nichž třetina je vázána na alpské a subalpské oblasti (Liška et Skyva, 1997). Z tohoto období pochází unikátní (i opakovaná) pozorování vesměs vysokohorských druhů jako jsou šedivka trávová (*Apamea maillardi* (Geyer, 1834)), osenice severní (*Xestia alpicola* (Zetterstedt, 1839)) nebo osenice hbitá (*Euxoa birivia* (Denis & Schiffermüller, 1775)), jež nebyly v současnosti opětovně doloženy (Wihan 1934–1935; Liška et Skyva, 1997).

Jeden z prvních komplexních výzkumů a rekapitulace motýlí fauny v Krkonoších byla velice podrobná práce Soffnera (1960). Celkem bylo v této práci uvedeno cca 450 druhů vybraných skupin motýlů z území Krkonoš. Celá oblast pohoří byla autorem rozdělena na tři hlavní zóny dle typických zástupců: první je zóna do nadmořské výšky 700 m, druhá je mezi 700 m a 1200 m (území kde převládají smrčiny) a třetí je nad 1200 m (nad stanovenou horní hranicí lesa). Lokální působení klimatu zapříčiňuje, že se jednotlivé oblasti se mohou vzájemně prostupovat. Například na teplých místech, chráněných větrem, bude smrkový les výše, než je zmiňováno. Všechny zóny byly ještě blíže rozděleny a specifikovány dle konkrétních kritérií (borový les, horské louky, lesní kraje a cesty atp.). (Soffner, 1960).

V letech 1993 až 1995 byl proveden výzkum s cílem ověřit druhovou skladbu zmiňovanou ve starších studiích. Studie se zaměřila na vyšší patra Krkonoš (nadmořská výška byla v rozmezí 900 až 1550 m n. m.). Pro účely studie se zvolily zájmové lokality v oblasti horní hranice lesa (Liščí hora, Studniční hora, Luční hora, Obří důl apod.). Studie doložila většinu z historicky dokladovaných druhů. Mezi takové druhy patří například píďalička silenková (*Eupithecia silenata* (Assmann, 1848)), osenice podhorská (*Xestia collina* (Boisduval, 1840)) nebo huňatec alpský (*Glacies alpinata* (Scopoli, 1763)). Zaznamenaly se však nové, doposud neobjevené druhy v těchto oblastech. Z těch lze jmenovat například krásněnku (*Denisia nubilosella* (Herrich-Schäffer, 1854)) nebo píďalku hořcovou (*Perizoma obsoletarium* (Herrich-Schäffer, 1838)). Oba tyto druhy se při výzkumu objevili v hojném počtu. Zajímavý byl také nález některých nepůvodních druhů (Liška et Skyva, 1997). V první polovině 20. století bylo do Krkonoš uměle introdukováno několik dospělců okáče horského (*Erebia epiphron* (Knoch, 1783)) z Hrubého Jeseníku (Soffner, 1967). A tento druh, byl v Krkonoších nalezen v poměrně hojném počtu (Liška et Skyva, 1997).

V dalších obdobích byl průzkum Krkonoš soustředěn nejvíce do východní či střední oblasti pohoří. Jen malá část výzkumů je věnovaná západním či jihozápadním Krkonošům. Cíleně západním Krkonošům se věnuje pouze Liška et al. (2008). Východním Krkonošům, konkrétně oblasti Úpského rašeliniště se věnuje například Vaněk et al. (2012). Polské části Krkonoš se věnuje například Chrzanowski (2004). Další, více podrobnější průzkumy, byly nárazově zaměřené na faunu podhůří (Skala et Kadlec, 2008; Skala et Kadlec, 2009), dále vyšší horské polohy cca 800 m n. m. a výše (Jirgl, 2013) anebo údolní oblasti krkonošských řek (Zámečník et al. 2014).

3.3.2 Migrace nočních motýlů do Krkonoš

Výskyt bohaté diverzity v Krkonoších je také zapříčiněn jedním důležitým úkazem. Jsou to anemo-orografické systémy. Hypotéza o existenci tohoto jevu byla detailně rozebrána ve studii Jeníka (1961). Ten do své koncepce zahrnuje řadu aspektů, které by mohly vysvětlit disperzi rostlin a živočichů nacházejících se v ledovcových karech celého Hercynského pohoří, do kterého Krkonoše spadají (Jeník, 1998). Zaměřuje se na vlivy geografie, klimatu a geobotaniky (Spitzer et al. 2003). Působení přízemních, velmi rychlých větrných proudů vytváří migrační cesty pro nížinné druhy směrem do vysokých nadmořských výšek. Tyto druhy tak mohou být součástí alpských ekosystémů (Krzakowa et Dunajski, 2007).

Migrace nočních motýlů jsou většinou spojovány především s nestálostí sezónního prostředí. Unikají do oblastí s vhodnějšími podmínkami, kde přečkávají nepříznivé období (hibernace nebo aestivace) (Spitzer et al. 2003). Dle vztahu k migraci je možno krkonošské motýly ještě blíže rozčlenit. Za prvé jsou to druhy, které nemigrují vůbec. Jsou v dané oblasti původní (autochtonní). Bývá u nich obvykle dobře vyvinutá dormance, nejčastěji diapauza. Tyto druhy se vyskytují v temperátní a boreální zóně. Jejich aktivita je ovlivněna pouze zimou (hibernační období). V druhé skupině jsou motýly, kteří si částečně jsou schopni dokončit svůj vývoj v nížinách (v tomto případě ve střední Evropě), ale jejich podstatná část populace se obnovuje migrací. Do Krkonoš migruje takovýchto druhů hned několik. Je to například osenice šťovíková (*Noctua pronuba* Linnaeus, 1758) nebo můra gamma (*Autographa gamma* (Linnaeus, 1758)) (Novák et Spitzer, 1972). Tyto dvě můry patří mezi nejhojnější migranty v Krkonoších (Spitzer et al. 2003). Poslední skupinu tvoří druhy, které v nížinách střední Evropy nejsou původní vůbec. Přirozeně se vyskytují v oblastech Středomoří nebo v tropech a subtropích. Jelikož nejsou schopni ve střední Evropě přezimovat, migrují přes vyšší polohy každý rok. Mezi takové druhy patří plamenoskvrnka cviklová (*Phlogophora meticulosa* (Linnaeus, 1758)), lišaj svlačcový (*Agrius convolvuli* (Linnaeus, 1758)), osenice ypsilonová (*Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766)) nebo vzácná černopáska bavlníková (*Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808)) (Novák et Spitzer, 1972).

4. Metodika

4.1 Charakteristika zkoumaných lokalit

V hlavní části horské sezony roku 2014 (červen - srpen) byl proveden výzkum, který byl zaměřen na studium motýlů s noční aktivitou ve východních Krkonoších. Byly vybrány tři lokality v okolí Pece pod Sněžkou. Kuras et al. (2003) uvádí, že nejbohatší diverzita bývá v útvarech vyšších bylin na svazích ledovcových karů. S ohledem na tento fakt, byla vybrána zájmová území ke studii, jež měla charakter ledovcových karů, s výskytem typických prvků.

4.1.1 Lokalizace

První lokalitou je Velká Studniční jáma (50°43'21.53"N, 15°42'47.91"E) s rozlohou zhruba 20 ha. Nachází se na východní stěně Studniční hory (1554 m n. m.). V těsné

blízkosti se rozkládá také druhá lokalita – Malá Studniční jáma (50°43'32.05"N, 15°42'56.93"E). Tento kar o rozloze necelých pět ha se rovněž nachází na východní stěně Studniční hory. Třetí a poslední lokalitou je Obří důl (50°43'39.28"N, 15°43'50.10"E). Ten je se svou rozlohou cca 360 ha poměrně rozsáhlý. Rozkládá se mezi Sněžkou (1602 m n. m.) a Růžovým dolem, tedy téměř u Pece pod Sněžkou (Příloha č. 1). Všechny lokality spadají do Krkonošského národního parku a jsou chráněny ochranným režimem 1. zóny.

Malá i Velká Studniční jáma mají podobný charakter. Souvislý smrkový porost zde končí téměř v 1300 m n. m., o 100 m výše už pomalu ustupuje borovice kleč i brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*) a přechází do travin. Strmá úbočí obou jam tvořeny převážně skálou s menšími ostrůvky borovice kleče. Není výjimkou také občasný výskyt suťového pole většího či menšího rozsahu. Na obou místech lze spatřit několik menších potoků, v jejichž okolí se nejčastěji vyskytují i dvouděložné rostliny (rod *Myosotis*, *Pulsatilla* apod.)

Obří důl je floristicky mnohem zajímavější. Je tomu tak zejména proto, že se zde vyskytují dva botanické úkazy. Čertova zahrádka a Krakonošova zahrádka. Na těchto místech se vyskytuje mnoho zajímavých rostlin. Jsou to například pupava bezlodyžná (*Carlina acaulis*), konvalinka vonná (*Convallaria majalis*), lomikámen vstřícnicolistý (*Saxifraga oppositifolia*) nebo jeřáb krkonošský (*Sorbus sudetica*). Smrková hranice je zde obdobná jako ve Studničních jámách (cca 1260 m n. m). Borovice kleč se mění v souvislý travinný porost (o poznání rozsáhlejší než na předchozích lokalitách), v nadmořské výšce okolo 1420 m n. m. Opět se zde vyskytují suťová pole, avšak poněkud rozsáhlejší. Heterogenita této oblasti je také podpořena protékající řekou Úpou a na ní se vyskytujícími četnými vodopády.

4.1.2 Geomorfologie oblasti

Krkonoše jsou součástí krkonoško-jizerského krystalinika. Geologické procesy zde začaly asi před 700 miliony lety, pohybem zemských ker a také kadomským vrásněním. Z původně mořských usazenin, se vlivem těchto procesů postupně utvořily nejstarší krkonošské břidlice. K nim lze zařadit hlavně svory s různými příměsemi, jako je například křemenec či amfibolit (Němec et al. 2007). Kvůli dlouhodobému suchému prostředí docházelo k erozím a denudaci. Po následném zalití mořem vznikly nové usazeniny, jako jsou pískovce, slepence vápence apod. Díky hercynskému

(variskému) vrásnění, které navazuje na kadomské (před 300 miliony lety), se utvořily i další horniny. Patří k nim krystalické břidlice, zejména fylity. Zajímavostí je vznik krkonošské žuly. Ta se zde objevila v důsledku vylití žhavého magmatu ze středu země do těchto krystalických břidlic. Posledním horotvorným procesem je alpské vrásnění, které působilo před 130 až 25 miliony lety. Výsledkem je reliéf, který je velmi podobný dnešnímu. Vliv na vzhled Krkonoš mělo také střídání dob ledových a meziledových. Z těchto dob pochází údolní a svahové ledovce, kary, morény a jezera (Štursa, 2003).

Tyto úkazy jsou spojeny s činností ledovců, které v Krkonoších působily (Dvořák, 2006). Souvislé zalednění zde nebylo avšak údolní a svahové ledovce ano (Vaněk et al. 2013). Jeden z ledovců svým působením utvořil Labský důl a další Obří důl. Oba zmiňované ledovce dosahovaly velikosti přes 5 km (Dvořák, 2006). Hercynský hřeben Krkonoš se díky tomu mohl unikátně geoekologicky utvořit. Kombinace převýšení 1000 m a dané zeměpisné šířky (51°N), umožňuje vznik členitě stupňovitých ekosystémů, alpínský a subalpínský ekosystém nevyjímaje (Jeník, 1973). V dobách ledových byly trvale zaledněny Alpy a ty spolu se skandinávským ledovcem způsobily, že některé české hory měly opakovaně charakter tundry. Dle novějších výzkumů měly místy také podobu rozvolněné tajgy, v nižších polohách se vyskytovaly dokonce se sprašovými stepi. Tato skutečnost podpořila migrace některých severských druhů (posouvaných kontinentálním ledovcem), které se pak zde mísily s druhy horskými. Po posledním oteplení byly chladnomilné organismy nuceny postupovat výše a tím zůstaly izolovány na „ostrovech“ evropských hor (Vaněk et al. 2013).

4.1.3 Klima

Téměř celé Krkonoše se nachází v tzv. chladné oblasti (CH). Nejvyšší polohy (hřebeny) patří do kategorie CH 4. Charakteristické chladným a vlhkým létem krátkého trvání a velmi chladnou zimou s vytrvalou sněhovou pokrývkou.

Středohorské oblasti patří do kategorie CH 6. Podhorské polohy patří do kategorie CH 7, která je z výše zmiňovaných nejteplejší (Quitt, 1971). Klima je obecně ovlivněno prouděním z Atlantského oceánu, a tím je tedy chladné s častými dešťovými i sněhovými srážkami. Průměrná roční teplota je mezi 6 až 0 °C. Nejvyšší teploty jsou zde v červenci zhruba 14 °C a nejnižší potom v lednu, kdy dosahují v průměru -4,5 °C. Obdobně je tomu tak i při větrném proudění. Nejsilnější bývá v zimě a nejslabší v létě. Působí zde zejména západní až jihozápadní větry.

Největřnější místem je okolí Labské a Luční boudy a také vrchol Sněžky. Na Sněžce se běžně vyskytují i značně silné větry s charakterem vichřic či orkánů. Rychlost větru se pak pohybuje kolem 150 km/hod. V zimě též není výjimkou výskyt teplotních inverzí. Je to jev, kdy se ve vyšších polohách udržuje teplo a slunečné počasí, a naopak v nižších se drží mlha a chladný vzduch. Spolu s vertikálním členěním se mění i množství srážek. Nejméně jich bývá na úpatí hor cca 800 mm ročně. Nejvíce srážek je naopak na hřebenech, 1200 až 1400 mm za rok. Sněhová pokrývka se v Krkonoších tvoří již během listopadu a na některých místech může být vysoká až 300 cm. V důsledku působení silných větrů se sníh neustále přefukuje. V závětrí ledovcových karů se potom hromadí velké masy sněhu, což způsobuje pravidelné sněhové laviny (Štursa, 2003). Sesunutí lavin má vždy dopad na celý reliéf. Při průzkumu lavinové dráhy v Úpské rokli byl zjišťován její dopad na dynamiku vegetace. Na některých místech došlo k narušení zvětralinového pláště (zejména v tranzitní zóně). Vzniklé obnažené plochy zarůstají původní vegetací, hlavně travinnými společenstvy (Kociánová et al. 2004). Avšak působení lavin může mít i pozitivní dopad. Mezi světoznámé ledovcové kary, ve kterých se vyskytuje jedinečná druhová rozmanitost, patří sudetská Malá a Velká Kotlina. Společenstva v nich jsou závislá na lavinových událostech. Díky těmto disturbancím se značná část druhů v Hrubém Jeseníku soustřeďuje právě do Malé a Velké kotliny. Není výjimkou výskyt reliktních druhů jako např. chvostokok *Jesenikia filiformis* (Rusek, 1997), roztoč *Melanozetes interruptus* nebo nosatec *Ranunculiphilus pseudincla*. (Kuras et Tuf, 2005).

4.2 Sběr dat

Výzkum motýlů s noční aktivitou probíhal v červnu až srpnu roku 2014. Jednotlivé návštěvy se uskutečňovaly v nepravidelných intervalech s alespoň dvou týdenním rozstupem (Tab. 1), avšak vždy za přijatelného počasí (bez vytrvalejších srážek, ne v dlouhodobě zhoršeném počasí). V rámci průzkumu byl důraz kladen na vybrané skupiny motýlů (Lepidoptera) s noční aktivitou, a to z čeledí *Hepialidae*, *Cossidae*, *Lasiocampidae*, *Endromidae*, *Saturniidae*, *Lemoniidae*, *Sphingidae*, *Drepanidae*, *Geometridae*, *Notodontidae*, *Noctuidae*, *Lymantriidae*, *Nolidae* a *Arctiidae*. Během každé návštěvy byl ještě před setměním na zkoumaných lokalitách exponován variabilní počet přenosných světelných lapačů, a to tak, aby byl zachycen hlavní

gradient nadmořské výšky jednotlivých lokalit a hlavní typy biotopů vyskytující se na dané lokalitě (Tab. 1, Příloha 1). Zdrojem světla v lapačích byly LED s podporou UV záření napájené 12 V gelovou baterií. Světlo lapače láká hmyz maximálně z několik málo desítek metrů (Truxa et Fiedler, 2012) proto lze předpokládat, že v rámci odchyceného vzorku budou druhy vyskytující se v nejbližším okolí umístění lapače nebo druhy, jež přes daná místa aktivně prolétávají. V každém lapači byla umístěna lahvička se smrtící látkou (chloroform). U každého lapače byla zaznamenána GPS pozice a následně určena nadmořská výška.



Obr. č. 1: *Hyles gallii* chycený světelným lapačem v Obřím dole (1475 m n. m.) autor: Barbora Dubská



Obr. č. 2: Přenosný světelný lapač hmyzu s noční aktivitou umístěný v Obřím dole (1250 m n. m., 25. 6. 2014).
Foto: Jiří Skala.



Obr. č. 3: Přenosný světelný lapač hmyzu s noční aktivitou ve Velké Studniční jámě (1350 m n. m., 24. 6. 2014).
Foto: Jiří Skala.

Následujícího dne ráno a v dopoledních hodinách byly lapače demontovány a nachytané vzorky determinovány přímo na místě odchyty, nebo byly uskladněny pro další manipulaci. Determinace obtížněji určitelných rodů motýlů byla po laboratorní preparaci provedena srovnáním sekundárních pohlavních orgánů.

datum	Velká Studniční jáma	Malá Studniční jáma	Obří důl
10. 6. 2014	8	-	-
11. 6. 2014	-	-	9
24. 6. 2014	17	6	-
25. 6. 2014	-	-	23
23. 7. 2014	10	6	-
8. 8. 2014	4	-	-
27. 8. 2014	16	2	-
28. 8. 2014	-	-	18
celkem	55	14	50

Tab. č. 1: Počty přenosných světelných lapačů exponovaných během jednotlivých návštěv na studovaných ledovcových karech v NP Krkonoše.

4.3 Statistická analýza dat

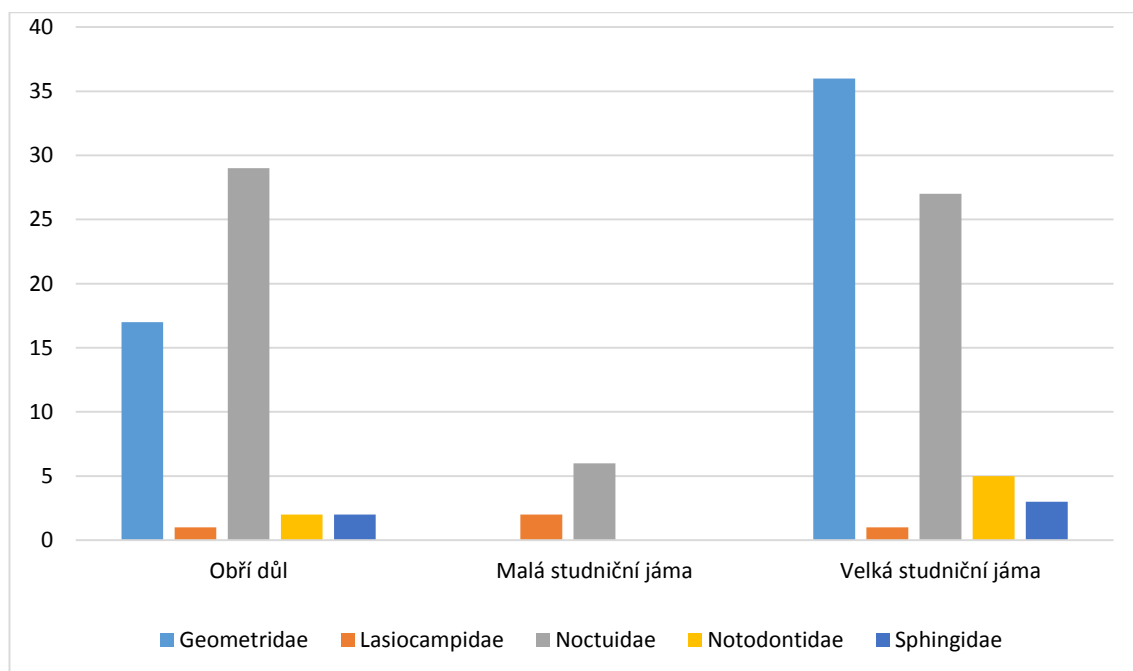
Pro analýzu vlivu nadmořské výšky na počet zjištěných druhů byla použita metoda zobecněných lineárních smíšených modelů (*generalised linear mixed-effects models*; GLMM) za použití lognormálního rozdělení chyb. Lineární analýza byla provedena v programu R (R Development Core Team, 2012) za použití balíčku lme4 (Bates et al., 2014). Vzhledem k tomu, že v různých částech gradientu nadmořské výšky (po kroku 25 výškových metrů) byl použit různý počet světelných lapačů, vystupovala jako závislá proměnná celkový počet odchytených druhů na světelný lapač v dané nadmořské výšce (DRUHY). Jednotlivé lokality se odlišovaly svými vlastnostmi (zejména uzavřenost, výskyt sutin), což mohlo ovlivňovat mikroklimatické vlastnosti stanoviště, a tím pádem i posun jednotlivých druhů podél výškového gradientu. Proto v testovaném modelu byla unikátnost jednotlivých lokalit specifikována jako náhodný efekt. Nadmořská výška (NM) a její polynom druhého stupně vystupovaly v modelech jako vysvětlující proměnné s fixním efektem. Během modelování byl vybírán nejparsimonnější model pomocí srovnání hodnot AIC fitovaných modelů. Tato procedura srovnává modely přes vyváženost jejich složitosti a míry vysvětlené variability (Akaike, 1974). Nejdříve byl vytvořen nulový model pouze s náhodným

efektem, jež byl následně srovnáván s modely s fixními efekty. Model s nejnižší hodnotou AIC byl vybrán jako model s nejlepším proložením testovaných dat.

Závislost druhového složení na nadmořské výšce byla testována pomocí přímé kanonické korespondenční analýzy (CCA) v programu Canoco for Windows 4.5 (ter Braak et Smilauer, 2002). Závislé proměnné (druhová data, *species*) bylo druhové složení konkrétního lapače; u každého druhu s vyjádřením absolutní četnosti. Vzhledem k odstranění náhodných záletů byly z této analýzy vynechány druhy s celkovým počtem zjištěných jedinců jedna. Jako prediktor (vysvětlující proměnná, *environmental variable*) vystupovala nadmořská výška (nm). V první fázi modelování byl nejdříve testován vliv příslušnosti k lokalitě na druhové složení. V případě, že tento vliv je signifikantní, bude v konečném modelu vystupovat lokalita jako kovariáta. Následně bude čistý efekt nadmořské výšky testován po odfiltrování případné kovariáty. Pro testování signifikancí jednotlivých modelů byl použit Monte Carlo permutační test (999 permutací).

5. Výsledky

V nadmořských výškách od 975 po 1475 m n. m. bylo po dobu celého průzkumu položeno celkem 119 světelných lapačů. Během monitorování nočních motýlů byl zaznamenán výskyt 86 druhů (51 v Obřím dole / 72 ve Velké studničné jámě / 8 v Malé studniční jámě, (Obr. č. 3) v celkovém počtu 1163 kusů. V rámci čeledí byly nejpočetnější *Geometridae* (39 druhů) a *Noctuidae* (37 druhů), ostatní skupiny byly zastoupeny v malém počtu.



Obr. č. 4: Počty druhů nejpočetnějších čeledí na jednotlivých lokalitách v NP Krkonoše v roce 2014

Avšak co se týče konkrétních druhů, nejčastěji chyceným motýlem byla osenice šřovíková v počtu 237 exemplářů. Další byla velice hojná píďalka horská (*Entephria caesiata* (Denis & Schiffermüller, 1775)) v počtu 116 kusů, píďalka osiková (*Eulithis populata* (Linnaeus, 1758)) po 92 kusech anebo můra sivá (*Papestra biren* (Goeze, 1781)) v celkovém součtu 88 exemplářů.

Z významných horských druhů lze zmínit především výskyt dřevobarvce bolševníkového (*Dasypolia templi*) - 27. 8. 2014 ve Velké Studniční jámě po 58 ex.; 28. 8. 2014 v Obřím dole po 21 ex.; 27. 8. 2014 v Malé Studniční jámě po 2 ex., šedokřídlece květeloového (*Elophos dilucidaria*) - 23. 7. 2014 ve Velké Studniční jámě po 24 exemplářích; 8. 8. 2014 ve Velké Studniční jámě po 3 ex., š. alpínského (*E. operaria*) - 25. 6. 2014 v Obřím dole po 1 ex., š. skvrnopásného (*E. vittaria*) -

10. 6. 2014 ve Velké Studniční jámě po 14 ex.; 11. 6. 2014 v Obřím dole po 5 ex.; 25. 6. 2014 v Obřím dole po 27 ex., píďaličky silenkové (*Eupithecia silenata*) - 10. 6. 2014 ve Velké Studniční jámě po 1 ex., šedavky horské (*Hyppa rectilinea*) - 10. 6. 2014 ve Velké Studniční jámě po 4 ex.; 25.6 2014 v Obřím dole po 2 ex., píďalky smrkové (*Mesotype verberata*) - 8. 8. 2014 ve Velké Studniční jámě po 1 ex., p. skvrnitě (*Rheumaptera subhastata*) - 10. 6. 2014 ve Velké Studniční jámě po 1 ex., p. vlochyňové (*Xanthorhoe incurmata*) - 10. 6. 2014 ve Velké Studniční jámě po 2 ex., osenice podhorské (*Xestia collina*) - 23. 7. 2014 ve Velké Studniční jámě po 1 ex., a o. mramorované (*X. speciosa*) - 23. 7. 2014 v Malé Studniční jámě po 1 ex. Na výslunné xerothermní stanoviště sušších trávníků a sutin jsou vázané píďalička vřesová (*Eupithecia nanata*) - 10. 6. 2014 ve Velké Studniční jámě po 4 ex.; 25. 6. 2014 v Obřím dole po 3 ex., osenice jetelová (*Rhyacia simulans*) - 10. 6. 2014 ve Velké Studniční jámě po 3 ex.; 11. 6. 2014 v Obřím dole po 4 ex.; 24. 6. 2014 ve Velké Studniční jámě po 1 ex.; 25. 6. 2014 v Obřím dole po 9 ex.; 8. 8. 2014 ve Velké Studniční jámě po 6 ex.; 28. 8. 2014 v Obřím dole po 1 ex. a o. podbělová (*R. lucipeta*) - 28. 8. 2014 v Obřím dole po 1 ex.

5.1 Vliv nadmořské výšky na motýlí společenstva

Mezi motýli, které svým výskytem pokrývají nebo jsou pravděpodobně schopni pokrýt celý zkoumaný výškový gradient, tedy rozsah od 975 po 1475 m n. m. lze zařadit následující druhy: *Apamea monoglypha*, šerokřídlec květelový (*Elophos dilucidarius* (Den. & Schiff., 1775)), píďalka horská, píďalka osiková, píďalka jívová (*Hydriomena furcata* (Thunberg, 1784)) a osenice jetelová (*Rhyacia simulans* (Hufnagel, 1766)). Mezi druhy, které se vyskytují v gradientu od nadmořské výšky cca 1200 m n. m. a výše patří: osenice ypsilonová (*Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766)), můra gama, dřevobarvec bolševníkový (*Dasypolia templi* (Thunberg, 1792)), šerokřídlec skvrnopásný (*Elophos vittaria* (Thunberg, 1788)), osenice šťovíková, osenice zemáková (*Noctua fimbriata* (Schreber, 1759)), můra sivá, bourovec hlohový (*Trichiura crataegi* (Linnaeus, 1758)), osenice černé C (*Xestia c-nigrum* (Linnaeus, 1758)) apod. (Příloha č. 2).

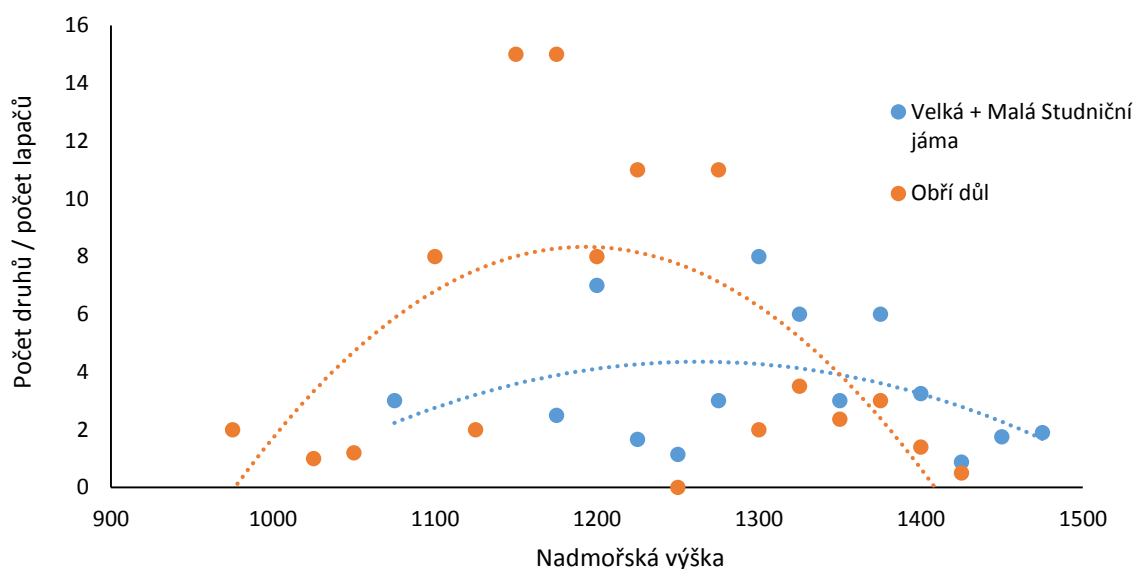
Lineární analýza závislosti počtu druhů na nadmořské výšce ukázala jako nejvhodnější model s fixním efektem polynomu nadmořské výšky (Tab. X). Tento model se signifikantně odlišuje od modelu nulového (chí test: chí = 6,754, df = 2, p < 0,05), tak

od modelu s pouze lineárním členem nadmořské výšky (chí test: $\chi^2 = 6,007$, $df = 1$, $p < 0,05$).

Model	Deviance	AIC
~ NULL	65,316	71,316
~ NM	64,570	72,570
~ NM + NM ²	58,563	68,563

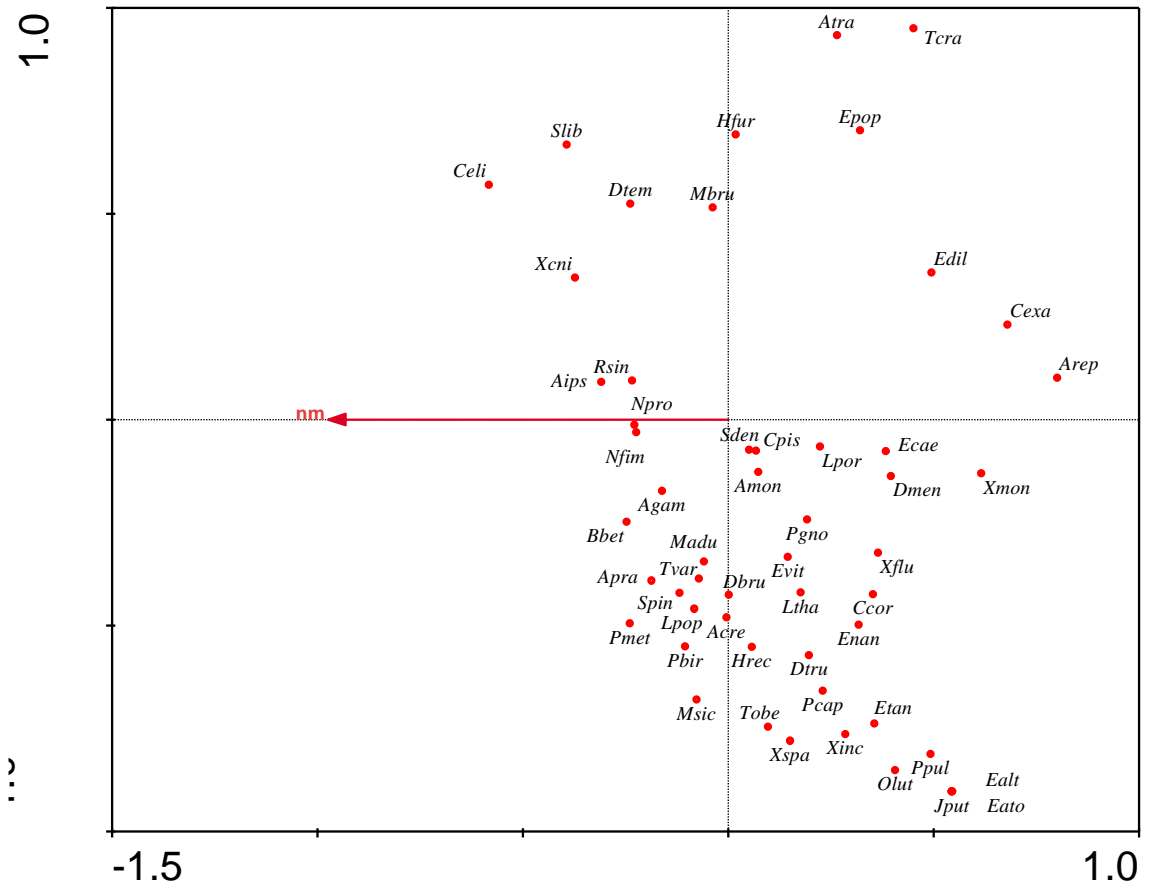
Tab. č. 2: Výsledky zobecněných lineárních smíšených modelů ukazující vztah mezi závislou proměnnou (DRUHY) a testovanými prediktory. Náhodným prediktorem byla v modelech příslušnost k lokalitě. AIC – hodnota Akaikova informačního kritéria, NULL – nulový model pouze s náhodným efektem lokalita.

Závislost mezi počtem druhů na lapač a nadmořskou výškou je tedy polynomičká negativní. Tedy zpočátku se vzrůstající nadmořskou výškou počet druhů na lapač roste, ale kolem nadmořské výšky 1200 (Obří důl) až 1250 (ostatní lokality) metrů n. m. počet druhů na lapač klesá (Obr. č. 4). Lokalita Malá Studniční jáma byla spojena s Velkou Studniční jámou, protože z této oblasti bylo kvůli nepřístupnosti terénu zaznamenáno málo dat.



Obr. č. 5: závislost počtu druhů v lapači s nadmořskou výškou na studovaných ledovcových karech v NP Krkonoše v roce 2014.

V analýze zaměřené na druhové složení byl efekt lokality průkazný (CCA: test všech kanonických os: trace = 0,246, F = 4,241, p = 0,001; model vysvětluje 3,9% variability v druhových datech), proto ve vlastní analýze vlivu nadmořské výšky vystupuje lokalita jako kovariáta. V modelu testujícího efekt nadmořské výšky na druhové složení, po odfiltrování kovariáty lokalita byl prokázán signifikantní efekt CCA: test všech kanonických os: trace = 0,328, F = 5,910, p = 0,001; model vysvětluje 5,4% variability v druhových datech). Z ordinačního diagramu (Obr. č. 4) je patrné, že na místech nejnižše položených se vyskytují zejména druhy vyvíjející se na listnatých dřevinách (např. *Alcis repandata*, *Cabera exanthemata*) a druhy mezofilních luk (např. *Epirrhoe alternata*, *Xanthorhoe montanata*), zatímco na výše položených místech se kromě vzácných vysokohorských druhů (nezobrazeno v diagramu; např. *Elophos operaria*, *Xestia collina*) vyskytují druhy s dobrými mobilními schopnostmi, zejména migranti (např. *Agrotis ipsilon*, *Autographa gamma*, *Noctua pronuba*, *Phlogophora meticulosa*, *Scoliopteryx libatrix*) a druhy využívajících paradoxně výhřevné stanoviště sutí a skal (*Dasyptolia templi*, *Elophos vittaria*, *Rhyacia simulans*), byť jejich vývoj může probíhat v nižších nadmořských výškách.



Obr. č. 6: Ordinační diagram (CCA) ukazující vztah druhového složení přenosných světelných lapačů k nadmořské výšce. Zkratky názvů druhů jsou tvořeny z prvního písmene rodového a prvních tří písmen druhového jména motýlů.

6. Diskuze

V rozmezí od 975 do 1475 m n. m. bylo během průzkumu celkem zaznamenáno 86 druhů (1163 jedinců) motýlů s noční aktivitou (Příloha 2). Tento počet je srovnatelný s počtem druhů motýlů zjištěných v roce 2013 z okolí Úpského rašeliniště, jež se nachází se nedaleko zájmových lokalit (Studniční jámy a Obří důl). Během průzkumu Úpského rašeliniště (na horním plató Krkonoš) zde bylo nalezeno celkem 76 druhů (Vaněk et al. 2013). Lze tedy říci, že počet druhů nočních motýlů zkoumaných částí je relativně stabilní. Tento názor potvrzují také výsledky mapování motýlí fauny Krkonoš z roku 1993-1995. Tato studie měla za cíl porovnat diverzitu motýlů s ještě staršími záznamy (počátek 19. století).. Jsou zde však patrné rozdíly v abundanci druhů a druhovém složení (Liška et Skyva, 1997).

Ve vrcholových partiích zkoumaných lokalit byly hojné především druhy migrující (Příloha 2), což koresponduje se zjištěním Vaňka et al (2013): *Noctua Pronuba*, *Xestia c-nigrum*, *Dasypolia templi*, *Autographa gamma* a blýskavka mramorovaná (*Phlogophora meticulosa* (Linnaeus, 1758)) tvořily často dominantní část odchycených vzorků. Mezi nejhojnější migranty patří *Autographa gamma* a *Noctua Pronuba* (Spitzer et al. 2003). *Noctua Pronuba* byla zároveň nejhojnější druh motýla s noční aktivitou - celkem odchyceno 237 exemplářů. Důvodem proč se v Krkonoších, zejména pak oblastech karů vyskytuje tak vysoké množství migrujících druhů, mohou být anemo-orografické systémy (Jeník, 1998). Uspořádání krkonošských hřbetů a působení oceánských větrů napomáhá vzniku tohoto specifického jevu (Jeník, 1961). Silné větry tak mohou transportovat různé druhy organismů včetně motýlů do vyšších nadmořských výšek. Motýli migrují především s cílem nalézt vhodnější podmínky. Na těchto místech mohou přežít nepříznivé podmínky například ve stavu hibernace či aestivace (Spitzer et al. 2003). Zdatnější druhy migrantů ale nejspíš také využívají závětrnější ledovcové kary pro usnadnění migrace směrem do severních oblastí, kdy musí také překonávat horské masivy.

Z toho důvodu je poměrně zajímavý výskyt běžných nemigrujících druhů ve vyšších nadmořských výškách zkoumaných lokalit (Obr. č. 4). Jsou to druhy jako například *Elophos vittaria*, *Rhyacia simulans* nebo *Dasypolia templi*. Na rozdíl od druhů migrujících, jejich vývoj může probíhat i v nižších nadmořských výškách. Jelikož se tyto druhy vyskytovaly na xerothermních místech (skály a suťoviště), lze předpokládat, že tato místa vyhledávají díky příhodnějším mikroklimatickým podmínkám (rychlé

zahřátí substrátu, útočiště před špatným počasím). Díky tomu mohou aktivovat i za nízkých teplot a mají tak výhodu oproti druhům, které se vyskytují v lesích nebo na pastvinách (Kleckova et al. 2014). Paradoxně vyhřátá místa nad horní hranicí lesa tak mohou stát za tím, proč xerothermní druhy nížin se i v relativně chladných klimatických podmínkách nacházely v poměrně vyšších četnostech (např. *Rhyacia simulans*).

Avšak důvodem proč se vůbec tyto druhy vyskytují ve vyšších nadmořských výškách, když mohou dokončit svůj vývoj v nížině, může být vliv měnícího se klimatu. Tímto problémem se zabýval také Hill et al. (2002). V Británii v roce 2002 bylo zjištěno, že z nižších poloh téměř zcela vymizely druhy se severním nebo horským rozšířením a osídlili trvale polohy s vyšší nadmořskou výškou. V případě jižnějších druhů lze předpokládat, že se jejich rozšíření posune severněji, avšak areál rozšíření se závratně nezmenší (Hill et al. 2002). To by mohl být také případ zmiňovaných nalezených xerothermních druhů *Rhyacia simulans* nebo *Dasytopia templi*, v nadmořských výškách od 1200 m n. m. do 1475 m n. m.

Oteplování klimatu by však mohlo mít také dopad na druhy vyskytující se běžně ve vyšších polohách. Před vyššími teplotami ve svých původních areálech se nebudou moci posunout severněji jako druhy z jižních oblastí. Jejich areál se bude stávat postupně menším a izolovanějším (Hill et al. 2002). Vliv oteplování klimatu je v dnešní době stále razantnější, a pokud se motýli (ale i ostatní hmyz) nepřepraví v čas do vhodnějších podmínek, může dojít i k extinkcím (Fleishman et al. 1998).

Nejvyšší diverzita zjištěných druhů se vyskytovala v oblastech od 1400 m n. m. a výše. Naopak světelné lapače umístěné v nižších nadmořských výškách (kolem 1000 m n. m.), se vykazovaly malým množstvím chycených druhů. V těchto místech dominuje borovice kleč, která zde tvoří místy souvislý zápoj. Dříve obhospodařovaná krajina, především budním hospodářstvím, teď zarůstá a jsou tak ohrožena významná společenstva alpských bezlesí (Treml et Banaš, 2000). Zvyšováním hranice lesa by došlo k logickému postupu borovice kleče směrem nahoru. I když je borovice kleč v Krkonoších původní, je to také velmi konkurenčně schopná dřevina, která pokud nebude omezována v expanzi, jejím vlivem zarostou alpská bezlesí a vymizí tím i značné množství druhů, na tyto polohy vázaných. Již během tohoto průzkumu nejcennějších oblastí Krkonoš, včetně průzkumů starších (Vaněk et al. 2012; Liška et

al. 2008), se nepodařil doložit výskyt historicky uváděných druhů (*Apamea maillardi*, *Xestia alpicola* nebo *Euxoa birivia*). Lze tedy říci, že ochuzení fauny již nastává.

Už tak jsou krkonošské reliktní druhy bezobratlých omezeny spíše na oblasti mimo porosty kleče. Vyskytují se obvykle nad hranicemi klečového pásma. Například na sutích nebo na hřebenových rašeliništích (např. Úpské rašeliniště). I přes to, že jsou Krkonoše členité, co se týče počtu druhů motýlů, jsou oproti jiným pohořím Vysokých Sudet (např. Hrubý Jeseník) druhově chudší.

Kvůli schopnosti rychlého šíření byla v některých oblastech borovice kleč úmyslně vysazována, aby se zamezilo sesuvům půdy a erozi (Kuras et Tuf, 2005). V dnešní době je však nutné toto neustávající rozšiřování omezovat.

Lze očekávat, v případě že nebudou provedena potřebná opatření, že se horní hranice kleče (hlavně její souvislejší porosty) budou posouvat více do vyšších nadmořských výšek, ledovcové kary nevyjímaje. To může zapříčinit značný úbytek a vytlačení druhů skalnatých, sutinových a travnatých biotopů, tedy na místech, kde je současná diverzita nejvyšší.

Při výzkumu byly nalezeny také dva významné druhy píd'alek s denní aktivitou. Huňatec žlutopásný (*Psodos quadrifaria* (Sulzer, 1776), poddruh *P. q. sudetica*) a huňatec alpský (*Glacies aplinata* (Scopoli, 1763)). V Evropě se vyskytuje 14 druhů huňatců, kteří jsou charakterističtí obýváním vysokohorských biotopů, nad hranicí lesa. V České republice se vyskytují pouze v Krkonoších a Jeseníkách. Největší rozšíření tohoto rodu je v rámci Evropy v Alpách (polohy od 900 do 4200 m n. m.). Jelikož jsou to druhy s denní aktivitou, lze je spatřit za slunečného počasí, jinak se ukrývají ve vegetaci (Macek et al. 2012).

Oba druhy byly zaznamenány z Obřího dolu v oblasti hrany Úpské rokle. Polyfágní housenky huňatec žlutopásného se vyživují na nižších bylinách (např. rod pampeliška (*Taraxacum*)). Housenky huňatce alpského se vyživují obdobně jako housenky huňatce žlutopásného, dominují vysokohorské byliny ale také brusnice borůvka (Macek et al. 2012). Huňatci patří mezi vzácné pozůstatky dob ledových tzv. glaciální relikty. I z toho důvodu by se měla ochrana vysokohorských oblastí soustředit na zachování hranice lesa. Kdyby se horské oblasti nechaly zcela bez zásahů, mohly by zarůst již zmiňovanou borovicí klečí, což povede k ústupu i těchto druhů.

Tento případ nastal již v Národní přírodní rezervaci Praděd v Jeseníkách. Borovice se zde rozmohla v takové síle, že vytvořila souvislý porost a oddělila tak od sebe dva bezlesé vrcholy, kde dříve působila pouze rozvolněná smrčina. Z toho důvodu se teď populace na obou místech stávají čím dál více izolovanými (především vrchol Malého Dědu) (Kuras et al. 2009).

Vzácné velmi lokálně se vyskytující druhy azonálních a montánních biotopů, by pak mohli kvůli ubývajícím vhodným stanovištím zcela vymizet. Je tedy podstatné do ochrany oblastí Vysokých Sudet zařadit taková vhodná managementová opatření, která by zachovala i tak vzácné biotopy jako jsou alpská bezlesí.

7. Závěr

Z průzkumu motýlů s noční aktivitou prováděného v létě 2014, bylo zaznamenáno celkem 86 druhů. Nejpočetnější skupinu tvořili *Geometridae* (39 druhů) a *Noctuidae* (37 druhů). Ostatní skupiny byly zaznamenány pouze v nepatrném množství (povětšinou jeden kus). Světelné lapače byly pokládány v nadmořských výškách od 975 do 1475 m n. m. Nejčastěji chyceným motýlem byl migrační druh *Noctua pronuba*, který byl zjištěn celkem po 237 exemplářích. Dalším četným druhem byla například *Entephria caesiata*, nebo *Eulithis populata*. V suťovištích a na skalnatých biotopech byly nalezeny i zajímavé druhy, které se přirozeně vyvíjejí v nižších polohách. Jsou to *Dasypolia templi*, *Elophos vittaria* anebo *Rhyacia simulans*.

Práce přináší často první poznatky o faunistice a distribuci motýlů s noční aktivitou v jedněch z nejzachovalejších částí národního parku. Ledovcové kary jsou dlouhodobě pod tlakem disturbancí v podobě sněhových lavin (v poslední zimě např. rozsáhlá lavina v Modrém dole), je tedy možné, že negativní efekty zarůstání se neprojeví tak markantně, jak lze vidět na jiných částech s mírnějším terénem, jako je např. plató v okolí Luční boudy. I přesto je ale nutné potlačovat rozsáhlejší expanze kleče a borůvčí, co může vést k značnému ochuzení fauny ledovcových karů. I na těchto místech se běžně v jiných částech Evropy prosazuje pastevní management, není tedy důvod předpokládat, že na území Krkonošského národního parku by nebyl realizovatelný.

Pro zajištění širšího nadhledu nad danou problematikou se při výzkumu v roce 2014 současně zaznamenával i charakter okolí jednotlivých lapačů. Důraz se kladl na

procentuální zastoupení borovice kleče, brusnice borůvky, vřesu obecného (*Calluna vulgaris*), ostatních dřevin apod. Zároveň ale také přítomnost skály, sutě nebo vodního toku. Monitoring nočních motýlů Krkonoš není zcela ukončen. V následující letní sezóně (2015) je naplánován obdobný výzkum v Kotelních jámách. S těmito daty bych ráda pracovala v diplomové práci a utvořila tak komplexnější náhled na motýlí faunu v Krkonoších.

8. Seznam použité literatury

AKAIKE H., 1974: A new look at the statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control 19, 716–723.

BARTON M., PORTER W. et KEARNEY M., 2014: Behavioural thermoregulation and the relative roles of convection and radiation in a basking butterfly. Journal of Thermal Biology 41: 65-71.

BATES D., MAECHLER, M., BOLKER B., WALKER S., CHRISTENSEN R. H. B., SINGMANN H. et DAI B., 2014: Package “lme4” - Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.1–7.

BERGER A. et LOUTRE M. F., 1991: Insolation values for the climate of the last 10 million years. Quaternary Science Reviews 10: 297-317.

BILA K., KURAS T., SIPOS J., et KINDLMANN P., 2013: Lepidopteran species richness of alpine sites in the High Sudetes Mts.: effect of area and isolation. Journal of Insect Conservation 17: 257-267.

BOGGS C. L. et MURPHY D. D., 1997: Community composition in mountain ecosystems: Climatic determinants of montane butterfly distributions. Global Ecology and Biogeography Letters 6: 39-48.

ter BRAAK C. J. F. et SMILAUER P., 2002: CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Ithaca, Microcomputer Power.

COOPE G.R., 1987: The response of late Quaternary insect communities to sudden climatic changes. Organization of communities, past & present (ed. by J.H.R. Gee & and P.S. Giller), Blackwell Scientific Publications, Oxford.

ČERNÁ K., 2011: Diverzita motýlů alpských bezlesí Vysokých Sudet: vliv plochy a míry izolovanosti. Nepublikováno, Dep.: Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci.

DENNIS R. L. H., 1993: Butterflies and climate change. Manchester University Press, Manchester.

DENNIS R. L. H., WILLIAMS W. R. et SHREEVE T. G., 1998: Faunal Structures among European Butterflies: Evolutionary Implications of Bias for Geography, Endemism and Taxonomic Affiliation. *Ecography* 21: 181-203.

DVOŘÁK J., 2006: Obří Důl poklad Krkonoš. *Krkonoše – Jizerské hory* 8: 4-7.

FLEISHMAN E., AUSTIN G. T. et WEISS A. D., 1998: An Empirical Test of Rapoport's Rule: Elevational Gradients in Montane Butterfly Communities. *Ecology* 79: 2482-2493.

GUTIÉRREZ D., 1997: Importance of historical factors on species richness and composition of butterfly assemblages (Lepidoptera: Rhopalocera) in northern Iberian mountain range. *Journal of Biogeography* 24: 77-88.

HARTMANOVÁ O., 2005: Budní hospodářství v Krkonoších z pohledu archeologie. *Památky archeologické / Praha : Archeologický ústav AV ČR* 96: 165-204.

HEINRICH B., 1971: Temperature regulation of the sphinx moth, *Manduca sexta*. I. Flight energetics and body temperature during free and tethered flight. *Journal of Experimental Biology* 54: 141-152

HILL J. K., THOMAS C. D., FOX R., TELFER M. G., WILLIS S. G., ASHER J., et HUNTLEY B., 2002: Responses of butterflies to twentieth century climate warming: implications for future ranges. *Proceedings of the Royal Society of London B* 269: 2163-2171.

CHRZANOWSKI A. 2004: Nowe i rzadko spotykane motyle (Tortricidae, Geometridae i Noctucidae) Karkonoskiego Parku Narodowego. In: ŠTURSA J., MAZURSKI K. R., PALUCKI A. & POTOCKA J. (eds.), *Geoekologické problémy Krkonoš. Sborn. Mez. Věd. Konf., Listopad 2003, Szklarska Poręba. Opera Corcontica*, 41: 281-286.

JENÍK, J., 1961: Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku. Nakladatelství ČSAV, Praha.

JENÍK J., 1973: Zařazení Krkonoš v klasifikačních systémech pohoří. Opera Corcontica 10: 93-99.

JENÍK J., 1998: Biodiversity of the Hercynian mountains of Central Europe. Pirineos 151-152: 83-99.

JIRGL T., 2013: Faunisticky významné nálezy motýlů (Insecta, Lepidoptera) české části Krkonoš. Opera Corcontica 50: 215-222.

KALIS A. J., MERKT J. et WUNDERLICH J., 2003: Environmental changes during the Holocene climatic optimum in central Europe – human impact and natural causes. Quaternary Science Reviews 22: 33-79.

KINGSOLVER J. G. et WATT W. B., 1983: Thermoregulatory strategies in Colias butterflies: thermal stress and the limits to adaptation in temporally varying environments. American Naturalist 121: 32-55.

KLECKOVA I., KONVICKA M. et KLECKA J., 2014: Thermoregulation and microhabitat use in mountain butterflies of the genus Erebia: Importance of fine-scale habitat heterogeneity. Journal of Thermal Biology 41: 50-58.

KOCIÁNOVÁ M., ŠPATENKOVÁ I., TONDROVÁ A., DVOŘÁK I. J. et PILOUS V. 2004: Základové a smíšené laviny ve vztahu k přemísťování svahovin a dynamice vegetace. In: ŠTURSA J., MAZURSKI K. R., PALUCKI A. & POTOCKA J. (eds.), Geoekologické problémy Krkonoš. Sborník Mezinárodní Vědecké Konference, Listopad 2003, Szklarska Poręba, Opera Corcontica, 41: 86-99.

KONVICKA M., MARADOVA M., BENES J., FRIC Z. et KEPKA P., 2003: Uphill shifts in distribution of butterflies in the Czech Republic: effects of changing climate detected on a regional scale. Global Ecology and Biogeography 5: 403-410.

KONVIČKA M., BENEŠ J. et ČÍŽEK L., 2005: Ohrožený hmyz nelesních stanovišť: ochrana a management. Sagittaria, Olomouc.

KRZAKOWA M. et DUNAJSKI A. 2007: Genetic differences and hybridization between Calamagrostis arundinacea and C. villosa (Poaceae) in the anemo-orographic

(A-O) system in the Karkonosze Mountains. *Biochemical Systematics and Ecology* 35: 23-28.

KURAS T., BENEŠ J., FRIČ Z. et KONVIČKA M., 2003: Dispersal patterns of endemic alpine butterflies with contrasting population structures: *Erebia epiphron* and *E. sudetica*. *Population Ecology* 45: 115-123.

KURAS T. et TUF I. H., 2005: Vliv borovice kleče na bezobratlé Hrubého Jeseníku. *Živa* 6: 268-269.

KURAS T., SITEK J., LIŠKA J., MAZALOVÁ M. et ČERNÁ K., 2009: Motýli (Lepidoptera) národní přírodní rezervace Praděd (CHKO Jeseníky): implikace poznatků v ochraně území. - *Čas. Slez. Muz. Opava (A)*, 58: 250-288.

LIŠKA J., 2000: Pokus o srovnání motýlí fauny subalpínských poloh vysokých Sudet. *Opera Corcontica* 37: 286-290.

LIŠKA J. et SKYVA J., 1997: Historical and recent occurrence of Lepidoptera in mountain sites of the Giant Mountains (Czech Republic). *Biologia Bratislava* 52: 163-165.

LIŠKA J., MODLINGER R., et VANĚK J., 2008: Motýlí fauna (Insecta, Lepidoptera) horské smrčiny v západních Krkonoších. *Opera Corcontica* 45: 115-123.

MACEK J., DVOŘÁK J., TRAXLER L. et ČERVENKA V., 2008: Motýli a housenky střední Evropy. II, Noční motýli – můrovití. Academia, Praha.

MACEK J., PROCHÁZKA J., et TRAXLER L., 2012: Motýli a housenky střední Evropy. III, Noční motýli – píďalkovití. Academia, Praha.

MARSCHNER H., 1932-1934: Die Grossschmetterlinge des Riesengebirges. *Entomologische Rundschau*. 49-51: 1-75.

NAGY L., GRABHERR G., KÖRNER C. et THOMPSON D. B. A. (Eds.), 2003: Alpine biodiversity in Europe. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin.

NĚMEC J. et POJER F., (eds.) 2007: Krajina v České republice. Consult, Praha.

NOVÁK I. et SPITZER K., 1972: The relationship between migration and diapause during phylogeny and ontogeny of some Lepidoptera. *Journal of Research on the Lepidoptera* 10: 181–184,

OBENBERGER J., 1952: Krkonoše a jejich zvířena. Přírodovědecké nakladatelství, Praha.

QUITT E., 1971: Klimatické oblasti Československa. *Studia Geographica* 16: 1-74

R DEVELOPMENT CORE TEAM 2012: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Website <http://www.R-project.org/>. Vienna, Austria.

SKALA J. et KADLEC T., 2008: Inventarizační výzkum denních a nočních motýlů ve vybraných maloplošných ZCHÚ v Krkonoších. Manuskript, depon. Správa Krkonošského národního parku.

SKALA J. et KADLEC T., 2009: Inventarizační výzkum denních a nočních motýlů ve vybraných maloplošných ZCHÚ v Krkonoších. Manuskript, depon. Správa Krkonošského národního parku.

SOFFNER J. 1960: Schmetterlinge aus dem Riesengebirge. *Zeitschrift der Wiener Entomologischen Gesellschaft* 45:70-91.

SOFFNER J. 1967: *Erebia epiphron silesiana* im Riesengebirge (Lep., Satyridae). *Entomologische Zeitschrift Frankfurt* 77: 125-128.

SPITZER K., JAROŠ J. et VANĚK J. 2003: Migrace nočních motýlů v Krkonoších. *Opera Corcontica* 40: 275-286.

STERNECK J., 1929: *Prodromus der Schmetterlingsfauna Böhmens*. Karlsbad, 297 pp.

STERNECK J. et ZIMMERMANN F., 1933: *Prodromus der Schmetterlingsfauna Böhmens. Microlepidoptera*. Karlsbad, 168 pp.

ŠTURSA J., 2003: *Encyclopedia Corcontica krajina – příroda – lidé*. Správa Krkonošského národního parku, Vrchlabí.

TREML V. et BANÁŠ M., 2000: Alpine timberline in the High Sudeties. *Acta Universitatis Carolinae, Geographica* 35: 83-99.

TRUXA C. et FIEDLER K., 2012: Attraction to light – from how far do moths (Lepidoptera) return to weak artificial sources of light? *European Journal of Entomology* 109: 77-84.

VANĚK J., JAROŠ J. et SPITZER K., 2012: Fauna nočních motýlů (Lepidoptera) v okolí Úpského rašeliniště v Krkonoších. Opera Corcontica 49: 205-210

VANĚK J., MATERNA J. et FLOUSEK J., 2013: Jedinečný výskyt reliktních a severských rostlin a živočichů v Krkonoších. Živa 4: 175-179.

WARREN, M. S., HILL J. K., THOMAS J. A., ASHER J., FOX R., HUNTLEY B., ROYK D. B., TELFERK M. G., JEFFCOATE S., HARDINGK P., JEFFCOATE G., WILLIS S. G., GREATORX-DAVIESK J. N., MOSSK D. et THOMAS C. D., 2001: Climate versus habitat change: opposing forces underly rapid changes to the distribution and abundances of British butterflies. Nature 414: 65-69.

WIHAN R., 1934-1935: *Hadena maillardi* (subsp. nova?) im Riesengebrge. Internal Entomologische Zeitschr. 28: 194-195.

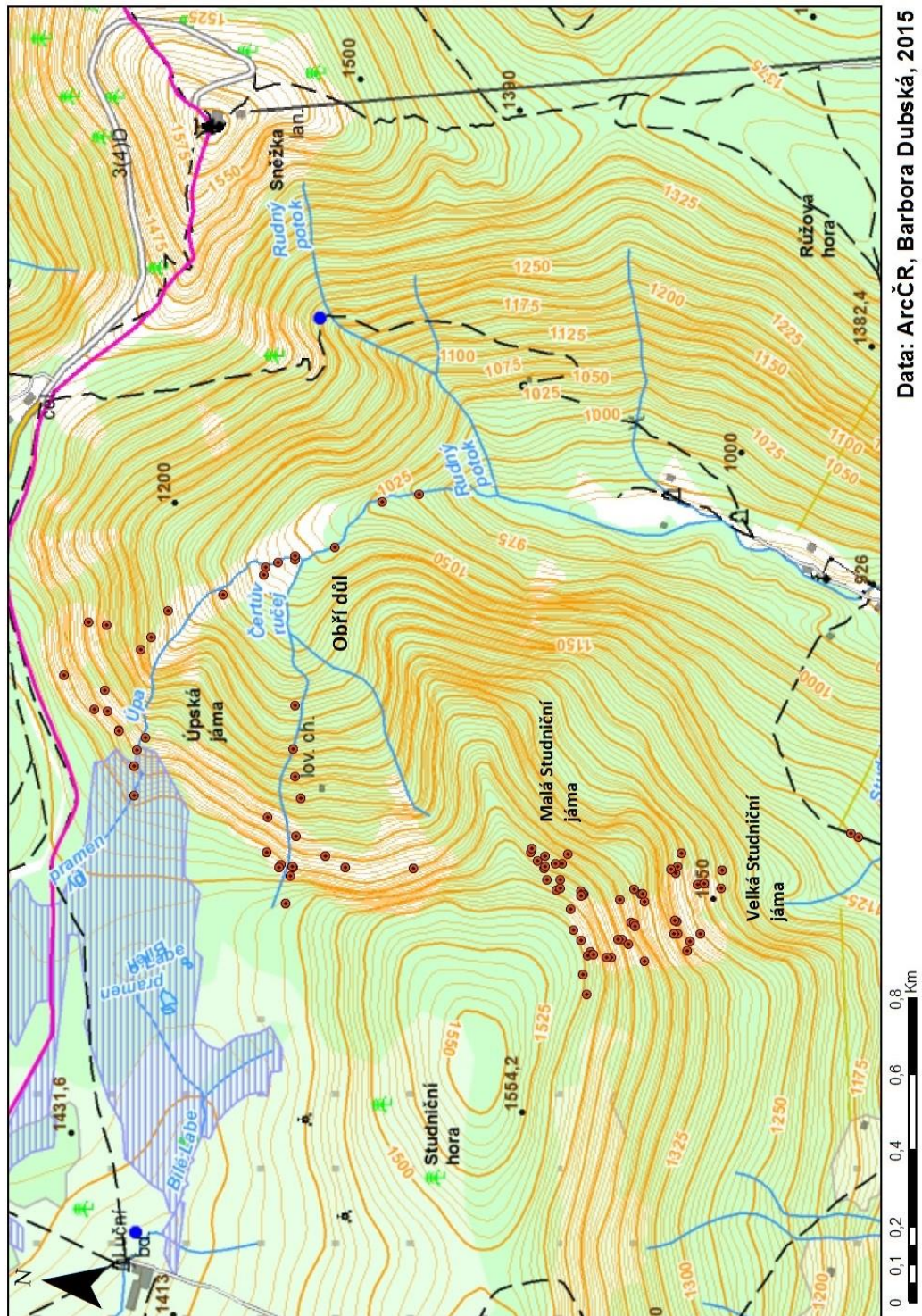
WOCKE M. E., 1872: Verzeichnis der Falter Schlesiens, I. Zeitschrift Entomologische. 3: 1-86.

WOCKE M. E., 1874: Verzeichnis der Falter Schlesiens, II. Zeitschrift Entomologische. 4: 1-108.

ZÁMEČNÍK J., KADLEC T. et ČÍŽEK O., 2014: Faunisticky významné nálezy motýlů (Lepidoptera: Geometridae, Noctuidae) v Krkonoších v letech 2012 a 2013. Opera Corcontica 51: 189-198.

9. Přílohy

Příloha č. 1: Mapa umístění přenosných světelných lapačů na studovaných ledovcových karech v NP Krkonoše v roce 2014. Přibližné pozice lapačů jsou zobrazeny červenými body.



Příloha č. 2: Přehled druhů a jejich výskyt v rozmezí výškového gradientu (sytě žlutá barva značí přítomnost druhu, světle žlutá barva označuje pravděpodobný výskyt druhu a šedá barva označuje místa, ve kterých nebyl umístěn lapač). Názvy čeledí tvoří první tři písmena plného názvu. VMS – Velká a Malá studniční jáma, OBD – Obří důl.

druh	čeleď	lokality	975	1000	1025	1050	1075	1100	1125	1150	1175	1200	1225	1250	1275	1300	1325	1350	1375	1400	1425	1450	1475	
			<i>Acronicta auricoma</i> (Den. & Schiff., 1775)	NOC	VMS	šedá	šedá	šedá	šedá													sytě žlutá		
		OBD																					šedá	
<i>Agrotis ipsilon</i> (Hufnagel, 1766)	NOC	VMS	šedá	šedá	šedá	šedá						sytě žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá
		OBD																					šedá	
<i>Alcis repandata</i> (Linnaeus, 1758)	GEO	VMS	šedá	šedá	šedá	šedá	sytě žlutá																	
		OBD												sytě žlutá									šedá	
<i>Amphipyra tragopoginis</i> (Clerck, 1759)	NOC	VMS	šedá	šedá	šedá	šedá									sytě žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá
		OBD				sytě žlutá																	šedá	
<i>Anaplectoides prasinus</i> (Den. &	NOC	VMS	šedá	šedá	šedá	šedá										sytě žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá
		OBD																					šedá	
<i>Apamea crenata</i> (Hufnagel, 1766)	NOC	VMS	šedá	šedá	šedá	šedá					sytě žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá
		OBD																					šedá	
<i>Apamea monoglypha</i>	NOC	VMS	šedá	šedá	šedá	šedá	sytě žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá
		OBD						sytě žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá
<i>Autographa gamma</i> (Linnaeus, 1758)	NOC	VMS	šedá	šedá	šedá	šedá						sytě žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá
		OBD																					šedá	
<i>Biston betularius</i> (Linnaeus, 1758)	GEO	VMS	šedá	šedá	šedá	šedá										sytě žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá
		OBD																					šedá	
<i>Cabera exanthemata</i>	GEO	VMS	šedá	šedá	šedá	šedá	sytě žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá
		OBD								sytě žlutá													šedá	
<i>Camptogramma bilineatum</i>	GEO	VMS	šedá	šedá	šedá	šedá																		
		OBD								sytě žlutá													šedá	
<i>Ceramica pisi</i> (Linnaeus, 1758)	NOC	VMS	šedá	šedá	šedá	šedá																		
		OBD									sytě žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá	světle žlutá
<i>Cerapteryx graminis</i> (Linnaeus,	NOC	VMS	šedá	šedá	šedá	šedá																		
		OBD				sytě žlutá																	šedá	

<i>Colocasia coryli</i> (Linnaeus, 1758)	NOC	VMS	
		OBD	
<i>Crocallis elinguaris</i> (Linnaeus, 1758)	GEO	VMS	
		OBD	
<i>Dasypolia templi</i> (Thunberg, 1792)	NOC	VMS	
		OBD	
<i>Diarsia brunnea</i> (Den. & Schiff.,	NOC	VMS	
		OBD	
<i>Diarsia mendica</i> (Fabricius, 1775)	NOC	VMS	
		OBD	
<i>Dysstroma truncata</i> (Hufnagel, 1767)	GEO	VMS	
		OBD	
<i>Elophos dilucidarius</i> (Den.	GEO	VMS	
		OBD	
<i>Elophos operaria</i> (Hübner, 1813)	GEO	VMS	
		OBD	
<i>Elophos vittaria</i> (Thunberg, 1788)	GEO	VMS	
		OBD	
<i>Ematurga atomaria</i> (Linnaeus, 1758)	GEO	VMS	
		OBD	
<i>Entephria caesiata</i> (Den. & Schiff.,	GEO	VMS	
		OBD	
<i>Epirrhoe alternata</i> (Müller, 1764)	GEO	VMS	
		OBD	
<i>Epirrhoe galiata</i> (Den. & Schiff.,	GEO	VMS	
		OBD	
<i>Eulithis populata</i> (Linnaeus, 1758)	GEO	VMS	
		OBD	
<i>Eupithecia lariciata</i> (Freyer, 1842)	GEO	VMS	
		OBD	
<i>Eupithecia nanata</i> (Hübner, 1813)	GEO	VMS	
		OBD	
<i>Eupithecia silenata</i> Assmann, 1848	GEO	VMS	
		OBD	

Eupithecia sinuosaria	GEO	VMS	[Grey bar]			
			OBD			[Yellow bar]
Eupithecia tantillaria	GEO	VMS	[Grey bar]			
			OBD			[Yellow bar]
Eupithecia vulgata (Haworth, 1809)	GEO	VMS	[Grey bar]			
			OBD			[Yellow bar]
Hada plebeja (Linnaeus, 1761)	NOC	VMS	[Grey bar]			
			OBD			[Yellow bar]
Hadena confusa (Hufnagel, 1766)	NOC	VMS	[Grey bar]			
			OBD			[Yellow bar]
Hydria cervicalis (Scopoli, 1763)	GEO	VMS	[Grey bar]			
			OBD			[Yellow bar]
Hydriomena furcata (Thunberg, 1784)	GEO	VMS	[Grey bar]			
			OBD	[Yellow bar]	[Yellow bar]	[Yellow bar]
Hyles gallii (Rottenburg, 1775)	SPH	VMS	[Grey bar]			
			OBD			[Yellow bar]
Hyppa rectilinea (Esper, 1788)	NOC	VMS	[Grey bar]			
			OBD			[Yellow bar]
Jodis putata (Linnaeus, 1758)	GEO	VMS	[Grey bar]			
			OBD			[Yellow bar]
Lacanobia thalassina (Linnaeus, 1758)	NOC	VMS	[Grey bar]			
			OBD			[Yellow bar]
Laothoe populi (Linnaeus, 1758)	SPH	VMS	[Grey bar]			
			OBD			[Yellow bar]
Lasiocampa quercus (Linnaeus, 1758)	LAS	VMS	[Grey bar]			
			OBD			[Yellow bar]
Lithomoia solidaginis (Linnaeus, 1758)	NOC	VMS	[Grey bar]			
			OBD	[Yellow bar]		
Lycophotia porphyrea (Den. & Schiffermüller, 1775)	NOC	VMS	[Grey bar]			
			OBD	[Yellow bar]	[Yellow bar]	[Yellow bar]
Macaria brunneata (Thunberg, 1784)	GEO	VMS	[Grey bar]			
			OBD	[Yellow bar]	[Yellow bar]	[Yellow bar]
Macaria liturata (Clerck, 1759)	GEO	VMS	[Grey bar]			
			OBD			[Yellow bar]

Phlogophora meticulosa	NOC	VMS	
		OBD	
Plagodis pulveraria (Linnaeus, 1758)	GEO	VMS	
		OBD	
Polia hepatica (Clerck, 1759)	NOC	VMS	
		OBD	
Polia nebulosa (Hufnagel, 1766)	NOC	VMS	
		OBD	
Ptilodon capucina (Linnaeus, 1758)	NOT	VMS	
		OBD	
Rheumaptera subhastata	GEO	VMS	
		OBD	
Rhyacia lucipeta (Den. & Schiff.,	NOC	VMS	
		OBD	
Rhyacia simulans (Hufnagel, 1766)	Noc	VMS	
		OBD	
Scoliopteryx libatrix (Linnaeus,	NOC	VMS	
		OBD	
Selenia dentaria (Fabricius, 1775)	GEO	VMS	
		OBD	
Selenia lunularia (Hübner, 1788)	GEO	VMS	
		OBD	
Sphinx pinastri Linnaeus, 1758	SPH	VMS	
		OBD	
Syngrapha ain (Hochenwarth,	NOC	VMS	
		OBD	
Thera obeliscata (Hübner, 1787)	GEO	VMS	
		OBD	
Thera variata (Den. & Schiff., 1775)	GEO	VMS	
		OBD	
Trichiura crataegi (Linnaeus, 1758)	LAS	VMS	
		OBD	
Xanthorhoe fluctuata	GEO	VMS	
		OBD	

