

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ

Katedra ochrany lesa a entomologie



**Vliv věku porostu na biodiverzitu a letovou
aktivitu vybraných čeledí brouků
(Coleoptera) v modelovém území Voltuš**

Diplomová práce

Autorka: Bc. Barbora Dámková

Vedoucí práce: doc. Ing. Oto Nakládal, Ph.D.

Praha 2020



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autorka práce: Bc. Barbora Dámková
Studijní program: Lesní inženýrství
Obor: Lesní inženýrství
Vedoucí práce: doc. Ing. Oto Nakládal, Ph.D.
Garantující pracoviště: Katedra ochrany lesa a entomologie
Jazyk práce: Čeština

Název práce: **Vliv věku porostu na biodiverzitu a letovou aktivitu vybraných čeledí brouků (Coleoptera) v modelovém území Voltuš**

Název anglicky: **Influence of stand age on biodiversity and flight activity of some families of beetles (Coleoptera) in Voltuš model area**

Cíle práce:

1. Vypracovat literární rešerši na zvolené téma
2. Stanovit pro modelové území dynamiku biodiverzity čeledi kovaříkovití (Elateridae) smrkového lesa.
3. Stanovit pro modelové území dynamiku biodiverzity kůrovců (Curculionidae: Scolytinae) smrkového lesa.
4. Pro kovaříkovité brouky a kůrovce zjistit optimální letové podmínky z hlediska věku porostu.

Metodika: Diplomová práce bude primárně zaměřena na modelovou skupinu brouků z čeledi kovaříkovití (Elateridae) a nosatců (Curculionidae) z podčeledi Scolytinae. Cílové skupiny budou monitorovány v hospodářském lese pomocí pasivních nárazových pastí. V modelovém území bude vybráno min 15 porostů s různým věkem porostů s dominancí smrku. Pastí budou nainstalovány ve výčetní výšce stromu. Instalace pastí proběhne v průběhu března a budou aktivní po celou sezónu. Fixační tekutina bude koncentrovaný roztok chloridu sodného s kapkou jaru pro odstranění povrchového napětí fixační tekutiny. Nachytný entomologický materiál bude vybírán ve 14 denních intervalech. Mezi jednotlivými výběry student výběr zpracuje v laboratoři. Tzn., roztrídí se všechny hmyz do řádů, spočítají se zástupci jednotlivých řádů. U řádu brouci se materiál roztrídí do čeledi a u čeledi Elateridae a Curculionidae: Scolytinae se materiál zdeterminuje do druhu. Pro modelové území pak bude pomocí regresní analýzy stanovena dynamika vývoje biodiverzity a dynamika letové aktivity skupin z hlediska věku porostu.

Doporučený rozsah práce: 50-60 stran

Klíčová slova: kovaříkovití, kůrovci, smrk, biodiverzita, letová aktivita, Coleoptera, Elateridae, Scolytinae

Doporučené zdroje informací:

1. Farkač J., Král D. & Škorpík M. (2005): Červený seznam ohrožených druhů České republiky – Bezobratlí. (Red list of threatened species in the Czech Republic – Invertebrates). 758 pp., AOPK, Praha.
2. Horák J. (2011) Response of saproxylic beetles to tree species composition in a secondary urban forest area. *Urban Forestry & Urban Greening* 10: 213–222.
3. Horák J. (2013) Effect of site level environmental variables, spatial autocorrelation and sampling intensity on arthropod communities in an ancient temperate lowland woodland area. *PLoS ONE* 8: e81541.
4. McNeely J. A. (2002) Forest biodiversity at the ecosystem level: Where do people fit in? *Unasylva* 53: 10–15.
5. Oxbrough A., French V., Irwin S., et al. (2012) Can mixed species stands enhance arthropod diversity in plantation forests? *For Ecol Manage* 270: 11-18.
6. Simberloff D. (1999) The role of science in the preservation of forest biodiversity. *For Ecol Manage* 115: 101–111.

Předběžný termín 2019/20 LS – FLD
obhajoby:

Elektronicky schváleno: 24. 10.
2019
prof. Ing. Jaroslav Holuša,
Ph.D.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 22. 2.
2020
prof. Ing. Róbert Marušák,
PhD.
Děkan

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně, za použití jen řádně citované literatury, pod vedením doc. Ing. Oty Nakládala, Ph.D.

Jsem si vědoma, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. O vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek obhajoby.

V Praze dne 20.04.2020

Bc. Barbora Dámková

Poděkování

Ráda bych poděkovala především vedoucímu práce doc. Ing. Otu Nakládalovi Ph.D., za trpělivou pomoc při zpracovávání mé práce i konzultacích. Dále také Ing. Jiřímu Synkovi Ph.D., který mi vždy pomohl s determinací pro mě dosud neznámých čeledí brouků. Velký dík patří také společnosti KAISER s.r.o., za poskytnutí všech potřebných informací a umožnění provedení výzkumu ve Voltuši. Dále také zaměstnanci VÚLHM Renému Kopáčovi za pomoc při sběrech a instalaci pastí.

Velmi děkuji také své rodinně, za trpělivost a obětavý přístup v celém pátém ročníku.

Abstrakt

Lesní ekosystém je složitým a velmi strukturovaným stanovištěm, v němž se odehrává mnoho přírodních dějů. Tato stanoviště se vyznačují svou rozličností a specifickými podmínkami. Proto v lesních porostech nalézají mnoho rostlin i živočichů vhodný biotop pro život a diverzita druhů je tudíž vysoká. Rozhodujícím faktorem, jež tyto podmínky ovlivňuje je věk porostu, který v průběhu vývoje utváří každého stromového jedince a ovlivňuje tedy i mikroklima stanoviště. Tyto specifické podmínky se v přirozeném lese mění pozvolně, v lese hospodářském je však mění člověk a změny v porostech se odehrávají poměrně rychle, v závislosti na hospodářském způsobu. Prudké změny prostředí však významně ovlivňují skupiny organismů, vázaných na tato stanoviště. Ohroženy bývají zejména skupiny saproxylobiontů. Zaměřili jsme se na saproxylické skupiny brouků, jež bývají často předmětem výzkumů. Jsou pro celoevropskou biodiverzitu velmi důležitou skupinou také proto, že mnoho z nich je uvedeno v červených seznamech ohrožených druhů. Sběr dat se uskutečnil v letech 2017 a 2018 nedaleko obce Voltuš, v blízkosti CHKO (chráněná krajinná oblast) Brdy. Odchyt brouků se uskutečnil za pomoci pasivních nárazových pastí, jež se umístily vždy do výčetní tloušťky (d1,3) každého vybraného jedince smrku ztepilého (*Picea abies*). Výzkum se uskutečnil ve dvaceti porostech rozdílného stáří, během celé letové sezony hmyzu. Odchyceno bylo vcelku 26 867 členovců, z tohoto počtu celkem 4877 zástupců řádu Coleoptera, z 54 čeledí a jedné podčeledi. Čeď Elateridae, zahrnutá do výzkumu jako indikátor biodiverzity se odchytila v počtu 1486 jedinců. Nejvíce jedinců se odchytilo v porostech nejmladších a v porostech překračujících dobu obmýtí. Nejnižších hodnot dosahovaly porosty od druhé po šestou věkovou třídu. Potvrdila se vhodnost skupiny Elateridae pro tyto účely, jelikož početní křivka kovaříkovitých vsutku kopírovala trend společný i pro skupiny členovců a brouků. Největší počty jsme zaznamenali v porostech věku 4-10 let. Také podčeď Scolytinae byla do výzkumu zahrnutá, zejména pro aktuálnost její problematiky v současnosti a rovněž hojnost této podčeledi byla nejvyšší ve věku porostu 4-10 let. Věk porostu je, jak se ukázalo, zásadní faktor ovlivňující biodiverzitu stanoviště, což se potvrdilo i v této studii. Závisí na něm jak druhová pestrost, tak abundance jedinců. Pasivní nárazové pastě na kmenech se pro skupiny saproxylických brouků taktéž vhodně osvědčily.

Klíčová slova: kovaříkovití, kůrovci, smrk, biodiverzita, letová aktivita, Coleoptera, Elateridae, Scolytinae

Abstract

The forest ecosystem is a complex and highly structured habitat in which many natural processes take a place. These habitats are characterized by their diversity and specific conditions. Therefore, in forests stands, many plants and animals found suitable habitat here and diversity of species is also high. The decisive factor that influences these habitat conditions is the age of the forest stand, which forms each tree individual during development and thus also affects the microclimate of the habitat. These specific conditions change gradually in the natural forest, but in the commercial forest they are changed by man and changes in the stands take place relatively quickly, depending on the management method. However, rapid changes in the environment significantly affect the groups of organisms associated with these habitats. Especially groups of saproxylobionts are endangered. We focused on saproxylic groups of beetles, which are often the subject of research. They are a very important group for pan-European biodiversity and also because most of them are on the red lists of endangered species. Data collection took place in 2018 near the village of Voltuš, near the PLA (protected landscape area) Brdy. The beetles were collected by using passive window traps, which were always placed in the DBH (1,3 m) of each selected individual of Norway spruce (*Picea abies*). The research was carried out in twenty forest stands of different ages, during the entire insect flight season. A total of 26,867 arthropods were collected, of which 4,877 were representatives of the order Coleoptera, belonging to 54 beetle families. The Elateridae family, which was included in the study as an indicator of biodiversity, was captured in number of 1,486 individuals. The suitability of the group for these purposes was confirmed, as the numerical curve of click beetles did indeed copy the trend common to groups of arthropods and beetles. We noticed the highest quantity in 4-10 year old forest stands. The subfamily Scolytinae was also included in the research as an indication group, especially for the topicality of its issues, and abundance of this subfamily, was also the highest in forest stands 4-10 year old. The age of the forest stand is a crucial factor influencing the biodiversity of the habitat, which was also confirmed in this study. Both species diversity and abundance of individuals depend on it. Passive window traps on tree trunks have also proved suitability for collecting groups of saproxylic beetles.

Key words: click beetles, bark beetles, Norway spruce, biodiversity, flight activity, Coleoptera, Elateridae, Scolytinae

Obsah

1	Úvod	- 12 -
2	Literární rešerše	- 14 -
2.1	Vývoj hospodaření v lesích.....	- 14 -
2.2	Hospodářské způsoby & Biodiverzita.....	- 15 -
2.2.1	Holosečný.....	- 15 -
2.2.2	Násečný	- 17 -
2.2.3	Podrovní	- 17 -
2.2.4	Výběrný	- 18 -
2.3	Podmínky biotopu jako fundamentální složka biodiverzity bezobratlých...-	20 -
2.4	Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i>).....	- 22 -
2.4.1	Smrk a stres.....	- 23 -
2.5	Mrtvé dřevo a management biodiverzity	- 25 -
2.6	Hmyz a jeho potravní vazby	- 26 -
2.7	Saproxylické druhy brouků.....	- 28 -
2.8	Metody a problematika monitoringu saproxylických brouků.....	- 30 -
2.9	Nárazové pastě	- 31 -
2.10	Charakteristika čeledi Kovaříkovití (Elateridae)	- 32 -
2.10.1	Vývoj kovaříkovitých	- 33 -
2.10.2	Potravní specializace jedinců	- 34 -
2.11	Kůrovci (Scolytinae), jejich problematika a vývoj	- 34 -
2.11.1	Specifické způsoby potravních vazeb a vývoje kůrovcovitých	- 35 -
2.11.2	Faktory ovlivňující populační dynamiku podkorního hmyzu	- 36 -
2.11.3	Iniciace a průběh napadení stromu	- 37 -
2.11.4	Gradace a její průběh.....	- 39 -
3	Metodika.....	- 41 -
3.1	Lokalita a porosty vybrané pro výzkum.....	- 41 -
3.2	Odchyťová zařízení a jejich umístění	- 43 -
3.3	Zahájení terénních prací a průběh výzkumu	- 45 -
3.4	Determinace a nomenklatura.....	- 46 -

4	Výsledky.....	- 48 -
4.1	Diverzita členovců	- 48 -
4.1.1	Abundance členovců v závislosti na věku	- 50 -
4.2	Dynamika biodiverzity Coleoptera	- 51 -
4.3	Dynamika diverzity Elateridae.....	- 52 -
4.4	Diverzita Scolytinae a její dynamika	- 55 -
5	Diskuse	- 58 -
5.1	Věk porostu jako klíčový aspekt biodiverzity.....	- 58 -
5.2	Nárazové pasti.....	- 60 -
5.3	Fixační tekutina.....	- 60 -
5.4	Čeled' Kovaříkovití (Elateridae).....	- 61 -
5.5	Scolytinae (Kůrovci)	- 62 -
6	Závěr.....	- 64 -
7	Doporučení pro praxi.....	- 65 -
8	Seznam použité literatury	- 66 -
8.1	Příspěvky v elektronických monografiích a články v el. periodikách:	- 78 -
9	Přílohy	- 79 -
9.1	Tabulkové přílohy	- 79 -
9.2	Fotopřílohy	- 80 -

Seznam tabulek

Tabulka č. 1, str. 37 - Potravní preference Scolytinae na úrovni kmene

Tabulka č. 2, str. 43 - Přesná GPS lokalizace jednotlivých pastí v porostech

Tabulka č. 3, str. 51 - Parametry funkce využité pro graf č. 6

Tabulka č. 4, str. 52 - Parametry funkce využité pro graf č. 7

Tabulka č. 5, str. 54 - Parametry funkce využité pro graf č. 9

Tabulka č. 6, str. 55 - Parametry funkce využité pro graf č. 10

Tabulka č. 7, str. 56 - Parametry funkce využité pro graf č. 12

Tabulka č. 8, str. 77 - Diverzita druhů Elateridae v roce 2018

Seznam obrázků + Mapy

Obr. č. 1, str. 42 – Typ nárazové pasti, jež se umisťovala v lokalitě Voltuš

Obr. č. 2, str. 45 – Plastové nádoby, do nichž se umisťoval odchycený materiál v terénu

Obr. č. 3, str. 78– Past č. 1 a její nejbližší okolí

Obr. č. 4, str. 78 – Vysokých hodnot dosahovaly pasti umístěné na pasekách

Obr. č. 5, str. 79 – Past č. 3 a její stanoviště

Obr. č. 6, str. 79 – Past č. 5

Obr. č. 7, str. 80 – Výběr a výměna fixační tekutiny u pasti

Obr. č. 8, str. 81 – Past č. 15 a její stanoviště

Obr. č. 9, str. 81 – Past č. 16 a její stanoviště

Obr. č. 10, str. 82 – Past č. 17

Obr. č. 11, str. 82 – Past č. 20 nejstarší porost v lokalitě Voltuš

Obr. č. 12, str. 83 – Třídění jedinců na úroveň řádu

Obr. č. 13, str. 83 – Třídění hmyzu do čeledí

Mapa č. 1 a č. 2, str. 41 – Porostní mapa se zakreslenými stanovišti pastí. Využívaná v terénu

1 Úvod

Přirozené lesní ekosystémy patří bezesporu k nejstabilnějším biotopům na planetě (Buček & Jelínek 2006). Tyto ekosystémy však člověk po dlouhá léta přeměňoval a využíval, takže zásadně změnil jejich podobu (McGeoch & kol. 2007, Kadavý & Kneifel 2009). Lesy skýtají vhodný biotop pro většinu rostlinných i živočišných druhů a plní mnoho společenských funkcí (Bače & Svoboda 2016). Diverzita druhů je stěžejním ukazatelem kvality prostředí a funkčnosti ekosystému. Významnou část zde tvoří členovci, kteří jsou nejvíce zastoupeni především skupinami hmyzu, jež se v současnosti často používají jako indikátory biodiverzity prostředí. Zejména pro svou druhovou početnost, ale také proto, že v lesním ekosystému má hmyz nezaměnitelný význam, obzvláště pak skupiny brouků (Křístek & Urban 2013). Také kvůli těmto vlastnostem se novodobé lesní hospodářství více přiklání k přírodě blízkým způsobům hospodaření, ekologické stabilitě stanovišť a ochraně ohrožených druhů rostlin a živočichů (Kamenský & Štefančík 2009). Je totiž známo, že druhová diverzita se v umělých porostech a plantážích snižuje (Cardoni & kol. 2008, Boháč 2016). Mezi ohrožené druhy patří zejména saproxylicky žijící organismy (Webb & kol. 2008, Krása 2015). Díky nedostatku mrtvé dřevní hmoty se těmto druhům vytrácí životní prostor a setkáváme se s celkovým úbytkem ohrožených druhů (Patrick & kol. 2008). Proto je důležité sledovat procesy v přirozeném lese a zachovat co nejpestřejší druhovou diverzitu i pro budoucí generace. Veškeré procesy v lesním ekosystému ovlivňuje jeho věk. Ať už hovoříme o mikroklimatu stanoviště, vodní bilanci, zásobování porostu živinami, či zmíněné biodiverzitě. Je jisté, že se na světlinách, pasekách, či loukách bude vyskytovat zcela jiné spektrum rostlin a živočichů než v plně zapojeném lese (Čížek 2008). Důležité je proto taky to, že na lokalitě Voltuš, máme možnost sledovat vývoj různě starého smrkového porostu a zjistit také jak reaguje na změny a jak se tyto změny odráží v jeho diverzitě. Mimo již zmíněnou skupinu saproxylických brouků, spjatých se dřevem v různých fázích sukcese (Milberg & kol. 2014), jsme pro studii vybrali rovněž podčeleď Scolytinae. Jedná se o druhově bohatou skupinu brouků, jež se vyznačují vysokým produkčním potenciálem (Schebeck & kol. 2019). Zaměřili jsme se na tyto skupiny také proto, že se v posledních pár letech potýkáme s kůrovcovou kalamitou na celém našem území (Zahradník & Zahradníková 2019, Zahradník & Knížek 2016).

Cíle práce:

- 1. Vypracovat literární rešerši na zvolené téma***
- 2. Stanovit pro modelové území dynamiku biodiverzity čeledi kovaříkovití (Elateridae) smrkového lesa***
- 3. Stanovit pro modelové území dynamiku biodiverzity čeledi kůrovců (Curculionidae:Scolytinae) smrkového lesa***
- 4. Pro kovaříkovité brouky a kůrovce zjistit optimální letové podmínky z hlediska věku porostu***

2 Literární rešerše

2.1 Vývoj hospodaření v lesích

Člověk od pradávna hospodařil. Rozorával půdu, na níž si za nějaký čas vypěstoval plodiny. Stejně tak využíval i lesy. Les poskytoval nejen potřebné stavební dřevo a palivo, ale sloužil také jako zdroj potravy, ať už pro lov, či sběr plodin. S postupem času lidé zjišťovali, jaké přírodní bohatství se v korunách stromů skrývá a došli k závěru, že bude nezbytné, lesy chránit. To vedlo k mnoha reformám a krokům, jež po mnoha let utvářely ráz naší krajiny. Jedny z prvních hospodářských úprav lesních majetků, jež se na našem území uplatňovaly byly Tereziánské lesní řády, vznikající kolem roku 1750. Již v těchto spisech je jasně uvedeno, že vrchnost ve svých lesích nesměla vytěžit více, než byl očekávaný přírůst. Podobnost s dnešní maximální výší těžeb, etátem, je více než zřejmá (Kadavý & Kneifel, 2009).

I my dnes utváříme podobu krajiny, v níž žijeme a stejně tak, jako naši předkové kdysi, i dnes vidíme, že bude zapotřebí vyvinout nemalé úsilí k tomu, abychom byli přírodě zase o krok blíže. S příchodem kůrovcové kalamity a s jejím rozvojem během několika uplynulých let můžeme vidět, že kroky, jež dříve vedly naše předchůdce k vysazování jedno druhových porostů, se dnes jeví jako nerozumné a působí nám nemalé obtíže. Jisté je, že výzkum se opět posunul a dnes jsme schopni vidět to, co dříve nebylo zdaleka možné.

Dnešní lesnictví více uplatňuje poznatky ekosystému jako celku a snaží se navázat na co nejpřirozenější cestu vývoje a hospodaření s ním. Jisté však je, že pro pochopení vazeb mezi organismy a prostředím v lesním ekosystému, musíme nejprve porozumět jeho tvorbě v přirozených podmínkách, neovlivněných antropogenní intervencí (Bače & Svoboda, 2016). V přírodních i polokulturních porostech jsou lesní ekosystémy naplněny stovkami druhů, z nichž každý reprezentuje tisíc až milion a více jedinců (Poleno & Vacek, 2011). Abychom byli schopni zhodnotit, jaký hospodářský způsob je nejvíce podobný přírodnímu lesu, musíme je zhodnotit.

2.2 Hospodářské způsoby & Biodiverzita

2.2.1 Holosečný

Holosečný způsob byl ve svých začátcích spojen s výsadbou jehličnatých dřevin koncem 18. stol. Byl vytvořen jako reakce na tehdy rozšířené neregulované a nešetrné využívání lesů. Předcházející porosty byly zpravidla autochtonní, a ačkoliv byly ve špatném stavu, stále to byly porosty listnaté. Po provedené holoseči pak ale většinou následovala výsadba jehličnanů. Nejprve borovice (*pinus sylvestris*), později smrk (*picea abies*). (Vacek & Podrázský 2006) Negativa tohoto postupu se projevila až v následujících dekádách. Dnes již víme, že plošná výsadba nepůvodních dřevin je velkým ekologickým riskem (Schroeder & Cocos 2018). Dříve se velikost ani doba zalesnění příliš nezohledňovaly, s postupem času se však tato problematika začala řešit a také začleňovat do legislativy. Díky tomu jsou také v lesním zákoně (289/1995 Sb.) stanovena omezení pro holou seč (max. velikost, šířka... apod.) (Vacek & kol. 2018). Výhodami holosečného způsobu jsou poměrně nízká náročnost výroby. Největším mínusem jsou náklady spojené s následným zalesňováním a dále také ekologické poměry stanoviště (Poleno & kol. 1998). Většinou se tímto způsobem obhospodařovaly a dále obhospodařují převážně jehličnaté, stejnověké monokultury. Je známo, že stejnověký porost monokultury se vyznačuje zejména malou intenzitou světla, jež dopadá na půdní povrch (Suchomel & kol.). Holoseč můžeme stručně popsat jako jednorázové smýcení porostu na souvislejší ploše. Už z tohoto popisu je nám jasné, jak markantní rozdíl se na stanovišti náhle uskuteční. Holosečný způsob je jakousi obdobou velkoplošné disturbance, ke které dochází i v přirozených lesích (Dorren & kol. 2004, Orczewska & kol. 2019). Při absenci mateřského porostu, se jedinci zmlazují často pouze při krajích holoseče a většinou se jedná o pionýrské dřeviny (bříza, habr, borovice), a to zejména z důvodu nižších nároků těchto dřevin (Poleno & kol. 1998). Proto je umělé zalesňování těchto holin takřka nutností, ačkoliv se jedná o finančně dosti náročnou volbu (Kamenský & Štefančík 2009). Nový porost je však vystaven stresu zapříčiněného vykácením mateřského porostu, který v přirozeném lese tvoří ochranu porostu dceřiného. (Vacek & kol. 2009). Porost, vysázený uměle je zcela vystaven světelnému požitku a je také nechráněn vůči riziku extrémů mikroklimatu, jelikož stanoviště plně ztrácí charakter lesa (Suchomel a kol). Urychluje se mineralizace půd a také transformace humusových forem (Podrázský & Remeš 2009). Pakliže na tento problém pohlížíme ze strany biodiverzity hmyzu nesetkáváme se s takovým problémem

u holoseče jako takové, ale větší ztráty působí spíše velikost oněch sečí. Vezmeme-li v úvahu, že hmyz, jenž je životně vázán na paseky zde žije a paseka je v kalamitním stavu opravdu velká, tento druh zde bude nějaký čas dobře prosperovat (Čížek 2008). Po vyčerpání zdroje potravy však nastane moment, v němž bude shánět jiný vhodný biotop, který však najde jen s těžší, jelikož při velikosti pasek je notně velká i jejich vzdálenost a mnohý hmyz, jak víme, má jen omezené letové schopnosti. Stejně je to i u rostlin, na které jsou tyto druhy vázány (Wijerathna & Evenden 2019, Boukal 2008). Důležitou roli v každém ekosystému má také teplota a světlo. Z těchto dvou faktorů, jež můžeme souhrnně nazývat klimatické vlastnosti jsou pro organismy stěžejní především výkyvy během dne i roku (Chobot & kol., 2005). Jelikož hospodářský les, obhospodařovaný především holosečným způsobem, člověk ovlivňuje neustále v průběhu celého jeho vývoje, musíme se snažit vědět co možná nejvíce o tom, jak porost reaguje na změny vyvolané zásahy do porostní struktury, a to ve všech fázích jeho vývoje (Čížek 2008, Vačkář 2005)

Holosečný způsob hospodaření a s ním spojená tvorba odlesněných ploch, s sebou však nutně nemusí nést jen negativa. Jelikož hmyz patří mezi studenokrevné živočichy, jejichž metabolismus a tělesné rozměry neumožňují stálou teplotu těla, je pro ně důležitým faktorem teplota na stanovišti (Křístek & Urban 2013). Díky nově vzniklé holině, je zde vysoký podíl světla a teplota půdy je také vyšší. K půdě se snáze dostane vláh a díky tomu, že se i následně v případě kultury nelze bavit o zápoji, je zde i nižší intercepce a zvedá se tedy vodní potenciál (Vacek & kol. 2018). Díky všem těmto faktorům dostávají šanci rostliny, jež by se v zapojeném lese neuchytily (Starý 2016). Ať už hovoříme o bylinách, křovinách, či pionýrských dřevinách, skladba rostlin se zde mění, a na tuto změnu ihned reagují různé druhy živočichů, hmyz nevyjímaje (Gustafsson & kol. 2020, Orczewska & kol. 2019). Biodiverzita se tudíž zvyšuje. Pro hmyz jsou zde výborné letové podmínky (Chobot & kol. 2005, Schlaghamerský 2000).

2.2.2 Násečný

Je založen na obnově porostů holosečnými obnovními prvky (náseky) o rozloze do 1 ha různého tvaru (pruhy, kotlíky, klíny), jejichž šířka nepřesahuje výšku obnovovaného porostu. Převládá zde obnova umělá, ale účelně a cílevědomě lze využít i obnovu přirozenou bočním náletem semen. Po zajištění kultur (nárostů) se postupuje s obnovou proti směru bořivého větru. Do hospodářského způsobu násečného patří i veškeré obnovní postupy založené na principu seče okrajové (Vacek & kol. 2009). Z hlediska biodiverzity je tento způsob velmi podobný předešlému, s rozdílem tvaru a umístění holin. Nově vzniklý porost i jeho biotop se sice mění, ale stále je ovlivňován porostem mateřským (Vacek & kol. 2018, Vačkář 2005).

2.2.3 Podrostowní

Podrostowní způsob hospodaření je podmíněn obnovou pod ochranou mateřského těžného porostu. Jeho podstatou je použití různých variant a kombinací clonných sečí, kdy záměrným a postupným snižováním zápoje obnovovaného porostu se vytváří optimální podmínky pro nasemenění, ujmoutí se a odrůstání náletu a nárostu (Vacek & kol. 2009). Podsadby se užívají obvykle tehdy, je-li přirozená obnova stávajícího porostu neúspěšná, nebo je-li třeba zavést takové druhy dřevin, které přirozená obnova nemůže poskytnout. Mateřský porost je zcela smýcen následně po fázi zajištění nárostů (Vacek & kol. 2018). Z hlediska biodiverzity jsou zde zcela jiné podmínky než u předchozích způsobů. Mateřský porost snižuje světelný požitek mikrostanoviště, takže mnoho bylin se zde neuchytí. Vláhová dispozice je snížena o transpiraci a intercepci, takže k půdě se dostane daleko méně srážek. Klima porostu je chladnější, takže lze předpokládat, že se zde budou vyskytovat odlišné druhy než na pasekách. Pro hmyz zde nejsou tak příznivé letové podmínky jako u holiny (Chroust 1997, Čížek 2008).

2.2.4 Výběrný

O tento hospodářský způsob je v lesnickém sektoru zájem již od 19. století, a to zejména kvůli myšlence trvale udržitelného hospodaření v lesích (Vacek & kol. 2015). Také dnes tento způsob zajímá především drobné vlastníky lesa, jež hledají co nejméně invazní způsob hospodaření v lesích (Pukkala 2015). To by mělo být nadále naší snahou a dlouhodobým cílem, neboť se jedná o vrchol přírodě blízkého hospodaření (Kadavý & Kneifel 2009). Tento typ nejvíce se podobající přirozeným lesům se vyznačuje také bohatou biodiverzitou, což je pro nás velmi důležitým faktem, jelikož ztráta biodiverzity je jedním z nejpálčivějších problémů dnešní doby (Dorren & kol. 2004, Praus & kol.). Možná právě proto, je mnohdy výběrný způsob uváděn jako optimální pro určitá zvláště chráněná území, často se ale setkáváme s nepochopením významu tohoto označení (Vacek & kol. 2015). Chyby ve významu pojmu se vyskytují tak hojně zejména z důvodu nejednotnosti českých označení, kdy jsou za výběrný hospodářský způsob označovány i formy skupinovitě clonné obnovy (Poleno & kol. 1998). Klasickým případem nejasností jsou dva způsoby hospodaření s porosty, jež jsou převzaty z Německa. Jedná se o Femelschlag a Dauerwald.

2.2.4.1 *Femelschlag*

Zásahy (clonné seče) jsou nepravidelné. Není tomu tak náhodou, příčina nepravidelnosti sečí tkví ve sledování cesty výběrného principu. V porostu vznikají skupinky a hloučky, které jsou různě husté a jinak staré a zapojují se tedy do obnovy lesa také odlišně. Femelschlag se vyznačuje dlouhou obnovní dobou, ne však nepřetržitou.

Tento způsob má velmi kvalitní ekologické základy, u nás je mnohdy označován za clonný způsob hospodaření, někdy též za skupinovitý, či dokonce výběrný způsob (Vacek & kol. 2015). To však mnoho autorů zavrhuje, a to zejména z toho důvodu, že Femelwald (v češtině někdy označován jako výběrný les), vzniká skupinovitě clonným způsobem hospodaření, najdeme zde mnoho světlín s hloučky a skupinami přirozené obnovy. Oproti tomu Planterwald, je les vzniklý výběrným způsobem hospodaření s podílem všech věkových tříd stromů, a to jak v horizontálním, tak i ve vertikálním měřítku.

Femelschlag (pomístně skupinovitá clonná seč) je známý více než 100 let. Protagonistou byl Gayer, jež s myšlenkou přišel. Tento způsob se poté rozšířil a souběžně vznikala

měnil se ve třech různých zemích. Také proto dnes rozlišujeme několik variant (Bádenský, Bavorský a Švýcarský způsob).

2.2.4.2 *Dauerwald*

V českém překladu můžeme označit jako „Les trvale tvořivý“, vznikl okolo roku 1922 a měl být odklonem o holosečného hospodaření a jakousi cestou výběrného lesa pro borové porosty v Německu (Vacek & kol. 2015). O tento způsob hospodaření se přičinil Möller, ten byl však ve své době striktně odmítnut (Pukkala 2015). Na jeho práci navázal Thomasius (1992), jež definici pojal obecněji a Dauerwald definoval jako bez holých sečí, kde jsou různá vývojová stadia lesa časově i prostorově smíšená v porostu.

Les trvale tvořivý, je tedy nadřazen výběrnému lesu a Thomasius jej dále člení na:

- *les trvale tvořivý, složený ze slunných dřevin*

Vývojová stadia jsou zpravidla vedle sebe, ale mohou být i nad sebou, pakliže se nacházejí ve starém, silně prosvětlením porostu

- *les trvale tvořivý, složený ze stinných dřevin*

Vývojová stadia jsou zpravidla nad sebou – **Výběrný les** (Simon & kol. 2004, Vacek & kol. 2015, Kozel 2019).

Tento hospodářský způsob je nejvíce podobný přirozenému lesu a jeho fázím, takže i biodiverzita je zde nejbohatší. To si lze vysvětlit hned několika způsoby. Vyskytuje se zde mnoho fází růstu stromů, takže zde široká škála druhů přijde na své, ať už se jedná o holiny, porosty středního věku, či doupné stromy. Struktura porostu je bohatá jak z hlediska věkového, tak i druhového (Pukkala 2015). Najdeme zde plně zapojené porosty i světliny, takže diverzita druhů bude bohatá i co se týče rostlin. A shrneme-li si tato fakta, lze říci, že tam kde je množství biotopů, je i druhová diverzita velká a les poté může fungovat jako ekosystém v pravém slova smyslu.

2.3 Podmínky biotopu jako fundamentální složka biodiverzity bezobratlých

Ať už v porostech hospodaříme jakýmkoliv způsobem, jisté je, že volba hospodářského způsobu, ovlivňuje mnoho dalších faktorů. Mezi tyto faktory, řadíme i nejdůležitější činitele ovlivňující celý biotop (Kadavý & Kneifel 2009).

Hmyz reaguje na teplotní gradient a jeho život se mu plně přizpůsobuje. Teplota prostředí ovlivňuje vývoj hmyzu, jeho reprodukci i aktivitu (Holuša 2015). Každý druh má také dání svou specifickou teplotní hranici tvořenou minimem, maximem a optimální zónou, v níž je nejvitálnější. Existují druhy, jež mají teplotní zónu velmi širokou (housenky bekyně mnišky) a naopak druhy, jejichž zóna je úzká (blechy, vši). Druhy s širokou teplotní zónou nazýváme eurytermní, a s úzkou zónou teplot stenotermní (Křístek & Urban 2013). Díky tomu jsou různé druhy hmyzu rozmístěny po nejrůznějších stanovištích, ať už se jedná o holiny, křoviny, porosty zapojené, či solitérní stromy. Hojně obsazeny bývají také kombinace těchto biotopů, pokud však v porostech vůbec jsou (Horák 2008). V minulosti byl les intenzivně využíván, a to nejen kvůli dřevu, ale také pro stelivo, či dřevěné uhlí apod. S postupem času jsme přišli na to, že pro mnohé druhy je nezbytné les alespoň z části narušovat. Bez těchto zásahů totiž z lesa zmizí různá sukcesní stadia a spolu s nimi také biodiverzita těchto biotopů (Čížek 2008).

Za zmínku určitě stojí, že v tomto ohledu, by bylo možné využít i současných hospodářských lesů. Pakliže by se vylepšila druhová skladba, započalo by hospodaření s alespoň malým procentem mrtvého dřeva, nebo kdyby se ponechaly, byť malé skupinky nadprůměrných jedinců pozvolnému rozpadu, biodiverzita by se zásadně navýšila i zde (Mach & kol. 2016, Gustafsson & kol 2020). Lesní porost totiž zadržuje záření již od svého vzniku, kdy se po vytvoření listoví z korunové zóny stává aktivní povrch, který nejen že záření absorbuje, ale i odráží a přeměňuje. Množství listoví, výstavba korun a další aspekty jsou u všech druhů dřevin rozdílné, stejně jako jejich schopnost radiaci zadržovat či propouštět. Výstavba koruny ovlivňuje radiační klima, propustnost pak klima kmenového porostu (Chroust 1997). Hovoříme-li tedy o záření a jeho zadržování porostem, v minulosti byly tyto podmínky pro mikrostanoviště bezobratlých mnohem přívětivější. Důvodem byla lesní pastva, jež porost rozvolnila a u mnohých jedinců tedy právě takto započala jejich nadprůměrná mohutnost (Horák 2008, Čížek 2008). Jelikož jak víme, tak v reakci na rozvolnění porostu, stromy vykazují rychlejší rozrůstání korun

(Chroust 1997). Díky pastvě se do porostů dostávaly také světlomilné rostliny a druhy hmyzu (Čížek 2008).

Výhodou pro hmyz, a to zejména pro saproxylobionty, bylo také v minulosti hojně využívané výmladkové hospodářství, jež poskytuje dutiny různých tvarů a dřeva v rozličném stadiu sukcese. Pařeziny jen u nás skýtají nepostradatelný typ stanoviště pro cca osm druhů denních motýlů chráněných zákonem (Horák 2008). Stejně důležitá jako záření je i teplota stanoviště. Ta porostní, se odlišuje od bezlesí dle toho, jak je les hustý, vysoký, jakou má stavbu, tepelnou kapacitu apod. Liší se tedy i v závislosti na věku porostu a začíná ihned po založení kultury, nebo vzniku mlaziny. I když ještě koruny netvoří plný zápoj, teplota přízemní vrstvy vzduchu se již snižuje. S tím souvisí i pokles teploty půdy pod zapojující se mlazinou (Chroust 1997). Z těchto faktů jasně vyplývá, že mikroklima se s vývojem porostu mění. Pro skupiny bezobratlých je mikroklima stěžejním faktorem a podstatné také je, že se velmi často liší od hodnot, které můžeme naměřit běžnými meteorologickými postupy (Chobot & kol. 2005, Thomas & kol. 1999). Kromě záření a teploty, je pro biodiverzitu hmyzu a zejména, bavíme-li se o hmyzu podkorním důležitým faktorem také umístění stromu v porostu. Stromy v zástínu nejsou napadány tak hojně jako jedinci na jižním kraji porostu. To samé platí při srovnání nadúrovňových stromů a jedinců v úrovni (Holuša 2015).

Neméně důležitý faktor mikroklimatu je voda. V konkrétních podmínkách více než jiné faktory ovlivňuje vnější i vnitřní utváření orgánů rostlin a určuje fyziologii vegetace (Vacek & kol. 2018). Při poklesu vodní bilance, dochází ke stresu stromů, zejména smrk ztepilý, je na tyto výkyvy značně choulostivý a v důsledku toho chřadne a je náchylnější k poškození (Zahradník & Knížek 2016). Vodní bilanci ovlivňuje především transpirace – velikost fyziologického výparu a intercepce – zadržování srážek na povrchu. Kvůli těmto i jiným faktorům je nejvýznamnější částí porostu množství jeho asimilační biomasy, která mimo jiné ovlivňuje jak transpiraci, tak intercepci (Chroust 1997, Krečmer 1968). Stejně ohrožujícím je pro stromy také nadbytek vody, ať už hovoříme o srážkách dlouhodobějšího charakteru, či o zvednutí hladiny spodní vody. Jedinci stejně jako u stresu suchem mohou ztratit svou odolnost a stávají se náchylnějšími, zejména k náletu podkorního hmyzu (Čermák & kol. 2014, Jakuš & kol. 2015).

2.4 Smrk ztepilý (*Picea abies*)

Smrky obecně jsou stromy s průběžným kmenem, přeslenitým větvením a kuželovitou korunou. Šišťice mají rozmístěny jednotlivě, samčí postranně, samičí na konci prýtu. Šišťice v témže roce dozrávají a v celku opadávají. Rod obsahuje více než 40 druhů a zasahuje do evropského, asijského i severoamerického areálu a řada druhů je dřevařsky významná (Fér & Pokorný 1993). Na našem území je domácí pouze jediný druh a sice, smrk ztepilý, jež je naší nejdůležitější hospodářskou dřevinou. Podobně je tomu i v jiných státech střední a severní Evropy (Úradníček & Chmelař 1998).

Jedná se o druh dorůstající výšky 50 m a průměru kmene až 1,5 m. I ve starším věku se setkáváme se štíhlým, kuželovitým vrcholem (Fér & Pokorný 1993). Má červenohnědou kůru, která je hladká, nejprve vzniká hnědá, v horších podmínkách sivá borka různého tvaru. Jedná se o velmi plastickou dřevinu.

Kořenový systém rozložen do plochy, zůstává při povrchu. Nároky na půdu nejsou velké, dokáže růst i na chudých půdách, převážně kyselých s pH 4–5. Velmi citlivý, je však k obsahu kyslíku v půdě, nedostatkem trpí (Blaženec a kol. 2015).

V monokulturách, jak je známo, se svrchní vrstva půdy díky tomu značně vyčerpává. Smrková monokultura je tedy schopna si svou biodiverzitu udržet, je však zapotřebí, věnovat mimořádnou pozornost genetické kvalitě této dřeviny, aby nedocházelo k velkoplošnému rozpadu příčinami abiotických i biotických činitelů (Leugner 2016).

Kořenové náběhy zpravidla kvalitně vyvinuty, jelikož dokáže dobře klíčit na pařezech i padlých kmenech, často dochází k tvorbě chůdovitých kořenů.

Dobře snáší nízké teploty a mrazy. Náchylný je však k vysokým teplotám, suchá léta mu nesvědčí. V teplejších oblastech vyžaduje smrk dostatek vody, na kterou je všeobecně náročný. Na stanovištích vyšších poloh snese i nižší srážkový úhrn (Blaženec & kol. 2015). Poměrně dobře snáší dlouhé zastínění, smrk lze tedy zařadit jako dřevinu středně tolerující zástin (Úradníček & Chmelař 1998).

Celé naše území je zastoupeno horským smrkem hercynsko-karpatské oblasti. Největší těžiště rozšíření nacházíme v okrajových horstvech: Novohradské hory, Šumava, Český les, Krkonoše, Jeseníky. Řidší, ale rovněž přirozené zastoupení smrku je i ve

vnitrozemských horských skupinách, jako je Českomoravská vrchovina, Brdy, Slavkovský les, Oderské vrchy apod. Hercynský smrk u nás obsazuje nejčastěji polohy od 550 do 1000 m.n.m. a vystupuje k lesní hranici. Karpatský smrk je rozšířen ve všech vyšších oblastech karpatského systému: Vsacké vrchy, Javorníky, Beskydy, dále pak ve všech pohorích centrálních Karpat (Úradníček & Chmelař 1998).

2.4.1 Smrk a stres

Všechny dřeviny jsou v průběhu životního cyklu vystaveny změnám prostředí a podmínek v nichž žijí. Když negativní míra ovlivnění vzroste, jedinec je vystaven stresu, jež se podepíše na jeho vitalitě i zdravotním stavu. Rostliny si v průběhu vývoje vytvořily řadu obranných mechanismů, které jim pomáhají se s takovými změnami vyrovnat. Stále se však objevují poškození způsobující velké ztráty, s nimiž se ještě vypořádat neumějí. A spolu se současnou klimatickou krizí vidíme, že smrk ztepilý (*Picea abies*) a borovice (*Pinus sp.*) těmito změnami trpí v nemalé míře (Tudoran & Zotta 2020).

Zdravotní stav smrku se nejlépe pozná na změně v koruně stromu. Takové změny zpravidla způsobuje vícero faktorů a existuje řada metodik pro jejich monitoring. Nejpoužívanější je ICP Forests, jež je založena na vizuálním posouzení stavu korun, kdy se posuzuje sociální postavení stromu, mortalita, defoliace a barevné změny. Pro nás je však v tuto chvíli (kůrovcové kalamity) výhodnější použití metodiky vycházející z ICP, a to Hodnocení zdravotního stavu korun smrku, která se zabývá mimo jiné i regeneračním potenciálem dřevin, a to resistencí a resiliencí, a také retrospektivní reakcí stromů.

Pro hodnocení transformace korun slouží stupnice (0 – koruna netransformovaná/slabě transformovaná, 4- koruna zcela transformovaná). Transformace korun je důsledkem dlouhodobého stresu a při opakovaném hodnocení jedince, lze vyvodit jejich schopnost se s tímto stresem vyrovnávat (Blaženec & kol. 2015).

Z poznatků jasně vyplývá, že mezi transformací korun smrku a predispozicí na nálet, či dokonce mortalitou jedinců způsobenou lýkožroutem smrkovým je úzký vztah. Stromy s větší defoliací a vyšším procentem druhotných výhonů lákaly do lapačů dvakrát více kůrovců a mortalita těchto jedinců byla vyšší než 30 % (Blaženec & kol. 2015).

2.4.1.1 Abiotické stresové faktory

Do této skupiny patří zejména klimatické faktory ovlivňující vitalitu stromu. Ty mohou být pozvolné s dlouhodobějším charakterem, nebo krátkodobé (Blaženec & kol. 2015).

Patří sem škody suchem a teplem, s nimi související deficit vody, škody mrazem, sněhem, či větrem apod. Jak klesá vodní potenciál klesá spolu s ním i vytváření pryskyřice jedincem a ten se stává náchylnějším. Napadení škodlivými činiteli však ovlivňují i jiné faktory, jako například narůstající sklon svahu, rychlost větru, jež zvyšuje pravděpodobnost vzniku nových ohnisek, nebo také jižní, či západní expozice stanoviště (Holuša 2015).

Mnohdy spolu abiotické a biotické škody souvisejí ve vztahu prvotních a sekundárních škodlivých činitelů.

2.4.1.2 Biotické stresové faktory

Do této kategorie řadíme zejména patogenní mikroorganismy, houby a hmyz. Nejvíce rozšířené houbové patogeny, poškozující smrkové porosty jsou *Armillaria sp.* – václavka a *Heterobasidion sp.* – kořenovník. Tyto patogeny oslabují jedince a ten je pak náchylnější k náletu podkorního hmyzu. Působením těchto hub jedinec odumírá a celkově chřadne, načež porost reaguje, zvyšuje se defoliace a v závislosti s ní a s odumíráním jedinců se porost celkově prosvětluje, čímž může vznikat stres světlem. Tento stres dále oslabuje jedince a tímto jsou další stromy náchylné ke škodám podkorního hmyzu.

Stres světlem má za následek také změnu mikroklimatu stanoviště. Po narušení mikroklima porostu se snižuje vlhkost vzduchu, zvyšuje se oslunění a dochází k dalšímu oslabení dosud ještě nenapadených jedinců. Někdy dochází ke kombinovanému napadení porostu lýkožroutem smrkovým a některými patogenními druhy hub a některé druhy lýkožroutů patří k přenašečům patogenních hub. Mnozí se těmito houbami živí, jelikož hyfy hub a narušená pletiva mnohdy představují pro brouky lepší potravní variantu – viz. ambrozioví brouci (Skelton & kol. 2019).

2.4.1.3 Antropické faktory

Jako další skupinu můžeme zařadit faktory související s činností člověka. Dnes velmi diskutovaným tématem je dopad imisí na smrkové porosty. Ty mohou poškodit správné fungování mykorrhizy a mají tak dopad na kořenový systém, hospodaření s vodou atd. V minulosti se ukázalo, že lýkožrout smrkový se vyhýbá imisemi silně poškozeným porostům, to může zapříčínovat množství škodlivých látek, které jsou potravou hmyzu, jež poté v dopadu těchto látek sám hyne (Blaženec & kol. 2015).

2.5 Mrtvé dřevo a management biodiverzity

Mrtvé dřevo hraje v ekosystému jako takovém nezaměnitelnou roli. Je na něm závislých cca 30 až 50 % všech lesních organismů (Matějka 2016). V opadavém lese mírného pásma tvoří mrtvé dřevo 5-30 % porostní zásoby (Mansourian & kol. 2005). Ve střední Evropě je každý pátý až šestý druh brouka vázaný na mrtvé dřevo. Bakterie, jež žijí v mrtvém dřevě a jeho reziduích fixují 30–60 % dusíku v lesní půdě (Kjučukov 2009).

Mrtvé dřevo slouží v ekosystému jako rezervoár vody v období sucha, ovlivňuje povrchový odtok, geomorfologii půd a malých vodních toků v lesních ekosystémech, dále je také důležitým stanovištěm pro houby a látky které se uvolňují při rozkladu dřeva a zvyšují sorpční komplex půd (Kjučukov 2009). Neméně důležité je také to, že pro mnoho druhů skýtá mrtvé dřevo ideální životní podmínky (Pastorelli & kol. 2020, Ranius & kol. 2019). Často slouží také při disturbancích porostu jako refugium prospěšných hub. (Samec & Formánek 2007, Kjučukov 2009). Nezbytné je taktéž zmínit plodnice saproxylických hub, jež vyrůstají na mrtvém dřevě. Poukazují na hnilobu ve dřevě, mění jeho strukturu (Doležalová & Horák 2010) a poskytují tak prostředí a potravu pro další druhy, především brouky, motýly, dvoukřídlé a ploštice (Bače & Svoboda 2016).

Mimo jiné je důležitým aspektem také ponechání kůry, či odkornění stromů ponechaných k zetlení. Kůra totiž ovlivňuje rychlost rozkladu a také osidlování různými organismy. Odkorněné dřevo ztvrdne, více prosychá a jeho rozklad je tedy pomalejší. Pro saproxylické organismy je tedy méně atraktivní než dřevo v kůře. Odkornování kmenů k zachování biodiverzity je tedy naprosto nevhodné, byť je pochopitelné, že pro ochranu před podkorním hmyzem se dále využívá (Krása 2015). Neméně důležitou roli hraje také dimenze ponechaných stromů. U silných dimenzí dochází k pomalejšímu rozkladu a je tedy dobrou indikací kontinuity, která je pro saproxylický hmyz nezbytná. Pakliže je mrtvého dřeva nedostatek, saproxylické druhy po rozkladu jedince nemají co obsadit a stanoviště opouštějí (Bače & Svoboda 2016). Výhodné tedy je, vybírat s předstihem vhodné jedince, jež by mohli v budoucnu nahradit současné odumírající stromy. Záleží také na části stromu, jelikož jiné druhy nalezneme v nadzemní části stromu a jiné například larvy nosorožika jsou zpravidla v kořenové části, či pařezu (Doležalová & Horák 2010). A stejně tomu může být i v případě druhu dřeviny, jelikož zatímco některé

druhy preferují zetlelé dřevo listnatých dřevin, jiným prospívá dřevo jehličnanů (Procházka & Schlaghamerský 2015).

Mrtvé dřevo s postupem času mění svou strukturu, vlhkost i poréznost. Tyto změny však nejsou sourodé a záleží na řadě faktorů, jež tyto děje utvářejí (Krása 2015). Mnohdy záleží také na tom, jaké druhy dřevo osídlily, v jakou dobu, jelikož v momentě, kdy se tlející dřevo stává neatraktivním pro jeden druh, pro jiný druh se zase atraktivním stává. A tyto organismy dále utvářejí také mikroklima stanoviště (Kjučukov 2009, Krása 2015).

Dalším faktorem je bezesporu plocha, na níž se mrtvé dřevo nachází. Jiné poměry budou panovat ve vlhkém, suchém prostředí, bez vzduchu, či s ním, za vysokých, nebo nízkých teplot. Stěžejní je diverzita, a to jak typů a fází jeho rozkladu, tak i metod k jeho zajištění (Bače & Svoboda 2016).

Nesmíme opomíjet fakt, že většina druhů vázaných na odumřelé, či odumírající dřevo je ohrožena a chráněna zákony. Naším úkolem by mělo být, tyto organismy chránit a snažit se o co největší podporu a rozšíření jejich stanovišť (Kjučukov 2009). Měli bychom se tedy snažit zajistit co nejširší paletu typů mrtvého dřeva v různých stadiích a na nejrozličnějších stanovištích, a to v co nejhojnějším počtu (Bače & Svoboda 2016).

2.6 Hmyz a jeho potravní vazby

V lesním ekosystému rozlišujeme základní složky, jež se podílejí na jeho chodu a přeměně energie a hmoty. Mezi tyto složky řadíme také producenty a konzumenty. Zatímco producenti jsou autotrofní organismy, u konzumentů se jedná především o závislost na produkci autotrofních organismů (Špryňar & Strejček 2012, Křístek & Urban 2013). Abychom porozuměli potravním vazbám hmyzu, nejprve musíme znát základní typy potravních specializací

a) **Zoofágové (sekundární konzumenti)** – druhy, které se živí živočišnou potravou

Do této skupiny živočichů můžeme řadit

- ❖ Predátory – loví živou kořist, kterou zabíjejí a následně pozřou
- ❖ Parazitoidy – žijí na úkor svých hostitelů, po ukončení vývoje hostitele zahubí
- ❖ Parazity – žijí také na úkor hostitele, po ukončení vývoje jej však nezabijí
- ❖ Nekrofágy – tito specialisté se živí na odumřelých tělech živočichů

b) ***Fytofágové (primární konzumenti)*** – živočichové, kteří využívají rostlinnou potravu

Tato skupina zahrnuje mimo jiné také

- ❖ Mykofágy – druhy, jež se živí plodnicemi hub a podhoubím
- ❖ Xylofágy – u této skupiny probíhá vývoj pod kůrou, či ve dřevě stromů

Známe také potravní vazby, které nelze takto jednoduše rozdělit. Do této skupiny patří:

- ❖ Saprofágní druhy – živící se organickou hmotou ve stádiu rozpadu, ať už se jedná o rostlinné, či živočišné zbytky
- ❖ Omnivorové – nevybíravá skupina brouků, jež konzumuje rostlinné i živočišné látky ve stadiu sukcese

Existují také skupiny hmyzu, jenž se živí jak rostlinnou, tak živočišnou potravou (Horák 2008, Doležalová & Horák 2010, Křístek & Urban 2013, Nakládal 2015, Jakuš & kol. 2015, Hůrka 2017).

Brouci jsou jedním z druhově nejpočetnějších řádů hmyzu, ale také nejpočetnějším řádem v rámci celé živočišné říše (více než 350 000 druhů). Tato hojnost je způsobena schopností brouků, přizpůsobit se nejrůznějším přírodním prostředím (Hůrka 2017). To je zapříčiněno zejména vlastnostmi, jež si vyvinuli v průběhu vývoje. Jedná se například o schopnost letu, díky níž se populace lépe rozšiřuje v rámci vhodných stanovišť, nebo schopnost úniku při náhlé změně podmínek prostředí. Další výhodou je tvorba krovek a zpevnění pokožky celého těla, jež značně omezuje úbytek vody v těle a usnadňuje tak broukům obývat i extrémně suchá stanoviště (Křístek & Urban 2013). Dále také fakt, že larvy často žijí v jiném substrátu než dospělci a využívají rozdílné zdroje potravy, umožnilo úspěšnost nejpočetnějších skupin, jako jsou nosatcovití (Curculionidae), drabčíkovití (Staphylinidae), tesaříkovití (Cerambycidae) a další (Hůrka 2017).

2.7 Saproxylické druhy brouků

Existuje mnoho definic pro toto označení, zpravidla se setkáváme s výrazy typu: organismy, které jsou během jakékoliv části svého životního cyklu závislé na mrtvém, či umírajícím dřevě (Jacobs & kol. 2007). Dle jiných pramenů: hmyz, stýkající se se dřevem, mrtvými, či živými stromy (tzn. saproxylický hmyz), tvořen především brouky, tvoří základní část lesní biodiverzity (Marhoul 2008, Mertlík 2017).

Tito brouci dokáží díky svým vlastnostem stromy oslabit, či dokonce zahubit a započít tak dekompoziční proces (Wermelinger 2004). Důležité je bezesporu také to, že každý druh umožňuje kolonizaci mrtvého dřeva dalšími organismy (houbami, bezobratlými). Tohoto faktu využívají pro svůj prospěch zejména kůrovci (Scolytinae), ale také např. tesařík obrovský (*Cerambyx cerdo*). Tyto druhy tak mohou strom napadat v mnohem větší míře, zejména pokud je primárně narušen jinými biotickými, či abiotickými vlivy (Krása, 2015). Z tohoto důvodu je mnoho brouků považováno za neodmyslitelný pilíř dynamiky přirozeného lesa, ale jsou rovněž vnímáni jako závažní škůdci lesů hospodářských (Wermelinger 2004, Mertlík 2017).

Dle Krásky (2015) je většina brouků obligátními saproxylobionty, a jejich vazba na mrtvé dřevo je tedy zásadní. Patří zde ale i druhy živící se houbami napadeným dřevem, či plodnicemi saproxylických hub, dále pak mrchožravé i dravé druhy, a dokonce také parazité i parazitoidi, jež se vyvíjejí na tělech nebo v tělech ostatních druhů (Doležalová & Horák 2010). Z toho vyplývá, že ve tlejícím dřevě můžeme nacházet komplexní potravní sítě i potravní pyramidy, a v rozkladu dřeva jde tedy o složitý proces (Percel & kol. 2019).

Záleží zde také na stupni rozkladu mrtvého dřeva. Zatímco na značně zetlelém dřevě se vyvíjejí například roháčovití (Lucanidae), jiné druhy se živí dřevem, které je sice mrtvé, ale je ještě tvrdé, nebo jeho rozklad ještě nezapočal. Jsou to zejména krascovití (Buprestidae), či mnoho dalších druhů tesaříkovitých (Cerambycidae). Pro tyto druhy je typická vyšší hostitelská specializace než u druhů, které využívají dřevo již značně zetlelé. Vybírají si často jen jeden druh, či několik příbuzných druhů. Je prokázáno, že ubývá těchto specialistů, a naopak roste počet generalistů, pro které je stěžejní fáze rozkladu, nikoliv druh dřeviny (Konvička & Kuras 2006, Krása 2015).

Saproxylické druhy byly intenzivně studovány zejména kvůli jejich statusu škůdců, ale rovněž také jako cílové skupiny, které by se měly v přírodě zachovat (Stokland 2004). Mimo jiné nám totiž mohou sloužit jako model organismu pro trvale udržitelný lesní management (Grove 2002). Jedná se rovněž o skupinu, jež má vynikající indikační vlastnosti, a to zejména proto, že mají na rozdíl od jiných druhů omezenou schopnost pohybu na větší vzdálenosti. Díky tomu, nám mohou podat nejvěrohodnější informace o místě odchytu, kvalitě stanoviště a celkově biodiverzitě (Bače & Svoboda 2016, Jaworski & kol 2019). Předpokládá se pak, že dojde-li k ústupu některého indikátoru ze společenstva, druhová diverzita se snižuje (Boháč 2013, Bače & Svoboda 2016).

Navzdory mnoha studiím, pojednávajících o ekologii saproxylických druhů, víme jen velmi málo o tom, jak reagují na nadmořskou výšku. Je známa studie, která prokázala úbytek v abundanci kůrovců, v závislosti na nadmořské výšce, jiná naopak prezentovala rozdíly ve složení komunit kůrovců, mezi nížinnými a horskými lesy. Určité vzorce, jež by vysvětlovaly diverzitu, či komunitní složení mezi těmito dvěma oblastmi, jsou však dosud společnosti neznámy (Procházka & Schlaghamerský 2015).

Saproxyličtí brouci jsou zpravidla považováni za více početnou a rozmanitou skupinu v podrostu lesů mírného pásu (Brin & kol. 2011). Například v Evropě je 20–30 % hmyzu, obývajícího lesní ekosystém saproxylobionty (Jaworski & kol 2019). Studie prokázaly, že pro tyto druhy jsou důležité nížinné listnaté lesy, avšak ani horské lesy nejsou pro některé druhy méně význačné. Ukázalo se, že určité druhy se vyskytují pouze v nížinných, či naopak horských lesích a početnost druhů odchycených na obou lokalitách zároveň je nízká. Oba tyto habitaty tedy skýtají jedinečné útočiště pro mnohdy velmi vzácné druhy. (Weiss & kol. 2016). Jedná se o skupinu s největší diverzitou a závislostí na mrtvém dřevě, vyskytují se ve velkém počtu v Červené knize a značný podíl druhů je endemický (Bače & Svoboda 2016). Pokles množství hmoty mrtvého dřeva a starých stromů, jsou příčinami značného úbytku řady druhů (Økland & kol. 1996, Jaworski & kol 2019). Klíčovou roli v životaschopnosti těchto jedinců totiž hraje návaznost živného substrátu na stanovišti. Hospodářské lesy toto neřeší, a tak se často stává, že se ztrátou rozkládajícího se dřeva, dojde i ke ztrátě saproxylických druhů brouků, zejména kvůli jejich nízké letové schopnosti (Percel & kol. 2019).

2.8 Metody a problematika monitoringu saproxylických brouků

Monitoring obecně, slouží především k hodnocení stavu životního prostředí člověka, či biotopu. Důležité je si uvědomit, čeho přesně chceme pomocí monitoringu dosáhnout. Pokud nám jde pouze o sledování určitého druhu brouků, bude metodika jiná než při sledování celého společenstva brouků vázaných na tlející, mrtvé dřevo (Schlaghamerský 2008). Například pokud naším zájmem bude pouze jeden či málo podobných druhů, budeme se opírat o znalost jejich ekologických a binomických vlastností a přizpůsobíme těmto faktům druhy odchytných zařízení. Pakliže si zvolíme tuto metodu, měli bychom rovněž odchyt provádět v delším časovém intervalu, pro možnost získání informací o dlouhodobém trendu, díky kterému lépe statisticky vyhodnotíme získaná data. Pokud je však naším zájmem studovat celé saproxylické společenstvo brouků, budeme muset postupovat jinak. Získané informace nám budou sloužit ke zjištění orientační početnosti jednotlivých druhů a pomohou nám vyhodnotit stanoviště z hlediska jeho přírodní kvality a ochranné hodnoty (Alexander 2004, Schlaghamerský 2008).

Při studiích saproxylických společenstev brouků se ve standardizaci metod zdaleka nepokročilo tak, jak tomu je například u společenstev epigeických, kde se prosadilo používání zemních pastí. Entomologové zabývající se studiem saproxylických společenstev často prosazují vlastní metody, či sadu metod. Žádná jednotlivá metoda nezachytí celé společenstvo, a proto autoři srovnávající různé metody odchytu zpravidla konstatují, že nejvhodnější je použití několika metod, jež se vzájemně doplňují (Knapp 2015). Pro samotný monitoring, který by měl probíhat opakovaně a na řadě lokalit, je však toto doporučení většinou příliš nákladné, a tedy mnohdy neproveditelné (Schlaghamerský 2008).

Jednou z metod odchytu saproxylických brouků je sběr. Sběr by v rámci jedné ekologické studie měl probíhat v určitém časovém intervalu, či na standardizované ploše a za optimálních povětrnostních podmínek, aby se minimalizoval vliv aktuálního počasí na aktivitu hmyzu (Knapp 2015). Sběr je tradičně prováděn vyhledáváním zrakem na předpokládaných stanovištích (dutiny, pařezy, ležící dříví). Ke sběru můžeme použít nejrůznějších pomůcek, jako jsou smýkadla či sklepače. Smýkat můžeme kvetoucí i nekvetoucí rostliny v lesích, na loukách i stepích. Sklepat je vhodnější brzy ráno, nebo když se ochladí, a to zejména z toho důvodu, že brouci jinak často odletí dříve, než dopadnou na sklepač. Tato metoda je výhodná, jelikož s ní můžeme nalézt mnoho druhů jinak jen těžko získatelných (Sláma 1998).

Pokud se v posledním desetiletí objevuje jakýsi standard, tak v podobě letových nárazových pastí. Jako takové, můžeme označit různé typy pastí, které lapají hmyz za letu. Tyto typy pastí, jsou používány zejména proto, že pro odchyt ostatních skupin létajícího hmyzu jsou málo efektivní. To snižuje počet usmrčených jedinců z necílových skupin, což je z hlediska ochrany živočichů jistě žádoucí (Knapp 2015, Schlaghamerský 2008).

Setkáváme se zde také s další výhodou odchyty do pastí, a to díky tomu, že se jedná o neinvazivní metodu. Na rozdíl od metod sběru, jako např. loupání kůry, prosévání trouchu, odnášení substrátu k dochování larev, zde nedochází k narušování či ničení biotopu a zachovává se tak tedy estetičnost daného prostředí. Nárazové pastí, prezentují letovou aktivitu. Ta není přímo úměrná jejich populačním hustotám. Nárazové pastí nejsou stejně efektivní pro všechny čeledi brouků. Příčinou bývají různé způsoby letu apod. (Schlaghamerský 2008). Dobrou metodou je také použití různých světelných zdrojů. Brouky můžeme vyhledávat po osvětlení kmenů, dutin, či použít osvětlení plátna. Není-li to však dokonale zdůvodnitelné, neměl by se při tomto způsobu používat odchyt do nádob, jelikož zde pak dochází k poškození a úhynu mnoha set i tisíců jedinců (Sláma 1998). Opylovači jsou zase lákáni na barvy svých oblíbených květů (odchyt probíhá pomocí barevných misek). Za výhodu považujeme bezesporu to, že několik pastí zahrnutých do jedné studie může chytat hmyz na desítkách lokalit a instalaci zvládne i jen krátce zaškolený laik (Knapp 2015).

2.9 Nárazové pastí

Klasickou pastí je tzv. „oknová past“, která má skutečně podobu oknové tabule. Je to deska z průhledného materiálu, mezi dvěma kůly, pod kterou je umístěna podélná nádoba s fixační tekutinou. Podobnou adaptací bývají křížové nárazové pastí menší velikosti. Zachycený materiál je zadržován pomocí velké nálevky zavěšené pod průhlednými deskami, zavěšenými kolmo na sebe do kříže. Kromě snazší manipulace, mají výhodu v tom, že jsou založeny na větším počtu nezávislých oděrů, což je opět důležité pro statistiku. Díky menší nárazové ploše, představují pak menší hrozbu pro ptáky i jiné větší živočichy (Schlaghamerský 2008). Nárazové pastí jsou účinné především pro makropterní hmyz, jež se v nich odchyty i ze vzdálenějšího okolí a řadí se mezi poměrně mladší typy pastí, jež jsou však pro velkou skupinu saproxylických brouků velmi účinné (Økland & kol. 1996, Kaila 1993).

Řadíme mezi ně např. Malaiseho past, kterou používají především dipterologové. Nárázové pasti, v pravém slova smyslu však fungují, jak je zřejmé již z názvu, na principu nárazu letícího hmyzu do překážky, což vede k jeho omráčení a pádu do fixační tekutiny, umístěné zpravidla v nádobě pod překážkou (Schlaghamerský 2008).

Proto je dalším problémem, který musíme vyřešit, před samotnou instalací právě fixační tekutina. Jako nejvhodnější se nabízejí dvě varianty. A to buď sycený solný roztok, nebo roztok formaldehydu nízké koncentrace (2,5 %). Oba roztoky mají své plusy i minusy. Solný roztok hůře konzervuje a u preparovaných jedinců může sůl dlouhodobě vystupovat na povrch, oproti tomu, roztok formaldehydu má daleko lepší konzervační vlastnosti. Avšak brouci v něm ztvrdnou a pro následnou preparaci jsou poté ne zcela vhodné. Také není zcela vyloučeno selektivní vábení, či naopak odpuzování dalších druhů, a i když se jedná o látku rychle rozložitelnou, stále je zdraví škodlivá (Schlaghamerský 2000).

2.10 Charakteristika čeledi Kovaříkovití (Elateridae)

Tato čeleď je, co se biodiverzity lesa týče, velmi významná a to proto, že v sobě skýtá nejen druhy, jež se řadí k významným škůdcům porostů, ale hlavně druhy bioindikační, které nám mohou pomoci porozumět vazbám v lesním ekosystému (Zbuzek 2017). Kolem 61 % druhů čeledi kovaříkovitých je zahrnuto v červeném seznamu ohrožených druhů, což při celkovém počtu 149 známých druhů v ČR, rozhodně není málo. U nás se tato čeleď dále člení do 7 podčeledí a 56 rodů (Hůrka 2017).

Jedná se o středně velké brouky, s protáhlým, vzadu zašpičatělým, sklerotizovaným tělem, které je mírně zploštělé (Křístek & Urban 2013). Tykadla jedince jsou bez paličky, nitkovitá, hřebenitá, či pilovitá a poměrně krátká (Hůrka 2017). V Evropě nalezneme druhy velikosti 1,5 mm do 35 mm. Barva kovaříkovitých je vždy poněkud tmavá, nenápadná, většinou hnědá, někdy červená, oranžová, či žlutá, jež se může mísit v ornamentech, či skvrnách (Laibner 2000). Hlava bývá zploštělá a silně vtažena do předohrudí, nohy kovaříků jsou kráčivé, s pětičlennými chodidly a v poměru k tělu jsou relativně krátké (Křístek & Urban 2013). V minulosti se jim říkalo „pružníci“, v anglickém jazyce se dodnes nazývají „*click beetles*“. To zapříčinil nejspíše jejich

mechanismus předohrudí, umožňující jedinci vymrštit se do vzduchu z polohy na zádech, a to za slyšitelného „cvaknutí“ (Hůrka 2017, Laibner 2000).

Larvy nazývané „*drátovci*“, mají silně sklerotizovanou hlavu vybavenou kusadly a hnědý, č žlutý značně protáhlý trup. Tělo bývá zploštělé, hladké a sklerotizované (Křístek & Urban). Vývoj závisí na druhu, ale zpravidla se jedná o jednoletý vývoj, ač známe i druhy s vývojem víceletým. Larvy žijí v trouchnivém dřevě, či v hrabance (Hůrka 2005, Mertlík 2017).

Mají velmi širokou ekologickou rozšířenost. Některé druhy jsou vzácné, xylofágní a poměrně úzce vázány na původní lesní porosty s tzv. doupnými stromy, zatímco jiné druhy řadíme mezi závažné škůdce zemědělství a lesnictví (Zbuzek 2017). Byť najdeme i druhy sídlící na loukách, polích a v otevřené krajině, většina evropských druhů je vázána na lesní, či lesostepní formace (Laibner 2000). Z celkového počtu 149 druhů na území ČR jsou 3 řazeny mezi druhy pro ČR vymizelé, 27 spadá do kategorie kriticky ohrožených druhů, 25 do kategorie ohrožených druhů 22 je pak řazeno mezi zranitelné druhy a 14 do kategorie téměř ohrožených druhů (Zbuzek, 2017).

2.10.1 Vývoj kovaříkovitých

Vývoj kovaříkovitých závisí na druhu, stěžejní jsou také podmínky prostředí, v nichž jsou vajíčka nakladena. Zejména vlhkost je ve vývoji jedince klíčovým faktorem (Křístek & Urban 2013). Rozmnožování kovaříkovitých probíhá na jaře, u jedinců, kteří přezimují ve fázi larvy začátkem léta. Ke kladení vajíček dochází zpravidla ve čtrnáctidenním intervalu po kopulaci, kdy samice klade 30–500 vajíček, a to buď jednotlivě, nebo ve skupinách. Velikost snůšky i její umístění je různé a závisí na druhu (Laibner 2000). Vajíčka jsou tvrdá, drobná a náchylná na sucho. V první fázi totiž nasají vodu z okolního substrátu a dojde k jeho zvětšení. Také z toho důvodu je oblíbeným substrátem pro kovaříky dřevo v pokročilém stadiu sukcese, či hrabanka. (Hůrka 2017, Křístek & Urban 2013). Stadium embrya je ukončeno po 3–5 týdnech. Vylíhlá larva nejdříve požívá žloutek, dále pak již běžnou potravu. Délka vývoje je různá pro jednotlivé druhy. Zatímco větší zástupci čeledi mají generaci 4-5 letou, u menších druhů trvá tento jev 2-3 roky. Také kovaříkovití, stejně jako jiné druhy hmyzu střídají stadium aktivity se stadiem zimní diapauzy (Laibner 2000). Larva do té doby prochází řadou instarů. Také jejich počet se liší v závislosti na druhu a kvalitě stanoviště. Ke kuklení dochází buď v substrátu u

půdních druhů, či v trouchu dřeva u saproxylobiontů. Brouci se poté líhnou v intervalu od dvou do čtyř týdnů. (Křístek & Urban 2013).

2.10.2 Potravní specializace jedinců

Tato čeleď skýtá množství druhů různých potravních specializací, či jejich kombinací. Na jaře a v létě se objevují první jedinci, ti se zpravidla živí pylem, či nektarem, také rašícími listy, kůrou mladých stromů a částmi květů. Jedná se tedy povětšinou o fytofágní druhy (Křístek & Urban 2013). Nalézáme zde však také saprofágní druhy, tj. takové druhy, jež se živí odumřelými zbytky organismů, jiné druhy napadají různá stadia vývoje menších xylofágů a také kolonie larev, které žijí na rostlinách. U saproxylických zástupců této čeledi se v poslední době hovoří o možnosti jejich vazby na houby (Douglas 2011). Často také současně požírají mrtvá těla bezobratlých, či vajíčka a jedná se tedy rovněž o nekrofágy (Laibner 2000). Existuje také záznam o určitých družích, jež mají sklony ke kanibalismu (Křístek & Urban 2013). Potravní vazby se liší nejen ve specializaci dospělců, ale shledáváme také rozdíly v různých fázích vývoje v rámci i jednoho druhu. Larvy se povětšinou živí mimotělním trávením a přijímají tedy tekutou potravu. Imaga se mnohdy živí pylem, některá však nepřijímají žádnou potravu a známe rovněž změny v potravní specializaci pro zdárné dokončení vývoje (Hůrka 2017, Brestovanská 2019). V této čeledi nalezneme specificky vyhraněné druhy jen omezeně, většina druhů potravní nároky kombinuje a nacházíme zde tedy silnou převahu polyfágů (Laibner 2000).

2.11 Kůrovci (Scolytinae), jejich problematika a vývoj

V současné době se jedná o jednu z podčeledí čeledi nosatcovití (Curculionidae), ač tomu tak vždy nebylo (Doležal 2013). Dlouhou dobu se tyto drobní brouci fenologicky podobní červotočovitým řadili do samostatné čeledi (Scolytidae) (Knížek 2008), avšak evolučně příbuzní jsou nejvíce s nosatcovitými, a také proto se dnes většinou řadí do jejich podčeledi (Křístek & Urban 2013). Kůrovci tvoří druhově bohatou skupinu brouků, celosvětově se uvádějí počty kolem 7000 druhů (Skelton & kol. 2019), v České republice, a na Slovensku je uváděno kolem 120 známých druhů (Schebeck & kol. 2019, Knížek 2006).

Jedná se o válcovité brouky, 1-8 mm velké, černohnědé, či hnědé barvy s kulovitou hlavou, která je jen zcela výjimečně zakončena krátkým noscem (Hůrka 2017). Tělo je

pokryté hustými, či řidšími chloupky a mnohdy je mívá jen jedno pohlaví daného druhu (Šrůtka 2003). Tykadla jsou lomená, paličkovitá, oválná a plochá. U jedinců různých druhů se liší tvarem (Pfeffer 1955). Složené oči mají plochý tvar, někdy mohou být rozděleny na dvě části, ale není to podmínkou (Křístek & Urban). Na spodní straně hlavy jsou umístěna kusadla. Ta bývají silná, značně chitinizována a mnohdy jsou i opatřena zuby. (Pfeffer 1955). Nohy mají kůrovci krátké, a jsou vybaveny pěti člennými chodidly (Křístek & Urban 2013). Krovky jsou u kůrovců vyvinuty rozličně, pohlavní dimorfismus je u některých druhů a vyznačuje se především v rozdílu tvaru zadní části krovek, či v struktuře a tvaru čela (Kula 2014). Mají vyvinuta blanitá křídla, jež skládají pod krovky (Pfeffer 1955). Larvy velmi podobné larvám nosatců, rohlíčkovité se silně sklerotizovanou hlavou, bývají beznohé (Křístek & Urban 2013, Knížek 2003). Všechny druhy kůrovců se starají o své potomstvo. Hlavní dorozumivací prostředek mezi jedinci je chemická komunikace. Jedná se o semiochemikálie a alelochemikálie, jež se podílí na mezidruhové i vnitrodruhové komunikaci mezi organismy – feromony (Hůrka 2017). Ty využívají kůrovcovití k hledání potravy, vyhledávání jedinců stejného druhu, či sexuálního partnera (Boullis & kol. 2016).

2.11.1 Specifické způsoby potravních vazeb a vývoje kůrovcovitých

Jedinci tráví většinu života pod kůrou hostitelských dřevin (Jones & kol. 2019). Kůrovci se vyvíjejí nejen v lýku listnatých i jehličnatých dřevin, ty nazýváme *phloeofágní druhy* ale také v bělí dřevin, kde se živí symbiotickými houbami (Skelton & kol. 2019, Jankowiak & kol. 2019, Knížek 2003). Takové druhy označujeme jako *xylomycetofágní druhy* (Silva & kol. 2020, Šrůtka 2003). Další druhy se živí v ovoci, či semenech – *spermofágní druhy*, a jiné v dužině větvíček, řapících listů, stoncích bylin – *myleofágní druhy* (Hulcr 2007). (Horáková & Horák 2010), uvádějí ve spojitosti s kůrovci také *saprofágní*, tedy specializaci na organismy v různém stádiu sukcese. Spolu s potravní specializací a vývojem lze uplatnit také další členění, a to zcela základní, uniformní pro hmyz obecně. Dle počtu hostitelů, členíme hmyz na monofágní, oligofágní a polyfágní druhy (Křístek & Urban 2013). Monofágem, nazýváme druh, jenž je striktně vázán na specifického hostitele. Takových druhů u nás není mnoho, což je možná způsobeno tím, že v případě vymizení hostitele vyhyne i monofágní druh (Pfeffer 1955). Výhodnější strategií se jeví oligofágie, jež skýtá širší škálu hostitelů, systematicky však příbuzných (Horák 2007). Polyfágem je jedinec, který má na jídelníčku širokou škálu hostitelů a

napadá například i různé druhy dřevin (tesařík napadající kořeny jedlí i listnáčů) (Špryňar & Strejček 2012). Obecně lze říci, že každá dřevina má specifického kůrovce, krom tisu (*Taxus baccata*) (Pfeffer 1955). Ačkoliv většina kůrovců se vyvíjí tak, že dojde k zahubení hostitele, existují i tací, jež se mohou vyvíjet v živém stromě, aniž by jej zahubili (Hulcr 2007, Silva & kol. 2020).

2.11.2 Faktory ovlivňující populační dynamiku podkorního hmyzu

Teplota je základní faktor ovlivňující nejen mikrostanoviště porostu a vitalitu stromů, ale také jedince i celou populaci podkorního hmyzu. Podstatnou roli zde hraje tzv. teorie stupňodní. Tj. součet rozdílů průměrných teplot dne nad limit, při nichž se vyvíjí jednotlivá stadia hmyzu. Pro vývoj stadií *Ips typographus* je stěžejní teplota lýka 8,3 °C a pro kompletní vývoj je zapotřebí 557 stupňodní (Degree Days) (Holuša 2015). Rojení začíná při 140 DD v dubnu. Z toho vyplývá, že teplejší počasí může navýšit roční počet populací podkorního hmyzu. Spolu s nárůstem populace vzhledem ke klimatickým jevům existuje také pojem sesterské rojení (opětovný výlet) a s tím spojené kladení vajíček. Sesterské rojení je jev, který závisí na teplotách v květnu (Kula 2014). Když je květen teplý, dochází k němu a může výrazně navýšit populační denzitu. Je to přerojení samic na jiný, či klidně stejný strom. Cca 2-3 týdny od normálního náletu, samice prodělá regenerační žír a bez jakékoliv kopulace pokračuje v kladení vajíček v jiném pozerku, a to bez snubní komůrky. U populace se jedná o přibližně 10-90 %, v závislosti na klimatu (Zahradník & Geráková 2010).

Na konci léta dochází ke snížení teplot v noci a ke zkrácení dne, a to opět ovlivňuje jedince, u nichž se dostaví diapauza jev, v němž dospělcům redukuje létací svaly, rozvíjí se tukové těleso a nepřijímají žádnou potravu. Po této fázi následuje postdiapauzní kviescence cca v polovině prosince a očekávají stimul nárůstu teploty pro rojení (Pešková & Holuša 2017).

Dalšími faktory bezesporu jsou srážkové úhrny, zásob porostu, ale také výskyt ohnisek žiru v uplynulém roce. Důležitá je však také porostní skladba, jelikož je dokázáno, že listnaté dřeviny obsahují volatilní látky, působící na kůrovce požírající jehličnany repelentně. Platí tedy, že smrky pěstované v monokultuře, budou napadeny s mnohem větší pravděpodobností a ve větší měřítku, než tomu bude u smrků v porostní směsi

s listnatými dřevinami. Podobně je tomu u jedinců nadúrovňových a jedinců pěstovaných v jedné úrovni (Holuša 2015).

2.11.3 Iniclace a průběh napadení stromu

Pakliže podmínky klimatu příznivé jsou, dochází k iniciaci náletu kůrovci. Pro příklad si uvedeme první fázi náletu našeho největšího zástupce rodu *Ips*, lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*). Tuto fázi zahájí tzv. pionýrští samci, tak označujeme jedince, jež po vyrojení aktivně vyhledávají jedince hostitelské dřeviny. K tomu jim slouží látky, jež nazýváme atraktanty, vysílané do prostředí poškozenými stromy (např. zlomy apod.) (Lukášová & Holuša 2015, Sweeney & kol. 2016). Po cca 1-3 dnech samec započne s vylučováním feromonu, jež nazýváme agregační, ten má za úkol přivolat na větší vzdálenost jedince obou pohlaví daného druhu a spustit tak hromadný nálet (Jones & kol. 2019). Nastává hromadný nálet, jeho úspěšnost závisí na vitalitě jedince hostitelské dřeviny, jelikož vitální jedinec je schopen vylučovat pryskyřici po delší dobu a lépe tak znesnadňovat nálet většího počtu brouků. Pokud se jedná o strom s horší vitalitou, jeho obrana je zastavena dříve. Po hromadném náletu následuje páření, jelikož se jedná o polygamní druh, každý samec se páří se 2–3 samicemi (Jakuš & kol. 2015). Ty, pak vytvářejí matečné chodby, u druhu *Ips typographus* jsou tyto chodby rovnoběžné k ose kmene a kladou do nich vajíčka. Následuje vývoj larev, z chodeb jsou odstraňovány drtinky, jež nám slouží jako vnější ukazatel napadení stromu (Doležal 2013). Když je hostitelský strom již plně obsazen a nenachází se zde více živného substrátu, je nutné omezit nálet dalších jedinců brouků. Proto začnou dospělci produkovat tzv. antiatraktanty, verbenon a ipsenol. Tyto látky spouští tzv. Switch fázi, kdy dochází osidlování okolních stromů a vše pokračuje dále (Jakuš & kol. 2015).

Pro správné odhalení náletu i druhu, který strom napadl můžeme využít také poznatků o specializaci druhů na určitou část kmene:

Tabulka č. 1 – Specializace druhů podle preference části kmene, dle Knížka & Zahradníka 2010

Druh	Část kmene
<i>Ips typographus</i>	střední a spodní část kmene
<i>Ips duplicatus</i>	horní část
<i>Ips amitinus</i>	slabší část kmene
<i>Pityogenes chalcographus</i>	střední a vrchní část, větve
<i>Polygraphus poligraphus</i>	celý kmen, větve
<i>Trypodendron lineatum</i>	celý kmen

2.11.4 Gradace a její průběh

Pro vznik gradace jakéhokoliv druhu je stěžejní množství disponibilního živného substrátu. U podkorního hmyzu hovoříme o dostatku dříví vzniklého především díky vlivům extrémních klimatických jevů, zejména větrných, sněhových a dalších škod (Kasumović & kol. 2016). Rozmnožování hmyzu je však ovlivněno i tzv. vnitřními činiteli, kteří populaci podporují, či poškozují a usměrňují tak za klasických podmínek početnost druhu (Horáková & Horák, 2010). Mezi jednotlivými druhy panuje silná konkurence, plynoucí z omezené nabídky zdrojů. Tuto mezidruhovou konkurenci můžeme demonstrovat na příkladu vztahu *Ips typographus* a *Pityogenes chalcographus*, či *Ips amitinus*. Jelikož se *P. chalcographus* objevuje dříve než *I. typographus* využívá stejné zdroje, avšak o poznání dříve. Je dokázáno, že *P. chalcographus* takto ovlivňuje plodnost generací *I. typographus*. Kompetice o potravní zdroje je stěžejní faktor regulující populace *Ips typographus*. Fungovala pravděpodobně daleko dříve a měla zřejmě silný vliv na evoluci kůrovců, jež se díky jejímu působení vyvinuli tak, že jsou dnes některé druhy adaptovány k velmi rychlému přechodu z rozptýlených a omezených zdrojů na zdroje neomezené (Holuša 2015).

Pakliže dojde například k rozsáhlejším větrným škodám, pro kůrovce to znamená zlepšení podmínek života a můžeme tedy očekávat nárůst populace. Podobné je to v případě, že dojde k nárůstu teplot a současně ke ztrátám vody v prostředí, což můžeme sledovat několik posledních let (Pešková & Holuša 2017, Tudoran & Zotta 2020).

Železná zásoba – je označení, kdy je stav škodlivého hmyzu v základním počtu a nepůsobí škody rozsáhlejšího charakteru. Když se životní podmínky hmyzulepší, výsledkem bývá nárůst jeho populace-**gradace**. Gradaci můžeme rozdělit na několik fází: **latence** – je stav, kdy je početnost jedince na určitou dobu nižší než železná zásoba. Následuje **akrescence** – fáze, během níž se denzita populace vyrovná zpět na železnou zásobu. Dále přichází strmější nárůst populace a dochází k překročení železné zásoby-**progrese**. Vrcholem gradace je fáze zvaná **kulminace** – kdy počet jedinců dosahuje svého maxima. Tato fáze není dlouhodobě únosná, a tak je rychle vystřídána poklesem až zpět na hranici železné zásoby – **regrese**, po této fázi se stav ještě pozvolna snižuje pod železnou zásobu – **dekrescence**. Následně je početní denzita zpět na svém minimu a znovu nastává období **latence**, čímž se kruh uzavírá (Horáková & Horák 2010).

V přírodě můžeme střídání těchto období vidět často. Při pozorování škodlivého hmyzu je zapotřebí také hlídání početních stavů, aby nedošlo k závažné epidemii – kalamitě. Rozeznáváme tři stavy, základní, zvýšený a kalamitní. Ve vyhlášce ministerstva zemědělství 78/2018 Sb. Jsou stanoveny tyto takto:

a) základní stav jako nízký stav populační hustoty škůdce, při němž nehrozí v témže roce nebo v následující generaci škůdce, kterou je jeden úplný cyklus jeho vývoje, jeho přemnožení, které by mělo za následek hospodářsky významné škody na lesních porostech,

b) zvýšený stav jako stav populační hustoty škůdce, při němž dosud nedochází k hospodářsky významným škodám na lesních porostech, který však dokládá možnost vzniku hospodářsky významných škod v téže nebo v následující generaci škůdce, ohrožení plnění funkcí lesa nebo rozvrácení lesních porostů,

c) kalamitní stav jako stav populační hustoty škůdce, při němž dochází k vzniku hospodářsky významných škod na lesních porostech, ohrožení plnění funkcí lesa nebo rozvrácení lesních porostů.“ (Zahradník & Geráková 2010).

3 Metodika

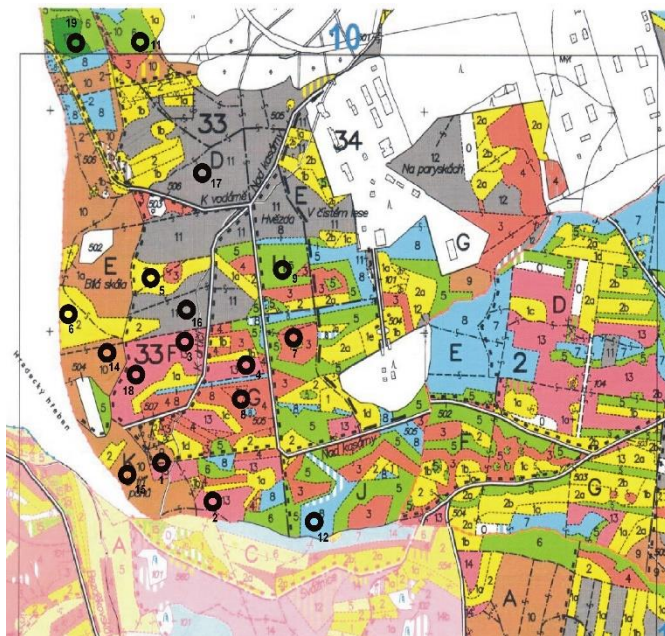
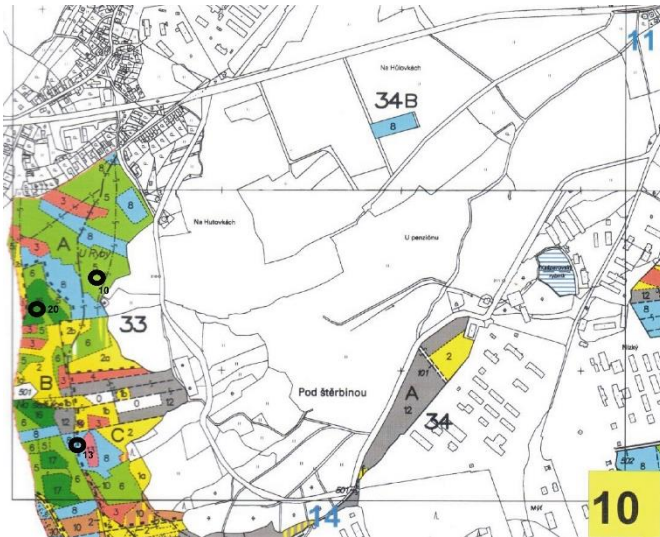
3.1 Lokalita a porosty vybrané pro výzkum

Voltuš, obec, u níž se výzkum prováděl, leží nedaleko CHKO Brdy. Krajina Brdské vrchoviny se vyznačuje typickými bezlesými stanovišti. Rašelinami, mokřady, vřesovišti, či rozlehlými loukami se vzácnými druhy rostlin. Díky těmto ojedinělým stanovištím zde můžeme nalézt také široké spektrum živočichů, vázaných na tyto biotopy. Roční srážkový úhrn v Brdech se v průměru pohybuje od 550 mm do 800 mm v závislosti na nadmořské výšce. Co se týče teplotního gradientu v průběhu roku, teploty se pohybují od 5 –5,5 °C po 9 °C, což rovněž závisí na nadmořské výšce. Krajina v Brdech je různorodá, její přechody mohou být pozvolné i náhlé. Tak tu vedle sebe nacházíme teplé háje, rašelinné smrčiny, ale i doubravy. Najdeme zde menší sněhovou pokrývku, což způsobuje poloha Brd, jelikož se nacházejí ve srážkovém stínu Krušných hor. Také díky tomu najdeme ve vrcholových částech 45 cm sněhu, zatímco v těch nejnižších se hodnoty pohybují okolo 10 cm. Každých 100 výškových metrů znamená rozdíl teplot cca o 0,7 °C. (Cílek et al., 2015). Chráněná krajinná oblast Brdy byla vyhlášena v roce 2015. Na jejím území, jež činí 345 km² nalezneme 5 přírodních rezervací, 3 přírodní památky a 16 evropsky významných lokalit. Také tato čísla jsou dokladem toho, o jak významné území pro biodiverzitu se jedná. AOPK ČR se také proto snaží, vracet do Brd původní druhy rostlin a také proto, se na tato místa vrací dobytek, vypalování vřesovišť apod.

Vlastníkem pozemků, na nichž byl výzkum uskutečněn náleží městu Rožmitál pod Třemšínem, který se nachází 2,7 km daleko. Stanoviště se nacházejí na Brdské vrchovině – PLO 7, cílový hospodářský soubor je nejvíce reprezentován Hospodářstvím kyselých stanovišť – tedy číslem 53 a dále 57 - Hospodářství oglejených stanovišť vyšších poloh. Nejhojněji zastoupené SLT 5 K a 5P to potvrzují. Díky souboru všech těchto faktorů zde nacházejí vhodné prostředí rostliny jako bělomech sivý (*Leucobryum glaucum*), brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*), na pasekách se setkáváme s metličkou křivolakou (*Avenella flexuosa*). Ve světlínách narazíme na krušinu olšovou (*Frangula alnus*) a také šťavel kyselý (*Oxalis acetosella*).

Všechny porosty pro výzkum se nacházejí v klasicky obhospodařovaném lese, správu hospodaření ve všech porostech, na nichž studie probíhala spravuje firma Kaiser s.r.o. Stejně tak jako v mnohých hospodářských lesích i zde, je nejhojněji zastoupen smrk ztepilý (*Picea abies*) a porosty jsou monokulturami. Vybrány byly porosty od čerstvě

zalesněných pasek až po porosty překračující standartní dobu obmýtí, to vše z důvodu studie biodiverzity v různé vývojové fázi smrkového lesa. Instalovalo se 20 nárazových pastí (viz. mapa č.1 a č.2), jež se umístily na jedince reprezentující daný porost v jeho cca výčetní výšce. V případě zalesněných pasek, se v jejím přibližném středu zarazil do země dřevěný kůl a past se umístila na něj.



Mapa č. 1 a č. 2 – Zobrazení rozmístění pastí v lesnické mapě

Zdroj: <http://www.uhul.cz/mapy-a-data/katalog-mapovych-informaci>

3.2 Odchyťová zařízení a jejich umístění

Jako nejvíce vhodnou metodu pro naši studii jsme zvolili pasivní nárazovou past. Jednalo se o plexisklo 35 x 50 cm, na nějž bylo kolmo instalováno druhé tak, aby vznikl kříž. Tento kříž chránila stříška (miska pod květináč) o průměru 40 cm. Na plexiskla navazoval trychtýř z nepromokavé a značně pevné plachty a pod tímto trychtýřem byla umístěna sběrná nádoba cca 15 cm vysoká, k vyhotovení nám posloužil spodní konec plastové lahve. Tato past se všemi svými součástmi se spojila dráty tak, že celková její výška činila 105 cm. Po finálním zkompletování se každá past umístila přibližně ve výčetní tloušťce každého vybraného stromu.



Obr. č. 1 – Nárazová past v lokalitě Voltuš

Tabulka č. 2 – GPS souřadnice pastí a věk porostu

<i>Past č. 1</i>	49°34'26.9"N 13°50'50.5"E	4 roky
<i>Past č. 2</i>	49°34'23.7"N 13°51'01.6"E	10 let
<i>Past č. 3</i>	49°34'32.4"N 13°50'53.6"E	5 let
<i>Past č. 4</i>	49°34'34.3"N 13°51'00.4"E	4 roky
<i>Past č. 5</i>	49°34'38.9"N 13°50'46.8"E	21 let
<i>Past č. 6</i>	49°34'34.4"N 13°50'35.9"E	32 let
<i>Past č. 7</i>	49°34'36.0"N 13°51'05.4"E	42 let
<i>Past č. 8</i>	49°34'30.9"N 13°50'59.7"E	43 let
<i>Past č. 9</i>	49°34'41.4"N 13°51'02.3"E	61 let
<i>Past č. 10</i>	49°35'14.5"N 13°50'32.7"E	67 let
<i>Past č. 11</i>	49°34'49.6"N 13°50'42.0"E	61 let
<i>Past č. 12</i>	49°34'23.8"N 13°51'12.8"E	97 let
<i>Past č. 13</i>	49°35'01.6"N 13°50'27.8"E	88 let
<i>Past č. 14</i>	49°34'32.4"N 13°50'41.7"E	115 let
<i>Past č. 15</i>	49°34'25.3"N 13°50'44.5"E	108 let
<i>Past č. 16</i>	49°34'35.7"N 13°50'52.4"E	124 let
<i>Past č. 17</i>	49°34'45.3"N 13°50'49.1"E	125 let
<i>Past č. 18</i>	49°34'31.2"N 13°50'45.3"E	146 let
<i>Past č. 19</i>	49°34'49.0"N 13°50'37.6"E	183 let
<i>Past č. 20</i>	49°35'11.5"N 13°50'27.4"E	175 let

3.3 Zahájení terénních prací a průběh výzkumu

Pro naši studii byla vybrána skupina fytofágních druhů, a to hned z několika důvodů. Jelikož práce pojednává o změnách v lesním ekosystému, vývojových stádiích lesa, a tedy o změnách mikroklimatu stanoviště, zajímat nás bude skupina brouků s nejužší vazbou na rostliny a tou jsou právě fytofágové (Špryňar & Strejček 2012). Zabývat se budeme zejména členovci, protože se jedná o nejpočetnější skupinu fytofágů a z nich speciálně brouky. Proč brouky? Jedná se o nejprobádanější skupinu a lze proto snadno nalézt množství informací a přesněji tak odhadnout vazby a reakce v ekosystému, v němž žijí (Krása 2015).

Instalace pastí započala datem 05.04.2018. Instalace probíhala následujícím způsobem. Každá zkompletovaná past se v d 1,3 připevnila okolo kmene stromu drátem, z důvodu zajištění lepší stability, se toto provedlo hned ve dvou místech, aby past v důsledku např. větru nebyla poškozena a nepřišli jsme tak o data. Při instalaci se do každé sběrné nádoby vlila fixační tekutina. Pro lepší orientaci při následných sběrech bylo také na každou stříšku napsáno číslo pasti. Samotné výběry se uskutečňovaly v intervalu týdne – 14 dní, což záviselo na vývoji klimatických podmínek, hlavní slovo přitom zaujímala zejména teplota. Sběry se uskutečňovaly takto: 05.04., 03.05., 25.5., 15.6., 04.7., 27.7., 17.8., 07.9., 27.9., 02.11. Při výběru se materiál, odchycený do pasti přecedil přes plastové sítko a přemístil do lahvičky z umělé hmoty, v níž se již nacházela fixační tekutina shodná s tou v pastech. Každá z lahviček musela být opatřena štítkem, na nějž se napsalo číslo pasti a datum jejího výběru. Sběrná nádoba pasti se poté umístila zpět na své původní místo a doplnila se v do ní fixační tekutina, aby mohla dále plnit svůj účel. Fixační tekutina se skládala z roztoku chloridu sodného s malým množstvím jaru, ten byl do tekutiny přidán pro zajištění porušení povrchového napětí roztoku a díky této přísadě se tak do pastí chytil i drobný hmyz, jež by za normálních okolností past bez problémů opustil. Po ukončení sběru bylo nutné vzorky v lahvičkách umístit do chladu, aby nedošlo k jejich znehodnocení.



Obr. č. 2 - Lahvičky na odchycený materiál

3.4 Determinace a nomenklatura

Po sběru vzorků se přistoupilo k jejich třídění. Nejprve bylo nutné roztrždit materiál na úroveň řádů, tato práce probíhala v průběhu celé studie, ve VÚLHM v Jílovišti, za pomoci pracovníků tohoto ústavu. V Petriho misce se materiál rozplavil a pro usnadnění determinace se nasvítíl pod lupou. Po roztržení vzorků se brouci, kteří se ve vzorku nacházeli, umístili do menší violky i se štítkem a tato lahvička se pak také označila štítkem s číslem pasti a datem výběru. Zbylé řády se po součtu jedinců odstranily. Počty jedinců v jednotlivých řádech jsem zaznamenávala do bloku a v průběhu studie převáděla tato data do PC. Brouci, jež se umísťovali do zvláštní zkumavky, se dále třídili do čeledí. Tato práce již probíhala v sídle fakulty, za pomoci doc. Ing. Oty Nakládala, Ph.D. a Ing. Jiřího Synka, Ph.D. Každý ze vzorků, byl znovu spočítán, opět opatřen štítkem s číslem pasti a datem sběru a přidán k ostatním vzorkům ze stejné čeledi. Celkem se v tomto řádu determinovalo 32 čeledí a 1 pod čeledi.

Speciální skupinu tvořily vosy, včely a mravenci, jelikož se jedná o eusociální hmyz, třídily se zvlášť. Také larvy s proměnou dokonalou tvořily zvláštní skupinu. Klíčem k determinaci na úroveň čeledí byla kniha Brouci České a Slovenské republiky (Hůrka

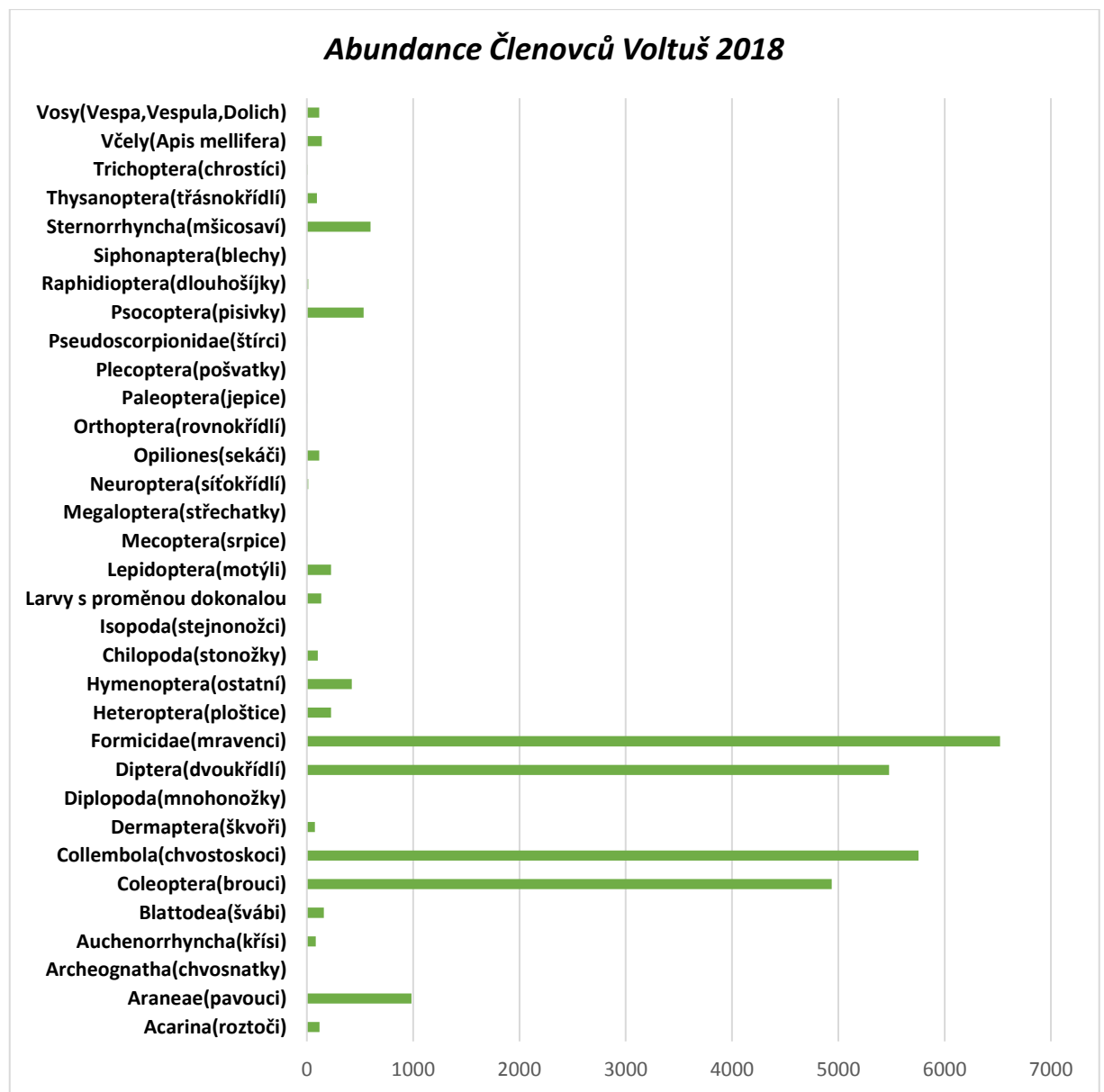
2017). Systematika byla rovněž čerpána odtud. Čeleď Elateridae, kterou bylo nutné určit na úroveň druhu byla předána k determinaci odborníkovi J. Brestovanskému a nejpočetnější zástupce podčeledi Scolytinae určil můj školitel doc. Ing. Oto Nakládal, Ph.D. Následovalo zpracování výsledků. K tomu nám posloužil program Statistica 13.4.0.14, v níž byl proveden nelineární odhad modelu pomocí Levenberg-Marquardt metody, parametry byly odhadnuty podle metody nejmenších čtverců. Hledali jsme funkci, jež bude nejlépe a co nejpřesněji vykreslovat diverzitu i její variabilitu. Zkoušeli jsme parabolickou funkci, ta nás však nepřesvědčila, a tak jsme pokračovali v pátrání po lepší variantě. Nakonec našim požadavkům nejlépe odpovídala funkce $y=a/x+x^b$.

4 Výsledky

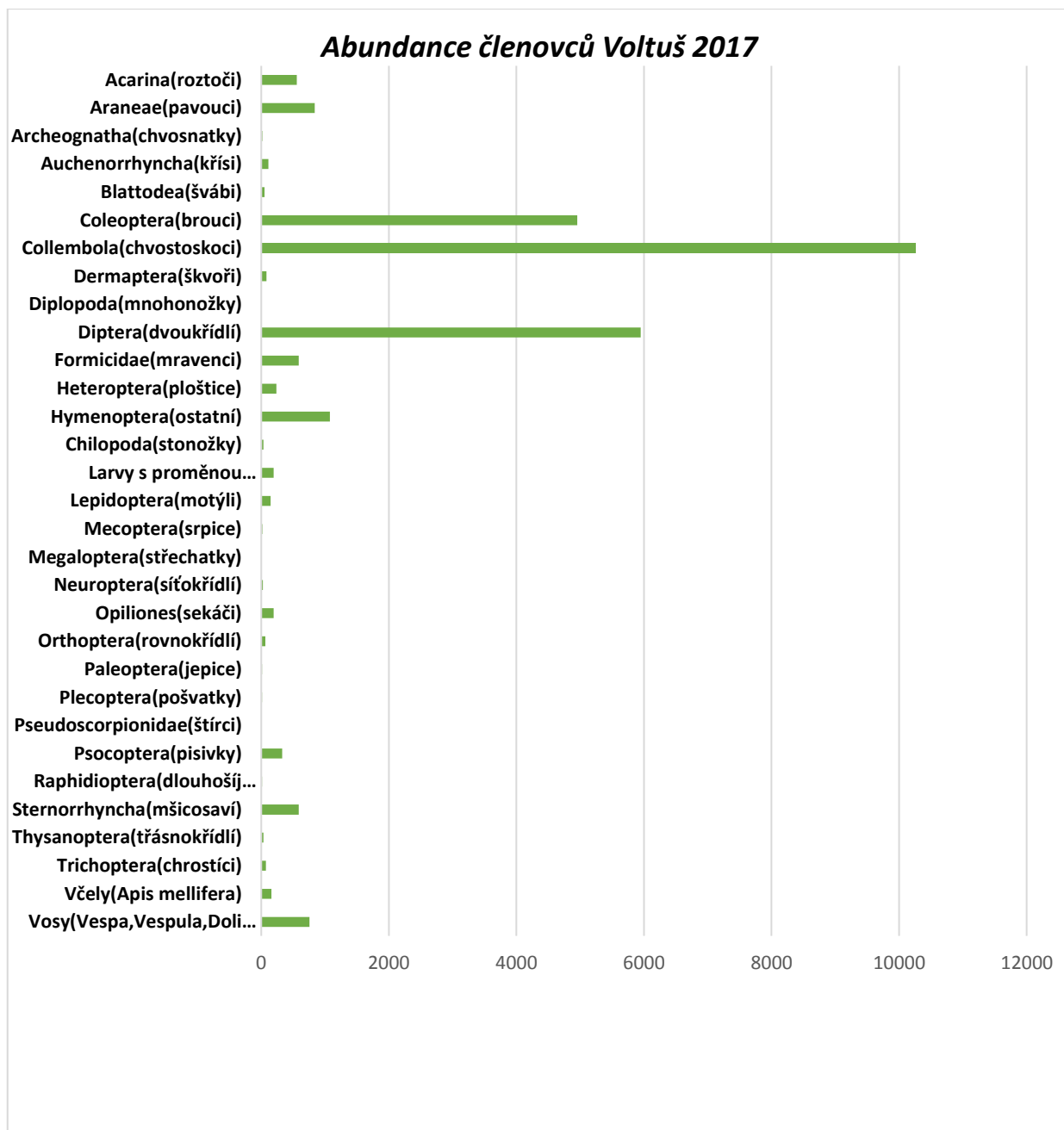
Výhodou studie ve Voltuši je souhrn dat, ze dvou, po sobě jdoucích let (2017, 2018). Můžeme tyto informace srovnat, abychom si udělali přesnější obraz toho, jak se situace na daných lokalitách vyvíjí.

4.1 Diverzita členovců

V roce 2018, bylo ve Voltuši odchyceno celkem 26 867 členovců, jež se dále třídili do 32 skupin. Z grafu č.1 vidíme, že nejvíce zastoupenými skupinami jsou Formicidae, Diptera a Coleoptera z hmyzu. Z ostatních tvoří nejpočetnější skupinu Collembola.



Graf č. 1 – Členovci odchycení v lokalitě Voltuš, v roce 2018

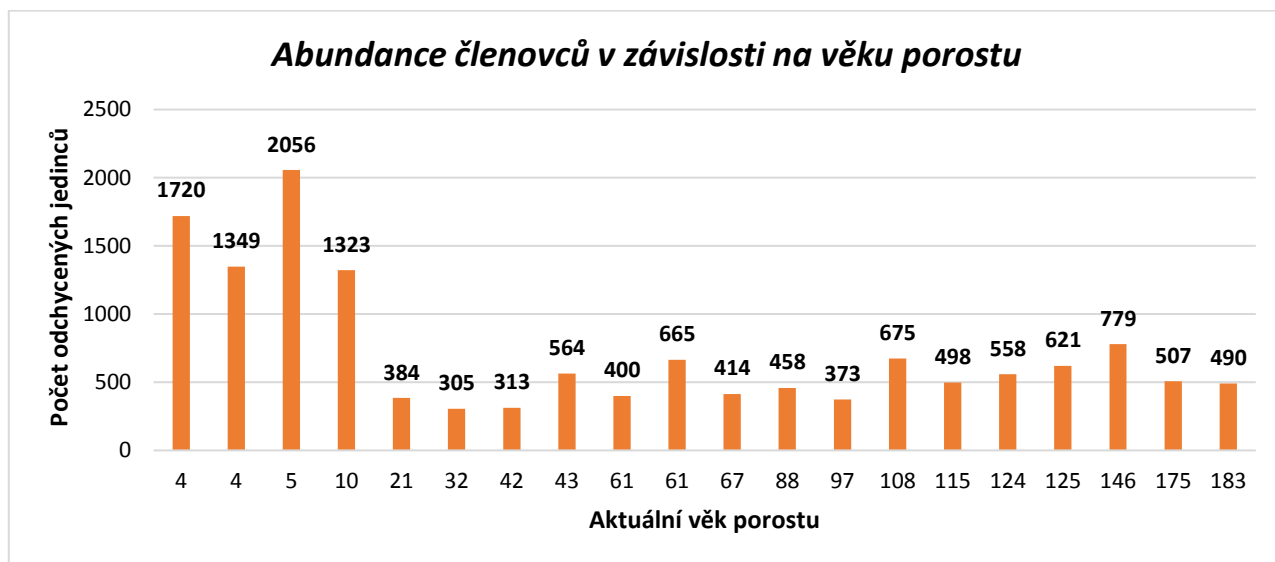


Graf č.2 – Početní denzita členovců ve Voltuši, v roce 2017

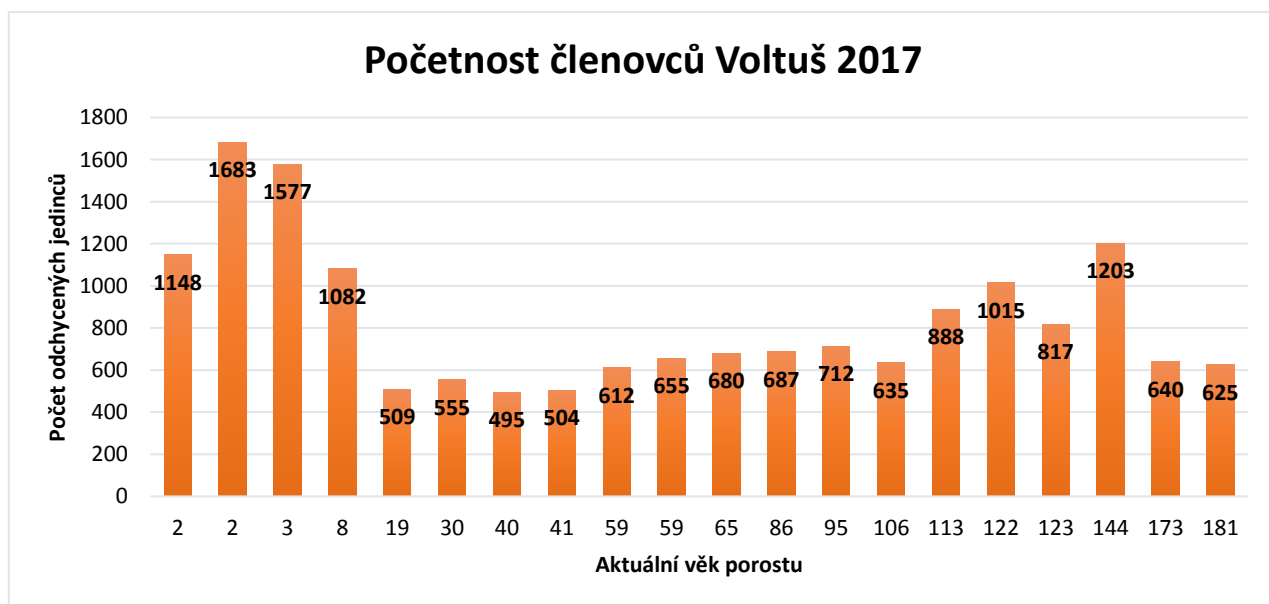
V roce 2017 bylo ve Voltuši celkem odchyceno 27 322 jedinců členovců, nejpočetnější skupinu tehdy tvořila Collembola, z hmyzu to pak byly řády Diptera a Coleoptera. Je tedy patrné, že diverzita členovců v této lokalitě sleduje stále stejný trend.

4.1.1 Abundance členovců v závislosti na věku

Graf č. 3 a č. 4 zobrazují diverzitu členovců v závislosti na věku porostu, v němž byla past umístěna. V obou případech vidíme, že nejvyšší abundance dosahovaly porosty nejmladšího věku, naopak porosty od druhé do šesté věkové třídy dosahují nízkých hodnot, k jejich navýšení dochází až po překročení doby obmýtí u nejstarších porostů.



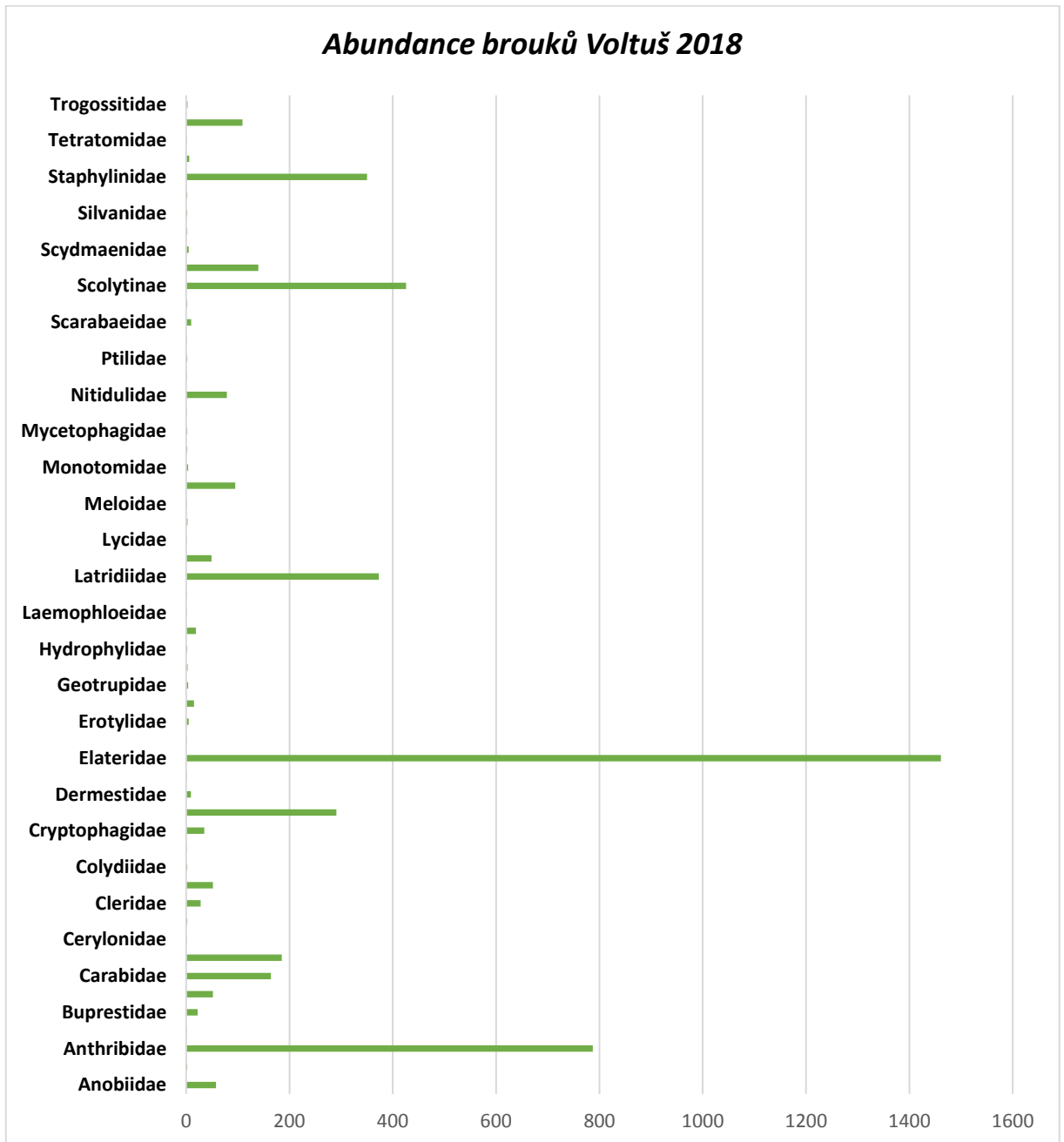
Graf č. 3 – Densita členovců v závislosti na věku porostu, v němž je past umístěna, rok 2018



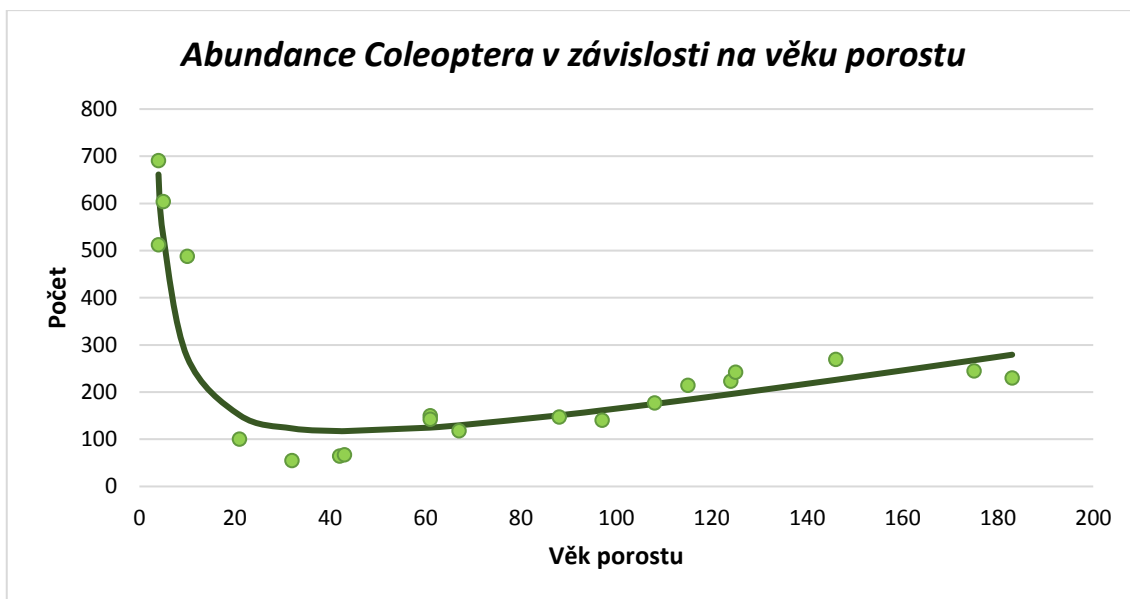
Graf č. 4 – Densita členovců v závislosti na věku porostu, rok 2017

4.2 Dynamika biodiverzity Coleoptera

Dalším krokem bylo vyhodnocení populační denzity řádu Coleoptera. V roce 2018 se v lokalitě Voltuš odchytilo celkem 4877 jedinců. Všichni odchytení brouci se dále třídili do 54 čeledí a 1 podčeledi. Nejpočetnější čeledi tvořili Elateridae, Anthribidae a podčeď Scolytinae



Graf č. 5 – Denzita Coleoptera v rámci čeledí a podčeledi



Graf č. 6 – Diverzita Coleoptera v závislosti na věku porostu

Tabulka č. 3 – Parametry funkce použité v grafu č. 6

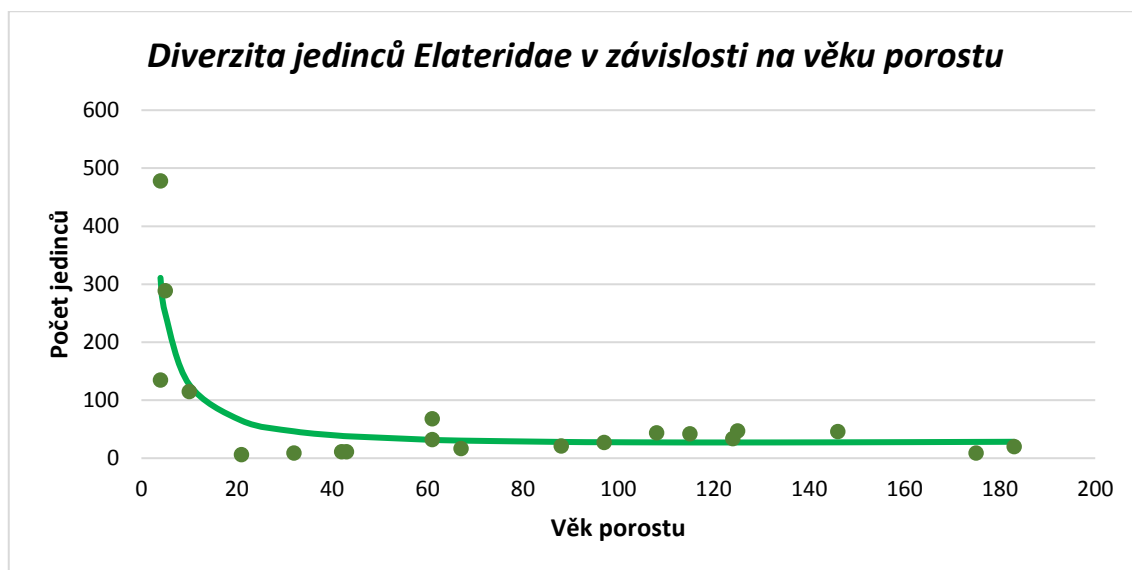
R ² =0,849665	Parametry funkce					
	Estimate	Standard	t-value	p-value	Lo. Conf	Up. Conf
a	2627,907	172,9806	15,19192	0,000000	2264,488	2991,325
b	1,071	0,0255	42,01497	0,000000	1,017	1,124

Graf č. 6 je vypracován pomocí programu Statistica 13.4.0.14 a funkce $y=a/x+x^b$. Tato funkce se ukázala jako nejvhodnější, jelikož funkce klesá rychleji, než následně stoupá, stejně tak jako dynamika skupin brouků v naší studii. Parametry funkce jsou významné, což taktéž potvrzuje vhodnost tohoto modelu. Nejdůležitějším parametrem je míra variability R². Ta ve výsledcích dosahovala neoptimálnějších hodnot (blíživších se 1) právě při použití této funkce.

4.3 Dynamika diverzity Elateridae

Následovalo třídění Elateridae do druhů. Všichni jedinci byli zasláni k determinaci. Celkem se v roce 2018 odchytilo 1486 jedinců, zastoupených 25 druhy. Kovaříkovití se nejhojněji vyskytovali na pasekách a v porostech první věkové třídy, v druhé až šesté věkové třídě sledujeme pokles v diverzitě jedinců, který stoupá až v porostech překračujících standartní dobu obmýtí, tedy v nejstarších porostech. Také zde bylo

využito funkce $y=a/x+x^b$, a také zde se tato funkce velmi osvědčila. Parametry jsou velmi významné a hladina variability R^2 znovu vyšla velmi příznivě.

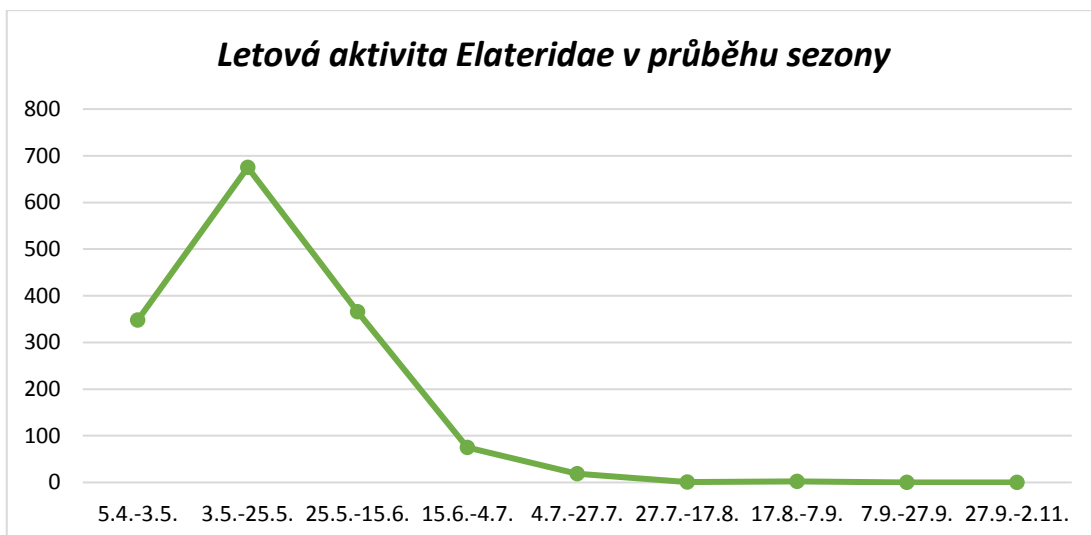


Graf č. 7 – Početnost Elateridae v závislosti na věku porostu

Tabulka č. 4 – Parametry funkce použité pro graf č. 7

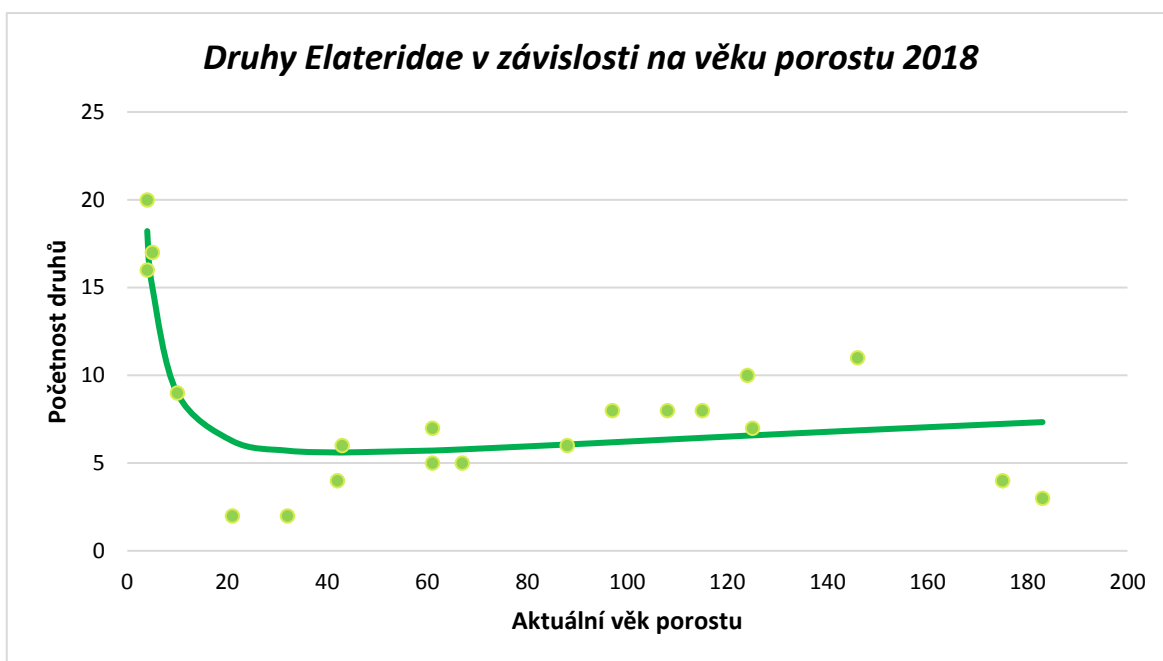
$R^2=0,72351561$	Parametry funkce-Diverzita Elateridae					
	<i>Estimate</i>	<i>Standard</i>	<i>t-value</i>	<i>p-value</i>	<i>Lo. Conf</i>	<i>Up. Conf</i>
a	1234,595	148,0511	8,338978	0,000000	923,5513	1545,639
b	0,590	0,2256	2,615106	0,017533	0,1160	1,064

Letová aktivita kovaříkovitých dosahovala nejvyšších hodnot zejména na jaře, z grafu č. 8 vidíme, že kulminace křivka dosahuje v květnu a nadále zaznamenáváme pokles až k nule.



Graf č. 8 – Diverzita Elateridae v závislosti na letové sezoně

Také graf č. 9 zobrazující diverzitu na úrovni druhů kopíruje trend platný pro členovce i brouky. Nejvíce druhů se odchytilo v nejmladších porostech, následuje prudký pokles a pozvolného nárůstu křivka dosahuje až u porostů překračujících dobu obmýtí. Na základě těchto poznatků, lze i zde vhodně uplatnit funkci platnou pro předchozí grafy. Také u tohoto grafu dosahovaly parametry uspokojivých hodnot.



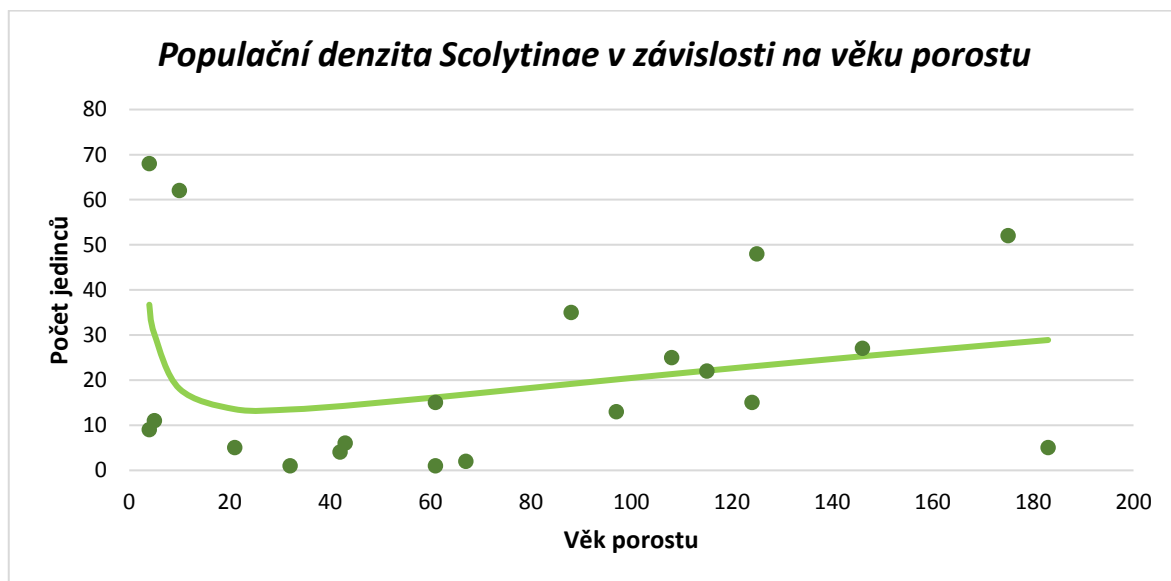
Graf č. 9 – Druhová diverzita Elateridae v závislosti na věku porostu

Tabulka č. 5 – Parametry funkce použité v grafu č. 9

R=0,74744285	Parametry funkce – Druhy Elateridae v záv. na věku					
	Estimate	Standard	t-value	p-value	Lo. Conf	Up. Conf
a	66,14893	6,055315	10,92411	0,000000	53,42718	78,87067
b	0,37272	0,025916	14,38146	0,000000	0,31827	0,42716

4.4 Diverzita Scolytinae a její dynamika

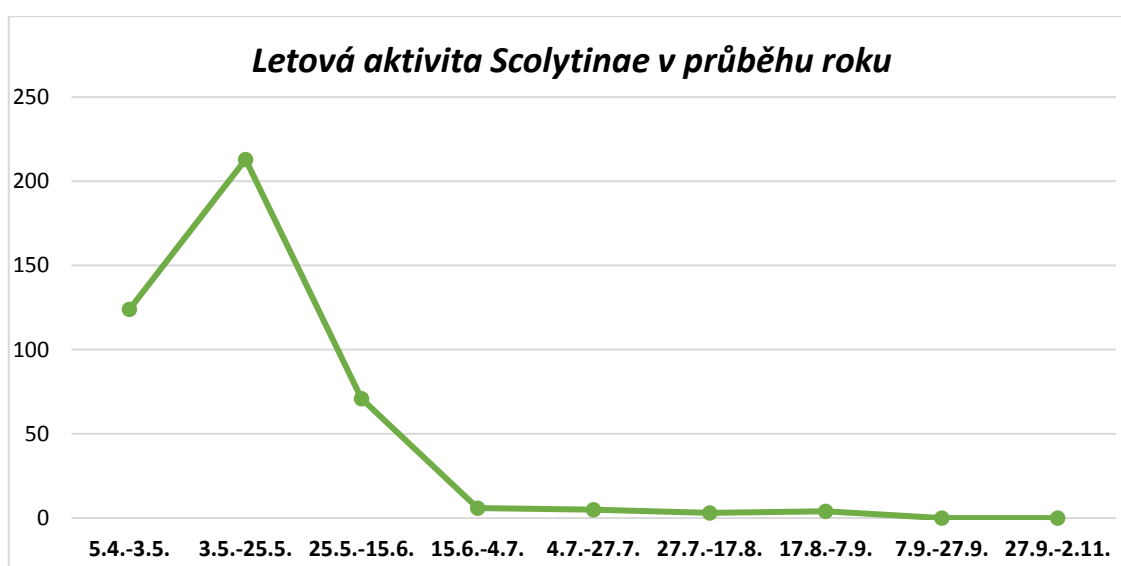
V roce 2018 se v lokalitě Voltuš odchytilo celkem 426 jedinců podčeledi Scolytinae, jež se dále třídili do druhů. Nejpočetnějším druhem byl *Hylastes cunicularius* (lýkohub drař), druhým nejpočetnějším druhem byl *Pytiogenes chalcographus* (lýkožrout lesklý). V grafu č. 10 vidíme, že trend platný pro ostatní skupiny, kopíruje také podčeleď Scolytinae. Nejmladší porosty jsou obsazovány nejhojněji, následuje pokles a nárůst je patrný až v porostech nejstarších, jež překračují standartní dobu obmýtí. Takže i zde uplatníme funkci platnou pro předchozí skupiny. Parametry nám opět potvrzují, že trend je kopírován vhodně.



Graf č 10 – Počty odchytených Scolytinae v závislosti na věku porostu

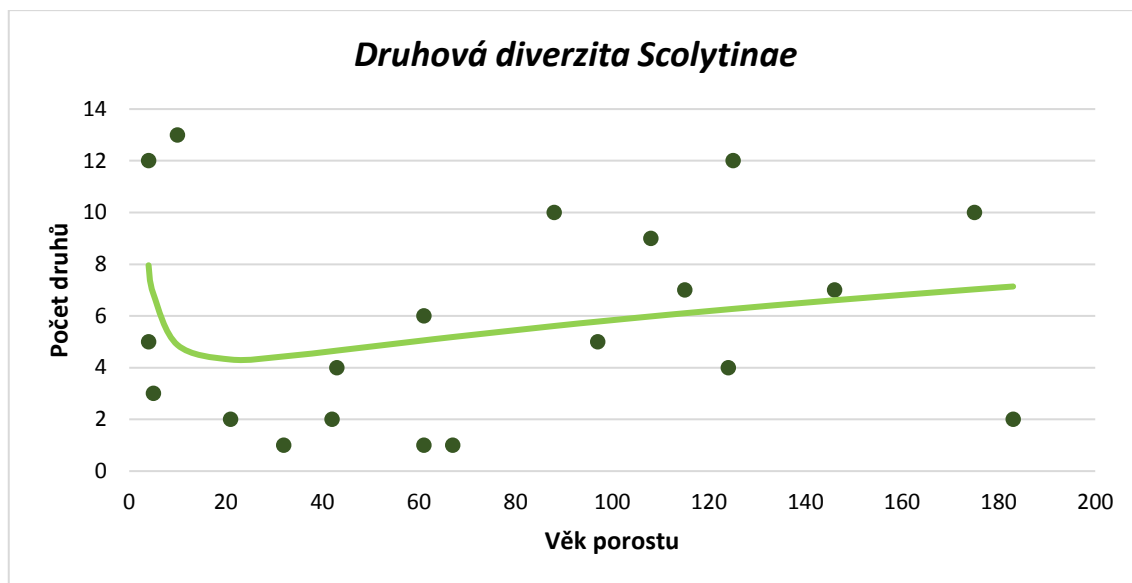
Tabulka č. 6 – Parametry funkce využití v grafu č. 10

R ² =0,16118562	Parametry funkce-Početnost Scolytinae v záv. na věku por.					
	Estimate	Standard	t-value	p-value	Lo. Conf	Up. Conf
a	137,1594	46,85534	2,92730	0,008998	38,72000	235,5988
b	0,6406	0,05603	11,43404	0,000000	0,52292	0,7583



Graf č. 11 – Diverzita Scolytinae v průběhu letové sezony

Také letová aktivita kůrovcovitých (Graf č. 11) sleduje podobný průběh jako u kovaříkovitých. Kulminaci křivky sledujeme v květnu s nejprve prudším, následně mírnějším poklesem až k nule.



Graf . 12 – Druhov pestrost krov vše vše závislosti na věku porostu

Tabulka . 7 – Parametry funkce vyuit v grafu č. 12

R=0,120665	Parametry funkce-Druhov diverzita Scolytinae					
	Estimate	Standard	t-value	p-value	Lo. Conf	Up. Conf
a	25,12602	9,205097	2,729576	0,013758	5,786823	44,46521
b	0,37357	0,039240	9,520012	0,000000	0,291126	0,45601

Rovněž graf č. 12 vyobrazující diverzitu druh podčeledi Scolytinae se vyznačuje tím, že od druhého po est vekov stupeň porostu vidíme pokles křivky, naopak nárůst pozorujeme v porostech nejmladc a dále pak v porostech překračujících obmýtí, tedy v porostech nejstarc. Take i zde vhodne uplatme funkci $y=a/x+x^b$ a pozorujeme, že i zde jsou parametry ve vhodncch rovincch.

5 Diskuse

Výhodou nám bezesporu je fakt, že máme k dispozici data ze dvou po sobě jdoucích let a lze si díky lépe představit, k jakým změnám biotopu zde došlo. Srovnáme-li graf č. 1 (rok 2018) s grafem č. 2 (2017), oba tyto grafy zobrazují diverzitu druhů na úrovni řádů, nalezneme zde rozdíly. Tyto rozdíly způsobuje především zkreslení výsledků vysokým počtem odchycené čeledi Formicidae. Pomineme-li však tuto zkreslující část, je patrné, že stanoviště stále vykazuje vcelku podobný trend.

5.1 Věk porostu jako klíčový aspekt biodiverzity

Jedním ze stěžejních faktorů, který má vliv na druhové spektrum je především věk porostu. Ten ovlivňuje jak mikroklima stanoviště, tak i hustotu porostu, či srážkový úhrn dopadající na půdní povrch (Křístek & Urban 2013). Těmito i dalšími jinými faktory působí věk porostu na druhovou pestrost stanoviště. To potvrzují i grafy č. 3 a č. 4, kdy je patrné, že největší diverzita druhů byla zaznamenána v nejmladších porostech, poté rapidně klesla a pozvolný nárůst lze sledovat i v nejstarších věkových třídách porostů, ačkoliv již není tak výrazný. Tento fakt potvrzuje skutečnost, že pro zástupce Coleoptera je důležitý výskyt světlin a pasek stejnou měrou, jako přítomnost starých jedinců v rozpadu a detritu dřeva všeobecně (Krása 2015). Mladý porost není po určitou dobu plně zapojeným. Než se zápoj vytvoří, hostí paseky množství rostlin a živočichů, jímž nemůže zapojený porost tyto podmínky poskytnout. Po zapojení porostu se však tyto podmínky mění a organismy prosperující na pasekách se postupně vytrácejí (Čížek 2008). Tento průběh můžeme vidět také na grafu č. 6, plně sledující tento trend.

Paseky a světliny skýtají hmyzu ideální podmínky. To potvrzují nejen grafy č. 1, č. 2 a č. 6, ale také graf č. 7 zobrazující početní stavy vybrané čeledi Elateridae, v závislosti na stáří porostu. Také proto byla tato skupina zvolena jako indikační pro lesní ekosystémy. Po smýcení porostu je dle zákona možné paseku zalesnit do dvou let. Po tuto dobu se na stanovišti zcela změní podmínky prostředí. Mikrostanoviště je teplejší, plně vystavené světelnému požitku, na půdní povrch spadá větší úhrn srážek a díky těmto faktorům se začnou vyskytovat druhy, jež se v porostu nenacházejí. Vzniká pro stanoviště nový biotop, jež je osidlován také nelesními druhy i ze vzdálenějšího okolí, jelikož nektar mnohých nových druhů rostlin a trav je pro hmyz atraktivním a jak víme, fytofágové jsou úzce spjati se svou rostlinnou potravou (Vačkář 2005, Špryňar & Strejček 2012). Nesmíme opomínat ani výtečné letové podmínky, jež všemu hmyzu prospívají. Také výše zmíněné mrtvé dřevo je důležité a na pasece se nachází ve formě pařezů vytěženého

porostu. V něm se odehrává klíčová fáze vývoje larev mnoha skupin hmyzu, obohacuje půdní povrch a dodává půdě potřebné živiny, pro vznik nového porostu (Horák 2007).

Ke změně podmínek mikrostanoviště dochází po zapojení porostu. O tom svědčí také grafy č. 3, 4 a 6, kdy vidíme, že k prudkému poklesu odchycených jedinců dochází zpravidla od 19 do 50 let porostu. V těchto porostech je nižší světelný požitek, spolu s tím klesá také teplota stanoviště a díky intercepci a transpiraci dopadá na půdní povrch jen malé procento srážek. Na to reagují rostliny, a proto se zde nenachází jen minimum bylin atraktivních pro hmyz. Letové podmínky se zhoršují. Také proto se v pastech tohoto věkového rozpětí (past č. 5,6,7,8) nacházely minimální počty zástupců Coleoptera. Počty jedinců se zde pohybovaly od 67 do 100 ks. Třída Insecta byla v těchto pastech zastoupena počty kolem 350 jedinců, bez řádu Collembola, jež se odchytával hlavně nárazově, a to zejména do pastí, jež ostatním řádům nevyhovovaly. Také proto nebyl tento řád zahrnut do výsledných výpočtů, aby nedošlo ke zkreslení výsledků (Graf č. 1).

Nárůst diverzity druhů je patrný ve starších, předmýtních porostech a porostech překračujících dobu obmýtí. A to jak z hlediska hmyzu, tak i brouků. To si lze vysvětlit také tím, že tyto porosty vykazují podobné vlastnosti jako paseky a porostní světliny. Zápoj se díky vytěžení, či odumření některých jedinců stromů rozvolňuje, a tím se opětovně zvyšuje světelný požitek (Vačkář 2005). To způsobuje návrat některých druhů světlomilnějších rostlin a také se oproti porostům středního věku zlepšují letové podmínky pro zástupce hmyzu. Relevantním faktorem, jež se nachází v těchto porostech a zcela jistě ovlivňuje početní denzitu všech druhů hmyzu, je výskyt a množství mrtvého dřeva. Obzvláště pak skupiny saproxylobiontů jsou na tento detrit životně vázáni, mrtvým dřevem se živí, žijí v něm a kladou do něj vajíčka. Ať už hovoříme o saproxylických houbách, mechorostech, či skupinách hmyzu, bez mrtvého dřeva by saproxylické organismy nemohly existovat (Bače & Svoboda 2016). Navíc jsou tyto porosty ozvláštněny jakýmsi propojením vícera vlastností různě starých porostů. Mimo vyšší světelný požitek se zde objevuje také více vlhkosti, a to i té vzdušné, jelikož vodu zadržují nejen staré odumřelé stromy, ale i rostliny, které z nich vyrůstají. Díky těmto spojením lze tedy očekávat nárůst populací hmyzu. Tomu nasvědčují i výsledky studie, jelikož je patrný nárůst odchycených jedinců Coleoptera ve starších porostech. Porosty ve věku od 115 let po nejstarší 230 let starý porost, skutečně vykazují vyšší diverzitu řádu Coleoptera. Nejvyšší počet odchycených jedinců z porostů po obmýtí má past č. 18 ve věku 146 let, kde se odchytilo celkem 269 brouků. I přes to, jsou však hodnoty

odchycených jedinců v porostech přesahujících dobu obmýtí poloviční oproti pasekám a mladým porostům. Tento jev nejspíše zapříčiňuje směr, jímž se hospodaření s lesy v České republice ubírá. Pakliže vůbec porost přesáhne dobu obmýtí, ani tehdy v něm není dostatek mrtvého dřeva. Zpravidla bývá dřevo odvezeno, či jinak odklizeno, či spáleno. V takovém případě jedinec v rozkladu buď zcela chybí, nebo je pouze málo míst, kde takové stromy v porostu nalezneme. Pokud se v porostu nachází jen pár jedinců, ti odumřou a není jiné mrtvé dřeva, není zajištěna kontinuita dostupnosti dřeva v různém stadiu sukcese a pro saproxylobionty to je začátek konce (Špryňar & Strejček 2012, Bače & Svoboda 2016). Proto je důležité zajistit nejen ochranu takovýchto porostů, ale zabezpečit také kontinuitu dřeva v sukcesi, jelikož saproxylické druhy brouků překonávají vzdálenosti mezi stanovišti jen obtížně a mnohdy je tedy ztráta tohoto specifického biotopu také ztrátou těchto druhů (Krása 2015).

5.2 Nárázové pasti

Pasivní kmenové nárázové pasti se ukázaly jako velmi vhodný prostředek k odchyťování jedinců cílových skupin. Kromě cílových druhů saproxylických brouků se odchytilo také mnoho ostatních čeledí brouků. Celkově bylo odchyceno 26 867 jedinců členovců. Z tohoto celku byly nejpočetnější čeleď Formicidae (6522), následovná řádem Collembola (5754), řád Diptera (5477) a řád Coleoptera (4 939). Veškerý odchycený materiál řádu Coleoptera se dále třídil do 54 čeledí a 1 podčeledi. Z řádu brouků měla největší abundanci čeleď Elateridae s počtem 1 461 jedinců. Dále čeleď Anthribidae, jež se odchytila v celkovém počtu 787 jedinců a podčeleď Scolytinae v množství 426 ks. Elateridae ve svém počtu tvoří tedy přibližně 30 % z celkového počtu brouků odchycených ve Voltuši. Anthribidae potom 16 % a Scolytinae 9 %. Ostatní čeledi brouků se nevyskytují v takto hojném počtu a jejich hodnoty tvoří v průměru 2 % z celkového počtu. Z těchto hodnot tedy vyplývá, že pasivní kmenové nárázové pasti se pro cílovou skupinu saproxylických brouků velmi osvědčily a jsou pro jejich odchyt vhodné (Schlaghamerský 2000).

5.3 Fixační tekutina

Fixační tekutina ze solného roztoku se v některých ohledech velmi osvědčila. Velkým plusem je bezesporu fakt, že nepůsobila jako atraktant, a proto velké množství tvořila především cílová skupina brouků. Brouci po vyjmutí z lahvičky i po delší době byli

měkčí, a tedy snadno preparovatelní. Výhodou rovněž bylo, že její příprava trvala velmi krátkou dobu a byla tvořena snadno dostupnými látkami. Další plus je také to, že ke zhotovení roztoku stačila krátká instruktáž, a tak i laik dokázal během chvíle roztok připravit. Bohužel roztok měl i své mínusy, ke kterým je nutno přihlídnout. Například to, že tekutina špatně zabraňovala rozkladu. Především v letních měsících, se tak pasti stávaly díky hnilobnému zápachu atraktivními pro brouky čeledi Silphidae, kteří by se za normálních podmínek možná vůbec neodchytili. Tento problém byl způsoben především tím, že se čas od času do pasti odchytili i drobní savci či plazi. Velmi častým jevem, který bylo možné pozorovat od prvního výběru až po deinstalaci pastí, byla přítomnost řádu Gastropoda. Slimáci se pravidelně odchytili do všech pastí. Často jsme se setkávali i s ještěrkami, které se nejvíce vyskytovaly v pastech umístěných poblíž světlin, či přímo na pasekách. Nedošlo k poškození ani jedné pasti během všech výběrů. Slaná voda se proto jeví jako vhodná fixační tekutina, jak uvádí i jiní autoři (Schlaghamerský 2008, Krása 2015).

5.4 Čeleď Kovaříkovití (Elateridae)

Jako vhodná bioindikační skupina, byla vybrána čeleď kovaříkovití. Důvod této volby tkví v jejich významnosti pro zemědělství i lesní hospodářství, mnoho druhů je řazeno mezi závažné škůdce, dále je pro výzkum stěžejní jejich úzká vazba na mrtvé dřevo, v němž se odehrává život spousty druhů tohoto hmyzu. Nazýváme jej tedy saproxylickým. Tyto druhy se osvědčily ve spoustě vědeckých studií a lze je tedy zařadit do druhů indikujících biodiverzitu (Siitonen 2001, Hůrka 2017). Kovaříkovití nás zaujali také proto, že obývají množství rozličných biotopů v různých nadmořských výškách. A neméně zajímavým je také způsob jejich života, najdeme mezi nimi druhy karnivorní, xylofágní, ale také nekrofágní.

Z celkového počtu odchycených kovaříkovitých (1 486), byl nejpočetnější druh *Ampedus balteatus* zastoupený 331 jedinci. Jak uvádí (Laibner 2000), tento druh patří do podrodu *Ampedus*. Podrod je v ČR a SR zastoupen 32 druhy. Jedná se o druhy s denní aktivitou. Imaga nacházíme na pařezech, stojících i padlých kmenech, v křovinách a podrostu světlin, na okrajích lesa, či mýtinách. Často se vyskytuje na květech dubu, jehličnanů či keřů (Laibner 2000). Odchycen byl také druh uvedený v Červeném seznamu ohrožených druhů ČR (Zbuzek 2017). *Paraphotistus impressus* v počtu 8 jedinců, z čehož 3 byli odchyceni do pasti č. 18, 2 kusy se odchytily do pasti č. 4 a další po jednom jedinci se nacházeli v pasti č. 3 a č. 14 a č. 16. Vzhledem k věku porostu v okolí pastí, nám tento

výsledek napovídá, že je možné tyto druhy nalézt i ve starších fázích lesa, v tomto případě konkrétně věk činil 146, 124 a 115 let, kromě paseky u pasti č. 4, kde se kovaříkovití chytali hojněji. Tento druh obývá ve stadiu imaga nízké větve stromů, pařezy a kmeny na mýtinách. Nalezneme ho na okraji lesa a paloucích (Laibner 2000). V ČR, SR, ale i Evropě se z podrodu *Paraphotistus* vyskytuje jediný zástupce, a to tento druh (Zbuzek 2017).

Letová aktivita Elateridae (Graf č. 8), ačkoliv se jedinci chytali pravidelně téměř ve všech datech výběrů, velký nárůst zaznamenáváme v dubnu a květnu. Na konci května již zaznamenáváme pokles a počty se stále snižují až k nule.

Čeď Elateridae, jak z výsledků vyplývá (Graf č. 7) se skutečně vyskytovala nejhojněji v pastech které byly umístěny na pasekách a v mladých kulturách. Tento výsledek tedy prokázal pravdivost tvrzení některých autorů (Laibner, 2000), jež popisují tuto čeď jako hojně se vyskytující na světlinách a pasekách, a to zejména z důvodu její vázanosti na mrtvé dřevo a rostliny vyskytující se poblíž něj.

Co se týče druhové diverzity (Graf č. 9), zaznamenáváme zde střídání poklesů a nárůstů v průběhu růstu lesa. To může být zapříčiněno výskytem tlejícího dřeva, ale také letovými podmínkami a dalšími faktory specifickými pro výskyt daných druhů kovaříků. Z druhů Elateridae vyskytujících se v ČR je 61 % uvedeno v červeném seznamu ohrožených druhů (Zbuzek 2017). Z těchto druhů byl odchycen jeden v počtu 8 jedinců. Tento výsledek není zanedbatelný a poukazuje na to, že se i ve smrkové monokultuře může vyskytovat vzácný druh.

5.5 Scolytinae (Kůrovci)

Tato podčeď byla vybrána zejména pro svůj velký produkční potenciál, díky němuž reaguje prudkým nárůstem populační hustoty zejména po větrných kalamitách. Také kvůli těmto vlastnostem se dnes lesnictví v České republice potýká s kůrovcovou kalamitou (Zahradník & Zahradníková 2019). Právě pro aktuálnost problematiky spojené s podčeďí kůrovcovitých, jsme tuto skupinu vybrali jako druhou část, na níž bude výzkum zaměřen. Druhová diverzita, feromonová komunikace, iniciace napadení hostitelské dřeviny, či způsob života, to vše jsou aspekty, jež lze u kůrovců studovat (Křístek & Urban 2013). Existují různé varianty životní strategie, nalézáme zde druhy monogamní i polygamní. Druhy, jež napadají spodní, střední i horní část kmene, a také druhy, jež se jako zemědělci živí pěstováním prospěšných ambrosiových hub (Kolařík

2004). Pro všechny tyto vlastnosti jsou Scolytinae velmi zajímavou skupinou pro výzkum biodiverzity smrkového lesa.

V roce 2018 se ve Voltuši odchytilo celkem 426 jedinců podčeledi kůrovcovití (Scolytinae). Z tohoto počtu byl nejhojněji zastoupený druh *Hylastes cunicularius* (lýkohub drvař), a to 289 jedinci. Druh patří do rodu, jež e u nás zastoupen celkem osmi druhy (Hůrka 2017). Jedná se o 3,5 – 4,4 mm velkého brouka, černého zbarvení. Dle Křístka & Urbana (2013), se zástupci tohoto druhu rojí na konci IV. -V. Důvodem tak velké početnosti jedinců ve Voltuši může být také to, že larvy lýkohuba drvaře se vyvíjejí ve smrkových pařezech, kmenech, či silnějších větvích, a čerstvé pařezy na tento druh působí velmi atraktivně. Nepohrdnou ani potežebními zbytky, a tak jim smrková paseka, v blízkosti vzrostlé monokultury, zajisté skýtá vhodné podmínky pro život. Na podzim dochází k líhnutí brouků nové generace, jež poškozují sazenice smrku tím, že se zavrtávají do jejich kmínků. Dle Pfeffera (1955) je na podzim částečně ukončen vývoj nové generace a larvy a kukly prezimují, aby se mohly v příštím létě líhnout. Škodlivý je zejména jeho žír dospělostní, kdy dochází k úhynu, či poškození množství smrkových sazenic. Druhým nejpočetnějším druhem, byl již známější *Pityogenes chalcographus* (lýkožrout lesklý) v celkovém počtu 78 jedinců. Následovaly je druhy *Tomicus piniperda* (lýkohub sosnový) a náš nejznámější druh *Ips typographus* (lýkožrout smrkový), avšak početnost těchto druhů, dosahovala o poznání nižších hodnot (15 a 12 ks). Důležitým poznatkem bylo také to, že rovněž kůrovcovití (Scolytinae) kopírovali trend platný pro Elateridae, brouky i členovce a opět se potvrdilo, že paseky a porosty přesahující dobu obmýtí jsou druhově i početně nejhojněji zastoupené.

6 Závěr

Biodiverzita smrkového lesa je úzce spjata s věkem porostu, jak se v naší studii potvrdilo. Druhová diverzita i abundance saproxylického hmyzu byla nejvyšší na pasekách a v porostech překračujících dobu obmýtí, pak také ve světlínách a rozvolněnějších porostech. Na těchto stanovištích se vyskytují rostliny, jež by se v plně zapojeném porostu neměly šanci uchytit. Jejich nektar sem láká druhy hmyzu, které se zde běžně neobjevují, a tak se diverzita druhů znovu zvyšuje. Mezi tyto druhy patří i čeled' Elateridae, jež je mimo jiné bioindikační skupinou a můžeme díky nim usuzovat, jaký management je pro dané stanoviště nejvhodnější. Rovněž patří mezi skupinu saproxylických brouků, jež jsou úzce spjatí se dřevem v různé fázi sukcese. Taktéž zástupci podčeledi Scolytinae vykazovali stejný trend jako Elateridae i ostatní druhy brouků. Zásahy se mění porostní struktura, mikroklima stanoviště, a také diverzita mrtvého dřeva v porostu. Je proto velmi důležité, jaký hospodářský způsob pro dané stanoviště zvolíme. Toto tvrzení nám potvrdily také výsledky studie, faktory ovlivňující mikroklima stanoviště mají pro biodiverzitu limitní charakter. Mladé zapojené porosty jsou stanovišti s nízkou teplotou a světelným požitkem. Tato stanoviště vykazovala nejnižší hodnoty v biodiverzitě druhů i jejich abundanci. Naopak prosvětlené porosty pokročilého věku a paseky byly pro skupiny hmyzu velmi atraktivní. Smrková monokultura tedy může vykazovat vysoké hodnoty v diverzitě i druhové pestrosti, avšak s poklesy a nárůsty během vývoje tohoto lesa. Obmýtí, jež omezuje vývoj a rozpad smrkového lesa je limitujícím faktorem také pro biodiverzitu druhů. Vhodné by tedy bylo nadále pokračovat ve výzkumu a sledovat, jak se bude s věkem měnit křivka aktuálního trendu a zda bude narůstat, či nikoliv.

Lokalita Voltuš, jak se potvrdilo je z hlediska biodiverzity vhodnou pro výzkum, jelikož v sobě spojuje zastoupení mnoha věkových stupňů v jednom lesním celku a smrková monokultura se tedy ukázala jako vcelku vhodná pro daný typ výzkumu. Nárazové pasti se pro odchyt bezobratlých velmi osvědčily. Také z hlediska saproxylického hmyzu je lze zhodnotit jako velmi účinné. Fixační tekutina působila atraktivně na cílové skupiny, zatímco necílové druhy příliš nelákala, což je významné pozitivum. Nevykazovala větší nedostatky, a tak lze tedy také konstatovat, že byla pro lokalitu Voltuš vhodná. Křivka trendu zůstala v roce 2018 s menšími odchylkami stejná jako v roce 2017 a bylo by tedy vhodné ve výzkumu pokračovat i nadále, abychom mohli mít ucelený obraz o tom, jak se biodiverzita ve smrkové monokultuře s postupem času vyvíjí.

7 Doporučení pro praxi

- ❖ Smrková monokultura je pro studii biodiverzity vhodnou, záleží však na zvoleném hospodářském způsobu, je proto vhodné snažit se co nejvíce následovat přirozené lesy
- ❖ Výskyt a početnost mrtvého dřeva v porostu významně ovlivňuje diverzitu saproxylických a vzácných druhů bezobratlých. Lesní hospodář by proto měl zajistit určité procento potěžebních zbytků v porostu, a to zejména těch druhů dřevin, u nichž nehrozí riziko gradace škodlivého hmyzu
- ❖ Vhodným opatřením pro zvýšení biodiverzity by bylo také ponechat několik jedinců dožití a přirozené sukcesí, vytvoříme tak stanoviště spojující pasečné druhy a druhy starého lesa
- ❖ Na základně výsledků této studie se potvrdilo, že je vhodné umisťovat lapače a lapáky na stanoviště, kde jsou pro brouky vhodné letové podmínky, tudíž ne do hustých mladých porostů ani na stanoviště s výskytem vysoké buřeně.

8 Seznam použité literatury

ALEXANDER, K.N.A. Revision of the Index of Ecological Continuity as used for saproxylic beetles, *English Nature Research Report*. 2004, vol. 574, 60 s.

BAČE, R.; SVOBODA, M. *Management mrtvého dřeva v hospodářských lesích: Certifikovaná metodika*. č. 6. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Strnady, 2016. 44 s. ISBN 978-80-7417-118-5 (brožováno)

BIEDERMANN, P.H.W.; MÜLLER, J.; GRÉGOIRE, J.C.; GRUPPE, A.; HAGGE, J.; HAMMERBACHER, A.; HOFSTETTER, R.W.; KANDASAMY, D.; KOLARIK, M. et al. Bark Beetle Population Dynamics in the Anthropocene: Challenges and Solutions. *Trends in Ecology & Evolution*. 2019, vol. 34, 10.

BLAŽENEC, M.; JAKUŠ, R.; MEZEI, P.; CUDLÍN, P. Hostitelská dřevina – smrk ztepilý. In Jakuš, R.; Holuša, J.; Blaženec, M. (eds.). *Principy ochrany dospělých smrkových porostů před podkorním hmyzem*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015. 198 s. ISBN 978-80-213-2605-7.

BOHÁČ, J. *Ochrana biodiverzity. Skriptum*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2013, 139 s.

BOUKAL, M. Fragmentace krajiny a druhy indikující kontinuitu. In HORÁK, J. (ed). *Brouci vázaní na dřeviny*. 1. vyd. Pardubice: Pardubický kraj & Česká lesnická společnost, 2008. 60 s. ISBN 978-80-02-01983-1

BOULLIS, A.; DETRAIN, C.; FRANCIS, F.; VERHEGGEN, F.J. Will climate change affect insect pheromonal communication? *Current Opinion in Insect Science*. 2016, vol. 17, ISSN 2214-5745.

BRESTOVANSKÁ, T. *Kovaříkovití brouci a jejich vztah k vlastnostem lesních ekosystémů*. Doktorská disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2019. 102 s.

BRIN, A; BOUGET, CH.; BRUSTEL, H.; JACTEL, H. Diameter of downed woody debris does matter for saproxylic beetle assemblages in temperate oak and pine forests. *Journal of Insect Conservation*. 2011, vol 15, s. 653-669.

BUČEK, A.; JELÍNEK, P. Lesy v ekologické síti. In Neuhöferová, P. (ed.) *Zvýšení podílu přírodě blízké porostní složky lesů se zvláštním statutem ochrany*. 1. vyd. Brno & Praha: Mendelova univerzita v Brně & Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006, 310 s. ISBN 80-7157-947-5 & ISBN 80-213-1493-1.

CARDONI, D.A.; FAVERO, M.; ISACCH, J.P. Recreational activities affecting the habitat use by birds in Pampa's wetlands, Argentina: Implications for waterbird conservation. *Biological Conservation*. 2008, vol 141, 797-806.

ČÍLEK, V. et al. *Střední Brdy*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 2009. 376 s. ISBN 80-7084-266-0

ČERMÁK, P.; HOLUŠA, O.; CUDLÍN, P.; JANKOVSKÝ L. *Ochrana dřevin – Obecná ochrana, abiotické a antropogenní stresory*. 1. vyd. Brno, Mendelova univerzita v Brně, 2014, 314 s.

ČÍŽEK, L. Les nebo plantáž? Lesní hospodaření a jeho vliv na biodiverzitu. In HORÁK, J. (ed). *Brouci vázaní na dřeviny*. 1. vyd. Pardubice: Pardubický kraj & Česká lesnická společnost, 2008. 60 s. ISBN 978-80-02-01983-1.

DOLEŽAL, P. Jak se žije v lese (smrkovém) – kapitoly ze života lýkožrouta smrkového. *Časopis ŽIVA* [online]. Praha: Nakladatelství Academia, Středisko společných činností Akademie věd ČR, v. v. i., 2013, č. 5. ISSN 0044-4812.

DOLEŽALOVÁ, K.; HORÁK, J. Společenstva bezobratlých vázaná na mrtvé dřevo. *Lesnická práce*. 2010, roč. 89, č. 9, 24-25.

DORREN, L.K.A.; BERGER, F.; IMESON, A.C.; MAIER, B.; REY, F. Integrity, stability and management of protection forests in the European Alps. *Forest Ecology and Management*. 2004, vol. 195, 165-176.

DOUGLAS, H. Phylogenetic relationships of Elateridae inferred from adult morphology, with special reference to the position of Cardiophorinae. *Zootaxa*. 2011, VOL. 2900, 1-45.

FÉR, F.; POKORNÝ, J. *Lesnická dendrologie*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola zemědělská. Publikace Matice lesnické, 1993. 131 s. (neváz.)

GUSTAFSSON, L.; BAUHUS, J.; ASBECK, T.; AUGUSTYNCZIK, A.L.D.; BASILE, M. & kol. Retention as an integrated biodiversity conservation approach for continuous-cover forestry in Europe. *Ambio*. 2020, vol. 49, 85-97.

GUSTAFSSON, L.; HANNERZ, M.; KOIVULA, M.; SHORHOVA, E.; VANHAMAJAMAA, I.; WESLIEN, J. Research on retention forestry in Northern Europe. *Ecological Processes*. 2020, vol. 9, 3.

GROVE, S.J. Saproxylic Insect Ecology and the Sustainable Management of Forests, *Annual review of Ecology and systematics*. 2002, vol 33, 1-23.

HOLUŠA, J. Populační dynamika podkorního hmyzu. In Jakuš, R.; Holuša, J.; Blaženec, M. (eds.). *Principy ochrany dospělých smrkových porostů před podkorním hmyzem*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015. 198 s. ISBN 978-80-213-2605-7.

HORÁK, J. *Proč je důležité Mrtvé dřevo?* Pardubice: Pardubický kraj, 2007. 20 s. ISBN 978-80-903496-2-9.

HORÁK, J. (ed). *Brouci vázaní na dřeviny*. 1. vyd. Pardubice: Pardubický kraj & Česká lesnická společnost, 2008. 60 s. ISBN 978-80-02-01983-1.

HORÁKOVÁ, J.: HORÁK, J. Brouci z podčeledi Scolytinae (Coleoptera:Curculionidae) na ovocných dřevinách: literární rešerše. *Elateridarium 4*, 2010, 1-32. ISSN 1802-4858.

HULCR, J. Kůrovci miláči evoluce – spojenecká armáda lýkožroutů a hub proti stromu. *Vesmír*, 2003, vol. 82, ISSN 0042-4544.

HULCR, J. *Hostitelská specifická tropických kůrovcovitých (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae, Platypodinae)*. Doktorská disertační práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2007. 33 s.

HŮRKA, K. *Brouci České a Slovenské republiky = Beetles of the Czech and Slovak Republics*. 2. nezměněné vyd. Zlín: Nakladatelství KABOUREK, s.r.o., 2017. 390 s. ISBN 978-80-86447-17-9

CHOBOT, K.; ŘEZÁČ, M.; BOHÁČ, J. Epigeické skupiny bezobratlých a jejich indikační schopnosti. In Vačkář, D. (ed.). *Ukazatele změn biodiverzity*. 1. vyd. Praha: Academia, 2005. 300 s. ISBN 80-200-1386-5.

CHROUST, L. *Výchovy lesních porostů*. Opočno: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Strnady, Výzkumná stanice Opočno, 1997. 277 s. ISBN 80-238-0889-3

JACOBS, J.M.; SPENCE, J.R.; LANGOR, D.W. Influence of boreal forest succession and dead wood qualities on saproxylic beetles. *Agricultural and Forest Entomology*. 2007, vol. 9, 3-16.

JAKOBY, O.; LISCHKE, H.; WERMELINGER, B. Climate change alters elevational phenology patterns of the European spruce bark beetle (*Ips typographus*). *Global Change Biology*. 2019, vol. 25, 4048-4063.

JAKUŠ, R.; HOLUŠA, J.; MEZEI, P.; SLIVINSKÝ, J.; MAJDÁK, M.; BLAŽENEC, M. Biotechnické metody ochrany lesa. In Jakuš, R.; Holuša, J.; Blaženec, M. (eds.). *Principy ochrany dospělých smrkových porostů před podkorním hmyzem*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015. 198 s. ISBN 978-80-213-2605-7.

JANKOWIAK, R.; BILAŃSKI, P.; STRZAŁKA, B.; LINNAKOSKI, R.; BOSAK, A.; HAUSNER, G. Four new *Ophiostoma* species associated with conifer and hardwood-infesting bark and ambrosia beetles from the Czech Republic and Poland. *Springer*. 2019, vol. 112, 1501-1521.

JAWORSKI, T.; PLEWA, R.; TARWACKI, G.; SUĆKO, K.; HILSZCZAŃSKI, J.; HORÁK, J. Ecologically similar saproxylic beetles depend on diversified deadwood resources: From habitat requirements to management implications. *Forest Ecology and Management*. 2019, vol. 449, ISSN 0378-1127.

JONES, K.L.; SHEGELSKI, V.A.; MARCULIS, N.G.; WIJERATHNA, A.N.; EVENDEN, M.L. Factors influencing dispersal by flight in bark beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae): from genes to landscapes. *NRC Research Press*. 2019, vol. 49, 1024–1041.

KADAVÝ, J.; KNEIFEL, M. Přírodě blízké lesní hospodářství a hospodářská úprava lesů v ČR. In Prknová, H. (ed.) *Možnosti přírodě blízkého lesního hospodářství v českých*

zemích. 1.vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2009, 74 s. ISBN 978-80-213-1969-1

KAILA, L. A new method for collecting quantitative samples of insects associated with decaying wood or wood fungi. *Entomologica Fennica*. 1993, vol 4, 21-23.

KAMENSKÝ, M.; ŠTEFANČÍK, I. Prvé skúsenosti s využívaním regeneračných procesov pri rekonštrukciách a obnove lesa. In Prknová, H. (ed.) *Možnosti prírodě blízkeho lesního hospodářství v českých zemích*. 1.vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2009, 74 s. ISBN 978-80-213-1969-1

KASUMOVIĆ, L.; LINDELÖW, A.; HRAŠOVEC, B. Influence of predator abundance and winter mortality on reproduction of bivoltine populations of *Ips typographus* L. (Coleoptera:Curculionidae). *Šumarski list*. 2018, vol. 9-10, 473-479.

KJUČUKOV, P. „Mrtvé“ dřevo v hospodářském lese – pilíř přírodě blízkeho hospodaření. In Prknová, H. (ed.) *Možnosti přírodě blízkeho lesního hospodářství v českých zemích*. 1.vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2009, 74 s. ISBN 978-80-213-1969-1.

KNAPP, M. Kdo je v pasti, aneb problémy sběru terénních dat o hmyzu. *Časopis ŽIVA* [online]. Praha, Nakladatelství Academia, Středisko společných činností Akademie věd ČR, v. v. i., 2015, č. 6. ISSN 0044–4812.

KNÍŽEK, M. *Diagnostické klíče hospodářsky významných druhů čeledi kůrovcovití (COLEOPTERA: SCOLYTIDAE)*. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006. 146 s.

KNÍŽEK, M. Kůrovcovití, jejich druhy a škodlivost. In Holuša, J.; Jančařík, V. (eds.) 28. *Setkání lesníků tří generací – Sborník referátů*. Kostelec nad Černými lesy: Nakladatelství Lesnická práce, Česká lesnická společnost, 2003, 119 s. ISBN 80-02-01600-9.

KNÍŽEK, M.; ZAHRADNÍK, P. Kůrovci na jehličnanech. *Lesnická práce*, Kostelec nad Černými lesy, 2004, roč. 83, č. 3, příloha-8 s.

KOLAŘÍK, M. Fascinující svět podkorního hmyzu – houbové symbiózy. *Časopis ŽIVA* [online]. Praha, Nakladatelství Academia, Středisko společných činností Akademie věd ČR, v. v. i., 2004, č. 2. ISSN 0044–4812.

KONVIČKA, O.; KURAS, T. Staré stromy a jejich hmyzí obyvatelé. *Časopis ŽIVA* [online]. Praha, Nakladatelství Academia, Středisko společných činností Akademie věd ČR, v. v. i., 2006, č. 4. ISSN 0044–4812.

KOZEL, J. Dauerwaldem vstříc změnám klimatu. *Lesnická práce*, Kostelec nad Černými lesy, 2019, roč. 98, č. 1, 42-43. ISSN 0322-9254

KREČMER, V. K intercepci ve středohorské smrčtině. In *Opera Corcontica*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1968, s. 83-96

KŘÍSTEK, J.; URBAN, J. *Lesnická entomologie*. 2. upr. vyd. Praha: Academia, 2013, 445 s. ISBN 978-80-200-2237-0 (váz.)

KUBÁTOVÁ, A. Entomopatogenní houby – nerovný souboj. *Časopis ŽIVA* [online]. Praha, Nakladatelství Academia, Středisko společných činností Akademie věd ČR, v. v. i., 2017, č. 5, ISSN 0044–4812.

KULA, E. *Ochrana lesa ve středoevropských podmínkách 1. část – Lýkožrout smrkový (Ips typographus L.) kalamitní škůdce smrkových ekosystémů střední Evropy*. Skriptum. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014, 69 s.

LAIBNER, S. *Elateridae of the Czech and Slovak Republics = Elateridae České a Slovenské republiky*. Zlín: Kabourek, s.r.o., 2000. 292 s. ISBN 80-901466-2-7

LEUGNER, J. Péče o vnitrodruhovou diverzitu. In MATĚJKA, K; LEUGNER, J. (ed). *Katalog pěstebních opatření pro zvýšení biodiverzity v lesích v chráněných územích*. Opočno: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Strnady, Výzkumná stanice Opočno, 2016. 64 s. ISBN 978-80-7417-109-3

LUBOJACKÝ, J.; KNÍŽEK, M.; LIŠKA, J. Ochrana lesa před kůrovci na smrku pro menší lesní majetky. *Lesnická práce*, Kostelec nad Černými lesy, 2019, roč. 98, č. 4, příloha-4 s.

LUKÁŠOVÁ, K.; HOLUŠA, J. Podkorní hmyz. In Jakuš, R.; Holuša, J.; Blaženec, M. (eds.). *Principy ochrany dospělých smrkových porostů před podkorním hmyzem*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015. 198 s. ISBN 978-80-213-2605-7.

MACH, J.; POJER, F.; PLESNÍK, J.; HOŠEK, M.; DUŠEK, J.; TRUBAČÍKOVÁ, R. *Strategie ochrany biologické rozmanitosti České republiky 2016–2025*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2016. 134 s. ISBN 978-80-7212-609-5.

MANSOURIAN, S.; VALLAURI, D.; N. DUDLEY (eds). *Forest Restoration in Landscapes: Beyond Planting Trees*, Springer, New York, USA. *Springer Science and Business Media, Inc.* 2005. 438 s. ISBN 0-387-25525-7

MARHOUL, P. Význam červených seznamů a červených knih pro ochranu ohrožených druhů. In HORÁK, J. (ed). *Brouci vázaní na dřeviny*. 1. vyd. Pardubice: Pardubický kraj & Česká lesnická společnost, 2008. 60 s. ISBN 978-80-02-01983-1

MCGEOCH, M.A.; SCHROEDER, M.; EKBOM, B.; LARSSON, S. Saproxylic beetle diversity in a managed boreal forest: importance of stand characteristics and forestry conservation measures. *Diversity and Distributions*. 2007, vol. 13, 418-429.

MERTLÍK, J. Saproxylické druhy kovaříků (Coleoptera: Elateridae) na území východních Čech, s přehledem biotopů druhů osídlujících dubové lesy. *Elateridarium*. 2017, vol. 11, 17-110, ISSN 1802-4858.

MILBERG, P.; BERGMAN, K.; JOHANSSON, H.; JANSSON, N. Low host-tree preferences among saproxylic beetles: a comparison of four deciduous species. *Insect Conservation and Diversity*. 2014, vol. 7, 508-522.

NAKLÁDAL, O. *Entomologie*. Praha: Česká zemědělská univerzita. 2015. 256 s. ISBN: 978-80-213-2602-6

ORCZEWSKA, A.; CZORTEK, P.; JAROSZEWICZ, B. The impact of salvage logging on herb layer species composition and plant community recovery in Białowieża Forest. *Biodiversity and Conservation*. 2019, vol. 28, 3407-3428.

ØKLAND, B.; BAKKE, A.; HÅGVAR, S.; KVAMME, T. What factors influence the diversity of saproxylic beetles? A multiscaled study from a spruce forest in southern Norway, *Biodiversity and Conservation*. 1996, vol 5, 75-100.

PASTORELLI, R.; PALETTO, A.; AGNELLI, A.E.; LAGOMARSINO, A.; DE MEO, I. Microbial communities associated with decomposing deadwood of downy birch in a natural forest in Khibiny Mountains (Kola Peninsula, Russian Federation). *Forest Ecology and Management*. 2020, vol. 455, ISSN 0378-1127.

PATRICK, D.A.; CALHOUN, A.J.K.; HUNTER JR., M.L. The importance of understanding spatial population structure when evaluating the effects of silviculture on spotted salamanders (*Ambystoma maculatum*). *Biological Conservation*. 2008, vol. 141, 807-814.

PERCEL, G.; LAROCHE, F.; BOUGET, CH. The scale of saproxylic beetles response to landscape structure depends on their habitat stability. *Landscape Ecology*, 2019, vol. 34, 1905-1918.

PEŠKOVÁ, V.; HOLUŠA, J. *Klimatická změna a její dopad do oblasti pěstování a ochrany lesa – sborník z odborného semináře*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2017, 28 s. ISBN 978-80-213-2777-1.

PFEFFER, A. *Fauna ČSR – Kůrovci – Scolytoidea*. 1. vyd. Praha: Československá akademie věd, 1955, 324 s.

PODRÁZSKÝ, V.; REMEŠ, J. Vliv vnášení listnatých dřevin do porostu smrku ztepilého na stav humusových forem. In Prknová, H. (ed.) *Možnosti přírodě blízkého lesního hospodářství v českých zemích*. 1.vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2009, 74 s. ISBN 978-80-213-1969-1.

POLENO, Z.; BLUĐOVSKÝ, Z.; BARTŮNĚK, J.; DOMES, Z.; JANČAŘÍK & kol. *Lesní hospodářství v české republice*. Lesy české republiky, 1998, 144 s.

POLENO, Z.; VACEK, S. & kol. *Pěstování lesů I. – Ekologické základy pěstování lesů*. 2. upr. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2011, 319 s. ISBN 978-80-87154-99-1 (váz.)

PRAUS, L.; KOLAŘÍK, J.; MIKITA, T.; VOJÁČKOVÁ, B. *Posuzování provozní bezpečnosti a zdravotního stavu stromů*. Brno, Mendelova univerzita v Brně, 95 s.

PROCHÁZKA, J.; SCHLAGHAMERSKÝ, J. Ohrožení brouci CHKO Beskydy. *Časopis ŽIVA* [online]. Praha, Nakladatelství Academia, Středisko společných činností Akademie věd ČR, v. v. i., 2015, č. 3, ISSN 0044–4812.

PUKKALA, T. Plenterwald, Dauerwald, or clearcut? *Forest Policy and Economics*, 2016. vol. 62. 125–134.

RANIUS, T.; SNÄLL, T.; NORDÉN, J. Importance of spatial configuration of deadwood habitats in species conservation. *Conservation Biology*, vol. 33, 1205-1207.

SAMEC, P.; FORMÁNEK, P. *Mikrobiologie lesních půd*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2007. 126 s. ISBN: 978-80-86386-93-5 (brož.)

SCHEBECK, M.; SCHULER, H.; EINRAMHOF, B.; AVTZIS, D.N.; DOWLE, E.J.; FACCOLI, M.; BATTISTI, A.; RAGLAND, G.J.; STAUFFER, CH.; BERTHEAU, C. The Apennines as a cryptic Pleistocene refugium of the bark beetle *Pityogenes chalcographus* (Coleoptera:Curculionidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 2019, vol. 127, 24-33.

SCHLAGHAMERSKÝ, J. Monitoring saproxylických brouků: Od sběru dat po jejich interpretaci. In HORÁK, J. (ed). *Brouci vázaní na dřeviny*. 1. vyd. Pardubice: Pardubický kraj & Česká lesnická společnost, 2008. 60 s. ISBN 978-80-02-01983-1

SCHLAGHAMERSKÝ, J. The saproxylic beetles (Coleoptera) and ants (Formicidae) of Central European hardwood floodplain forests, *Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis: Biologica*. 2000, vol 103, s. 1–205.

SCHROEDER, M.; COCOS, D. Performance of the tree-killing bark beetles *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus* in non-indigenous lodgepole pine and their historical host Norway spruce. *Agricultural and Forest Entomology*, 2018, vol. 20, 347-357.

SIITONEN J. Forest management, Coarse woody debris and saproxylic organism: Fennoscandian Boreal Forests as an Example, *Ecological Bulletins*. 2001, vol 49, 11-41.

SILVA, CH.O.; TREVISAN, H.; SOUZA, T.S.; CARVALHO, A.G. Occurrence of scolytinae in mangrove with impact trap and in wood of five forest species. *Bioscience Journal*, 2020, vol. 36. 256-265.

SIMON, J.; VACEK, S.; BUČEK, A. *Hodnocení rizika uplatňování produkční funkce lesa ve zvláště chráněných územích (metodika)*. Sborník prací institucionálního výzkumu. Brno, Mendelova univerzita v Brně, 2004. 33 s.

SINGER, M. Kůrovec je v tom nevinně. *Lesnická práce*, Kostelec nad Černými lesy, 2019, roč. 98, č. 1, 42-43. ISSN 0322-9254

SKELTON, J.; JUSINO, M.A.; CARLSON, P.S. et. al. Relationships among wood-boring beetles, fungi, and the decomposition of forest biomass. *Molecular Ecology*, 2019. vol. 28. 4971–4986.

SLÁMA, M.E.F. *Tesaříkovití-Cerambycidae České a Slovenské republiky. (Brouci – Coleoptera): Výskyt, bionomie, hospodářský význam, ochrana*. 1. vyd. Krhanice: Tercie spol. s.r.o., 1998. 383 s. ISBN 80-238-2627-1.

STOKLAND, J.; TOMTER, S.M.; SÖDERBERG, U. Development of dead wood indicators for biodiversity monitoring: experiences from Scandinavia. *EFI Proc.* 2004. vol. 51. 207-226.

SUCHOMEL, J.; KULHAVÝ, J.; ZEJDA, J.; PLESNÍK, J.; MENŠÍK, L. *Ekologie lesních ekosystémů*. Brno, Mendelova univerzita v Brně, 166 s.

SWEENEY, J.D.; SILK, P.; GREBENNIKOV, V.; MANDELSHTAM, M. Efficiency of semiochemical-baited traps for detection of Scolytinae species (Coleoptera: Curculionidae) in the Russian Far East, *European Journal of Entomology*, 2016. vol. 113. 84-97.

ŠPRYŇAR, P.; STREJČEK, J. Potravní vazby herbivorního hmyzu: Nástroj pro hodnocení biotopů a krajiny. *Časopis ŽIVA* [online]. Praha, Nakladatelství Academia, Středisko společných činností Akademie věd ČR, v. v. i., 2012, č. 4. ISSN 0044-4812.

ŠRŮTKA, P. Kůrovci a jejich soužití s houbami. In Holuša, J.; Jančařík, V. (eds.) 28. *Setkání lesníků tří generací – Sborník referátů*. Kostelec nad Černými lesy, Nakladatelství Lesnická práce, Česká lesnická společnost, 2003. 119 s. ISBN 80-02-01600-9.

THOMAS S.C.; HALPERN CH.B., FALK D.A.; LIGUORI, D.A.; AUSTIN, K.A. Plant diversity in managed forests understory responses to thinning and fertilization, *Ecological Applications*. 1999, vol 9, 864-79.

THOMASISUS, H. Prinzipien eines ökologisch orientierten Waldbaus. *Dauerwald*. 1992, vol. 7. 2-21.

TINGLEY, M.W.; STILLMAN, A.N.; WILKERSON, R.L.; SAWYER, S.C.; SIEGEL, R.B. Black-backed woodpecker occupancy in burned and beetle-killed forests: Disturbance agent matters. *Forest Ecology and Management*, 2020. vol. 455. ISSN 0378-1127

TOMÁŠEK, L. *Pracovní postupy a zásady bezpečné práce při lesnických činnostech u podniku Lesy České republiky, s. p.* 3. vyd. Hradec Králové, Lesy České republiky, s.p., 2016. 135 s.

TUDORAN, G.M.; ZOTTA, M. Adapting the planning and management of Norway spruce forests in mountain areas of Romania to environmental conditions including climate change. *Science of the Total Environment*, 2020, vol. 698. ISSN 0048-9697

ÚRADNÍČEK, L.; CHMELAR, J. *Dendrologie lesnická*. Dotisk 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1998. 97 s. ISBN 80-7157-162-8.

VACEK, S.; PODRÁZSKÝ, V. *Přírodě blízké lesní hospodářství v podmínkách střední Evropy*. 1. vyd. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006, 74 s. ISBN 80-213-1561-X

VACEK, S.; PODRÁZSKÝ, V.; REMEŠ, J.; KOBLIHA, J.; MALÍK, V.; KUPKA, I.; TURČÁNI, M.; DVOŘÁK, J.; BÍLEK, L.; BALÁŠ, M.; ZATLOUKAL, V.; SIMON, J. & kol. *Pěstování lesů III. - Praktické postupy pěstování lesů*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 2009. 1012 s. ISBN 978-80-87154-34-2

VACEK, S.; REMEŠ, J.; BÍLEK, L.; PODRÁZSKÝ, V.; VACEK, Z.; ŠTEFANČÍK, I.; BALÁŠ, M. *Pěstování přírodě blízkých lesů*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015, 153 s. ISBN 978-80-213-2596-8

VACEK, S.; REMEŠ, J.; VACEK, Z.; BÍLEK, L.; ŠTEFANČÍK, I.; BALÁŠ, M.; PODRÁZSKÝ, V. *Pěstování lesů*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2018. 391 s. ISBN 978-80-213-2891-4

VACHKÁŘ, D. Souhrn a závěry. In Vačkář, D. (ed.). *Ukazatele změn biodiverzity*. 1. vyd. Praha: Academia, 2005. 300 s. ISBN 80-200-1386-5.

WEBB, A.; BUDDLE, CH.M.; DRAPEAU, P.; SAINT-GERMAIN, M. Use of remnant boreal forest habitats by saproxylic beetle assemblages in even-aged managed landscapes. *Biological Conservation*. 2008, vol. 141. 815-826.

WEISS, M.; PROCHÁZKA, J.; SCHLAGHAMERSKÝ, J.; ČÍŽEK, L. Fine-scale vertical stratification and guild composition of saproxylic beetles in lowland and montane forests: similar patterns despite low faunal overlap, *PLoS ONE*, 2016, vol 11, no 3

WERMELINGER, B. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*-A review of recent research, *Forest ecology and management*. 2004, vol 202. 67-82

WIJERATHNA, A.; EVENDEN, M. Energy use by the mountain pine beetle (Coleoptera:Curculionidae: Scolytinae) for dispersal by flight. *Physiological Entomology*, 2019, vol. 44, 200-208.

ZAHRADNÍK, P.; GERÁKOVÁ, M. Lýkožrout smrkový. *Ips typographus* (L.). *Lesnická práce*, Kostelec nad Černými lesy, 2010, roč. 89, č. 12, příloha-8 s.

ZAHRADNÍK, P. Ruční a zářadové mechanizační prostředky v ochraně lesa. *Lesnická práce*, Kostelec nad Černými lesy, 2012, roč. 91, č. 10, příloha-4 s.

ZAHRADNÍK, P.; KNÍŽEK, M. Lýkožrouti na smrku a sucho. *Lesnická práce*, Kostelec nad Černými lesy, 2016, roč. 95, č. 4, příloha-8 s.

ZAHRADNÍK, P.; ZAHRADNÍKOVÁ, M. Metody asanace kůrovcového dříví a ochrana skládek. *Lesnická práce*, Kostelec nad Černými lesy, 2018, roč. 97, č. 5, příloha-4 s.

ZAHRADNÍK, P.; ZAHRADNÍKOVÁ, M. Kůrovcová kalamita otázky a odpovědi II. *Lesnická práce*, Kostelec nad Černými lesy, 2019, roč. 98, č. 12, příloha-4 s.

ZBUZEK, B. Elateridae (kovaříkovití). In HEJDA, R.; FARKAČ, J.; CHOBOT, K. (eds). *Červený seznam ohrožených druhů České republiky: Bezobratlí*. č. 36. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2017. s. 343-347. ISBN 978-80-88076-53-7

ZELENÝ, J.; LOZAN, A. Přirození nepřátelé lýkožrouta *Ips typographus*. In Holuša, J.; Jančařík, V. (eds.) *28. Setkání lesníků tří generací – Sborník referátů*. Kostelec nad Černými lesy, Nakladatelství Lesnická práce, Česká lesnická společnost, 2003. 119 s. ISBN 80-02-01600-9.

8.1 Příspěvky v elektronických monografiích a články v el. periodikách:

BOHÁČ, J. Studium struktury společenstev epigeických brouků na výzkumných plochách [online]. Praha, IDS – Karel Matějka, 2016

Dostupné z WWW: <https://www.infodatasys.cz/BiodivLes/BiodivLes_Stary2015.pdf>

KRÁSA, A. *Ochrana saproxylického hmyzu a opatření na jeho podporu: Metodika AOPK ČR* [online]. Praha, Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, 2015 [cit. 2018-04-15].

Dostupné z WWW: <<http://www ochranaprirody.cz/publikacni-cinnost/publikace/ochrana-saproxylickeho-hmyzu-a-opatreni-na-jeho-podporu/>>

ONDŘÁČKOVÁ, E.; ONDŘEJ, M.; SEIDENGLANZ, M.; HAVEL, J.; PLACHKÁ, E. Entomopatogenní houby v ochraně proti škůdcům. Časopis Agromanuál, 2017

Dostupné z WWW: <<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/entomopatogenni-houby-v-ochrane-rostlin-proti-skudcum>>

STARÝ, J. *Společenstva půdních pancířníků v lesích chráněných území s různým managementem* [online]. Praha, IDS – Karel Matějka, 2016

Dostupné z WWW: <https://www.infodatasys.cz/BiodivLes/BiodivLes_Stary2015.pdf>

KŮROVCOVÉ INFO Dostupné z WWW: <<https://www.kurovcoveinfo.cz/>>

9 Přílohy

9.1 Tabulkové přílohy

Tabulka č. 8 – Diverzita druhů Elateridae Voltuš 2018

Druh	Počet
<i>Actenicerus sjaelandicus</i> (O. F. Müller, 1764)	2
<i>Agriotes lineatus</i> (Linnaeus, 1767)	3
<i>Agriotes sputator</i> (Linnaeus, 1758)	1
<i>Agrypnus murinus</i> (Linnaeus, 1758)	4
<i>Ampedus balteatus</i> (Linnaeus, 1758)	331
<i>Ampedus erythrogonus</i> (P.W. & J. Müller, 1821)	30
<i>Ampedus glycerus</i> (Herbst, 1784)	2
<i>Ampedus nigrinus</i> (Herbst, 1784)	8
<i>Ampedus pomorum</i> (Herbst, 1784)	50
<i>Ampedus sanguineus</i> (Linnaeus, 1758)	13
<i>Ampedus sanquinolentus</i> (Schrank, 1776)	1
<i>Anostirus castaneus</i> (Linnaeus, 1758)	1
<i>Athous haemorrhoidalis</i> (Fabricius, 1801)	1
<i>Athous subfuscus</i> (O.F. Müller, 1767)	257
<i>Athous zebei</i> (Bach, 1854)	183
<i>Cardiophorus ruficollis</i> (Linnaeus, 1758)	63
<i>Ctenicera cuprea</i> (Fabricius, 1781)	2
<i>Dalopius marginatus</i> (Linnaeus, 1758)	121
<i>Limonius minutus</i> (Linnaeus, 1758)	2
<i>Melanotus castanipes</i> (Paykull, 1800)	73
<i>Melanotus villosus</i> (Geoffroy, 1785)	21
<i>Paraphotistus impressus</i> (Fabricius, 1792)	8
<i>Pheletes aeneoniger</i> (DeGeer, 1774)	58
<i>Prosternon tessellatum</i> (Linnaeus, 1758)	2
<i>Sericus brunneus</i> (Linnaeus, 1758)	207

9.2 Fotopřilohy



Obr. č. 3 – Past č. 1 umístěna na pasece, kde se zaznamenávaly jedny z nejvyšších hodnot



Obr. č. 4 – Vysokých hodnot však dosahovaly všechny pasti umístěné na pasekách



Obr. 5 – Past č. 3 rovněž umístěna v jednom z nejmladších porostů



Obr. č. 6 – Past č. 5, v porostech po zapojení jsou zhoršené letové podmínky pro hmyz i manipulace a doplnění fixační tekutiny



Obr. č. 7 – Sběr dat a výměna fixační tekutiny



Obr. č. 8 – Pasti starších porostů se vyznačovaly nárůstem diverzity



Obr. č. 9 – Ve starších porostech jsou lepší letové podmínky



Obr. č. 10 – Nejstarší porosty dosahovaly rovněž vysokých hodnot v diverzitě jedinců



Obr. č. 11 - Past umístěná v nejstarším porostu v lokalitě Voltuš



Obr. č. 12 – Třídění členovců na úroveň řádů



Obr. č. 13 – Třídění hmyzu do čeledí bylo velmi zajímavou činností