

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie



**Vliv vybraných parametrů stromových lapáků a kůrovcových stromů
na druhové spektrum a populační hustotu kůrovců**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Štěpán Plaček

Vedoucí práce: Mgr. Karolina Resnerová, Ph.D.

Praha 2021

Czech University of Life Sciences Prague

Faculty of Forestry and Wood Sciences

Department of Forest Protection and Entomology



Influence of selected parameters of trap trees and infested standing trees on the species spectrum and population density of bark beetles

Diploma thesis

Author: Bc. Štěpán Plaček

Supervisor: Mgr. Karolína Resnerová, Ph.D.

Prague 2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Štěpán Plaček

Lesní inženýrství
Lesní inženýrství

Název práce

Vliv vybraných parametrů stromových lapáků a kůrovcových stromů na druhové spektrum a populační hustotu kůrovců

Název anglicky

Influence of selected parameters of trap trees and infested standing trees on the species spectrum and population density of bark beetles

Cíle práce

- vyhodnotit druhové spektrum kůrovců a jejich populační hustoty na vybrané lokalitě
- srovnat druhové spektrum a populační hustoty kůrovců na kůrovcových stromech a na stromových lapácích
- vybrat vybrané parametry lapáku a kůrovcového stromu ovlivňující druhové složení a populační hustoty kůrovců na smrku

Metodika

Ve vybraných kůrovcových ohniscích budou připraveny dvě série stromových lapáků (*Picea abies*) v březnu a červnu. Po náletu každé generace lýkožroutů budou na čtyřech půlmetrových sekcích provedeny revize (počet závrťů a matečných chodeb) a determinace jednotlivých druhů spolu s jejich populačními hustotami. Následně v každém ohnisku bude rovněž revidováno 3-5 kůrovcových stromů stejným postupem jako lapáky. Každý revidovaný strom bude proměřen a zaznamenány klíčové parametry (výška, tloušťka lýka, průměr, hmotnost atd.). Výsledky terénní studie budou převedeny do tabulkového procesu a následně standardními statistickými metodami srovnány (regresní a mnohorozměrné analýzy, korelace apod.). Výsledky budou konfrontovány s obdobnými vědeckými pracemi a bude vyhodnocena efektivita stromových lapáků pro snížení populačních hustot lýkožroutů na smrku.

Harmonogram

únor-březen 2020 – příprava stromových lapáků

květen-červenec 2020 – revize lapáků a kůrovcové těžby

srpen-prosinec 2020 – zpracování terénních dat a statistické zhodnocení

leden-březen 2021 – předložení literární rešerše, zpracovaných dat a diskuse ke kontrole

Doporučený rozsah práce

50 stran včetně příloh

Klíčová slova

Ips typographus; *Ips duplicatus*; *Pityogenes chalcographus*; lapače; poměr pohlaví

Doporučené zdroje informací

- Baier P., Pennerstorfer J., Schopf A. 2007: PHENIPS-A comprehensive phenology model of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. *Forest Ecology and Management*, 249: 171-186.
- EFSA PLH Panel (EFSA Panel on Plant Health), Jeger M., Bragard C., Caffier D., Candresse T., Chatzivassiliou E., Dehnen-Schmutz K., Gilioli G., Miret J.A., MacLeod A., Navajas Navarro M., Niere B., Parnell S., Potting R., Rafoss T., Rossi V., Urek G., Van Bruggen A., Van der Werf W., West J., Winter S., Kert'sesz V., Aukhojee M., Gr'segoire J.-C. 2017: Scientific opinion on the pest categorisation of *Ips typographus*. *EFSA Journal*, 15(7): 4881, 23 pp.
- Hlásny T., Turčáni M. 2013: Persisting bark beetle outbreak indicates the unsustainability of secondary Norway spruce forests: Case study from Central Europe. *Annals of Forest Science*, 70: 481-491.
- Holuša J., Hlásny T., Modlinger R., Lukášová K., Kula E. 2017: Felled trap trees as the traditional method for bark beetle control: Can the trapping performance be increased? *Forest Ecology and Management*, 404: 165-173.
- Ogris N., Ferlan M., Hauptman T., Pavlin R., Kavčič A., Jurc M., de Groot M. 2019 RITY – A phenology model of *Ips typographus* as a tool for optimization of its monitoring. *Ecological Modelling*, 410: 108775.
- Raty L., Drumont A., De Windt N., Grégoire J.-C. 1995: Mass trapping of the spruce bark beetle *Ips typographus* L.: traps or trap trees? *Forest Ecology and Management*, 78: 191-205.
- Stadelmann G., Bugmann H., Meier F., Wermelinger B., Bigler C. 2013: Effects of salvage logging and sanitation felling on bark beetle (*Ips typographus* L.) infestations. *Forest Ecology and Management*, 305: 273-28.
- Wermelinger B. 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *Forest Ecology and Management*, 202: 67-82.
-

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FLD

Vedoucí práce

Mgr. Karolina Resnerová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Elektronicky schváleno dne 18. 5. 2020

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 10. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 08. 03. 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Vliv vybraných parametrů stromových lapáků a kůrovcových stromů na druhové spektrum a populační hustotu kůrovců vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Karoliny Resnerové, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

Podpis autora

V..... dne.....

.....

Poděkování

V první řadě děkuji Mgr. Karolině Resnerové, Ph.D. za odborné vedení práce, její cenné rady a připomínky týkající se nejen této práce, ale i praktické ochrany lesa. Děkuji rovněž lesnímu Josefu Plačkovi za možnost uskutečnění výzkumu. Děkuji všem, kteří mi pomohli s přípravou a sběrem dat v terénu.

Abstrakt

Diplomová práce hodnotí vliv vybraných parametrů stromových lapáků a kůrovcových stromů na druhové spektrum a populační hustotu kůrovců na zvolené lokalitě Chlum v severních Čechách. V březnu a červnu roku 2020 byly v dané oblasti připraveny dvě série lapáků, vždy po 10 kusech. Po náletu každé generace kůrovců byly provedeny revize, při kterých se změřily a zaznamenaly klíčové parametry kmene. Na čtyřech půlmetrových sekcích se spočítaly matečné chodby a provedla se determinace jednotlivých druhů. Stejným způsobem proběhla kontrola nově vzniklých kůrovcových stromů v místech s lapáky.

Ve vybrané lokalitě byly zaznamenány celkem 4 druhy lýkožroutů (*Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus*, *Ips duplicatus*, *Ips amitinus*). Poslední dva jmenované druhy se vyskytovaly pouze na kůrovcových stromech z nahodilé těžby a jejich celkové populační hustoty byly nejnižší. Nejpočetnějším druhem, zaznamenaným na všech revidovaných kmenech byl *I. typographus* následovaný druhem *P. chalcographus*.

První série lapáků byla nejatraktivnější pro *I. typographus*, jehož nálet byl srovnatelný s náletem na kůrovcové stromy (průměrně 843 ± 465 jedinců na 1 m^2 lapáku). Vyšší populační hustoty na lapácích druhé série v porovnání s nahodilou těžbou vykazoval pouze *P. chalcographus* (průměrně 108 ± 56 jedinců na 1 m^2 lapáku). Populační hustota *I. duplicatus* činila průměrně 51 ± 40 jedinců na 1 m^2 kůrovcového stromu. *I. amitinus* se vyskytoval pouze na několika kůrovcových stromech.

Parametrem, který měl největší vliv na druhové složení a populační hustoty lýkožroutů byl druh série lapáků, respektive jednalo-li se o ležící nebo stojící kmen.

Klíčová slova: *Ips typographus*, *Ips duplicatus*, *Pityogenes chalcographus*, *Ips amitinus*, obranná opatření, lapák

Abstract

This diploma thesis evaluates the influence of selected tree parameters of trap trees and standing bark beetle infested trees on bark beetle species spectrum and their population densities in locality Chlum, situated in the northern region of the Czech Republic. In March and June 2020, two series of trap trees were prepared. Each consisted of 10 trees. Revisions were held after their infestation by each bark beetle generation. Revisions consisted of measurement and recording of key stem parameters. Calculation of maternal galleries and determination of individual species was carried out on four 0,5 m long sections. Infested standing trees were revised similarly after salvage cutting.

Four different bark beetle species were found (*Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus*, *Ips duplicatus*, *Ips amitinus*). The last two species mentioned were only found on standing trees and their total abundance was the lowest. *I. typographus* and *P. chalcographus* were the most abundant species on all revised trees respectively.

The first series of trap trees was the most attractive for *I. typographus*. Trap trees infestation was equivalent to standing trees infestation (843±465 individuals of *I. typographus* per 1 m² of a trap tree on average). Only *P. chalcographus* showed higher population densities on the second trap tree series (108±56 individuals per 1 m² of a trap tree on average). Population density of *I. duplicatus* was as high as 51±40 individuals per 1 m² of a standing tree on average. *I. amitinus* only occurred on several standing trees.

Parameter with the most influence on species composition and their population densities was the type of trap tree series. In other words, whether the tree was lying on the ground or standing.

Key words: *Ips typographus*, *Ips duplicatus*, *Pityogenes chalcographus*, *Ips amitinus*, defensive measures, trap tree

Obsah

Úvod	11
Cíle práce	12
Literární rešerše	13
<i>Ips typographus</i>	13
Obecná charakteristika	13
Životní cyklus	14
Rojení	15
Nálet	16
Požerek	16
<i>Ips duplicatus</i>	17
Obecná charakteristika	17
Životní cyklus	17
Rojení a nálet	18
Požerek	18
<i>Ips amitinus</i>	19
Obecná charakteristika	19
Životní cyklus	19
Rojení a nálet	20
Požerek	20
<i>Pityogenes chalcographus</i>	20
Obecná charakteristika	20
Životní cyklus	21
Rojení a nálet	21
Požerek	22
Ochrana lesa	22
Monitoring	23

Ochrana	24
Obranná opatření	25
Lapáky	26
Lapače	27
Otrávené lapáky	28
Metodika	30
Studovaná oblast	30
Revize kontrolních, obranných opatření a nahodilé těžby	31
Statistické vyhodnocení dat	32
Výsledky	33
Shrnutí obranných opatření	33
Letová aktivita	34
Srovnání druhového spektra lýkožroutů na lapácích a nahodilé těžbě	36
Srovnání kmenových sekcí	39
Obsazení kůrovcových stromů	40
Obsazení lapáků první série	43
Obsazení lapáků druhé série	44
Analýza parametrů stromů ovlivňující nálet lýkožroutů	46
Diskuse	48
Zhodnocení efektivity obranných opatření	50
Závěr	53
Seznam literatury a použitých zdrojů	55

Úvod

Probíhající kůrovcová kalamita je aktuálním problémem nejen na území České republiky, ale téměř v celé Evropě a částečně i v Asii (Lubojacký et al. 2019). V současnosti nejskloňovanější dřevinou v souvislosti s kůrovcovou kalamitou je smrk ztepilý *Picea abies* (L.) H. Karst. V průběhu minulých staletí se stal smrk ztepilý pro své produkční schopnosti hlavní hospodářskou dřevinou v České republice. Z původního areálu horských lesů a inverzních údolí se s vidinou perspektivní hospodářské dřeviny začal vysazovat v nižších polohách ve formě ekologicky nestabilních monokultur.

Nejvýznamnějším hmyzím škůdcem smrkových porostů v posledních desetiletích je jednoznačně lýkožrout smrkový *Ips typographus* (Linnaeus, 1758). Lýkožrout smrkový je dle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 76/2018 Sb. kalamitním škůdcem. Jedná se o sekundárního škůdce, který přednostně napadá stromy čerstvě odumřelé nebo silně stresované a působí tak významné ekonomické škody. Vznik přemnožení podmiňuje celá řada faktorů, z nichž se jako nejdůležitější jeví vliv klimatické podmínky a dostatek vhodné dřevní hmoty (Zahradník, Geráková 2010). Avšak lýkožrout smrkový není jediným hmyzem působícím výrazné škody. V poslední době nabývají na významu druhy, které v minulosti nebyly lesnický významné. Zejména nepůvodní lýkožrout severský *Ips duplicatus* (C.R. Sahlberg, 1836), který se rozšířil do střední Evropy z oblastí severské tajgy, začíná v některých případech vytlačovat lýkožrouta smrkového ve vrcholových partiích napadených smrků. V mladších smrkových porostech a ve větvích starších porostů působí závažné škody lýkožrout lesklý *Pityogenes chalcographus* (Linnaeus, 1761). Tyto dva druhy se dle výše uvedené vyhlášky rovněž řadí mezi kalamitní škůdce.

V uplynulých sedmi letech se každoročně zvyšuje objem vytěženého kůrovcového dříví, dochází tak k navyšování celkových průměrných těžeb, které od roku 2017 převyšují celkový průměrný přírůst v našich lesích (ÚHÚL 2019). Mezi lety 2003–2016 poškozoval ročně lýkožrout smrkový 0,2–1,4 % smrkových lesů na našem území. Během let 2017–2019 se tento údaj zněkolikanásobil a dosahoval 3,1–5,4 % (Hlásny et al. 2021). Za rok 2019 se v České republice vytěžilo 30,94 mil m³ dříví při nahodilých těžbách, což činí 95 % veškerých provedených těžeb za tento rok. Více než 2/3 této hodnoty tvořily nahodilé těžby hmyzové, které se tak oproti roku 2018 téměř zdvojnásobily (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2019). Úhrnná data za rok

2020 nejsou v současné době zatím k dispozici, nicméně zástupci největších vlastníků lesů v České republice se shodují na tom, že počasí v roce 2020 bylo pro lesy příznivější a výše těžeb bude podobná jako v roce 2019. Drtivou většinu budou opět tvořit těžby nahodilé (Vojáček et al. 2021).

Z výše uvedených skutečností je zřejmé, že se naše lesy v posledních několika letech nachází v nelehké situaci. Avšak krize nabízí i příležitost k přebudování našich lesů v souladu s moderními poznatky lesnictví na lesy, které budou jednak hospodářsky výnosné a zároveň ekologicky stabilní. Je nabíledni, že v současné době je více než kdy jindy důležité co nejlépe poznat a efektivně využívat preventivní a obranná opatření ochrany lesa v období zvyšujících se populačních hustot či kalamitního stavu kůrovců.

Cíle práce

- Vyhodnotit druhové spektrum kůrovců a jejich populační hustoty na vybrané lokalitě.
- Srovnat druhové spektrum a populační hustoty kůrovců na kůrovcových stromech a na stromových lapácích.
- Vybrat vybrané parametry lapáku a kůrovcového stromu ovlivňující druhové složení a populační hustoty kůrovců na smrku.

Literární rešerše

Ips typographus

Obecná charakteristika

Lýkožrout smrkový (obrázek 1) náleží do čeledi nosatcovití (Curculionidae), podčeledi kůrovci (Scolytinae) a je jedním z nejvýznamnějších hmyzích škůdců vázaných na smrkové porosty ve střední Evropě (Zahradník, Knížek 2007). *Ips typographus* je rozšířen téměř po celé Evropě a severní Asii. Západní hranici areálu tvoří pohoří Pyreneje, východní pak Japonsko. Ve směru severojižním je evropský areál vymezen Laponskem na severu a severní částí Řecka a Tureckem na jihu (Modlinger et al. 2015). Ve střední Evropě byl původně výskyt lýkožrouta smrkového vázán na horské smrčiny, s postupným rozšířením smrku ztepilého do nižších poloh se jeho areál úměrně tomuto rozšíření zvětšil (Pfeffer 1954). Tento druh je typickým příkladem fyziologického sekundárního škůdce, který napadá smrkové porosty starší 60 let. Avšak při přemnožení napadá i zdravé stromy (Zahradník, Geráková 2010). Ve výjimečných případech napadá také borovici lesní nebo modřín opadavý (Pfeffer 1954).

Tělo dospělce má válcovitý tvar s výrazným štítkem a poměrně krátkými vzadu ozubenými rovně uťatými krovkami. Průměrná velikost lýkožrouta smrkového činí 4,8 mm na délku a 1,9 mm na šířku. Avšak velikost jeho těla obvykle kolísá mezi 4–5,5 mm. Hlava je shora kryta podlouhlým kulovitě zahnutým štítem s výrazným hrbolkováním, které následně přechází do podoby teček. Konec tykadel je tvořen trojčlánekovou paličkou kulového tvaru s lomenými švy. Zadní část krovek tvoří prohloubenina osazená čtyřmi páry zoubků (Pfeffer 1954), z nichž třetí pár shora je největší (Amann 1995). Pohlavní dimorfismus není pouhým okem patrný, samice má více ochlupené čelo a štít (Modlinger et al. 2015). Čerstvě vylíhlí dospělci jsou bílí, jejich barva postupně přechází přes žlutou, světle hnědou a v dospělosti temně černou lesklou barvu (Kula 2014).



Obrázek 1 *Ips typographus* (vpravo) v porovnání s druhem *Ips amitinus* (vlastní fotografie).

Životní cyklus

Vývoj lýkožrouta smrkového je z důvodu poměrně dlouhého kladení vajíček časově diferenciováný. Zásadní vliv na vývoj a životní projevy má teplota. V horských oblastech se *I. typographus* vyznačuje univoltinností. S postupným snižováním nadmořské výšky a zvyšováním průměrné teploty vzduchu tvoří v podmínkách České republiky dvě až tři generace za rok (Hlásny et al. 2011). Wermelinger (2004) udává minimální teplotu potřebnou k vývoji jedince 8,3 °C, s optimem hodnot mezi 29–30 °C. Mortalitní teplota dospělců činí 50 °C, larvy a kukly v lýku dokážou přežít i hluboké mrazy (Anilla 1969).

Z důvodu výskytu více generací za rok v nižších nadmořských výškách dochází k zimování různých stadií lýkožrouta smrkového. Nejčastěji přezimuje pod kůrou ve stadiu vylíhlého brouka, v místě, kde proběhl jeho vývoj. V případě opadu kůry z napadeného stromu či jiného ohrožení lýkožrout vylétne a přezimuje na okolních poražených, suchých, ale i zdravých stromech (Pfeffer 1954). Ve 4–80 % případů zimuje v hrabance v závislosti na stavu populace na stromech (Zumr 1982). Doležal a Sehnal (2007) stanovili délku světelné části dne pod 16 hodin a nízké noční teploty jako dva nejdůležitější faktory vyvolávající diapauzu lýkožrouta smrkového ve střední Evropě.

Vajíčka jsou oválná, bílá, lesklá, průměrně měří 0,6–1,0 mm (Zahradník, Knížek 2007). Embryogeneze trvá 6–18 dní v závislosti na průběhu počasí. Vajíčka jsou kladena po 1–2 kusech denně, po stranách matečné chodby v odstupu 1–10 mm (Kula 2014). Jedna samice naklade až 80 vajíček. Minimální teplota pro kladení byla stanovena na 11,4 °C (Wermelinger 2004).

Larvy se líhnou po 6–18 dnech a jsou bílé, apodní, s hnědou chitinizovanou hlavou s dvěma páry kusadel, přičemž třetí pár srůstá ve spodní pysk. Tělo je zřetelně článkované a směrem dozadu se postupně zužuje. Larva prochází postupně třemi instary, přičemž v posledním může měřit až 7 mm (Pfeffer 1954; Lekander 1968). Larvální chodby jsou kolmé na chodby matečné, postupně se rozšiřují a jsou vyplněny trusem. Ve směru kladení vajíček se larvální chodby zkracují z důvodu různě dlouhého trvání vývoje. Vývoj larvy je časově nejednotný a může trvat 6–50 dní (Kula 2014).

Období kukly trvá za příznivých klimatických podmínek obvykle 14 dní. Kukla je uložena v kukelné kolébce, má bílou barvu, je 5–6 mm dlouhá, má patrné vnější orgány a na jejím zadečku se nachází dva trny. Brouci se obvykle líhnou v poměru pohlaví 1:1 (Pfeffer 1954). Lobinger (1996) uvádí, že v průběhu kalamity se poměr pohlaví mění,

zpočátku převažují samice a po čtyřech až sedmi letech samci. Čerstvě vylíhlí brouci prodělávají úživný žír po dobu 2–3 týdnů a pohlavně dospívají. V případě silné infestace opouští strom dříve a úživný žír prodělávají na jiném místě (Pfeffer 1954).

Rojení

Diapauza končí v polovině prosince a lýkožrout smrkový se dostává do stavu takzvané postdiapauzní kviescence. Kritickým faktorem stimulujícím rojení je nárůst teploty (Doležal, Sehnal 2007). Pro určení důležitých fenologických projevů lýkožroutů se často využívá model PHENIPS. Tento model je založen na teplotě vzduchu, teplotě kůry, kumulaci stupňodní a předvídá sezónní dynamiku populací. Jarní rojení je iniciováno překročením teploty vzduchu 16,5 °C a naplněním 140 stupňodní od 1. dubna (Berec et al. 2013). Při stanovené horní hranici 38,9 °C a dolní hranici 8,3 °C zjistil Baier et al. (2007), že k dokončení vývoje potomstva druhu *I. typographus* je potřeba kumulovat celkem 557 stupňodní.

Jarní rojení nastává v našich podmínkách koncem dubna a začátkem května. Za nepříznivých klimatických podmínek se může zpozdit až o měsíc. Jarní rojení je vždy spontánnější, hromadné, relativně krátké a probíhá v odpoledních hodinách. Neúplně vyspělí brouci létají o 1–2 týdny dříve a prodělávají úživný žír (Pfeffer 1954). Wermelinger (2004) uvádí jako jeden z klíčových faktorů pro zahájení letu sluneční svit. Samci opouští místa přezimování dříve než samice, aby mohli kolonizovat vhodné stromy a vyhloubit snubní komůrky (Zuber, Benz 1992). Letní rojení začíná v nižších polohách zpravidla koncem června a začátkem července, je méně výrazné a trvá delší dobu. (Pfeffer 1954).

Martínek (1961) udává, že 91 % samic lýkožrouta smrkového prodělává alespoň jeden zralostní žír následovaný sesterským rojením. Novější výzkum provedený Davídkovou a Doležalem (2017) v horských oblastech Šumavy přinesl zjištění, že se až 100 % všech samic účastní sesterského rojení, což může být způsobeno změnou klimatu. Při sesterském rojení přelétá samice přibližně po třech týdnech od začátku rojení na nový strom, provede regenerační žír a vyhloubí jednu matečnou chodbu, která je charakterizována absencí snubní komůrky. Takováto matečná chodba je zpravidla kratší s menším počtem larválních chodeb (Pfeffer 1954).

Nálet

Kolonizace stromu je podřízena některým zákonitostem. Smrk ztepilý produkuje volatilní látky terpeny, které ovlivňují orientaci lýkožroutů. Podle umístění na kmene se množství a složení terpenů mění, což určuje umístění náletu lýkožrouta smrkového do podkorunové sekce (Führer et al. 1991). Erbilgin et al. (2007) uvádí, že monoterpen α -pinen produkovaný hostitelským stromem zvyšuje jeho atraktivitu pro lýkožrouta smrkového.

Nálet lýkožrouta smrkového na hostitelskou dřevinu je zahajován samci, kteří vyhloubí snubní komůrky a produkují agregační feromony. Samci preferují dominantní, nepoškozené, vysoké, osluněné smrky větších dimenzí s tlustou borkou (Zolubas 2003). Hlavní složkou samčích feromonů jsou metylbutenol a cis-verbenol. Produkce cis-verbenolu je závislá na koncentraci α -pinenu (Modlinger 2015). Je známo, že agregační feromony lýkožrouta smrkového jsou biosyntetizovány z pryskyřičných komponent hostitele. Tyto vnitrodruhové semiochemikálie jsou mnohem více atraktivní než výše zmíněné terpeny (Wermelinger 2004). Agregační feromony lákají obě pohlaví. Po úspěšné kolonizaci stromu začínají samice vypouštět antiagregační feromony verbenon a ipsenol (Modlinger 2015).

Požerek

Lýkožrout smrkový vytváří specifický požerek (obrázek 2). Snubní komůrka je zahloubená v kůře, a nezasahuje do dřeva. Ze snubní komůrky proti sobě vychází zpravidla dvě až tři svislé, rovné matečné chodby vodorovné s osou kmene (Pfeffer 1954; Zahradník, Knížek 2007). V některých případech se může vyskytnout až pět matečných chodeb (Kula 2014). Chodby jsou 6–12 cm dlouhé, s několika větracími otvory (Zahradník, Knížek 2007). Se zvyšující se intenzitou napadení kmene se chodby zkracují. Larvální chodby odbočují od chodeb matečných na obě strany a jejich počet se odvíjí od délky požerku, nejčastěji jich je 10–25 (Pfeffer 1954).



Obrázek 2 Požerek lýkožrouta smrkového (vlastní fotografie)

Požerky vzniklé ze sesterského rojení se vyznačují absencí snubní komůrky (Zahradník, Knížek 2007).

Ips duplicatus

Obecná charakteristika

Lýkožrout severský se řadí do čeledi nosatcovití (Curculionidae) a podčeledi kůrovcovití (Scolytinae). Původním areálem výskytu tohoto druhu byla oblast eurosibiřské tajgy od Švédska po Sachalin (Holuša et al. 2010). Lýkožrout severský se z počátku neprojevoval jako lesnický významný druh. V České republice byl výskyt poprvé monitorován na začátku 70. let 20. století a k významným gradacím u nás došlo až na začátku 90. let (Knížek, Holuša 2008). K rozšíření tohoto druhu směrem na jih došlo pravděpodobně vlivem mírného klimatu a postupného oteplování a pěstováním smrkových monokultur v nižších a středních polohách (Mrkva 1994).

Lýkožrout severský se řadí mezi menší druh kůrovců. Tělo dospělce měří 3,5–4 mm a je černohnědé až černé, lesklé. Krovky jsou válcovité, směrem dozadu se nezuzují. *I. duplicatus* má zrnitě hrbolkované čelo, válcovitý štít, který je rovněž hrbolkovaný s jemným tečkováním. Švy na tykadlové paličce jsou lomené, zprohýbané. Mezirýží jsou lesklá, tečkovaná. V zadní části krovek se nachází prohlubenina se čtyřmi páry zoubků (Pfeffer 1955). První pár zoubků je od ostatních výrazně vzdálen. Samci mají třetí pár zoubků znatelně rozšířený (Knížek, Holuša 2007).

Životní cyklus

V horských oblastech má *I. duplicatus* jednu generaci do roka (Pfeffer 1955). V České republice se vyskytuje zpravidla v nadmořských výškách do 600 m n. m. (Holuša et al. 2006). V těchto podmínkách prodělává obvykle 2 a za příznivých podmínek i 3 generace do roka (Holuša et al. 2003). Hostitelskou dřevinou je především smrk ztepilý (*Picea abies*), ojediněle také borovice lesní a výjimečně jedle nebo jalovce (Pfeffer 1955; Holuša et al. 2006).

Lýkožrout severský přezimuje ve stadiu dospělce. V tomto stavu není schopen letu, jelikož ztrácí létací svalovinu. Diapauza nastává přibližně od druhé poloviny srpna, primárně je ovlivněna zkracující se délkou dne a teplotami vzduchu. Významným faktorem ovlivňujícím letovou aktivitu je také průběh srážek (Doležal 2018). Většina jedinců zimuje v hrabance (Knížek, Holuša 2007), Mrkva (1995) uvádí, že část populace zimuje i pod kůrou.

K tvorbě vajíček dochází při teplotě kolem 10 °C (Mrkva 1995). Vývojová stadia jsou svojí stavbou i velikostí velmi podobná vývojovým stadiím lýkožrouta smrkového (Knížek, Holuša 2007). U lýkožrouta severského proběhne za příznivých podmínek (30 °C) vývoj od vajíčka po dospělého za pouhých 10 dní. Při teplotě 15 °C trvá celkový vývoj průměrně 39 dní (Davidková, Doležal 2019). Délka vývoje závisí na stanovištních podmínkách a průběhu počasí, Mrkva (1995) uvádí, že vývoj trvá průměrně 4–8 týdnů.

Rojení a nálet

Jarní rojení začíná nejčastěji v květnu (Pfeffer 1955; Knížek, Holuša 2007). Začátek rojení je jako u lýkožrouta smrkového podmíněn průběhem teplot v dubnu. Jarní rojení probíhá u těchto dvou druhů téměř shodně (Holuša et al. 2001). Letní rojení začíná v červenci a třetí rojení v srpnu až září. U tohoto druhu probíhá i tzv. sesterské rojení (Knížek, Holuša 2007).

Ips duplicatus napadá nejčastěji stromy staré 40–70 let (Pfeffer 1955). Mrkva (1995) uvádí, že lýkožrout severský preferuje korunovou, osluněnou část kmene s průměrem od 6 do 15 cm. Stejný autor (1994) potvrdil, že lýkožrout severský nenalétá na ležící stromy a experimentálně zjistil, že *I duplicatus* preferuje svisle a šikmo postavená polena. Nálet zahajuje samec, který v hostitelské dřevině vyhlodá závrtový otvor a snubní komůrku (Holuša et al. 2006). Samci lákají samice a další samce vypouštěním agregačních feromonů, jejichž hlavní složku tvoří ipsdienol a E-myrcenol v poměru 5:1 (Byers et al. 1990). Tyto feromony jsou stejně jako u dalších druhů rodu *Ips* tvořeny z monoterpenů obsažených v pryskyřici hostitelské dřeviny (Renwick et al. 1976).

Požerek

Požerek lýkožrouta severského (obrázek 3) je velmi podobný požerku lýkožrouta smrkového, ale je zpravidla celkově menší a nachází se v korunové části kmene (Lubojacký et al. 2018).

Požerek je většinou tvořen jednou až třemi, vzácně i pěti matečnými chodbami, které jsou 4–6 cm dlouhé



Obrázek 3 – Starší požerek *I. duplicatus* z revize nahodilé těžby (vlastní fotografie)

a 2 mm široké. Snubní komůrky jsou v kůře neznatelné (Holuša et al. 2006).

Matečné chodby jsou rovnoběžné s osou kmene a mají několik větracích otvorů. Larvální chodby jsou kolmé na chodby matečné s postupným vlnění a délkou okolo 5 cm (Knížek, Holuša 2007).

Ips amitinus

Obecná charakteristika

Lýkožrout menší je brouk, který patří do čeledi nosatcovití (Curculionidae) a podčeledi kůrovci (Scolytinae). Tento druh je rozšířen po celé střední Evropě. Areál výskytu tvoří víceméně souvislý celek od západní Francie po Bulharsko. (Pfeffer 1955). V průběhu 20. století se *I. amitinus* začal šířit také do severní Evropy. Na konci 90. let bylo možné sledovat jeho výskyt až v Norsku (Mandelstam 1999; Økland et al. 2019). V České republice je hlavní živnou dřevinou smrk a jeho přítomnost je velmi často spojena s výskytem lýkožrouta smrkového (Lubojacký 2012). Tento druh byl zaznamenán rovněž na borovici limbě, blatce, borovici černé i na kleči. Lýkožrout menší se v horských polohách dostává až k horní hranici lesa. Obsazuje korunové části kmene nebo kmeny tyčovin. V konkurenci s lýkožroutem smrkovým vždy ustupuje do slabších částí stromu (Pfeffer 1955; Urban 2003).

Jak napovídá název, jedná se o menší druh lýkožrouta. Tělo je válcovité a obvykle dosahuje velikosti 3,5–4,5 mm. Krovky jsou nápadně zúžené směrem dozadu. Čelo je hustě hrbolkované, u samců s lesklým černým hrbolkem uprostřed. Tykadlová palička má rovné, případně mírně zprohýbané švy. Na krovkách se nachází zřetelné, hluboké řádky teček, mezirýží je lesklé a tečkované. Zadní část krovek přechází v prohloubeninu, tato oblast krovek je ještě hustěji tečkovaná (Pfeffer 1955). Prohloubenina je opatřena čtyřmi páry zoubků, z nichž třetí zub je vždy největší (Lubojacký 2012).

Životní cyklus

V oblasti pahorkatin a nižších polohách má tento druh zpravidla dvě generace do roka. V místech s nadmořskou výškou nad 700 m tvoří obvykle jednu generaci (Pfeffer 1955). Na jednoho samce připadá 3–5 samic. Po spáření hlodá samice matečnou chodbu a klade vajíčka do vyhlodaných zářezů chodby. Jedna samice vyprodukuje za život průměrně 60 vajíček, která jsou oválná, bílá a měří 0,6–0,9 mm (Lubojacký 2012). Po 10–15 dnech se líhnou bílé apodní larvy rohlíčkovitého tvaru. Larvy mají silně sklerotizovanou hlavu se silnými kusadly a prodělávají během vývoje 3 instary. Přibližně

po dvou týdnech si larvy vytváří kukelnou komůrku, ve které se kuklí. Kukla je volná s dobře patrnými budoucími částmi těla a měří 4–5 mm. Z kukel se zpravidla po 10 dnech líhnou brouci, kteří prodělávají úživný žír a pohlavně dospívají (Witrylak 2008). Lýkožrout menší zakládá rovněž sesterská pokolení (Pfeffer 1955). Dospělí brouci přezimují pod kůrou i v hrabance (Lubojacký 2012).

Rojení a nálet

Jarní rojení začíná v polovině května. Lýkožrout menší preferuje smrky 5. a vyššího věkového stupně, které jsou oslabené nebo odumírající. Nálet je soustředěn zpravidla do slabší vrcholkové nezastíněné části kmene (Witrylak 2008). Jako první nalétá na vhodný strom samec, který zde hloubí snubní komůrku (Lubojacký 2012). Samci vypouští agregační feromony, které slouží k zahájení hromadného náletu. Hlavní složku těchto feromonů tvoří ipsenol a amitinol (Francke et al. 1980). Letní rojení probíhá v nižších a středních polohách od července (Lubojacký 2012).

Požerek

Lýkožrout menší je polygamní druh, od toho se odvíjí i hvězdovitý vzhled požerky (obrázek 4). Snubní komůrky jsou zahlobeny v lýku, ale jsou patrné i ve dřevě. Ze snubní komůrky vychází 3–5, někdy i 7 matečných chodeb, které vedou různými směry, jsou vlnkovitě zprohýbané a rovněž zasahují do dřeva. Matečné chodby jsou průměrně 7–11 cm dlouhé, 2 mm široké a jsou opatřeny větracími otvory. Jedna matečná chodba je opatřena průměrně 27 larválními chodbami o délce 3–4 cm. Hustota larválních chodeb je poměrně nízká vlivem větších rozestupů mezi kladenými vajíčky (Witrylak 2008).



Obrázek 4 – Viceramenné požerky I. amitinus společně s požerky dalších lýkožroutů (vlastní fotografie)

Pityogenes chalcographus

Obecná charakteristika

Lýkožrout lesklý se stejně jako výše zmíněné druhy řadí do čeledi nosatcovití (Curculionidae), podčeledi kůrovci (Scolytinae). Tento druh je rozšířen po celé Evropě, na Kavkazu, Sibiři až po Koreu a Japonsko v Asii. V České republice se vyskytuje ve všech smrkových porostech bez ohledu na nadmořskou výšku (Zahradník 2007). Výskyt

lýkožrout lesklého je často zaznamenán také na borovicích a modříněch, zřídka v horských polohách i na kleči. Jedná se o vážného škůdce, který se objevuje v mlazinách, tyčovinách ale i ve starých porostech, kde obsazuje vrchní části stromů s tenkou kůrou a větve (Pfeffer 1955).

Velikost tohoto druhu se pohybuje v rozmezí 1,6–2,8 mm. Brouk je krátce válcovitý, hnědočerný s černým štítem a nahnědlými krovkami, je výrazně lesklý. Krovky má krátké, slabě tečkované a nápadně lesklé, mezirýží jsou široká, hladká, bez teček. Na zadní části krovek se nachází prohlubenina, která se liší v závislosti na pohlaví. Samci zde mají tři páry ostrých, navzájem stejně vzdálených zoubků. U samic jsou zoubky sotva znatelné. Pohlavní dimorfismus se projevuje také na čele, které má samec ploché a řídké tečkované, samice na něm má uprostřed znatelnou prohlubeninu (Pfeffer 1955).

Životní cyklus

Lýkožrout lesklý má v podmínkách střední Evropy zpravidla 2 pokolení do roka, v nižších polohách i tři. Nejčastěji přezimuje imago, méně larvy a kukly (Pfeffer 1955). Počátek letové aktivity a konec diapauzy je ovlivňován fotoperiodou a teplotou vzduchu během vývoje pokolení. Letová aktivita lýkožrouta lesklého je indukována při délce světelné části dne 16 h a 20 °C (Führer, Chen 1979). Košťál et al. (2014) uvádí, že *P. chalcographus* je druh kůrovce velmi odolný vůči chladu, to dokládá experimentem, při kterém přežilo až 75 % jedinců při teplotách -15 °C po dobu 60 dní.

Samice klade zhruba 10–30 vajíček v průběhu sedmi dní. Vajíčka jsou drobná, kulatá a bílá. Po týdnu se z vajíček líhnou bílé rohlíčkovité larvy, které jsou apodní a v posledním instaru měří až 3 mm. Přibližně po 4–6 týdnech se larvy zakuklí. Kukly jsou rovněž bílé, volné (Zahradník 2007). Stadium vajíčka trvá přibližně 9,4 %, larvy 58,2 % a kukly 32,4 % celkové doby vývoje (Ogris et al. 2020).

Rojení a nálet

Jelikož je lýkožrout lesklý považován za druhého nejvýznamnějšího škůdce smrkových lesů v Evropě (Göthlin et al. 2000), byl pro predikci sezónního vývoje tohoto druhu vyvinut fenologický model CHAPY. Tento model funguje na obdobném principu kumulace stupňodní jako model PHENIPS. Na základě tohoto modelu se stanoví počátek jarního rojení lýkožrouta lesklého kumulací 80,5 stupňodní od 9. března, při překročení dolní meze 15,6 °C, která indukuje letovou aktivitu (Ogris et al. 2020). Pfeffer (1955)

uvádí, že jarní rojení začíná v nižších polohách v dubnu, v polohách vyšších o měsíc později.

Nálet je zahajován samci, kteří vyhledají vhodného hostitele a vyhloubí snubní komůrku (Zahradník 2007). Nálet je směřován do korunové části smrků. Lýkožrout lesklý napadá především oslabené stromy, ale v některých případech i stromy zcela zdravé (Schroeder 2013). Hedgren (2004) ve své studii uvádí, že mortalita smrků napadených výhradně druhem *P. chalcographus* činila pouze 8 %, ale rapidně se zvyšovala za přítomnosti lýkožrouta smrkového. Samci lýkožrouta lesklého po náletu vypouští agregační feromony, z nichž nejvýznamnější jsou chalcogran a methyl 2,4-decadienoát (Byers et al. 1989). Za jedním samcem přilétá 3–6 samic, které vyhloubí matečné chodby a nakladou vajíčka. Tento druh je velmi často přítomný v místech, kde zůstaly zbytky neošetřeného dříví po těžbě. Z těžebního odpadu se dále šíří na okolní stojící stromy (Zahradník 2007).

Požerek

Požerek lýkožrouta lesklého je hvězdicovitého tvaru (obrázek 5). Ve středu se nachází snubní komůrka, která je v případě výskytu na smrku vyhlodána v lýku, u borovice bývá patrná až v běli (Zahradník 2007). Matečné chodby jsou stočené, zpravidla 2–6 cm dlouhé a 1 mm široké. Larvální chodby jsou velmi husté a 2–4 cm dlouhé (Pfeffer 1955).



Obrázek 5 – Požerky *P. chalcographus* (nejmenší velikost) společně s požerky dalších lýkožroutů (vlastní fotografie)

Ochrana lesa

Ochrana lesa se řadí mezi základní lesnické obory. Společně s pěstováním a řádným růstem lesních porostů se stará o naplnění záměrů hospodářské úpravy lesa (Jančařík 2005). Úkolem ochrany lesa je všemi způsoby chránit lesy, čímž se rozumí lesní pozemky a dřeviny na nich rostoucí. Tato vědecky jednotná disciplína si klade za úkol poznat škodlivé činitele (jak biotické, tak abiotické), příčiny stimulace jejich aktivity a předcházet, případně odstraňovat jejich škody (Švestka et al. 1996). Společně s plněním všech společensky žádaných funkcí je kladen stále větší důraz na ekologickou stabilitu lesních ekosystémů. V minulosti docházelo k nešetrnému používání chemických

prostředků, zejména pesticidů. Tento fenomén byl podnětem pro vytvoření integrované ochrany rostlin (Kula 2005) a její podmnožiny integrované ochrany lesa (Zahradník 2014).

Integrovaná ochrana rostlin (IOR) v první řadě zdůrazňuje poznání škůdce a jeho chování v ekosystému, následný postup a zvládnutí gradace se podřizuje obecným zásadám IOR uvedených v příloze č. 3 směrnice EU 2009/128/ES. V rámci IOR byly vypracovány prahy hospodářské škodlivosti. V první skupině jsou uvedeni škůdci, jejichž gradace vede vždy k rozvracení porostů. Do této skupiny se řadí také druhy *I. typographus*, *I. duplicatus* a *P. chalcographus* (Kula 2005).

Z výše uvedených skutečností je zřejmé, že ochrana lesa byla legislativně ukotvena také v českém právním systému. Hlavním pramenem práva týkajícím se lesních ekosystémů je zákon č. 289/1995 Sb., o lesích. V § 32 se mimo jiné píše o povinnosti vlastníka lesa provádět opatření, která vedou k předcházení a zabránění působení škodlivých činitelů na les. Mezi povinnosti týkající se hmyzích škůdců se v tomto paragrafu uvádí zejména preventivní bránění vývoje a šíření škodlivých organismů, provádění jejich evidence a evidence škod jimi způsobených a přednostní zpracování nahodilých těžeb. Podrobnosti o opatřeních k ochraně lesa jsou uvedeny ve vyhlášce MZe č. 101/1996 Sb., ve znění její novely č. 76/2018 Sb. (Modlinger 2015).

Monitoring

Pro účely monitoringu byly legislativou vylišeny tři stupně stavu populační hustoty lýkožroutů. Pod pojmem lýkožrout jsou zde souhrnně označeni *Ips typographus*, *Ips duplicatus* a *Pityogenes chalcographus*.

- **„Základní stav** – je takový početní stav lýkožroutů, kdy objem kůrovcového dříví z předchozího roku v průměru nedosáhl 1 m^3 na 5 ha smrkových porostů, a nedošlo k vytvoření ohnisek výskytu lýkožrouta.
- **Zvýšený stav** – je takový početní stav lýkožroutů, kdy objem kůrovcového dříví z předchozího roku v průměru dosáhl nebo překročil 1 m^3 na 5 ha a nedosáhl 5 m^3 na 5 ha smrkových porostů, a došlo k vytvoření ohnisek výskytu lýkožrouta. Tento stav upozorňuje na možnost kalamitního přemnožení lýkožrouta.
- **Kalamitní stav** – je takový početní stav lýkožroutů, kdy objem kůrovcového dříví z předchozího roku v průměru dosáhl nebo překročil 5 m^3 na 5 ha smrkových porostů, a který způsobuje rozsáhlá poškození lesních porostů na stěnách nebo

vznik ohnisek uvnitř lesních porostů až plošné napadení lesních porostů.“
(Vyhláška č. 76/2018 Sb. Mze, příloha č. 2)

Při kontrole těchto škůdců je hlavním úkolem zjistit výskyt, vývojové stadium a stanovit účinnou ochranu. Monitoring lýkožroutů se provádí pomocí okulární pochůzkové metody a pomocí odchyťových zařízení (Vyhláška 76/2018 Sb.).

Kontrola lýkožrouta smrkového se v základním stavu provádí pochůzkami a s využitím lapačů a lapáků (Zahradník, Geráková 2010). Na každých 20 ha smrkových porostů se instaluje minimálně jedno kontrolní odchyťové zařízení (Vyhláška 76/2018 Sb.). Při zvýšeném stavu se kontrola uskutečňuje za pomoci lapačů nebo lapáků ve všech smrkových porostech starších 60 let. Při kalamitním stavu již kontrola zcela plní funkci obrannou. Lapáky a lapače se instalují na nejohroženější místa porostů (ČSN 48 1000, 2005).

Kontrola lýkožrouta severského se provádí v základním stavu zejména pochůzkami ve smrkových porostech starších 40 let. V případě zvýšeného a kalamitního stavu i v porostech mladších. Ke kontrole lze využít také feromonové lapače (Knížek, Holuša 2007). Okulární metoda kontroly proti tomuto druhu je značně ztížena tím, že jeho vývoj je dokončen dříve, než se projeví první barevné změny jehličí napadeného stromu (Holuša 2013).

Kontrola lýkožrouta lesklého se provádí ve smrkových porostech ve věku 20–40 let, v případě kalamitního stavu i v porostech starších, případně mladších (ČSN 48 1000, 2005). K monitoringu se opět využívají odchyťová zařízení, zejména lapáky a lapače. Za použití pochůzkové metody se ve starších porostech vyhledávají jednotlivé napadené smrky, v porostech mladších ohniska.

Ochrana

Ochrana lesních porostů proti lýkožroutům se řídí třemi obecnými zásadami.

- Včasné zpracování materiálu vhodného pro potenciální vývoj a namnožení lýkožroutů.
- Vyhledání a odstranění veškerého napadeného dříví nebo jeho asanace, nejpozději do doby, než jej kůrovci začnou opouštět.
- Soustředění lýkožroutů v ohniscích a ohrožených místech na lapáky nebo jiná obranná opatření a jejich následná asanace (Švestka et al. 1996; Zahradník, Geráková 2010; Zahradník, Knížek 2016).

Základem ochrany je prevence. Nejdůležitějším preventivním opatřením proti lýkožroutům je včasné a důsledné vyhledávání a následná asanace veškerého kůrovcového dříví. Dále je nutné odstraňovat z lesa veškerý atraktivní materiál pro lýkožrouty (zejména potěžební zbytky) a výrazně oslabené stromy z porostů (Forst et al. 1985). Za vhodné je též považováno využití takovýchto stromů nebo dříví jako obranných opatření. Podstatnou část prevence tvoří zachování porostní hygieny a zvyšování ekologické stability lesních porostů, především s ohledem na dřevinnou skladbu (Zahradník, Geráková 2010). Mrkva (2005) uvádí, že pozornost ochrany lesa se musí věnovat rovněž zdravotnímu stavu dřevin, který označuje za alarmující. Ochrana spočívá v neposlední řadě také v nasazení odchytných (obránných) opatření.

Obranná opatření

Jak již napovídá název, slouží tato opatření k obraně lesních porostů před hmyzími škůdci, a to zejména k regulaci jejich populačních hustot. K nejpoužívanějším obranným opatřením na našem území patří lapáky, otrávené lapáky a lapače, případně jiné, méně tradiční metody, k jejichž rozvoji dochází zejména v posledních letech (Kučera 1951; Kula 2014; Zahradníková, Zahradník 2015).

Počet obranných opatření pro zachycení jarního rojení se stanovuje na základě kalamitního základu, kdy počet těchto zařízení je roven 1/10 objemu kalamitního základu. Kalamitní základ je definován jako objem včas zpracovaného kůrovcového dříví za období od 1.8. do 31.3. následujícího roku (ČSN 48 1000, 2005). Tento údaj se liší u různých autorů, například Pfeffer (1961) uvádí poměr 1/5, Švestka (1996) poměr 1/8.

Pro stanovení počtu obranných opatření k zachycení letního rojení se používá stupeň napadení nebo odchytu z jarního rojení pro jednotlivé druhy lýkožroutů zvlášť

Tabulka 1 – Tabulka pro stanovení stupně odchytu jednotlivých druhů lýkožroutů (Upraveno dle ČSN 48 1000, 2005).

		Lapač	Lapák
	Stupeň odchytu	Počet odchycených jedinců	Počet závrtů na 1 dm ²
<i>Ips typographus</i>	Slabý	< 1000	< 0,5
	Střední	1000 - 4000	0,5 - 1,0
	Silný	> 4000	> 1,0
<i>Ips duplicatus</i>	Stupeň odchytu		
	Slabý	< 300	< 0,5
	Střední	300 - 1000	0,5 - 1,0
	Silný	> 1000	> 1,0
<i>Pityogenes chalcographus</i>	Stupeň odchytu		
	Slabý	< 10000	< 1
	Střední	10000 - 50000	1 - 2
	Silný	> 50000	> 2

(tabulka 1). Pokud bylo dosaženo silného stupně napadení, je doporučeno zvýšit počet obranných opatření (ČSN 48 1000, 2005).

Lapáky

Lapáky jsou jednou z nejstarších a nejznámějších metod kontroly a aktivního snižování populační hustoty lýkožroutů smrkových (Pfeil 1827). Za lapáky jsou považovány pokácené, zpravidla odvětvené, zdravé stromy (Modlinger 2015). Lapáky se obvykle podkládají pro zvětšení jejich účinné plochy a zakrývají větvemi (Forst et al. 1985). Lýkožrouti jsou lákáni přirozeným způsobem založeným na principu uvolňování primárních atraktantů z vysychajícího lýka. Intenzita náletu je závislá na mnoha faktorech, jako zásadní se jeví populační hustota škůdce, průběh počasí a poloha lapáku (Wermelinger 2004). K tvorbě lapáku mohou sloužit i vývraty a zlomy (ČSN 48 1000 2005). Pro lákání lýkožrouta smrkového doporučují Zahradník a Geráková (2010) výčetní tloušťku alespoň 20 cm. Baier (1996) uvádí, že nejvhodnější jsou průměrné stromy s hrubou kůrou. V případě vábení lýkožrouta lesklého se používají smrky o výčetní tloušťce 15–20 cm nebo vršky silnějších stromů (Zahradník 2007). V některých případech se používají také stojící lapáky, které jsou vhodné také pro lákání lýkožrouta severského (Pfeffer 1961). Dle Zumra (1995) a Pfeffera (1961) nalétají lýkožrouti dříve na neodvětvené kmeny. U lapáků se vede evidence formou zaznamenání pořadového čísla, označení porostu, data položení, data a výsledků kontrol a data asanace (Kula 2014).

Lapáky se pokládají v sériích. První série se připravuje nejpozději během března a slouží k zachycení první generace a jedinců ze sesterského rojení (Švestka et al. 1996). V první sérii se doporučuje pokládat lapáky ze 2/3 na osluněná místa a z 1/3 do polostínu (Kula 2014). Holuša et al. (2017) ve svém výzkumu zjistil, že v místech s delším průběhem zimy a déle trvající sněhovou pokrývkou lze kácet lapáky s daleko větším předstihem, zatímco v teplejších oblastech bez sněhu je třeba připravit lapáky těsně před letovou aktivitou lýkožroutů. Druhá série lapáků se připravuje nejpozději týden před začátkem letního rojení, tyto lapáky se umísťují do polostínu (Švestka 1996).

Kontrola probíhá v intervalu 7–10 dní odkorněním okénka o velikosti 20 dm² v místě nejsilnějšího náletu. Předmětem kontroly je zjištění vývojového stadia a počtu lýkožroutů pro predikci možného vzniku další generace, zajištění včasné asanace lapáku a případného upravení počtu obranných opatření na dané lokalitě (Pfeffer 1954; Švestka 1996; Modlinger 2015).

Hlavní nevýhodou používání lapáků je, že je nelze použít ve všech případech. Velkým problémem bývají místa, kde je velké množství stresovaných stromů, polomů a vývrátů, které tvoří vhodný materiál pro namnožení lýkožroutů (Pfeffer 1961). Lapáky jsou nejdražší metodou v porovnání s lapači a trojnožkami (Holuša et al. 2016). Další nevýhodou je časová náročnost přípravy a častá terénní nedostupnost spojená s náročnou asanací (Bakke 1989; Zahradník, Knížek 2007). Navzdory těmto faktům jsou lapáky stále velmi používanou metodou a patří mezi opatření, která zachytí největší množství brouků a mají podstatný vliv na populační dynamiku lýkožroutů smrkových. Jednou z modifikací klasických stromových lapáků jsou tzv. hromadné neboli soustředěné lapáky. Ty se využívají obdobně jako lapáky klasické ale ve větším počtu na jednom místě. Tato metoda je poměrně nová a chybí informace o jejím vlivu na populace lýkožroutů (Holuša et al. 2016).

Lapače

Lapače jsou umělým druhem obranného opatření sloužícího k zachytávání dospělých jedinců lýkožroutů (Zahradník, Geráková 2010). Tato metoda je založena na využívání sekundárních atraktantů (agregačních feromonů) lýkožroutů. Atraktanty jsou uloženy ve feromonovém odparníku, který je zavěšen na lapači (Kula 2014). V současnosti



Obrázek 6 – Lapač typu Theyson připravený k odchytu jarního rojení 1. smrkového (vlastní fotografie)

nejpoužívanějším typem je dvoustěnný nárazový lapač typu Theyson (obrázek 6) (Modlinger 2015). Lapače se umísťují do ohnisek výskytu lýkožroutů, avšak na rozdíl od lapáků se musí dodržet bezpečnostní vzdálenost 10 m od nejbližšího zdravého smrku a zároveň by se neměl umístit do vzdálenosti větší než 25 m (ČSN 48 1000, 2005). Rozestupy mezi jednotlivými lapači by neměly klesnout pod 20 m (Zahradník, Zahradníková 2016). Lapače lze využít k efektivní obraně porostních stěn, pokud se rozestaví ve formě bariéry na okraji porostu (Jakuš 1998). Výše odchytu závisí na lokálních vlivech prostředí, zejména na teplotě vzduchu, vystavení slunečnímu záření, přítomnosti nezpracované dřevní hmoty (Wermelinger 2004). Lobinger a Skatulla (1996) pozorovali až čtyřnásobný odchyt v lapačích vystavených jižním směrem oproti směru severnímu.

Kontrola lapačů se provádí rovněž v intervalu 7–10 dní. Při kontrole se spočítají nachytaní brouci a uvede se datum kontroly. Počet jedinců lýkožroutů lze určit převodem, kdy 1 ml odpovídá 35 lýkožroutům smrkovým nebo 42 lýkožroutům severským, případně 550 lýkožroutům lesklým (Zahradník, Knížek 2016).

Otrávené lapáky

Speciálním případem použití lapáků jsou otrávené lapáky (Modlinger 2015). Otrávený lapák je skácený odvětvený smrk nebo jeho části s optimální délkou 4 m (Švestka et al. 1996). Nejčastějším způsobem využití otrávených lapáků jsou polena o délce 1–1,5 m složená do trojnožek (obrázek 7) (Zahradník, Geráková 2010). Kula (2014) uvádí, že optimální průměr těchto polen je 20 cm, ale mohou být využity i výřezy menších dimenzí. Stejný autor dále avizuje, že s rostoucí dimenzí trojnožek roste i velikost odchytu. Tato obranná opatření jsou těsně před vypuknutím náletu lýkožroutů ošetřena insekticidním přípravkem a opatřena feromonovým odparníkem (Švestka et al. 1996; Zahradník, Knížek 2016). Feromonový odparník se umísťuje zpravidla pod vrchol trojnožky (Kula 2014), Švestka (1996) tvrdí, že by se měl umísťovat na zastíněnou stranu opatření. Účinnost otrávených lapáků je udržována pravidelnou výměnou feromonových odparníků a opakovaným postříkem kontaktním insekticidem, zpravidla po 8 týdnech. Určující jsou však lhůty stanovené výrobcem (Zahradník, Knížek 2007). Instalace trojnožek se řídí obdobnými pravidly jako instalace lapačů. Minimální vzdálenost od nejbližšího zdravého smrku by neměla klesnout pod 6 m (Švestka 1996). V normě (ČSN 48 1000, 2005) je uvedeno, že otrávené lapáky se používají v místech s nedostupným terénem znemožňujícím dodržení včasných kontrol jiných obranných opatření.

Velkou výhodou těchto opatření je poměrně malá pracnost přípravy s možností hromadného ošetření na skladech a delší termíny kontrol (Švestka 1996). Nevýhoda spočívá v ekologické zátěži životního prostředí. Otrávené lapáky působí neselektivně na veškerý hmyz (Zahradník, Geráková 2010). Tuto skutečnost dokládá výzkum provedený Lubojackým a Holušou (2011), při kterém byl zaznamenán vysoký úhyn přirozeného predátora pestrokrovečníka (*Thanasimus* spp.). Monitoring probíhá namátkově za použití kontrolních rámců nebo plátna (Modlinger 2015). Zjištěná



Obrázek 7 – Otrávené lapáky ve formě trojnožek (vlastní fotografie)

data jsou však často zkreslována vlivem klimatických poměrů, zejména působením větru a deště. Častým problémem je také predace ptáky nebo hlodavci (Kula 2014). Účinnost otrávených trojnožek vyrobených z 2m výřezů je přibližně o 1/3 nižší než účinnost lapačů (Lubojacký, Holuša 2011).

Do kategorie otrávených lapáků se řadí rovněž systém Trinet (Modlinger 2015). Tato past sestává z trojúhelníkové konstrukce potažené sítí napuštěnou kontaktním insekticidem alfa-cypermethrinem a je opatřena feromonovým odparníkem. U této poměrně nové metody nebyl zjištěn vliv na necílové organismy a její účinnost lze srovnávat s ostatními odchyťovými zařízeními s feromonovými odparníky (Grodzki, Skrzecz 2017).

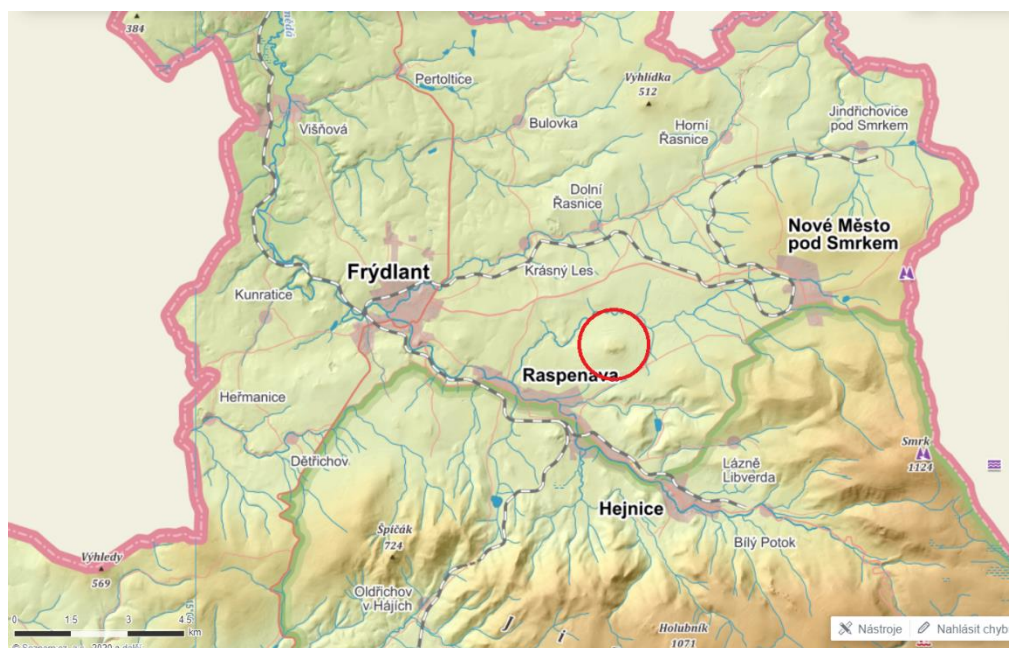
Metodika

Studovaná oblast

Výzkum probíhal v Libereckém kraji v severních Čechách, ve Frýdlantském výběžku na katastrálním území obce Raspenava (obrázek 8). Vybraná oblast je bývalým vojenským prostorem a spadá pod VLS s.p., divizi Mimoň, lesní správu Hamr, lesní úsek Chlum. Tento lesní hospodářský celek se řadí do přírodní lesní oblasti č. 20 – Lužická pahorkatina. Nadmořská výška se zde pohybuje v rozmezí 363–495 m n. m, což je na rozhraní mezi dubobukovým a bukovým lesním vegetačním stupněm.

Z geomorfologického hlediska je oblast součástí Frýdlantské pahorkatiny. Znělcová kupa Chlum je jedním ze čtyř nejvýznamnějších bodů této pahorkatiny. Geologický podklad tvoří znělec, kamenité až hlinitokamenité sedimenty a nivní sedimenty. Převažující půdní jednotkou jsou typické hnědozemě a pseudogleje. Ve vyšších polohách tvoří půdotvorný substrát lávové zvětraliny, v nižších polohách skeletovité svahoviny a proluviální sedimenty (Demek, Mackovčín 2006).

Zájmové území náleží do povodí řeky Smědé, která spadá do úmoří Baltského moře. Významný vodní tok tvoří řeka Lomnice protékající kolem severního úpatí kopce Chlum. Dle dat Českého hydrometeorologického ústavu zde činí průměrná roční teplota 7–8 °C a průměrný roční úhrn srážek přibližně 800 mm. Region je charakterizován jako MT7 – mírně teplý (Quitt 1971).



Obrázek 8 Mapa studované oblasti, převzato z mapy.cz

Revize kontrolních, obranných opatření a nahodilé těžby

V rámci mé diplomové práce byly položeny dvě série lapáků ve vybraných kůrovcových ohniscích. Porosty a počty lapáků první série byly určeny na základě kalamitního základu, který činil 1322 m³. V první sérii bylo na konci března roku 2020 položeno celkem 10 lapáků, ve druhé sérii se na přelomu června a července položilo rovněž 10 lapáků ve stejných porostech (tabulka 2). Lapáky pro zachycení prvního rojení byly umístěny do porostů ze 2/3 na osluněná místa a z 1/3 do polostínu. Všechny lapáky byly odvětveny a zakryty větvemi. Kontrola stupně napadení a vývojových stadií lýkožroutů se prováděla pravidelně v rozmezí sedmi až deseti dnů, do doby revize a následné asanace. Souběžně s lapáky, se instalovala další odchyťová zařízení.

Počty lapačů byly rovněž stanoveny z kalamitního základu. Jejich instalace probíhala společně s přípravou první série lapáků. Lapače byly umístěny ve 12 různých porostech, přičemž 8 z nich se nacházelo v porostech s lapáky (tabulka 3). Jeden lapač byl osazen feromonovým odparníkem na lákání lýkožrouta severského a 11 odparníkem na lákání lýkožrouta smrkového. Odchyt lýkožrouta severského byl ukončen 3.7. Všechny lapače byly rozmístěny v souladu s normou ČSN 48 1000.

Tabulka 2 – Rozmístění lapáků připravených v roce 2020 na lesním úseku Chlum

Pořadové číslo lapáku	GPS souřadnice		Porost
	X	Y	
1	50°55'04.215"N	15°09'15.139"E	165B10
2	50°55'06.638"N	15°09'38.513"E	166A03
3	50°55'02.689"N	15°10'38.515"E	169A11
4	50°55'00.620"N	15°10'13.629"E	170A16
5	50°54'52.227"N	15°09'39.620"E	172A09
6	50°54'50.441"N	15°09'42.517"E	172A09
7	50°54'58.554"N	15°09'16.362"E	172B10
8	50°54'48.006"N	15°09'29.514"E	173B15
9	50°54'47.070"N	15°10'11.128"E	175A11
10	50°54'30.254"N	15°09'48.372"E	176A11

Celkem bylo zhotoveno 147 otrávených trojnožek a nainstalováno 11 feromonových lapačů typu Theyson s feromonovými odparníky Pheagr-IT a jeden lapač s feromonovým odparníkem ID Ecolure. V reakci na silný stupeň napadení lapáků bylo vytvořeno 5 hromadných obranných opatření z insekticidních sítí Storanet s odparníky Pheagr-IT a Chalcoprax A.

Revize první série lapáků proběhla ve dnech 24. 5. a 25. 5. 2020. U každého lapáku se evidovalo identifikační číslo, číslo série a celková délka. Lapáky byly rozděleny na čtyři sekce, u kterých se měřily vybrané veličiny, viz výsledky. První sekce se nacházela 1–2 metry od paty kmene, druhá v polovině kmenové části, třetí na počátku koruny a čtvrtá ve středu koruny. V každé sekci se dle dostupnosti odkornil prstenec o délce 0,5 m po celém obvodu kmene. Následně se změřila jeho šířka a délka, sečetly se snubní komůrky a matečné chodby lýkožrouta smrkového a zaznamenalo se vývojové stadium. U lýkožrouta lesklého se spočítaly pouze počty rodin a uvedla se vývojová stadia. V případě výskytu se evidovaly i jiné druhy rodu *Ips*. Obdobným způsobem proběhla kontrola druhé série lapáků, konkrétně dne 20.8. 2020.

Po vytěžení první nahodilé těžby v porostech, kde byly lapáky, probíhala revize pokácených stromů výše zmíněným způsobem rozdělení kmenů na sekce, změřením a zaznamenáním jednotlivých veličin. Revidovalo se 3–5 stromů ve vzniklém ohnisku, z toho 2–3 na kraji ohniska a zbytek uprostřed.

Statistické vyhodnocení dat

Data získaná v terénu se zapisovala do terénních formulářů a následně se převedla do tabulkového programu MS Excel k dalšímu zpracování. Na základě plochy sekce a počtu chodeb byl dopočítán počet samců a samic na m² jednotlivých sekcí. Dále byl spočten povrch jednotlivých sekcí a s jeho pomocí se zjistil počet brouků na sekci jako součin povrchu sekce a průměrný počet brouků na m² v dané sekci. Následným součtem počtu brouků v jednotlivých sekcích se získal celkový počet jedinců na jednom stromě. Tato data bylo ještě nutno upravit v závislosti na napadení nedořezu. Výsledky byly statisticky zpracovány a graficky zobrazeny (letová aktivita, srovnání odchytů) v programu TIBCO Statistica™ (TIBCO Software Inc., USA). Srovnání druhového spektra a intenzity náletu na lapáky a kůrovcové stromy, stejně jako srovnání náletu na jednotlivých sekcích stromu bylo provedeno mnohonásobným porovnáním Kruskal Wallisovým testem. Obdobně byly zjišťovány korelační koeficienty jednotlivých parametrů stromů a populačních hustot lýkožroutů, respektive vytvořen zobecněný lineární model (GLM).

Výsledky

Shrnutí obranných opatření

Ve studované lokalitě Chlum bylo připraveno a revidováno 10 lapáků v první sérii a 10 lapáků ve druhé sérii. Revize nahodilé těžby byla provedena na 12 kůrovcových stromech. Celkem bylo nainstalováno 11 lapačů pro odchyt lýkožrouta smrkového a jeden lapač pro odchyt lýkožrouta severského.

Celkové nahodilé těžby na lesním úseku Chlum za rok 2019 dosáhly 3 821,88 m³. Za rok 2020 to bylo 4 204,9 m³ nahodilých těžeb, z toho 3 810 m³ činily nahodilé těžby kůrovcové. Kalamitní základ (1.8.2019–31.3.2020) činil 1 322 m³.

Tabulka 3 – Srovnání nahodilých těžeb kůrovcových, kalamitního základu, navrhovaného a skutečného počtu obranných opatření na lokalitě Chlum (NT_k = Nahodilá těžba kůrovcová za rok 2020, KZ = kalamitní základ za období 31.8.2019-1.3.2020, koeficient pro výpočet min. počtu opatření = 0,125)

Porost	NT _k za rok 2020 (m ³)	KZ (m ³)	Min. počet opatření	Vytvořená obranná opatření			
				Lapáky	Lapače	Trojnožky	Celkem
158A09	6	6	1			1	1
158A11	17	17	2			2	2
158B11a		5	1			1	1
160C03		3	1			1	1
161A10	74	74	9		1	8	9
161D06c		2	1			1	1
164A12	87	43	5			5	5
165B10	11	27	3	1	1	1	3
166A03		34	4	1	1	2	4
167B12a		12	2			2	2
169A11	62	46	6	1	1	4	6
170A16		53	7	1		6	7
172A09	1090	146	18	2	1	15	18
172B10	176	153	19	1	1	17	19
173A10	5	5	1			1	1
173B15		123	15	1	1	13	15
174A10b		3	1			1	1
175A01b		2	1			1	1
175A11		51	6	1	1	4	6
176A11	70	154	19	1	1	17	19
177B07		3	1			1	1
178A13	3	3	1			1	1
178B10	525	129	16		1	15	16
179B10	88	85	11		1	10	11
179B12b	53	53	7		1	6	7
182C10	90	90	11			11	11
Celkem	2357	1322	169	10	12	147	169

V tabulce 3 je uveden kalamitní základ a minimální požadované počty obranných opatření v jednotlivých porostech lesního úseku Chlum. Pro tyto porosty je zde také zaznamenána výše nahodilých těžeb kůrovcových za rok 2020. Z této tabulky je patrné,

že kde přesáhla hodnota nahodilých těžeb kalamitní základ, tam došlo k vytvoření kůrovcového ohniska v místě s obranným opatřením. Celkem bylo vytvořeno 169 obranných opatření, z toho 12 lapačů, 10 lapáků a 147 otrávených trojnožek. V průběhu kontrol lapáků bylo dodatečně přidáno ještě 5 hromadných obranných opatření typu Storanet. Kalamitní základ v porostech s lapáky činil 1 054 m³. Výsledné kůrovcové těžby za rok 2020 v porostech s lapáky dosáhly 1 409 m³.

Letová aktivita

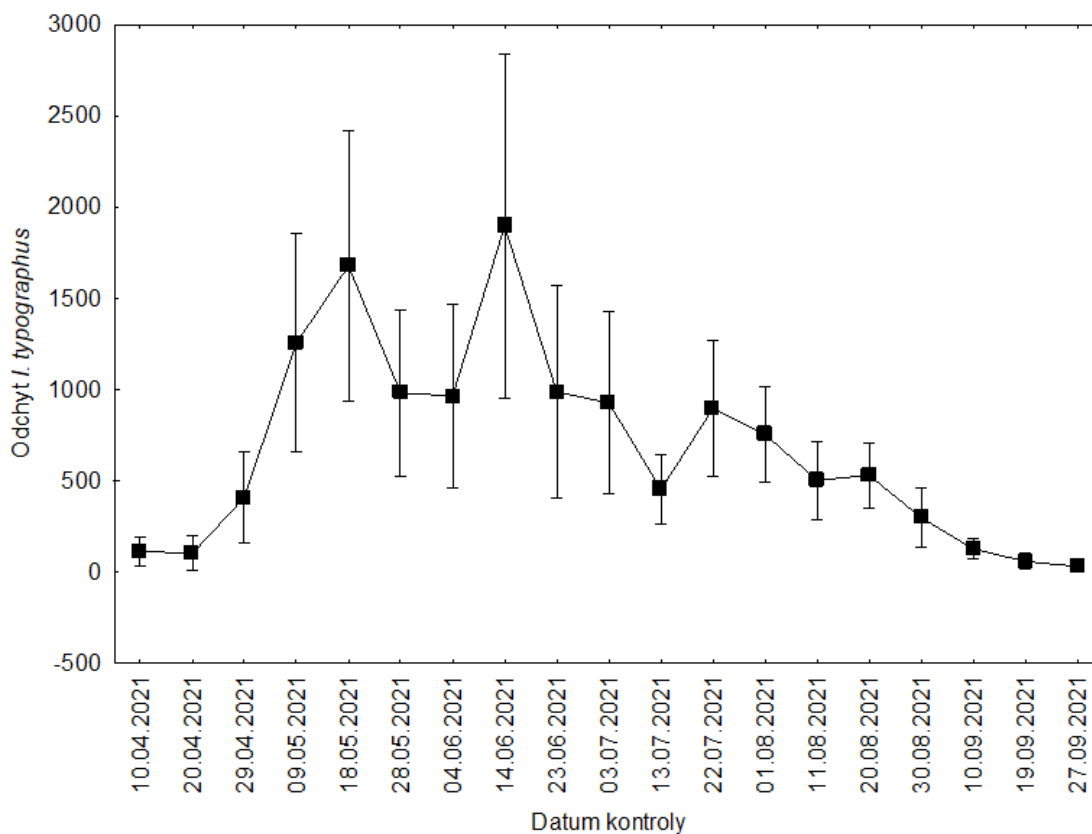
Za studované období se do 11 lapačů (tabulka 4) nachytl celkem 142 487 jedinců druhu *Ips typographus*, průměrně se v jednom lapači nacházelo 12 953 jedinců a průměrný odchyt na jednu revizi činil 682 jedinců. V lapačích s pořadovým číslem 6 a 7 bylo při kontrole zaznamenáno 4 000 jedinců na jedno odchyťové zařízení, což je hranice mezi středním a silným stupněm napadení. Tato hranice však nebyla překročena a počet zařízení nebyl navýšen.

Tabulka 4 - Odchyt z lapačů s odparníkem na druh Ips typographus. (Celkem bylo provedeno 19 revizí)

Porost	Pořadové číslo	Celkový odchyt za sezónu (ks)	Průměrný odchyt za revizi (ks)
161A10	1	6425	338
165B10	2	14810	779
166A03	3	16310	858
169A11	4	9390	494
172A09	5	19995	1052
172B10	6	23800	1253
173B15	7	7390	389
176A11	9	19285	1015
178B10	10	9912	522
179B10	11	10560	556
179B12b	12	4610	243
Celkem	-	142487	682

Dle grafu (obrázek 9) začalo jarní rojení 20.4. a vrcholilo 18.5. Poté došlo k výraznému útlumu přibližně na 20 dní a opětovnému nárůstu aktivity od 4.6. s maximem ve dni 14.6., kdy jarní rojení končilo. Letní rojení bylo výrazně slabší s vrcholem 22.7.

V tabulce 5 jsou uvedena data kontrol lapače určeného k odchytu lýkožrouta severského. Celkem se za období 10.4.–3.7. 2020 nachytl 2 050 jedinců tohoto druhu a byla překročena hranice kalamitního stavu škůdce. Dne 3.7. byl monitoring lýkožrouta severského na této lokalitě ukončen a do lapače byl instalován odparník Pheagr IT. Z důvodu pozdní instalace nebyl tento lapač zahrnut do statistického zpracování dat pro lýkožrouta smrkového.



Obrázek 9 – Letová aktivita lýkožrouta smrkového dle odchyťů do feromonových lapačů na lokalitě Chlum v roce 2020. Čtverečky zobrazují průměrný odchyt ± 0,95 konfidenční interval.

Tabulka 5 - Odchyt z lapače s odparníkem na druh *Ips duplicatus*

Porost	Pořadové číslo	Datum revize	Počet (ks)
175A11	8	10.04.2020	70
		20.04.2020	0
		29.04.2020	200
		09.05.2020	1200
		18.05.2020	200
		28.05.2020	80
		04.06.2020	90
		14.06.2020	200
		23.06.2020	0
		03.07.2020	10
		Celkem	2050

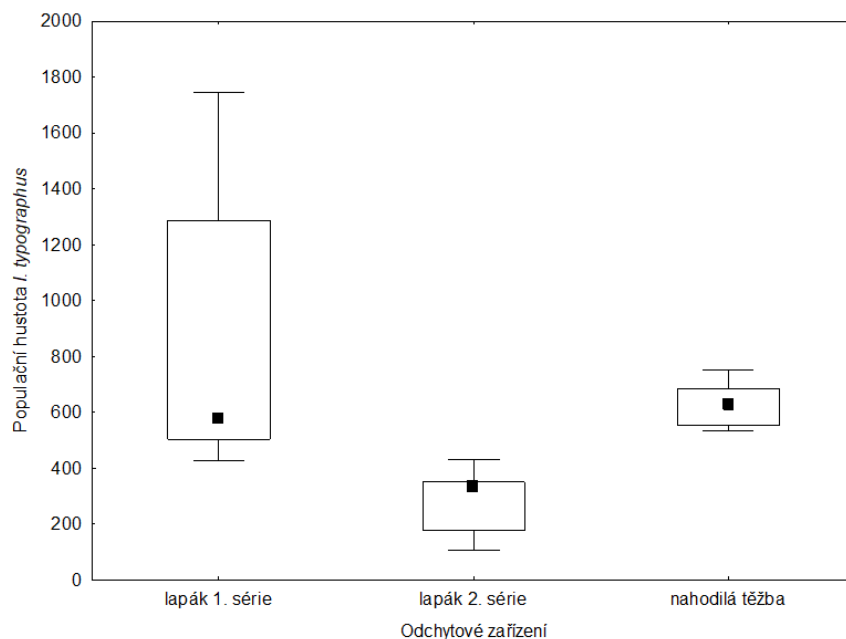
Srovnání druhového spektra lýkožroutů na lapácích a nahodilé těžbě

Z tabulky 6 je patrné, že nejpočetnějším druhem na lapácích i nahodilé těžbě byl *Ips typographus*. Nejvyšší průměrná hodnota počtu jedinců lýkožroutů smrkových na kmeni byla zaznamenána na lapácích první série 18 026 ($\pm 9\,482$), což činí přibližně trojnásobek hodnoty zaznamenané na lapácích druhé série a zhruba o třetinu více než na nahodilé těžbě. Poměr pohlaví z průměrných odchytů na lapácích i nahodilé těžbě odpovídá přibližně 1:2 ve prospěch samic.

Tabulka 6 – Srovnání relativních a absolutních populačních hustot jednotlivých druhů lýkožroutů na nahodilé těžbě a lapácích první a druhé série. V závorkách jsou uvedeny hodnoty směrodatných odchylek. (IT = *Ips typographus*, IA = *Ips amitinus*, ID = *Ips duplicatus*, PCH = *Pityogenes chalcographus*)

	Průměr samci IT (ks/kmen)	Průměr samice IT (ks/kmen)	Průměr IT celkem (ks/kmen)	Průměrná hustota IT samci (ks/m ²)	Průměrná hustota samice IT (ks/m ²)	Průměrná hustota IT celkem (ks/m ²)
Lapáky I. série	5779 (± 3044)	12247 (± 6453)	18026 (± 9482)	269 (± 144)	574 (± 322)	843 (± 465)
Lapáky II. série	1811 (± 835)	3622 (± 1663)	5433 (± 2497)	96 (± 37)	192 (± 74)	288 (± 110)
Nahodilá těžba	4179 (± 440)	8388 (± 908)	12567 (± 1344)	209 (± 23)	419 (± 48)	627 (± 71)
	Průměr samci IA (ks/kmen)	Průměr samice IA (ks/kmen)	Průměr IA celkem (ks/kmen)	Průměrná hustota IA samci (ks/m ²)	Průměrná hustota samice IA (ks/m ²)	Průměrná hustota IA celkem (ks/m ²)
Lapáky I. série	-	-	-	-	-	-
Lapáky II. série	-	-	-	-	-	-
Nahodilá těžba	19 (± 29)	86 (± 138)	104 (± 167)	1 (± 1)	4 (± 7)	5 (± 8)
	Průměr samci ID (ks/kmen)	Průměr samice ID (ks/kmen)	Průměr ID celkem (ks/kmen)	Průměrná hustota ID samci (ks/m ²)	Průměrná hustota samice ID (ks/m ²)	Průměrná hustota ID celkem (ks/m ²)
Lapáky I. série	-	-	-	-	-	-
Lapáky II. série	-	-	-	-	-	-
Nahodilá těžba	383 (± 367)	727 (± 716)	1110 (± 1082)	18 (± 14)	33 (± 27)	51 (± 40)
	Průměr rodin PCH (ks/kmen)	Průměrná hustota rodin PCH (ks/m ²)				
Lapáky I. série	2202 (± 2514)	109 (± 115)				
Lapáky II. série	1910 (± 910)	108 (± 56)				
Nahodilá těžba	666 (± 495)	32 (± 22)				

Průměrná hustota samců lýkožroutů smrkových na 1 m² u lapáků první série a nahodilé těžby odpovídá v přepočtu na 1 dm² silnému stupni napadení. U lapáků druhé série hodnota odpovídá střednímu stupni napadení. Statisticky významný rozdíl v populačních hustotách byl zaznamenán mezi lapáky první a druhé série a mezi lapáky druhé série a nahodilou těžbou (tabulka 7).



Obrázek 10 – Srovnání populačních hustot *Ips typographus* na 1 m² na lapácích první a druhé série a na nahodilé těžbě. Čtverečky zobrazují medián ± 25-75% kvartil, svorka ukazuje rozsah neodlehých hodnot.

Na obrázku 10 lze zřetelně pozorovat nejnižší populační hustoty lýkožrouta smrkového na lapácích druhé série. Mezi populačními hustotami lýkožrouta smrkového na lapácích první série a nahodilou těžbou nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl.

Tabulka 7 – Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot zjištěných jedinců *Ips typographus* na 1 m² na lapácích první a druhé série a na nahodilé těžbě

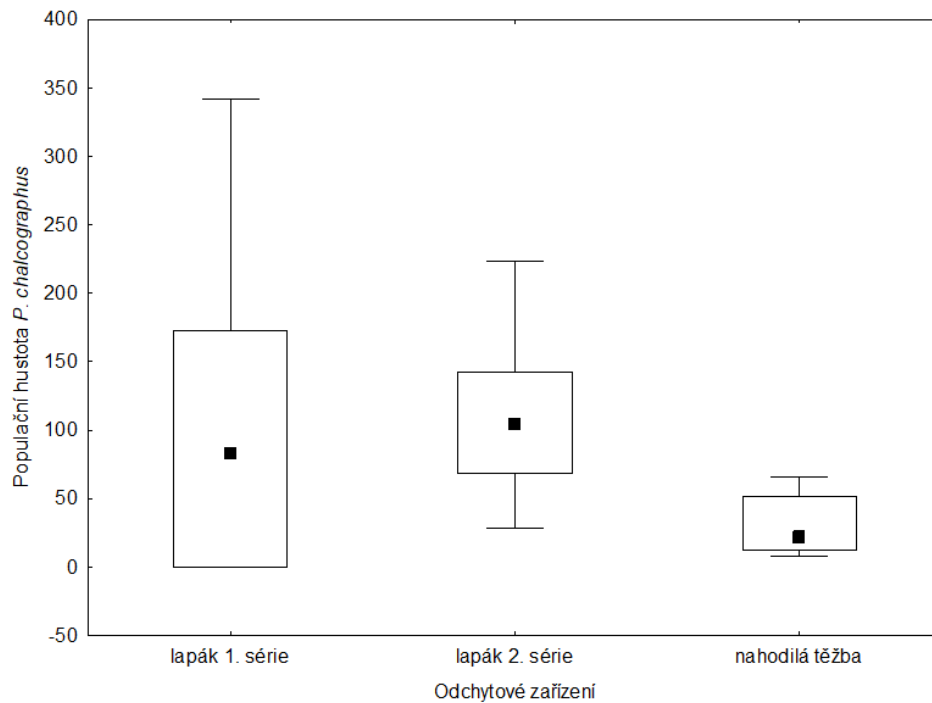
	Lapák I. série R:20,900	Lapák II. série R:5,6000	Nahodilá těžba R:21,917
Lapák I. série	-	0,000796	1,000000
Lapák II. série	0,000796	-	0,000146
Nahodilá těžba	1,000000	0,000146	-

Na lapácích nebyl zjištěn výskyt druhů *Ips duplicatus* ani *Ips amitinus*. Lýkožrout menší byl druhem nejméně zastoupeným a nevyskytoval se na všech revidovaných kmenech nahodilé těžby. O něco početnější byl lýkožrout severský, který byl zastoupen již na všech revidovaných kmenech z nahodilé těžby a ve většině případů byl ve vrcholových partiích těchto kmenů dominantním druhem. Průměrně se na jednom stromě evidovalo 1 110 (±1 082) lýkožroutů severských.

Lapáky první série chytají stejné množství lýkožroutů lesklých, jako je zachyceno na kůrovcových stromech, ale lapáky druhé série již chytají signifikantně více jedinců tohoto druhu (tabulka 8 a obrázek 11).

Tabulka 8 – Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot zjištěných jedinců Pityogenes chalcographus na 1 m² na lapácích první a druhé série a na nahodilé těžbě

	Lapák I. série R:17,900	Lapák II. série R:21,900	Nahodilá těžba R:11,500
Lapák I. série	-	0,757678	0,489769
Lapák II. série	0,757678	-	0,028857
Nahodilá těžba	0,489769	0,028857	-



Obrázek 11 – Srovnání populačních hustot Pityogenes chalcographus na 1 m² na lapácích první a druhé série a na nahodilé těžbě. Čtverečky zobrazují medián ± 25-75 % kvartil, svorka ukazuje rozsah neodlehých hodnot.

Srovnání kmenových sekcí

Tabulka 9 zobrazuje průměrné hodnoty měřených veličin kmenů z nahodilé těžby a lapáků obou sérií. V přehledových tabulkách 10 a 11 jsou uvedeny průměrné populační hustoty lýkožroutů na lapácích první a druhé série a nahodilé těžbě. V prvních třech sekcích je převažujícím druhem *Ips typographus*. Na lapácích první a druhé série jsou na čtvrté sekci dominantní lýkožrouti druhu *Pityogenes chalcographus*, na stromech z nahodilé těžby v této sekci převažuje *Ips duplicatus*.

Tabulka 9 – Průměrné hodnoty měřených veličin na lapácích první a druhé série a na nahodilé těžbě

		Průměrná délka sekce (cm)	Průměrná šířka sekce (cm)	Průměrná tloušťka kmene (cm)	Průměrná vzdálenost sekce od paty kmene	Průměrná tloušťka lýka (cm)
Lapáky I. série	1. sekce	47,0	36,8	38,5	1,7	6,1
	2. sekce	45,2	39,6	32	8,4	5,3
	3. sekce	46,6	37,9	26,2	15,3	5,0
	4. sekce	44,6	28,0	19,6	21,2	4,2
Lapáky II. série	1. sekce	49,2	42,0	34,3	1,8	6,2
	2. sekce	47,7	40,3	28,6	7,8	5,2
	3. sekce	47,8	36,4	23,3	14,8	5,2
	4. sekce	46,8	24,5	16,2	19,8	4,2
Nahodilá těžba	1. sekce	48,1	50,6	38,5	1,9	6,5
	2. sekce	48,0	51,3	31,3	8,3	6,0
	3. sekce	47,7	41,5	24,2	15,0	5,4
	4. sekce	47,9	27,3	16,9	20,4	4,9

Tabulka 10 – Přehledová tabulka průměrných absolutních hodnot počtu lýkožroutů a populačních hustot lýkožroutů na 1 m² na jednotlivých sekcích lapáků první a druhé série (IT = *Ips typographus*, PCH = *Pityogenes chalcographus*)

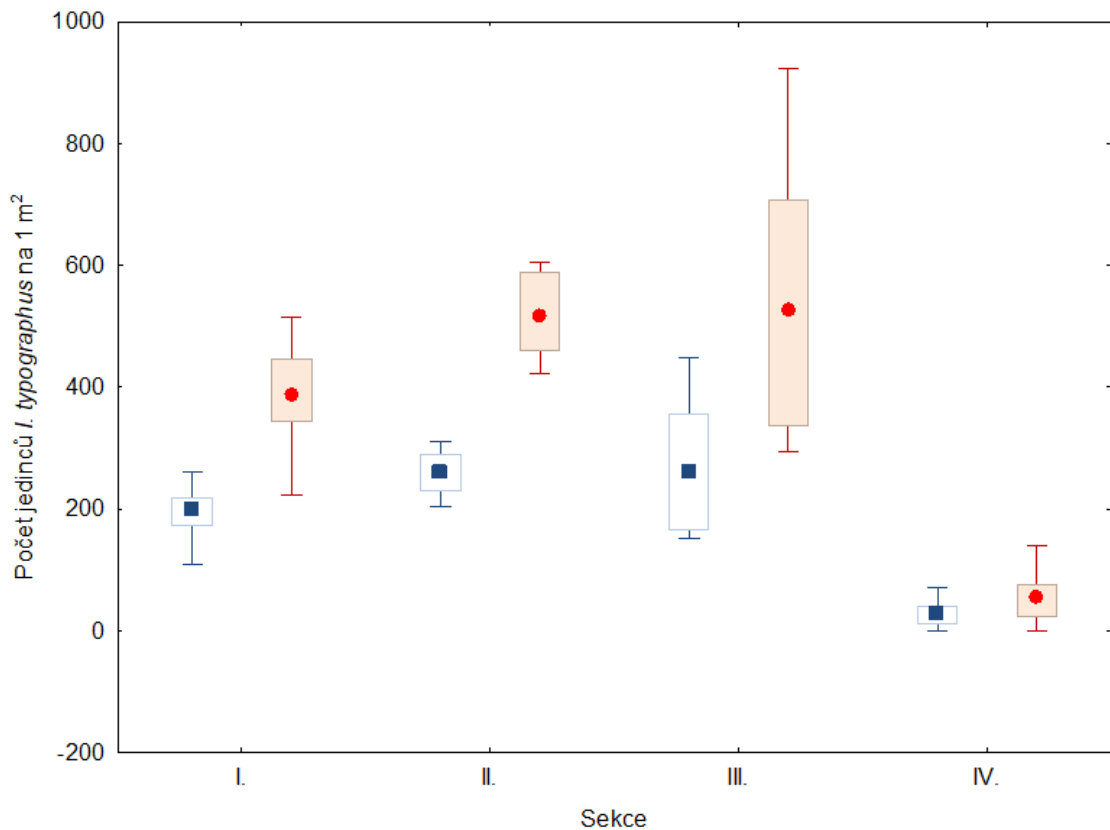
		Průměrný počet samci IT (ks/sekce)	Průměrný počet samice IT (ks/sekce)	Průměrný počet IT celkem (ks/sekce)	Průměrný počet PCH celkem (ks/sekce)	Průměrná hustota samci IT (ks/m ²)	Průměrná hustota samice IT (ks/m ²)	Průměrná hustota PCH celkem (ks/m ²)
Lapáky I. série	1. sekce	2637 (± 1460)	5598 (± 3258)	8235 (± 4710)	462 (774)	275 (± 153)	585 (± 153)	59 (± 98)
	2. sekce	1998 (± 1336)	4216 (± 2778)	6215 (± 4109)	674 (± 976)	305 (± 172)	650 (± 380)	99 (± 126)
	3. sekce	1041 (± 627)	2227 (± 1255)	3268 (± 1881)	915 (± 1279)	239 (± 109)	514 (± 226)	235 (± 339)
	4. sekce	180 (± 186)	387 (± 373)	567 (± 558)	159 (± 220)	110 (± 80)	239 (± 159)	155 (± 249)
Lapáky II. série	1. sekce	754 (± 259)	1513 (± 519)	2266 (± 778)	167 (± 192)	94 (± 27)	190 (± 54)	25 (± 29)
	2. sekce	744 (± 394)	1483 (± 783)	2227 (± 1177)	528 (± 318)	122 (± 52)	243 (± 104)	100 (± 63)
	3. sekce	279 (± 173)	557 (± 346)	835 (± 519)	926 (± 620)	81 (± 41)	162 (± 83)	283 (± 166)
	4. sekce	35 (± 41)	70 (± 81)	105 (± 122)	289 (± 247)	20 (± 16)	39 (± 31)	204 (± 152)

Tabulka 11 – Přehledová tabulka průměrných absolutních hodnot počtu lýkožroutů a populačních hustot lýkožroutů na 1 m² na nahodilé těžbě (IT = *Ips typographus*, IA = *Ips amitinus*, PCH = *Pityogenes chalcographus*, ID = *Ips duplicatus*)

		Průměrný počet samci IT (ks/sekce)	Průměrný počet samice IT (ks/sekce)	Průměrný počet IT celkem (ks/sekce)	Průměrný počet samci IA (ks/sekce)	Průměrný počet samice IA (ks/sekce)	Průměrný počet IA celkem (ks/sekce)	Průměrný počet PCH celkem (ks/sekce)	Průměrný počet samci ID (ks/sekce)	Průměrný počet samice ID (ks/sekce)	Průměrný počet ID celkem (ks/sekce)
Nahodilá těžba	1. sekce	2095 (± 376)	4217 (± 759)	6312 (± 1134)	-	-	-	-	-	-	-
	2. sekce	1557 (± 456)	3123 (± 941)	4679 (± 1397)	12 (± 21)	57 (± 101)	70 (± 122)	-	-	-	-
	3. sekce	506 (± 139)	1006 (± 267)	1512 (± 406)	6 (± 9)	28 (± 41)	35 (± 50)	478 (± 356)	282 (± 281)	536 (± 549)	818 (± 829)
	4. sekce	21 (± 17)	42 (± 34)	64 (± 51)	-	-	-	188 (± 146)	101 (± 89)	191 (± 170)	292 (± 258)
		Průměrná hustota samci IT (ks/m ²)	Průměrná hustota samice IT (ks/m ²)	Průměrná hustota samci IA (ks/m ²)	Průměrná hustota samice IA (ks/m ²)	Průměrná hustota PCH celkem (ks/m ²)	Průměrná hustota samci ID (ks/m ²)	Průměrná hustota samice ID (ks/m ²)			
	1. sekce	225 (± 27)	453 (± 54)	-	-	-	-	-			
	2. sekce	264 (± 47)	528 (± 97)	2 (± 3)	10 (± 16)	-	-	-			
	3. sekce	149 (± 45)	297 (± 91)	2 (± 3)	10 (± 16)	125 (± 76)	70 (± 49)	132 (± 94)			
4. sekce	14 (± 9)	28 (± 19)	-	-	125 (± 76)	70 (± 49)	132 (± 94)				

Obsazení kůrovcových stromů

Na kůrovcových stojících stromech obsazoval lýkožrout smrkový všechny studované sekce kmene, nejméně nalétával na čtvrtou (korunovou) sekci (obrázek 12). Kruskal-Wallisovým testem (tabulka 12) nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v obsazování prvních tří sekcí lýkožroutem smrkovým, nicméně signifikantní již byl rozdíl při porovnání těchto sekcí se sekcí čtvrtou.

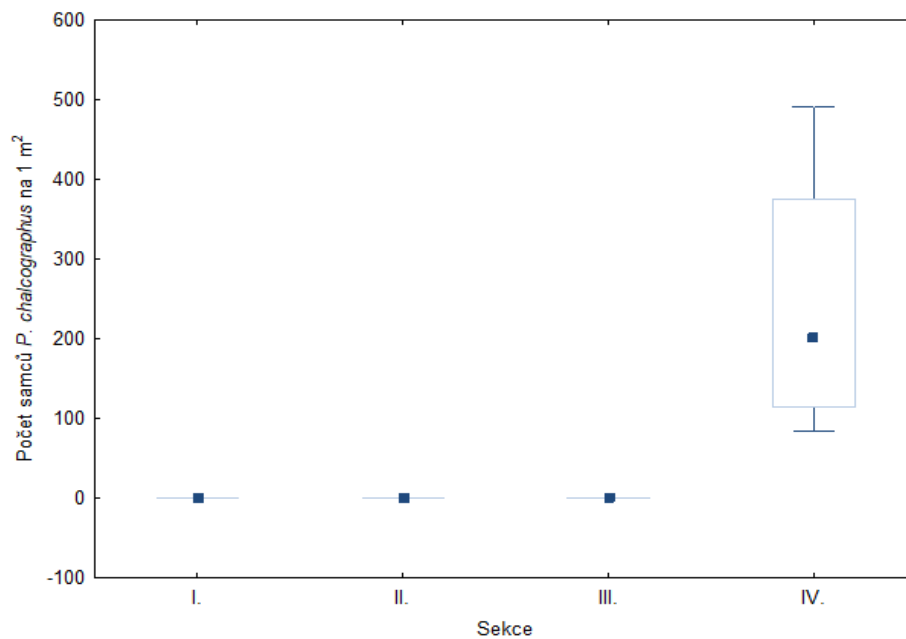


Obrázek 12 – Srovnání populačních hustot *Ips typographus* na 1 m² na jednotlivých sekcích kůrovcových stromů. Čtverečky a kolečka zobrazují medián ± 25-75% kvartil, svorka ukazuje rozsah neodlehých hodnot. Samci jsou vyobrazeni modrou barvou, samice červenou.

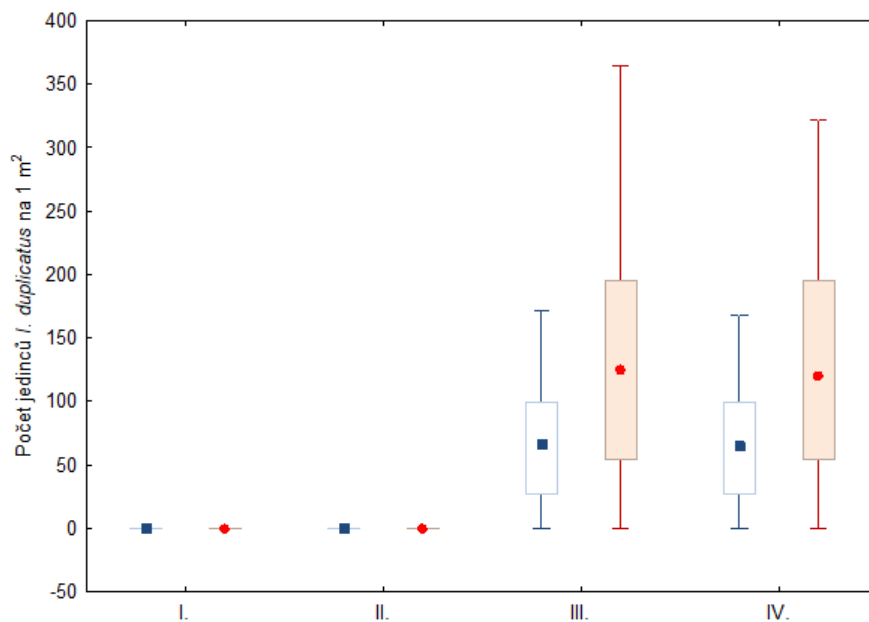
Tabulka 12 – Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot samců *Ips typographus* na 1 m² na jednotlivých sekcích kůrovcových stromů

	I. Sekce R:23,417	II. Sekce R:35,250	III. Sekce R:32,833	IV. Sekce R:6,5000
I. Sekce	-	0,230488	0,596641	0,018470
II. Sekce	0,230488	-	1,000000	0,000003
III. Sekce	0,596641	1,0000000	-	0,000024
IV. Sekce	0,018470	0,000003	0,000024	-

Závrtý lýkožrouta lesklého byly na studovaných kůrovcových stromech zaznamenávány prakticky pouze na čtvrté – korunové sekci (obrázek 13).



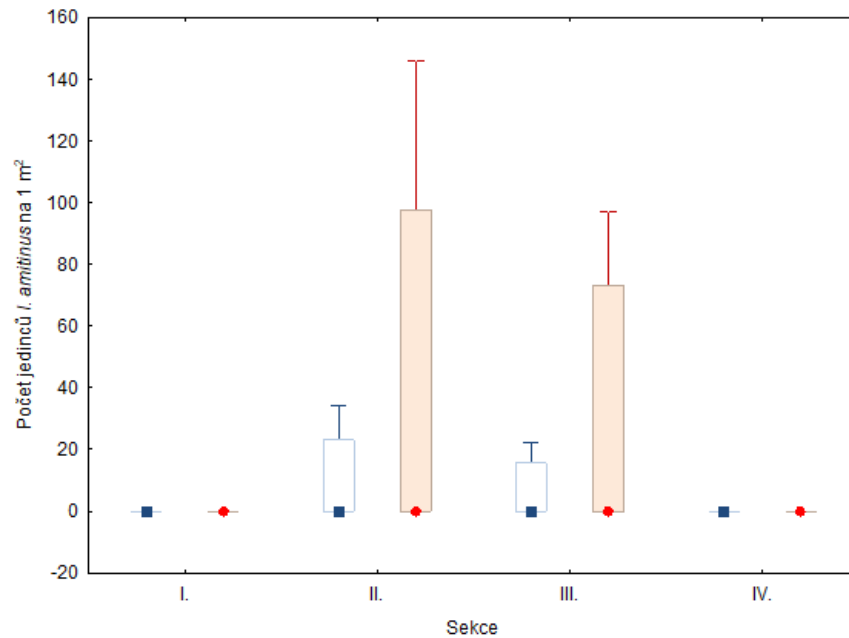
Obrázek 13 – Srovnání populačních hustot *Pityogenes chalcographus* (pouze samci) na 1 m² na jednotlivých sekcích kůrovcových stromů. Čtverečky zobrazují medián ± 25-75% kvartil, svorka ukazuje rozsah neodlehých hodnot.



Obrázek 14 – Srovnání populačních hustot *Ips duplicatus* na 1 m² na jednotlivých sekcích kůrovcových stromů. Čtverečky a kolečka zobrazují medián ± 25-75% kvartil, svorka ukazuje rozsah neodlehých hodnot. Samci jsou vyobrazeni modrou barvou a samice červenou.

Graf na obrázku 14 zobrazuje skutečnost, že zástupci druhu *Ips duplicatus* nalétávali a obsazovali třetí a čtvrtou sekci kůrovcových stromů. Počet samců a samic lýkožrouta severského se zde pohyboval přibližně v poměru 1:2 ve prospěch samic.

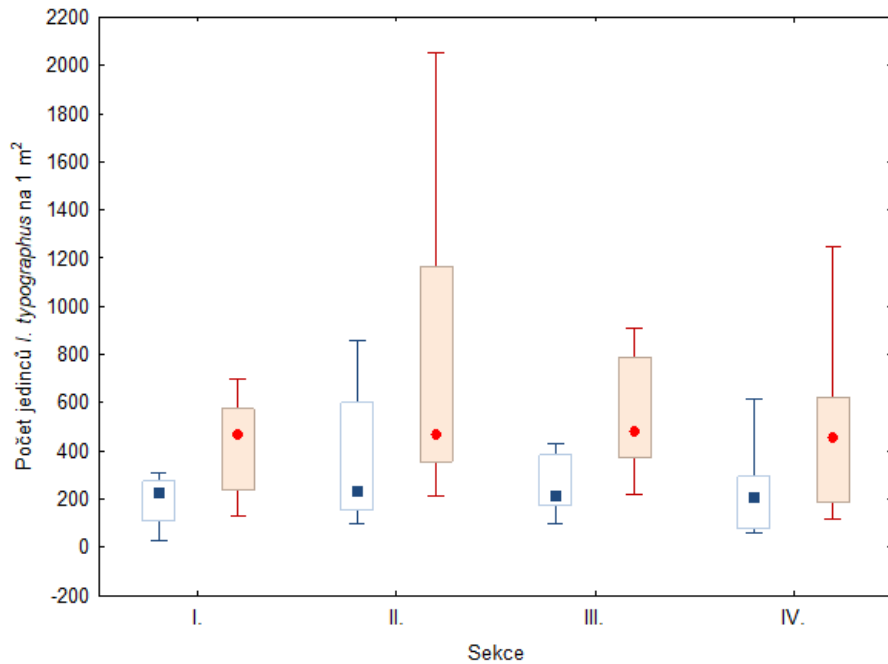
Z obrázku 15 je patrné, že druh *Ips amitinus* byl na kůrovcových stromech nejméně zastoupeným lýkožroutem a obsazoval pouze druhou a třetí sekci kmenů. Poměr pohlaví u tohoto druhu odpovídal přibližně 1:5 ve prospěch samic.



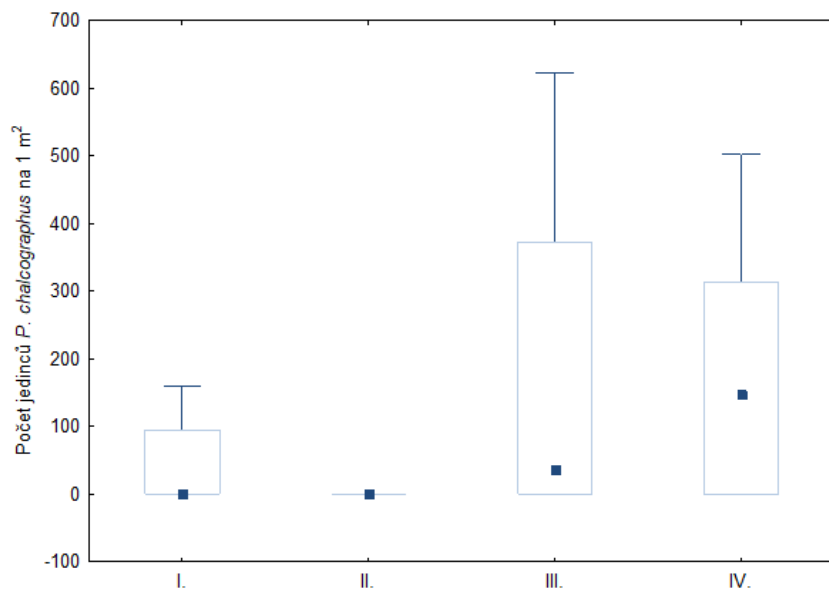
Obrázek 15 – Srovnání populačních hustot *Ips amitinus* na 1 m² na jednotlivých sekcích kůrovcových stromů. Čtverečky a kolečka zobrazují medián ± 25-75% kvartil, svorka ukazuje rozsah neodlehých hodnot. Samci jsou vyobrazeni modrou barvou, samice červenou.

Obsazení lapáků první série

Lýkožrout smrkový obsazoval ležící lapáky rovnoměrně a bez výrazné preference jakékoli části stromu (počet samců na 1 m²: Kruskal-Wallisův test (3,40) = 2,35; p > 0,05; počet samic na 1 m²: Kruskal-Wallisův test (3,40) = 1,98; p > 0,05) (obrázek 16). Stejný výsledek byl zjištěn i u lýkožrouta lesklého, kde také nebyly zjištěny signifikantní preference samců při obsazení lapáku (Kruskal-Wallisův test (3,40) = 5,25; p > 0,05; Obrázek 17).



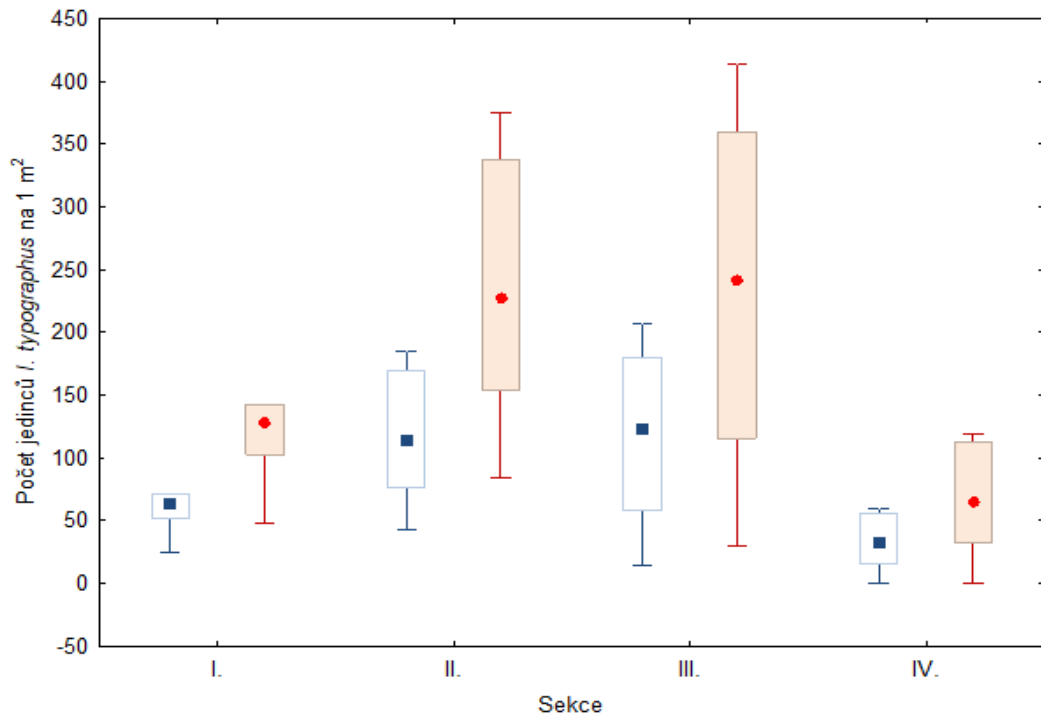
Obrázek 16 – Srovnání populačních hustot *Ips typographus* na 1 m² na jednotlivých sekcích lapáků první série. Čtverečky a kolečka zobrazují medián ± 25-75% kvartil, svorka ukazuje rozsah neodlehých hodnot. Samci jsou vyobrazeni modrou barvou, samice červenou.



Obrázek 17 – Srovnání populačních hustot *Pityogenes chalcographus* (pouze samci) na 1 m² na jednotlivých sekcích lapáků první série. Čtverečky zobrazují medián ± 25-75% kvartil, svorka ukazuje rozsah neodlehých hodnot.

Obsazení lapáků druhé série

Lýkožrout smrkový obsazoval lapáky druhé série s preferencí prvních tří sekcí, na čtvrtou korunovou sekci nalétával statisticky významně nejméně (obrázek 18, tabulka 13). Naproti tomu lýkožrout lesklý preferoval třetí podkorunovou a čtvrtou korunovou sekci (obrázek 19), které obsazoval srovnatelně a dle Kruskal-Wallisova testu (tabulka 14) mezi nimi nebyl statisticky významný rozdíl.



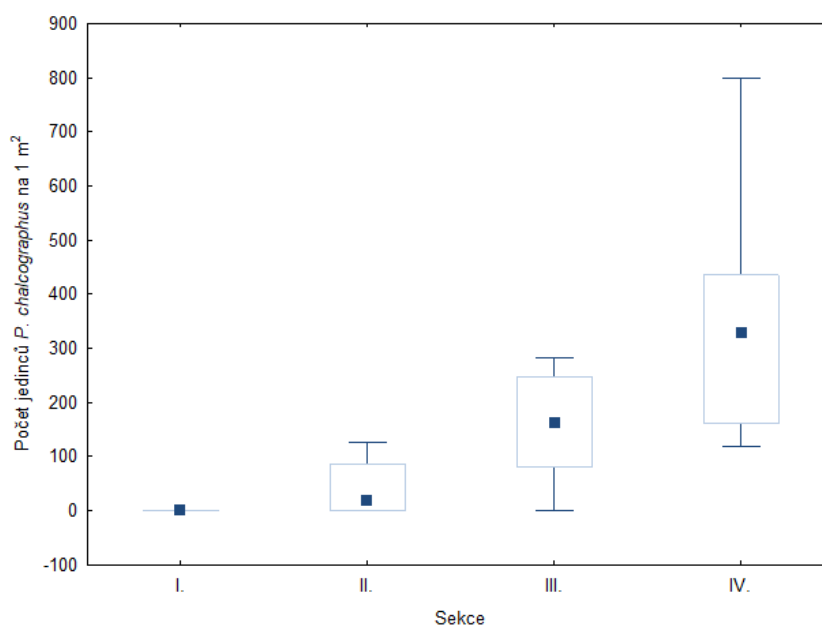
Obrázek 18 – Srovnání populačních hustot *Ips typographus* na 1 m² na jednotlivých sekcích lapáků druhé série. Čtverečky a kolečka zobrazují medián ± 25-75% kvartil, svorka ukazuje rozsah neodlehých hodnot. Samci jsou vyobrazeni modrou barvou, samice červenou.

Tabulka 13 - Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot samců *Ips typographus* na 1 m² na jednotlivých sekcích lapáků druhé série.

	I. Sekce R:18,200	II. Sekce R:27,400	III. Sekce R:26,800	IV. Sekce R:9,6000
I. Sekce	-	0,470740	0,599883	0,599883
II. Sekce	0,470740	-	1,000000	0,003975
III. Sekce	0,599883	1,000000	-	0,006013
IV. Sekce	0,599883	0,003975	0,006013	-

Tabulka 14 – Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot samců *Pityogenes chalcographus* na 1 m² na jednotlivých sekcích lapáků druhé série

	I. Sekce R:9,0000	II. Sekce R:14,500	III. Sekce R:25,300	IV. Sekce R:33,200
I. Sekce	-	1,000000	0,010934	0,000022
II. Sekce	1,000000	-	0,233113	0,002087
III. Sekce	0,010934	0,2331130	-	0,784644
IV. Sekce	0,000022	0,002087	0,784644	-



Obrázek 19 – Srovnání populačních hustot *Pityogenes chalcographus* (pouze samci) na 1 m² na jednotlivých sekcích lapáků druhé série. Čtverečky zobrazují medián ± 25-75% kvartil, svorka ukazuje rozsah neodlehých hodnot.

Analýza parametrů stromů ovlivňující nálet lýkožroutů

Nálet lýkožrouta smrkového byl negativně ovlivněn sérií lapáků, na druhou sérii nalétával nejméně. Se zvyšující se délkou lapáku a vzdáleností od paty kmene byl nálet slabší. Nejvíce preferoval lapáky první série a partie s větším průměrem (tabulka 15). Z této tabulky je patrné, že všechny měřené parametry měly na nálet vliv, nicméně nejzásadnějším byl druh série lapáků.

Tabulka 15 – Výsledky zobecněného lineárního modelu s Poissonovým rozdělením dat a logaritmickou transformací pro preferenci náletu lýkožrouta smrkového

	Level of Effect	Column	Estimate	Standard Error	Wald Stat.	Lower CL 95,0 %	Upper CL 95,0 %	p
Intercept		1	7,72	0,02	109162,10	7,67	7,77	p < 0,05
Průměr (cm)		2	0,05	0,00	15539,90	0,05	0,05	p < 0,05
Druh	Lapák I. série	3	0,46	0,00	37207,10	0,45	0,46	p < 0,05
Druh	Lapák II. série	4	-0,58	0,00	32360,30	-0,59	-0,57	p < 0,05
Vzdálenost od paty (m)		5	-0,06	0,00	1247,10	-0,06	-0,06	p < 0,05
Délka lapáku		6	-0,03	0,00	830,30	-0,04	-0,03	p < 0,05
Scale			1,00	0,00		1,00	1,00	

Tabulka 16 – Výsledky zobecněného lineárního modelu s Poissonovým rozdělením dat a logaritmickou transformací pro preferenci náletu lýkožrouta lesklého

	Level of Effect	Column	Estimate	Standard Error	Wald Stat.	Lower CL 95,0 %	Upper CL 95,0 %	p
Intercept		1	8,40	0,12	4730,32	8,16	8,64	p < 0,05
Vzdálenost od paty (m)		2	0,10	0,00	1311,00	0,09	0,10	p < 0,05
Druh	Lapák I. série	3	0,22	0,01	293,00	0,19	0,24	p < 0,05
Druh	Lapák II. série	4	0,32	0,01	658,73	0,29	0,34	p < 0,05
Délka lapáku		5	-0,21	0,01	1288,23	-0,22	-0,20	p < 0,05
Průměr (cm)		6	0,01	0,00	22,98	0,01	0,02	p < 0,05
Scale			1,00	0,00		1,00	1,00	

Lýkožrout lesklý preferuje vrcholové partie smrku, především nalétává na lapáky druhé série a vyhledává nižší stromy s obecně větším průměrem kmene (tabulka 16).

Lýkožrout menší a lýkožrout severský mají obdobné preference hostitelských smrků. Nalétávají na horní partie s tloušťkou lýka okolo 5 mm, přičemž lýkožrout severský preferuje menší průměry kmene než lýkožrout menší (tabulky 17, 18).

Tabulka 17 – Výsledky zobecněného lineárního modelu s Poissonovým rozdělením dat a logaritmickou transformací pro preferenci náletu lýkožrouta menšího

	Level of Effect	Column	Estimate	Standard Error	Wald Stat.	Lower CL 95,0 %	Upper CL 95,0 %	p
Intercept		1	-12,26	0,49	622,69	-13,22	-11,30	p < 0,05
Vzdálenost od paty (m)		2	0,04	0,01	25,48	0,03	0,06	p < 0,05
Tloušťka lýka (mm)		3	0,40	0,09	20,50	0,23	0,57	p < 0,05
Průměr (cm)		4	0,02	0,01	7,21	0,01	0,04	p < 0,05
Druh	Lapák I. série	5	-6,48					
Druh	Lapák II. série	6	-5,64					
Scale			1,00	0,00		1,00	1,00	

Tabulka 18 – Výsledky zobecněného lineárního modelu s Poissonovým rozdělením dat a logaritmickou transformací pro preferenci náletu lýkožrouta severského

	Level of Effect	Column	Estimate	Standard Error	Wald Stat.	Lower CL 95,0 %	Upper CL 95,0 %	p
Intercept		1	-12,64	0,19	4589,76	-13,01	-12,28	p < 0,05
Délka lapáku (m)		2	0,22	0,01	1284,98	0,20	0,23	p < 0,05
Vzdálenost od paty (m)		3	0,22	0,00	5967,75	0,21	0,22	p < 0,05
Tloušťka lýka (mm)		4	-0,07	0,00	858,44	-0,07	-0,06	p < 0,05
Průměr (cm)		5	-6,48					
Scale			1,00	0,00		1,00	1,00	

Diskuse

Efektivita obranných opatření proti hmyzím škůdcům v lesnictví byla v průběhu let podrobena mnoha výzkumům vedoucím k velkému množství ne vždy jednotných závěrů. Vliv stromových parametrů lapáků a stromů vhodných ke kolonizaci lýkožrouty na populační hustoty a druhové spektrum jednotlivých lýkožroutů v současné době postrádá ucelené studie podávající uspokojivé informace na toto téma.

Počátek rojení lýkožrouta smrkového začal na studované lokalitě již koncem dubna, což je pro pahorkatinné oblasti typické (Faccoli, Stergulc 2004; Öhrn et al. 2014; Pfeffer 1954). Na konci května došlo k útlumu vlivem deštivého počasí a nižších teplot vzduchu. Výkyvy v letové aktivitě I. smrkového jsou poměrně běžné (Faccoli 2009; Zahradník et al. 2019)

V jednom lapači bylo zachyceno průměrně 12 953 lýkožroutů smrkových. Obdobných odchytů dosáhl Dimitri et al (1992), který uvádí běžný odchyt na jeden lapač v rozmezí 11–12 tisíc brouků v klasicky obhospodařovaném lese. Naproti tomu například Jeniš a Vrba (2007) ve svém experimentu pozorovali odchyt pouze necelých 4 500 jedinců na jeden lapač. Wermelinger (2004) tvrdí, že odchyty jsou závislé na lokálním stavu populace a klimatických vlivech. Rozdílnost odchytů v závislosti na umístění lapače pozorovali i Lobinger a Skatulla (1996), přičemž zjistili až čtyřnásobnou preferenci lapačů orientovaných na jih. Rozdílům v odchycích do feromonových lapačů se zabýval také Jakuš (1998), který zjistil že výše odchytu závisí na druhu feromonového odparníku.

Odchyt lýkožrouta severského vykazoval kalamitní stav. K monitoringu se zde využívá pouze jeden lapač, který je zapojen do projektu „kurovcoveinfo“. Po skončení prvního rojení přestal být odparník pro I. severského atraktivní a monitoring byl zastaven. Ztrátu atraktivity feromonového odparníku v druhé a další generaci *I. duplicatus* popsali Mrkva a Vala (2009). I přes zjištěný stav a absenci dalších obranných opatření proti tomuto druhu v porostu 175A11 nebyla v roce 2020 zaznamenána žádná kůrovcová těžba. To by mohlo podporovat tvrzení Holuši et al. (2006), který uvádí, že monitoring pomocí lapačů neodráží skutečnou populační hustotu tohoto škůdce.

Pozorování vyšších populačních hustot *I. typographus* na lapácích první série v porovnání se sérií druhou je shodné s pozorováním Lubojackého a Holuši (2014). Zaznamenaná hodnota hustoty matečných chodeb na 1 m² byla nadprůměrná. Schroeder

a Cocos (2017) uvádí, že na jednom m² napadených smrků ztepilých, po větrné kalamitě lze nalézt průměrně 172 matečných chodeb lýkožrouta smrkového. Wermelinger (2004) udává jako optimální počet 500 matečných chodeb na 1 m². Poměrně vysoké byly také hodnoty absolutních počtů jedinců na lapácích první série a nahodilé těžbě. Gonzalez (1996) uvádí, že jeden strom je kolonizován průměrně 2–10 tisíci jedinců. Je třeba zmínit, že kalamitní základ v porostech s lapáky činil až 80 % celkové hodnoty a lapáky se tak nacházely v místech s očekávanou nejvyšší populační hustotou lýkožroutů.

Absence přítomnosti lýkožrouta severského na lapácích je v souladu s široce přijímaným tvrzením, že se tento druh vyhýbá ležícím kmenům (Grodzki 1997; Mrkva 1995; Holuša et al. 2006). S dominancí *I. duplicatus* ve vrcholových partiích stojících stromů může souviset jeho téměř výlučná vazba na tento prostor, kterou pozorovali Schlyter a Anderbrant (1993).

Zajímavým zjištěním byla úplná nepřítomnost lýkožrouta menšího na lapácích a velmi malá populační hustota na kůrovcových stromech. Tento jev by mohl být vysvětlen interspecifickou konkurencí. Holuša et al. (2012) pozoroval, že v místech s vyšším výskytem *I. typographus* je *I. amitinus* potlačen. Mezidruhovou kompetici s jinými druhy lýkožroutů popisuje Kerchev et al. (2019), nezmiňuje zde však její dopady na populační hustotu *I. amitinus*. Mandelshtam (1999) zkoumal stav populace tohoto druhu v severozápadním Rusku a ve svých výsledcích zmiňuje, že četnost výskytu *I. menšího* byla signifikantně menší na ležících stromech.

Studie Göthlina et al. (2000) naznačuje, že vyšší populace lýkožrouta smrkového v oblasti může vést ke snížení populačních hustot lýkožrouta lesklého na ležících kmenech. Byers 1993 poukazuje na to, že lýkožrouti *P. chalcographus* a *I. typographus* raději kolonizují neobsazené stromy. Tyto skutečnosti by mohly vysvětlovat vyšší odchyt lýkožroutů lesklých na lapácích druhé série v porovnání se sérií první, kde byla densita zastoupení *I. smrkového* daleko vyšší.

Nižší zastoupení lýkožrouta smrkového ve čtvrté sekci na stojících kůrovcových stromech je nejspíše zapříčiněno vazbou tohoto druhu na kmeny a jejich části s větším průměrem. Tento trend pozorovalo hned několik autorů (Schlyter, Anderbrant 1993; Grodzki 1997; Göthlin 2000, Zolubas 2003). Dalším faktorem může být výskyt lýkožrouta severského na stromech z nahodilé těžby. Souběžný výskyt doprovázený agresivitou těchto dvou druhů na stojících stromech popisuje Mrkva (1995). Faccoli

(2002) vidí souvislost vyššího odchytu na první sérii lapáků s přezimováním části populace *I. typographus* v hrabance. V určitém rozporu s tímto zjištěním je rovnoměrné obsazování lapáků první série. Pravidelnost by mohla být vysvětlena tím, že jarní rojení probíhá nárazově a koordinovaněji (Pfeffer 1954). Vysoké populační hustoty mají za následek stejnoměrné obsazení kmene, při kterém se preference určité části ztrácí (Nageleisen 2001; Eriksson et al. 2005). Lapáky druhé série již vykazovaly preferenci podkorunové sekce a sekci s větším průměrem, což uvádí i Holuša et al. (2017) nebo Kula a Šotola (2017).

Lýkožrout lesklý obvykle obsazuje horní partie napadených smrků (Pfeffer 1955), což se potvrdilo u revidovaných kmenů z nahodilé těžby a u lapáků druhé série. Na lapácích první série byl nálet rovnoměrný, to by podporovalo tvrzení Zumra (1984) o velké ekologické plasticitě a široké schopnosti napadení dřevin tímto druhem. Grodzki (1997) ve své studii uvádí, že lýkožrout lesklý téměř nereagoval na změnu průměru kmene při náletu.

Zhodnocení efektivity obranných opatření

Objem dříví napadeného kůrovcem v roce 2020 tvořil téměř dvojnásobek zjištěného kalamitního základu z předchozího roku. V tomto případě by se jevila efektivita obranných opatření jako naprosto zanedbatelná. Je však třeba zohlednit tato data v rámci jednotlivých porostů. Pro zjednodušení použijme porosty, kde byly instalovány lapáky. Již v těchto deseti porostech lze sledovat určitý vzor, který by se dal zobecnit pro ostatní smrkové porosty lesního úseku Chlum. V místech, kde bylo plánováno méně obranných opatření (3, 4, 6, 7, 6) byly kůrovcové těžby mnohem nižší, ve třech případech dokonce nulové. Zatímco v porostech s vyšším plánovaným počtem obranných opatření (18, 19, 19) došlo k výrazným nahodilým těžbám způsobeným kůrovcem. Lze zde nalézt i výjimky, například v porostu 173B15 bylo plánováno 15 opatření a nevytěžilo se žádné kůrovcové dříví. Tyto výjimky jsou zpravidla způsobeny absencí dalšího smrku v porostu. V těchto porostech tvořily většinu opatření otrávené lapáky (trojnožky) opatřené feromonovým odparníkem. Autoři Grodzki et al. (2006) a Weslien et al. (1989) dávají vyšší zastoupení feromonových pastí do souvislosti s potenciálními vyššími těžbami. Tyto závěry jsou výsledkem pozorování a v budoucnu by bylo vhodné provést výzkum k jejich ověření.

Obranná opatření jsou dle normy ČSN 48 1000 (2005) srovnatelná. Při přepočtu na jedno odchytové zařízení bylo na první sérii lapáků zaznamenáno srovnatelné množství lýkožroutů smrkových jako na 11 feromonových lapačích za celou sezónu. Do doby revize první série lapáků chytaly lapače přibližně 3500 jedinců na jedno zařízení, což je v porovnání s lapáky přibližně 3x méně. Odchyt v druhé sérii lapáků je již srovnatelný s odchylem z lapačů za stejné období. Vyšší efektivitu lapáků první série v porovnání s ostatními obrannými opatřeními (lapače, otrávené lapáky) pozoroval i Lubojacký a Holuša (2014). Toto zjištění odpovídá i výsledkům analýzy stromových parametrů, kdy největší vliv na nálet měl druh série lapáků. Drumont (1992) tvrdí, že efektivita lapáků je až 14x vyšší ve srovnání s umělými pastmi. Grodzki et al. (2006) studoval dvě plochy v Tatrách, kde došlo ke kůrovcové kalamitě. Na jedné se prováděla cílená ochrana pomocí obranných opatření a druhá plocha byla bezzásahová. Tento autor došel k závěru, že rozdíl v odumírání stromů je zanedbatelný a obranná opatření mohou dokonce zvýšit atraktivitu porostních okrajů pro lýkožrouta smrkového. V místech s velkou populační hustotou lýkožroutů považuje Turčáni (2011) lapáky za málo efektivní z důvodu klesajících požadavků lýkožroutů na vhodný reprodukční materiál a omezené kapacitě odchyty. Jakuš (1998) provedl experiment spočívající ve vytvoření bariéry z feromonových lapačů, při kterém se mu podařilo zabránit náletu l. smrkového do porostní stěny ohroženého porostu. Tato metoda však nezabránila průniku lýkožroutů dále do porostu.

Lobinger a Skatulla (1996), stejně jako Wichmann a Ravn (2001) udávají, že na obranná opatření se chytí maximálně 10 % populace lýkožrouta smrkového. Bakke (1989), Schwenke (1996), Jurc et al. (2017) nastínili, že pouhým hromadným používáním obranných opatření nelze kontrolovat gradace škůdců a je nutné zároveň s nimi využívat i jiné metody, zejména odstraňování napadených stromů z porostů. K podobnému závěru došli i Faccoli a Stergulc (2004), kteří zjistili silnou korelaci mezi odchvy l. smrkového při jarním rojení a následnými ročními škodami na lesním majetku a stanovili práh škodlivosti (5 000 jedinců/obránné opatření za jarní rojení), při kterém je nutné přistoupit ke komplexní ochraně lesa.

V současné době se v severských zemích postupně upouští od používání feromonových lapačů a jiných obranných opatření s ohledem na jejich diskutabilní účinnost a dopad na životní prostředí. Jako nezbytné pro účinný management se jeví

pochopení významu lýkožroutů v rámci životního prostředí a vytyčení hospodářských cílů daného lesního celku (Hlásny et al. 2020).

Závěr

Obranná opatření tvoří nedílnou část ochrany lesa, je však třeba využívat je účelně a efektivně. Nejúčinnější obranou je stále prevence v podobě vyhledávání napadených stromů a jejich včasné zpracování. Z výsledků této studie lze doporučit nadále využívat lapáky první série jako účinné obranné opatření proti rojení lýkožrouta smrkového zejména v porostech s nižší a střední populační hustotou tohoto škůdce. Druhá série lapáků se jeví především jako vhodné opatření pro odchyt lýkožrouta lesklého. Pro monitoring l. smrkového jí lze z ekonomického hlediska nahradit levnější alternativou v podobě feromonových lapačů nebo otrávených lapáků (trojnožek). Monitoring lýkožrouta severského lze i nadále provádět pomocí feromonových lapačů, avšak s přihlédnutím ke zjištěnému kalamitnímu stavu a častému výskytu na kůrovcových stromech by bylo vhodné sledovat populace tohoto škůdce ve více porostech.

Ve studované lokalitě byly zaznamenány celkem 4 druhy lýkožroutů. Nejpočetnějším druhem byl lýkožrout smrkový, který se vyskytoval na všech plochách. O něco nižších celkových populačních hustot dosahoval lýkožrout lesklý, který byl také zastoupen na všech plochách vybraného lesního celku. Téměř na všech místech s nahodilou těžbou se vyskytoval lýkožrout severský. Lýkožrout menší byl zaznamenán pouze sporadicky.

V prvních třech kmenových sekcích nahodilé těžby a lapáků druhé série zcela dominoval lýkožrout smrkový. Tento druh převažoval rovněž na lapácích první série, ale obsazoval zde všechny kmenové sekce bez výrazné preference. Lýkožrout lesklý dosahoval nejvyšších populačních hustot na lapácích druhé série, kde preferoval třetí a čtvrtou kmenovou sekci. Lapáky první série nevykazovaly rozdíl v preferenci jednotlivých sekcí tohoto druhu. Na kůrovcových stromech obsazoval výhradně nejvyšší partie kmene. Lýkožrout severský byl zaznamenán na třetích a čtvrtých sekcích stromů z nahodilé těžby a často svojí populační hustotou převládal nad l. lesklým. Lýkožrout menší se vyskytoval pouze na několika revidovaných kůrovcových stromech, zejména pak na druhé a třetí kmenové sekci.

Zásadním parametrem ovlivňujícím nálet lýkožroutů byl druh série lapáků. Lapáky první série byly výrazně více obsazovány lýkožroutem smrkovým. Nálet tohoto druhu byl pozitivně ovlivněn průměrem kmene a negativně zvyšující se vzdáleností od paty a délkou kmene. Opačný trend byl pozorován u lýkožrouta lesklého, který obsazoval více

lapáky druhé série a slabší části kmenů. Pozitivní vliv vzdálenosti od paty a délky lapáku byl patrný u lýkožrouta menšího a lýkožrouta severského, který zároveň dával přednost slabší tloušťce lýka.

Seznam literatury a použitých zdrojů

AMANN, G., 1995: Hmyz v lese: kapesní obrazový atlas. Vimperk: J. Steinbrener. ISBN 80-901324-8-0.

ANNILA, E., 1969: Influence of temperature upon the development and voltinism of *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae). *Annales Zoologici Fennici*, 6: 161–208.

BAIER, P., 1996: Defense reaction of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) to controlled attacks of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae) in relation to tree parameter. *Journal of Applied Entomology*, 120(10): 587–593.

BAIER, P., PENNERSTORFER, J., SCHOPF, A., 2007: PHENIPS-A comprehensive phenology model of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. *Forest Ecology and Management*, 249: 171–186.

BAKKE, A., 1989: The recent *Ips typographus* outbreak in Norway-experiences from a control program. *Ecography*, 12(4): 515–519.

BEREC, L., DOLEŽAL, P., HAIS, M., 2013: Population dynamics of *Ips typographus* in the Bohemian Forest (Czech Republic): Validation of the phenology model PHENIPS and impacts of climate change. *Forest Ecology and Management*, 292: 1–9.

BYERS, J. A., 1993: Avoidance of competition by spruce bark beetles, *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus*. *Experientia*, 49(3): 272–275.

BYERS, J. A., SCHLYTER, F., BIRGERSSON, G., FRANCKE, W., 1990: E-myrcenol in *Ips duplicatus*: an aggregation pheromone component new for bark beetles. *Experientia*, 46(11): 1209–1211.

BYERS, J. A., HÖGBERG, H., UNELIUS, C., GÖRAN, B., LÖFQVIST, J., 1989: Structure-activity studies on aggregation pheromone components of *Pityogenes chalcographus* (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of Chemical Ecology*, 15(2): 685–695.

ČESKO, Ministerstvo životního prostředí, Vyhláška č. 76/2018 Sb. ze dne 4. května, se kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 101/1996 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o opatřeních k ochraně lesa a vzor služebního odznaku a vzor průkazu lesní stráže ve znění vyhlášky č. 236/2000.

ČESKO, Vláda, Zákon č. 289/1995 Sb. ze dne 3. listopadu, o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon). In *Sbírka zákonů České republiky*.

ČSN 48 1000. Ochrana lesa proti kůrovci na smrku. Praha: Český normalizační institut, 8.

DAVÍDKOVÁ, M., DOLEŽAL, P., 2017: Sister broods in the spruce bark beetle, *Ips typographus* (L.). *Forest Ecology and Management*, 405: 13–21.

DAVÍDKOVÁ, M., DOLEŽAL, P., 2019: Temperature-dependent development of the double-spined spruce bark beetle *Ips duplicatus* (Sahlberg, 1836) (Coleoptera; Curculionidae). *Agricultural and Forest Entomology*, 21(4): 388–395.

DEMEK, J., MACKOVČIN, P., ed., 2006: Zeměpisný lexikon ČR. Vyd. 2. Brno: AOPK ČR. ISBN 80-86064-99-9.

DIMITRI, L., GREBAUER, U., LÖSEKRUG R., 1992: Influence of mass trapping on the population dynamic and damage-effect of bark beetles. *Journal of Applied Entomology*, 114(1-5): 103–109.

DOLEŽAL, P., 2018: Vybrané aspekty bionomie lýkožrouta severského a jejich význam v ochraně lesa. České Budějovice: Entomologický ústav BC AV ČR, v.v.i.

DOLEŽAL, P.; SEHNAL, F., 2007: Effects of photoperiod and temperature on the development and diapause of the bark beetle *Ips typographus*. *Journal of Applied Entomology*, 131(3): 165–173.

DRUMONT, A., GONZALES, R., de WINDT, N., GRÉGOIRE, J.C., de PROFIT, M., SEUTIN, E., 1992: Semiochemicals and the integrated management of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae) in Belgium. *Journal of Applied Entomology*, 114: 333–337.

ERBILGIN, N., MORI, R., SUN, H., STEIN, J., OWEN, D., MERRILL, L., BOLANOS, R., RAFFA, K., MONTIEL, T., WOOD, D., GILLETTE, N., 2007: A host monoterpene influences *Ips typographus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) responses to its aggregation pheromone. *Agricultural and Forest Entomology*, 9(2): 135–140.

ERIKSSON, M., POUTTU, A., ROININEN, H., 2005: The influence of windthrow area and timber characteristics on colonization of wind-felled spruces by *Ips typographus* (L.). *Forest Ecology and Management*, 216(1-3): 105–116.

FACCOLI, M., 2002: Winter mortality in sub-corticolous populations of *Ips typographus* (Coleoptera, Scolytidae) and its parasitoids in the south-eastern Alps. *Anzeiger für Schädlingskunde Journal of Pest Science*, 75(3): 62–68.

- FACCOLI, M., 2009: Effect of weather on *Ips typographus* (Coleoptera Curculionidae) phenology, voltinism, and associated spruce mortality in the southeastern Alps. *Environmental Entomology*, 38(2): 307–316.
- FACCOLI, M., STERGULC, F., 2004: *Ips typographus* (L.) pheromone trapping in south Alps: spring catches determine damage thresholds. *Journal of Applied Entomology*, 128(4): 307–311.
- FORST, P., CABAN, J., MICHALÍK, P., 1985: Ochrana lesů a přírodního prostředí: učebnice pro střední lesnické školy. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. Lesnictví, myslivost a vodní hospodářství.
- FRANCKE, W., SAUERWEIN, P., VITÉ, J. P., KLIMETZEK, D., 1980: The pheromone bouquet of *Ips amitinus*. *Naturwissenschaften*, 67(3): 147–148.
- FÜHRER, E., HAUSMANN, B., WIENER, L., 1991: Borkenkäferbefall (Col., Scolytidae) und Terpenmuster der Fichtenrinde (*Picea abies* Karst.) an Fangbäumen 1. *Journal of Applied Entomology*, 112(1-5): 113–123.
- FÜHRER, E., CHEN, Ze Yu., 1979: Zum Einfluß von Photoperiode und Temperatur auf die Entwicklung des Kupferstechers, *Pityogenes chalcographus* L.(Col., Scolytidae). *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 98(1): 87–91.
- GONZALEZ, R., GRÉGOIRE, J., DRUMONT, A., 1996: A sampling technique to estimate within-tree populations of pre-emergent *Ips typographus* (Col., Scolytidae). *Journal of Applied Entomology*, 120(1-5): 569–576.
- GÖTHLIN, E., SCHROEDER, M., LINDELÖW, A., 2000: Attacks by *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus* on windthrown spruces (*Picea abies*) during the two years following a storm felling. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15(5): 542–549.
- GRODZKI, W., 1997: *Pityogenes chalcographus* (Coleoptera, Scolytidae)-an indicator of man-made changes in Norway spruce stands. *Biologia-Bratislava*, 52: 217–220.
- GRODZKI, W., JAKUŠ, R., LAJZOVÁ, E., SITKOVÁ, Z., 2006: Effects of intensive versus no management strategies during an outbreak of the bark beetle *Ips typographus* (L.)(Col.: Curculionidae, Scolytinae) in the Tatra Mts. in Poland and Slovakia. *Annals of Forest Science*, 63(1): 55–61.
- GRODZKI, W., SKRZECZ, I., 2017: Trinet P as an innovative method in the protection of Norway spruce stands against *Ips typographus* (L.). *Sylwan*, 161(1): 34–39.

HEDGREN, P. O., 2004: The bark beetle *Pityogenes chalcographus* (L.)(Scolytidae) in living trees: reproductive success, tree mortality and interaction with *Ips typographus*. *Journal of Applied Entomology*, 128(3): 161–166.

HLÁSNY, T., KROKENE, P., LIEBHOLD, A., MONTAGNÉ-HUCK, C., 2020 Život s kůrovcem: Dopady, výhledy a řešení – A Czech version of the study Living with bark beetles. European Forest Institute. ISSN 2343-1237, ISBN 978-952-5980-89-9

HLÁSNY, T., ZAJÍČKOVÁ, L., TURČÁNI, M., HOLUŠA, J., SITKOVÁ, Z., 2011: Geographical variability of sprucebark beetle development under climate change in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 57(6): 242–249.

HLÁSNY, T., ZIMOVÁ, S., MERGANIČOVÁ, K., ŠTĚPÁNEK, P., MODLINGER, R., TURČÁNI, M., 2021: Devastating outbreak of bark beetles in the Czech Republic: Drivers, impacts, and management implications. *Forest Ecology and Management*, 490: 119–132.

HOLUŠA, J., 2001: Is dying of spruce forests in Silesia a result of drought, fungi or bark beetles? *Journal of Forest Science*, 47: 100.

HOLUŠA, J., 2003. K biologii lýkožrouta severského. In Sborník referátů z celostátního semináře „Škodliví činitelé v lesích Česka 2002/2003“, Praha – Suchdol: Lesní ochranná služba VÚLHM Jíloviště-Strnady: 31–35.

HOLUŠA, J., HLÁSNY, T., MODLINGER, R., LUKÁŠOVÁ, K., KULA, E., 2017: Felled trap trees as the traditional method for bark beetle control: Can the trapping performance be increased? *Forest Ecology and Management*, 404: 165–173.

HOLUŠA, J., LUBOJACKÝ, J., KNÍŽEK, M., 2010: Distribution of the double-spined spruce bark beetle *Ips duplicatus* in the Czech Republic: spreading in 1997–2009. *Phytoparasitica*, 38(5): 435–443.

HOLUŠA, J., LUBOJACKÝ, J., LUKÁŠOVÁ, K., Využití otrávených lapáků ve formě trojnožek proti lýkožroutu smrkovému (*Ips typographus* L.) a lýkožroutu severskému (*Ips duplicatus* Sahlberg) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE). Lesnický průvodce: certifikovaná metodika, Strnady Jíloviště, ISBN 978-80-7417-113-0

HOLUŠA, J., LUKÁŠOVÁ, K., GRODZKI, W., KULA, E., 2012: Is *Ips amitinus* (Coleoptera: Curculionidae) abundant in wide range of altitudes. *Acta Zoologica Bulgarica*, 64(3): 219–228.

- HOLUŠA, J., VOIGTOVÁ, P., KULA, E., KŘÍSTEK, Š., 2006: Výskyt lýkožrouta severského (*Ips duplicatus* Sahlberg, 1836) (Coleoptera: Scolytidae) na LS Bruntál LČR, sp, v roce 2004–2005. Zpravodaj ochrany lesa, 13: 1–46.
- JAKUŠ, R., 1998: A method for the protection of spruce stands against *Ips typographus* by the use of barriers of pheromone traps in north-eastern Slovakia. Journal of Pest Science, 71(8): 152–158.
- JANČAŘÍK, V., 2005: Vědecké základy ochrany lesa – předpoklad úspěšného zvládnutí lesních škodlivých činitelů. In KAPITOLA, P., BAŇAŘ, P., HOLUŠA, J., (eds): Moderní metody ochrany lesa. Sborník referátů ze semináře 29. setkání lesníků tří generací. Kostelec nad Černými lesy. Zpravodaj ochrany lesa, 11: 3–5
- JENIŠ, J., VRBA, M., 2007: Srovnání účinnosti lapáků, otrávených trojnožek a lapačů. Lesnická práce, 86: 586.
- JURC, M., PAVLIN, R., KAVČIČ, A., GROOT, A., HAUPTMAN, T., 2017: Recommendations for the use of various biotechnical methods and chemical agents for bark beetle control (Curculionidae: Scolytinae). Gozdarski vestnik, 75(2): 94–111.
- KERCHEV, I. A., MANDELSHTAM, M., KRIVETS, S., ILINSKY, Y.Y., 2019: Small spruce bark beetle *Ips amitinus* (Eichhoff, 1872) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae): a new alien species in West Siberia. Entomological Review, 99(5): 639–644.
- KNÍŽEK, M., HOLUŠA, J., 2007: Lýkožrout severský *Ips duplicatus* (Sahlberg). Lesnická práce, 86 Příloha 1: 1–4.
- KNÍŽEK, M., HOLUŠA, J., 2008: Monitoring lýkožrouta severského v České republice v roce 2007. Lesnická práce, 87: 37
- KOŠTÁL, V., MIKLAS, B., DOLEŽAL, P., ROZSYPAL, J., ZAHRADNÍČKOVÁ, H., 2014: Physiology of cold tolerance in the bark beetle, *Pityogenes chalcographus* and its overwintering in spruce stands. Journal of Insect Physiology, 63: 62–70.
- KUČERA, V., 1951: Insekticidy v boji proti kůrovčům. Praha: Československý les, 31: 75–77.
- KULA, E., 2005: Integrovaná ochrana – teorie a praxe. In KAPITOLA, P., BAŇAŘ, P., HOLUŠA, J., (eds): Moderní metody ochrany lesa. Sborník referátů ze semináře 29. setkání lesníků tří generací. Kostelec nad Černými lesy: Zpravodaj ochrany lesa, 11:6–10.

- KULA, E., 2014: Ochrana lesa ve středoevropských podmínkách: 1. část Lýkožrout smrkový (*Ips typographus* L.) kalamitní škůdce smrkových ekosystémů střední Evropy. Brno: InoBio projekt CZ.1.07/2.2.00/28.0018.
- KULA, E., ŠOTOLA, V., 2017: Lýkožrout smrkový na neodvětvených a odvětvených smrkových lapácích. Zprávy lesnického výzkumu, 62(1): 42–49.
- LEKANDER, B., 1968: Scandinavian bark beetle larva. Descriptions and Classification. Stockholm: Skogszoologi, 4: 186.
- LOBINGER, G., 1996: Variations in sex ratio during an outbreak of *Ips typographus* (Col., Scolytidae) in Southern Bavaria. Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz und Umweltschutz, 69, 51–53.
- LOBINGER, G., SKATULLA, U., 1996: Untersuchungen zum Einfluss von Sonnenlicht auf das Schwärmverhalten von Borkenkäfern. Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz und Umweltschutz, 69(8): 183–185.
- LUBOJACKÝ J., LORENC F., LIŠKA J., KNÍŽEK M., 2019: Hlavní problémy v ochraně lesa v Česku v roce 2018 a prognóza na rok 2019. In: KNÍŽEK, M., (ed.): Škodliví činitelé v lesích Česka 2018/2019 – Historie a současnost kůrovcových kalamit ve střední Evropě. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice: Zpravodaj ochrany lesa, 14–19.
- LUBOJACKÝ J., 2012: Lýkožrout menší *Ips amitinus* (Eichhoff, 1871). Lesnická práce, 91 Příloha 1:1–4.
- LUBOJACKÝ J., HOLUŠA, J., 2011: Comparison of spruce bark beetle (*Ips typographus*) catches between treated trap logs and pheromone traps. Šumarski list, 135(5–6): 233–241.
- LUBOJACKÝ J., HOLUŠA, J., 2014: Attraction of *Ips typographus* (Coleoptera: Curculionidae) beetles by lure-baited insecticide-treated tripod trap logs and trap trees. International Journal of Pest Management, 60(3): 153–159.
- LUBOJACKÝ J., LIŠKA, J., KNÍŽEK, M., 2018: Atraktivita stromových lapáků pro lýkožrouta severského, *Ips duplicatus* Sahlberg (Coleoptera:Curculionidae). Zprávy Lesnického Výzkumu, 63(1): 48–52.
- MANDELSHTAM, M., 1999: Current status of *Ips amitinus* Eichh. (Coleoptera: Scolytidae) in North-West Russia. Entomologica Fennica, 10(1): 29–34.

- MARTÍNEK, V., 1961: Problém natality a gradace kůrovce *Ips typographus* L. ve střední Evropě. Praha: Československá akademie věd, 71.
- MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, 2019: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic: stav k. 2019. Praha: Lesnická práce. ISBN 978-80-7434-571-5.
- MODLINGER, R., LIŠKA, J., KNÍŽEK, M., ADAM, D., JANÍK D., HORT, L. 2015: Ochrana lesa před lýkožroutem smrkovým v ochranném pásmu lesních rezervací ponechaných samovolnému vývoji: certifikovaná metodika. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-104-8.
- MRKVA, R., 1994: Lýkožrout severský (*Ips duplicatus* Sahlberg), nový významný škůdce smrku. Lesnická práce, 73: 35–37.
- MRKVA, R., 1995: Nové poznatky o bionomii, ekologii a hubení lýkožrouta severského. Lesnická práce 74: 5–7.
- MRKVA, R., 2005: Ochrana lesa současnosti a vize pro budoucnost. Lesnická práce, 84: 45–46.
- MRKVA, R., VALA, V., 2009: Lýkožrout severský obrana proti významnému invaznímu škůdci. Lesnická práce, 88: 586.
- NAGELEISEN, L. M., 2001: Monitoring of bark and wood-boring beetles in France after the December 1999 storms. Integrated Pest Management Reviews, 6(3): 159–162.
- OGRIS, N., FERLAN, M., HAUPTMAN, T., PAVLIN, R., KAVČIČ, A., JURC, M., 2020: Sensitivity analysis, calibration and validation of a phenology model for *Pityogenes chalcographus* (CHAPY). Ecological Modelling, 430: 109–137.
- ÖHRN, P., LÅNGSTRÖM, B., LINDELÖW, Å., BJÖRKLUND, N., 2014: Seasonal flight patterns of *Ips typographus* in southern Sweden and thermal sums required for emergence. Agricultural and Forest Entomology, 16(2): 147–157.
- ØKLAND, B., FLØ, D., SCHROEDER, M., 2019: Range expansion of the small spruce bark beetle *Ips amitinus*: a newcomer in northern Europe. Agricultural and Forest Entomology, 21(3): 286–298.
- PFEFFER, A., 1954: Kůrovec lýkožrout smrkový a boj proti němu. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 46.

- PFEFFER, A., 1955: Fauna ČSR. Praha: Československá akademie věd, 324.
- PFEFFER, A., 1961: Ochrana lesů: vysokoškolská učebnice pro lesnické fakulty. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 838.
- PFEIL, W., 1827: Ueber Insectenschaden in den Wäldern, die Mittel ihm vorzubeugen und seine Nachtheile zu vermindern. Berlin: Boicke, 72.
- QUITT, E., 1971: Klimatické oblasti Československa: Climatic regions of Czechoslovakia. Brno: Geografický ústav ČSAV, 73.
- RENWICK, J. A., HUGHES, P. R., KRULL, I. S., 1976: Selective production of cis-and trans-verbenol from (-)-and (+)-alpha by a bark beetle. *Science*, 191(4223): 199–201.
- SCHLYTER, F., ANDERBRANT, O., 1993: Competition and niche separation between two bark beetles: existence and mechanisms. *Oikos*, 437–447.
- SCHROEDER, M., 2013: Monitoring of *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus*: influence of trapping site and surrounding landscape on catches. *Agricultural and Forest Entomology*, 15(2): 113–119.
- SCHROEDER, M., COCOŞ, D., 2018: 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*. ISSN 1461-9555.
- SCHWENKE, W., 1996: Grundzüge des Massenwechsels und der Bekämpfung des Großen Fichtenborkenkäfers, *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae). *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz und Umweltschutz*, 69(1): 11–15.
- ŠVESTKA, M., JANČAŘÍK, V., HOCHNUT, R., 1996: Praktické metody v ochraně lesa. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR. ISBN 80-902033-1-0.
- TURČÁNI, M., 2011: Management lesa v souvislosti s gradací populace lýkožrouta smrkového na příkladu Šumavy – IDS [online]. Praha. Dostupné z: http://www.infodatasys.cz/sumava/typographus_110610.pdf
- ÚHÚL, 2019: Porovnání přírůstu a těžby. In: Ústav pro hospodářskou úpravu lesa: informace o lesích [online]. Brandýs nad Labem. Dostupné z: <http://www.uhul.cz/rychle-informace/445-porovnani-prirustu-a-tezby>
- URBAN, J., 2003: Lesnická entomologie-textová část. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-678-6.

- VOJÁČEK, J., KRÁL, P., JANSKÝ, S., SKOČDOPOLE, P., THONSERN, R., 2021: Kůrovcová kalamita v době covidové. In: PŘÍHODA, J., (ed.): Anketa Lesnické práce. Lesnická práce, 100: 43–44.
- WERMELINGER, B., 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*—a review of recent research. Forest Ecology and Management, 202(1-3): 67–82.
- WESLIEN, J., ANNILA, E., BAKKE, A., BEJER, B., 1989: Estimating risks for spruce bark beetle (*Ips typographus* (L.)) damage using pheromone-baited traps and trees. Scandinavian Journal of Forest Research, 4(1-4): 87–98.
- WICHMANN, L., RAVN, H.P., 2001: The spread of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytidae) attacks following heavy windthrow in Denmark, analysed using GIS. Forest Ecology and Management, 148: 31–39.
- WITRYLAK, M., 2008: Studies of the biology, ecology, phenology, and economic importance of *Ips amitinus* (Eichh.) (Col., Scolytidae) in experimental forests of Krynica (Beskid Sądecki, southern Poland). Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria, 7(1): 75–92.
- ZAHRADNÍK, P., 2007: Lýkožrout lesklý *Pityogenes chalcographus* (L.), Lesnická práce, 86 Příloha 1: 1–4.
- ZAHRADNÍK, P., 2014: Metodická příručka integrované ochrany rostlin pro lesní porosty, Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 376.
- ZAHRADNÍK, P., GERÁKOVÁ, M., 2010: Lýkožrout smrkový – *Ips typographus* (L.), Lesnická práce, 89 Příloha 1: 1–8.
- ZAHRADNÍK, P., KNÍŽEK M., 2016: Lýkožrouti na smrku a sucho. Lesnická práce, 95 Příloha 1: 1–8.
- ZAHRADNÍK, P., KNÍŽEK, M., 2007: Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (L.). Lesnická práce, 86 Příloha 4: 1–8.
- ZAHRADNÍK, P., ZAHRADNÍKOVÁ, M., 2015: Netradiční metody ochrany lesa před kůrovcovitými (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Zprávy lesnického výzkumu, 60(1): 37–46.

ZAHRADNÍK, P., ZAHRADNÍKOVÁ, M., 2016: Použití feromonových lapačů v ochraně lesa proti lýkožroutu smrkovému: certifikovaná metodika. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. ISBN 978-80-7417-103-1.

ZAHRADNÍK, P., ZAHRADNÍKOVÁ, M., PŘÍHODA, J., MALČÁNKOVÁ, T., 2019: Technická podpora a rozvoj projektu kůrovcové info, závěrečná zpráva. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 150.

ZOLUBAS, P., 2003: Spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) risk based on individual tree parameters. Forest Insect Population Dynamics and Host Influences, 96–97.

ZUBER, M., BENZ, G., 1992: Untersuchungen über das Schwärmverhalten von *Ips typographus* (L.) und *Pityogenes chalcographus* (L.) (Col., Scolytidae) mit den Pheromonpräparaten Pheroprax und Chalcoprax. Journal of Applied Entomology, 113: 430–436.

ZUMR, V., 1982: Hibernation of spruce bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera, Scolytidae) in soil liter in natural and cultivated *Picea* stands. Acta Entomologica Bohemoslovaca, 79: 161–166.

ZUMR, V., 1984: Prostorové rozmístění kůrovců (Coleoptera, Scolytidae) na smrku ztepilém (*Picea excelsa* LINK) a jejich indiference podle lesních vegetačních stupňů. Lesnictví 30(6): 509–522.

ZUMR, V., 1995: Lýkožrout smrkový – biologie prevence a metody boje. Písek: Matice lesnická, 131.

Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1 – Lýkožrout smrkový (vlastní fotografie).....	13
Obrázek 2 – Požerek lýkožrouta smrkového (vlastní fotografie).....	16
Obrázek 3 – Požerek lýkožrouta severského (vlastní fotografie).....	18
Obrázek 4 – Požerek lýkožrouta menšího (vlastní fotografie).....	20
Obrázek 5 – Požerek lýkožrouta lesklého (vlastní fotografie).....	22
Obrázek 6 – Lapač typu Theyson (vlastní fotografie).....	27
Obrázek 7 – Otrávené lapáky (vlastní fotografie).....	28
Obrázek 8 – Mapa studované oblasti (zdroj: mapy.cz).....	30
Obrázek 9 – Letová aktivita <i>I. typographus</i>	35
Obrázek 10 – Srovnání populačních hustot <i>I. typographus</i>	37
Obrázek 11 – Srovnání populačních hustot <i>P. chalcographus</i>	38
Obrázek 12 – Srovnání populačních hustot <i>I. typographus</i> na sekcích kůrovcových stromů.....	40
Obrázek 13 – Srovnání populačních hustot <i>P. chalcographus</i> na sekcích kůrovcových stromů.....	41
Obrázek 14 – Srovnání populačních hustot <i>I. duplicatus</i> na sekcích kůrovcových stromů.....	41
Obrázek 15 – Srovnání populačních hustot <i>I. amitinus</i> na sekcích kůrovcových stromů.....	42
Obrázek 16 – Srovnání populačních hustot <i>I. typographus</i> na sekcích lapáků 1. série.....	43
Obrázek 17 – Srovnání populačních hustot <i>P. chalcographus</i> na sekcích lapáků 1. série.....	43
Obrázek 18 – Srovnání populačních hustot <i>I. typographus</i> na sekcích lapáků 2. série.....	44
Obrázek 19 – Srovnání populačních hustot <i>P. chalcographus</i> na sekcích lapáků 2. série.....	45
Tabulka 1 – Stanovení stupně odchyty lýkožroutů (dle ČSN 48 1000).....	25
Tabulka 2 – Rozmístění lapáků v roce 2020 na lokalitě Chlum.....	31
Tabulka 3 – Srovnání nahodilých těžeb, kalamitního základu a obranných opatření.....	33
Tabulka 4 – Odchyt z lapačů s odparníkem na <i>I. typographus</i>	34
Tabulka 5 – Odchyt z lapačů s odparníkem na <i>I. duplicatus</i>	35
Tabulka 6 – Srovnání populačních hustot lýkožroutů na lapácích a kůrovcových stromech.....	36
Tabulka 7 – Mnohonásobné srovnání celkových populačních hustot <i>I. typographus</i> na 1 m ²	37
Tabulka 8 – Mnohonásobné srovnání celkových populačních hustot <i>P. chalcographus</i> na 1 m ²	38
Tabulka 9 – Průměrné hodnoty měřených veličin na lapácích obou sérií.....	39
Tabulka 10 – Populační hustoty lýkožroutů dle sekcí na lapácích.....	39
Tabulka 11 – Populační hustoty lýkožroutů dle sekcí na kůrovcových stromech.....	39
Tabulka 12 – Mnohonásobné srovnání p. hustot <i>I. typographus</i> na sekcích kůrovcových stromů...	40
Tabulka 13 – Mnohonásobné srovnání p. hustot <i>I. typographus</i> na sekcích lapáků 2. série.....	44
Tabulka 14 – Mnohonásobné srovnání p. hustot <i>P. chalcographus</i> na sekcích lapáků 2. série.....	45
Tabulka 15 – Výsledky modelu GLM pro preferenci náletu <i>I. typographus</i>	46
Tabulka 16 – Výsledky modelu GLM pro preferenci náletu <i>P. chalcographus</i>	46
Tabulka 17 – Výsledky modelu GLM pro preferenci náletu <i>I. amitinus</i>	47
Tabulka 18 – Výsledky modelu GLM pro preferenci náletu <i>I. duplicatus</i>	47