

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Srovnání druhového spektra a intenzity náletu kůrovců
na stromových lapácích a nahodilé těžbě**

Diplomová práce

Autor: Bc. Petr Neumann

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

2021

Czech University of Life Sciences Prague

Faculty of Forestry and Wood Sciences

Department of Forest Protection and Entomology



**Czech University
of Life Sciences Prague**

**Comparison of species spectrum and intensity of bark
beetle infestation on tree traps and salvage cutting**

Diploma thesis

Author: Bc. Petr Neumann

Thesis supervisor: Mgr. Karolina Resnerová, Ph.D.

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Petr Neumann

Lesní inženýrství

Lesní inženýrství

Název práce

Srovnání druhového spektra a intenzity náletu kůrovců na stromových lapácích a nahodilé těžbě

Název anglicky

Comparison of species spectrum and intensity of bark beetle infestation on tree traps and salvage cutting

Cíle práce

- vyhodnotit druhové spektrum a populační hustoty kůrovců na smrkových lapácích a na nahodilé těžbě
- srovnat intenzitu náletu na první a druhé sérii lapáků
- stanovit, zda má počet lapáků připravených podle kalamitního základu vliv na růst populace lýkožroutů

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.

Výsledky terénní studie budou převedeny do tabulkového procesu a následně standardními statistickými metodami srovnány (regresní 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

kůrovcová těžba; kalamitní základ; letová aktivita; poměr pohlaví; populační hustota

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., Kertesz V., Aukhojee M., Gregoire J.-C. 2017: Scientific opinion on the pest categorisation of *Ips typographus*. *EFSA Journal*, 15(7): 4881, 23 pp.
- 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 double-spined spruce bark beetle *Ips duplicatus* in the Czech Republic: spreading in 1997–2009. *Phytoparasitica*, 38: 435-443.
- Kula E., Šotola V. 2017: Lýkožrout smrkový na neodvětvených a odvětvených smrkových lapácích. *Zprávy lesnického výzkumu*, 62: 42-49.
- 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,
- 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. Karolína 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 21. 02. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Srovnání druhového spektra a intenzity náletu kůrovců na stromových lapácích a nahodilé těžbě* 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.

V Liberci dne 15.4.2021

.....

Podpis autora

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Mgr. Karolině Resnerové, Ph.D. za vedení diplomové práce, odborný dohled, rady a konzultace. Děkuji také Ing. Jiřímu Cardovi a Karlu Bílkovi za vstřícnost při plnění praktické části diplomové práce. V neposlední řadě patří obrovské poděkování mé rodině, bez které bych tuto práci nemohl dokončit.

Abstrakt

Česká republika se v posledních letech potýká s historicky nejvýznamnější kůrovcovou kalamitou, ve které se stal hlavním biotickým škůdcem lýkožrout smrkový (*Ips typographus*), jenž je doprovázen dalšími významnými druhy lýkožroutů. Diplomová práce se věnuje letové aktivitě lýkožrouta smrkového, která byla studována pomocí feromonových lapačů a sleduje druhové spektrum a populační hustoty kůrovců na stromových lapácích a nahodilé těžbě. Obranná opatření byla instalována na tři výzkumné plochy, nacházející se v Karlově pod Ještědem, který je jednou z částí města Liberec. Celkem bylo položeno 20 lapáků v první sérii, 10 lapáků v sérii druhé, revidováno 11 stromů z nahodilé těžby a bylo přidáno 10 feromonových lapačů typu Theysohn. Kontrola a revize lapáků a nahodilé těžby proběhla v roce 2020.

Z výsledků letové aktivity je zřejmé, že počátek rojení nastal v roce 2020 na přelomu dubna a května a vrchol jarního rojení byl 14.5. Letní rojení bylo rozprostřeno do delšího časového horizontu a nebylo již tak výrazné. Celkem bylo v lapačích odchyceno 71 260 jedinců lýkožrouta smrkového. Na stromových lapácích bylo zjištěno, že populační hustota lýkožrouta smrkového byla daleko vyšší než u lýkožrouta lesklého (*Pityogenes chalcographus*), který k náletu preferoval především druhou sérii lapáků a stojící stromy. Naopak l. smrkový se nejvíce vyskytoval na první sérii lapáků a stojících stromech, kde nalétával na rozhraní kmene a koruny a kmenovou část. L. lesklý se objevoval výhradně v korunové části. V malé míře byl na lapácích zaznamenán také lýkožrout menší (*Ips amitinus*). Nebyl zaznamenán žádný výskyt lýkožrouta severského (*Ips duplicatus*).

Klíčová slova: kůrovcová těžba, kalamitní základ, letová aktivita, poměr pohlaví, populační hustota

Abstract

In recent years, the Czech Republic has been facing the historically most important bark beetle outbreak, in which the European spruce bark beetle (*Ips typographus*), accompanied by other species of bark beetle, is the main biotic pest. This diploma thesis deals with the flight activity of the European spruce bark beetle, which was studied using pheromone traps, and it monitors the species spectrum and population densities of bark beetles on tree traps and salvage cutting. Defense measures were installed in three research areas in Karlov pod Ještědem, which is one of the parts of Liberec. A total of 20 traps were laid in the first series, 10 traps were laid in the second series, 11 trees from salvage cutting were revised and 10 Theysohn pheromone traps were added. Inspection and revision of traps and salvage cutting was performed in 2020.

The results of the flight activity show that the swarming began in 2020 at the turn of April, and it reached its peak on 14 May. Summer swarming was spread out over a longer period of time and was no longer as significant. A total of 71,260 European spruce bark beetles were captured in the traps. The trap trees showed that the population density of the European spruce bark beetle was much higher than that of the six toothed bark beetle (*Pityogenes chalcographus*), which preferred the second series of trap trees and standing trees. On the contrary, the European spruce bark beetle was most often found in the first series of trap trees and standing trees, where it landed on the boundary between the trunk and crown and the trunk. The six toothed bark beetle was mostly found on the crown. The small spruce bark beetle (*Ips amitinus*) was also found in the trap trees to a smaller extent, and no incidence of the double-spined bark beetle (*Ips duplicatus*) was recorded.

Keywords: bark beetles salvage cutting, calamity basis, flight activity, sex ratio, population density

Obsah

1. Úvod	15
2. Cíle práce	17
3. Literární rešerše	18
3.1. Lýkožrout smrkový (<i>Ips typographus</i> Linneaus, 1758).....	18
3.1.1. Bionomie	18
3.1.2. Hostitelská specializace.....	21
3.1.3. Rojení	23
3.2. Lýkožrout lesklý (<i>Pityogenes chalcographus</i> Linneaus, 1761)	24
3.2.1. Bionomie	24
3.2.2. Hostitelská specializace.....	25
3.3. Další významní lýkožrouti.....	26
3.3.1. Lýkožrout menší (<i>Ips amitinus</i> Eichhoff, 1871)	26
3.3.2. Lýkožrout severský (<i>Ips duplicatus</i> Sahlberg, 1836)	27
3.4. Ochrana a obrana.....	29
3.4.1. Kalamitní základ	31
3.4.2. Stromové lapáky	31
3.4.3. Feromonové lapače.....	32
3.4.4. Alternativní metody obrany.....	34
4. Metodika	36
4.1. Výzkumné plochy	36
4.2. Metoda založení pokusu	37
4.3. Odběr vzorků.....	38
4.4. Nahodilá těžba	40
4.5. Metodika výpočtu brouků.....	40
4.6. Asanace	41
4.7. Lapače	41
4.8. Statistická analýza dat.....	41
5. Výsledky.....	43
5.1. Letová aktivita	44
5.2. Lapáky a nahodilá těžba.....	46
5.3. Analýza srovnání jednotlivých sekcí lapáků	49
5.3.1. Nahodilá těžba	49
5.3.2. Lapáky I. série.....	52

5.3.3. Lapáky II. série.....	55
6. Diskuze.....	60
6.1. Letová aktivita.....	60
6.2. Stromové lapáky	61
7. Závěr	64
8. Literatura.....	65

Seznam tabulek

Tab. 1: Vývojový diagram lýkožrouta smrkového (upraveno podle Jakuše et al. 2015). str. 20

Tab. 2: Vývojový diagram lýkožrouta lesklého (upraveno podle Jakuše et al. 2015). str. 25

Tab. 3: Stanovení odchytu a stupně napadení dle ČSN 48 1000. str. 30

Tab. 4: Přehled položených lapáků první série. str. 37

Tab. 5: Přehled položených lapáků druhé série. str. 37

Tab. 6: Přehled o porostech, v nichž byla instalována obranná opatření. str. 43

Tab. 7: Celkový počet jedinců a průměrný počet jedinců na lapač v jednotlivých porostech. str. 45

Tab. 8: Celkový a průměrný počet jedinců a průměrná populační hustota *I. typographus* na lapácích první a druhé série a nahodilé těžbě. str. 46

Tab. 9: Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot zjištěných jedinců *I. typographus* (závrty a matečné chodby) na 1 m² na lapácích první a druhé série a na nahodilé těžbě. str. 47

Tab. 10: Celkový počet rodin a průměrná populační hustota *P. chalcographus* na lapácích první a druhé série a nahodilé těžbě. str. 48

Tab. 11: Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot závrů jedinců *P. chalcographus* na 1 m² na lapácích první a druhé série a na nahodilé těžbě. str. 48

Tab. 12: Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) závrů *Ips typographus* na 1 m² na nahodilé těžbě. str. 49

Tab. 13: Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) matečných chodeb *Ips typographus* na 1 m² na nahodilé těžbě. str. 49

Tab. 14: Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) závrů *P. chalcographus* na 1 m² na nahodilé těžbě. str. 51

Tab. 15: Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) závrťů *Ips typographus* na 1 m² první série lapáků. str. 53

Tab. 16: Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) závrťů *P. chalcographus* na 1 m² první série lapáků. str. 54

Tab. 17: Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) závrťů *P. chalcographus* na 1 m² druhé série lapáků. str. 55

Tab. 18: Přehledová tabulka jednotlivých sekcí lapáků první a druhé série a nahodilé těžby. Veškeré hodnoty jsou uvedeny se směrodatnou odchylkou (SD) str. 57

Tab. 19: Přehledová tabulka zobrazuje průměrné hustoty závrťů *I. typographus* a *P. chalcographus*, průměrnou hustotu matečných chodeb *I. typographus* na jednotlivých sekcích lapáků a nahodilé těžbě a průměrný stupeň napadení na lapácích první a druhé série a nahodilé těžbě. Hodnoty jsou uvedené se směrodatnou odchylkou (\pm SD). str. 58

Seznam obrázků

- Obr. 1:** Lýkožrout smrkový (Novák et al. 1974). str. 18
- Obr. 2:** Lýkožrout lesklý (Novák et al. 1974). str. 24
- Obr. 3:** Lýkožrout menší (Novák et al. 1974). str. 26
- Obr. 4:** Požerek lýkožrouta severského (Knížek a Holuša 2007). str. 28
- Obr. 5:** Lapač typu Theysohn (Foto: Petr Neumann). str. 33
- Obr. 6:** Lapač typu LFT (Galko et al. 2013). str. 33
- Obr. 7:** Zkoumané území v rámci České republiky (geoportal.gov.cz). str. 36
- Obr. 8:** Umístění výzkumných ploch v porostní mapě. str. 36
- Obr. 9:** Odběr vzorků z lapáků druhé série (foto: Petr Neumann). str. 38
- Obr. 10:** Odběr vzorků z jednotlivých sekcí (foto: Petr Neumann) str. 39
- Obr. 11:** Vývoj maximálních denních teplot a srážkových úhrnů v roce 2020 (lokalita Liberec – Ostašov, meteocentrum.cz). str. 44
- Obr. 12:** Letová aktivita lýkožrouta smrkového dle odchytů do feromonových lapačů na studované lokalitě v roce 2020. Kolečka zobrazují průměrný odchyt \pm 0,95 konfidenční interval. str. 45
- Obr. 13:** Srovnání populačních hustot *I. typographus* na 1 m² na lapácích první a druhé série a na nahodilé těžbě. Krabice zobrazuje medián \pm 25-75% kvartil, svorka představuje rozsah neodlehých hodnot. str. 47
- Obr. 14:** Srovnání populačních hustot *P. chalcographus* na 1 m² na lapácích první a druhé série a na nahodilé těžbě. Krabice zobrazuje medián \pm 25-75% kvartil, svorka představuje rozsah neodlehých hodnot. Hvězdička ukazuje extrémní hodnotu. str. 48
- Obr. 15:** Srovnání závrtů (modře) a matečných chodeb (červeně) lýkožrouta smrkového na 1 m² na jednotlivých sekcích na nahodilé těžbě. Krabice zobrazuje medián \pm 25-75% kvartil, svorka představuje rozsah neodlehých hodnot. str. 50

Obr. 16: Korelační diagram znázorňující závislost hustoty závrtů lýkožrouta smrkového na průměru kmene smrku. str. 50

Obr. 17: Korelační diagram znázorňující závislost hustoty závrtů lýkožrouta smrkového na tloušťce lýka smrku. str. 51

Obr. 18: Srovnání závrtů lýkožrouta lesklého na 1 m² na jednotlivých sekcích na nahodilé těžbě. Krabice zobrazuje medián ± 25-75% kvartil, svorka představuje rozsah neodlehých hodnot. Hvězdička ukazuje extrémní hodnotu. str. 52

Obr. 19: Srovnání závrtů (modře) a matečných chodeb (červeně) lýkožrouta smrkového na 1 m² na jednotlivých sekcích první série lapáků. Krabice zobrazuje medián ± 25-75% kvartil, svorka představuje rozsah neodlehých hodnot. str. 53

Obr. 20: Srovnání závrtů lýkožrouta lesklého na 1 m² na jednotlivých sekcích na první sérii lapáků. Krabice zobrazuje medián ± 25-75% kvartil, svorka představuje rozsah neodlehých hodnot. str. 54

Obr. 21: Srovnání závrtů lýkožrouta lesklého na 1 m² na jednotlivých sekcích na druhé sérii lapáků. Krabice zobrazuje medián ± 25-75% kvartil, svorka představuje rozsah neodlehých hodnot. str. 56

1. Úvod

Dynamika lesních ekosystémů je v posledních letech výrazně ovlivněna celosvětovou změnou klimatu. Výjimku netvoří ani Česká republika a celá střední Evropa, která čelí významné kůrovcové kalamitě (Jakoby et al. 2019), která má dopad nejen na lesní ekosystém, ale také na sociální, tržní a ekonomické aspekty, které zůstávají často přehlížené (Hlásny et al. 2021). Nepříznivou situaci dramaticky zhoršilo opakované vysazování smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) H. Karst.) mimo oblasti jeho přirozeného výskytu na úkor jiných dřevin z přirozené skladby. Tyto lesy s homogenní dřevinnou a věkovou strukturou jsou v posledních desetiletích vystaveny různým typům disturbancí, z nichž jsou nejvýznamnější sucho, vítr a kůrovec. Právě tyto vlivy mají za následek rozšíření především lýkožrouta smrkového, ale i dalších významných druhů kůrovců (Hlásny et al. 2020).

Zprávy z kalamitních přemnožení *I. typographus* se datují již ze 17. století. Oblast České republiky zasáhly v historii tři velké kůrovcové kalamity v letech 1868–1878, následně v období 1942–1953 a v neposlední řadě rozsáhlá kalamita ve střední Evropě v letech 1970–2000, která silně zasáhla Národní park Šumava (Skuhrový 2002).

Počátek současné kalamity lze datovat k roku 2003, kdy byly lesní porosty oslabeny extrémním suchem a vývoj podkorního hmyzu podpořilo dlouhé vegetační období. V následujících letech byla kůrovcová gradace podpořena rozsáhlými větrnými polomy po orkánu „Kyrill“ (2007), celkově velmi teplým a suchým rokem 2007 a polomy po vichřicích „Emma“ a „Ivan“ (2008). V roce 2009 kulminovaly objemy kůrovcových těžeb. V následném roce přišlo chladné a srážkově bohaté období, po kterém přišel pokles a stagnace kůrovcových těžeb. K opětovnému populačnímu růstu lýkožroutů došlo v roce 2015, přičemž vysoký nárůst kůrovcové hmoty se týká zejména uplynulých tří let. Doposud bylo během let 2015–2019 kůrovcem napadeno 60–70 mil. m³ smrkové hmoty, přičemž zásoba smrkových porostů je odhadována na 400 mil. m³. Postupně se kalamita z Moravy a Slezska přesouvá do oblasti Čech, kde dochází k zasažení jižního, jihovýchodního

a jihozápadního území a situace se rychle zhoršuje také ve střední a severovýchodní části. (Knížek a Liška 2020).

V roce 2019 byl na území České republiky zaznamenán historicky nejvyšší objem těžby, který dosáhl 32,6 mil. m³ dřeva bez kůry. Téměř veškerou hmotu tvořila nahodilá těžba (95 %). Z celkové nahodilé těžby (30,9 mil. m³) činil objem kůrovcové těžby 22,8 mil. m³ (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, 2020).

V současné době tak čelíme největší kůrovcové kalamitě v historii českého lesnictví a tím pádem je třeba, více než kdy jindy, dbát na ochranu lesa a dodržovat veškerá obranná opatření, která mohou pomoci jak v boji proti lýkožroutu smrkovému, tak proti dalším významným lýkožroutům, které tento druh doprovázejí. I přesto, že je prognóza kalamity na další roky stále nepříznivá, nemůže lesnický personál rezignovat na obranná opatření proti podkorním škůdcům. Nadále musí být prioritou vyhledávání, včasné zpracování a účinná asanace aktivních kůrovcových stromů s cílem zpomalit rozvoj a šíření podkorního hmyzu do dalších oblastí České republiky (Knížek a Liška 2020). Jako vhodné obranné opatření může být položení stromových lapáků a instalace feromonových lapačů (Wermelinger 2004).

Tato diplomová práce je zaměřena na hodnocení druhového spektra a intenzity náletu jednotlivých druhů lýkožroutů na stojící stromy a připravené stromové lapáky. Zaobírá se také letovou aktivitou lýkožrouta smrkového.

2. Cíle práce

Cílem této diplomové práce je vyhodnotit druhové spektrum a populační hustoty kůrovců na stromových lapácích a nahodilé těžbě. Dále pak srovnat intenzitu náletu na první a druhou sérii lapáků a následně stanovit, zda má počet lapáků připravených dle kalamitního základu vliv na růst populace lýkožroutů.

3. Literární rešerše

3.1. Lýkožrout smrkový (*Ips typographus* Linnaeus, 1758)

Lýkožrout smrkový je hmyz z řádu Coleoptera (brouci), čeledi Curculionidae (nosatcovití) a podčeledi Scolytinae (kůrovcovití). Dříve náleželi kůrovci do samostatné čeledi Scolytidae. Jeho rodové pojmenování prodělalo řadu změn a ustálilo se až v roce 1894 a platí až dodnes (Zumr 1995). V České republice se vyskytuje 110 zástupců této podčeledi, přičemž rod *Ips* je zastoupen 6 druhy (Kindlmann et al. 2012). Jedná se o polygamní druh, což znamená, že jeden samec oplodní několik samic (Skuhravý 2002). Lýkožrout smrkový se řadí k jednomu z nejvýznamnějších škůdců starších smrkových porostů ve střední Evropě. Je typickým sekundárním škůdcem, který napadá zejména čerstvě vytěžené smrkové dříví, polomy a fyziologicky poškozené stojící stromy. Při přemnožení napadá i zdravé porosty (Zahradník a Knížek 2007). Zeměpisné rozšíření lýkožrouta smrkového zahrnuje Evropu, Sibiř i Koreu. Severní hranice rozšíření sahá téměř až po severní polární kruh ve Skandinávii, naproti tomu jižní hranice probíhá od západních Pyrenejí, přes Alpy, Rodopy v Bulharsku, střední Kavkaz až po Koreu (Zumr 1995).

3.1.1. Bionomie



Lýkožrouti jsou brouci s proměnou dokonalou. Vývoj tedy probíhá od vajíčka přes larvální stadium a kuklu až po dospělého jedince (imago) viz. obr. č. 1.

Obr. 1: Lýkožrout smrkový (Novák et al. 1974).

Vajíčko

Vajíčko lýkožrouta smrkového je bílé a má oválný tvar (Zahradník a Knížek 2007). Vzhledem k velikosti brouka je vajíčko se svojí velikostí od 0,6 do 1 mm

drobné (Zumr 1995). Samice klade vajíčka do zářezů po stranách matečné chodby. Kladení vajíček trvá cca 7–10 dnů (Zahradník a Geráková 2010). Samice vyklade v průměru 60 vajíček v matečné chodbě, jednotlivé zářezy jsou od sebe vzdáleny 1–10 mm (Zumr 1995). Dle Wermelinger (2004) jich samice naklade i se sesterským rojením až 80. Naopak dle Matouška et al. (2012) se střední snůška pohybuje okolo 35 vajíček. Matoušek et al. (2012) také zmiňuje, že stejný počet vajíček udává Thalenhorst (1958). Stadium vajíčka trvá celkem 6–18 dnů a nikdy nepřezimuje (Zumr 1995).

Larva

Larvy lýkožroutů jsou beznohé, bělavé a mají hnědě chitisanou hlavu (Zumr 1995). Prochází třemi instary, kdy v prvním instaru dosahuje délky do 2 mm a ve třetím instaru délky 5–7 mm (Zahradník a Knížek 2007). Larvy se postupně zažirají do lýka a zprvu vytvářejí kolmé chodby na chodbu matečnou. Postupným růstem larvy se tvar chodby stává vlnovitým. Nejdelší larvální chodby najdeme v blízkosti snubní komůrky. V posledním instaru před kuklením si larvy rozšiřují své chodby a na konci každé z nich se kuklí (Zumr 1995).

Kukla

Kukla lýkožrouta smrkového se vyvíjí v kukelné kolébce, dosahuje velikosti 5–6 mm a je bílá. Jsou na ni patrné orgány a na konci se objevují 2 krátké trny. Na pochvě krovek jsou již patrné 4 hrbolkovité zoubky, čímž se liší od kukel ostatních druhů. Doba vývoje se pohybuje v rozmezí 6–17 dnů (Zumr 1995). V průměru trvá toto období 8 dnů (Zahradník a Geráková 2010).

Dospělec (Imago)

Dospělý brouk lýkožrouta smrkového dosahuje velikosti 4,5–5,5 mm a řadí se mezi naše největší kůrovce (Kindlmann et al. 2012). Vylíhlý brouk je zpočátku bílý, postupně hnědne až černá. Polovina vylíhlých lýkožroutů jsou samci a polovina samice. Takto čerstvě vylíhlý dospělec není schopný rozmnožování, tudíž prodělává zralostní žír, při kterém požírá zbytky lýka a vytváří tak nepravidelnou, parohovitě se vinoucí chodbu, díky čemuž se požerek stává často nezřetelným. Pokud je nálet příliš silný a noví brouci nenalézají na kmeni dostatek potravy, tak

již během zrání vyhledávají výletové otvory a vyhledávají vhodná místa k dokončení úživného žíru a pohlavní zralosti, které trvá dva až tři týdny (Zumr 1995). Charakteristickým znakem je přítomnost čtyř zubů na zadní straně krovek, z nichž třetí je největší. Zadní část krovek je matná a jemně tečkovaná (Walker 2005). Naopak mezirýží krovek je lesklé a hladké bez teček, čímž se liší od ostatních druhů (Zumr 1995). Celé tělo je řídko pokryto jemnými, dlouhými, žlutými chloupky. Tělo samic je těmito chloupky pokryto daleko více, než tělo samců (Walker 2005). Dalším rozlišovacím znakem jsou rýhy pod ústním ústrojím, které mají pouze samice (Skuhravý 2002).

Tab. 1: Vývojový diagram lýkožrouta smrkového (upraveno podle Jakuše et al. 2015).

Stadium	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Aktivní dospělec												
Pasivní dospělec												
Vajíčko												
Aktivní larva												
Pasivní larva												
Kukla												

Vývojový cyklus

Brouci opouští svá zimoviště v dubnu až květnu (Tab. 1) za příhodných klimatických podmínek, kdy se denní teplota pohybuje v rozmezí 18–20 °C a po několikadenní fázi dospívání jsou připraveni k náletu na stromy (Skuhravý 2002). V porostech se lýkožrout orientuje pomocí primárních atraktantů – terpenů, které uvolňují vadnoucí, poškozené či jinak oslabené stromy. Hlavním terpenem, který se uvolňuje z fyziologicky oslabených stromů, je α -pinen. Po nalezení vhodného hostitele začnou samci pronikat do kůry a lýka stromu, kde vyhledávají snubní komůrku a lákají samice. Při požívání lýka a v něm obsaženého α -pinenu dochází v zažívacím traktu a zadním střevě brouků k jeho přeměně na složitější chemické sloučeniny. Tyto chemické sloučeniny jsou poté brouky uvolňovány jako populačně-pohlavní látky (agregační feromony), tedy jako sekundární atraktanta,

kteřé lákají ostatní jedince téhož druhu, především pak samice (Zumr 1995). Během kolonizace samci uvolňují celkem šest chemických sloučenin (metylbutenol, cis-verbenol, trans-verbenol, myrtenol, trans-myrtanol a fenyletanol), z nichž nejpodstatnější jsou první dva uvedené (Schlyter et al. 1987).

Po oplodnění ve snubní komůrce začíná samice vytvářet rovnoběžnou chodbu s osou kmene (matečnou chodbu), do které po stěnách vyhlodává zářezy a následně do takto připravených zářezů klade vajíčka, což trvá 7–10 dnů (Skuhřavý 2002). Samice klade denně 1 až 2 vajíčka, udržuje matečnou chodbu prázdnou a vytlačuje vyhlodané části lýka a kůry (drtinky) do snubní komůrky, odkud je samec vyhazuje ven (Zumr 1995). Na jednoho samce připadnou 1–3, ve výjimečných případech až 5 samic. Po 6–18 dnech se líhnou larvy, které vyhlodávají postranní chodby, tzv. larvální chodby. Tyto chodby se postupně s růstem larvy rozšiřují a na jejich konci vytváří larva třetího instaru tzv. kukelní komůrku. Období kukly trvá v průměru okolo 8 dnů (Skuhřavý 2002). Vylíhlí brouci následně prodělávají zralostní žír ve svém mateřském požerku, který v závislosti na konkrétních podmínkách trvá dva i více týdnů a při kterém dochází k vývoji létací svaloviny a zrání pohlavních orgánů. Brouci, kteří dokončili svůj vývoj na podzim, jsou zpravidla aktivní až následující jaro, přičemž přezimují pod kůrou nebo v hrabance v jejich bezprostřední blízkosti (Kindlmann et al. 2012).

Celkový vývoj jedné generace lýkožrouta smrkového trvá zhruba šest až deset týdnů v závislosti na klimatických podmínkách. Během roku se při příznivých teplotách mohou vyvinout dvě až tři generace. Samice lýkožrouta mohou na jaře po vykladení první snůšky vajíček a po zralostním žíru založit jednu či dvě sesterské generace, buď na stejném stromě, nebo po přeletu na stromě jiném (Skuhřavý 2002). Dle Davidkové a Doležala (2017) založí až 100 % samic jednu sesterskou generaci, 8–90 % dvě sesterské generace a 0–22 % tři sesterské generace (v závislosti na různých nadmořských výškách).

3.1.2. Hostitelská specializace

Lýkožrout smrkový se vyvíjí na mnoha druzích jehličnatých dřevin. Ve střední Evropě se vyskytuje především na smrku ztepilém (*Picea abies*). Na severu Evropy a Sibiři byl pozorován často i na borovici lesní (*Pinus sylvestris* L.). Zná

je také jako škůdce smrku omoriky (*Picea omorica* (Pančić) Purk.) či smrku východního (*Picea orientalis* (L.) Link) (Zumr 1995).

Za hlavní faktory, které ovlivňují výběr vhodného stromu pro nálet lýkožrouta, můžeme považovat:

- věk dřeviny
- oslunění a dimenze stromu
- poškození dřeviny
- vhodnost stanoviště

Napadá zejména stromy starší 60 let, které mají dostatečně silné lýko (Jakuš et al. 2015). Dle Zumra (1984) lýkožrout obsazuje stromy s minimální tloušťkou lýka 4 mm, kde se v rozmezí od 4 do 10 mm nachází 87,4 % lýkožroutů z celkového zjištěného počtu jedinců.

Lýkožrout smrkový přednostně nalétává na určité části hostitelských dřevin, kde následně probíhá jeho vývoj. První nálet směřuje na místa staršího, silnějšího kmene, kde suché větve přecházejí ve větvě zelené. Nachází se zde hladká kůra s dostatečně tlustým lýkem (4-10 mm). Následně postupně osazuje kmen dolů a v menší míře také nahoru (Zumr 1995). Jako první příznak napadení můžeme pozorovat závrtové otvory, které se objevují již v průběhu rojení v místě nasazení koruny stromu. S přibývajícím počtem lýkožroutů jsou otvory viditelné i ve spodní části kmene. Ve stejnou dobu můžeme pozorovat také ronění pryskyřice v místech závrtovéch otvorů (Jakuš et al. 2015). Nejspolehlivějším časným příznakem jsou však rezavé drtinky za šupinami kůry na patě kmene, které jsou zřetelné i po deštích (Zahradník a Geráková 2010). Při jarním náletu se zevní známky poškození začnou objevovat ve 2. až 3. týdnu po napadení. Jehličí začíná ztrácet zelenou barvu, šediví a postupně zčervená, až zhnědne (Zumr 1995). Lýko je po náletu rozrušené a odlupují se velké pláty kůry (Jakuš et al. 2015). Při náporu letního pokolení je nálet často omezen pouze na korunovou a podkorunovou část, zatímco spodní část kmene zůstává neporušena. Napadené stromy ztrácí zelenou barvu jehličí až na jaře (Zumr 1995).

3.1.3. Rojení

Rojením se rozumí hromadný let dospělých brouků, kteří vyhledávají nové stromy vhodné k vývinu. Rojení je závislé na ročním období, klimatických podmínkách, expozici či nadmořské výšce (Zumr 1995). Při rojení je nejvýznamnějším faktorem ovlivňujícím vývoj lýkožrouta teplota. Ta je důležitá z toho důvodu, že hmyz je závislý na přísunu tepla z okolí (Baier et al. 2007).

Jarní rojení

Jarní rojení v pahorkatinách probíhá hromadně po opuštění zimovišť a předchází náletu na vhodné hostitelské stromy. Podmínky rojení při horní stromové hranici jsou však rozdílné, neboť se zde kromě místních populací vyskytují i jedinci zanešení vzdušnými proudy z nížin, tudíž jde o směs populací (Zumr 1995).

Dle výzkumu Zumra (1995) se lýkožrout na lapácích objevil vždy nejdříve na mýtině, za 1–2 dny v řídkém smrkovém porostu a se zpožděním 3–5 dnů v hustém smrkovém porostu.

Jarní rojení může začít za předpokladu, že maximální denní teplota vzduchu v předcházejících dnech před rojením neklesla pod 14 °C. Anilla (1969) uvádí, že rojení nemůže začít, dokud teplota vzduchu nepřesáhne alespoň 20 °C. Naopak Baier et al. (2007) zaznamenal letovou aktivitu a rojení již při 16,5 °C. Tuto teplotu ovšem zaznamenal pouze u 10 % lýkožroutů. Stejnou teplotu udává i Lobinger (1994) a Wermelinger (2004). V nižších polohách a při vhodných klimatických podmínkách začíná rojení již koncem dubna, převážně až začátkem května. V horských polohách nebo tam, kde je chladnější jaro, začíná rojení až v průběhu června. Na počátku rojení se jako první objevují samci, jelikož pohlavně dospívají dříve než samice. Probíhá především v odpoledních hodinách (Zumr 1995).

Letní rojení

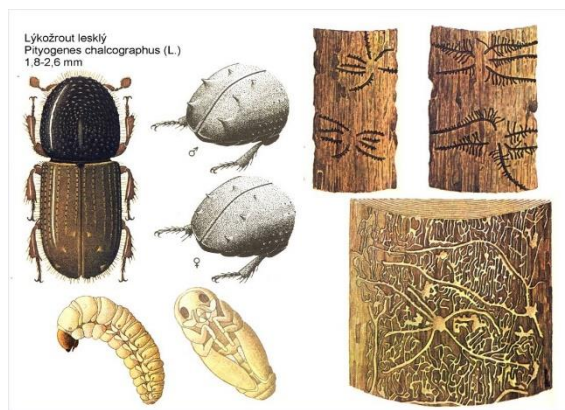
Nálet letního pokolení je závislý na dokončení vývoje rojení jarního. Ukončení vývinu jarního rojení je často nestejněměrné. Zatímco v nižších polohách či na jižních svazích se objevují brouci již v první polovině července, ve vyšších polohách a na severních svazích nejdříve koncem července (výjimky tvoří pouze abnormálně teplé roky). Letní rojení je tam oproti jarnímu více rozptýlené a méně

výrazné (Zumr 1995). Ukončení letního rojení je dle Jönsson et al. (2007) závislé spíše na délce dne než na teplotě vzduchu.

3.2. Lýkožrout lesklý (*Pityogenes chalcographus* Linnaeus, 1761)

Lýkožrout lesklý (Obr. 2) patří do řádu brouků (Coleoptera), podčeledi kůrovcovitých (Scolytinae) a je jedním ze sedmi zástupců tohoto druhu. Jedná se o sekundárního a fyziologického škůdce. Je rozšířen téměř po celé Evropě, na Kavkazu, Sibiři až po Koreu a Japonsko. Ve smyslu vyhlášky MZe ČR č. 101/1996 Sb. v aktuálním znění 76/2018 Sb. je veden jako kalamitní druh (Zahradník 2007).

3.2.1. Bionomie



Vajíčko

Samice kladou jednotlivě bílá, drobná a kulatá vajíčka do drobných zářezů ve stěně matečné chodby. Kladení trvá celkem 7 dnů, během kterých samice vyklade v průměru 10–26 vajíček (Zahradník 2007).

Obr. 2: Lýkožrout lesklý (Novák et al. 1974).

Larva a kukla

Larvy se líhnou postupně tak, jak jsou kladena vajíčka. Larvální vývoj trvá zhruba 4–6 týdnů v závislosti na klimatických podmínkách. Larvy jsou bělavé barvy, beznohé, v posledním instaru 2,7–3 mm dlouhé. Na konci larválních chodeb si larvy vyhlodají kukelnou kolébku. Kukla je volná, bílá (Zahradník 2007).

Dospělec

Dospělec je 1,6–2,8 mm velký, hnědočerný, lesklý. Samci mají daleko výraznější, ostře zakončené zuby na zádi krovek. Samice mají tyto zuby tvořeny pouze mozolovitými hrbolky. Krovky jsou lesklé, velmi jemně tečkované. Tečky jsou srovnány v řadách (Zahradník 2007).

Tab. 2: Vývojový diagram lýkožrouta lesklého (upraveno podle Jakuše et al. 2015).

Stádium	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Aktivní dospělec												
Pasivní dospělec												
Vajíčko												
Aktivní larva												
Pasivní larva												
Kukla												

Vývojový cyklus

Rojení lýkožrouta lesklého začíná v nižších polohách na přelomu dubna a května (Tab. 2), ve vyšších polohách až v květnu (Zahradník 2007). Letová aktivita začíná podobně jako u lýkožrouta smrkového, ale v menší míře. Postupně je však rojení intenzivnější a vrchol zaznamenáváme na přelomu června a července (Gubka et al. 2013). Spodní teplotní hranice pro letovou aktivitu je 15,6 °C, avšak většina brouků létá až při teplotách nad 20 °C (Ogris et al. 2020). Jako první na strom nalétává samec, který při hlodání snubní komůrky produkuje feromony (chalcogran a Methyl (E,Z)- 2,4- dekadienoát (E,Z-MD) (Byers et al. 1990). Následně se samec páří s 3 až 6, výjimečně i 8 samicemi, které hlodají ze snubní komůrky hvězdicovitě uspořádané matečné chodby, do kterých po stranách jednotlivě kladou vajíčka. Během 7 dnů samice naklade až 26 vajíček a poté může zakládat sesterskou generaci. Larvální vývoj závisí na klimatických podmínkách a trvá zpravidla 4–6 týdnů. Následně se larvy kuklí. Na konci června se objevují první brouci, kteří prodělávají zralostní žír, během kterého pohlavně dospívají. Po prodělání zralostního žíru zakládají druhou generaci. V příznivých podmínkách může lýkožrout lesklý založit až tři generace, ve vyšších polohách zpravidla generace dvě (Zahradník 2007).

3.2.2. Hostitelská specializace

Lýkožrout lesklý je škůdcem především v mladších porostech, ale v posledních letech je výrazným škůdcem i v porostech starších, zejména

v oblastech s imisním poškozením, kde napadá vrcholové partie stromu. Brouci obsazují většinou vrcholové části stromu se slabou borkou, ale při přemnožení může napadat i spodnější partie stromu (Švestka et al. 1996). Napadá především smrk ztepilý, ale vyskytuje se například i na smrku pichlavém, modřínu či na některých druzích borovic (lesní, vejmutovka, blatka, kleč, černá) (Zahradník 2007).

3.3. Další významní lýkožrouti

3.3.1. Lýkožrout menší (*Ips amitinus* Eichhoff, 1871)

Lýkožrout menší (Obr. 3) je typický sekundární škůdce, který napadá především smrk, dále borovici, jedli a modřín. Při přemnožení může napadat i zdravé stromy. Vyskytuje se zejména ve střední Evropě a v části Balkánského poloostrova. V České republice je rozšířen především v pahorkatinách a horách, avšak jeho výskyt byl zaznamenán také v polohách nad 1000 m n. m. Napadá korunové části starých smrků, tyčoviny a nastávající kmenoviny (Lubojacký 2012).

Vývojový cyklus



Obr. 3: Lýkožrout menší (Novák et al. 1974)

Rojení probíhá od května, jako první na strom nalétává samec, který při hlodání snubní komůrky produkuje agregační feromon, jehož hlavními složkami jsou ipsenol, ipsdienol a amitinol. Tento agregační feromon iniciuje hromadný nálet jedinců obou pohlaví. Po 2–4 dnech přilétají do snubní komůrky samice. Na jednoho samce připadne průměrně 3–5 samic. Po spáření hlodá každá samice svoji matečnou chodbu a do zářezů po stranách chodby klade jednotlivě vajíčka, kterých za svůj život naklade 40–70. Klazení vajíček trvá zhruba 7–10 dní (Lubojacký 2012). Některé samice následně zakládají sesterská pokolení (Jeger et al. 2017). Po 6–18 dnech se z vajíček líhnou larvy, které vyhlodávají larvální chodby a prochází 3 instary. Larvální vývoj trvá zpravidla 7 dní v optimálních

podmínkách, v podmínkách nepříznivých až 50 dnů. Na konci chodeb si larvy vytvářejí kukelní kolébku. Období kukly trvá v průměru 10 dní. Vylíhlí brouci prodělávají zralostní žír v místě vylíhnutí nebo po přeletu na jiné místo a pohlavně dozrávají. Toto období trvá 2 až 3 týdny. Celkový vývoj brouka od hlodání snubní komůrky až po ukončení zralostního žíru trvá zpravidla 6 až 10 týdnů (Lubojacký 2012). Lýkožrout menší má ve vyšších nadmořských výškách jednu generaci a v nižších nadmořských výškách (pod 600 m n. m.) generace dvě (Økland et al. 2019).

Kontrola a obrana

Kontrola je prováděna současně s kontrolou kalamitního škůdce lýkožrouta smrkového a v praxi se oba druhy běžně nerozlišují. V základním stavu probíhá kontrola při pochůzkách, doplňkově pomocí lapáků. Hlavní předpoklad účinné obrany je především v časném vyhledání a zpracování či asanaci kůrovcových stromů v průběhu celého roku. Pro přípravu a kontrolu lapáků platí stejné zásady jako u lýkožrouta smrkového (viz. 3.4.2. Stromové lapáky). Feromonové lapače, vzhledem k absenci feromonových odparníků, nepřipadají v úvahu (Lubojacký 2012).

3.3.2. Lýkožrout severský (*Ips duplicatus* Sahlberg, 1836)

Lýkožrout severský se v minulosti ve střední Evropě neprojevoval jako lesnický významný druh způsobující hospodářské ztráty. Lokální přemnožení byla zaznamenána pouze ve východní části Polska. V České republice byla první gradace zaznamenána v devadesátých letech dvacátého století na severní Moravě a ve Slezsku, kde bylo napadeno několik set tisíc kubických metrů dříví. Lýkožrout severský se tak v posledních dekádách zařadil mezi potencionální kalamitní škůdce (Knížek a Holuša 2007). V roce 2018 byl již ve vyhlášce č. 76/2018, která upravuje vyhlášku č. 101/1996, uveden jako kalamitní škůdce. Přestože je jeho původní rozšíření omezeno pouze na Skandinávii a východní Asii, objevuje se v posledních letech v celé střední Evropě. Nálezy byly hlášeny například z Rumunska, či Švýcarska (Wermelinger et al. 2020). Lýkožrout severský často napadá jednotlivé oslabené stromy roztroušeně po porostu a velmi zřídka napadá vývraty či lapáky (Jeger et al. 2017).

Vývojový cyklus



Obr. 4: Požerok lýkožrouta severského (Knížek a Holuša 2007).

Lýkožrout severský má jednu až tři generace ročně. Jako první na strom nalétává samec, který při hlodání snubní komůrky produkuje feromon lákající obě pohlaví (Jeger et al. 2017). Hlavní složkou tohoto feromonu je ipsdienol a E- myrcenol (Schlyter et al. 2001). Samci se obvykle páří s 1 až 5 samicemi, které následně vyhlodávají matečné chodby, do kterých po stranách kladou vajíčka. Průměrně jedna samice vyklade 60 vajíček. Po jednom až dvou týdnech se rodí bělavé, beznohé larvy, jejichž délka vývoje závisí na klimatických

podmínkách a trvá 2 až 4 týdny. Období kukly trvá obvykle déle než jeden týden. Vylíhlí brouci prodělávají zralostní žír, při kterém pohlavně dozrávají. Tento žír trvá přibližně dva týdny. Celkový vývoj trvá 6–8 týdnů. Brouci zimují většinou v hrabance, případně v požerku (Obr. 4) v kůře (Knížek a Holuša 2007).

Kontrola a obrana

Kontrola se provádí ve všech smrkových porostech starších 40 let, v případě kalamity i v porostech mladších. Kontrola se provádí okulárně při pochůzce a pomocí lapačů (Knížek a Holuša 2007). Stromové lapačky na lýkožrouta severského nejsou účinné, což dokládá například Grodzki (1997) nebo Lubojacký et al. (2018). Naopak ve výzkumu, který provedl Mrkva a Vala (2009) se výskyt lýkožrouta severského na stromových lapácích osazených feromonovým odparníkem potvrdil. Zároveň však tuto formu ochrany doporučují jako dodatkovou metodu k poloprovoznímu odzkoušení. Ideálním obranným opatřením tak zůstává včasné vyhledání a asanace napadených stromů, což stěžuje skutečnost, že lýkožrout severský často napadá stromy uvnitř porostů. Asanaci je možné provádět mechanicky či chemicky (Knížek a Holuša 2007).

Vhodnou metodou jsou také feromonové lapače, které mohou plnit funkci obrannou či informační. K tomu je vhodné použít nárazové lapače klasického typu (např. Theysohn), instalovat je v prsní výšce a nejlépe na okraje pasek a porostních stěn (Chen et al. 2010). Při využití lapačů se jejich počet pro jarní rojení stanoví dle kalamitního základu a rovná se početně 1/10 ekvivalentu včas zpracovaného kůrovcového dříví. Dále se připraví jeden lapač na každý částečně nebo čerstvě zcela opuštěný kůrovcový strom. Při stanovení počtu odchytových zařízení na letní rojení se vychází ze stupně odchytu v jarním rojení (Tab. 3) (Knížek a Holuša 2007).

3.4. Ochrana a obrana

První norma na našem území, která se zabývala opatřeními vůči lýkožroutu smrkovému byla ČSN 48 2711 z roku 1953 (platná do roku 1954), která pojednávala především o stromových lapácích (Lubojacký 2012). Hlavními a v této době platnými a závaznými právními předpisy, které upravují problematiku ochrany lesa, jsou zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a vyhláška 101/1996 Sb., v aktuálním znění 78/2018 Sb., ve znění vyhlášky č. 236/2000 Sb. Platnou, ale nepovinnou normou je ČSN 48 1000. V zákoně 289/1995 Sb., o lesích je ochrana lesa zakotvena v §32, kde je v odstavci č. 1 nařízeno vlastníkovvi lesa provádět taková opatření, aby se zabránilo a předcházelo působení škodlivých činitelů na les. Následně v §33 (odstavec 1) je „vlastník lesa povinen přednostně provádět těžbu nahodilou tak, aby nedocházelo k vývinu, šíření a přemnožení škodlivých organismů.“

Dle vyhlášky 101/1996 Sb., v aktuálním znění 78/2018 Sb. jsou mezi kalamitními škůdci zařazeni lýkožrout smrkový, lýkožrout lesklý i lýkožrout severský. Tato vyhláška se také zaměřuje na hlediska pro určování stavu (základního, zvýšeného a kalamitního), přesněji v příloze č. 2:

Základní stav

je takový početní stav lýkožroutů, kdy objem kůrovcového dříví z předchozího roku v průměru nedosáhl 1 m³ 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 m³ na 5 ha a nedosáhl 5 m³ 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 m³ 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.

Tab.3: Stanovení odchyty a stupně napadení dle ČSN 48 1000 (*Ips typographus* (IT), *Ips duplicatus* (ID), *Pityogenes chalcographus* (PCH)).

Stupeň odchyty, stupeň napadení	Lapač počet odchycených brouků (ks)			Lapák počet závrťů na dm ²			Kalibrace (ks) 1 ml =		
	IT	ID	PCH	IT	ID	PCH	IT	ID	PCH
Slabý	<1000	<300	<10000	<0,5	<0,5	<1	35	80	550
Střední	1000-4000	300-1000	10000-50000	0,5-1	0,5-1	1-2			
Silný	>4000	>1000	>50000	>1	>1	>2			

V základním stavu se doporučuje kontrola pochůzkovou metodou, při které po celý rok vyhledáváme kůrovcové stromy či ohniska žíru. Doplnkově lze v základním stavu využít feromonové lapače či stromové lapáky. Při zvýšeném stavu se kromě metody pochůzkové musí kontrolovat pomocí stromových lapáků nebo feromonových lapačů, a to ve všech porostech starších 60 let a se zastoupením smrku nejméně 20 %. Lapáky a lapače se umísťují na nejohroženější místa v porostech v počtu alespoň 1 lapák či feromonový lapač na 5 ha. Vhodné je tyto metody kombinovat. V kalamitním stavu se již kontrola neprovádí, jelikož je nutné se zaměřit na přímou obranu (Zahradník 2004).

3.4.1. Kalamitní základ

Kalamitním základem se dle ČSN 48 1000 rozumí objem včas zpracovaného kůrovcového dříví za období od 1.8. do 31.3.; slouží ke stanovení počtu odchytných zařízení.

3.4.2. Stromové lapáky

Lapák je skácený, zdravý, odvětvený, zpravidla úrovňový a evidovaný smrk nebo jeho část o výčetní tloušťce minimálně 20 cm (pro lýkožrouta smrkového) či 15 cm (pro lýkožrouta lesklého), který umožní založení dalšího pokolení. Lapáky se zakrývají po celé délce větvemi, aby se zvýšila jejich atraktivita a zpomalilo vysychání kmene (Zahradník a Geráková 2010). Lapák by neměl ležet přímo na půdním krytu, nýbrž by měl být umístěn na podvalcích. Zvyšuje se tak plocha pro nálet lýkožroutů po celém obvodu kmene (Zumr 1995). Stromové lapáky je vhodné použít zejména tam, kde nelze dodržet minimální vzdálenost lapačů od porostní stěny (kotlíky po vývratech či polomech) (Švestka et al. 1996). Jako lapák lze využít i vývrat či zlom, odpovídá-li uvedeným parametrům (Zahradník a Knížek 2007).

Lapáky I. série se pokládají nejpozději v březnu a slouží k zachytávání jarního rojení lýkožroutů i jejich sesterských pokolení. Umisťují se na okraje porostů, 2/3 z celkového počtu na výsluní a 1/3 do polostínu (Švestka et al. 1996). V horských oblastech s dlouhotrvající sněhovou pokrývkou mohou být lapáky připravené již na podzim (Zahradník a Knížek 2007). Naopak při pokládání lapáků na lýkožrouta lesklého se podzimní příprava nedoporučuje (Zahradník 2007). Počet lapáků pro jarní rojení se stanoví dle kalamitního základu a je početně roven ekvivalentu 1/10 objemu včas zpracovaného kůrovcového dříví. Dále se připraví další jeden lapák na každý částečně či čerstvě zcela opuštěný kůrovcový strom (Zahradník a Knížek 2007). Kontrola probíhá od poloviny dubna v 7 až 10 denních intervalech až do doby asanace. Při kontrole se zjišťuje počet závrtů na nejhustěji napadené části stromu (zpravidla přechod zelených a suchých větví) a vývojové stádium (Zumr 1995).

3.4.3. Feromonové lapače

Feromonové lapače slouží v ochraně lesa především k monitoringu, ale dají se použít i k přímé obraně lesních porostů (Zahradník a Zahradníková 2016). Využívají sekundární atraktanty, tedy populačně pohlavních látek lýkožrouta. Směs těchto látek je následně fixována do různých médií (buničiny apod.), z nichž se pozvolna odpařuje. Jde tedy o feromonovou návnadu (odparník), která je umístěná do různých lapacích zařízení. K navnazení jednotlivých druhů se používají odparníky, které jsou uvedeny v „Seznamu povolených přípravků na ochranu rostlin“, který vydává Ministerstvo zemědělství ČR ve spolupráci se Státní rostlinolékařskou správou, nebo v „Seznamu povolených přípravků na ochranu lesa“, sestavovaného pracovníky VÚLHM Jiloviště-Strnady (Zahradník 2007). Principem této metody je, že dospělci lýkožroutů jsou lákáni feromonovým odparníkem k lapači. Následně do něj buď naráží v letu (tzv. nárazový typ lapače), nebo přistávají na jeho povrchu a prolézají otvory dovnitř lapače a padají do sběrné nádoby (tzv. přistávací typ lapače) (Zumr 1995). Lapače se instalují nejpozději 14 dnů před očekávaným rojením a feromonová návnada se vyvěšuje až těsně před ním (Švestka et al. 1996). Rozmísťují se na okraje porostů, či do porostních mezer tam, kde očekáváme výskyt lýkožrouta (Zumr 1995).

Dle Zahradníka a Gerákové (2010) se lapače na lýkožrouta smrkového umísťují dle těchto zásad:

- bezpečnostní vzdálenost od nejbližšího stojícího smrku či porostní stěny nesmí klesnout pod 10 metrů a neměla by překročit 25 metrů (horní hranice není závazná, ale se zvětšující se vzdáleností klesá účinnost lapače);
- feromonový lapač by neměl být zakrytý buřením;
- účinná plocha nárazových lapačů by měla být v prsní výšce;
- vzdálenosti mezi jednotlivými feromonovými lapači jsou zpravidla 20 metrů, avšak při kalamitním stavu mohou být rozestupy i menší. Pokles pod 10 metrů již není zdaleka tak efektivní.

Dle Zahradníka a Zahradníkové (2016) vzdálenost mezi jednotlivými feromonovými lapači nemá vliv na výši odchyty. Výše odchyty se zvýšením či snížením rozestupů nijak nemění. Počet lapačů již výši odchyty ovlivňuje, tudíž je

zřejmé, že při gradaci je vhodné snížit rozestupy mezi jednotlivými lapači, aby se celkově odchytilo více brouků. Stanovení počtu feromonových lapačů pro jarní rojení je vypočítáno z kalamitního základu (viz. 3.4.1. Kalamitní základ) a rovná se početně ekvivalentu 1/10 objemu včas zpracovaného kůrovcového dříví. Dále se připraví jeden lapač na každý částečně nebo čerstvě zcela opuštěný kůrovcový strom (Zahradník a Knížek 2007).

Kontrola feromonových lapačů probíhá v 7–10 denních intervalech, při gradaci je vhodné zkrátit kontrolu na 2–4 dny (Zumr 1995). Lapače se evidují, a kromě čísla lapače se zaznamenává datum vyvěšení feromonového odparníku, lokalita, datum kontroly s počtem odchycených brouků a stupeň odchyty (Tab. 3) za příslušné období (Zahradník a Knížek 2007).

V Evropě se nejčastěji používají lapače typu Theysohn (Obr. 5) a Ecotrap, ve Skandinávii typ Beka a v Kanadě a USA typ Lindgren (LFT) (Obr. 6) (Galko et al. 2013). Dle Galka et al. (2010) lapač typu Lindgren odchytí o 18 % více lýkožroutů než v Evropě nejvíce používaný typ Theysohn.



Obr. 5: Lapač typu Theysohn (Foto: Petr Neumann)



Obr. 6: Lapač typu LFT (Galko et al. 2013)

Pro lýkožrouta lesklého platí dle Zahradníka (2007) pro instalaci lapačů tyto zásady:

- lapače se instalují v tyčkovinách a tyčovínách ve vzdálenosti 10–15 m, v porostech starších 5–8 m od nejbližšího zdravého smrku,

- lapač nesmí být zakryt buřením,
- účinná plocha lapače je v prsní výšce,
- rozestupy mezi lapači by zpravidla neměly klesnout pod 20 m.

Pro jarní rojení se v tyčkovinách a tyčovínách doporučuje umístit 1 lapač na každých 5 m průměru ohniska žíru nebo 10 m³ včas zpracovaného dříví napadeného lýkožroutem lesklým ve starších porostech (Zahradník 2007).

3.4.4. Alternativní metody obrany

V poslední době se objevuje celá řada doplňkových metod, jež by měly eliminovat důsledky živelných či hmyzích kalamit a následného nedostatečného odbytu dřeva, které bylo v lesích zpracováno, ale ponecháno na skládkách, kde hrozilo buď jeho napadení podkorním hmyzem nebo jeho vylétnutím. Tyto metody nemají ambice stát se významnou součástí obranných opatření, ale mohou pomoci v boji proti hmyzím škůdcům a ochranu lesa významně zefektivnit (Zahradníková a Zahradník 2015).

Ochrana skládek pomocí sítě Storanet

Jedná se o poměrně novou metodu, která je založená na obalení skládek speciální polyesterovou sítí napuštěnou účinnou látkou alfa-cyper-metrin (100 mg.m⁻²). Skládka se překryje sítí o rozměrech 12,5 × 8 m a zatíží se. Jde o velmi účinnou metodu, kterou lze použít i na zatím nenapadené skládky. Přidáním feromonového odparníku je možné takto ošetřenou skládku použít jako otrávený lapák (Zahradník a Zahradníková 2018).

Ochrana skládek skrápěním vodou

Tato metoda se používá v lesnictví již řadu let, ale dle Zahradníka a Zahradníkové (2018) nevede k zahubení lýkožrouta. Po dobu skrápění skládky je vývoj a výlet brouků zastaven, ale po ukončení skrápění dochází k hromadnému výletu brouků. Ovšem při výzkumu Zahradníkové a Zahradníka (2015) bylo, až na malé výjimky, při skrápění téměř zamezeno náletu a výletu lýkožroutů. Účinnost této metody je tedy nejednoznačná.

Vliv štěpkování na mortalitu lýkožrouta lesklého

Během pokusu Zahradníkové a Zahradníka (2015) bylo odebráno celkem 70 smrkových větví napadených lýkožroutem lesklým, následně byly štěpkovány a vloženy do fotoeklektoru. Celkem ze štěpky vylétlo 63 dospělců lýkožrouta leklého a ostatní vývojová stádia štěpkování nepřežila. Celkové průměrné přežívání 0,05 % lze považovat za velmi dobrou a dokonalou asanační metodu.

Usměrňování náletu na vybrané okraje smrkových porostů

Tato metoda se uplatňuje v následujících případech:

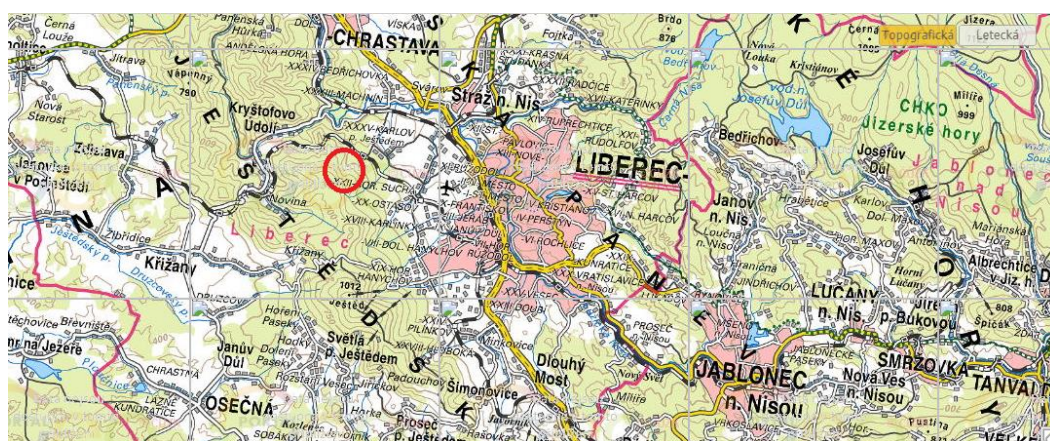
- v porostech, kde je plánována obnovní těžba;
- v porostech s kalamitním stavem lýkožrouta smrkového, kde by pravděpodobně došlo k napadení porostních stěn i při použití klasických obranných metod;
- v porostech s rozsáhlou živelní kalamitou pro usměrnění náletu v souladu s postupem těžebních prací.

Základem této metody je zatraktivnění stojících stromů feromonovými odparníky, které se vyvěsí na 3–5 okrajových stromů. Přibližně 2–3 týdny po náletu se stromy kácí a asanují. Jestliže jsou napadené pouze stromy s feromonovým odparníkem, je vhodné tuto metodu ukončit. V případě, že jsou nalétnuty i okolní stromy, je vhodné celý cyklus opakovat. Nejvhodnější je tuto metodu použít při vrcholu jarního rojení, je však možné ji použít v průběhu celé letové aktivity lýkožrouta (Zahradník a Geráková 2010).

4. Metodika

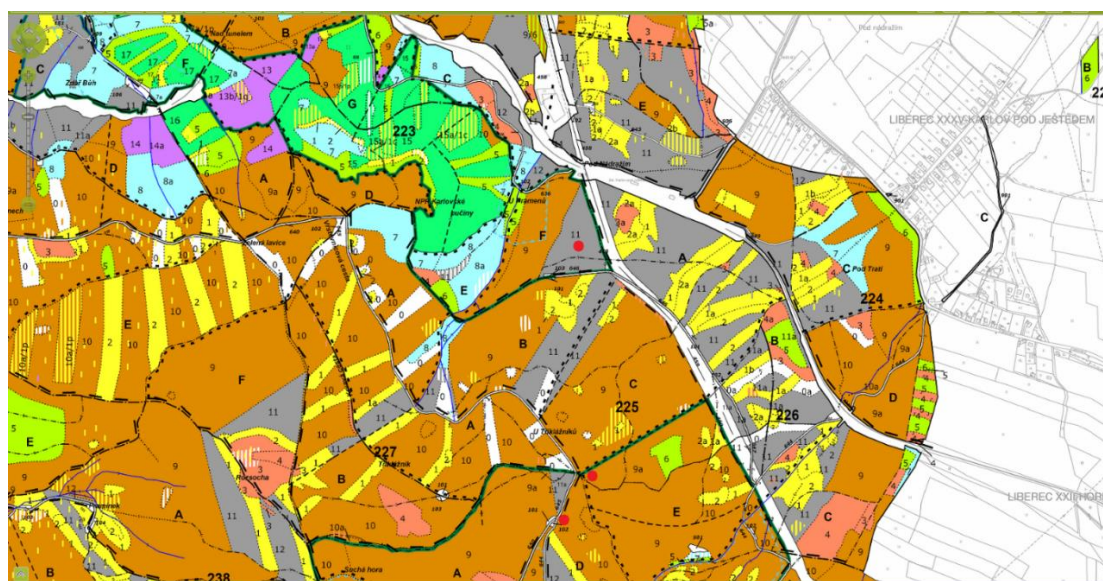
4.1. Výzkumné plochy

Výzkum proběhl na území České republiky, přesněji v Libereckém kraji v blízkosti Karlova pod Ještědem, který je jednou z částí města Liberec (Obr. 7). Oblast spadá do PLO 21 Jizerské hory a Ještěd. Všechny výzkumné plochy se nacházejí na majetku Lesů ČR a spadají pod lesní správu Ještěd, revír Novina.



Obr. 7: Zkoumané území v rámci České republiky (geoportal.gov.cz).

Lapáky byly položeny na tři různé lokality (Obr. 8), ve kterých byl hlavní dřevinou smrk ztepilý (*Picea abies*) a v příměsi se nacházel modřín opadavý (*Larix decidua* Mill.), buk lesní (*Fagus sylvatica* L.) a bříza bělokora (*Betula pendula* Roth.). Nadmořská výška se pohybuje od 483 m n.m. až do 599 m n.m.



Obr. 8: Umístění výzkumných ploch v prostraní mapě

4.2. Metoda založení pokusu

Celkem bylo položeno 30 lapáků (Tab. 4 a 5) ve dvou sériích (20 kusů v první sérii a 10 kusů v sérii druhé). Při výběru vhodných stromů a umístění lapáků se dodržovaly klasické zásady dle Zumra (1995). Pro I. sérii se tedy volilo umístění 2/3 lapáků na osluněné lokality a 1/3 lapáků na stinnou lokalitu. Druhá série lapáků byla položena výhradně do polostínu. Všechny lapáky byly přikryty větvemi z důvodu zvýšení atraktivity a omezení vysychání lýka.

Tab. 4: Přehled položených lapáků první série.

Porost	Číslo lapáku	Datum položení	Série	Evidenční číslo	Délka/průměr (m/cm)
223F11	L1	6.3.2020	I.	3268	22/23
223F11	L2	6.3.2020	I.	3269	23/24
223F11	L3	6.3.2020	I.	3270	26/27
223F11	L4	6.3.2020	I.	3271	26/28
223F11	L5	6.3.2020	I.	3272	25/24
223F11	L6	7.3.2020	I.	3273	24/31
223F11	L7	7.3.2020	I.	3274	32/37
223F11	L8	7.3.2020	I.	3275	30/30
223F11	L9	7.3.2020	I.	3276	30/35
223F11	L10	7.3.2020	I.	3277	32/31
225D10	L11	10.3.2020	I.	3286	23/23
225D10	L12	10.3.2020	I.	3287	25/30
225D10	L13	10.3.2020	I.	3288	26/25
225D10	L14	10.3.2020	I.	3289	25/26
225D10	L15	10.3.2020	I.	3290	22/21
225D10	L16	10.3.2020	I.	3291	24/22
225E09	L17	9.3.2020	I.	3282	25/28
225E09	L18	9.3.2020	I.	3283	25/27
225E09	L19	9.3.2020	I.	3284	26/27
225E09	L20	9.3.2020	I.	3285	26/27

Tab. 5: Přehled položených lapáků druhé série.

Porost	Číslo lapáku	Datum položení	Série	Evidenční číslo	Délka/průměr (m/cm)
223F11	L21	6.6.2020	II.	8495	26/24
223F11	L22	6.6.2020	II.	8496	27/28
223F11	L23	6.6.2020	II.	8497	28/31
223F11	L24	6.6.2020	II.	8498	31/38
223F11	L25	6.6.2020	II.	8499	26/31
225D10	L26	6.6.2020	II.	8500	22/21
225D10	L27	6.6.2020	II.	8501	24/24

Porost	Číslo lapáku	Datum položení	Série	Evidenční číslo	Délka/průměr (m/cm)
225D10	L28	6.6.2020	II.	8502	28/31
225E09	L29	6.6.2020	II.	8503	26/25
225E09	L30	6.6.2020	II.	8504	25/28

4.3. Odběr vzorků

Odběr vzorků byl proveden v době, kdy se vývoj lýkožroutů pohyboval mezi vajíčkem a larvou. První série odběrů proběhla ve dnech 24.5.2020 až 28.5.2020 a druhá série následně ve dnech 5.7.2020 a 6.7.2020. Vzorky byly odebírány celkem ze čtyř sekcí každého lapáku. U každého lapáku byla poznamenána lokalita, den odběru, série, délka a číslo. Samotný odběr probíhal pomocí odkornění části sekce (Obr. 9 a 10) a následnému vyhodnocení.



Obr. 9: Odběr vzorků z lapáků druhé série (Foto: Petr Neumann)

Jednotlivé odkorněné části byly rozmístěny po celé délce stromového lapáku následovně:

- 1. sekce – cca 2 metry od paty stromu

- 2. sekce – polovina délky mezi patou stromu a začátkem koruny
- 3. sekce – začátek korunové části stromu
- 4. sekce – korunová část stromu

V každé takto odkorněné sekci bylo určeno několik hodnot, a to: průměr kmene, délka a šířka sekce, vzdálenost od paty kmene, tloušťka lýka, nedořez a jeho napadení, určení škůdce, počet rodin a matečných chodeb škůdce a také jeho vývojové stadium. Všechny tyto informace byly ihned v terénu zaznamenány do formuláře k tomu určenému.



Obr. 10: Odběr vzorků z jednotlivých sekcí (Foto: Petr Neumann).

4.4. Nahodilá těžba

Odběr vzorků z nahodilé těžby probíhal v porostech 223F11 („Nad Elektrovodem“) a 225D10 („U Tříklážíků“) a probíhal stejným způsobem jako odběr vzorků na stromových lapácích. Celkem bylo revidováno 11 stromů, z toho 6 stromů v lokalitě „Nad Elektrovodem“ a 5 stromů v lokalitě „U Tříklážíků“. Revize probíhala ve dnech 30.7.2020 (porost 223F11) a 31.8.2020 (porost 225D10) ihned po těžbě, ještě před následným přibližováním a manipulací. Data byla zapsána přímo v terénu do zápisníku a následně přepsána do MS Excel.

4.5. Metodika výpočtu brouků

Na základě známé plochy sekce (délka, šířka) a počtu rodin, respektive chodeb, byl dopočítán počet samců a samic na m². Následně byl počet brouků na m² zprůměrován podle jednotlivých sekcí, přesněji z první a druhé, druhé a třetí, třetí a čtvrté a čtvrté.

Poté byl vypočítán povrch jednotlivých sekcí podle povrchu komolého kužele:

- 1. sekce – 0 až vzdálenost druhé sekce od paty stromu
- 2. sekce – vzdálenost od paty 3. sekce mínus vzdálenost od paty 2. sekce
- 3. sekce – vzdálenost od paty 4. sekce mínus vzdálenost od paty 3. sekce
- 4. sekce – délka lapáku mínus vzdálenost od paty 4. sekce

Počet brouků na sekci se rovná: povrch sekce × průměrný počet brouků na m² v závislosti na počítané sekci. Součet počtu brouků jednotlivých sekcí je výsledkem počtu brouků na celý strom.

Nedořez

Pokud při odběru vzorků zůstane neodkorněná část sekce, nazýváme ji nedořezem. Plocha nedořezu je plocha rovnoramenného trojúhelníku se základnou o délce 1/5 obvodu výčetní tloušťky kmene (myšleno průměr v první sekci) a výšce lapáku. Spočítán byl průměrný počet brouků na m² celého lapáku dle povrchu lapáku a celkového počtu brouků jednotlivých druhů. Na základě informace z 1. sekce (stupeň napadení) byl celkový počet brouků snížen o množství brouků nacházející se na ploše nedořezu, a to buď o 100 % (lapák ležící na zemi), 50 %

(lapák s nižším stupněm napadení na spodní straně lapáku), 0 % se stejným napadením jako na zbytku lapáku.

4.6. Asanace

Asanace všech lapáků byla provedena chemickým postřikem. Byl použit insekticidní přípravek Alfametrin ME a roztok byl připraven dle pokynů výrobce. Postřik se aplikoval při vývojovém stadiu larev/kukel.

4.7. Lapače

Instalace lapačů typu Theysohn proběhla 13.4.2020 a celkem bylo připraveno 10 kusů, které byly umístěny do dvou lokalit, a sice na výzkumnou plochu „Nad Elektrovodem“ a „Vrstevnicová“. Na obě tyto lokality bylo umístěno 5 kusů lapačů.

Samotná instalace probíhala zatlučením latě do vhodného pařezu, který splňoval vzdálenost 10–20 metrů od porostní stěny. Na lať se do prsní výšky následně pomocí hřebíku a vázacího drátu připevnil samotný feromonový lapač. Nárazová plocha lapače byla vždy směřována k porostní stěně a do všech takto připravených lapačů byl vázacím drátem přichycen feromonový odparník IT Ecolure (Fytofarm s.r.o., Slovensko), který byl při vyvěšení nastřížen na místě uvedeným výrobcem. Na každý lapač byl následně přilepen štítek s evidenčním číslem a tabulka se záznamem kontroly (datum a počet kusů).

Výběr lapačů probíhal vždy po 7–10 denních intervalech, přesněji ve dnech 21.4.; 28.4.; 6.5.; 14.5.; 24.5.; 1.6.; 10.6.; 18.6.; 28.6.; 6.7.; 14.7.; 22.7.; 30.7.; 7.8.; 17.8.; 24.8. Odchycení brouci byli přesypáni z korýtky do odměrného válce a ze vztahu 1 ml = 35 lýkožroutů smrkových byl stanoven stupeň odchytu.

4.8. Statistická analýza dat

Výsledky byly statisticky zpracovány a graficky upraveny (letová aktivita, srovnání odchytů, korelační diagramy) v programu TIBCO Statistica™ (TIBCO Software Inc., USA). Srovnání druhového spektra a intenzity náletu na jednotlivé série lapáků, jejich sekce a kůrovcové stromy bylo provedeno mnohonásobným

porovnáním Kruskal Wallisovým testem. Obdobně byly zjišťovány korelační koeficienty jednotlivých parametrů stromů a populačních hustot lýkožroutů. Tabulky byly vytvořeny v programu MS Excel.

5. Výsledky

Jak již bylo zmíněno, celkem bylo položeno 20 lapáků první série, 10 lapáků druhé série, instalováno 10 lapačů a proběhla také revize nahodilé kůrovcové těžby, ve které proběhl odběr vzorků z 11 stromů. V lokalitě „Nad Elektrovodem“ bylo položeno 10 lapáků první série, 5 lapáků druhé série, dále bylo instalováno 5 kusů lapačů a proběhla revize 6 stromů nahodilé těžby. V lokalitě „U Tříklážíků“ bylo položeno 5 lapáků první série, 3 lapáky druhé série a proběhla revize 5 stromů nahodilé těžby. A nakonec v lokalitě „Vrstevnicová“ bylo položeno 5 lapáků první série, 2 lapáky druhé série a instalováno 5 lapačů. V této lokalitě se nacházely také Trinety, které ovšem nebyly součástí výzkumu.

Nejvyšší kalamitní základ v roce 2019 byl v lokalitě „Nad Elektrovodem“, a sice 52 m³. I přes následný vysoký počet obranných opatření se situace v následujícím roce nezlepšila a výše těžby dosáhla 90 m³ a kalamitní základ v roce 2020 vzrostl na 61 m³. V lokalitách „U Tříklážíků“ a „Vrstevnicová“ byl kalamitní základ v roce 2019 21 m³, respektive 40 m³. V obou případech došlo ke zlepšení situace a následující rok klesl kalamitní základ na nulu. Výše těžby v lokalitě „U Tříklážíků“ klesla z 34 m³ na 12 m³ a na lokalitě „Vrstevnicová“ neprobíhala těžba v roce 2020 vůbec (Tab. 6). Obranná opatření tak měla kladný vliv na snížení kalamitního základu i výši těžby.

Tab. 6: Přehled o porostech, v nichž byla instalována obranná opatření.

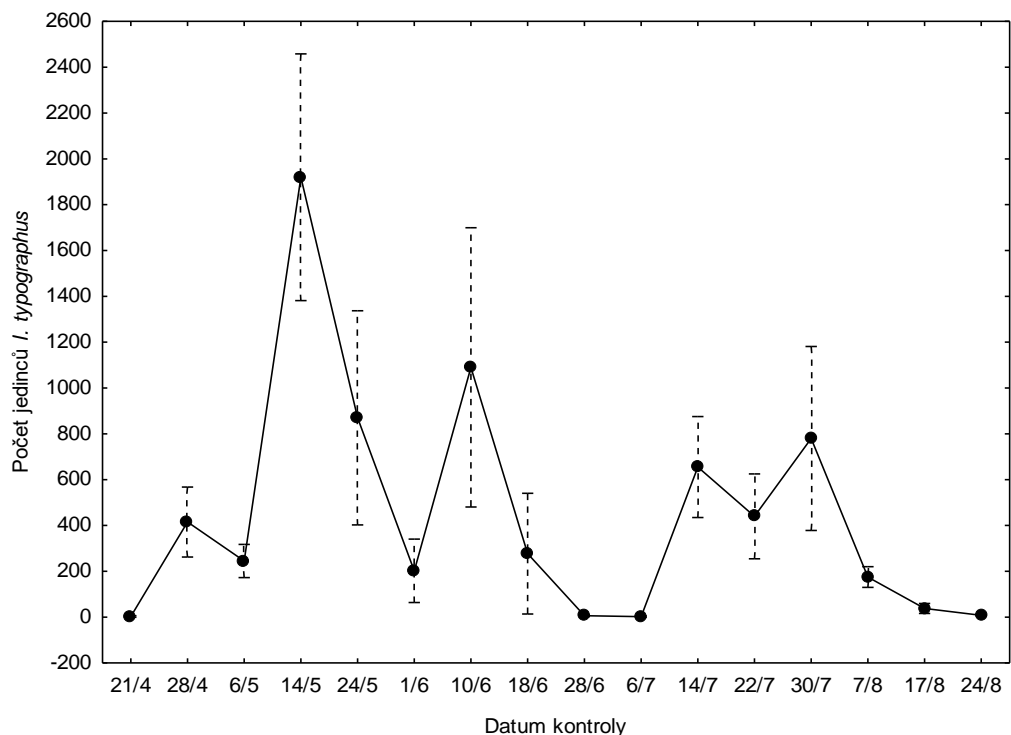
Porost	Název	Lesní typ	GPS	Nadmořská výška	Kalamitní základ (m ³)		Výše těžby (m ³)		Počet opatření	
					2019	2020	2019	2020	2019	2020
223 F11	Nad Elektrovodem	4S5	50.772N, 14.979E	483 m n.m.	52	61	52	90	4	20
225 D10	U Tříklážíků	5K1	50.765N, 14.981E	599 m n.m.	21	0	34	12	0	8
225 E09	Vrstevnicová	5K1	50.766N, 14.982E	598 m n.m.	40	0	40	0	0	15

5.1. Letová aktivita



Obr. 11: Vývoj maximálních denních teplot a srážkových úhrnů v roce 2020 (lokality Liberec – Ostašov, meteocentrum.cz).

Duben roku 2020 se vyznačoval především minimem srážek a maximální denní teplota dosahovala ve většině případů více než 14 °C (Obr. 11), což mělo za následek brzkou letovou aktivitu lýkožrouta smrkového. Několik jedinců se v lapačích objevilo již 21.4. a ještě větší počet byl odchycen o týden později (Obr.12). Jarní rojení mělo vrchol 14.5., což může být dáno tím, že od 6.5., kdy byly lapače vybrány, přesáhla maximální denní teplota hranici 20 °C několik dnů po sobě. Průměrný odchyt na lapač atakoval hranici 2000 jedinců lýkožrouta smrkového. V následujících týdnech se maximální denní teplota pohybovala v rozmezí 10–19 °C a přidaly se také vydatnější srážky, což mělo za následek i pokles rojení. Oteplení a úbytek srážek přinesl až začátek června, se kterým se počet odchycených brouků opět zvýšil. Toto razantní zvýšení mohlo být způsobeno sesterským rojením lýkožroutů. Přelom června a července opět přineslo chladnější počasí a extrémní srážkové úhrny, které zastavily letovou aktivitu brouků. Letní rojení započalo v polovině července s vrcholem na konci měsíce. Letní rojení nebylo oproti jarnímu tak výrazné, na druhou stranu mělo delší průběh. V srpnu už padala letová aktivita k nule. Letová aktivita brouků se s nadmořskou výškou nijak neměnila a rojení probíhalo ve stejném čase.



Obr. 12: Letová aktivita lýkožrouta smrkového dle odchytní do feromonových lapačů na studované lokalitě v roce 2020. Kolečka zobrazují průměrný odchyt $\pm 0,95$ konfidenční interval.

Všech deset lapačů se pohybovalo mezi slabým a středním stupněm odchytní. Silný stupeň odchytní nebyl pozorován. V porostu 223F11 (Nad Elektrovodem), který se nachází v nadmořské výšce 483 m n.m. bylo odchyceno celkem 42 450 jedinců a v porostu 225E09 (Vrstevnicová) 28 810 jedinců lýkožrouta smrkového (Tab. 7). Průměrně za celé měření bylo na jeden lapač ve stejných porostech odchyceno 530,6, respektive 360,1 jedinců. V porostu „Nad Elektrovodem“ byl tedy odchyt větší o více než 30 %, což může být dáno nižší nadmořskou výškou, expozicí či většímu kalamitnímu základu (Tab. 6). Celkem bylo tedy odchyceno 71 260 jedinců lýkožrouta smrkového a v průměru jeden lapač odchytil 448,2 jedinců.

Tab. 7: Celkový počet jedinců a průměrný počet jedinců na lapač v jednotlivých porostech.

	223F11	225 E09	celkem
počet kusů	42 450	28 810	71 260
průměr na 1 lapač	530,6	360,1	448,2

5.2. Lapáky a nahodilá těžba

Na lapácích první série bylo celkem 164 972 jedinců *I. typographus*, z toho 54 678 samců a 110 294 samic. Průměrný počet jedinců na jeden stromový lapák činil $8248,6 \pm 4965,3$. Nejnižší počet jedinců byl zjištěn na lapácích druhé série, kde bylo pouze 46 674 jedinců, z toho 16 033 samců a 30 641 samic. Průměr na jeden lapák činil $4667,4 \pm 2536,3$ jedinců. Na nahodilé těžbě bylo zjištěno celkové množství 76 606 jedinců, z toho 25 379 samců a 51 227 samic. Na průměrném stromu z nahodilé těžby se vyskytovalo $6964,2 \pm 4465,8$ jedinců (Tab. 8). V Tab. 8 jsou také uvedeny průměrné populační hustoty na 1 m^2 a jejich směrodatná odchylka. Poměr samců k samicím se na obou sériích lapáků i nahodilé těžbě pohyboval přibližně 1:2.

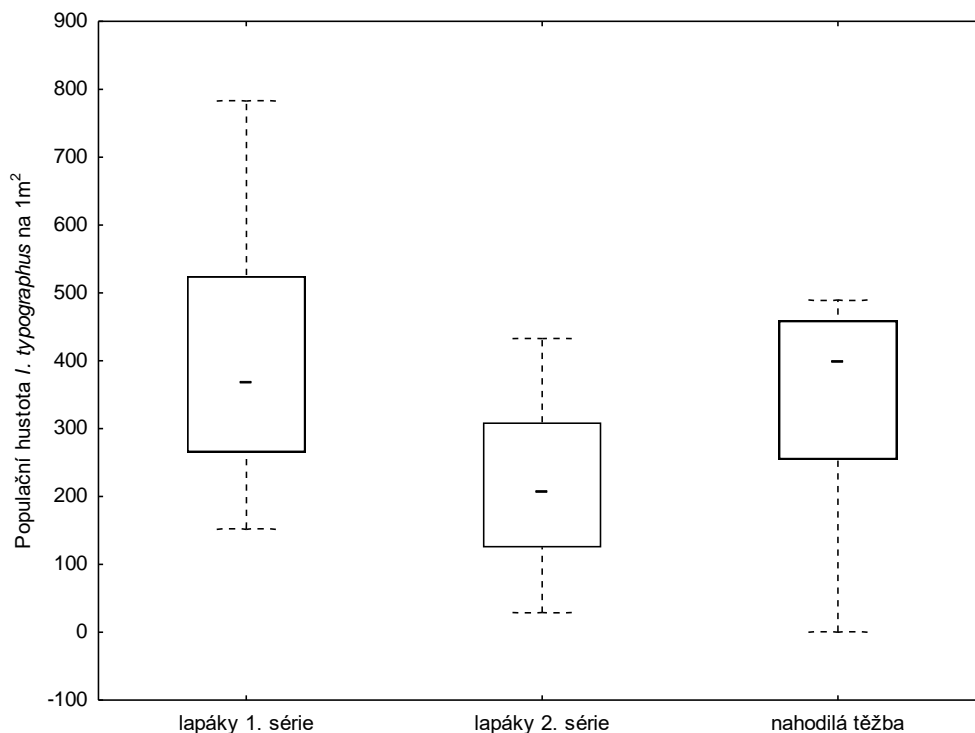
Tab. 8: Celkový a průměrný počet jedinců a průměrná populační hustota *I. typographus* (IT) na lapácích první a druhé série a nahodilé těžbě.

	celkem jedinců IT	průměr jedinců IT/lapák	směrodatná odchylka	prům. populační hustota/ m^2	směrodatná odchylka
lapáky I. série	164972	8248,6	$\pm 4965,3$	400,0	$\pm 168,8$
lapáky II. série	46674	4667,4	$\pm 2536,3$	215,3	$\pm 120,3$
nahodilá těžba	76606	6964,2	$\pm 4465,8$	325,3	$\pm 168,0$

Nejnižší hustoty závrťů *I. typographus* na 1 m^2 byly zjištěny na lapácích druhé série, které vykazovaly signifikantní rozdíl (Obr. 13, Tab. 9). Populační hustoty na lapácích první série a nahodilé těžbě byly srovnatelné. Obdobné výsledky byly potvrzeny při srovnání závrťů (hustot samců: Kruskal Wallisův test $H(2;41) = 6,9364$; $p < 0,05$) i matečných chodeb (hustot samic: Kruskal Wallisův test $H(2;41) = 7,5356$; $p < 0,05$) na 1 m^2 .

Ips amitinus se vyskytoval pouze v nepatrné míře na jednom lapáku první série a na dvou lapácích série druhé. Celkem bylo zjištěno 48 jedinců na lapácích první série a 176 jedinců na lapácích druhé série. Na nahodilé těžbě se *I. amitinus* nevyskytoval. Rozdíly v populačních hustotách *I. amitinus* na lapácích jednotlivých sérií a nahodilé těžbě nebyly statisticky rozdílné (Kruskal Wallisův test $H(2;41) = 3,3101$; $p > 0,05$).

Další druhy kůrovců se na lapácích a nahodilé těžbě nevyskytovaly.



Obr. 13: Srovnání populačních hustot *I. typographus* na 1 m² na lapácích první a druhé série a na nahodilé těžbě. Krabice zobrazuje medián ± 25-75% kvartil, svorka představuje rozsah neodlehých hodnot.

Tab. 9: Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot zjištěných jedinců *I. typographus* (závrty a matečné chodby) na 1 m² na lapácích první a druhé série a na nahodilé těžbě.

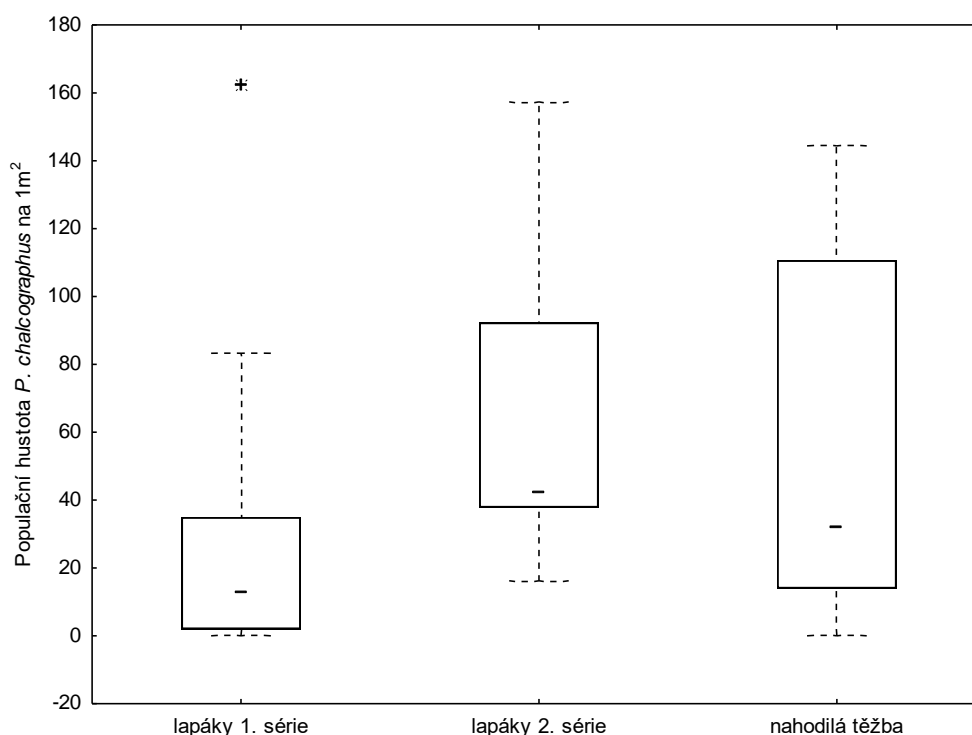
Populační hustota IT	lapáky I. série R:24,950	lapáky II. série R:12,400	nahodilá těžba R:21,636
lapáky I. série		0,0205	1,0000
lapáky II. série	0,0205		0,2329
nahodilá těžba	1,0000	0,2329	

Nejméně jedinců *P. chalcographus* zachytila první série, a sice 10 303 rodin s průměrem $515,2 \pm 683,2$ rodin na jeden stromový lapák i přesto, že při první sérii bylo položeno dvakrát více lapáků než při sérii druhé. Druhá série lapáků zachytila celkem 12 928 rodin *P. chalcographus* s průměrem $1292,8 \pm 653,9$ rodin. Na nahodilé těžbě bylo zjištěno 11 628 rodin s průměrem $1057,1 \pm 957,2$ rodin na jeden napadený strom (Tab. 10).

Tab. 10: Celkový počet rodin a průměrná populační hustota *P. chalcographus* (PCH) na lapácích první a druhé série a nahodilé těžbě.

	celkem rodin PCH	průměr rodin PCH/lapák	směrodatná odchylka	prům. populační hustota/m ²	směrodatná odchylka
lapáky I. série	10303	515,2	± 683,2	28,1	± 39,3
lapáky II. série	12928	1292,8	± 653,9	64,1	± 41,2
nahodilá těžba	11628	1057,1	± 957,2	54,4	± 48,6

Na lapácích druhé série byla zjištěna signifikantně vyšší populační hustota lýkožrouta lesklého na 1 m² než na lapácích první série, hustota závrťů na nahodilá těžbě byla srovnatelná s odchvy na lapácích (Obr. 14, Tab.11).



Obr. 14: Srovnání populačních hustot *P. chalcographus* na 1 m² na lapácích první a druhé série a na nahodilé těžbě. Krabice zobrazuje medián ± 25-75% kvartil, svorka představuje rozsah neodlehých hodnot. Hvězdička ukazuje extrémní hodnotu.

Tab. 11: Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot závrťů jedinců *P. chalcographus* na 1 m² na lapácích první a druhé série a na nahodilé těžbě.

populační hustota závrťů PCH	lapáky I. série R:15,825	lapáky II. série R:28,300	nahodilá těžba R:23,773
lapáky I. série		0,0215	0,2315
lapáky II. Série	0,0215		1,0000
nahodilá těžba	0,2315	1,0000	

5.3. Analýza srovnání jednotlivých sekcí lapáků

5.3.1. Nahodilá těžba

Lýkožrout smrkový nalétával na stojící stromy rovnoměrně na první tři sekce. Statisticky signifikantně byl zjištěn v nejnižších populačních hustotách na 4. sekci v koruně smrku (Obr. 15, Tab. 12 a 13). Je také patrné, že poměr samců (závrty) a samic (matečné chodby) je na všech sekcích stojících stromů 1:2. Vůbec nejvyšší populační hustota byla zaznamenána na druhé sekci stojících stromů. Počet závrů *I. typographus* stoupal s průměrem kmene na studované sekci ($y = -22,2704 + 4,5637 \cdot x$; $r = 0,65$; $p < 0,00005$; $r^2 = 0,42$; Obr. 16), výškou stromu, stejně jako s tloušťkou lýka ($y = -116,1394 + 39,4725 \cdot x$; $r = 0,59$; $p < 0,00005$; $r^2 = 0,35$; Obr. 17), na druhou stranu klesal se vzdáleností od paty stromu ($y = 118,1774 - 2,5206 \cdot x$; $r = -0,32$; $p = 0,04$; $r^2 = 0,10$).

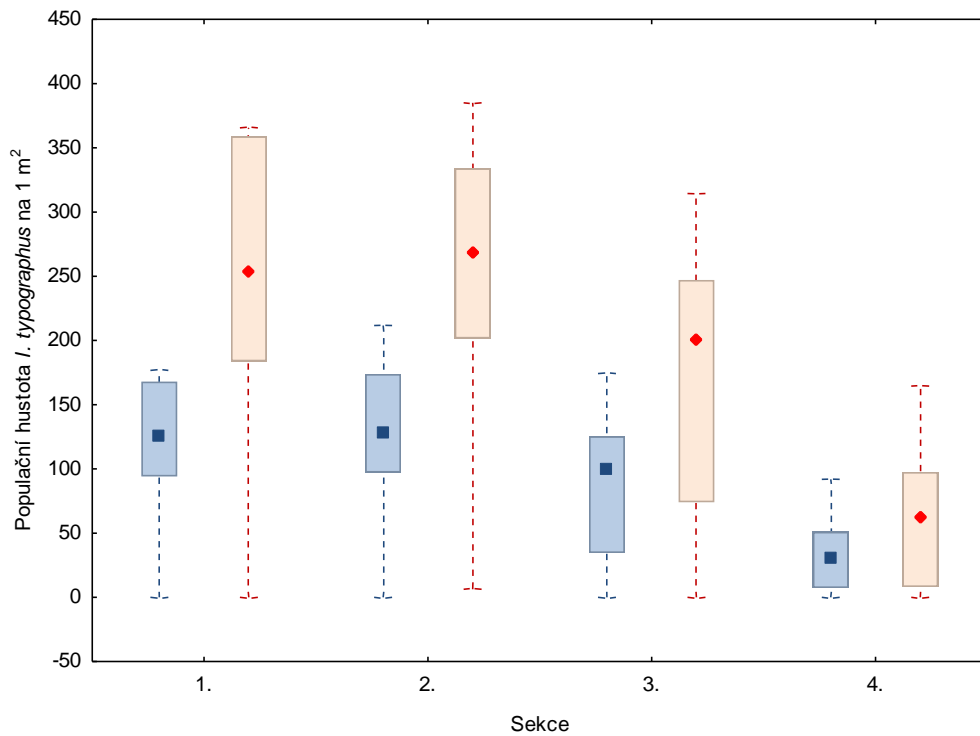
Tab. 12: Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) závrů *Ips typographus* na 1 m² na nahodilé těžbě.

průměr závrů IT	1.sekce R:27,000	2.sekce R:28,909	3. sekce R:22,091	4. sekce R:12,000
1. sekce		1,0000	1,0000	0,0370
2. sekce	1,0000		1,0000	0,0121
3. sekce	1,0000	1,0000		0,3926
4. sekce	0,0370	0,0121	0,3926	

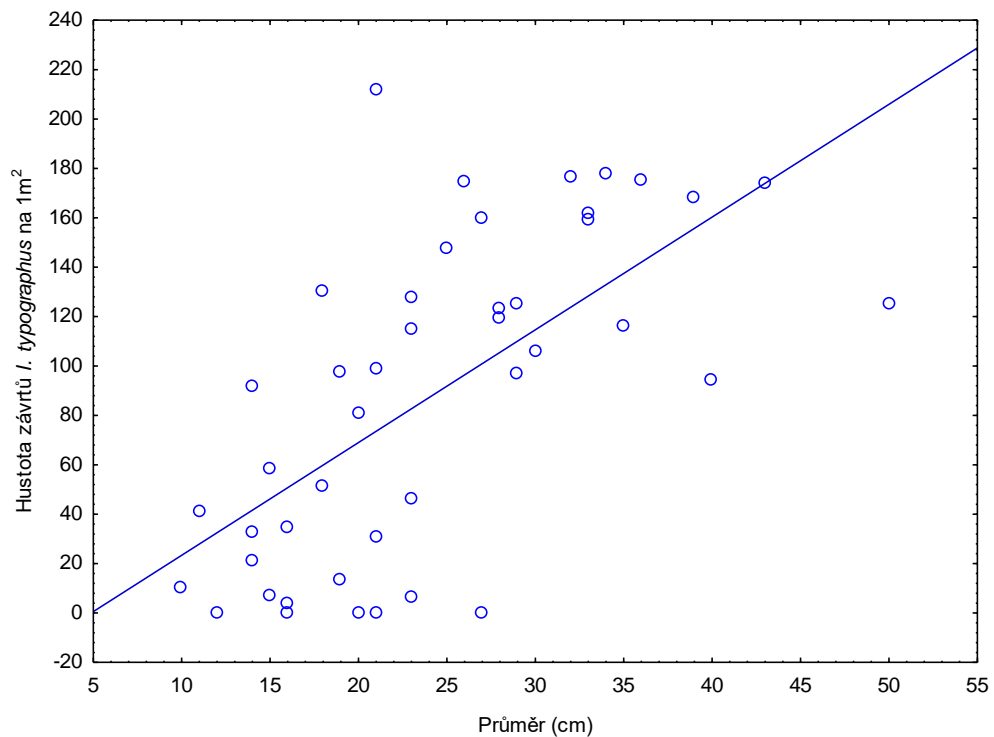
Tab. 13: Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) matečných chodeb *Ips typographus* na 1 m² na nahodilé těžbě.

průměr mat. chodeb IT	1.sekce R:27,273	2.sekce R:29,545	3. sekce R:21,182	4. sekce R:12,000
1. sekce		1,0000	1,0000	0,0318
2. sekce	1,0000		0,7606	0,0082
3. sekce	1,0000	0,7606		0,5620
4. sekce	0,0318	0,0082	0,5620	

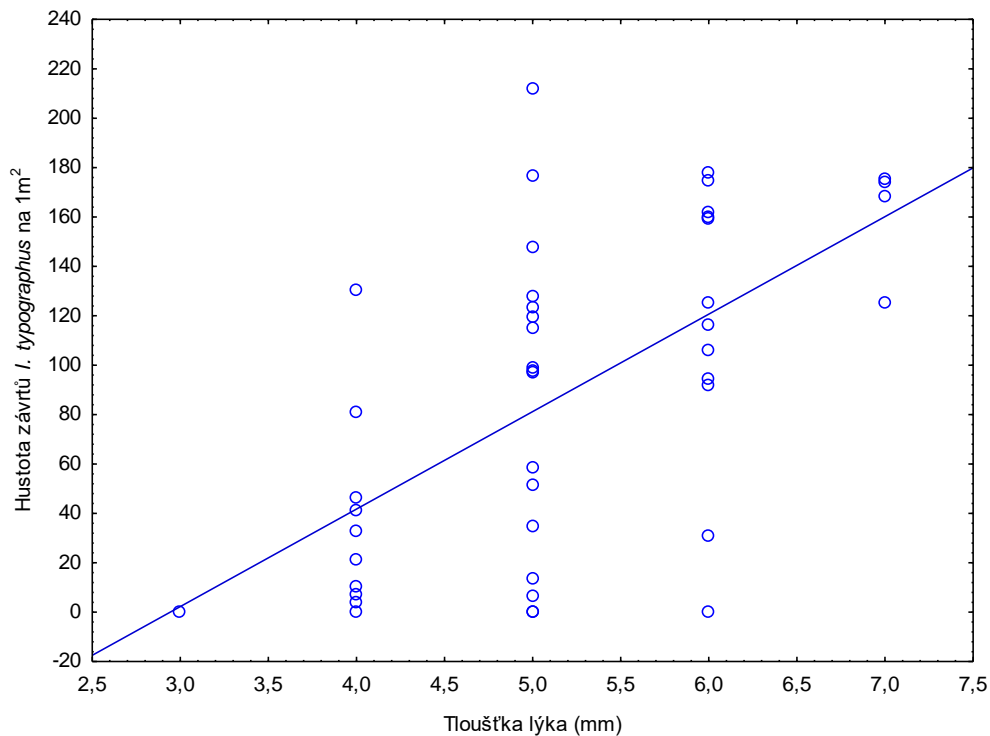
Nejvyšší hustota závrů lýkožrouta smrkového na 1 m² se pohybovala při průměru kmene 20–45 cm (Obr. 16), naopak s menším průměrem kmene hustota klesala. Co se týče tloušťky lýka, je pro lýkožrouta smrkového nejvhodnější rozmezí 5–7 mm (Obr. 17).



Obr. 15: Srovnání závrtů (modře) a matečných chodeb (červeně) lýkožrouta smrkového na 1 m² na jednotlivých sekcích na nahodilé těžbě. Krabice zobrazuje medián ± 25-75% kvartil, svorka představuje rozsah neodlehých hodnot.



Obr. 16: Korelační diagram znázorňující závislost hustoty závrtů lýkožrouta smrkového na průměru kmene smrku.

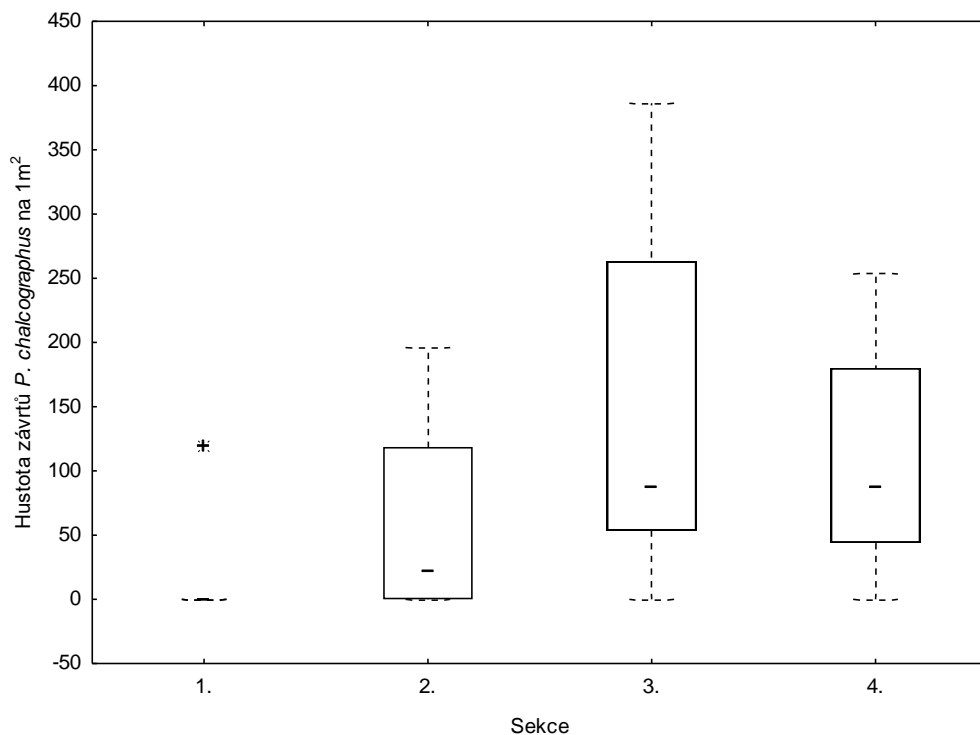


Obr. 17: Korelační diagram znázorňující závislost hustoty závrťů lýkožrouta smrkového na tloušťce lýka smrku.

Lýkožrout lesklý preferoval signifikantně pro nálet třetí a čtvrtou sekci stojících smrků ve srovnání se sekci první (Obr. 18, Tab. 14). Intenzita náletu nebyla průkazně ovlivněna průměrem stromu ($y = 157,327 - 3,2147 \cdot x$; $r = -0,29$; $p > 0,05$; $r^2 = 0,09$), tloušťkou lýka ($y = 220,0895 - 27,1563 \cdot x$; $r = -0,26$; $p > 0,05$; $r^2 = 0,07$), ani vzdáleností od paty kmene ($y = 223,684 + 3,4358 \cdot x$; $r = 0,07$; $p = 0,65$; $r^2 = 0,0049$), ale populační hustota mírně stoupala výškou stromu ($y = -356,6678 + 25,2976 \cdot x$; $r = 0,31$; $p < 0,05$; $r^2 = 0,10$).

Tab. 14: Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) závrťů *P. chalcographus* na 1 m² na nahodilé těžbě.

průměr závrťů PCH	1.sekce R:10,227	2.sekce R:20,318	3. sekce R:31,045	4. sekce R:28,409
1. sekce		0,3926	0,0009	0,0054
2. sekce	0,3926		0,3010	0,8377
3. sekce	0,0009	0,3010		1,0000
4. sekce	0,0054	0,8377	1,0000	

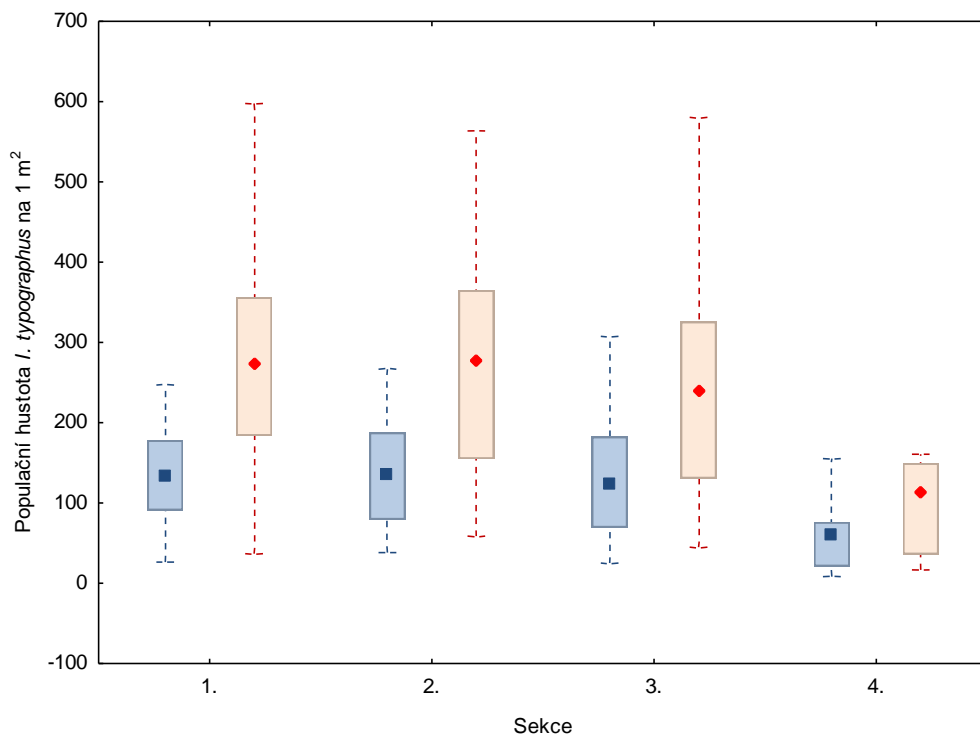


Obr. 18: Srovnání závrtů *P. chalcographus* na 1 m² na jednotlivých sekcích na nahodilé těžbě. Krabice zobrazuje medián ± 25-75% kvartil, svorka představuje rozsah neodlehých hodnot. Hvězdička ukazuje extrémní hodnotu.

5.3.2. Lapáky I. série

Na první sérii lapáků obsazoval lýkožrout smrkový nejméně čtvrtou sekci (Obr. 19, Tab. 15). Tloušťka lýka, na rozdíl od stojících stromů, nálet lýkožrouta smrkového neovlivňovala ($y = 119,2252 + 0,0096 \cdot x$; $r = 0,0002$; $p > 0,05$; $r^2 = 0,00$). Naopak více lýkožroutů bylo zjištěno na delších lapácích ($y = -66,5159 + 6,7682 \cdot x$; $r = 0,29$; $p < 0,01$; $r^2 = 0,08$) s většími průměry kmene sekcí ($y = 22,1922 + 3,9293 \cdot x$; $r = 0,44$; $p < 0,0001$; $r^2 = 0,20$). Populační hustota klesala se vzdáleností od paty kmene ($y = 146,3216 - 2,1045 \cdot x$; $r = -0,24$; $p < 0,05$; $r^2 = 0,06$).

Lýkožrout menší nepreferoval signifikantně žádnou ze sekcí lapáku a vyskytoval se pouze výjimečně v nepatrném množství (Kruskal Wallisův test $H(3;80) = 3,00$; $p > 0,05$).



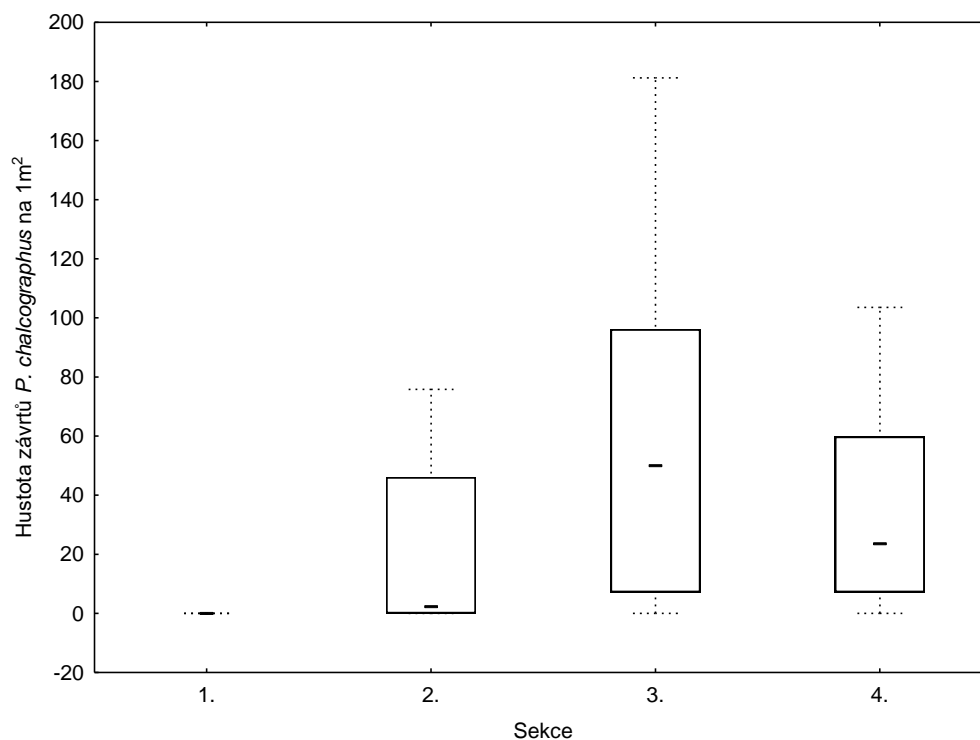
Obr. 19: Srovnání závrťů (modře) a matečných chodeb (červeně) lýkožrouta smrkového na 1 m² na jednotlivých sekcích první série lapáků. Krabice zobrazuje medián ± 25-75% kvartil, svorka představuje rozsah neodlehých hodnot.

Tab. 15: Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) závrťů Ips typographus na 1 m² první série lapáků.

průměr závrťů samců IT	1.sekce R:46,650	2.sekce R:47,825	3. sekce R:45,325	4. sekce R:22,200
1. sekce		1,0000	1,0000	0,0053
2. sekce	1,0000		1,0000	0,0029
3. sekce	1,0000	1,0000		0,0099
4. sekce	0,0053	0,0029	0,0099	

Lýkožrout lesklý se na lapácích první série objevoval více na třetí a čtvrté sekci, na kterých byly signifikantně vyšší hustoty závrťů než na sekci první, což dokládá (Obr. 20 a Tab. 16). Tloušťka lýka lapáků ($y = 40,6253 - 0,9637 \cdot x$; $r = -0,03$; $p > 0,05$; $r^2 = 0,0008$), jejich délka ($y = 117,2791 - 2,9584 \cdot x$; $r = -0,17$; $p > 0,05$; $r^2 = 0,03$) ani průměr ($y = 68,8089 - 1,3251 \cdot x$; $r = -0,20$; $p > 0,05$; $r^2 = 0,04$) neměly žádný vliv na populační hustotu lýkožrouta lesklého. Jediný signifikantní

faktor, který navyšoval populační hustotu tohoto druhu, byla vzdálenost od paty kmene ($y = 16,2586 + 1,5414 \cdot x$; $r = 0,23$; $p < 0,05$; $r^2 = 0,05$).



Obr. 20: Srovnání závrťů lýkožrouta lesklého na 1 m² na jednotlivých sekcích na první sérii lapáků. Krabice zobrazuje medián \pm 25-75% kvartil, svorka představuje rozsah neodlehých hodnot.

Tab. 16: Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) závrťů *P. chalcographus* na 1 m² první série lapáků.

průměr závrťů PCH	1.sekce R:20,425	2.sekce R:39,175	3. sekce R:53,975	4. sekce R:48,425
1. sekce		0,0643	0,0000	0,0008
2. sekce	0,0643		0,2640	1,0000
3. sekce	0,0000	0,2640		1,0000
4. sekce	0,0008	1,0000	1,0000	

Ani u jednoho druhu nebyla intenzita náletu na sekci lapáku ovlivněna tím, zda ležel na zemi nebo byl zavěšen nad zem (*Ips typographus*: Kruskal Wallisův test $H(1;80) = 2,89$; $p > 0,05$, *Pityogenes chalcographus*: Kruskal Wallisův test $H(1;80) = 1,01$; $p > 0,05$, *Ips amitinus*: Kruskal Wallisův test $H(1;80) = 0,51$; $p > 0,05$).

5.3.3. Lapáky II. série

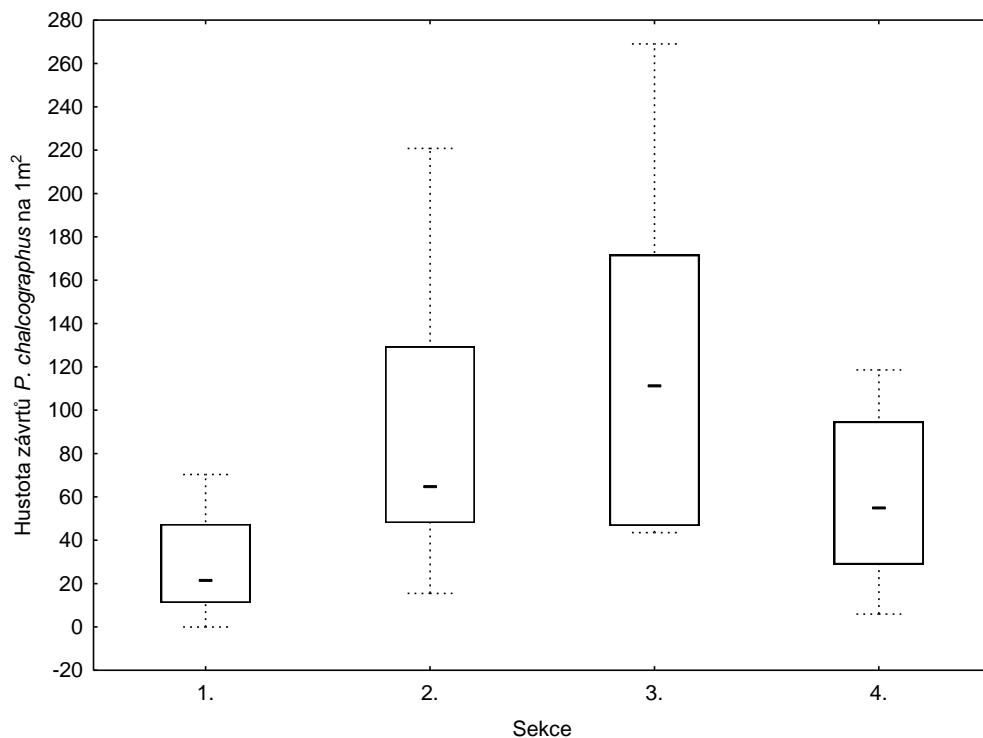
Na rozdíl od první série, v druhé sérii nalétával lýkožrout smrkový na lapáky rovnoměrně a byly zjištěny srovnatelné hustoty závrtů (Kruskal Wallisův test $H(3;40) = 7,33$; $p > 0,05$) i matečných chodeb (Kruskal Wallisův test $H(3;40) = 7,09$; $p > 0,05$) na všech sekcích. Ze zjišťovaných parametrů (tloušťka lýka, průměr, délka lapáku, vzdálenost od paty) se statisticky signifikantní rozdíl objevil pouze u vzdálenosti od paty kmene, která negativně působila na populační hustotu (počet závrtů) lýkožrouta smrkového ($y = 89,1757 - 1,9901 \cdot x$; $r = -0,37$; $p > 0,05$; $r^2 = 0,14$). Na lapácích druhé série byl u lýkožrouta smrkového zjištěn statisticky významný rozdíl v populační hustotě, oproti lapákům první série (Obr. 13).

U lýkožrouta menšího nebyla zjištěna, stejně jako v první sérii, žádná signifikantní preference sekce lapáku (Kruskal Wallisův test $H(3;40) = 3,93$; $p > 0,05$).

Obr. 21 a Tab. 17 srovnává závrtů lýkožrouta lesklého na 1 m² na jednotlivých sekcích druhé série lapáků, ze kterých je zřejmé, že nejvyšší populační hustoty lýkožrouta lesklého byly zjištěny na druhé a třetí sekci, které byly obsazovány signifikantně intenzivněji než sekce první. Vzdálenost od paty stromu a tloušťka lýka však neměla signifikantní vliv na populační hustotu lýkožrouta lesklého na rozdíl od dalších parametrů, které intenzitu náletu ovlivňovaly. Populační hustota závrtů lýkožrouta lesklého, na rozdíl od první série, klesala s délkou lapáku ($y = 455,1986 - 14,4482 \cdot x$; $r = -0,54$; $p < 0,001$; $r^2 = 0,29$) a průměrem kmene ($y = 139,6317 - 2,332 \cdot x$; $r = -0,34$; $p < 0,05$; $r^2 = 0,12$) na jednotlivých sekcích.

Tab. 17: Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) závrtů *P. chalcographus* na 1 m² druhé série lapáků.

průměr závrtů PCH	1.sekce R:9,900	2.sekce R:24,800	3. sekce R:28,400	4. sekce R:18,900
1. sekce		0,0262	0,0024	0,5110
2. sekce	0,0262		1,0000	1,0000
3. sekce	0,0024	1,0000		0,4152
4. sekce	0,5110	1,0000	0,4152	



Obr. 21: Srovnání závrťů lýkožrouta lesklého na 1 m² na jednotlivých sekcích na druhé sérii lapáků. Krabice zobrazuje medián ± 25-75% kvartil, svorka představuje rozsah neodlehých hodnot.

Stejně jako v první sérii lapáků, ani ve druhé nebyly populační hustoty studovaných druhů ovlivněny tím, zda lapák ležel nebo neležel v kontaktu s půdním krytem (*Ips typographus*: Kruskal Wallisův test $H(1;40) = 0,19$; $p > 0,05$, *Pityogenes chalcographus*: Kruskal Wallisův test $H(1;40) = 1,36$; $p > 0,05$, *Ips amitinus*: Kruskal Wallisův test $H(1;40) = 1,20$; $p > 0,05$).

Průměrný lapák první série měřil $27,5 \pm 3,1$ m a nejvíc jedinců lýkožrouta smrkového ($4117,3 \pm 3064,6$) bylo zaznamenáno v 1. sekci lapáku (Tab. 18). Lýko v této sekci průměrně dosahovalo tloušťky $5,4 \pm 1,5$ mm a průměrná tloušťka kmene byla $33 \pm 5,1$ cm. Podobných hodnot dosahuje také 1. sekce u nahodilé těžby. Z tabulky je patrné, že jedinců lýkožrouta smrkového ubývalo v závislosti na vzdálenosti od paty stromu. Ve 4. sekcích, kdy průměrná tloušťka kmene klesala ve většině případů pod 15 cm se objevuje pouze nepatrná část jedinců *I. typographus*. Nejméně jedinců se nacházelo na lapácích druhé série i přesto, že průměrná tloušťka kmene a lýka byla oproti první sérii a nahodilé těžbě vyšší.

Lýkožrout lesklý se nejvíce vyskytoval na lapácích druhé série, kde průměrná délka lapáku dosahovala $26,3 \pm 2,3$ m. Nejvíce jedinců bylo na druhé a třetí sekci lapáku, kde průměrný počet činil $547,2 \pm 283,3$, respektive $493,3 \pm 240,9$ rodin *P. chalcographus* (Tab. 18). Nízký počet rodin byl zaznamenán na čtvrtých sekcích stromových lapáků. Nejméně jedinců bylo zachyceno lapáky první série, na kterých se v největší míře objevoval ve třetí sekci. Průměrný počet na této sekci dosáhl hodnoty $228 \pm 227,3$ rodin. Stejně jako na první sérii lapáků, tak na nahodilé těžbě byl nejvyšší průměrný počet rodin zaznamenán na třetí sekci ($533,1 \pm 456,8$).

Tab. 18: Přehledová tabulka jednotlivých sekcí lapáků první a druhé série a nahodilé těžby. Veškeré hodnoty jsou uvedeny se směrodatnou odchylkou (SD).

	sekce	průměrná délka lapáku (m) \pm SD	průměrná tloušťka kmene (cm) \pm SD	průměrná tloušťka lýka (mm) \pm SD	průměrný počet jedinců IT \pm SD	průměrný počet rodin PCH \pm SD
lapáky I. série	1.	$27,5 \pm 3,1$	$33,0 \pm 5,1$	$5,4 \pm 1,5$	$4117,3 \pm 3064,6$	$71,5 \pm 311,6$
	2.		$28,6 \pm 4,8$	$4,9 \pm 1,6$	$2479,3 \pm 1588,6$	$199,1 \pm 357,2$
	3.		$23,6 \pm 3,6$	$4,9 \pm 1,6$	$1690 \pm 1338,1$	$228 \pm 227,3$
	4.		$13,7 \pm 1,9$	$3,7 \pm 1,3$	$209,9 \pm 224,3$	$30,7 \pm 28,6$
lapáky II. série	1.	$26,3 \pm 2,3$	$37,6 \pm 5,7$	$7,5 \pm 1,5$	$2489,5 \pm 1272,2$	$282,0 \pm 204,0$
	2.		$31,7 \pm 4,4$	$6,9 \pm 1,1$	$1354,3 \pm 735,5$	$547,2 \pm 283,3$
	3.		$25,4 \pm 3,7$	$6,4 \pm 1,2$	$877,3 \pm 697,3$	$493,3 \pm 240,9$
	4.		$15,8 \pm 2,5$	$5,3 \pm 0,9$	$64,6 \pm 55,0$	$31,0 \pm 16,1$
nahodilá těžba	1.	$24,5 \pm 4,8$	$32,3 \pm 8,2$	$5,8 \pm 0,8$	$3188,0 \pm 1961,1$	0 ± 0
	2.		$27,8 \pm 7,3$	$5,5 \pm 0,7$	$2591,5 \pm 1839,2$	$340,0 \pm 429,5$
	3.		$22,4 \pm 4,9$	$4,9 \pm 0,8$	$1112,5 \pm 919,3$	$533,1 \pm 456,8$
	4.		$14,5 \pm 3,0$	$4,5 \pm 0,9$	$72,3 \pm 64,6$	$94,0 \pm 102,2$

Tab. 19: Přehledová tabulka zobrazuje průměrné hustoty závrťů *I. typographus* a *P. chalcographus*, průměrnou hustotu matečných chodeb *I. typographus* na jednotlivých sekcích lapáků a nahodilé těžbě a průměrný stupeň napadení na lapácích první a druhé série a nahodilé těžbě. Hodnoty jsou uvedené se směrodatnou odchylkou ($\pm SD$).

	sekce	Průměrná hustota závrťů IT/ m ² \pm SD	Průměrná hustota mat. chodeb IT/ m ² \pm SD	Průměrná hustota závrťů PCH/ m ² \pm SD	průměrný st. napadení	
					IT	PCH
lapáky I. série	1.	133,6 \pm 57,7	266,5 \pm 129,5	8,0 \pm 34,9	1,19 z/dm ² - silný	0,36 z/dm ² - slabý
	2.	141,6 \pm 68,9	283,4 \pm 147,1	37,1 \pm 63,1		
	3.	136,1 \pm 77,9	266,5 \pm 167,0	64,1 \pm 64,4		
	4.	65,7 \pm 57,8	129,9 \pm 126,2	35 \pm 33,6		
lapáky II. série	1.	81,7 \pm 52,6	155,2 \pm 103,5	27,0 \pm 22,1	0,63 z/dm ² - střední	0,75 z/dm ² - slabý
	2.	73,3 \pm 39,9	141,6 \pm 80,6	90,9 \pm 59,1		
	3.	63,9 \pm 41,3	121,9 \pm 80,9	123,9 \pm 70,8		
	4.	32,3 \pm 22,8	60,9 \pm 42,5	59,1 \pm 35,8		
nahodilá těžba	1.	114,5 \pm 60,9	231,7 \pm 124,9	0 \pm 0	0,88 z/dm ² - střední	0,77 z/dm ² - slabý
	2.	122,9 \pm 64,4	247,6 \pm 127,0	52,9 \pm 63,2		
	3.	84,5 \pm 52,1	168,4 \pm 100,5	148,0 \pm 128,3		
	4.	31,6 \pm 26,5	62,4 \pm 49,6	105,9 \pm 81,1		

Nejvyšší hustota závrťů lýkožrouta smrkového byla zaznamenána na první sérii lapáků (Tab. 19). Na první tři sekce nalétával *I. typographus* rovnoměrně, zatímco na čtvrté sekci byla průměrná hustota závrťů znatelně nižší (65,7 \pm 57,8 závrťů/m²). Na druhé sérii lapáků se na všech sekcích průměrná hustota závrťů vyrovnala, ale lýkožrout smrkový na tuto sérii nalétával nejméně. Na nahodilé těžbě se opět v nejmenší míře vyskytoval na čtvrté sekci. Silný stupeň napadení byl zjištěn pouze na první sérii lapáků. Na lapácích druhé série a na nahodilé těžbě byl střední stupeň napadení. Hodnota stupně napadení je ovšem na nahodilé těžbě ovlivněna nízkou hustotou závrťů na čtvrté sekci, jelikož první dvě sekce vykazují silný stupeň napadení. Průměrná hustota matečných chodeb se pohybuje ve dvojnásobku průměrné hustoty závrťů, což vyjadřuje poměr samců a samic 1:2.

Lýkožrout lesklý se vyskytoval nejvíce na třetí a čtvrté sekci nahodilé těžby, kde se průměrná hustota závrťů pohybovala na hodnotách 148 \pm 128,3 a 105,9 \pm 81,1 závrťů/m² (Tab. 19). Na těchto dvou sekcích byl střední stupeň napadení, avšak po přidání hodnot z prvních dvou sekcí, kde se lýkožrout lesklý nevyskytoval nebo byl zaznamenán v malé míře, byl zjištěn slabý stupeň napadení. Vyšší hodnoty

závrtů byly zjištěny také na třetí sekci druhé série lapáků. Naopak na lapácích první série se *P. chalcographus* vyskytoval v nejmenší míře. Na obou sériích lapáků byl zjištěn slabý průměrný stupeň napadení.

6. Diskuze

6.1. Letová aktivita

Na studovaných lokalitách se v lapačích objevili první brouci 21.4. (17. týden) po velmi suchém a relativně teplém období, kdy maximální denní teplota překročila několik dnů po sobě 14 °C a atakovala hranici 20 °C. Brouci tak byli vystaveni po určitou dobu vhodným teplotám pro zahájení rojení. Toto tvrzení podporuje také Zumr (1995), který ve své práci uvádí, že brouci musí být před začátkem rojení vystaveni teplotám mezi 12 až 19 °C. Samotný let dospělců může probíhat při teplotách nad 16,5 °C, což dokládají Wermelinger (2004) a Baier et al. (2007). Baier et al. (2007) však podotýká, že při takovéto teplotě je schopno letu jen 10 % jedinců, což odpovídá výsledkům této diplomové práce. Vrchol rojení nastal 14.5 (20. týden), kdy průměrný odchyt jednoho lapače dosahoval téměř 2000 jedinců lýkožrouta smrkového. Dle kurovcoveinfo.cz (Příhoda a Zahradník 2020) začalo v Libereckém kraji jarní rojení 19. týden a průměrná výše odchytů se pohybovala mezi 1–2 tis. jedinců. Důvodem rozdílného začátku rojení mezi tímto zdrojem a diplomovou prací může být nadmořská výška. Zatímco kurovcoveinfo.cz uvádí odchyt v nadmořské výšce 200–999 m, lokality sledované autorem práce se pohybují v rozmezí 483–598 m n.m. Dalším faktorem může být umístění odchytového zařízení či expozice, která byla ve zkoumaném území orientována jižně. Sesterské rojení nejspíše proběhlo 23. týden, kdy bylo 10.6. průměrně odchyceno přes 1000 jedinců na lapač. Letní rojení již nebylo tak výrazné, bylo rozprostřeno do delšího časového úseku a probíhalo mezi 14.7. (29. týden) a 30.7. (31. týden), což odpovídá studii Zumra (1995), který zmiňuje, že se na jižních a jihovýchodních expozicích objevují noví brouci od poloviny července. Celkem bylo v lapačích odchyceno 71 260 jedinců, to je skoro o polovinu méně než údaje z podobných nadmořských výšek, které udává Schroeder (2013). V lokalitě „Nad Elektrovodem“ bylo zachyceno celkem 42 450, což znamenalo o více než 30 % vyšší odchyt oproti lokalitě „Vrstečnicová“, kde bylo v lapačích celkem 28 810 jedinců lýkožrouta smrkového. Tento rozdíl mohl být dán buď rozdílnou nadmořskou výškou, nebo menším přístupem slunečního záření na lokalitu „Vrstečnicová“.

6.2. Stromové lapáky a nahodilá těžba

Na připravených stromových lapácích se dominantně vyskytoval lýkožrout smrkový, následovaný lýkožroutem lesklým. V malé míře (pouze na třech lapácích v celkovém počtu 224 kusů) se vyskytoval také lýkožrout menší, který se však na lapácích ve větší míře objevuje v případě, že je populační hustota lýkožrouta smrkového na takto položených lapácích nízká (Holuša et al. 2012). Zaznamenán nebyl žádný případ náletu lýkožrouta severského, což může podpořit výzkum např. (Grodzki 1997, Kula a Šotola 2017 či Lubojacký et al. 2018). Fakt, že se na lapácích i stojících stromech dominantně vyskytoval především l. smrkový s doprovodem l. lesklého, nedává prostor pro žádnou druhovou rozmanitost dalšího lýkožravého hmyzu (Kula a Zabecki 2006).

Lýkožrout smrkový nalétával především na lapáky první série, kde byl zjištěn silný stupeň napadení (průměrný počet závrťů/dm² = 1,19) a na stojící stromy. Zde byl zjištěn střední stupeň napadení (průměrný počet závrťů/dm² = 0,88). Naopak na druhé sérii lapáků byla jeho populační hustota nejnižší a byl zjištěn střední stupeň napadení (0,63 závrťů/dm²). Všechny tyto hodnoty jsou o poznání menší než ty, které ve své práci uvádí Kula a Šotola (2017). Ti uvádí hodnoty 2,27–3,58 závrťů/dm². Zájem především o první sérii lapáků dodává i průměrná populační hustota, která dosáhla hodnoty 400 ± 168,8 jedinců na m². Oproti tomu na lapácích druhé série dosáhla pouze na 215,3 ± 120,3 jedinců na m². Menší preference lapáků druhé série vysvětluje Holuša a Liška (2002) tím, že je l. smrkový lákán spíše na chřadnoucí smrky a lapáky pro něj nejsou již tolik atraktivní. Tento fakt odpovídá výsledkům předložené diplomové práce. Dalším vysvětlením nižší populační hustoty na druhé sérii může být výška letu lýkožrouta. Zumr (1995) a Jakuš et al. (2015) ve své práci zmiňují, že se l. smrkový v letním rojení pohybuje ve vyšších výškách než při jarním rojení a napadá převážně rozhraní koruny a kmene, zatímco spodní část kmene zůstává často nedotčena. Z výsledků autora práce však plyne, že i stojící stromy, které byly nalétnuté druhou generací, jsou napadené i ve spodní části kmene. To však může být dáno aktuální kalamitní situací.

Lýkožrout lesklý preferoval k náletu především lapáky druhé série, na nichž průměrná populační hustota na m² byla 64,1 ± 41,2 rodin a stojící stromy na kterých dosahovala hodnot 54,4 ± 48,6 rodin na m². V menší míře se objevil na lapácích první série (průměrná populační hustota 28,1 ± 39,3 rodin na m². Hedgren (2004) uvádí, že nižší populační hustota l. smrkového může zvýšit nálet l. lesklého v momentě, kdy se l. smrkový vyskytuje na hostiteli v takovém počtu (střední stupeň napadení), při kterém dokáže strom zahubit a zároveň v takovém počtu, při kterém nedochází k mezidruhové konkurenci. Toto tvrzení odpovídá výsledkům, které dosáhl autor této diplomové práce (tj. při středním stupni napadení l. smrkového (lapáky druhé série a nahodilá těžba) se l. lesklý objevuje ve větší míře než při napadení silném (lapáky první série)).

Co se prostorového rozmístění týče, l. smrkový preferoval zejména první tři sekce lapáků i stojících stromů, tedy sekce od paty stromu až po začátek korunové části stromu. Ve všech případech měla význam vzdálenost od paty kmene, která ovlivňovala populační hustotu lýkožrouta smrkového. Čím větší byla vzdálenost od paty kmene, tím byla populační hustota l. smrkového menší. Nejvyšší hustoty závrťů a nejvíce jedinců bylo na prvních a druhých sekcích, což je v rozporu s výzkumem Holuši et al. (2017), který uvádí, že nejvyšší populační hustoty jsou na přechodu kmenové a korunové části. Shodu s tímto výzkumem však přináší skutečnost, že s větším průměrem kmene stoupá hustota závrťových otvorů. Tuto skutečnost potvrzuje také Wermelinger (2004) nebo Jakuš (1998). Poměr pohlaví (samci : samice) byl na lapácích 1:2, tudíž byl požerek tvořen nejčastěji dvěma matečnými chodbami. Zumr (1995) uvádí, že se dvě kratší matečné chodby vyskytují v případě přemnožení, což odpovídá současné situaci a dosaženým výsledkům.

Lýkožrout lesklý napadal především rozhraní koruny a kmene a korunovou část, což koresponduje s tvrzením např. Zahradníka a Knížka (2016) nebo Zahradníka (2004). Na nahodilé těžbě a lapácích první série signifikantně rostla jeho populační hustota s výškou stromu. Lýkožrout menší nepreferoval signifikantně žádnou ze sekcí lapáků či nahodilé těžby.

Z dosažených výsledků lze říci, že použitá obranná opatření měla za následek snížení kalamitního základu i výši těžby ve studovaných porostech. Lapáky se v porovnání s lapači ukázaly jako vhodnější obranné opatření. I přesto, že výsledky z lapáků, lapačů a nahodilé těžby nevypadají oproti ostatním výzkumům po České republice nikterak dramaticky, může se situace vzhledem k velké procentuální převaze smrku ve studovaných porostech v nejbližších letech výrazně zhoršit, a to také díky tomu, že v Libereckém kraji nabírá kůrovcová kalamita na síle (Knížek a Liška 2020). Zatímco v případě krátkodobé prognózy lze vycházet z poznatků o aktuálním stavu kalamity, při prognóze na desítky let je určujícím faktorem zejména zastoupení smrku, jeho věková skladba a stanovištní predispozice. Důležitým hlediskem je také to, zda lze současnou kalamitu považovat za ojedinělou událost, která odezní, nebo za počátek celkového rozpadu smrkových porostů v důsledku celosvětové změny klimatu. Současné vědecké poznatky bohužel ukazují, že došlo k překročení klimatických limitů, ve kterých jsou tyto porosty schopné existovat. Odborníci se shodují, že lesy budou nadále a ve větší míře vystaveny klimatickým extrémům, které budou stát za dalším a dalším přemnožením kůrovců (Hlásny a kol. 2021).

Dosažené výsledky diplomové práce představují relevantní podklad, který by měl být zohledňován a může sloužit k porovnání dalším výzkumům této problematiky.

7. Závěr

Na lapácích a nahodilé těžbě se v největší míře vyskytoval lýkožrout smrkový, který byl doprovázen lýkožroutem lesklým. V nepatrné míře byl na třech lapácích zaznamenán také lýkožrout menší. Populační hustota I. smrkového signifikantně klesala se vzdáleností od paty kmene, naproti tomu byly nejvyšší populační hustoty I. lesklého zaznamenány v podkorunové a korunové části. U I. menšího nebyla zaznamenána žádná signifikantně preferovaná část lapáků či stojících stromů.

Lýkožrout smrkový nalétával na první sérii lapáků signifikantně více než na druhou sérii lapáků. Populační hustoty mezi prvními sériemi lapáků a nahodilou těžbou byly srovnatelné. Lýkožrout lesklý na rozdíl od první série signifikantně preferoval druhou sérii lapáků.

Použitá obranná opatření měla určitý vliv na snížení kalamitního základu i výše těžby ve dvou ze tří studovaných porostů. Na lokalitě „Nad Elektrovodem“ se výše těžby i kalamitní základ zvýšil, naopak na lokalitách „Vrstevnicová“ a „U Tříklážíků“ tyto hodnoty klesly.

8. Literatura

ANNILA, E. (1969): Influence of temperature upon the development and voltinism of *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae). *Annales Zoologici Fennici*, 6(2), 161-208.

BAIER, P., PENNERSTOFER, 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(3), 171-186. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.05.020>

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.

ČSN 48 1000 (2005): Ochrana lesa proti kůrovcům na smrku. Praha: Český normalizační institut, 8 s.

DAVÍDKOVÁ, M., DOLEŽAL, P. (2017): Sister broods in the spruce bark beetle, *Ips typographus* (L.). *Forest Ecology and Management*, 405, 13-21. [10.1016/j.foreco.2017.08.040](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.08.040). ISSN 03781127.

JEGER, M., BRAGARD, C., CAFFIER, D., CANDRESSE, T., CHATZIVASSILIOU, E., DEHNEN-SCHMUTZ, K., GILIOLI, G., JAQUES MIRET, J.A., MACLEOD, A., NAVAJAS NAVARRO, M., NIERE, B., PARNELL, S., POTTING, R., RAFFOS, T., ROSSI, V., UREK, G., VAN BRUGGEN, A., VAN DER WERF, W., WEST, J., WINTER, S., KERTÉSZ, V., AUKHOJEE, M., GRÉGORIE, J-C. (2017): Scientific Opinion on the pest categorisation of *Ips duplicatus*. *EFSA Journal*, 15(10), 5040, 25 s. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.5040>.

JEGER, M., BRAGARD, C., CAFFIER, D., CANDRESSE, T., CHATZIVASSILIOU., E, DEHNEN-SCHMUTZ, K., GILIOLI, G., JAQUES MIRET, J.A., MACLEOD, A., NAVAJAS NAVARRO, M., NIERE, B., PARNELL, S., POTTING, R., RAFFOS, T., ROSSI, V., UREK, G., VAN BRUGGEN, A., VAN DER WERF, W., WEST, J., WINTER, S., KERTÉSZ, V., AUKHOJEE, M., GRÉGORIE, J.C., (2017): Scientific Opoinion on pest

categorisation of *Ips amitinus*. *EFSA Journal*, 15(10): 5038, 26 s. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.5038>.

GALKO, J., RELL, S., NIKOLOV, CH., GUBKA, A., VAKULA, J. (2013): Pheromone Traps for Monitoring Population Density of Bark Beetles - comparison, practical information. 10.13140/RG.2.1.5127.0480.

GALKO, J., VAKULA, J., GUBKA, A. (2010): Feromónový boj proti hlavným druhom podkôrneho hmyzu v smrečinách Nízkyh Tatier. In: *Výskum smrečín destabilizovaných škodlivými činiteľmi*, 119–127.

GRODZKI, W. (1997): Possibilities of the control of double-spined bark beetle *Ips duplicatus* populations in southern Poland. *Sylwan*, 141(11), 25-36. ISSN: 0039-7660.

GUBKA, A., VAKULA, J., GALKO, J., KUNCA, A., RELL, S. (2013): Usmernenie Lesníckej ochrannárskej služby k premnoženiu lykožrúta lesklého (*Pityogenes chalcographus*). *Národné lesnícke centrum, Banská Štiavnica*, 15 s.

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, 161-166. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2003.00809.x>

HLÁSNY, T., KROKENE, P., LIEBHOLD, A., MONTAGNÉ-HUCK, C., MÜLLER, J., QIN, H., RAFFA, K., SCHELHAAS, M.T., SEIDL, R., SVOBODA, M., VIIRI, H. (2020): Život s kůrovcem: Dopady, výhledy a řešení – A Czech version of the study Living with bark beetles. ISBN: 978-952-5980-89-9.

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, 119075, ISSN 0378-1127, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119075>.

HLÁSNÝ, T., TURČÁNI, M., MODLINGER, R., MERGANIČOVÁ, K., MARUŠÁK, R., BARKA, I. (2021): Kůrovcová kalamita, co očekávat dál? *Lesnická práce*, 100 (4), 24–27.

HOLUŠA, J., LIŠKA, J. (2002): Hypotéza chřadnutí a odumírání smrkových porostů ve Slezsku (Česká republika). *Zprávy lesnického výzkumu*, 47 (1), 9–15.

HOLUŠA, J., HLÁSNÝ, 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, 65–173.

CHEN, G., ZHANG, Q.-H., WANG, Y., Liu, G.-T., ZHOU, X., NIU, J., SCHLYTER, F. (2010): Catching *Ips duplicatus* (Sahlberg) (Coleoptera: Scolytidae) with pheromone-baited traps: optimal trap type, colour, height and distance to infestation. *Pest Management Science*, 66, 213–219. <https://doi.org/10.1002/ps.1867>

JAKOBY, O., LISCHKE, H., WERMELINGER, B. (2019): Climate change alters elevational phenology patterns of the European spruce bark beetle (*Ips typographus*). *Glob Change Biol.* 25, 4048–4063. <https://doi.org/10.1111/gcb.14766>.

JAKUŠ, R., CUDLÍN, P., SLIVINSKÝ, J., MEZEI, P., MAJDÁK, A., BLAŽENEC, M. (2015): Hodnotenie zdravotného stavu smreka vo vzťahu k náletu podkôrneho hmyzu a k odumieraniu lesa. [Zvolen]: *Ústav ekológie lesa, Slovenská akadémia vied*. ISBN 978-80-89408-22-1.

JAKUŠ, R. (1998): Types of bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) infestation in spruce forest stands affected by air pollution, bark beetle outbreak and honey fungus (*Armillaria mellea*). *Anz. Schadlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz.* 71, 41. <https://doi.org/10.1007/BF02770619>

JÖNSSON, A.M., HARDING, S., BÄRRING, L., RAVN, H.P. (2007): Impact of climate change on the population dynamics of *Ips typographus* in southern Sweden. *Agricultural and Forest Meteorology*, 146, 70–81, ISSN 0168-1923, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2007.05.006>.

KAUSRUD, K., OKLAND, B., SKARPAAS, O., GREGOIRE, J. (2011): Population dynamics in changing environments: the case of an eruptive forest pest species. *Biological Review*, 34–51.

KINDLMANN, P., MATĚJKA, K., DOLEŽAL, P. (2012): Lesy Šumavy, lýkožrout a ochrana přírody. Praha: Karolinum, Vyd. 1, 325 s. ISBN 978-80-246-2155-5.

KNÍŽEK, M., HOLUŠA, J. (2007): Lýkožrout severský *Ips duplicatus* (Sahlberg). *Lesnická práce*, 86(4), I-IV. http://www.silvarium.cz/images/letaky-los/2007/2007_lykozrout_seversky.pdf.

KNÍŽEK, M., LIŠKA, J. (2020) (eds.): Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 2019 a jejich očekávaný stav v roce 2020. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, *Zpravodaj ochrany lesa. Supplementum 2020*, 78 s.

KULA, E., ŠOTOLA, V. (2017): Lýkožrout smrkový na neodvětvených a odvětvených smrkových lapácích, *Zprávy Lesnického Výzkumu*, 62(1), 42–49.

KULA, E., ZABECKI, W. (2006): Spruce windfalls and cambioxylophagous fauna in an area with the basic and outbreak state of *Ips typographus* (L.), *Journal of Forest Science*, 497–509.

LOBINGER, G. (1994): Die Lufttemperatur als limitierender Faktor für die Schwärmaktivität zweier rindenbrütender Fichtenborkenkäferarten, *Ips typographus* L. und *Pityogenes chalcographus* L. (Col., Scolytidae). *Anz. Schädli.kd, Pflanzenschutz Umweltschutz*, 14–17.

LUBOJACKÝ, J. (2012): Vývoj legislativy související s ochranou lesů před lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus* L.) v Českých zemích do současné podoby. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2, 189–193.

LUBOJACKÝ, J., KNÍŽEK M., LIŠKA J. (2018): Symptomy napadení stromů kůrovci ve smrkových porostech. *Lesnická práce*, 97 (5), Příloha 5 s.

MATOUŠEK, P., MODLINGER, R., HOLUŠA, J., TURČÁNI, M. (2012): Počet vajíček kladených lýkožroutem smrkovým *Ips typographus* (L.) (Coleoptera:

Curculionidae: Scolytinae) na stromových lapácích: vliv vybraných faktorů. *Zprávy Lesnického Výzkumu*, 57(2), 126–132.

MRKVA, R., VALA, V. (2009): Lýkožrout severský obrana proti významnému invaznímu škůdci. *Lesnická práce*, 88(2).

NOVÁK, V., HROZINKA, F., STARÝ, B. (1974): Atlas hmyzích škůdců lesních dřevin. vyd. Liberec: SZN, 127 s.. ISBN 07-007-74

OGRIS, N., FERLAN, M., HAUPTMAN, T., PAVLIN, R., KAVČIČ, A., JURC, M., DE GROOT, M. (2020): Sensitivity analysis, calibration and validation of a phenology model for *Pityogenes chalcographus* (CHAPY), *Ecological Modelling*, 430, 109137, ISSN0304-3800, <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109137>.

ØKLAND, B., FLØ, D., SCHROEDER, M., ZACH, P., COCOS, D., MARTIKAINEN, P., SIITONEN, J., MANDELSHTAM, M.Y., MUSOLIN, D.L., NEUVONEN, S., VAKULA, J. (2019): Range expansion of the small spruce bark beetle *Ips amitinus*: a newcomer in northern Europe. *Agricultural and Forest Entomology*, 21(3), 286-298.

PŘÍHODA, J., ZAHRADNÍK P. (2020): Kůrovcové info. Dostupné z: <http://www.kurovcoveinfo.cz/>

SCHLYTER, F., ZHANG, Q.H., LIU, G.T. (2001): A successful Case of Pheromone Mass Trapping of the Bark Beetle *Ips duplicatus* in a Forest Island, Analysed by 20-year Time-Series Data. *Integrated Pest Management*, 6, 185–196. <https://doi.org/10.1023/A:1025767217376>.

SCHLYTER, F., BYERS, J.A., LÖFQVIST, J. (1987): Attraction to pheromone sources of different quantity, quality and spacing: Density-regulation mechanisms in bark beetle *Ips typographus*. *Journal of Chemical Ecology*, 13(6): 1506–1523.

SCHROEDER, L.M. (2013): Monitoring of *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus*: influence of trapping site and surrounding landscape on catches. *Agricultural and Forest Entomology*, 15: 113-119. <https://doi.org/10.1111/afe.12002>.

SKUHRAVÝ, V. (2002): Lýkožrout smrkový (*Ips typographus* L.) a jeho kalamity. Praha: Agrospoj, 196 s.

ŠVESTKA, M., HOCHMUT, R., JANČAŘÍK, V. (1996): Praktické metody v ochraně lesa. Praha. Nakladatelství Silva Regina, 310 s. ISBN: 80-902033-0-3.

THALENHORST, W. (1958): Grundzüge der Populationsdynamik des großen Fichtenborkenkäfers *Ips typographus*. In: MATOUŠEK, P., MODLINGER, R., HOLUŠA, J., TURČÁNI, M. (2012): Počet vajíček kladených lýkožroutem smrkovým *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) na stromových lapácích: vliv vybraných faktorů. *Zprávy Lesnického Výzkumu*, 57(2), 126–132.

Vyhláška č. 76/2018 Sb. Vyhláška, 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 Sb. <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-76>.

WALKER, K. (2005): European spruce bark beetle (*Ips typographus*) Updated on 11/25/2011 10:47:57 AM Available online: PaDIL - <http://www.padil.gov.au>.

WERMELINGER, B. (2004): Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *Forest Ecology and Management*, 67-82.

WERMELINGER, B., SCHNEIDER, M. D., KNÍŽEK, M., FORSTER, B. (2020): Tracking the spread of the northern bark beetle (*Ips duplicatus* [Sahlb.]) in Europe and first records from Switzerland and Liechtenstein. *Alpine Entomology* 4: 179-184. <https://doi.org/10.3897/alpento.4.53808>

ZAHRADNÍK, P. (2004): Ochrana smrčín proti kůrovcům. Kostelec nad Černými lesy, *Lesnická práce*, 39 s. ISBN 80-86386-48-1.

ZAHRADNÍK, P. (2007): Lýkožrout lesklý. *Pityogenes chalcographus* (L.). *Lesnická práce*, 86 (4).

ZAHRADNÍK, P., GERÁKOVÁ, M. (2010) Lýkožrout smrkový *Ips typographus*(L.) VULHM Strnady Jíloviště, *Lesnická práce*, 8.

ZAHRADNÍK, P., KNÍŽEK, M. (2007): Lýkožrout smrkový, *Ips typographus* (L.). Lesnická práce 86 (4).

ZAHRADNÍK, P., ZAHRADNÍKOVÁ, M. (2016): Použití feromonových lapačů v ochraně lesa proti lýkožroutu smrkovému: Certifikovaná metodika. Strnady: *Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti*, 23 s. ISBN 978-80-7417-103-1.

ZAHRADNÍK, P., ZAHRADNÍKOVÁ, M. (2018): Metody asanace kůrovcového dříví a ochrana skládek. *Lesnická práce* (5).

ZAHRADNÍKOVÁ, M., ZAHRADNÍK, P. (2015): Netradiční metody ochrany lesa před kůrovcovitými (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Zprávy lesnického výzkumu* (60), 37–46.

Zákon o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon), Zákon č. 289/1995 Sb. <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-289>.

MZe ČR (2020): Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2019. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/lesy/publikace-a-dokumenty/Zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-hospodarstvi-CR/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-2019.html>

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

ZUMR, V. (1995) Lýkožrout smrkový – biologie, prevence a metody boje. 1. vydání. Písek: *Matice lesnická*. 131 s. ISBN 978-809-0004320.