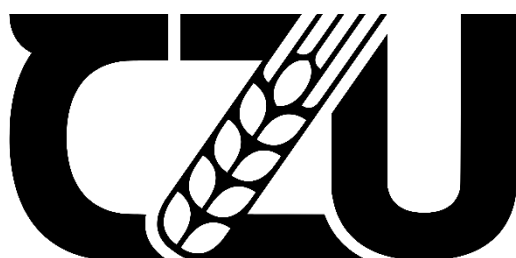


Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie



Česká
zemědělská
univerzita
v Praze

Hodnocení ztrát na dřevní hmotě po napadení dřevokazem čárkováným

Diplomová práce

Autor: Bc. Anna Fišerová

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

2022

Czech University of Life Sciences

Faculty of Forestry and Wood Sciences

Department of Forest Protection and Entomology



Czech
University
of Life Sciences
Prague

**Evaluation of wood damage after
infestation of the striped ambrosia beetle**

Diploma thesis

Author: Bc. Anna Fišerová

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

2022

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Hodnocení ztrát na dřevní hmotě po napadení dřevokazem čárkováným“ vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Karoliny Resnerové, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma, 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 Praze dne

Bc. Anna Fišerová

Poděkování

Chtěla bych poděkovat Mgr. Karolině Resnerové, Ph.D. za cenné rady a připomínky v průběhu vypracování mé diplomové práce.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá hodnocením ztrát na dřevní hmotě po napadení dřevokazem čárkovaným (*Trypodendron lineatum*). Prvním cílem bylo popsat letovou aktivitu a druhové spektrum dřevokazů rodu *Trypodendron* na studijní lokalitě. Za pomoci lapačů Theysohn a feromonových odparníků XL ECOLURE byly na studijní lokalitě zaznamenány tři druhy rodu *Trypodendron*, *T. lineatum*, *T. domesticum* a *T. laeve*. *T. lineatum* disponoval nejvyšším počtem odchycených jedinců. Nejvyšší letová aktivita brouků byla zaznamenána mezi 26. 03. 2021 až 09. 04. 2021. Druhým cílem bylo popsat prostorové uspořádání dřevokaze čárkovaného na kmeni a proměřit jednotlivé části požerku. Hodnoty manuálního měření byly porovnány s metodou CT skeneru. Při posuzování napadení byly zjištěny dva druhy ambrosiových brouků, *T. lineatum* a *Gnathotrichus materiarius*. Důležitým faktorem ovlivňující míru napadení byla tloušťka lýka, která ukázala významnou korelaci s počtem závrťů dřevokaze čárkovaného. Vzdálenost od paty stromu a průměr kmene v tomto případě neměly významný vliv na kvantitu napadení. Následně byly požerky dřevokaze čárkovaného odděleny a jednotlivé chodby a vaječné niky byly odhaleny a proměřeny. Při ručním měření požerků bylo zaznamenáno 25 parametrů oproti měření pomocí CT skeneru, kde se podařilo zjistit pouze 17 parametrů. Při použití metody CT skeneru nelze vyhodnotit průměr závrťu, šířky chodeb, šířky a délky vaječných nik. Navzdory tomuto omezení lze CT metodu spolehlivě použít pro identifikaci částí napadených dřevokazným hmyzem. Posledním cílem bylo porovnat pevnostní charakteristiky dřeva napadeného dřevokazem čárkovaným s dřívím bez napadení. Pro posuzování vlastností byla zjištěna hustota, objemové bobtnání a pevnost v tlaku. U žádné z vlastností nedošlo k odchýlení od tabulkových hodnot.

Klíčová slova: letová aktivita; feromonový lapač; *Trypodendron* spp.; CT skener; vlastnosti dřeva

Abstract

The diploma thesis evaluates wood mass losses after the striped ambrosia beetle (*Trypodendron lineatum*) infestation. The first goal was to describe the flight activity and the abundance of species of the genus *Trypodendron* at the study site. At study sites, three species of the genus *Trypodendron* (*T. lineatum*, *T. domesticum*, and *T. laeve*) were recorded using pheromone traps with XL ECOLURE lures. *T. lineatum* had the highest number of captured individuals. The highest flight activity of beetles was recorded between March 26, 2021, and April 9, 2021. The second goal was to describe the shapes of tunnels made by striped ambrosia beetles on the trunk and to measure the individual parts of the galleries. Measurement values were compared with measurement results by the CT scanner method. Two ambrosia beetles, *T. lineatum* and *Gnathotrichus materiarius*, were identified when assessing the infestation. An important factor influencing the infestation rate was the thickness of the floem, which showed a significant correlation with the number of holes made by the striped ambrosia beetle. The distance from the base of the tree and the trunk's diameter did not significantly impact the extent of the infestation. In addition, the galleries of the striped ambrosia beetles were separated, and the tunnels and egg niches were revealed and measured. During the manual measurement of galleries, 25 parameters were recorded, in contrast with CT scanner measurement, where only 17 parameters were found. When using the CT scanner method, it is impossible to evaluate the entry holes' diameter, the width of the tunnels, and the width and length of egg niches. Despite this limitation, the CT method can be reliably used for identifying parts infested by wood-destroying insects. The last goal was to compare the strength properties of wood infested by the striped ambrosia beetle with table values of wood without infestation. The following parameters were assessed: density, volume swelling, and compressive strength. None of these properties deviated from the table values.

Keywords: flight activity; pheromone trap; *Trypodendron* spp; CT scanner; wood properties

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Anna Fišerová

Lesní inženýrství

Lesní inženýrství

Název práce

Hodnocení poškození dřevní hmoty po napadení dřevokazem čárkovaným

Název anglicky

Evaluation of wood damage after infestation of the striped ambrosia beetle

Cíle práce

- popsat letovou aktivitu a druhové spektrum dřevokazů rodu Trypodendron na studijní lokalitě
- popsat prostorové uspořádání dřevokaze čárkovaného na kmeni a proměřit jednotlivé části pozerku
- srovnat manuální měření pozerků s metodou počítačového CT skeneru
- porovnat pevnostní charakteristiky dřeva napadeného dřevokazem čárkovaným s dřívím bez napadení

Metodika

V březnu bude instalováno napříč studijním území v blízkosti skládek dřeva několik feromonových lapačů k monitoringu druhového spektra dřevokazů a zjištění počátku letové aktivity na studovaném území. Lapače budou vybírány jednou týdně do konce června. Následně bude v laboratoři získaný materiál determinován do druhů a pohlaví dřevokazů rodu Trypodendron.

Paralelně bude vybráno sedm skládek nebo odvozních míst, kde bude sledován nálet dřevokaze čárkovaného a vyhodnocena populační hustota (tři místa budou navazena feromonem, ostatní nikoliv). Na dvou nenavazovaných skládkách budou ponechány celé stromy a po ukončení náletu zhodnoceno prostorové obsazení stromů dřevokazem čárkovaným a parametry stromu, který dřevokaz preferuje (průměr, tloušťka lýka, struktura borky, přítomnost hniloby apod.). Silně napadené výřezy dřevokazem čárkovaným budou z terénu převezeny do prostor FLD ČZU a dále analyzovány.

Pozerky budou rozřezány a proměřeny k získání celkového objemu dřeva, který dřevokaz při tvorbě pozerku znehodnocuje. Dále budou inovativním postupem hodnoceny pevnostní charakteristiky dřeva nedestruktivním způsobem pomocí přístroje timber grader, kterým bude změřeno alespoň 10 dvojic napadených a nenapadených výřezů a srovnány příslušné charakteristiky dřeva.

Nakonec bude minimálně 10 půlmetrových výřezů nasnímáno pomocí počítačové tomografie (CT skener) a budou proměřeny jednotlivé pozerky dřevokaze čárkovaného v grafickém programu. Tyto hodnoty budou srovnány s hodnotami manuálního měření a vypočteny úbytky hmotnosti na kulatině.

Výsledky terénní a laboratorní studie budou převedeny do tabulkového procesu a následně standardními statistickými metodami srovnány.

Výsledky budou konfrontovány s obdobnými vědeckými pracemi a kvantifikováno poškození dřevní hmoty po napadení dřevokazem čárkovaným.

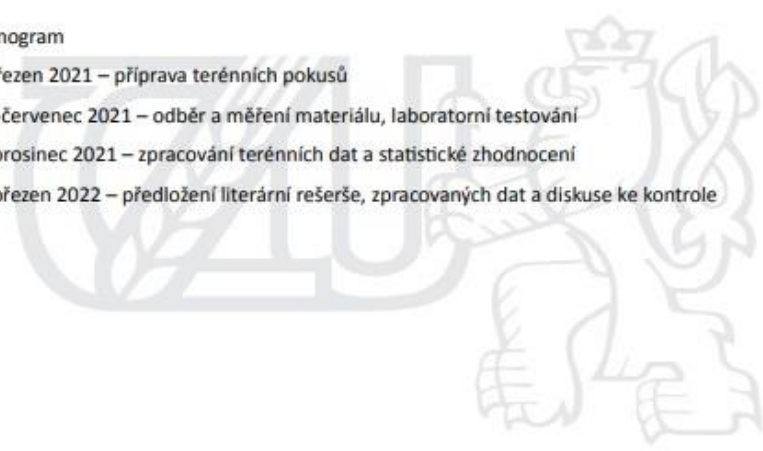
Harmonogram

únor-březen 2021 – příprava terénních pokusů

květen-červenec 2021 – odběr a měření materiálu, laboratorní testování

srpen-prosinec 2021 – zpracování terénních dat a statistické zhodnocení

leden-březen 2022 – předložení literární rešerše, zpracovaných dat a diskuse ke kontrole



Doporučený rozsah práce

50 stran včetně příloh

Klíčová slova

letová aktivita; feromonový lapač; *Trypodendron* spp.; CT skener; timber grader

Doporučené zdroje informací

- Annala E., Bakke A., Bejer Petersen B., Lekander B., 1972: Flight period and brood emergence in *Trypodendron lineatum* (Oliv.) (Col., Scolytidae) in the Nordic countries. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 76: 1-28.
- Borden J. H., 1988: The striped ambrosia beetle. In: *Dynamics of forest insect populations*. Berryman A. A. (ed.), pp. 579-596. Plenum, New York.
- Kaila L., Marikainen P., Puntila P., 1997: Dead trees left in clear cuts benefit saproxylic Coleoptera adapted to natural disturbances in boreal forest. *Biodiversity and Conservation* 6: 1-18.
- Kühnholz S., Gries R., Borden J.H., 2021: Semiochemical-based Reproductive Isolation Among Sympatric Species of *Trypodendron* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), *Environmental Entomology* 50: 76-85.
- Kvamme T., 1986: *Trypodendron piceum* Strand (Col., Scolytidae): Flight period and response to synthetic pheromones. *Fauna Norvegica, Series B* 33: 65-70.
- Lindgren B. S., 1990: Ambrosia beetles. *Journal of Forestry* 88: 8-11.
- Lukášová, K., Knížek M., Holuša J., Čejka M., Kacprzyk M., 2012: Is the bark beetle *Trypodendron laeve* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) an alien pest in the Czech Republic and Poland? *Polish Journal of Ecology* 60: 789-795.
- McLean J. A., 1985: Ambrosia beetles: a multimillion dollar degrade problem of sawlogs in coastal British Columbia. *The Forestry Chronicle* 61: 295-298.
- Paiva M. R., Kiesel K., 1985: Field response of *Trypodendron* spp. (Col., Scolytidae) to different concentrations of lineatin and a pinene. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 99: 442-448.
-

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FLD

Vedoucí práce

Mgr. Karolína Resnerová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Elektronicky schváleno dne 2. 5. 2021

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21. 7. 2021

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 01. 04. 2022

Obsah

Abstrakt.....	5
Abstract.....	6
Seznam tabulek a obrázků	12
1 Úvod.....	14
2 Cíle práce	16
3 Rozbor tematiky	17
3.1 Ambrosiové druhy.....	17
3.2 Rod <i>Trypodendron</i>	18
3.3 Dřevokaz čárkovaný (<i>Trypodendron lineatum</i>).....	18
3.3.1 Charakteristické znaky	18
3.3.2 Popis vývojového cyklu a letové aktivity	19
3.3.3 Popis poškození dřevní hmoty	20
3.3.4 Přirození nepřátelé a nemoci	21
3.3.5 Monitoring výskytu.....	22
3.3.6 Ochrana	22
3.4 Ostatní zástupci rodu <i>Trypodendron</i> v České republice	22
3.4.1 <i>Trypodendron laeve</i>	22
3.4.2 Dřevokaz bukový (<i>Trypodendron domesticus</i>).....	23
3.4.3 Dřevokaz dubový (<i>Trypodendron signatum</i>).....	24
3.5 <i>Gnathotrichus materiarius</i>	24
3.6 Charakteristika a význam smrku ztepilého	25
4 Metodika	29
4.1 Praktická část	29
4.2 Zjišťování míry napadení	31
4.3 Manuální měření požerků	31

4.4 Měření požerků metodou CT senzoru.....	32
4.5 Měření dalších vlastností dřeva.....	33
4.6 Statistické analýzy.....	38
5 Výsledky	39
5.1 Letová aktivita, druhové spektrum.....	39
5.2 Prostorové uspořádání na lapácích.....	41
5.3 Srovnání metod měření požerků dřevokaze čárkovaného	43
5.4 Vlastnosti dřeva.....	48
6 Diskuze	53
7 Závěr	58
8 Seznam literatury a použitých zdrojů	59

Seznam tabulek a obrázků

Obr. č. 1- Dřevokaz čárkovaný (<i>Trypodendron lineatum</i>) dospělý brouk, (autor)	19
Obr. č. 2 - Požerek dřevokaze čárkovaného včetně matečné chodby a vaječných nik (autor).....	21
Obr. č. 3 - Dospělý brouk <i>Gnathotrichus materiarius</i> (Mazur et al., 2018)	25
Obr. č. 4 - Umístění skládek dřeva a lapačů v lokalitě Kokořínsko (autor).....	30
Obr. č. 5 - Skenování výřezů na multidetektorovém výpočetním tomografu (CT) (autor).....	33
Obr. č. 6 - Analyzátor vlhkosti OHAUS MB 23 (autor).....	34
Obr. č. 7 - Příprava kotoučů na vzorky (autor)	35
Obr. č. 8 - Vzorky o normalizovaných rozměrech v jednotlivých pozicích od dřene (autor).....	35
Obr. č. 9 - Odporový vrták Resistograph (autor)	37
Obr. č. 10 - Závrtý dřevokaze čárkovaného a vstupy vrtáku do dřeva označeny číslicemi 7 a 8 (autor).....	37
Obr. č. 11 - Letová aktivita dřevokazů r. <i>Trypodendron</i>	40
Obr. č. 12 - Srovnání počtu odchycených samců a samic <i>T. lineatum</i> v lapačích na studované lokalitě v roce 2021	41
Obr. č. 13 - Závislost počtu závrtů <i>T. lineatum</i> na tloušťce lýka.....	42
Obr. č. 14 - Délka matečných chodeb dřevokaze čárkovaného podle metody měření	45
Obr. č. 15 - Nepotvrzený vzájemný vliv délky a šířky vaječných nik dřevokaze čárkovaného	46
Obr. č. 16 - Chodba dřevokaze čárkovaného v průřezu kmene zvýrazněná kontrastní látkou (autor).....	47
Obr. č. 17 - Chodba dřevokaze čárkovaného zvýrazněná kontrastní látkou ve 3D zobrazení (autor)	47
Obr. č. 18 - Změny v hustotě dřeva smrku v závislosti na pozici od dřene	48
Obr. č. 19 - Porovnání dvou výstupů odporového vrtáku Resistograph (autor)	49
Obr. č. 20 - Objemové bobtnání smrku v závislosti na pozici od dřene	49
Obr. č. 21 - Závislost objemového bobtnání smrku na hustotě dřeva při 0% vlhkosti	50
Obr. č. 22 - Pevnost v tlaku smrku v závislosti na pozici od dřene	51

Tab. č. 1 - Vlhkost ve dřevě smrku	27
Tab. č. 2 - Hustota dřeva smrku	27
Tab. č. 3 - Mez pevnosti dřeva smrku	27
Tab. č. 4 - Seznam lapačů a skládek	31
Tab. č. 5 - Počet jedinců v rámci lokalit	39
Tab. č. 6 - Napadení dřeva v rámci lokalit	42
Tab. č. 7 - Popisná statistika – manuální a CT měření chodeb	44
Tab. č. 8 - Popisná statistika – manuální měření chodeb a vaječných nik	45
Tab. č. 9 - Popisná statistika – vybrané vlastnosti dřeva	52

1 Úvod

Ambrosioví kůrovci jsou velmi nebezpeční techničtí lesní škůdci, jejichž význam zvyšuje přítomnost asociovaných hub podílejících se na mortalitě dřevin. Fytopatogenní houby napomáhají kůrovcům v překonání obranyschopnosti hostitelské dřeviny (Paine et al., 1997). Přenášené spory a následné pěstování hub v požercích poskytuje larvám i dospělcům důležité nutriční výhody (Kirkendall & Faccoli, 2010). Ambrosiové druhy kůrovců významně snižují kvalitu dřeva svými chodbami, kdy dochází k degradaci dřeva, včetně tmavého zbarvení vzniklé zavlečením ambrosiové houby do bělového dřeva (Massoumi Alamouti et al., 2009; De Fine Licht & Biedermann, 2012). Brouci napadají mrtvé a oslabené stromy, jen výjimečně napadají zdravé stromy (Kühnholz et al., 2001). Podle Dyer & Chapman (1965) je ideální doba napadení zejména 1 až 2 roky po odumření stromů. V lesích s přirozeným biotopem jedinci vyhledávají převážně větrné polomy, vývraty a hrubé dřevní zbytky, ale také pařezy ponechané po těžbě během prvního roku nebo dvou let (Schade & Goldstein, 2003).

Dřevokaz čárkový je hospodářsky nejvýznamnějším druhem tzv. ambrosiových brouků (ambrosia beetles) v Evropě (Novák, 1960; Park & Reid, 2007). Je dokonce považován za jednoho z nejhojnějších a nejnebezpečnějších hmyzích škůdců jehličnatého dřeva (Urban, 1997). Vhodným stanovištěm pro *T. lineatum* je mrtvé a odumírající jehličnaté dřevo (Dyer & Chapman, 1965; Zahradník, 2002). Jedná se především o technického škůdce, který údajně svými chodbami snižuje pevnost dřeva a zmenšuje rozsah jeho použitelnosti (Olivier, 1795). Na základě této hypotézy jsme se rozhodli otestovat pevnostní charakteristiky napadeného dřeva a zjistit rozsah poškození dřevěného materiálu pomocí CT skeneru. Následně jsme hodnotili přesnost stanovení rozsahu poškození dřevní hmoty porovnáním s manuálně odhalenými požerky. Cílem použití nových zobrazovacích metod je zjištění, zda lze tento postup použít i v praxi, hlavně pro vyčíslení peněžní ztráty. Jelikož se napadené dřevo dřevokazem čárkovaným neeviduje, je poměrně těžké vyčíslit ztráty, a právě k tomu by bylo možné využít metodu skenování a zjistit rozsah poškození dřevní hmoty a její vhodné zpracování.

Vlastnosti dřeva jsou charakteristické pro každou dřevinu (Požgaj et al., 1993) a každý ambrosiový druh kůrovce má specifické požadavky při jeho napadení. Vlhkost dřeva, která je při napadení kmene pro dřevokaze limitujícím faktorem (Novák, 1960;

Zahradník, 2002), ovlivňuje mechanické vlastnosti dřeva (Požgaj, et al., 1993). Na některé vlastnosti působí vlhkost více na některé méně. Voda ve dřevě z hlediska metabolismu u živých dřevin se dá rozdělovat do dvou skupin, a to na jádrovou vlhkost, která je nižší než u množství vody obsažené v bělové části a bělovou vlhkost. Tyto poměry se mění z hlediska dřevin, a to zda se jedná o dřeviny listnaté nebo dřeviny jehličnaté (Požgaj et al., 1993; Šlezingerová & Gandelová, 2002). Množství vody ve dřevě dále ovlivňuje vegetační období. Každá dřevina obsahuje určité množství vody, které je schopna přijímat a odevzdávat do okolního prostředí po jejím skácení. Čím vyšší je obsah vody ve dřevě, tím vyšší je riziko napadení dřevokazným hmyzem nebo dřevokaznými houbami. Naopak pokud je dřevěná surovina zbavena vlhkosti, dochází k mechanickému poškození kulatiny výsušnými trhlinami, které snižují kvalitu suroviny (Požgaj et al., 1993). Vybrané vlastnosti dřeva by měly částečně popsat sortiment použitý na lapáky dřevokazného hmyzu a vyloučit faktor kvality kulatiny na množství napadení a potvrdit vliv vlhkosti a vzdálenost od paty stromu na množství napadení.

2 Cíle práce

- Popsat letovou aktivitu a druhové spektrum dřevokazů rodu *Trypodendron* na studijní lokalitě pomocí lapačů Theysohn spolu s feromonových odparníkem XL Ecolure.
- Popsat prostorové uspořádání dřevokaze čárkovaného na kmenech, faktory ovlivňující kvantitu napadení a proměření jednotlivých částí požitku dřevokaze čárkovaného.
- Srovnat manuální měření požitků s metodou počítačového CT skeneru a vyhodnotit rozdíly a použitelnost měření.
- Porovnat pevnostní charakteristiky dřeva napadeného dřevokazem čárkovaným s dřívím bez napadení a vyhodnotit rozsah poškození dřevní hmoty.

3 Rozbor tematiky

3.1 Ambrosiové druhy

Ambrosiové druhy podkorního hmyzu, nazývané také jako ambrózní mycetobionti, se řadí do skupiny hmyzu z dvou podčeledí: Scolytinae a Platypodinae, patřící do čeledi nosatcovití (Curculionidae) (Kirkendall et al., 2015). Do podčeledi Scolytinae řadíme zástupce z rodu *Anisandrus sp.*, *Trypodendron sp.*, *Gnathotrichus sp.*, *Xyleborus sp.*, *Xylosandrus sp.*, a do podčeledi Platypodinae řadíme druhy rodu *Platypus sp.* (Hulcr et al., 2007). Brouci obou podčeledí se živí houbami, které se vyvíjejí uvnitř chodeb, které si brouci sami pěstují. Dospělci přenášejí propagule svých houbových mutualistů v různých specializovaných strukturách svého těla, zvaných mykangia (Francke-Grosman, 1956; 1967; Hulcr & Stelinski, 2017). Ambrosioví brouci jsou spojeni s celou řadou hub a mohou se jimi žít (Harrington, 2005). Ambrosiové houby jsou obligátní nutriční mutualisté (Biedermann & Vega, 2020), kteří se přizpůsobili jak tomu, aby sloužili broukům jako zdroj potravy, tak tomu, aby byli přenášeni a rostli v mykangiích. Uvnitř mykangií jsou ambrosiové houby vyživovány žláзовými sekrety brouků (Schneider 1975). Ambróziové houby jsou typicky dimorfní, ve dřevě tvoří vláknitou hyfovou síť a hustou vrstvu snadno konzumovatelných konidioforů ("ambrózií") (Francke-Grosman, 1956; 1967). Mykangiální transport je obecně chápán jako jediný způsob přenosu ambróziových hub, jejichž konidie jsou velké, náchylné k vysychání a zachycené v hlubokých chodbách v běli. Mykangia se značně liší vnitřní anatomií a umístěním na těle brouků (Mayers et al., 2020). Nacházejí se v různých částech těla hmyzu, nejčastěji na hlavě, tykadlech, horní čelisti, na předních končetinách (Witkowski, 2020), či v přední části trávicího traktu (Li et al., 2018).

Evoluce ambrosiových hub je úzce spjata s evolucí a vývojem mykangií, které je přenášejí. Jak ambrosioví brouci, tak ambrosiové houby jsou polyfyletické skupiny, které se vyvíjeli vícekrát. U brouků zřejmě každá linie vznikla vývojem jednoho nebo více různých typů mykangií (Mayers et al., 2020). U ambrosiových brouků je vlhkost dřeva v době napadení a po celou dobu vývoje brouků, klíčová pro úspěšnou reprodukci. Vývoj by neměl probíhat při vlhkosti nižší než 53 % (Novák, 1960; Rudinsky, 1962).

Evoluční původ ambrosiových hub rodu *Phialophoropsis* (Microascales), které se pojí s rodem *Trypodendron* je nejasný (Mayers et al., 2020). Zástupci rodu

Trypodendron jsou poměrně dobře prozkoumaní a jejich velká mykangia vytváří dvojice vertikálních, složených, tuhých vnitřních dutin, které ústí úzkými bočními štěrbinami nad předními končetinami (Lehenberger et al., 2019).

Všechny ambrosiové druhy patřící do tribu Xyloterini, kam se řadí *Gnathotrichus materiarius*, mají mykangie ve zvětšených kyčelních jamkách na předních končetinách (Farris, 1963; Wood, 1982). Samec *G. materiarius* zanášá do dřeva houbu *Ambrosiozyma monospora* (Ascomycota).

3.2 Rod *Trypodendron*

V České republice jsou zaznamenáni čtyři zástupci rodu *Trypodendron*. Dva druhy, *Trypodendron laeve* (Eggers, 1939) a *Trypodendron lineatum* (Olivier, 1795), vyskytující se na jehličnanech a dva druhy, *Trypodendron domesticum* (Linnaeus, 1758) a *Trypodendron signatum* (Fabricius, 1787), žijící pouze na listnatých dřevinách (Zahradník, 2002; Holuša & Lukášová, 2017). Všichni zástupci rodu *Trypodendron*, využívají feromonovou komunikaci. Tento způsob komunikace využívají především ke shromažďování jedinců obou pohlaví (Brutovský, 1999). Hlavní složkou tzv. agregačního feromonu je látka lineatin a etanol (Zahradník, 1993).

3.3 Dřevokaz čárkovaný (*Trypodendron lineatum*)

Dřevokaz čárkovaný, latinsky nazývaný *Trypodendron lineatum*, dříve také *Xyloterus lineatus*, spadá do řádu brouci (Coleoptera) a podčeledi kůrovcovitých (Scolytinae). Ve střední Evropě se řadí k velmi významným škůdcům na jehličnatých stromech, zejména na smrku ztepilém (*Picea abies*), ale také na borovici, jedli i modřínu. V severní Africe byl nalezen na cedru, v Severní Americe byl zaznamenán také na zeravu, tsuze a douglasce. Nejvíce vyhovující dřevo jsou silnější neodkorněné kmeny s vlhkostí nad 50 %. K napadení odkorněného dřeva s nižší vlhkostí dochází pouze výjimečně (Zahradník, 2002).

3.3.1 Charakteristické znaky

Dřevokaz čárkovaný (Obr. č. 1) je dlouhý, hnědožlutý až černý válcovitý brouk, který v dospělosti dorůstá 2,6 až 4,0 mm (Zahradník, 2002), přičemž samci jsou o něco menší, dosahují délky kolem 3 mm a samice kolem 3,5 mm (Novák, 1960; Urban, 1997). V přední části mají brouci zřetelně příčně šupinkovitě hrbolkování, na

plošně jemně vrásčitý štít (Urban, 1997). Krovky jsou v řádkách jemně tečkované, žluté s tmavým podélným pruhem, který může chybět, poté jsou krovky buď žluté nebo černé. Celé krovky jsou poseté krátkými, velmi řídkými chloupky (Zahradník, 2002). Tykadlová palička je jednočlenná, zploštělá a na konci zaoblená (Urban, 1997). Nohy a tykadla mají žluté (Zahradník, 2002). Mezi samcem a samicí jsou výrazné vnější morfologické rozdíly (tzv. pohlavní dimorfismus). Samec má vyhloubené čelo a uvnitř vyhloubeniny hladké, u samice je čelo vypouklé a zřetelně hrbolkované a má více klenutý štít než samec (Urban, 1997). *T. lineatum* má univoltinní vývojový cyklus, kdy mladí jedinci nejsou schopni rozmnožování dříve, než přečkají přiměřeně dlouhé období nízkých teplot (Křístek & Urban, 2004).



Obr. č. 1- Dřevokaz čárkovaný (*Trypodendron lineatum*) dospělý brouk, (autor)

3.3.2 Popis vývojového cyklu a letové aktivity

Vajíčko má elipsovitý tvar, je velmi měkké a zpočátku průhledné. Později vajíčko zbledá (Novák, 1960; Zahradník, 2002). Velikost vajíčka se pohybuje od 0,6 až 0,8 × 0,4 až 0,6 mm (Urban, 1997). V ojedinělých případech může být vajíčko téměř kulovitěho tvaru (Zahradník, 2002).

Larva je beznohá, bílá, obloukovitě zahnutá s hnědavou, se silně sklerotizovanou hlavovou kapsulí, kde jsou umístěny velmi silná, tmavá kusadla (Novák, 1960; Urban, 1997; Zahradník, 2002). Tělo larvy se skládá z 12 článků, z toho tři hrudní články jsou nápadně větší než zbylých devět článků zadečku (Novák 1960).

Ve druhém, tedy posledním instaru je larva dlouhá přibližně 3,5 mm (Zahradník, 2002), dle Urbana (1997) je dorostlá larva dlouhá kolem 4 mm.

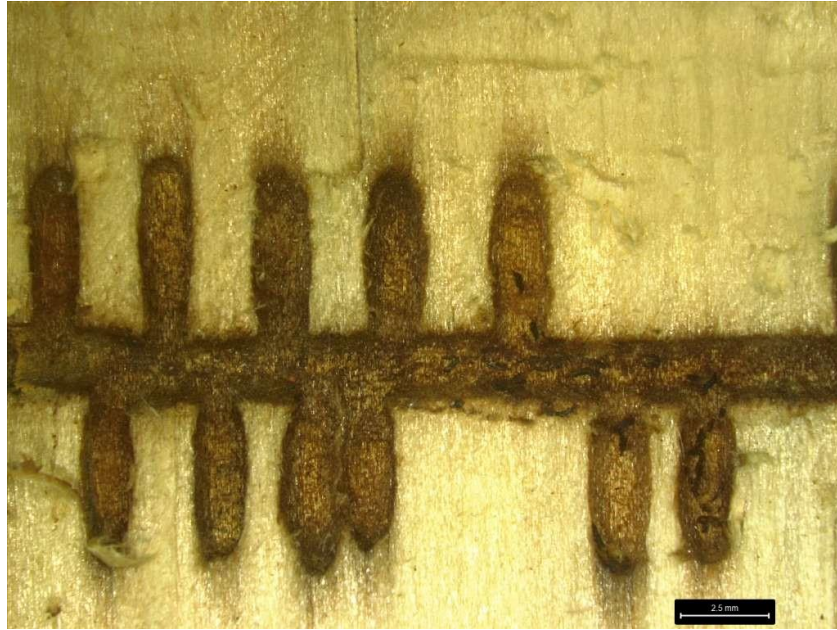
Kukla má bílou barvu a jsou na ní zřetelné všechny budoucí vnější orgány, tzv. volný typ kukly bez ochranného obalu (Novák, 1960; Zahradník, 2002). Samčí kukly jsou o něco menší než samičí, navíc stejně jako u dospělců lze u kukel odlišit pohlaví, a to hlavně podle tvaru štítu, který je u samčích jedinců víceméně zploštělý a u samic kulovitě zaoblený (Novák, 1960; Urban, 1997). Pohlaví lze odlišit také šířkou hlavy, kdy u samců se pohybuje nejčastěji od 0,55 do 0,72 mm a u samic od 0,84 do 0,96 mm (Novák, 1960).

Rojení dřevokaze čárkovaného záleží na zeměpisné šířce, nadmořské výšce a na expozici, kdy se tato doba může výrazně lišit (Novák, 1960).

3.3.3 Popis poškození dřevní hmoty

K poškození dřeva dochází mechanicky, kdy samice hloubí systém chodeb, které pronikají do hloubky dřeva v řádech jednotek až desítek centimetrů. Po vyhloubení chodeb dochází k zabarvení dřeva v okolí požerku, způsobené zavlečením ambroziiovými houbami, rodu *Phialophoropsis* (Ascomycota: Ceratocystidaceae) (Mayers et al., 2015; Lehenberger et al., 2019), které slouží pro výživu larev a brouků (Zahradník, 2002; De Fine Licht & Biedermann, 2012). Konečný požerek připomíná jednoosý ležatý žebříček různých tvarů a rozměrů (Novák, 1960). U poškozeného dřeva se snižuje jakost a rozsah použití (Zahradník, 2002).

Samotný požerek se skládá z radiální chodby (Zahradník, 2002), která přetíná letokruhy a směřuje do středu (Novák, 1960), matečných chodeb a vaječných nik (Obr. č. 2). Radiální chodba je přibližně 1 až 4 cm dlouhá (Zahradník, 2002) s průměrem chodby od 1,4 až 1,7 mm (Urban, 1997). Tato chodba se větví nejčastěji na dvě, ale i více matečných chodeb s velkou proměnlivostí délek, které mohou být dlouhé až 80 mm (Novák, 1960). Chodby kopírují nejčastěji průběh letokruhu. Vaječné niky, slouží ke kladení a vývoji vajíček, jsou hloubené kolmo na matečné chodby, bývají krátké 4 až 5 mm a střídavě směřují na jednu a druhou stranu (Zahradník, 2002).



Obr. č. 2 - Požerek dřevokaze čárkovaného včetně matečné chodby a vaječných nik (autor)

3.3.4 Přirození nepřátelé a nemoci

Nejčastějšími antagonisty dřevokazů rodu *Trypodendron* jsou zástupci čeledí lesknáčovitých (Nitiduliade), lesklecovitých (Rhizophagidae), drabčíkovitých (Staphilinidae) (Novák, 1960) a pestrokrovečník mravenčí (*Thanasimus formicarius*) (Linnaeus, 1758) či střevlíčci *Pterostichus burmeisteri* (Heer, 1838) a *Pterostichus oblongopunctatus* (Fabricius, 1787), z čeledi střevlíkovitých (Carabidae), kteří mohou lovit i zimující imaga v hrabance. Méně častými predátory jsou mršníci (Histeridae) a potemníci (Tenebrionidae). Významným parazitoidem je chalcidka *Perniphora robusta* (Ruschka, 1923) (Zahradník, 2002), dále také stehnatka (*Proctolaelaps xyloteri*) (Samsinák, 1960), která v určitých případech dokáže snížit četnost populace dřevokaze čárkovaného na jednu polovinu. V neposlední řadě můžeme mluvit o roztočích, kteří byli nalezeni na tělech dřevokazů, kteří jim sloužili spíše k transportu či přiživování na vajíčkách dřevokaze (Novák, 1960). Na mortalitě dřevokaze čárkovaného se podílejí i různé choroby vyvolané například bakterií *Pseudomonas septica* (Zahradník, 2002) nebo houbou *Beauveria bassiana*, která působí až 100 % mortalitu larev i dospělců (Novák & Samsiakova, 1962). Mezi jedinci rodu *Trypodendron* může docházet také ke kanibalismu (Hadorn, 1933) požíváním dospělými jedinci kukel ve svých požercích (Novák, 1960).

3.3.5 Monitoring výskytu

Dřevokaz čárkovaný se vyskytuje nejen na celém území České republiky od nížin do hor s výskytem jehličnatého dřeva (Novák, 1960; Urban, 1997), ale po celé Evropě, Asii, v Severní Americe a v severní Africe (Zahradník, 2002). Nejčastěji jej nalezneme v horách, případně pahorkatinách, kdy může být spolu s napadeným dřevem zavlečen na přechodné skládky či sklady pil a dřevařských závodů (Novák, 1960; Urban, 1997), přičemž nepřetržitě dokončuje svůj vývoj (Urban, 1997). Jedince dřevokaze čárkovaného nalezneme jak na skládkách dřeva, tak na ležících zlomech, vývratech, stojících pahýlech, ale také na pařezech. V době přemnožení, při nedostatku vhodného materiálu, může výjimečně napadat i odumírající, dosud však živé stromy, silně oslabené různými stresory (Zahradník, 2002). Monitorování dřevokaze čárkovaného probíhá za pomoci lapačů s feromonovými odparníky s obsahem účinné látky lineatin, 2-methyl-3-butyn-2-ol, 2-methyl-3-buten-ol a 2-metoxypropan-1-ol (Lukášová & Holuša, 2014).

3.3.6 Ochrana

Důležitou součástí ochrany dřeva proti dřevokazu čárkovanému je preventivní ochrana dřeva. Jedná se o dodržování „čistoty“ v lese, odkorňování pařezů, odvoz dřeva z lesa či jeho odkornění při uložení na skládky do 30. března. Důležité je také zpracovávat odumřelé, vyvrácené či polámané stromy, jež jsou nebezpečím pro přemnožení nejen dřevokazů. Ovšem odkornění není stoprocentně bezpečný způsob obrany proti napadení dřevokazem čárkovaným. K napadení může dojít i po odkornění, pokud má kmen dostatečnou vlhkost (nad 53 %) a pokud vlhkost neklesne pod kritickou hranici, proběhne vývoj až do konce. Proto je třeba ukládat materiál tak, aby docházelo k jeho vysychání (Novák, 1960). Je důležité také dbát na to, aby se další rok dřevo neskladovalo na místech, kde došlo předešlý rok k rojení a současně na jaře příštího roku použít feromonové lapače, pro vychytání dospělců, kteří zimují v hrabance (Zahradník, 2002).

3.4 Ostatní zástupci rodu *Trypandendron* v České republice

3.4.1 *Trypandendron laeve*

Tělo dospělce, válcovitého tvaru, se pohybuje v rozmezí 3–4 mm. Štít je na bazální části hrbolatý a vzadu příčně svažitélý. Krovky jsou lesklé (Křístek et al.,

2002). Barva krovek je hnědá, bez zjevných tmavších a světlejších podélných pruhů, oproti *T. lineatum*, který má na krovkách tmavé a světlé pruhy. *T. laeve* nemá na krovkách žádné hrbolky a má tmavě hnědé až černé končetiny, které mohou mít černé pouze báze (Olenici et al., 2014).

Tento druh dřevokaze je rozšířen téměř po celé severní polokouli, ale preferuje vyšší polohy, kde převažují jehličnaté porosty (Rejžek, 2014). Přemnožení hrozí po větrných, abiotických a jiných kalamitách, kdy napadá převážně pokácené, vyvrácené nebo zlomené smrky, jedle nebo borovice. Napadá také stromy uskladněné na lesních skládkách ze zimní těžby. Můžeme ho najít nejen na smrku, jedli a borovici, ale také na modřínu a cedru. Napadení dřeva poznáme díky bílým drtinkám okolo závrtů spojených s rojením pryskyřice v místě napadení. Rojení začíná v polovině března nebo začátkem dubna, dle počasí a nadmořské výšky. Během května a června samice zakládají sesterské rojení (Zahradník, 2002).

3.4.2 Dřevokaz bukový (*Trypodendron domesticus*)

Dřevokaz bukový (Linnaeus, 1758) dorůstá délky 3 až 3,5 mm a žije jako polyfág na listnatých stromech, například na buku, dubu, javoru, bříze, habru, lípě, olši (Křístek & Urban, 2013) a také jilmu. Vyhledává pro svůj požerek stromy oslabené, polámané, vyvrácené, pokácené, ale i pařezy a příležitostně může škodit i na mladých kmenech v bukových mlazinách (Křístek & Urban, 2013).

Má celý černý štít, žluté krovky s černým pruhem při švu a po stranách. Tykadlová palička má na svém vnitřním konci špičku. Brouci jsou aktivní od března do poloviny června, kdy oplodněné samice vytvářejí požerek, který se podobá požerku dřevokaza čárkovaného. Z radiální chodby vybíhá 2 až 5 matečných chodeb o délce až 5 cm s průměrem kolem 1,7 mm. Vstupní chodba je uzavřena zátkou z trusinek a je ponechán pouze malý otvor na odstraňování drtinek s exkrementy. Larvy přežívají v krátkých 5 mm chodbách, ve kterých následně mladí brouci za účelem dokončení úživného žiru okusují mycelium ambroziové houby rodu *Phialophoropsis*. Celý vývojový cyklus trvá 1 rok, brouci tudíž opouštějí larvální chodby až na jaře příštího roku. Pokud je chladné počasí, brouci upadají do zimní diapauzy (Křístek & Urban, 2013).

3.4.3 Dřevokaz dubový (*Trypodendron signatum*)

Trypodendron signatum se vyskytuje v nížinných i horských dubových lesích, většinou v nejméně hojném počtu ze čtyř druhů rodu *Trypodendron* (Pfeffer, 1989; Lukášová et al., 2012), v ojedinělých případech může být jeho výskyt zvýšený (Gaubicher et al., 2003). Je tedy považovaný za druhotného škůdce listnatých dřevin, přednostně dubu (Křístek & Urban, 2013), ale může se vyvíjet i na javoru, bříze, buku, jasanu a jilmu (Fabricius, 1787).

Dospělec je dlouhý 3,2 až 3,9 mm, má červenožlutý štít, kde je často znázorněna černá kresba. Krovky jsou žluté s černými podélnými pruhy. Tykadlová palička je na vnitřním konci tupě zašpičatělá (Křístek & Urban, 2013). Brouci jsou aktivní od dubna do června (Gaubicher et al., 2003). Mladí brouci přezimují v borce starých stromů, případně v chodbách červotočů (Křístek & Urban, 2013).

3.5 *Gnathotrichus materiarius*

Gnathotrichus materiarius (Fitch, 1858), dříve pojmenován jako *Tomicus materiarius*. Tento druh je zařazen do podčeledi Scolytinae. Vyskytuje se ve východní části Severní Ameriky (Wood & Bright, 1992). V Evropě se poprvé objevil ve 30. letech 20. století a postupně se šířil, zejména na východ. Preferuje nadmořské výšky od 160 do 1 000 m n. m. (Mazur et al., 2018).

Dospělí brouci jsou lesklí, tmavě hnědí (Obr. č. 3). Tělo je válcovitého tvaru o délce asi 3 mm a průměru 1 mm (Mazur et al., 2018). Nohy a tykadla jsou hnědé, ovšem světlejší než zbytek těla (Fitch, 1858). *Gnathotrichus materiarius* napadá jehličnany rodů *Abies*, *Larix*, *Picea*, *Pinus*, *Tsuga* a *Pseudotsuga* (Mazur et al., 2018), které mají tloušťku kůry menší než 2 mm a vlhkost od 67,3 % do 87,9 % (Witkowski, 2020). Napadá čerstvě pokácené dřevo, oslabené stromy a zlomy do výšky asi 2 m. Průměr závrtu ve dřevě je přibližně 1 mm. Požerek dosahuje délky zhruba 20 cm a podobá se požerkům, které tvoří zástupci rodu *Trypodendron* (Mazur et al., 2018). Samci zanášejí do dřeva houbu *Ambrosiozyma monospora*, kterou se pak následně živí jeho larvy (Batra, 1963). V momentě, kdy jsou vajíčka či larvy přítomny v požerku, brání svým tělem vstup proti predátorům a parazitoidům. Jedná se o monogamní druh. Rojení probíhá začátkem května a larvy prvního instaru se objevují v červnu. Dceřiní brouci se líhnou v polovině července. Brouci přezimují jako larvy nebo mladá imaga ve dřevě (Witkowski, 2020). Odchyt se provádí pomocí lapačů s atraktanty obsahující

látku sulkatol (6-methyl-5-hepten-2-ol) (Martikainen et al., 2001), jedná se o agregační feromon vylučovaný samci. Další látky vhodné pro nalákání *G. materiarius* jsou α -pinen, ipsdienol, ipsenol a lanieron (Miller et al., 2005).

Gnathotrichus materiarius je především sekundární škůdce, kdy dochází k technickému poškození dřevní hmoty, v méně častých případech způsobuje odumření stromů (Faccoli, 1998). Škody působí také ambrosiové houby zavlečené do dřeva, jde především o kvalitu dřeva (Yang et al., 2008; Belhoucine et al., 2011).



Obr. č. 3 - Dospělý brouk *Gnathotrichus materiarius* (Mazur et al., 2018)

3.6 Charakteristika a význam smrku ztepilého

Smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) H. Karst.) se dožívá zhruba 350–400 let, kdy dorůstá do výšky kolem 50 m s průměrem kmene 1–1,5 m, nejmohutnější jedinci mohou dosahovat objemu dřevní hmoty přes 30 m³ (Slávik & Bažant, 2016; Úradníček & Chmelař, 1995; Musil, 2002). Smrk má dva areály rozšíření: Severská oblast a Středoevropsko-balkánská oblast. V České republice je zastoupen pouze typ hercynsko-karpatský a nejčastěji obsazuje nadmořské výšky od 550 do 1 000 m n. m. Najdeme ho ale i ve výškách okolo 1 350 m n. m., nebo naopak hluboko pod růstovým optimem (200 m n. m.) (Slávik & Bažant, 2016). Koruna smrku je pyramidální, do vysokého věku špičatá, širší nebo užší a pravidelně přeslenitá, kdy větvení stromu je velmi variabilní (Musil, 2002). Doba kvetení probíhá od dubna do června a plodné roky se opakují po 4 až 5 letech, které jsou pro smrk až od 60 let věku (Úradníček & Chmelař, 1995). Šišky dozrávají na podzim a jsou 8–20 cm dlouhé téměř válcovité, nerozpadavé. Uvnitř šišek jsou malá tmavě hnědá semena, opatřena křídly o velikosti 2–5 mm. Kořenový systém smrku je plošný, při povrchu v rozmezí několika desítek cm až 1 m, bez zjevného hlavního kořene, což vede k častým vývratům (Slávik &

Bažant, 2016). Z tohoto důvodu je smrk náročný na půdní vlhkost, dobře snese nadbytečnou vlhkost i stagnující vodu bažin a rašelinišť. Při nedostatku vláhy je limitován dobrý růst smrku. Smrk je světlomilná dřevina, snášejíci v mládí zástin. Jeho husté porosty pohlcují většinu dopadajícího světla a silně zastíňují půdní povrch (Musil, 2002). Na půdu a podloží smrk neklade velké nároky, dokáže tvořit porosty na kyselých podložích, vápencích i na naplavených půdách, pouze pokud nejsou příliš suché nebo extrémně chudé (Slávik & Bažant, 2016). Semenačky klíčí epigeicky a mají obvykle osm děložních lístků. Od třetího roku vznikají pravidelné přesleny a zpočátku pomalý růst se zrychluje po 10 letech a vrcholí okolo 40. roku. Výškový přírůst končí zpravidla okolo 100 let (Slávik & Bažant, 2016; Úradníček & Chmelař, 1995), tloušťkový přírůst trvá po celou dobu růstu (Slávik & Bažant, 2016).

Smrkové dřevo se skládá z běli a vyvrálého dřeva. Běl je vnější část dřeva kmene přiléhající ke kambiu. Běl zprostředkovává transport vody s minerálními látkami z kořenů k listům a v ukládání zásobních látek a má tedy vyšší vlhkost (Tab. č. 1). Zbarvení bělového dřeva je rozmanité a typické pro jednotlivé dřeviny a vytváří různě širokou vrstvu. Vzhledem ke své anatomické struktuře, je propustnější pro vodu a méně trvanlivá a odolná vůči biotickým činitelům. Chemické složení běli obsahuje méně doprovodných složek fenolického charakteru (taniny, stilbeny) a její odlišná struktura může ovlivňovat fyzikální a chemické vlastnosti běli. Na běl navazuje vyvrálé dřevo. Vyvrálé dřevo lze pozorovat u čerstvě vytěžené kulatiny jako světlejší centrální část dřeva, oproti tmavěji zbarvené běli, díky vyššímu obsahu vody. Po vyschnutí kmene se barevný rozdíl mezi zónou běli a vyvrálého dřeva ztratí. Vyvrálé dřevo vzniká stejným procesem zjadernění jako pravé jádro a má všechny znaky jádra. Proces zjadernění probíhá ucpáním tracheid pryskyřicí nebo vnitřním napětím ve dřevě s následným odumíráním živých parenchymatických buněk a s ukládáním jádrových látek dochází k barevným změnám. Jádrové látky za přítomnosti specifických doprovodných složek (taniny, stilbeny) zvyšují trvanlivost a odolnost jádrového či vyvrálého dřeva, mající vliv na chemické, fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva. Dřevo pravého jádra má vyšší hustotu a nižší vlhkost dřeva než bělové dřevo. Impregnace buněčných stěn hydrofobními jádrovými látkami snižuje bobtnání a sesychání jádrového, v našem případě vyvrálého dřeva. Smrkové dřevo se dle hustoty dřeva, zjišťované přibližným odhadem hmotnosti vzorku při 12% vlhkosti, řadí mezi dřeva s nízkou hustotou ($\rho_{12} < 550 \text{ kg.m}^{-3}$) (Šlezingerová & Gandelová, 2002), při vlhkosti dřeva 0 % je hustota kolem 400 kg.m^{-3} (Tab. č. 2) (Vavrčík et al., 2002).

Hustotu dřeva ovlivňuje především vlhkost, šířka letokruhů, podíl letního dřeva, vybraná část kmene a věk stromu. Rozdíl v hustotě je samozřejmě u reakčního dřeva, větví a kořenů. Hustota dřeva se zvyšuje s vlhkostí (Požgaj et al., 1993). Tvrdost smrkového dřeva, zjišťované vrypem do dřeva, při vlhkosti 12 %, se řadí mezi dřeva měkká (<40 MPa). Průměrná hodnota meze pevnosti v tlaku podél vláken u dřev s vlhkostí 12 % je cca 50 MPa (Tab. č. 3)

(Horáček, 1998). Tvrdost dřeva se liší v rámci zón jádra a běle, v rámci jednoho letokruhu pak ve vrstvě jarního a letního dřeva (totéž platí o hustotě dřeva) (Šlezingerová & Gandelová, 2002).

Tab. č. 1 - Vlhkost ve dřevě smrku

Autor	Dřevina	Běl	Jádro
		% vlhkosti	
Trendelenburg, Mayer, Wegelin, (1955)	Smrk	130 - 160	30 - 42 +
Horáček, (2008)	Smrk	112 - 132	33 - 38

Tab. č. 2 - Hustota dřeva smrku

Autor	Dřevina	Hustota ρ_0 (kg.m ⁻³)	Tvrdost (Mpa)
Vavřík at el., (2002)	Smrk	420	26
Požgaj et al., (1997)	Smrk	350 - 400	-
Ugolev, (1975)	Smrk	420	-

Tab. č. 3 - Mez pevnosti dřeva smrku

Autor	Dřevina	Mez pevnosti [Mpa]; tlak podél vláken při w = 12 %
Kollmann, (1951)	Smrk	51,28
Ugolev, (1975)	Smrk	44,4
Lavers, (1993)	Smrk	51,28
Požgaj et al., (1997)	Smrk	34,1
Wagenführ, (2000)	Smrk	45,5
Heikkonen et al., (2007)	Smrk	45

Smrk je naše nejdůležitější užitková dřevina. Využívá se jako dříví stavební, truhlářské, nástrojařské. Smrková vláknina patří mezi nejlepší suroviny pro papírenský průmysl (Musil, 2002). Největší význam představuje jako stavební řezivo, především pro nadzemní stavby, pro výrobu střešních konstrukcí. Hojně se využívá v dřevostavbách jako základní součásti rámových konstrukcí (Slávik & Bažant, 2016).

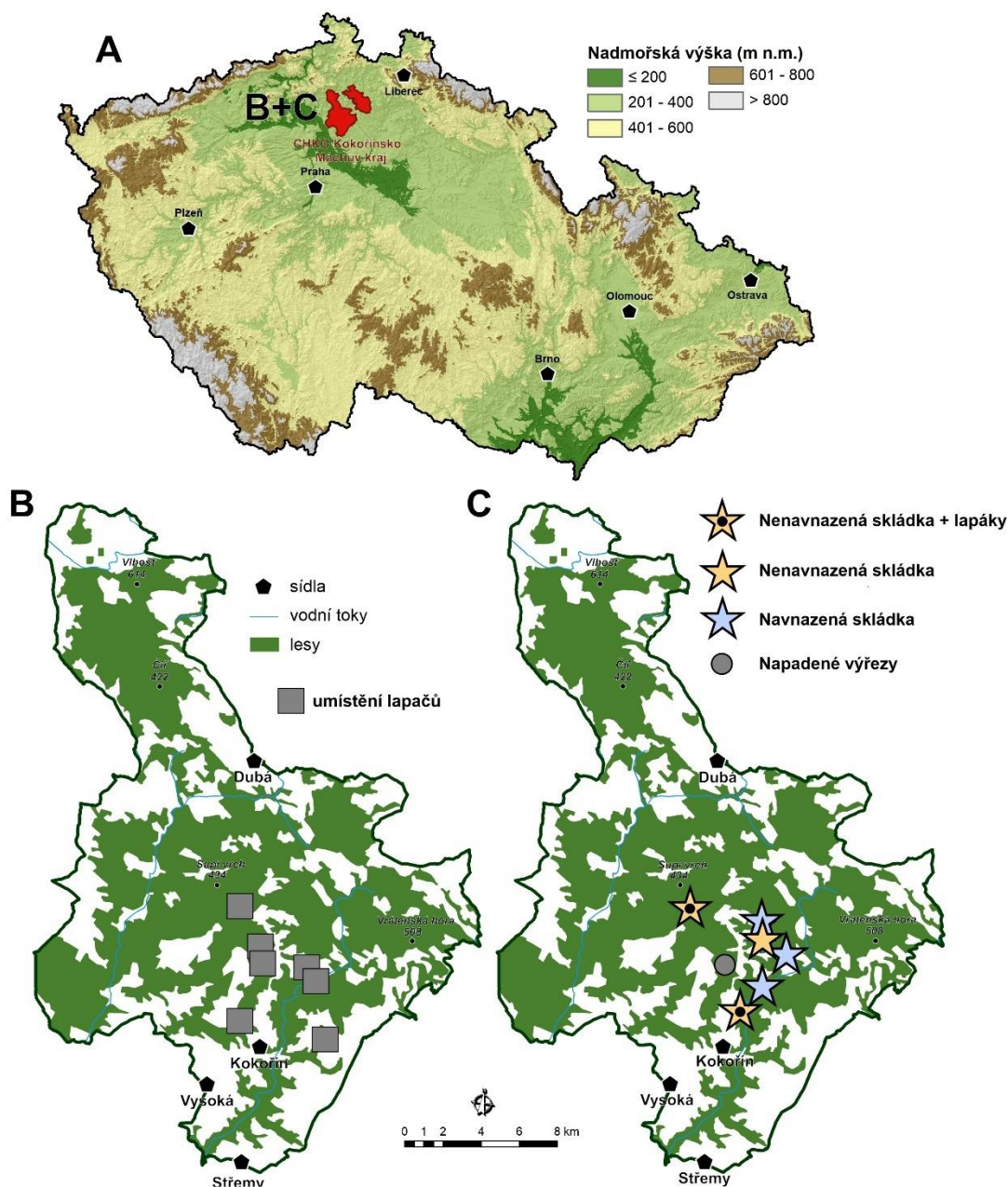
Velmi cenné je dřevo z horských poloh s hustými, stejnoměrnými letokruhy, tzv. dřevo rezonanční (Musil, 2002), které se využívá k výrobě hudebních nástrojů (Slávik & Bažant, 2016). Kvalitní sortimenty smrkového surového dřeva jsou vhodné k výrobě konstrukčních dých pro výrobu překližek a výrobě nábytku. Méně kvalitní dřevo se využívá v obalovém průmyslu k výrobě aglomerovaných materiálů, dřevotřísek a dřevovláknitých desek (Slávik & Bažant, 2016). Smrkové kultury a mlaziny jsou vhodné k produkci vánočních stromků, ozdobného klestu. Významný je také sběr pryskyřice a kůry. Pro sadovnictví se běžný smrk příliš nehodí, kvůli své citlivosti na znečištěné ovzduší, častěji se využívají jeho kultivary. Nepostradatelný je pro roubování jako podnože. Dříve se také používal do stříhaných plotů a zástěn (Musil, 2002; Úradníček & Chmelař, 1995).

4 Metodika

4.1 Praktická část

Pro diplomovou práci byly vybrány smrkové výřezy o středové tloušťce v rozmezí 25 až 40 cm, které byly odtěženy z lesa v majetku Špačkovy lesy, s. r. o. a Lesy augustiniánského opatství, s. r. o. na Kokořínsku. Pro získání dostatečného množství vzorků bylo vybráno 6 lokalit – skládek (Obr. č. 4), kde bylo ponecháno dřevo k napadení (Tab. č. 4). Na každé lokalitě (A–E) byly ponechány 3 výřezy o délce 8 m. Na lokalitě F byly připraveny 3 celé stromy o délce kolem 25 m a na lokalitě A byly navíc k 3 výřezům pokáceny 2 celé stromy o délce kolem 30 m. Celkem se jednalo o 15 smrkových výřezů o délce 8 m, měřené od paty stromu a 5 celých stromů. Při zaznamenání rozsáhlé hniloby při těžbě, došlo k vyzdravení výřezů o délce jeden až dva metry. Výřezy a kmeny byly ponechány na vybraných skládkách (A až F) od začátku března do konce května, které byly od sebe vzdáleny minimálně 800 m. Dřevo bylo ponecháno v polostínu nebo na přímém slunečním světle. Těžba dřeva proběhla 10. března 2021, kvůli dostatečné vlhkosti dřeva.

Začátkem března došlo k instalaci feromonových lapačů Theysohn, poblíž dlouholetých skládek smrkového dřeva. Dne 12. března 2021 došlo k vyvěšení feromonových odparníků XL ECOLURE do 7 lapačů a dále na 3 vybrané skládky (B, C, E), kde byla snaha o zvýšení napadení dřeva. Feromonové lapače byly vybírány každý týden a brouci byli uskladněni v plastových lahvičkách typu Eppendorf (objem 2,5 ml) v mrazicím zařízení. Každý týden probíhala kontrola skládek dřeva a stavu vyvěšených feromonů na skládkách.



Obr. č. 4 - Umístění skládek dřeva a lapačů v lokalitě Kokořínsko (autor)

Po ukončení letové aktivity byly jednotlivé druhy brouků určeny podle Pfeffera (1989) a Bussler & Schmidt (2008). Pohlaví bylo určeno podle sekundárních pohlavních znaků (konvexní čelo u samic a konkávní čelo u samců) (Pfeffer, 1989).

Z důvodu napadení výřezů lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus*) byly na žádost revírníků odstraněny ze skládek. Dne 04. 06. 2021 byly vybrané napadené smrkové výřezy (skládky B, E, F a Z) převezeny na soukromý pozemek, vhodný k další manipulaci. Ostatní dřevo na skládkách bylo zpracováno na dřevní hmotu.

Tab. č. 4 - Seznam lapačů a skládek

Odchytové zařízení	Označení	Lokalita	GPS souřadnice (°)		Nadmořská výška (m n. m.)	Datum instalace lapače/skládky	Datum instalace feromonu
			N	E			
Lapač	1	Sedlec u Mšena - pila	50.436	14.607	350	08.03.2021	08.03.2021
Lapač	2	Boudecká rokle	50.458	14.597	249	06.03.2021	12.03.2021
Lapač	3	Vojtěšský důl	50.463	14.591	263	06.03.2021	12.03.2021
Lapač	4	Pod Truskavnou	50.439	14.555	246	06.03.2021	12.03.2021
Lapač	5	U třech koní	50.462	14.563	275	06.03.2021	12.03.2021
Lapač	6	Pod Špičákem	50.469	14.561	287	06.03.2021	12.03.2021
Lapač	7	Střezivojický důl	50.484	14.545	318	06.03.2021	12.03.2021
Skládka	A	Pod Hradem	50.445	14.577	239	10.03.2021	-
Skládka	B	Pokličky	50.456	14.587	243	10.03.2021	12.03.2021
Skládka	C	Pod Střezivojicemi	50.480	14.583	273	10.03.2021	12.03.2021
Skládka	D	Pod Dobřeni	50.474	14.584	268	10.03.2021	-
Skládka	E	Planý důl	50.470	14.598	254	10.03.2021	12.03.2021
Skládka	F	Vidim	50.482	14.537	306	10.03.2021	-
Skládka	Z	U třech koní	50.462	14.563	273	10.03.2021	-

4.2 Zjišťování míry napadení

Pro zjišťování míry napadení jednotlivých výřezů byly za pomoci loupáku odkorněny oba konce výřezů (4 m) v délce okolo 1 m a 2 m výřezy byly odkorněny celé. Na základě drtinek a velikosti závrťů bylo sečteno napadení *T. lineatum* a *G. materiarius*, vždy na sekci o délce 50-100 cm na začátku a konci výřezů. K rozlišení závrťů došlo na základě jeho průměru, průměr závrťu *T. lineatum* se pohyboval okolo 1,5 mm, zatímco u *G. materiarius* se průměr závrťu pohyboval okolo 1 mm. U každého výřezu byl změřen průměr na začátku a konci sekce, délka sekce a tloušťka lýka. Hodnoty byly zanášeny do příručního zápisníku dle jednotlivých lokalit a dále zpracovány. Počty závrťů obou druhů byly přepočteny na celou plochu výřezu (4 a 2 m), podle vzorce pro výpočet plochy pláště komolého kužele.

4.3 Manuální měření požerků

Měření požerků probíhalo pomocí elektronického posuvného měřidla značky Parkside s přesností na 2 desetiny milimetru. Nejdříve došlo k okulárnímu zhodnocení míry napadení dřeva a následně vybrání jednotlivých částí dřeva k odseparování pomocí motorové pily. Po rozřezání na cca 20 cm dlouhé špalky, se za pomoci sekery

a následně dláta a kladiva oddělily části požerků. Pomocí dláta došlo k odhalení jednotlivých chodeb a nik. Pomocí posuvného měřidla byly změřeny průměry závrťů, délky a šířky chodeb (radiální a matečné), délky a šířky vaječných nik a pomocí okulární metody byl určen počet matečných a radiálních chodeb, počet vaječných nik celkem, počet matečných chodeb v požerku a počet vaječných nik v jednotlivých matečných chodbách. Celkem bylo zjištěno 25 parametrů.

4.4 Měření požerků metodou CT senzoru

Po okulárním zhodnocení míry napadení dřeva bylo vybráno 20 výřezů o délce 40 až 50 cm a průměru kolem 30 cm, které byly přepraveny do prostor FLD ČZU a uskladněny.

Vzorky smrkového dřeva byly nativně otestovány na multidetektorovém výpočetním tomografu (CT) Siemens Somatom Scope Power (Obr. č. 5) technikou spirálního skenování zdrojovými řezy o šířce 5 mm, kolimací detektorů 16 x 0,6 mm a pitch faktorem 1,3. Následně byly rekonstruovány řezy 0,75mm (High Resolution protokolem) s rekonstrukčním algoritmem zvýrazňujícím denzitní rozhraní pro vysoké rozlišení malých struktur. Protokol byl inspirován defaultním protokolem pro snímání hrudníku dospělého člověka z důvodů podobnosti denzit dřeva s denzitami plicního parenchymu. Výsledné snímky byly rekonstruovány do 3D MPR -multiplanárního zobrazení, tedy ve všech rovinách na sebe kolmých (a – axiální, b – sagitální, c – koronární).

V programu RadiAnt DICOM Viewer byly, za pomoci nástroje Measure, změřeny parametry: délka radiální chodby, délka matečné chodby, počet chodeb vpravo a vlevo od závrťu.

Pro hodnocení směru a tvaru chodeb vč. jejich orientace byly snímky hodnoceny také v 3D zobrazení VRT (volume rendering techniques).

Experimentálně byla do chodeb aplikována kontrastní látka (Iomeron 300), která zvyšuje výrazně denzitu, pro zobrazení a měření objemů chodeb požerků.

Na uvedených snímcích se požerky jeví jako nápadně hypodenzní. V laterálních chodbách je vidět nicméně hyperdenzní obsah, tvořen patrně mykotickými zbytky, sloužícími dříve jako potrava dřevokaza. Rozsah požerků vč. hodnocení počtu vaječných nik byl hodnocen v MPR obrazech jak axiálních, sagitálních i koronárních.

Jako vhodné pro rychlou orientaci se ukázalo použití MPR thickness (zobrazení více řezů v jednom) či MIP thin (maximum intensity projection).

Za pomoci CT skeneru bylo zaznamenáno 17 parametrů: délky radiální chodby a matečných chodeb. Počet matečných chodeb v požerku a počet nik v jednotlivých matečných chodbách.



Obr. č. 5 - Skenování výřezů na multidetektorovém výpočetním tomografu (CT) (autor)

4.5 Měření dalších vlastností dřeva

Při převozu materiálu ze skládek (04. 06. 2021) na soukromý pozemek, určený k manipulaci se zkušebními materiálem, byly odebrány vzorky pilin pomocí motorové pily, a to v celém průřezu kmene. Celkem bylo odebráno 9 vzorků z 9 výřezů (stromů). Piliny se odebíraly do plastového sáčku, který se ihned po odebrání hermeticky uzavřel a popsal. Poté se vzorky pilin převezly do laboratoře katedry zpracování dřeva a biomateriálů, kde pomocí přístroje OHAUS MB23 (Obr. č. 6), který pracuje na

principu úbytku hmotnosti při sušení (103 ± 2 °C), byla stanovena vlhkost dřeva pomocí vzorce:

$$\omega = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100 [\%]$$

(1)

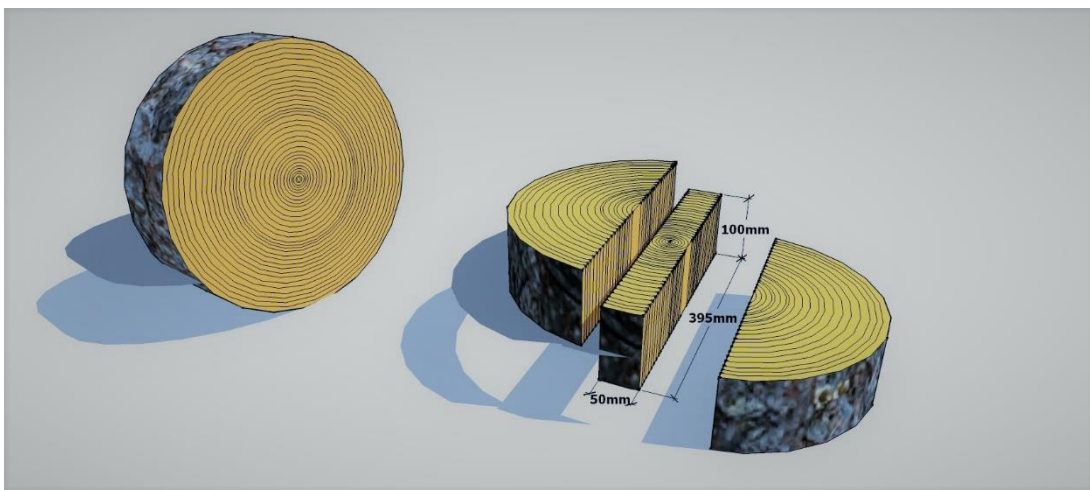
kde: m_1 hmotnost vzorku ve vlhkém stavu [g]
 m_0 hmotnost vzorku ve vysušeném stavu [g]
 ω vlhkost [%]



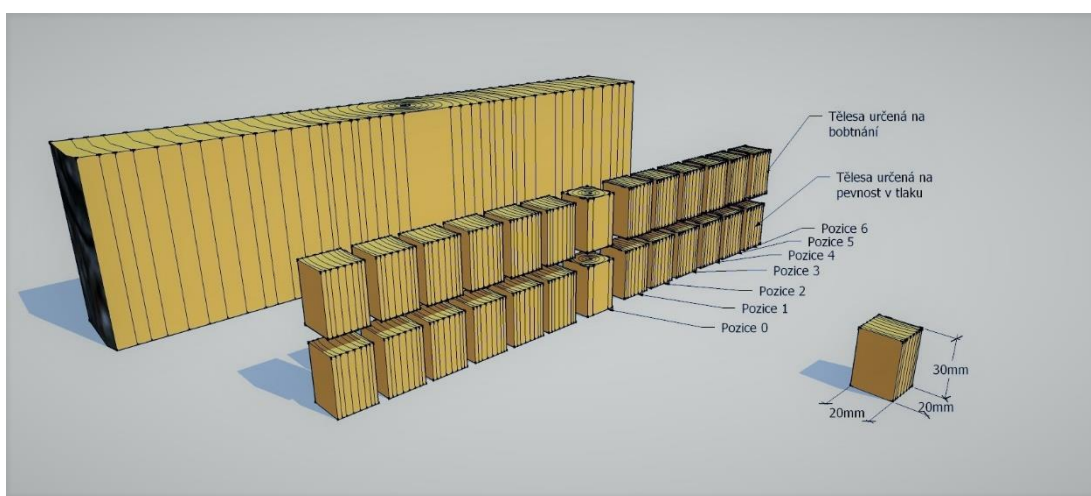
Obr. č. 6 - Analyzátor vlhkosti OHAUS MB 23 (autor)

Po dokončení tvorby chodeb samicí dřevokaze čárkovaného byly z krajů napadených výřezů odřezány kotouče o síle cca 10 cm (Obr. č. 7). Celkem se jednalo o 28 kusů, které byly odebrány z každého výřezu (4 m) na jeho slabší straně.

Z dřevěného materiálu byly získány vzorky o normalizovaných rozměrech $20 \times 20 \times 30$ mm (ČSN 49 0108), které byly označeny číselnou řadou podle vzdálenosti v řadě od dřene ke kůře a symbolem pro levou a pravou stranu, kdy střed představoval nulový bod (Obr. č. 8)



Obr. č. 8 – Příprava kotoučů na vzorky (autor)



Obr. č. 7 - Vzorky o normalizovaných rozměrech v jednotlivých pozicích od dřene (autor)

Tyto vzorky byly vysušeny pomocí horkovzdušné sušárny při teplotě 103 ± 2 °C na nulovou vlhkost. Pro určení objemové hmotnosti dřeva bylo potřeba znát objem zkušebních těles. Pomocí posuvného měřidla byly naměřeny rozměry tří řezů (radiální, tangenciální, příčný) vzorků s přesností na 0,01 mm. Poté byly vzorky váženy pomocí laboratorní váhy s přesností 0,01 g. Následně byly vzorky ponořeny na 14 dní do destilované vody, čímž se zvýšila jejich vlhkost na bod nasycení buněčných stěn.

V tomto stavu se opět měřily rozměry a zjišťovala váha vzorků. Díky těmto hodnotám bylo zjištěno objemové bobtnání i bobtnání v jednotlivých směrech za pomoci vzorce:

$$\beta_i = \frac{a_{imax} - a_{i0}}{a_{i0}} * 100 [\%] \quad (2)$$

kde: β_i bobtnání v určeném směru [%]
 a_{imax} rozměr tělesa v určeném směru při maximálně nabotnalém dřevě [mm]
 a_{i0} rozměr tělesa v určeném směru při nulové vlhkosti dřeva [mm]

Přepočet výsledků bobtnání v jednotlivých směrech byl proveden vzorcem:

$$a_i = \frac{100 * \beta_i}{100 + \beta_i} \quad (3)$$

kde: a_i sesychání v určeném směru [%]
 β_i bobtnání v určeném směru [%]

Díky naměřené hmotnosti v absolutně suchém stavu i v bodu nasycení vláken bylo možné určit hustotu při nulové vlhkosti a při vlhkosti okolo 12 % a jejich vliv na sesychání, objemové sesychání a sesychání v jednotlivých směrech. Hustota při nulové vlhkosti byla vypočtena podle ČSN 49 0108 podle vzorce:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0} [kg * m^{-3}] \quad (4)$$

kde: m_0 hmotnost tělesa při nulové vlhkosti [kg]
 V_0 objem tělesa při nulové vlhkosti [m³]

Pomocí přístroje Resistograph (Obr. č. 9), který pracuje na principu měření odporu při vrtání vrtákem o průměru 2 mm a je schopný zaznamenat hustotní změnu, bylo navrtáno 10 vzorků. Přístroj zaznamenává na grafu odpor při posouvání vrtáku, který odpovídá překonávání jednotlivých elementů ve dřevě, a to zejména hranici mezi

jarním a letním dřevem a dále je schopen zaznamenat hustotní změnu na základě hniloby ve dřevě nebo skryté praskliny. Při měření napadených výřezů bylo vrtáno v bezprostřední vzdálenosti od vstupního otvoru dřevokaze čárkovaného do dřeva a ve vzdálenosti zhruba 5 cm od tohoto otvoru (Obr. č. 10).



Obr. č. 9 - Odporový vrták Resistograph (autor)



Obr. č. 10 - Závrtý dřevokaze čárkovaného a vstupy vrtáku do dřeva označeny číslicemi 7 a 8 (autor)

Pro zjišťování pevnosti v tlaku byla použita zkušební tělesa o rozměrech $20 \times 20 \times 30$ mm. Vzorky byly postupně vkládány do zařízení, které umožňuje rovnoměrné zatěžování při konstantní rychlosti. Cílem této zkušební metody bylo zjištění maximálního zatížení porušujícího zkušební těleso v tlaku a následný výpočet pevnosti při tomto zatížení, za pomoci vzorce (ČSN 49 0110):

$$\sigma_f = \frac{F_{max}}{a \cdot b} [MPa] \quad (5)$$

kde: F_{max} síla na mezi pevnosti (N)
 $a \cdot b$ příčné rozměry tělesa (mm)

4.6 Statistické analýzy

Primární data změřená v terénu a v laboratoři byla přepsána a upravena v programu Microsoft Excel 2016. Následná statistická analýza (korelace, párové testy, neparametrické testy) a grafické zpracování výsledků (letová aktivita, krabicové grafy atd.) byly provedeny v programu STATISTICA 14. Pro porovnání odchyty samců a samic zástupců rodu *Trypodendron* byl použit Wilcoxonův párový test. Srovnání odchyty dřevokazů mezi lokalitami bylo analyzováno Kruskal Wallisovým mnohonásobným testem.

5 Výsledky

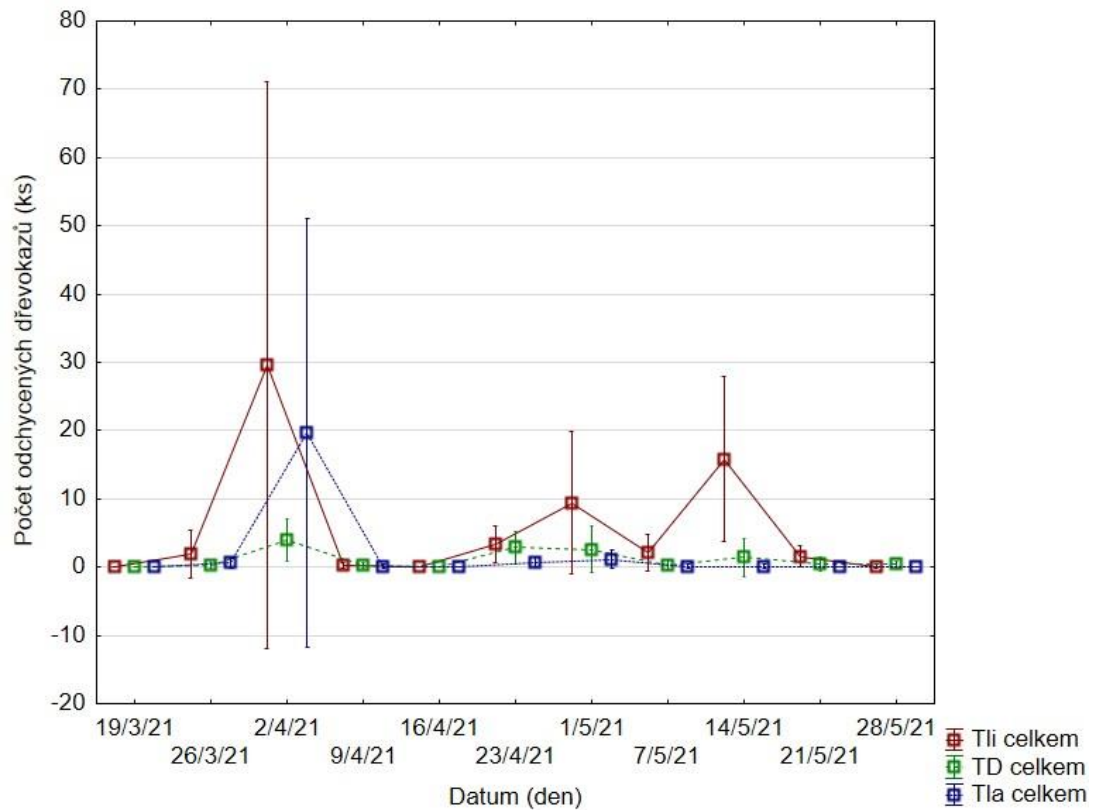
5.1 Letová aktivita, druhové spektrum

Při odchytu dřevokaze čárkovaného do feromonových lapačů byly zjištěni jedinci *T. lineatum*, *T. domesticum* a *T. laeve*. Podle počtu odchycených dřevokazů na jednotlivých lokalitách je zřejmé, že odchyty na lokalitách číslo 6 a 2 byly nejvyšší, zatímco lokalita č. 4 byla pro odchyt dřevokazů nejméně vhodná (Tab. č. 5).

Tab. č. 5 - Počet jedinců v rámci lokalit

Číslo lapače	Počet jedinců <i>T. lineatum</i>	Počet jedinců <i>T. domesticum</i>	Počet jedinců <i>T. laeve</i>
1	21	4	2
2	165	18	53
3	12	22	1
4	9	4	2
5	23	9	7
6	182	22	92
7	38	9	1
Celkem	450	88	158

Vrchol letové aktivity dřevokazů rodu *Trypandendron* byl zaznamenán okolo data 02. 04. 2021, kdy se podařilo odchytit cca 30 jedinců *T. lineatum* a cca 20 jedinců *T. laeve* (Obr. č. 11). Další vyšší odchyt byl zaznamenán okolo poloviny května, kdy bylo odchyceno 15 imag *T. lineatum*.

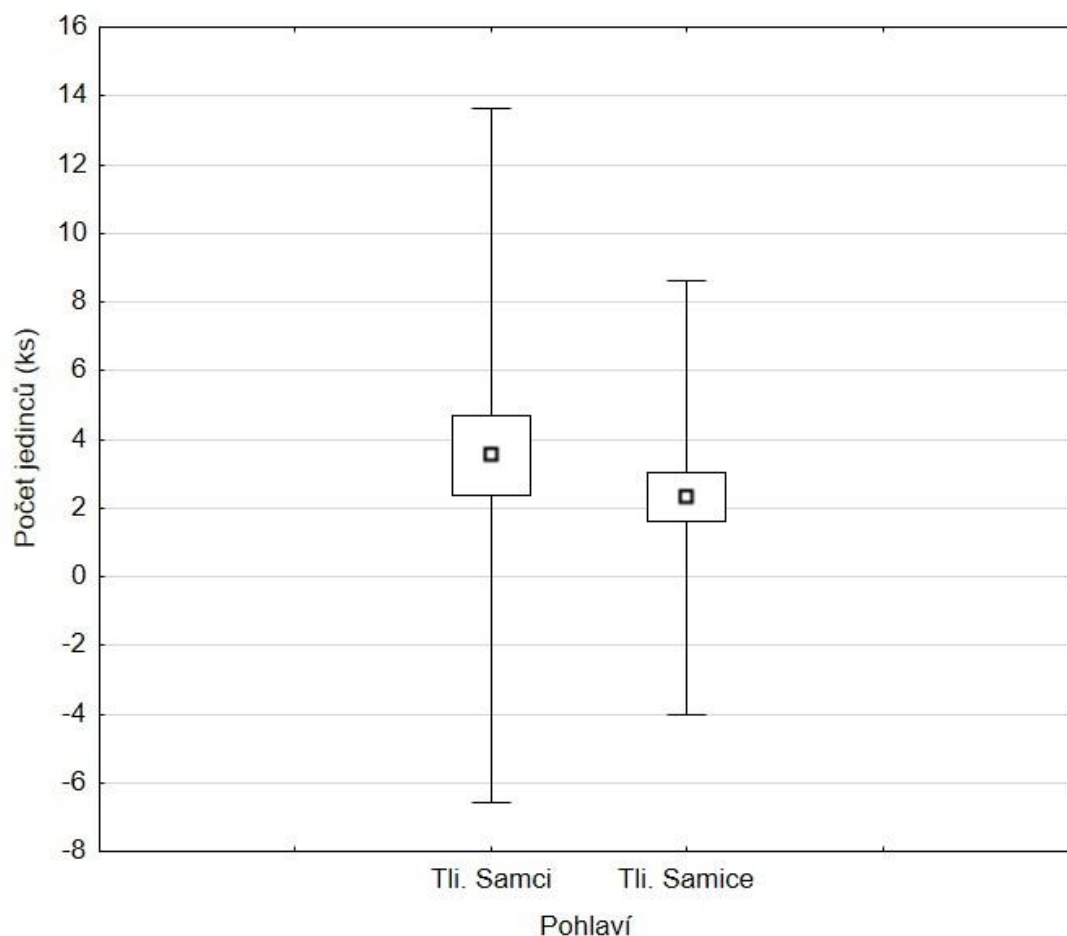


Obr. č. 11 - Letová aktivita dřevokazů r. *Trypodendron*

Tli (*Trypodendron lineatum*), TD (*Trypodendron domesticum*) Tla (*Trypodendron laeve*)

Na základě Wilcoxonova testu byl zjištěn signifikantní rozdíl u *T. lineatum*, kdy bylo zachyceno více samců ($Z = 2,16$; $p < 0,03$). U *T. laeve* ($Z = 1,16$; $p > 0,03$) ani u *T. domesticum* ($Z = 0,86$; $p > 0,03$) nebyl nalezen signifikantní rozdíl v počtech odchytených samců a samic.

Počet odchytených samců v lapačích dominoval nad počtem samic (Obr. č. 12).



Obr. č. 12 - Srovnání počtu odchytených samců a samic *T. lineatum* v lapáčích na studované lokalitě v roce 2021

▣ (průměr), □ (směrodatná chyba), ⊥ (směrodatná odchylka)

Při porovnávání odchytů mezi lokalitami nebyl zjištěn signifikantní rozdíl, odchvy dřevokaza čárkovaného byly srovnatelné na všech lokalitách (Kruskal-Wallisův vícenásobný test, $p > 0,05$).

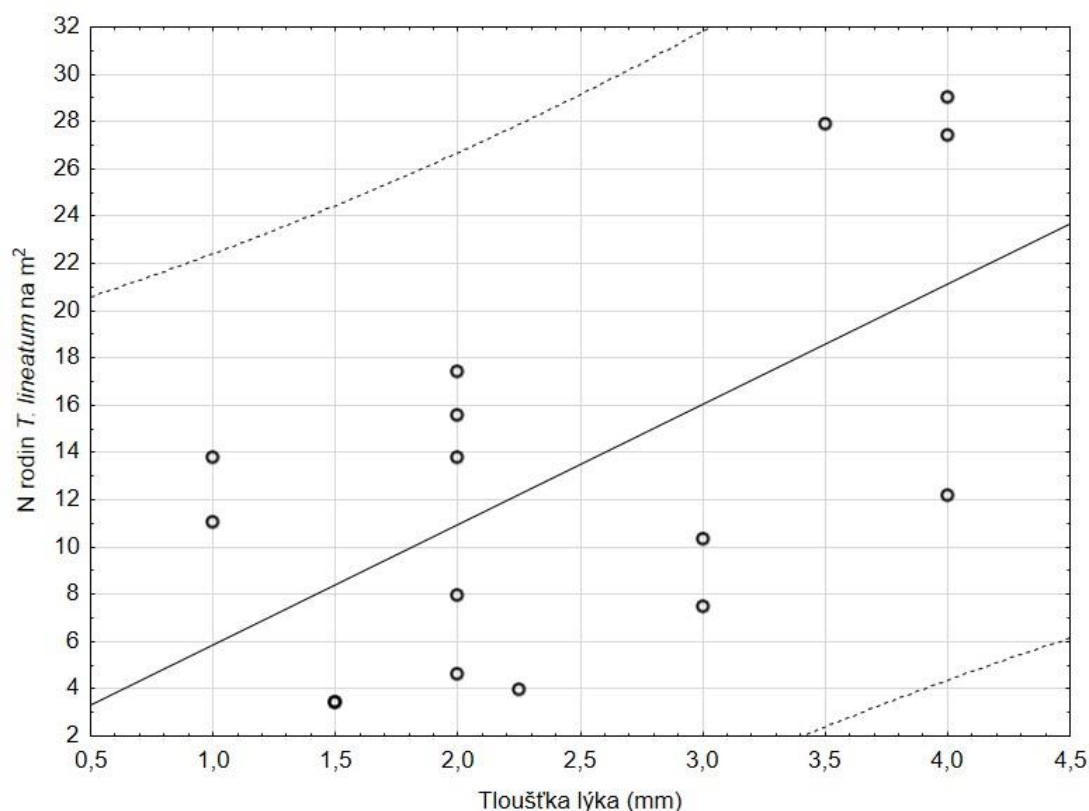
5.2 Prostorové uspořádání na lapáčích

Při posuzování míry napadení byly závrtky sledovány po celé délce lapáku. Na lapáčích byly zaznamenány dva druhy ambrosiových brouků: *T. lineatum* a *Gnathotrichus materiarius*. Průměrný počet závrtů *T. lineatum* na 1 m² byl 16,7, u *G. materiarius* bylo na 1 m² průměrně 1,4 závrtů. (Tab. č. 6). Nejvyšší počty závrtů na m² byly zjištěny na lokalitě Z. Nejnižší počty závrtů na m² byly na výřezech z lokality E.

Tab. č. 6 - Napadení dřeva v rámci lokalit

Lokalita	Počet závrťů <i>T. lineatum</i> na m ²	Počet závrťů <i>Gnathotrichus materiarius</i> na m ²
F	13,1	2
Z	33,6	0,7
B	11,9	1,6
E	8,3	1,3
Průměr	16,7	1,4
Celkem	66,9	5,6

Při testování dalších parametrů: tloušťka lýka, vzdálenost od paty stromu a průměr kmene, mající vliv na kvantitu napadení *T. lineatum* byl jeden významný parametr ovlivňující hustotu populace. Tloušťka lýka korelovala s mírou napadení kmene ($y = 0,7549 + 5,0901 \cdot x$; $r = 0,6086$; $p < 0,05$; $r^2 = 0,3704$) (Obr. č. 13). Vzdálenost od paty stromu neprokázala statistickou významnost vůči míře napadení *T. lineatum* ($y = 14,9476 - 0,1941 \cdot x$; $r = -0,1440$; $p > 0,05$; $r^2 = 0,0207$). Ani průměr kmene neměl vliv na míru napadení *T. lineatum* ($y = 8,4727 + 0,1736 \cdot x$; $r = 0,1098$; $p > 0,05$; $r^2 = 0,0121$).



Obr. č. 13 - Závislost počtu závrťů *T. lineatum* na tloušťce lýka

Stejné parametry: tloušťka lýka, vzdálenost od paty stromu a průměr kmene, v závislosti na napadení lapáků, byly testovány také pro *Gnathotrichus materiarius*, kdy průměr ani vzdálenost od paty neovlivnily výskyt *G. materiarius*. Pouze tloušťka lýka korelovala s mírou napadení lapáků ($y = -0,8121 + 1,1658 \cdot x$; $r = 0,5138$; $p < 0,05$).

5.3 Srovnání metod měření požerků dřevokaze čárkovaného

Bylo srovnáno měření manuální a měření pomocí CT skeneru (Tab. č. 7). Průměr závrtu se pohyboval od 1,5 do 1,6 mm. Počet vaječných nik u obou způsobů měření se pohyboval průměrně kolem 20, u manuálního měření byl maximální počet nik v jednom požerku 58 a u měření pomocí CT skeneru bylo nasčítáno maximálně 45 vaječných nik na jeden požerek. Průměrný počet matečných chodeb (3) byl stejný v obou případech měření. Nejdelší matečná chodba pro všechna měření měřila 83,2 mm, naopak nejkratší zaznamenaná matečná chodba měřila 3 mm. Radiální chodba se pohybovala od 2,5 mm do 30,5 mm v rámci celého měření.

Tab. č. 7 - Popisná statistika – manuální a CT měření chodeb

Parametry	Manuální měření (mm)					CT měření (mm)				
	N	Ø	S. D.	Min	Max	N	Ø	S. D.	Min	Max
Průměr závrtu	27	1,5	-	1,5	1,6	-	-	-	-	-
Délka r. chodby	27	13,1	6,1	4,9	28,4	145	11,7	4,9	2,5	30,5
Šířka r. chodby	27	1,5	-	1,4	1,6	-	-	-	-	-
Délka m. chodby č. 1	26	34,1	15,5	7,7	70,3	140	26,4	14,5	3,7	72,2
Šířka m. chodby č. 1	26	1,5	-	1,4	1,6	-	-	-	-	-
Počet nik chodby č. 1	26	7,0	5,2	-	19,0	140	6,5	5,0	-	27,0
Délka m. chodby č. 2	12	26,8	17,5	4,0	54,8	62	22,5	11,6	3,9	54,6
Šířka m. chodby č. 2	12	1,5	-	1,5	1,6	-	-	-	-	-
Počet nik chodby č. 2	12	6,4	6,0	-	17,0	62	6,3	5,0	-	22,0
Délka m. chodby č. 3	1	4,2	-	4,2	4,2	16	20,5	9,9	7,9	36,3
Šířka m. chodby č. 3	1	1,5	-	1,5	1,5	-	-	-	-	-
Počet nik chodby č. 3	1	-	-	-	-	16	5,8	2,8	2,0	10,0
Délka m. chodby č.4	27	38,1	18,1	5,6	82,1	142	32,0	18,4	3,9	83,2
Šířka m. chodby č. 4	27	1,5	-	1,5	1,6	-	-	-	-	-
Počet nik chodby č. 4	27	8,9	5,8	-	22,0	142	7,2	5,2	-	33,0
Délka m. chodby č. 5	13	28,2	11,6	9,5	49,5	62	29,1	16,6	3,0	67,5
Šířka m. chodby č. 5	13	1,5	-	1,5	1,6	-	-	-	-	-
Počet nik chodby č. 5	13	3,8	4,4	-	14,0	62	6,7	5,0	-	26,0
Délka m. chodby č. 6	4	34,6	14,8	13,1	45,5	13	17,5	10,4	4,3	33,2
Šířka m. chodby č. 6	4	1,5	-	1,5	1,5	-	-	-	-	-
Počet nik chodby č. 6	4	6,0	4,3	2,0	12,0	13	3,9	3,1	-	9,0
Počet matečných chodeb celkem	27	3,1	1,0	1,0	5,0	145	3,0	1,0	1,0	6,0
Počet nik celkem	27	21,2	10,5	7,0	58,0	145	19,8	9,8	7,0	45,0

N (počet měření), Ø (průměrná hodnota), S.D. (směrodatná odchylka)

r. (radiální), m. (matečná)

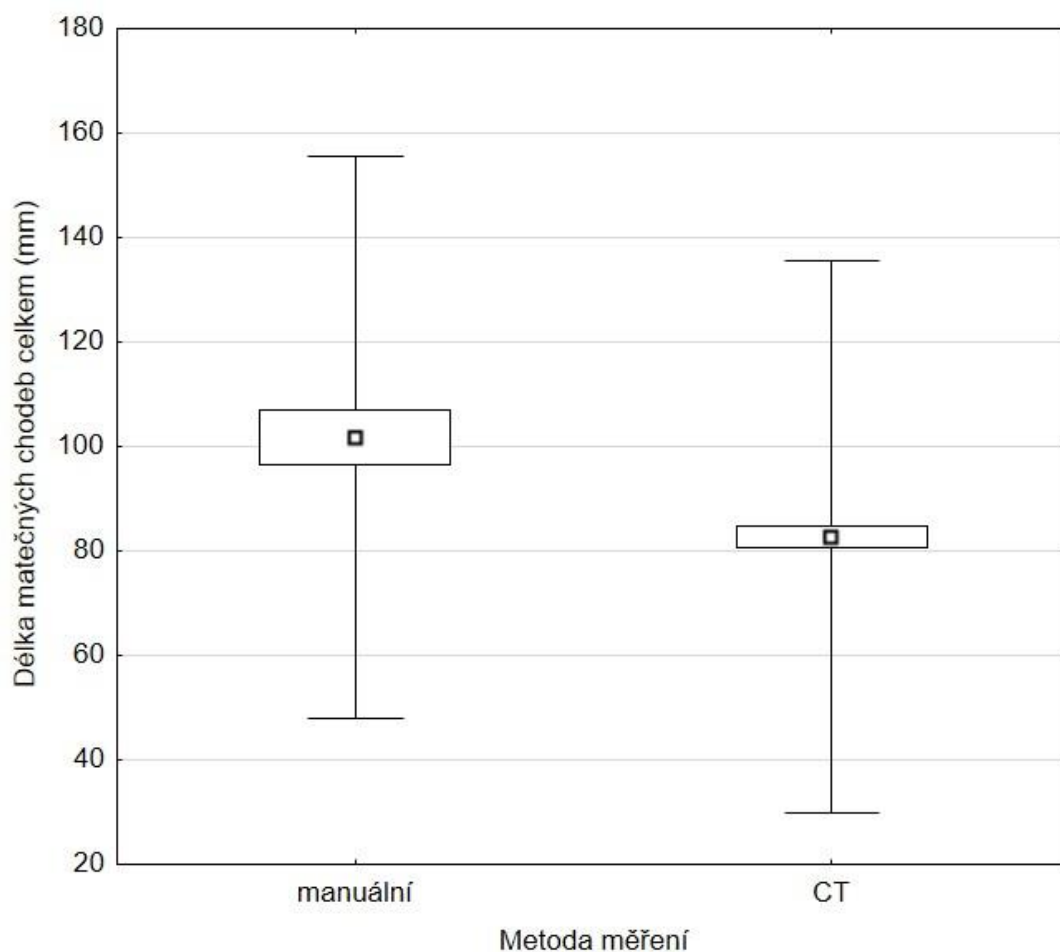
U manuálního měření (Tab. č. 8) bylo zaznamenáno 569 nik. Délka niky se pohybovala mezi 1,7 až 5,8 mm a šířka od 1,2 do 1,6 mm. Maximální počet nik v jednom požerku byl 58 a průměrný počet vaječných nik se pohyboval okolo 20. Nejdelší zaznamenaná chodba při manuálním měření měřila 82,1 cm ($\pm 15,4$), průměrná délka matečné chodby dosahovala 40 mm.

Tab. č. 8 - Popisná statistika – manuální měření chodeb a vaječných nik

Parametry	Manuální měření				
	N	Ø	S. D.	Min	Max
Délka niky	569	3,8	0,7	1,7	5,8
Šířka niky	569	1,5	0,1	1,2	1,6
Délka matečné chodby	569	40,0	15,6	4,0	82,1
Šířka matečné chodby	569	1,5	0,0	1,5	1,6
Počet nik v požerku celkem	26	20,7	10,5	7,0	58,0
Počet matečných chodeb v požerku celkem	26	3,2	1,0	1,0	5,0

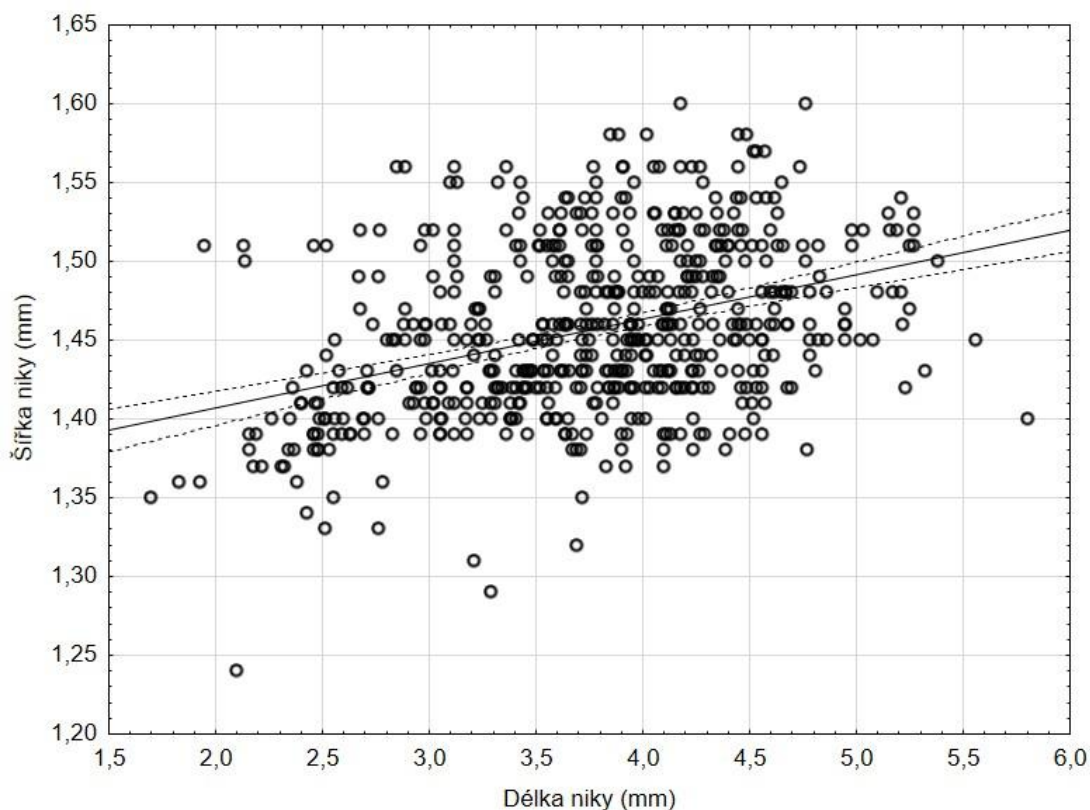
N (počet měření), Ø (průměrná hodnota), S.D. (směrodatná odchylka)

Srovnány byly jednotlivé parametry zjištěné manuálním měřením požerků. Délky matečných chodeb byly mezi měřeními rozdílné (ANOVA F (1;170) = 11,7698; $p < 0,05$) (Obr. č. 14). Délka matečných chodeb byla oproti CT měření delší v průměru o 20 %. V dalších parametrech nebyl zjištěn rozdíl.



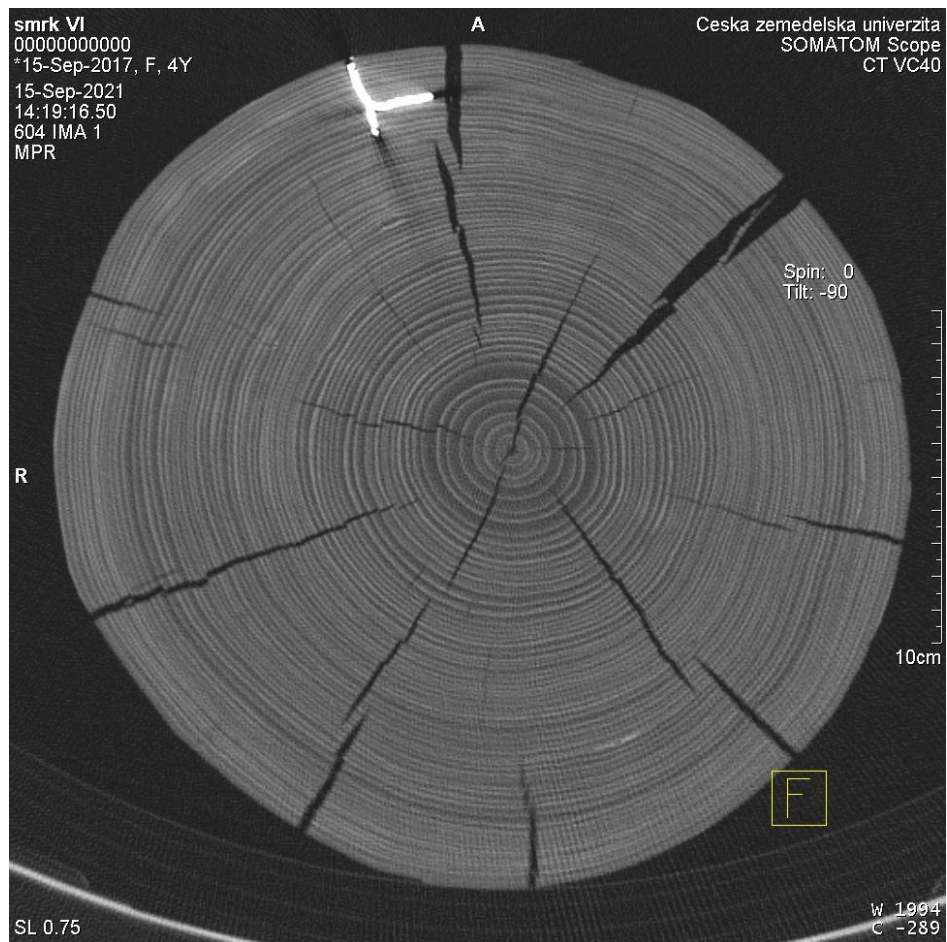
Obr. č. 14 - Délka matečných chodeb dřevokaze čárkovaného podle metody měření
 □ (průměr), □ (směrodatná chyba), I (směrodatná odchylka)

V rámci hodnocení manuálního měření bylo prokázáno, že s délkou matečné chodby stoupá počet nik ($y = 77,8715 + 1,1263 \cdot x$; $r = 0,4397$; $p < 0,05$; $r^2 = 0,1933$) a počet matečných chodeb koreluje s délkou chodeb ($y = 43,714 + 18,6485 \cdot x$; $r = 0,6754$; $p < 0,05$; $r^2 = 0,456$). Délka a šířka radiální chodby nebyly vzájemně ovlivňovány, stejně jako délka a šířka vaječných nik (Obr. č. 15).



Obr. č. 15 – Nepotvrzený vzájemný vliv délky a šířky vaječných nik dřevokaze čárkovaného

Experimentální metoda s kontrastní látkou aplikovanou do systému chodeb dřevokaze čárkovaného nepotvrdila možnou hypotézu o měření objemu chodeb (Obr. č. 16, Obr. č. 17).



Obr. č. 16 - Chodba dřevokaze čárkovaného v průřezu kmene zvýrazněná kontrastní látkou (autor)

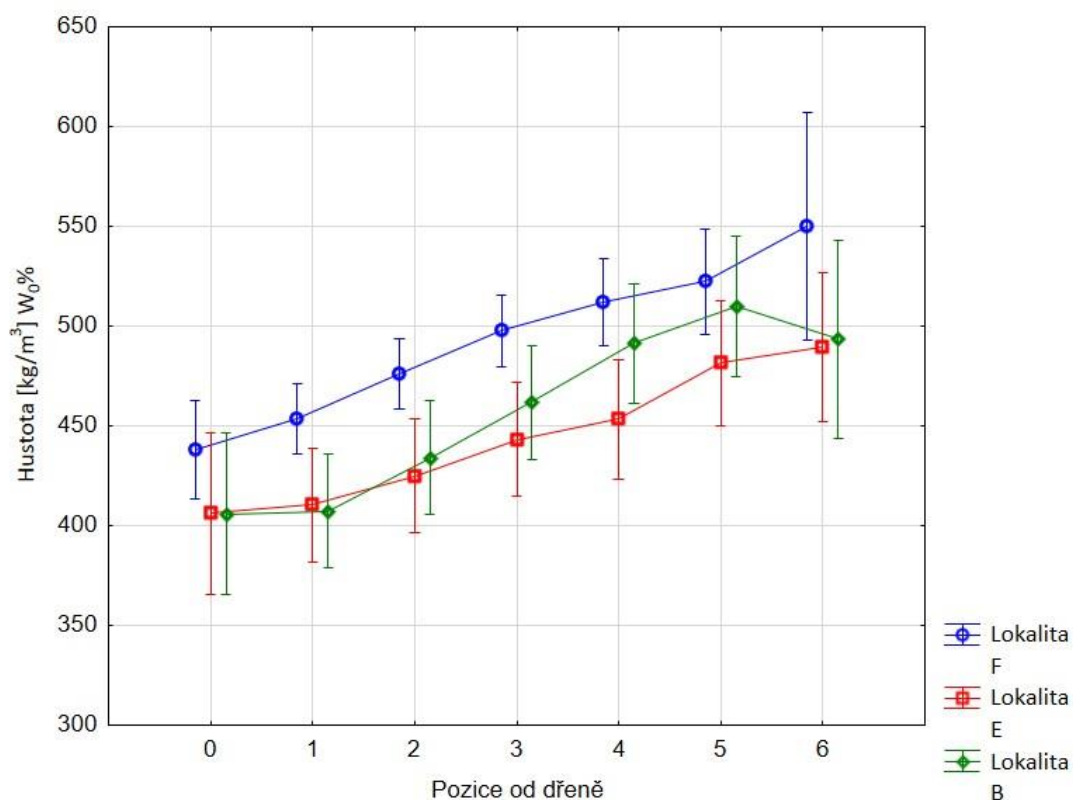


Obr. č. 17 - Chodba dřevokaze čárkovaného zvýrazněná kontrastní látkou ve 3D zobrazení (autor)

5.4 Vlastnosti dřeva

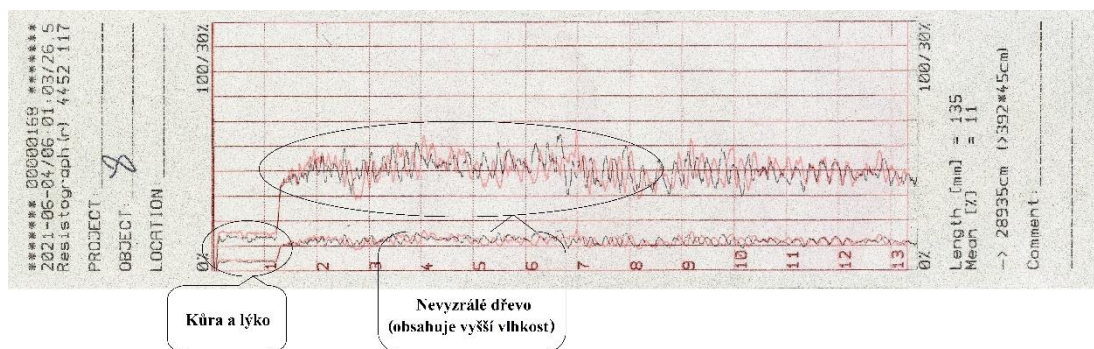
Vlhkost výřezů se pohybovala v rozmezí 27,7 – 55 %.

Hustota odebraného smrkového dřeva směrem od dřeně vzrůstá (Obr. č. 18). Větší rozptyl u pozice 6 je pravděpodobně způsoben začínajícím rozkladem dřeva z důvodu tří měsíční expozice na nechráněné skládce. Výskyt chodeb dřevokazného hmyzu byl zmonitorován až do hloubky 8 cm což odpovídá pozicím 4 až 6. Hustota dřeva se pohybovala v rozmezí od 405,7 do 550,0 kg/m³. Průměrná hustota dřeva na jednotlivých lokalitách vykazovala tyto hodnoty: pro lokalitu B – 457,6 kg/m³, pro lokalitu E – 444,2 kg/m³ a pro lokalitu F – 492,8 kg/m³.



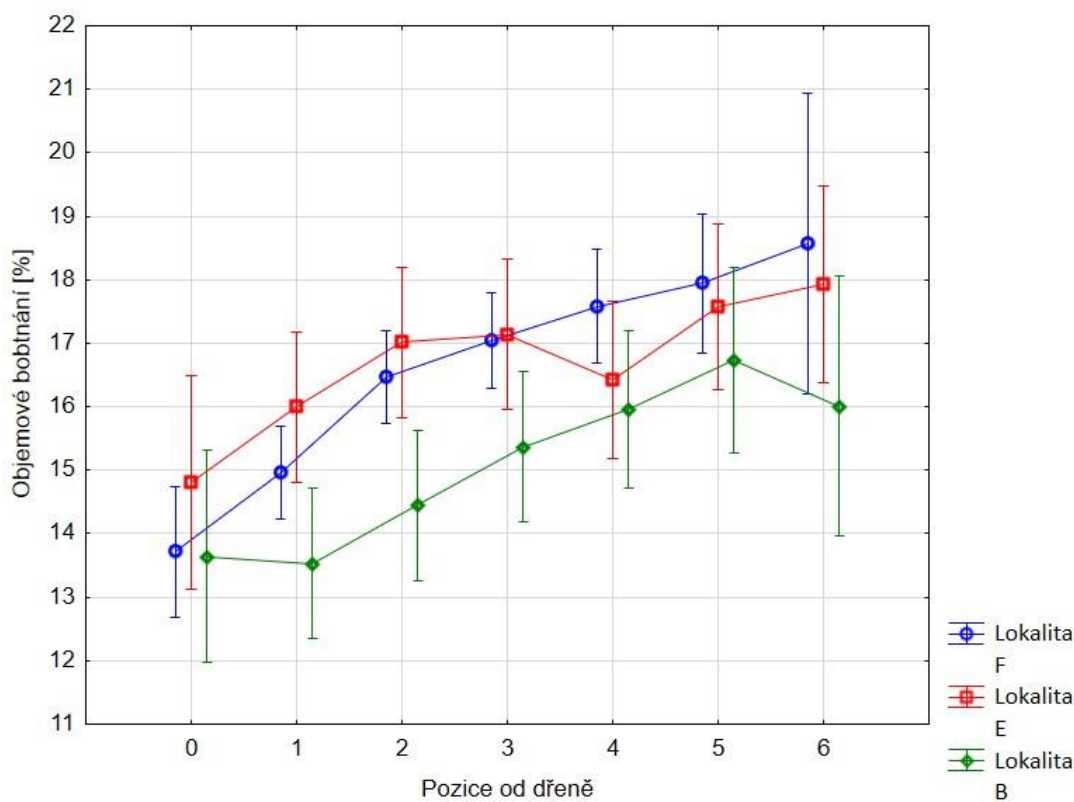
Obr. č. 18 - Změny v hustotě dřeva smrku v závislosti na pozici od dřeně

Při použití odporového vrtáku Resistograph byly zaznamenány 2 grafy (Obr. č. 19). Porovnáním grafů a zhodnocením materiálu v místě vstupu hmyzu a mimo něj, neukázalo překrytí křivek významný rozdíl z pohledu hustoty dřeva.



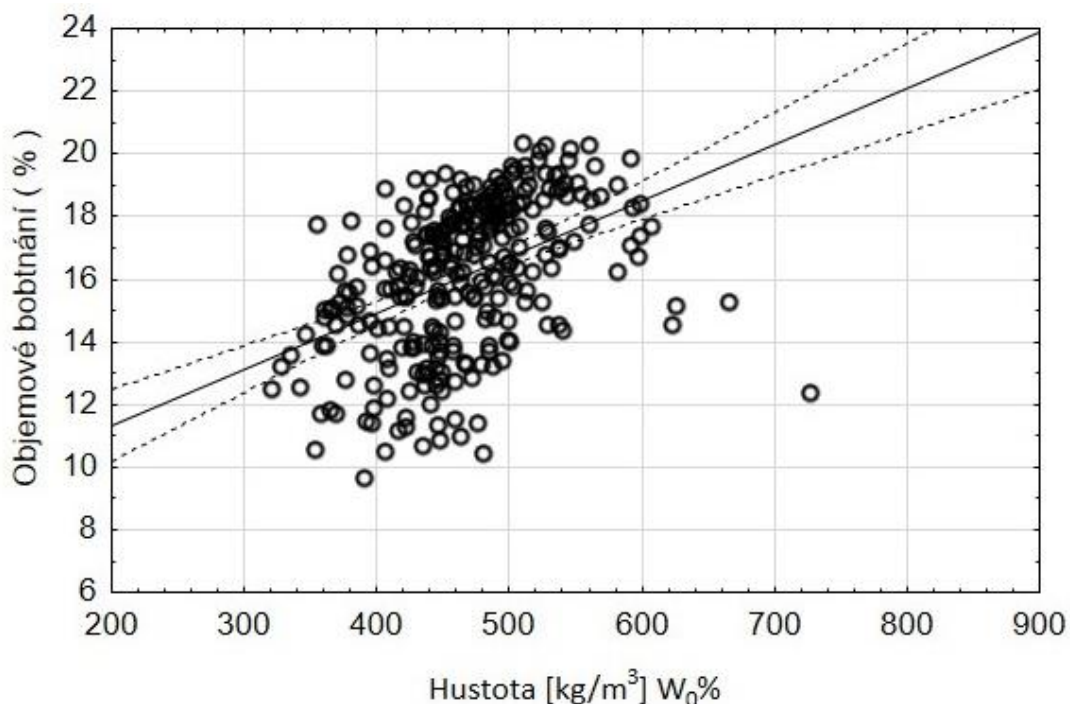
Obr. č. 19 - Porovnání dvou výstupů odporového vrtáku Resistograph (autor)

S rostoucí hustotou dřeva rostlo i objemové bobtnání, které se zvyšovalo od pozice 0 do pozice 6 u lokality F o 35,3 %, u lokality E o 21 %, u lokality B o 17,3 % (Obr. č. 20). Je patrné, že u lokality F, kde se prokázal největší výskyt dřevokazného hmyzu, se projevil největší nárůst bobtnání. Tento trend nebyl statisticky významný. Pokles bobtnání u lokality B v pozici 6 je způsoben poklesem hustoty o 4 % oproti pozici 5 a pokles bobtnání je zhruba o 5,3 %.



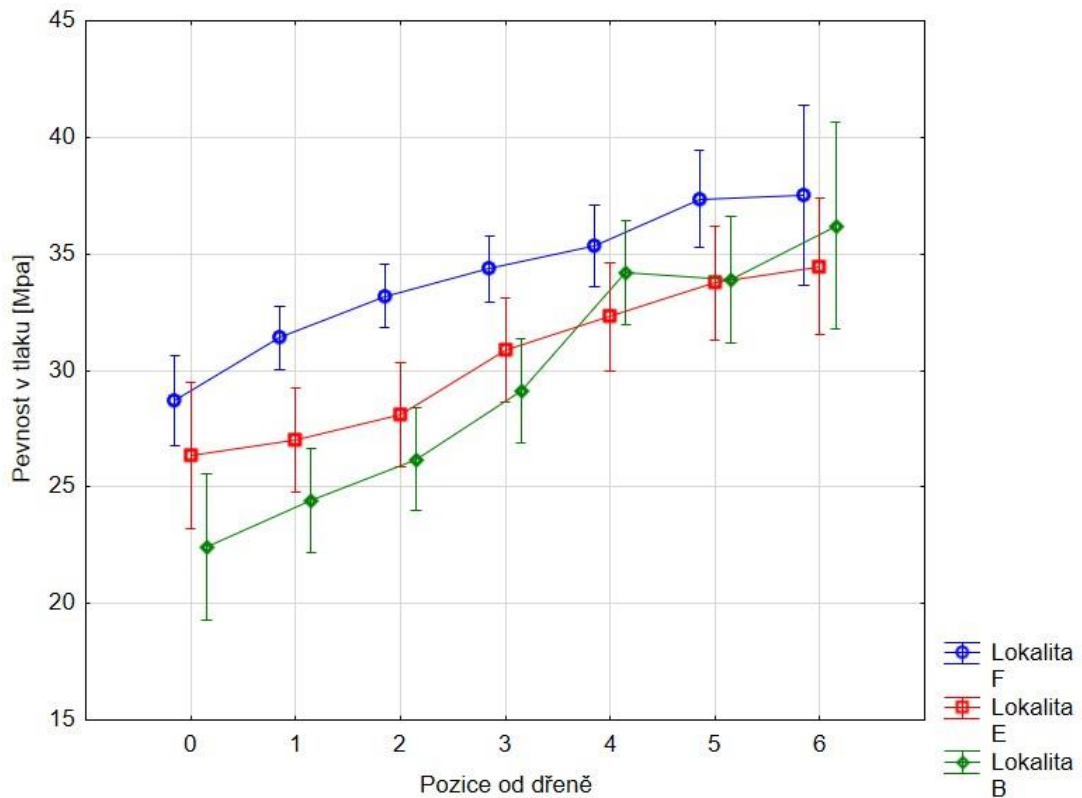
Obr. č. 20 - Objemové bobtnání smrku v závislosti na pozici od dřevě

Na bodovém grafu (Obr. č. 21) vidíme korelaci objemového bobtnání s hustotou dřeva při vlhkosti dřeva 0 %. Korelace parametrů byla zhruba 44,6 %.



Obr. č. 21 - Závislost objemového bobtnání smrku na hustotě dřeva při 0% vlhkosti

Pevnost dřeva v tlaku zaznamenává patrný nárůst od středu kmene až ke krajní části kmene (Obr. č. 22). Nejvyšší nárůst byl zaznamenán na lokalitě B, kde došlo k nárůstu o 61,6 %, na zbylých dvou lokalitách (E, F) došlo k nárůstu o 30 % od středu ke kraji kmene. Rozpětí pevnosti v tlaku se pohybuje od 22,4 do 37,5 MPa pro všechny lokality (Tab. č. 9). Průměrná pevnost tlaku pro lokalitu B byla 29,5 MPa, pro lokalitu E činila 30,4 MPa a pro lokalitu F byla 34 MPa.



Obr. č. 22 - Pevnost v tlaku smrku v závislosti na pozici od dřevě

V rámci vyhodnocování parametrů: hustota dřeva, objemové bobtnání a pevnost v tlaku, byla provedena deskriptivní statistika s hodnotami průměr, směrodatná odchylka, minimum a maximum pro jednotlivé parametry (Tab. č. 9). Průměrná hodnota hustoty dřeva na všech lokalitách byla $464,9 \text{ kg/m}^3$. Objemové bobtnání vzrostlo na všech lokalitách v průměru o 16,1 % a průměrná pevnost v tlaku odpovídala 31,3 MPa. Nejnižší naměřená hustota v rámci všech lokalit byla $321,5 \text{ kg/m}^3$ a nejvyšší naměřená hodnota hustoty dřeva činila $727,4 \text{ kg/m}^3$. Nejnižší nárůst objemového bobtnání dřeva byl o 9,6 % a oproti nejvyššímu nárůstu, který zaznamenal vzestup o 20,3 %. Pro parametr pevnost v tlaku byla nejnižší naměřená hodnota 19,5 MPa, naopak nejvyšší zjištěná hodnota se rovnala 45,2 MPa.

Tab. č. 9 - Popisná statistika – vybrané vlastnosti dřeva

Pozice od dřeně	Hustota [kg/m ³] W ₀				Bobtnání [%]				Pevnost v tlaku [MPa]			
	Ø	S. D.	Min	Max	Ø	S. D.	Min	Max	Ø	S. D.	Min	Max
0	405,7	101,9	321,5	625,8	13,6	1,3	12,1	15,1	22,4	2,4	19,5	26,6
1	407,3	87,2	328,9	666,1	13,5	1,8	10,5	16,8	24,4	3,1	19,7	29,7
2	433,9	100,6	361,4	727,4	14,4	2,4	9,6	18,5	26,2	3,5	21,9	32,9
3	461,8	74,8	376,3	623,7	15,4	2,6	10,7	19,8	29,1	4,1	19,8	33,1
4	491,4	46,9	446,3	599,7	16,0	2,4	11,5	18,9	34,2	3,6	28,8	41,6
5	509,8	37,9	459,3	529,3	16,7	1,9	13,4	19,4	33,9	3,6	25,6	38,3
6	493,4	19,7	463,5	518,0	16,0	1,5	14,0	18,2	36,2	0,5	35,5	36,8
0	406,3	32,6	360,6	460,4	14,8	0,9	13,6	16,1	26,4	2,2	22,8	28,9
1	410,3	27,0	376,2	459,7	16,0	1,1	14,4	17,7	27,0	2,4	22,3	31,2
2	424,8	31,9	355,0	468,8	17,0	1,6	14,0	19,2	28,1	3,4	20,7	33,9
3	443,2	24,1	409,0	481,7	17,1	1,9	13,1	19,2	30,9	2,4	27,6	36,4
4	453,5	21,1	415,1	489,9	16,4	1,9	13,1	19,4	32,3	3,8	28,2	41,2
5	481,5	30,5	435,5	528,5	17,6	1,8	13,9	20,2	33,7	3,7	28,9	40,1
6	489,7	23,5	456,9	534,5	17,9	0,8	16,5	19,3	34,5	3,2	28,4	38,3
0	438,0	32,3	353,5	485,7	13,7	2,2	10,5	17,5	28,7	4,3	24,8	41,9
1	453,7	35,6	357,8	531,8	15,0	2,2	10,9	19,2	31,4	3,9	23,6	42,2
2	476,0	42,3	362,2	561,0	16,5	2,3	11,0	20,1	33,2	4,2	26,4	41,3
3	497,8	39,8	418,4	582,0	17,0	2,5	10,4	20,3	34,4	4,0	26,0	40,2
4	512,0	45,1	435,8	599,1	17,6	1,6	12,9	19,6	35,3	5,2	22,4	44,7
5	522,4	40,5	465,1	608,2	17,9	1,3	16,2	20,3	37,4	3,6	33,6	45,2
6	550,0	33,7	512,2	594,0	18,6	0,2	18,2	18,8	37,5	2,4	33,7	40,1

Ø (průměrná hodnota), S.D. (směrodatná odchylka)

6 Diskuze

Nejvyšší odchvy dřevokazů rodu *Trypodendron* do lapačů byly zjištěny na lokalitách č. 6 a č. 2. Lokalita č. 6 byla umístěna na jižním svahu s čerstvě pokáceným smrkovým i listnatým dřívím a půldenním slunečním světlem, což mohlo způsobit vyšší odchyt brouků. Stejně na tom byla lokalita č. 2, která byla umístěna na západním svahu po loňské těžbě dřeva a s celodenním slunečním svitem. Zatímco lokalita č. 4 měla nejnižší odchyt způsobený umístěním ve vlhké, tmavé a studené kotlině, což mohlo způsobit neatraktivitu feromonového lapače. Na základě laboratorního určování druhů se podařilo klasifikovat tři druhy odchycených brouků rodu *Trypodendron*, a to *T. lineatum*, *T. domesticum* a *T. laeve*. Všechny tyto druhy jsou přitahovány agregačním feromonem lineatinem, obsaženým v návnadách (Martikainen, 2000; Lukášová et al., 2012; Lukášová & Holuša, 2014). Feromonové lapače s agregačním feromonem lákají obě pohlaví, závisí na prostředí (Borden et al., 1997) a také na typu, barvě a situování lapače v porostu (Shore & Lindgren, 1996). Letová aktivita dřevokazů započala v týdnu s datem 19. března, kdy byly v lapačích zachyceni první dospělci. Podle Harde et al., (2000), *T. lineatum* létá při teplotě nad 16 °C. Na rozdíl od *T. laeve*, který začíná létat již při teplotě 13 °C (Martikainen, 2000), *T. domesticum* byl zachycen pomocí feromonových lapačů už v únoru s maximální teplotou 12 °C (Stokkink et al., 2020). Tento rozdíl v letové aktivitě je zřejmě dán místem přezimování brouků (Holzschuh, 1995), kdy *T. laeve* přezimuje v kůře stromů (Martikainen, 2000), tím pádem létá dříve a kratší dobu (Borden, 1988; Martikainen, 2000) a *T. domesticum* přezimuje v chodbách svých požerků (Parini & Petercord, 2006), tudíž nemusí s počátkem letové aktivity čekat, až roztaje sníh. Podle záznamů z meteostanice Brandýs nad Labem, byla od 11. do 14. března denní teplota nad 10 °C (In-počasí.cz, 2021), což mohlo vést k započetí letové aktivity. Nejaktivnější byly brouci v týdnu od 2. dubna. V tomto týdnu kulminovaly počty odchytů u všech tří druhů rodu *Trypodendron*, kdy se teplota podle meteostanice Brandýs nad Labem pohybovala okolo 18 °C, jak uvádí web In-počasí.cz (2021). V polovině května byl zaznamenán nárůst zástupců dřevokaze čárkovaného, kdy dochází k sesterskému rojení (Martinek, 1961; Zahradník, 2002), proto je zde nárůst v počtech odchytů. Letová aktivita dřevokazů byla utlumena na přelomu května a června. U *T. lineatum* byl nalezen signifikantní rozdíl v pohlaví odchycených brouků ve prospěch samců. Vyšší poměr samců *T. lineatum* chycených v lapačích je dán složením feromonu, na

který by se měly chytat více samci než samice, protože chycené samice produkují další pohlavní feromony, které lákají samce (Schwerdtfeger, 1981). U *T. laeve* ani *T. domesticum* nebyl nalezen signifikantní rozdíl v pohlaví.

Při červnovém zkoumání prostorového uspořádání brouků na lapácích, které byly instalovány spolu s lapači, byl nalezen kromě *T. lineatum*, také *Gnathotrichus materiarius*, který má podobný závrť a požerok jako zástupci rodu *Trypodendron* (Mazur et al., 2018), ale průměr závrťu a chodeb je menší (Fitch, 1858). Pro analýzu napadení lapáku byly vybrány čtyři lokality, na kterých se vyskytoval napadený materiál smrkového dřeva. V rámci kvantity napadení byly zkoumány další faktory, zda ovlivňují míru napadení. Zvyšující se tloušťka lýka ukázala signifikantní rozdíl s mírou napadení výřezů u obou druhů. Je zřejmé, že brouci vyhledávají stromy s tlustší borkou a lýkem, tudíž napadají v hojně míře právě spodní části kmenů stojících stromů, jako jsou různé zlomy, polomy, vývraty a pařezy (Zahradník, 2002; Schade & Goldstein, 2003). *Gnathotrichus materiarius* napadá stojící stromy do výšky 2 m (Wood, 2007; Mazur a kol., 2018), přičemž v předložené práci byly závrty zaznamenány po celé délce výřezů. Zbýlé dva parametry, vzdálenost od paty stromu a průměr kmene, neměly v kvantitě napadení kmene význam, jak uvádí Schade & Goldstein (2003), dřevokaz napadá také hrubé dřevní zbytky, ale také tyčovinu a tyčkovinu (Olivier, 1795). Při zjišťování vlhkosti dřeva (provedeno 04. 06. 2022) byla průměrná vlhkost všech výřezů 40 %. Nejnižší vlhkost (27,7 %) měl výřez z lokality B se středovou tloušťkou 27 cm, naopak nejvyšší vlhkostí (55 %) disponoval výřez z lokality E, který měl středovou tloušťku 40 cm a zároveň zde bylo zjištěno velké množství závrťů. Dá se předpokládat, že si dřevokaz čárkovaný pro tvorbu chodeb vybere spíše silnější kmeny právě proto, že jsou schopny déle udržet požadovanou vlhkost v běli po celou dobu tvorby požerku a následného vývoje larev. Při pokusu, zda dojde k napadení celých stromů (25 m), byly závrty zaznamenány i okolo 20 m od paty stromu, kde se tloušťka kmene pohybovala okolo 12 cm a tloušťka lýka 1-2 cm. Rozložení vlhkosti v kmeni rostoucího stromu je nerovnoměrné. Jádro nebo vyvrálé dřevo jehličnanů má mnohem menší vlhkost než bělové dřevo (Matovič, 1993), z toho důvodu brouci dřevokaze čárkovaného napadají pouze bělovou část. Pro *T. lineatum* jsou velmi atraktivní čerstvě oslabené stromy, avšak raději obsazuje dřevo ze zimní nebo podzimní těžby, než stromy pokácené na jaře před rojením (Dyer & Chapman, 1965). Tyto stromy prošly delší dobou procesu výroby etanolu uvnitř kmene (Francezon & Stevanovic, 2017), proto

jsou pro dřevokaze čárkovaného více atraktivním materiálem pro tvorbu požerku. Můžeme říct, že pokud bychom započali výzkum již na podzim spolu s nakácením stromů na všech lokalitách, mohli bychom pozorovat vyšší míru napadení.

Za pomoci detekce chodeb CT skenerem nebylo možné vyhodnotit šířky chodeb, nik a průměr závrtu. Oproti předpokladu byly na snímcích dobře znatelné vaječné niky jednotlivých chodeb a chodby samotné. Při porovnání zjištěných parametrů chodeb došlo ke zkreslení u délky matečných chodeb. U měření pomocí CT skeneru bylo zkreslení 20 % oproti ručnímu měření. Tuto odchylku lze vysvětlit rekonstrukcí řezů v sekcích 0,75 mm, přičemž mohlo dojít ke zkreslení chodeb. Počet nik a počet matečných chodeb z obou měření spolu korelovaly, což naznačuje možnost analyzovat požerky pomocí CT bez nutnosti destrukce vzorků. Při pokusu aplikovat do chodeb dřevokaze čárkovaného kontrastní látku pro lepší analyzování chodeb a možného měření objemu celého požerku, se prokázalo mnoho faktorů eliminující použití této metody. Z důvodu členitosti chodeb se nepodařilo látku aplikovat do všech částí požerku. Navíc za přítomnosti trhlin, které procházely požerkem, se tato látka dostala i mimo požerky a došlo k celkovému zkreslení systému chodeb. Za předpokladu, že se podaří aplikovat kontrastní látku do celého požerku, by tato metoda usnadnila analyzování chodeb na snímcích CT skeneru, možnost výpočtu objemu požerku a stanovení hloubky řezu pro odstranění napadených částí výřezu pro další zpracování. Radiální chodby měřily v průměru 1,2 cm, maximálně však 3 cm, podobné hodnoty (1-4 cm) uvádí Zahradník (2002). Novák (1960) uvádí průměrně dvě matečné chodby v požerku, přičemž v této diplomové práci vyšel průměrný počet chodeb s hodnotou 3 a maximální délkou 8,2 cm, kterou ve své práci uvádí Novák (1960) také okolo 8 cm. Průměrný počet nik v jednom požerku se pohyboval okolo hodnoty 20 kusů. Podobné hodnoty uvádí Zahradník (2002), jedna samice naklade průměrně 10–20 vajíček, ojediněle to však může být až 50 kusů, stejně jako bylo naměřeno na vzorcích, kdy nejvyšší počet nik v jednom požerku dosahoval 58 kusů. U manuálního měření jsem zjistila korelaci u počtu matečných chodeb s jejich délkou. Při vyšším počtu chodeb se zvyšuje i jejich délka. Další korelace, ovšem s menší průkazností, se projevila u parametrů délka matečné chodby a počet nik. Se zvyšující se délkou matečné chodby přibývá i počet nik. Korelace se nepotvrdila u délky a šířky radiální chodby ani u délky a šířky niky. Je zřejmé, že šířka radiální chodby nezávisí na její délce, ale na velikosti samičky, která ji hloubí, stejně jako délka a šířka nik, které závisí na velikosti larvy, která je do otvoru kladena.

Hustota smrkového dřeva u lokalit B a E byla nižší než u lokality F, to může být důvod pro vyšší míru napadení výřezů z této lokality. Stejně tak byly na lokalitě F zaznamenány vyšší hodnoty pro bobtnání, jak uvádí Požgaj et al., (1993) a pevnost v tlaku (Čunderlík, 2009). Hustota dřeva se v celém průřezu kmene pohybovala v rozmezí 400-550 kg/m³ při vlhkosti 0 %, podle Vavrčík et al., (2002) a Ugolev (1975) se hustota při vlhkosti dřeva pohybuje okolo 420 kg/m³. Výskyt chodeb dřevokaze čárkovaného byl zmonitorován do hloubky až 10 cm, avšak v této hloubce nebyl zaznamenán výrazný rozdíl v hustotě dřeva, tudíž je tento faktor nevýznamný pro množství napadení. Bobtnání a sesychání dřeva je způsobeno hygroskopicitou dřeva. Velikost bobtnání ovlivňuje zejména hustota dřeva a další mikroskopické elementy dřeva, jako tloušťka buněčné stěny. Obecně se dá říct, že na stejný objem tělesa s větší hustotou je potřeba nominálně více vody než na těleso s menší hustotou. Z hlediska potřeb pro dřevokazný hmyz, který při náletu potřebuje mít minimálně 50 % vlhkost dřeva (Novák, 1960, Zahradník, 2002) je sortiment s větším objemovým bobtnáním, tedy i vyšší hustotou dřeva, vhodnější pro tvoření chodeb.

Velký vliv na pevnost dřeva v tlaku má kolísání vlhkosti, především voda vázaná na strukturu dřeva. Molekuly vody obsažené ve dřevě snižují soudržnost dřeva, a to až do bodu nasycení vláken (BNV) (Lexa et al. 1952). Pevnost v tlaku stoupá od středu kmene směrem ke kraji. Tento fakt způsobují morfologické změny při růstu kmene. Právě se zvyšujícím se věkem a větším průměrem kmene se zmenšuje přírůst, hustota dřevní substance je větší (Požgaj, et al., 1993). Pevnost v tlaku na pozicích nejdále od středu byla kolem 35 MPa, podle Požgaj et al., (1993) je pevnost v tlaku smrku 34,1 MPa. Jiné zdroje uvádí pevnost v tlaku mnohem vyšší, kolem 45 MPa (Ugolev, 1975; Wagenführ, 2000; Heikkonen et al., 2007) až 50 MPa (Kollmann, 1951; Lavers, 1993). Můžeme konstatovat, že surovina použitá na lapače v jednotlivých lokalitách je stejná, neboť se neprokázal statisticky významný rozdíl v pevnosti v tlaku mezi jednotlivými lokalitami. Pokles pevnosti u lokality B v krajní části kmene byl způsoben biotickým rozkladem povrchových letokruhů kulatiny, vlivem nadměrné vlhkosti a množství světla a větru, který na kmenovinu působil. Prokázaný výskyt dřevokaze čárkovaného je maximálně do hloubky kmene odpovídající pozicím 3 a 4, kde je pevnost všech lokalit téměř totožná. Lze říct, že kvalita kulatiny při napadení nemá staticky významný vliv na množství výskytu sledovaného dřevokazného hmyzu. Podle Nováka (1960) se pevnost smrkového dřeva v tlaku podél vláken při 10 závrtech dřevokaze čárkovaného na 1 dm² snižuje o 25 %,

v ohybu o 35 % a v přerážení o 45 %. V předložené práci s počty závrtů *T. lineatum* přepočtených na 1 m² nedošlo při zkoušce pevnosti smrkového dřeva podél vláken k výraznému odchýlení od pevnosti dřeva bez napadení ambrosiovým broukem.

Dalším testovaným hlediskem napadení smrku dřevokazem čárkovaným bylo zjistit, zda si dřevokaz nevybírám pro vstup do dřeva záměrně oslabená místa. Za pomoci Resistographu nebyl zjištěn rozdíl ve dřevě v místě vstupu hmyzu a mimo něj. Z praktického hlediska si dřevokaz vybírá místo pro vstup bez trhlin, kvůli dostatečné vlhkosti, která se přítomností prasklin snižuje (Čunderlík, 2009).

Dřevokazní brouci *T. lineatum* a *G. materiarius* jsou ve většině případů sekundární škůdci stromů, nebo naopak mohou předurčovat stromy k napadení primárními kůrovci (Ganz et al., 2003).

V budoucnu by bylo možné využitím CT skeneru vyčíslit peněžní ztráty po napadení dřevokazem čárkovaným. Pro srovnání lze použít údaje od Lindgren & Fraser (1994). Ti tvrdí, že roční hospodářský dopad ambrosiových brouků, hlavně *T. lineatum*, odhadují v rozmezí od 95 až 189 milionů dolarů. V České republice se evidence dřevokaze čárkovaného a množství napadeného dříví prozatím neprovádí, ale se zvyšujícími se populacemi na skládkách je tento monitoring v budoucnu možný.

7 Závěr

V březnu roku 2021 byl započat výzkum, který měl za cíl získat vzorky dřeva napadené dřevokazem čárkovaným a následně vyhodnotit míru poškození dřeva a vlastnosti dřeva, které ovlivňují kvantitu napadení.

Prvním cílem bylo popsat letovou aktivitu a druhové spektrum dřevokazů rodu *Trypodendron* na studijní lokalitě. Při odchycích na sedmi lokalitách se podařilo zjistit tři druhy, *T. lineatum*, *T. laeve* a *T. domesticum* v celkovém počtu 696 jedinců. Avšak pouze v případě *T. lineatum* byl zaznamenán vyšší počet samců v lapačích.

Analýza prostorového uspořádání ambrosiových brouků na lapácích prokázala přítomnost 2 druhů, *Trypodendron lineatum* a *Gnathotrichus materiarius*. Největší vliv na napadení stromů měla tloušťka lýka, na rozdíl od vzdálenosti od paty stromu a průměru kmene, kde se neprokázala významnost.

Vlastní měření chodeb dřevokaze čárkovaného probíhalo metodou skenování CT senzorem a ručním separováním vzorků. Při ručním měření byly změřeny všechny parametry chodeb, jak jejich délky a šířky, tak počet chodeb a nik. Naproti tomu u CT skeneru nebylo možné změřit šířky chodeb, nik ani průměr závrtu. Navzdory malých rozměrů chodeb se na CT snímcích podařilo dobře rozlišit jednotlivé chodby a vaječné niky, ale také určit délky jednotlivých chodeb a počet nik. Dále se podařilo prokázat korelace mezi počtem matečných chodeb a jejich délkou a délkou matečných chodeb a počtem nik. Ovšem při porovnání manuálního měření a měření pomocí CT skeneru došlo ke zkreslení 20 % při určování délky matečných chodeb. Na základě těchto poznatků je možné použít metodu CT skeneru pro hodnocení napadení a může pomoci pro další zpracování dřeva. Díky této metodě můžeme zjistit rozsah požerku, především jak hluboko zasahuje do dřeva a následně určit, jaká část výřezu není vhodná pro další zpracování.

Při posuzování vlastností dřeva nebyla zjištěna odchylka od udávaných tabulkových hodnot od zjištěné hustoty dřeva, objemového bobtnání ani od pevnosti v tlaku. Lze říct, že chodby dřevokaze čárkovaného nesnižují mechanicko-fyzikální vlastnosti celého kmene, ale omezují se jen na část dřeva, ve které jsou hloubeny chodby. Problém se dřevem mimo prostory chodeb může nastat za přítomnosti ambrosiových hub, které jsou zanášeny do místa požerku a mohou se rozšiřovat v jeho okolí.

8 Seznam literatury a použitých zdrojů

1. Batra L. R. (1963): *Contributions to our knowledge of ambrosia fungi II. Endomycoptis fasciculata* nom. nov. *American Journal of Botany*, 50, 481-87.
2. Belhoucine L., Bouhraoua R. T., Meijer M., Houbraken J., Harrak M. J., Samson R. A., Equihua-Martinez A., Pujade-Villar J. (2011): *Mycobiota associated with Platypus cylindrus (Coleoptera: Curculionidae, Platypodidae) in cork oak stands of north west Algeria, Africa*. *African Journal of Microbiology Research*, 5(25), 4411-4423.
3. Biedermann P. H., Vega F. E. (2020): *Ecology and evolution of insect–fungus mutualisms*. *Annual Review of Entomology* 65, 431–455.
4. Borden J. (1988): *The striped ambrosia beetle. Dynamics of Forest Insect Populations. Patterns, Causes, Implications*. A. Berryman, Plenum Press: p. 579–596.
5. Borden, J. H., Chong, L., Savoie, A., Wilson, I. M. (1997): *Responses to green leaf volatiles in two biogeoclimatic zones by striped ambrosia beetle, Trypodendron lineatum*. *Journal of Chemical Ecology*. 23, 2479–2491.
6. Brutovský D. (1999): *Hodnotenie feromónových lapačov na podkôrny hmyz v praxi*. *Les*, 3.16, 92-99.
7. Bussler H., Schmidt O. (2008): *Trypodendron laeve Eggers (1939) – Ein wenig bekannter Nutzholzborkenkäfer – Forstsch. Aktuell, Wien*, 45, 11-13.
8. Čunderlík I. (2009): *Štruktúra dreva*. Technická univerzita vo Zvolene. 135 s.

ČSN 49 0108. *Zistovanie hustoty pri fyzikálnych a mechanických skúškach*. Praha, Federální úřad pro normalizaci a měření. 1993. 5 s.

9. De Fine Licht H. H., Biedermann P. H. W. (2012): *Patterns of functional enzyme activity in fungus farming ambrosia beetles*. *Frontiers in Zoology*, 9, 13.
10. Dyer, E. D. A., Chapman, J. A. (1965): *Flight and attack of the ambrosia beetle, Trypodendron lineatum (Oliv.) in relation to felling date of logs*. *Can. Entomol.* 97, 42–57.
11. Faccoli M. (1998): *The North American Gnathotricus materiarius (Fitch) (Coleoptera Scolytidae): An ambrosia beetle new to Italy*. *Redia*, 81, 151-154.
12. Farris S. H. (1963): *Ambrosia Fungus Storage in Two Species of Gnathotrichus Eichhoff (Coleoptera: Scolytidae)*. *The Canadian Entomologist*, 95(3), 257-259.
13. Francezon N., Stevanovic T. (2017): *Chemical Composition of Essential Oil and Hydrosol from Picea mariana Bark Residue*. *BioResources*, 12, 2635-2645.
14. Francke-Grosmann H. (1956): *Hautdrüsen als träger der pilzsymbiose bei ambrosiakäfern*. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere* 45, 275–308.
15. Francke-Grosmann H. (1967): *Ectosymbiosis in wood-inhabiting insects*. In: *Henry SM, ed. Symbiosis*. New York: Academic Press. p. 142–206.
16. Ganz D. J., Dahlsten D. L., Shea P. J. (2003): *The post-burning response of bark beetles to prescribed burning treatments*. In: *Fire, Fuel Treatments, and Ecological Restoration: Conference Proceedings*. Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, CO, pp. 143–158.
17. Gaubicher B., De Proft M., Gregoire J. C. (2003): *Trypodendron domesticum and Trypodendron signatum: two scolytid species involved in beech decline in Belgium*. In: *McManus, Michael L.; Liebhold, Andrew M., eds. Proceedings: Ecology, Survey and Management of Forest Insects; 2002 September 1-5; Krakow, Poland. Gen. Tech. Rep. NE-311. Newtown Square, PA: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station. 134-135.*

18. Hadorn C., (1933): *Recherches sur la morphologie, les stades évolutifs et l'hivernage du Bostryche Liseré (Xyloterus lineatus Olivier)*. Org. de la Soc. forest Suisse. Bern. 11, 1-120.
19. Harde K. W., Severa F., Möhn E. (2000): *Der Kosmos Käferführer: Die mitteleuropäischen Käfer*. Stuttgart, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co KG, 352.
20. Harrington T. C. (2005): *Ecology and evolution of mycophagous bark beetles and their fungal partners*. In: Vega FE, Blackwell M, eds. Ecological and evolutionary advances in insect-fungal associations. New York: Oxford University Press. p. 257–291.
21. Heikkonen S., Luostarinen K., Piispa K. (2007): *Kiln drying of Siberian Larch (Larix sibirica) timber*. Research Reports. Finland, Mikkeli University of Applied Sciences. 78 p.
22. Holzschuh C. (1990): *Ein neuer, gefährlicher Nutzholzborkenkäfer in Österreich*. Forstschutz Aktuell, Wien (3), 2.
23. Holzschuh C. (1995): *Forstschädlinge, die in den letzten fünfzig Jahren in Österreich eingewandert sind oder eingeschleppt wurden*. Stapfia, 37, 129–141.
24. Holuša J., Lukášová K. (2017): *Pheromone Lures: Easy Way to Detect Trypodendron Species (Coleoptera: Curculionidae)*. J. Entomol. Res. Soc., 19(2), 23-30.
25. Horáček P. (1998): *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 124 s.
26. Hulcr J., Kolařík M., Kirkendall L. R. (2007): *A new record of fungus-beetle symbiosis in Scolytodes bark beetles (Scolytinae, Curculionidae, Coleoptera)*. Symbiosis,

27. Hulcr J., Stelinski L. L. (2017): *The ambrosia symbiosis: from evolutionary ecology to practical management*. Annual Review of Entomology 62,285–303.
28. In-Počasi.cz (2021) :https://www.in-pocasi.cz/aktualni-pocasi/brandys_nad_labem/?&typ=teplota&historie_bar_mesic=3&historie_bar_rok=2021#monthly_graph
29. Kirkendall L. R., Faccoli M. (2010): *Bark beetles and pinhole borers (Curculionidae, Scolytinae, Platypodinae) alien to Europe*. ZooKeys 56, 227–251.
30. Kirkendall L. R., Biedermann P. H., Jordal B. H. (2015): *Evolution and diversity of bark and ambrosia beetles*. In: Vega F, Hofstetter R, eds. *Bark beetles: biology and ecology of native and invasive species*. London, UK: Academic Press. p. 85–156.
31. Kolařík M. (2004): *Fascinující svět podkorního hmyzu–houbové symbiózy*. Živa, 2, 73-75.
32. Kollmann F. (1951): *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe*. 2nd ed. Berlin: Springer-Verlag. 1050 s.
33. Křístek J. a kol. (2002): *Ochrana lesů a přírodního prostředí*. Matice lesnické společnosti s.r.o. Písek, 386 s.
34. Křístek J., Urban J. (2004): *Lesnická entomologie*. Forest Entomology. Praha, Academia: 445 p.
35. Křístek J., Urban J. (2013): *Lesnická entomologie*. Academia. Praha. 448 s.
36. Kühnholz S., Borden J. H., Uzunovic A. (2001): *Secondary ambrosia beetles in apparently healthy trees: adaptations, potential causes and suggested research*. Integrated Pest Management Reviews, 6, 209–219.

37. Lavers G. M. (1993): *The strength properties of timber*. 3. edition. Watford, Garston: Building Research Establishment. 60 p.
38. Lehenberger M., Biedermann P. H. W., Benz J. P. (2019): *Molecular identification and enzymatic profiling of Trypodendron (Curculionidae: Xyloterini) ambrosia beetle-associated fungi of the genus Phialophoropsis (Microascales: Ceratocystidaceae)*. Fungal Ecology 38, 89–97.
39. Lexa J., Nečesaný V., Paclt J., Tesařová M., Štofko J. (1952): *Technologia dreva I. – Mechanické a fyzikálne vlastnosti dreva*. Bratislava: Práca, 436 s.
40. Li Y., Huang Y. T., Kasson M. T., Macias A. M., Skelton J., Carlson P. S., Yin M., Hulcr J. (2018): *Specific and promiscuous ophiostomatalean fungi associated with Platypodinae ambrosia beetles in the southeastern United States*. Fungal Ecology 35, 42–50.
41. Lindgren B. S., Fraser R. G. (1994): *Control of ambrosia beetle damage by mass trapping at a dry land log sorting area in British Columbia*. Forestry Chronicle. 70, 159-163.
42. Lukášová K., Knížek M., Holuša J., Čejka M., Kacprzyk M. (2012): *Is the bark beetle Trypodendron laeve (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) an alien pest in the Czech Republic and Poland?* Polish Journal of Ecology, 60, 789–795.
43. Lukášová K., Holuša J. (2014): *Comparison of Trypodendron lineatum, T. domesticum and T. laeve (Coleoptera: Curculionidae) flight activity in Central Europe*. Journal of Forest Science, 60(9), 382-387.
44. Martikainen P. (2000): *Flight period and ecology of Trypodendron proximum (Nijjima) (Col., Scolytidae) in Finland*. Journal of Applied Entomology, 124, 57–62.

45. Martikainen P., Viiri H., Rtty M. (2001): *Beetles (Coleoptera) caught with pheromones Gnathotrichus retusus and G. sulcatus (Col., Scolytidae) in southern Finland*. Anzeiger für Schädlingskunde, 74(1), 7-10.
46. Martinek V. (1961): *Problém natality a gradace kůrovce Ips typographus L. ve střední Evropě*. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, Ročník 71/1961. Řada MPV. Sešit 3.
47. Massoumi Alamouti S., Tsui C. K. M., Breuil C. (2009): *Multigene phylogeny of filamentous ambrosia fungi associated with ambrosia and bark beetles*. Mycological Research, 113, 822–835.
48. Matovič A. (1993): *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva*. Vysoká škola zemědělská v Brně. 212 s.
49. Mayers C. G., McNew D. L., Harrington T. C., Roeper R. A., Fraedrich S. W., Biedermann P. H. W., Castrillo L. A., Reed S. E. (2015): *Three genera in the Ceratocystidaceae are the respective symbionts of three independent lineages of ambrosia beetles with large, complex mycangia*. Fungal biology 119, 1075–1092.
50. Mayers C. G., Harrington T. C., Mcnew D. L., Roeper R. A., Biedermann P. H. W., Masuya H., Bateman C. C. (2020): *Four mycangium types and four genera of ambrosia fungi suggest a complex history of fungus farming in the ambrosia beetle tribe Xyloterini*. Mycologia 1-34.
51. Mazur A., Witkowski R., Góral J., Rogowski G. (2018): *Occurrence of Gnathotrichus materiarius (Fitch, 1858) (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) in South-Western Poland*. Folia Forestalia Polonica, Series A, 60(3), 154-160.
52. Miller D. R., Asaro C., Berisford C. W. (2005): *Attraction of southern pine engravers and associated bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) to ipsenol, ipsdienol, and lanierone in southeastern United States*. J. Econ. Entomol. 98, 2058-2066.

53. Musil I. (2002): *Lesnická dendrologie 1. Jehličnaté dřeviny*. Česká zemědělská univerzita v Praze. 177 pp.
54. Novák V. (1960): *Dřevokaz čárkováný a boj proti němu*. SZN Praha, 132 str.
55. Novák V., Samsinsakova A. (1962): *Les essais d'application du champignon parasite Beauveria bassiana (Bals.) Vuill. Dans la lutte contre les parasites en agriculture et sylviculture en CSSR*. Colloques Internationaux de Pathologie des Insectes, Paris, p. 133–135.
56. Olenici N., Knížek M., Olenici V., Duduman M., Biriş I. (2014): *Firts report of three scolytid species (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) in Romania*. Annals of Forest Research.
57. Paine T. D., Raffa K. F., Harrington T. C. (1997): *Interactions among scolytid bark beetles, their associated fungi, and live host conifers*. Annu. Rev. Entomol. 42, 179–206.
58. Parini C., Petercord R. (2006): *Der Laubnutzholzborkenkäfer Trypodendron domesticum L. als Schädling der Rotbuche*. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz 59/06, 63-77.
59. Park J., Reid M. L. (2007): *Distribution of a bark beetle, Trypodendron lineatum, in a harvested landscape*. Forest Ecology and Management, 242, 236–242.
60. Pfeffer A. (1989): *Kůrovcovití Scolytidae a jádrohlodovití Platypodidae*. 1. vydání. Academia, Praha, p. 137.
61. Požgaj A., Chovanec D., Kurjatko S., Babiak M. (1993): *Štruktúra a vlastnosti dreva*. Bratislava: Príroda, 488 s.
62. Rejžek L. (2014): *Vady a škůdci dřeva*. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, 94 stran.

63. Rudinsky J. A. (1962): *Ecology of Scolytidae*. Annual Review of Entomology, 7(1), 327-348.
64. Shore T. L., Lindgren B. S. (1996): *Effect of ethanol and α -pinene on response of ambrosia beetle, Trypodendron lineatum, to lineatin-baited funnel and drainpipe traps*. Journal of Chemical Ecology. 22, 2187-2196.
65. Schade G. W., Goldstein A. H. (2003): *Increase in monoterpene emissions from a pine plantation as a result of mechanical disturbances*. Geophys. Res. Lett. 30, 1380.
66. Schneider I. (1975): *Untersuchungen über die biologische Bedeutung der Mycetangien bei einigen Ambrosiakäfern*. Material und Organismen 3, 489–497.
67. Schwerdtfeger F. (1981): *Waldkrankheiten*. München, Paul Parey: 486.
68. Slávik M., Bažant V. (2016): *Dřevařská dendrologie I. Dřeviny nahosemenné – Gymnospermy*. Česká zemědělská univerzita v Praze. 107 s.
69. Stokkink E., Borden J. H., Humble L. M., Chong L. J. (2020): *Geographic range and seasonal occurrence in British Columbia of two exotic ambrosia beetles as determined by semiochemical-based trapping*. Journal of the Entomological Society of British Columbia, 117 p.
70. Šlezingerová J., Gandelová L (2002): *Stavba dřeva*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 187 s.
71. Trendelenburg R., Mayer-Wegelin H. (1955): *Das Holz als Rohstoff*. München, Hanser, 541 s.
72. Ugolev V. N. (1975): *Drevesinovedenijes osnovami lesnovo tovarovedenja*. Moskva. 382 s.

73. URBAN J. (1997): *Ochrana dřeva I*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 131 s.
74. Úradníček L., Chmelař J. (1995): *Dendrologie lesnická I. – část, Jehličnany*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 246 s.
75. VAVRČÍK H. (2002): *Využití fluorescenční mikroskopie při detekci ligninu ve zdřevnatělé buněčné stěně dřeva smrku*. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 5, p. 21-29.
76. Wagenführ R. (2000): *Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag. Holzatlas*. 5. vydání München, 707 s.
77. Witkowski R. (2020): *Ekologia i fenologia Gnathotrichus materiarius (Fitch, 1858) (Coleoptera, Scolytinae) w warunkach ekspansji w Polsce*. Uniwersytet przyrodniczy w Poznaniu wydział leśny 1-72.
78. Wood S. L. (1982): *The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph*. Memoirs of the Great Basin Naturalist, 6, 1-1359.
79. Wood S. L., Bright D. E. (1992): *A catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), Part 2: Taxonomic Index Volume A, B*. Great Basin Naturalist Memoirs, 13, 835-1557.
80. Wood S. L. (2007): *Bark and ambrosia beetles of South America (Coleoptera, Scolytidae)*. Stephen L. & Elizabeth G. Wood Endowment Fund, Monte L. Bean Life Science Museum, Brigham Young University, Provo, 1-909.
81. Yang Q. F., Ye H. Z., Zhang M. (2008): *Composition and variety of the ambrosia fungi associated with ambrosia beetle, Xylosandrus germanus (Blandford) (Coleoptera: Scolytidae)*. Acta Entomologica Sinica, 51(6), 595-600.

82. Zahradník P., Liška J., Žďárek J. (1993): *Feromony v ochraně lesa*. MZe ČR, 56 str.

83. Zahradník P. (2002): *Dřevokaz čárkovaný Trypodendron (=Xyloterus) lineatum (Ol.)*. Lesnická práce, 8, 1-4.