

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Verifikace monitorovací metodiky kůrovců pro rozsáhlá
území**

Diplomová práce

Vojtěch Pešička

Prof. Ing. Jaroslav Holuša Ph. D

2025/2026

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Vojtěch Pešička

Lesní inženýrství

Název práce

Verifikace monitorovací metodiky kůrovců pro rozsáhlá území

Název anglicky

Verification of bark beetle monitoring methodology for large areas

Cíle práce

Srovnat druhové spektrum kůrovců sousedních území ve vztahu k environmentálním faktorům

Metodika

Studium proběhne ve 3 faunistických čtvrcích: xy-xy na majetku xy. V každém faunistickém čtvrci budou vybrány čtyři lokality se smíšenými lesy. Na každou lokalitu budou instalovány 3 lapače typu ECOTRAP ve vzájemné vzdálenosti 20–100 m. V lapačích budou návnady: 1. ethanol, 2. α -pinen, 3. α -pinen plus ethanol. Pasti budou instalovány na konci března (podle počasí) a od data instalace budou exponovány 2-3 měsíce tak, aby pokryly letovou aktivitu kůrovců během jarního období. Interval výběru bude 2–4 týdny podle průběhu počasí. Budou provedeny analýzy nakolik se liší druhová spektra kůrovců v sousedních územích, a jak je ovlivňují environmentální faktory. Data budou vyhodnocena pomocí nástrojů vícerozměrné statistiky.

Harmonogram

Duben 2024 – instalace opatření

Květen až srpen 2024 – odběry vzorků a postupné počítání

Září 2024 – statistické zpracování dat

Listopad 2024 – sepsána metodika a literární rešerše

Leden 2025 – první verze diplomové práce

Duben 2025 – odevzdání diplomové práce

Doporučený rozsah práce

40 s.

Klíčová slova

kůrovci, monitoring, ethanol, alfa pinen

Doporučené zdroje informací

- Brockerhoff, E. G., Jones, D. C., Kimberley, M. O., Suckling, D. M., & Donaldson, T. (2006). Nationwide survey for invasive wood-boring and bark beetles (Coleoptera) using traps baited with pheromones and kairomones. *Forest Ecology and Management*, 228, 234–240. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.02.046>
- Fiala, T., & Holuša, J. (2020). Trapping ambrosia beetles by artificially produced lures in an oak forest. *Plant Protection Science*, 56(3), 226–230. <https://doi.org/10.17221/162/2019-PPS>
- Fiala, T., & Holuša, J. (2023). A monitoring network for the detection of invasive ambrosia and bark beetles in the Czech Republic: Principles and proposed design. *Frontiers in Forests and Global Change*, 6, 1239748. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1239748>
- Fiala, T., Pyszko, P., & Holuša, J. (2023). Using ethanol and other lures to monitor invasive ambrosia beetles in endemic populations: Case study from the Czech Republic. *Frontiers in Forests and Global Change*, 6, 1258729. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1258729>
- Hauptman, T., Pavlin, R., Grošelj, P., & Jurc, M. (2019). Distribution and abundance of the alien *Xylosandrus germanus* and other ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) in different forest stands in central Slovenia. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 12, 451–458. <https://doi.org/10.3832/Ifor3114-012>
- Holuša, J., Henzllová, I., Dvořáková, B., Resnerová, K., Šipoš, J., Holuša, O., Bláha, J., Berčák, R., Procházka, J., Trombik, J., & Fiala, T. (2025). Abundance of *Taphrorychus bicolor* in beech forests: Influence of forest size and optimal conditions. *Forest Ecology and Management*, 575, 122362. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122362>
- Šramel, N., Kavčíč, A., Kolšek, M., & de Groot, M. (2021). Estimating the most effective and economical pheromone for monitoring the European spruce bark beetle. *Journal of Applied Entomology*, 145, 312–325. <https://doi.org/10.1111/jen.12853>

Předběžný termín obhajoby

2025/26 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Elektronicky schváleno dne 25. 03. 2025

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 07. 2025

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 27. 02. 2026

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Verifikace monitorovací metodiky kůrovců pro rozsáhlá území vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Prohlašuji, že jsem nástroje AI využil v souladu s vnitřními předpisy univerzity a principy akademické integrity a etiky.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souladu s GDPR.

V Praze dne 1. dubna 2026

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu prof. Ing. Jaroslavu Holušovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při zpracování této diplomové práce. Dále děkuji doc. Mgr. Karolíně Resnerové, Ph.D. za pomoc při zpracování odebraných vzorků, a Ing. Tomáši Fialovi, Ph D. za jeho kompletní determinaci. Poděkování patří také mé rodině za trpělivost, podporu a pevné nervy po celou dobu studia, především při zpracování této práce.

Verifikace monitorovací metodiky kůrovců pro rozsáhlá území

Souhrn

Tato diplomová práce se zabývá porovnáním druhového složení, abundance a sezónní aktivity kůrovců ve 3 faunistických čtvrcích ve středních a jižních Čechách a současně hodnotí, zda se na struktuře zachycených společenstev projevují rozdíly v charakteru okolního prostředí a porostních podmínkách jednotlivých lokalit, součástí práce bylo rovněž posouzení účinnosti vybraných atraktantů při monitoringu kůrovců. Terénní výzkum probíhal od 7. května do 27. června na 12 lokalitách, kde bylo instalováno celkem 36 lapačů typu EcoTrap. Použity byly 3 varianty návnad: ethanol, alfa-pinen a kombinace ethanolu s alfa-pinenem. Odchyty probíhaly v desetidenních intervalech a získaný materiál byl následně determinován do podčeledi *Scolytinae*, celkem bylo odchyceno 1945 jedinců náležejících k 26 druhům kůrovců. Druhovému spektru jednoznačně dominoval druh *Xyleborinus saxesenii*, následovaný druhy *Anisandrus dispar* a *Dryocoetes autographus*. Nejvyšší účinnost byla zjištěna u ethanolové návnady, zatímco alfa-pinen vykazoval nejnižší odchyty. Výsledky dále ukázaly že rozdíly v druhovém složení mezi lokalitami nebyly dány pouze jejich prostorovou polohou, ale souvisely také s charakterem porostu a zastoupením hlavních dřevin.

Klíčová slova: kůrovci, monitoring, ethanol, alfa pinen

Verification of bark beetle monitoring methodology for large areas

Summary

This thesis compares the species composition, abundance, and seasonal activity of bark beetles in three faunal squares in Central and Southern Bohemia, while also evaluating whether differences in the character of the surrounding environment and stand conditions at individual sites are reflected in the structure of the captured communities; the thesis also included an assessment of the effectiveness of selected attractants in bark beetle monitoring. Field research took place from May 7 to June 27 at 12 sites, where a total of 36 EcoTrap-type traps were installed. Three bait variants were used: ethanol, alpha-pinene, and a combination of ethanol and alpha-pinene. Captures were conducted at ten-day intervals, and the collected material was subsequently identified to the subfamily Scolytinae; a total of 1,945 individuals belonging to 26 bark beetle species were captured. The species composition was clearly dominated by *Xyleborinus saxesenii*, followed by *Anisandrus dispar* and *Dryocoetes autographus*. The highest effectiveness was found with the ethanol bait, while alpha-pinene yielded the lowest number of captures. The results further showed that differences in species composition between sites were not determined solely by their spatial location but were also related to the character of the stand and the representation of the main tree species.

Keywords: bark beetles, monitoring, ethanol, alpha-pinene

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíle práce.....	12
3	Literární rešerše	13
3.1	Klimatické změny a dopady	13
3.1.1	Přímý efekt klimatické změny na dynamiku kůrovce	14
3.1.2	Nepřímý efekt klimatické změny na dynamiku kůrovce	15
3.1.3	Predikce vývoje populace	15
3.2	Struktura lesů v České republice.....	16
3.3	Kůrovcová kalamita v České republice v letech 2015–2022.....	19
3.4	Podkorní hmyz.....	24
3.4.1	Použití semiochemikálií v ochraně lesa.....	26
3.4.2	Semiochemikálie typu Ethanol a Alfa-pinen.....	27
3.4.3	Invazní druhy kůrovců	28
3.5	Monitorovací zařízení	30
3.5.1	Monitorovací systém invazních druhů kůrovců.....	30
3.5.2	Feromonové lapače.....	31
3.5.3	Stromové lapáky	32
3.5.4	Moderní metody monitoringu kůrovců	33
3.6	Druhové spektrum kůrovců	34
3.6.1	<i>Gnathotrichus materiarius</i>	34
3.6.2	<i>Ips typographus</i>	35
3.6.3	<i>Pityogenes chalcographus</i>	36
3.6.4	<i>Tomicus piniperda</i>	37
3.6.5	<i>Xyleborinus saxesenii</i>	38
4	Metodika.....	40
4.1	Výběr lokalit	40
4.2	Instalace odchytových zařízení	42
4.3	Odběr vzorků a jeho třídění.....	45
4.4	Základní enviromentální informace lokalit.....	48
4.5	Zpracování výsledků	48
5	Výsledky	49
5.1	Druhové spektrum kůrovců	49
5.1.1	Celkový počet odchycených jedinců	49
5.1.2	Celkový počet odchycených druhů jedinců	50
5.1.3	Odchycené druhy v jednotlivých faunistických čtvrcích	51

5.2	Vývoj letové aktivity kůrovců	53
5.2.1	Porovnání letové aktivity mezi jednotlivými čtverci	55
5.3	Porovnání účinnosti návnad	56
5.3.1	Párové porovnání účinnosti návnad	57
5.3.2	Reakce druhů na jednotlivé návnady.....	57
5.4	Analýza druhového složení a zjištění rozdílu ve společenstev kůrovců podle faunistických čtverců.....	59
5.5	Vliv environmentálních faktorů na druhové složení	60
6	Diskuse	62
7	Závěr	66
8	Seznam literatury a použitých zdrojů	68
9	Seznam obrázků a tabulek.....	72

1 Úvod

Lesní ekosystémy střední Evropy procházejí v posledních desetiletích významnými změnami, které jsou podmíněny kombinací klimatických, stanovištních i antropogenních faktorů. Tyto změny se významně promítají do zdravotního stavu lesních porostů a ovlivňují dynamiku populací celé řady organismů, včetně druhů vázaných na dřevní hmotu. Mezi ekologicky i hospodářsky nejvýznamnější skupiny hmyzu patří kůrovci (*Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae*), kteří představují přirozenou součást lesních biocenóz, ovšem za určitých podmínek mohou dosahovat populačních hustot vedoucích k rozsáhlým disturbancím porostu (Fanta & Petřík, 2021).

Kůrovci plní v lesním ekosystémech nezastupitelnou roli zejména v procesu rozkladu dřeva a v přirozené obnově lesa. Podílejí se na rozkladu oslabených, odumírajících či čerstvě odumřelých stromů a vytvářejí mikrohabitaty pro další saproxylické organismy. Jejich aktivita tak přispívá k biodiverzitě a strukturální heterogenitě lesních porostů. Za běžných podmínek jsou populace většiny druhů udržovány na relativně nízké úrovni v důsledku regulačních mechanismů prostředí, dostupnosti vhodného substrátu i působení přirozených nepřátel. V situacích, kdy dojde k narušení rovnováhy – například vlivem větrných kalamit, sucha, vysokých teplot či nevhodné druhové skladby porostů – však může docházet k populačním gradacím, které mají zásadní ekologické i ekonomické dopady (Roubík, 2015).

V posledních letech je problematika kůrovcových gradací intenzivně diskutována zejména v souvislosti s probíhající klimatickou změnou. Zvýšené teploty a častější změny sucha oslabují vitalitu dřevin a současně vytvářejí příznivé podmínky pro rychlejší vývoj a vyšší reprodukční potenciál některých druhů kůrovců. Změny klimatu tak mohou ovlivňovat nejen populační hustotu, ale i druhové složení společenstev kůrovců a jejich prostorové rozšíření. Významnou roli přitom hraje i struktura krajiny, zastoupení hostitelských dřevin a management lesních porostů (Matoušek & Blažková, 2015).

V kontextu rozsáhlých území představuje hodnocení druhového spektra kůrovců významný nástroj pro pochopení ekologických vazeb a pro nastavení účinných opatření ochrany lesa. Druhová diverzita a relativní abundance jednotlivých druhů mohou odrážet nejen aktuální stav porostů, ale i dlouhodobé environmentální podmínky daného území. Srovnání sousedních lokalit či větších územních celků umožňuje identifikovat faktory, které nejvíce ovlivňují strukturu společenstev, a přispívá k lepší interpretaci prostorových rozdílů v populační dynamice.

Klíčovým předpokladem pro získání relevantních dat o výskytu kůrovců je kvalitně nastavený monitoring. Monitoring kůrovců slouží nejen k detekci počátků gradace hospodářsky významných druhů, ale také k dlouhodobému sledování druhové diverzity a populačních trendů. V praxi se využívá řada metod, přičemž významné postavení zaujímají zejména odchyťové systémy založené na využití atraktivních látek. Tyto metody umožňují standardizovaný sběr dat v různých typech prostředí a jejich následné srovnání v prostoru a čase (Březovják, 2015).

Použití různých typů návnad, například ethanolu, alfa pinenu či jejich kombinací, může zásadním způsobem ovlivnit složení zachyceného druhového spektra kůrovců. Ethanol je obecně považován za univerzální signál stresu dřevin a může přitahovat široké spektrum druhů, zatímco specifické terpenoidní látky mohou vykazovat selektivnější účinek. Kombinace atraktantů pak může vést ke zvýšení efektivity odchyty. V podmínkách rozsáhlých území je proto nezbytné ověřit, zda zvolená metodika poskytuje reprezentativní obraz druhového složení a zda umožňuje spolehlivé srovnání mezi jednotlivými lokalitami. Verifikace monitorovací metodiky je zvláště důležitá v situaci, kdy jsou data využívána pro hodnocení enviromentálních vlivů a pro formulaci závěrů o prostorových rozdílech v druhovém spektru. Nevhodně zvolená metodika může vést k podhodnocení či nadhodnocení některých druhů a zkreslit interpretaci výsledků. Ověření účinnosti jednotlivých atraktantů a jejich kombinací tak představuje zásadní krok směrem k metodické standardizaci monitoringu kůrovců na rozsáhlých územích (Eckehard et al., 2006).

2 Cíle práce

Hlavním cílem této diplomové práce je ověřit funkčnost a vypovídající schopnost zvolené monitorovací metodiky kůrovců při jejím použití na rozsáhlejší území a současně posoudit, zda tato metodika umožňuje spolehlivě porovnávat druhové spektrum kůrovců mezi sousedními oblastmi s rozdílnými enviromentálními podmínkami. Práce se zaměřuje na vyhodnocení dat získaných pomocí lapačů ECOTRAP s různými typy atraktantů a jejich kombinací a na následné zhodnocení, jaký vliv mají vybrané enviromentální faktory na strukturu zachycených společenstev.

Dalším podstatným cílem je porovnání druhového složení kůrovců ve třech vybraných faunistických čtvrcích, přičemž v každém z nich byly sledované čtyři lokality ve smíšených lesích. Důraz je kladen zejména na zjištění, zda se mezi jednotlivými územími projevují významné rozdíly v druhové diverzitě, početnosti a zastoupení jednotlivých skupin kůrovců. Součástí tohoto cíle je také posouzení, zda jsou případné rozdíly podmíněny především klimatickými a stanovištními podmínkami, druhovou skladbou porostů nebo jinými faktory prostředí.

Práce si rovněž klade za cíl zhodnotit účinnost jednotlivých použitých atraktantů (ethanol, alfa-pinen a jejich kombinace) z hlediska množství a druhového spektra zachycených jedinců. Důležité je ověřit, zda jednotlivé návnady vykazují rozdílnou selektivitu vůči určitým skupinám kůrovců a zda kombinace atraktantů vede ke zvýšení efektivity odchyty nebo k širšímu zachycení druhového spektra. Tímto způsobem bude možné posoudit vhodnost zvolené metodiky pro komplexní monitoring společenstev kůrovců na větších územích České republiky.

3 Literární rešerše

3.1 Klimatické změny a dopady

Změny klimatu, které jsou v posledních desetiletích pozorovány i modelově předpovídaný, mají podle řady odborných prací významný dopad na fungování biologických systémů, včetně lesních ekosystémů. Rozsah a charakter těchto dopadů závisí především na tom, jakým způsobem se budou vyvíjet jednotlivé klimatické prvky, například teplota, množství srážek nebo četnost extrémních jevů. Tyto změny jsou odhadovány pomocí globálních i regionálních klimatických modelů, které naznačují, že jednotlivé oblasti mohou reagovat rozdílně (Fanta & Petřík, 2021).

Lesní ekosystémy jsou na změny prostředí citlivé zejména proto, že jejich struktura a stabilita jsou výsledkem dlouhodobého vývoje. Pokud však dojde k překročení určité hranice podmínek, mohou lesy reagovat poměrně výraznou přestavbou své druhové skladby, prostorové struktury a dynamiky. V souvislosti s klimatickou změnou se předpokládá široké spektrum reakcí – například snížení produkce a zvýšená mortalita porostů v některých částech Evropy, naopak možné zvýšení produkce ve vyšších zeměpisných šířkách nebo častější výskyt lesních požárů v sušších oblastech jižní Evropy (Knížek et al., 2008).

Přestože je problematika dopadů klimatických změn intenzivně studována, poznání konkrétních reakcí jednotlivých složek lesního ekosystému je stále poměrně omezené, zejména na regionální úrovni. Les jako celek reaguje na změny klimatu relativně pomalu, a to především kvůli dlouhému životnímu cyklu dřevin. To zároveň komplikuje možnost ověřování predikcí a modelových výstupů v praxi. Lesní hospodářství se tak dostává do situace, kdy musí čelit novým podmínkám, aniž by mělo vždy k dispozici dostatek dlouhodobých a ověřených informací. To se týká zejména stability porostů, jejich odolnosti vůči suchu, extrémním teplotám a také zvýšenému tlaku škodlivých organismů (Matoušek & Blažková, 2015).

Změny klimatu se výrazně promítají i do populační dynamiky lesních škůdců. Na rozdíl od dřevin reagují mnohé druhy hmyzu na změny prostředí poměrně rychle, což se může projevit změnami v jejich početnosti, délce vývojového cyklu nebo v rozšíření areálu výskytu. Z tohoto důvodu představují lesní škůdci důležitý prvek při hodnocení dopadů klimatických změn na lesní hospodářství. Zatímco změny ve druhové skladbě dřevin probíhají spíše v delším časovém horizontu, reakce hmyzích populací mohou být téměř bezprostřední a mohou významně ovlivnit zdravotní stav porostů (Pešková & Holuša, 2017).

Změna prostředí a klimatu znamená pro lesní ekosystémy významnou výzvu, přičemž jedním z necitlivějších prvků tohoto systému jsou biotičtí činitelé, zejména hmyzí škůdci. Zatímco lesní porosty reagují na změny prostředí poměrně pomalu, populace hmyzu jsou schopny přizpůsobit se novým podmínkám mnohem rychleji. Tento rozdíl v rychlosti reakce může vést k narušení stability porostů a v některých případech i k jejich rozsáhlejšímu poškození. S postupující změnou klimatu lze očekávat změny nejen v geografickém rozšíření jednotlivých druhů škůdců, ale také v jejich vývoji, reprodukci a úmrtnosti. Klíčovým faktorem je především teplota, která přímo ovlivňuje rychlost vývoje hmyzu a jeho přežívání. Nepřímo pak působí také na zdravotní stav hostitelských dřevin. Oslabené stromy, například v důsledku dlouhodobého sucha, jsou obecně náchylnější k napadení a méně schopné aktivovat své obranné mechanismy (Fanta & Petřík, 2021).

3.1.1 Přímý efekt klimatické změny na dynamiku kůrovce

Letová aktivita je zásadní fází životního cyklu mnoha druhů kůrovců, protože rozhoduje o vyhledání vhodného hostitele a založení nové generace. Nástup jarní aktivity je úzce spojen s dosažením určité teplotní hranice a také s délkou denního světla. Tyto faktory společně určují, kdy dochází k rojení a následné kolonizaci stromů. U *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) je začátek rojení poměrně dobře prediktovatelný pomocí teplotních prahů a součtu efektivních teplot. Jakmile jsou splněny podmínky pro fyziologickou aktivitu, dochází k hromadnému náletu na hostitelské dřeviny. Vyšší průměrné teploty tak mohou způsobit dřívejší zahájení letové sezony a v některých případech i prodloužení období aktivity (Pešková & Holuša, 2017).

Teplota má zásadní vliv také na délku vývoje jednotlivých vývojových stádií. Pokud jsou splněny základní ekologické podmínky – tedy dostatek vhodného substrátu, optimální teplotní rozmezí a absence nadměrného tlaku přirozených nepřátel – může dojít ke stabilizaci nebo dokonce k růstu populace. Při zvýšení teplot dochází ke zkrácení vývojové doby vajíček i larev, což může vést ke zvýšení počtu generací během jedné sezony. Zkrácení larválního stadia má navíc význam i z hlediska mortality. Larvy bývají často nejzranitelnější vůči predátorům a parazitoidům. Pokud je jejich vývoj rychlejší, zkracuje se období, kdy jsou vystaveny těmto rizikům, což může přispět k vyšší míře přežívání. Klimatická změna je rovněž spojena s častějšími extrémními událostmi, jako jsou větrné kalamity, dlouhodobé sucho nebo přívalové srážky. Tyto disturbance mohou výrazně ovlivnit dostupnost vhodného substrátu. Například rozsáhlé polomy vytvářejí velké množství čerstvého dřeva, které představuje ideální podmínky

pro rozvoj kůrovcových populací. V závislosti na rozsahu takových událostí může docházet k výrazným změnám ve druhovém složení i početnosti hmyzích společenstev (Cílek, 2021).

3.1.2 Nepřímý efekt klimatické změny na dynamiku kůrovce

Zvýšení teplot a častější období sucha mají významný dopad na fyziologický stav stromů. Dlouhodobý vodní stres může omezit schopnost dřevin produkovat obranné látky, například pryskyřici, která je důležitá při obraně proti napadení kůrovci. Oslabené stromy tak představují snadnější cíl pro kolonizaci. Zajímavé je, že mírný stres může v některých případech obranné mechanismy aktivovat, zatímco dlouhodobé a intenzivní sucho vede spíše k jejich oslabení. Úspěšnost symbiotických hub přenášných kůrovci se navíc může v podmínkách sucha zvyšovat, což dále podporuje úspěšnost napadení (Pešková & Holuša, 2017).

Klimatická změna neovlivňuje pouze samotné škůdce, ale také jejich predátory a parazitoidy. Reakce těchto organismů však nemusí být synchronní. Pokud dojde k narušení časové shody mezi škůdcem a jeho přirozenými nepřáteli, může být regulační účinek oslaben. Změny teplot mohou například urychlit vývoj škůdce více než vývoj jeho parazita, což může vést k rychlejšímu růstu populace škůdce. Zvyšování průměrných teplot může umožnit expanzi některých druhů do vyšších nadmořských výšek a severnějších oblastí, kde byly dříve limitovány nízkými teplotami. Omezení výskytu extrémně chladných zim může snížit zimní mortalitu a tím přispět k častějším gradacím. V kombinaci s dostatkem vhodného substrátu tak mohou vznikat podmínky pro opakované populační exploze některých druhů kůrovců (Cílek, 2021).

3.1.3 Predikce vývoje populace

V současnosti se stále více využívají modely založené na sumách efektivních teplot, tzv. degree days, které umožňují odhadnout načasování jednotlivých vývojových fází. Tento přístup vychází z předpokladu, že každý druh potřebuje k dokončení vývoje určité množství tepla nad stanovený práh. U l. smrkového byla stanovena minimální teplota potřebná pro fyziologickou aktivitu i celková suma efektivních teplot nutná pro dokončení jedné generace. Jakmile je dosaženo potřebného součtu teplot a současně jsou splněny další podmínky, například dostatečně vysoká denní teplota umožňující letovou aktivitu, dochází k rojení. Tyto modely mají význam především pro předpověď rizika napadení a pro plánování ochranných opatření (Pešková & Holuša, 2017).

3.2 Struktura lesů v České republice

Vývoj druhové skladby lesů v České republice prošel během posledních desetiletí poměrně výraznou proměnou. Ještě ve druhé polovině 20. století převažovalo hospodaření orientované především na produkci dřeva, což vedlo k rozsáhlému zastoupení jehličnatých dřevin, zejména Smrku ztepilého. Smrk byl v minulosti cíleně vysazován i do stanovišť, která mu přirozeně neodpovídala, a to z důvodu jeho rychlého růstu a ekonomické výhodnosti. V důsledku toho se jeho podíl na celkové rozloze lesů dlouhodobě pohyboval okolo poloviny výměry všech lesních porostů v ČR. Naproti tomu zastoupení listnatých dřevin, především buku a dubu, bylo výrazně nižší, než odpovídá přirozeným podmínkám středoevropské krajiny. Postupná změna přístupu k lesnímu hospodářství začala být patrná již před samotnou kůrovcovou kalamitou, kdy se v rámci obnovy porostů více prosazovaly meliorační a zpevňující dřeviny a obecně docházelo k podpoře druhové diverzity. Zásadní zlom však představovalo období gradace lýkožrouta smrkového po roce 2015, které vyvrcholilo masivními těžbami napadených smrkových porostů. Kalamita výrazně zasáhla zejména stejnověkové smrkové monokultury, často založené mimo přirozený areál smrku. V některých regionech došlo k plošnému rozpadu porostů a prudkému poklesu podílu smrku na celkové skladbě dřevin (Simanov, 2013).

V období vrcholící kalamity byla obnova lesa zpočátku komplikovaná nejen rozsahem holin, ale i nepříznivými klimatickými podmínkami. Přesto právě tato situace urychlila přeměnu druhové skladby směrem k pestřejším a stanoviště vhodnějším porostům. Při zalesňování kalamitních ploch (Obr. 1) je dnes kladen větší důraz na využití přirozené obnovy a na vyšší zastoupení listnatých dřevin, jako je buk, dub, javor nebo lípa, případně na vnášení jedle jako stabilizační jehličnaté složky, ovšem je nutné pro tuto danou dřevinu vybrat kvalitní stanovištní podmínky z důvodu velkého odumírání v následku sucha. Podíl listnáčů tak v posledních letech postupně roste, zatímco zastoupení smrku na celostátní úrovni mírně klesá. Současný vývoj druhové skladby lze tedy charakterizovat jako přechod od převážně produkčně orientovaných, druhově chudších porostů k rozmanitějším a ekologicky stabilnějším lesům. Tento proces je ovlivněn nejen důsledky kůrovcové kalamity, ale také probíhající klimatickou změnou a změnou společenských požadavků na funkce lesa. Z dostupných údajů vyplývá, že trend zvyšování podílu listnatých dřevin a snižování dominance smrku bude pravděpodobně pokračovat i v dalších letech. Podle aktuálních údajů za rok 2024 (Tab. 1, Tab. 2) je patrné, že druhová skladba lesů v České republice se postupně proměňuje. Podíl listnatých dřevin nadále mírně roste, i když meziroční změny už nejsou tak výrazné jako v období vrcholící kůrovcové

kalamity. Zvyšování zastoupení listnáčů souvisí především s obnovou kalamitních ploch, kde se při zalesňování více uplatňují stanoviště vhodné a druhově pestřejší porosty (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, 2025).

Úroveň ČR	Cílová dřevinná skladba doporučená v OPRL
Dřevina	[%]
Smrk ztepilý	28,3
Borovice stromové	13,2
Jedle bělokorá	7,6
Modřín evropský	4,2
Douglaska tisolistá	0,8
Jehličnaté ostatní	0,4
Jehličnaté dřeviny celkem	54,4
Buk lesní	22,5
Dub letní a zimní	12,8
Javory	1,9
Olše	1,5
Lípy	1,5
Jasan ztepilý	1,4
Břízy	1,3
Habr obecný	1,1
Jilmy	0,3
Listnaté ostatní	1,4
Listnaté dřeviny celkem	45,6
Celkem	100,0

Tabulka 1 Doporučená dřevinná skladba lesů (%)

Nejvýznamnější dřevinou zůstává smrk ztepilý, jehož podíl na celkové ploše porostní půdy však v posledních letech klesl. V roce 2024 se pohybuje přibližně okolo 45 %. Pokles smrku je důsledkem rozsáhlých těžeb v období kůrovcové kalamity, kdy byly výrazně postiženy především stejnověké smrkové porosty. Přesto si smrk i nadále drží dominantní postavení v rámci jehličnatých dřevin. Borovice lesní zaujímá druhé místo mezi jehličnany a její podíl se dlouhodobě pohybuje okolo 16 %. Ve srovnání se smrkem nedošlo u borovice k tak výrazným výkyvům, její zastoupení je relativně stabilní. U jedle je patrný mírný nárůst oproti minulým desetiletím, což souvisí se snahou o posílení stabilizačních dřevin v porostech (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, 2024).

Z listnatých dřevin má největší zastoupení buk, jehož podíl se postupně zvyšuje a v současnosti přesahuje 10 %. Významně jsou zastoupeny také duby, jejichž plocha rovněž

roste. Mírný nárůst lze sledovat i u dalších listnatých dřevin, například břízy, která se často uplatňuje jako pionýrská dřevina na kalamitních plochách. Celkově tak listnáče tvoří přibližně třetinu celkové výměry lesů, zatímco jehličnany představují zhruba dvě třetiny. Z hlediska struktury porostů převažují porosty s převahou jehličnatých dřevin, avšak jejich podíl postupně klesá. Naopak narůstá zastoupení smíšených a převážně listnatých porostů. Tento trend lze považovat za důsledek cílené přeměny druhové skladby, která reaguje jak na zkušenosti z kůrovcové kalamity, tak na očekávané dopady klimatické změny (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, 2025).

Doporučená cílová druhová skladba na úrovni České republiky počítá s vyváženějším poměrem mezi jehličnatými a listnatými dřevinami, přičemž celkový podíl jehličnanů by měl být nižší než v minulosti. Důraz je kladen zejména na vyšší zastoupení buku, dubu a dalších melioračních a zpevňujících dřevin. Současný vývoj tedy směřuje k druhově pestřejším a ekologicky stabilnějším lesním ekosystémům (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce ..., 2022).

Dřevina	Rok					
	2000	2010	2015	2020	2023	2024
	plocha porostní půdy ha / %					
Smrk ztepilý	1 397 012	1 347 239	1 315 487	1 274 241	1 202 456	1 181 286
	54,1	51,9	50,6	48,8	46,0	45,1
Jedle	23 138	25 869	28 699	31 429	33 939	34 591
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3
Borovice	453 159	436 308	428 030	419 874	417 505	416 287
	17,6	16,8	16,5	16,1	16,0	15,9
Modřín	97 170	100 761	100 283	100 632	103 194	103 305
	3,8	3,9	3,9	3,9	4,0	4,0
Ostatní jehličnaté	4 586	6 352	7846	10 252	11 695	11 994
	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5
Jehličnaté	1 975 065	1 916 529	1 880 344	1 836 427	1 768 789	1 747 462
	76,5	73,9	72,3	70,4	67,7	66,8
Dub	163 761	178 466	185 044	195 252	207 485	209 780
	6,3	6,9	7,1	7,5	7,9	8,0
Buk	154 791	189 998	211 835	235 755	257 083	262 057
	6,0	7,3	8,2	9,0	9,8	10,0
Bříza	74 560	72 264	71 796	72 744	76 272	77 694
	2,9	2,8	2,8	2,8	2,9	3,0
Ostatní listnaté	183 696	209 559	219 207	230 856	244 037	250 016
	7,1	8,1	8,4	8,9	9,3	9,6
Listnaté	576 808	650 287	687 882	734 606	784 877	799 547
	22,3	25,1	26,5	28,2	30,1	30,5
Celkem bez holiny	2 551 873	2 566 816	2 568 227	2 571 033	2 553 665	2 547 009
	98,8	98,9	98,8	98,5	97,8	97,3

Tabulka 2 Druhové složení lesů z celkové plochy porostní půdy (ha a %)

3.3 Kůrovcová kalamita v České republice v letech 2015–2022

Kůrovcová kalamita, která začala v České republice v roce 2015, představuje jednu z nejvýznamnějších disturbancí v novodobé historii českého lesnictví. Přestože přemnožení lýkožrouta smrkového není v podmínkách střední Evropy novým jevem, rozsah a intenzita poslední gradace byly mimořádné. Kalamita zasáhla především smrkové porosty a výrazně ovlivnila druhovou skladbu, věkovou strukturu i celkové hospodaření v českých lesích. Z dostupných podkladů vyplývá, že příčiny kalamity nelze zjednodušovat na jediný faktor. Významnou roli sehrála kombinace dlouhodobých strukturálních problémů, klimatických extrémů i konkrétních hospodářských okolností.(Chalupa & Loužek, 2011).

Jedním z hlavních problémů bylo vysoké zastoupení Smrku ztepilého mimo jeho přirozený areál výskytu. Smrk byl historicky vysazován jako hlavní hospodářská dřevina, a to i do nižších a sušších poloh, kde je jeho ekologická stabilita omezená. Mělký kořenový systém této dřeviny jej činí citlivým na nedostatek vláhy. V situaci, kdy dochází k poklesu srážek pod

hranici přibližně 600 mm ročně, je obranyschopnost stromů výrazně snížena (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, 2025).

Kritické byly zejména roky 2015 a 2016, kdy se projevilo výrazné sucho. Dlouhodobý deficit srážek, zvýšené teploty a vyšší výpar vedly ke snížení vitality porostů. Oslabené stromy nebyly schopny dostatečně reagovat na napadení podkorním hmyzem. Vyšší teploty současně urychlily vývoj kůrovce a umožnily zvýšení počtu generací během vegetační zóny. V některých oblastech se tak vytvořily podmínky pro geometrický nárůst populace škůdce. Vedle klimatických faktorů je důležité zmínit i strukturální zranitelnost porostů. Velké plochy stejnověkých smrkových monokultur představovaly ideální prostředí pro rychlé šíření škůdce. Kalamita se neomezovala pouze na jednotlivé vlastníky či regiony, ale překračovala majetkové i administrativní hranice. Za zmínku stojí i historické souvislosti. Období po druhé světové válce bylo charakterizováno intenzivní obnovou lesa s důrazem na produkci dřeva. V dlouhodobém horizontu tak došlo ke zvýšení podílu smrku a ke zjednodušení druhové i prostorové struktury porostů. Tyto skutečnosti se v podmínkách klimatického stresu ukázaly jako významný rizikový faktor (Ohlédnutí za kůrovcovou kalamitou II, 2024).

Období let 2015-2022 představuje z hlediska objemu nahodilé těžby zcela mimořádnou etapu v historii českého lesnictví. Zatímco v předchozích letech byla nahodilá těžba významná především po větrných kalamitách, v tomto období začala jednoznačně dominovat těžba hmyzová, tedy těžba vyvolaná přemnožením podkorního hmyzu zejména Lýkožrouta smrkového. Rok 2015 lze označit za počátek výraznější gradace kůrovce, avšak objemy nahodilé těžby ještě nedosahovaly extrémních hodnot, ovšem v následujících dvou letech je již patrný zřetelný nárůst. V roce 2017 činila celková těžba dřeva přibližně 19,4 mil. m³. Z toho nahodilá těžba představovala 11,7 mil. m³, tedy více než polovinu celkové těžby. Samotná hmyzová těžba dosahovala téměř 5,9 mil. m³. Už v tomto roce bylo zřejmé, že podkorní hmyz se stává hlavním faktorem ovlivňujícím hospodaření v lesích (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, 2025).

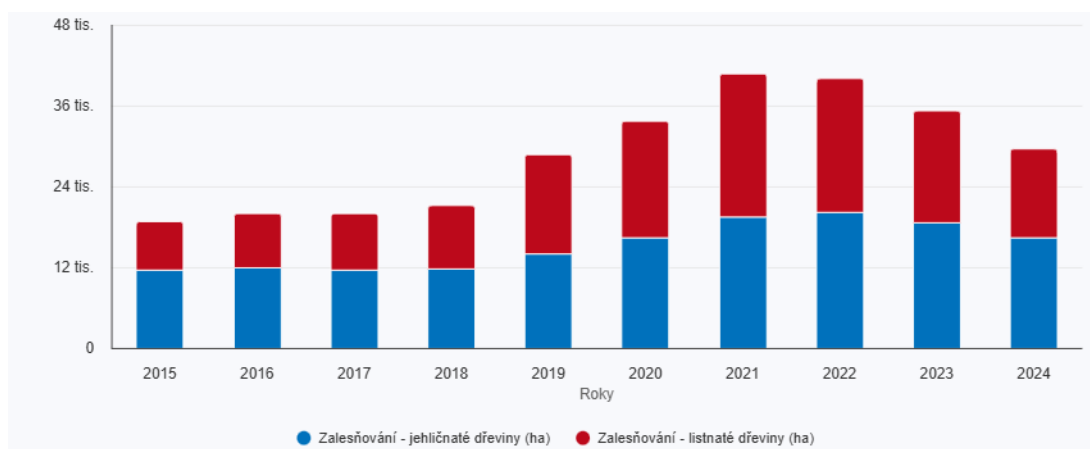
Rok 2018 znamenal zásadní obrat, celková těžba vzrostla na 25,7 mil. m³, přičemž nahodilá těžba dosáhla více než 23 mil. m³. To znamená, že naprostá většina vytěženého dřeva měla kalamitní charakter. Hmyzová těžba v tomto roce činila přibližně 13,1 mil. m³, což představovalo meziroční nárůst o více než dvojnásobek oproti roku 2017. Vrchol gradace nastal v roce 2019, celková těžba dosáhla 32,6 mil. m³, čehož nahodilá těžba činila přibližně 30,9 mil. m³. Prakticky celá těžba tedy byla vynucena kalamitní situací. Hmyzová složka nahodilé těžby dosáhla téměř 22,8 mil. m³, což představovalo dominantní podíl na všech těžbách v daném roce.

V tomto období již kůrovec jednoznačně převážil na živelními příčinami (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce ..., 2019).

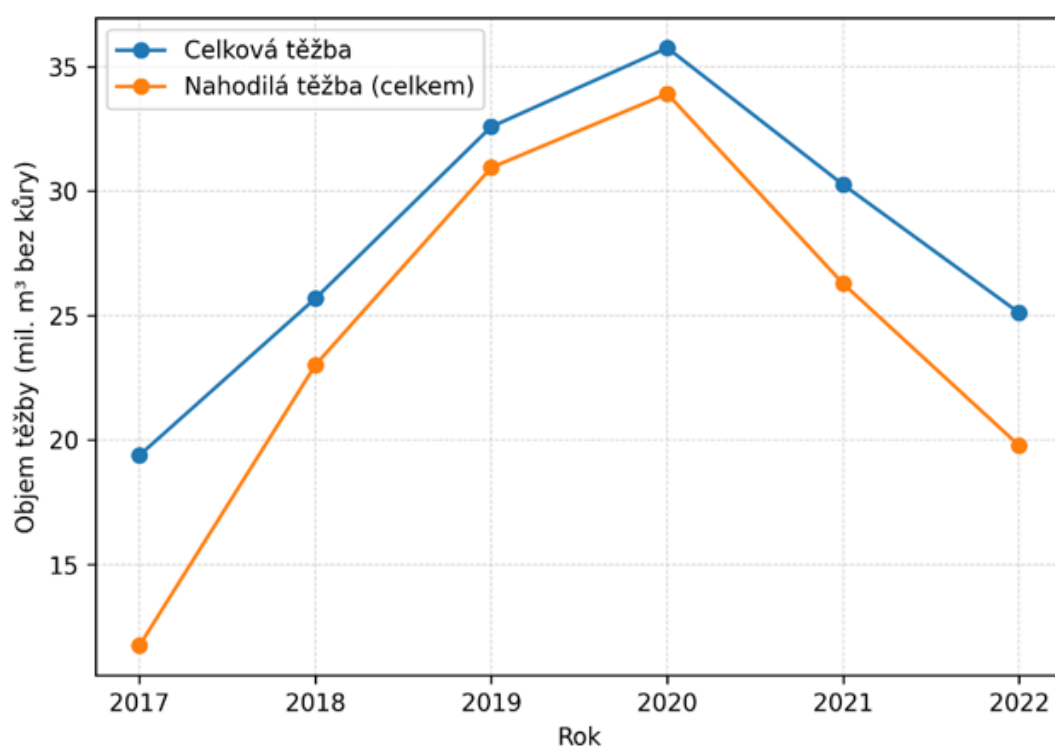
V roce 2020 dosáhla celková těžba historického maxima (Obr. 2), a to přibližně 35,8 mil. m³. Nahodilá těžba činila 33,9 mil. m³, tedy téměř celý objem vytěženého dřeva. Hmyzová těžba překročila hranici 26 mil. m³. Tento rok lze označit za absolutní vrchol kalamitní situace z hlediska objemu kůrovcového dříví. Podíl těžby způsobené větrem či jinými faktory. Lesní hospodářství bylo v tomto období zaměřeno téměř výhradně na zpracování napadených smrkových porostů. Od roku 2021 je patrný postupný pokles objemu nahodilé i hmyzové těžby. Celková těžba klesla na 30,3 mil. m³, nahodilá těžba činila 26,3 a hmyzová těžba přibližně 18,3 mil. m³. I když hodnoty zůstávaly vysoké, bylo zřejmé, že kulminace již byla překonána. V roce 2022 pokračoval výraznější pokles. Celková těžba dosáhla 25,1 mil. m³, z toho nahodilá těžba představovala 19,8 mil. m³. Hmyzová složka klesla na přibližně 11,5 mil. m³ (Obr. 3, Obr. 4). Ve srovnání s rokem 2020 se tak objem kůrovcové těžby snížil o více než polovinu. Z dlouhodobějšího pohledu je zřejmé, že v období 2018-2022 byla naprostá většina nahodilé těžby tvořena hmyzovými škodami, zatímco živelné těžby (např. po větrných epizodách) se pohybovaly v jednotkách milionů m³ ročně, hmyzová těžba dosahovala desítek milionů m³ a tvořila rozhodující složku (Chalupa & Loužek, 2011).

Rozsáhlé holiny vzniklé v důsledku těžby napadených porostů představují významnou výzvu pro lesnickou praxi. Základním cílem současných obnovních postupů je vytváření druhově pestrých a funkčně stabilních porostů. Důraz je kladen na smíšené lesy s vyšším zastoupením listnatých dřevin a jedle. V některých případech se uplatňuje dvoufázová obnova, kdy se nejprve využije pionýrských dřevin a následně se doplní cílové dřeviny stanovištně vhodné skladby. Obnova kalamitních holin je však spojena s řadou komplikací. Extrémní klimatické podmínky, sucho buřň a tlak spárkaté zvěře významně ovlivňují úspěšnost zalesnění. Náklady na ochranu kultur proti zvěři představují významnou část celkových nákladů na obnovu. Bez účinné ochrany dochází k poškozování mladých porostů a ke snížení kvality budoucích lesů. Kůrovcová kalamita měla nejen ekologické, ale i ekonomické a sociální dopady. Prudký nárůst těžby vedl k přetlaku dříví na trhu a k poklesu jeho cen. V některých obdobích nebylo možné včas zpracovat veškerou vytěženou hmotu, což dále komplikovalo situaci. Z hlediska struktury lesů došlo k významnému snížení podílu starších smrkových porostů a ke změně věkové skladby. Vznik velkoplošných holin zásadně ovlivnil krajinný ráz i mimoprodukční funkce lesa, včetně vodohospodářské, půdoochranné a rekreační funkce. Současné však kalamita otevřela prostor pro zásadní změnu přístupu k hospodaření. V odborné diskusi je zdůrazňována potřeba přechodu od rozsáhlých stejnověkových monokultur k druhově

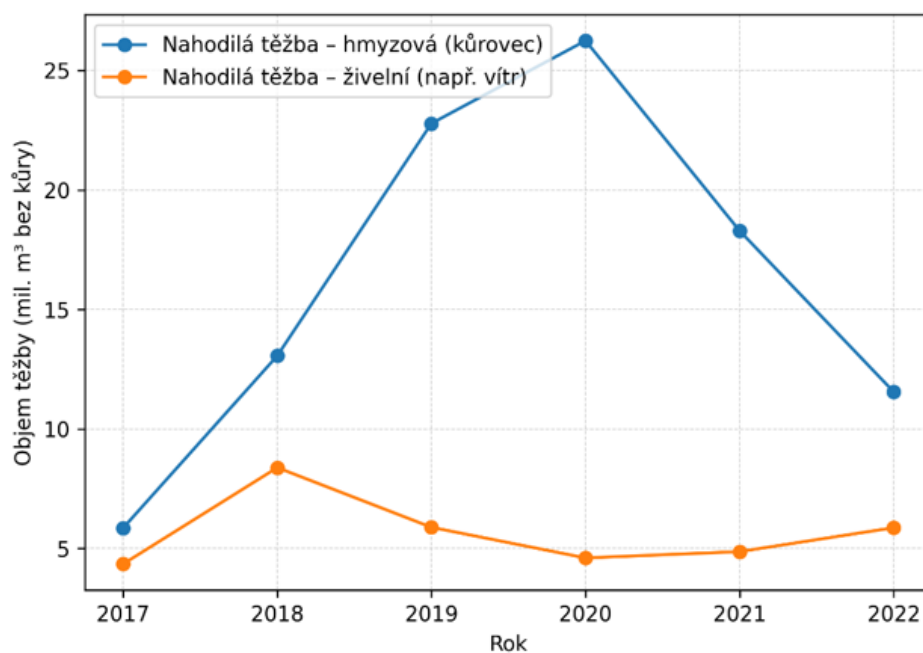
a prostorově diferencovaným porostům, které budou lépe odolávat budoucím disturbancím (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2021, 2021).



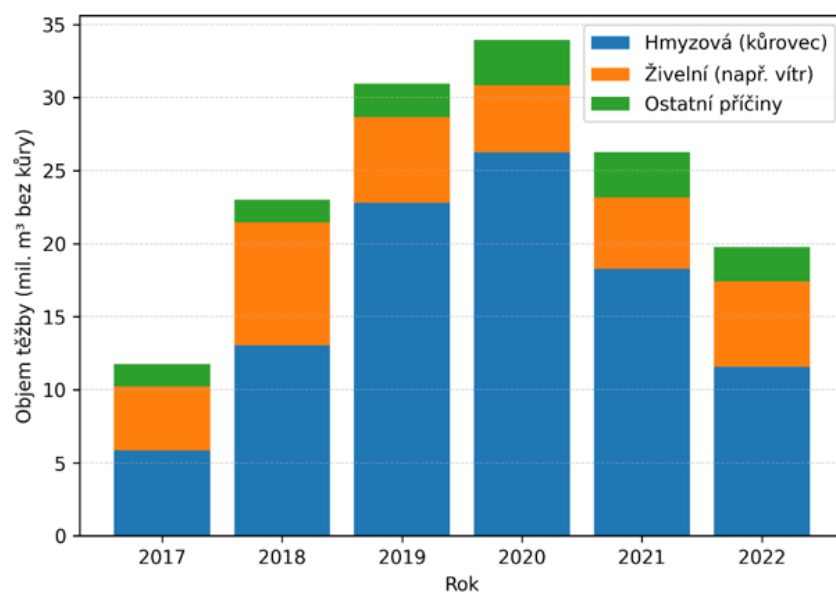
Obrázek 1 Vývoj zalesňování v průběhu kůrovcové kalamity (2015-2024)



Obrázek 2 Vývoj celkové a nahodilé těžby dřeva v ČR (2017-2022)



Obrázek 3 Srovnání hmyzové a živelní nahodilé těžby v ČR (2017-2022)



Obrázek 4 Struktura nahodilé těžby v ČR podle příčin (2017-2022)

3.4 Podkorní hmyz

Podkorní hmyz představuje významnou ekologickou skupinu lesního hmyzu, která je vázána na lýko, kambium a přilehlé vrstvy dřeva dřevin. Nejvýznamnější část této skupiny tvoří kůrovci (*Curculionidae: Scolytinae*), kteří jsou rozšířeni prakticky ve všech lesních biomech světa – od boreálních lesů přes mírné pásmo až po subtropické a tropické oblasti. Přestože jsou v hospodářské praxi často vnímáni primárně jako škůdci, z ekologického hlediska jde o přirozenou a funkčně důležitou součást lesních ekosystémů (Allison et al., 2015).

Kůrovci představují specializovanou skupinu brouků, která se v průběhu evoluce adaptovala na život pod kůrou stromů. Jejich vývoj probíhá v lýku, kde larvy vytvářejí typické chodbičky. Vztah mezi podkorním hmyzem a hostitelskou dřevinou je komplexní a zahrnuje jak fyziologické, tak chemické interakce. Za přirozených podmínek napadá většina druhů především oslabené, poškozené nebo odumírající stromy. Tím se podílejí na procesu rozkladu a obnovy lesa. Podkorní hmyz tedy plní významnou funkci v přirozené dynamice lesa – urychluje koloběh živin a podporuje vznik nových sukcesních stadií. Problém nastává ve chvíli, kdy dojde k masivnímu populačnímu nárůstu a napadení přechází i na fyziologicky vitální jedince (Klouček et al., 2019).

Životní cyklus některých kůrovců je relativně krátký a výrazně závislý na teplotních podmínkách. Samice po vyhledání vhodného hostitele zahajuje tvorbu matečné chodby, do níž klade vajíčka. Z nich se líhnou larvy, které se živí lýkem a vytvářejí postranní chodby kolmé nebo šikmé k matečné chodbě. Po ukončení larválního vývoje dochází ke kuklení a následnému výletu dospělců. Rychlost vývoje je silně ovlivněna teplotou. V teplejších oblastech nebo při nadprůměrně teplých letech může dojít ke vzniku dvou až tří generací během jednoho vegetačního období. V chladnějších podmínkách se vývoj omezuje zpravidla na jednu generaci ročně (Skuhravý, 2002).

Významnou roli hraje také tzv. rojení, tedy synchronizovaný výlet dospělců a jejich hromadné napadání nových stromů. Tato strategie umožňuje překonat obranné mechanismy stromu, zejména produkci pryskyřice u jehličnanů. Podkorní hmyz využívá komplexní systém chemické komunikace. Samci nebo samice (podle druhu) produkují agregační feromony, které lákají další jedince ke společnému napadení stromu. Tento mechanismus umožňuje překonání obranné kapacity hostitele a zvyšuje pravděpodobnost úspěšného založení nové generace. Feromonová komunikace je zároveň základem praktických metod ochrany lesa, zejména monitoringu a regulace pomocí lapačů. Z ekologického hlediska jde o ukázkou vysoce vyvinuté

sociální koordinace v rámci jinak poměrně jednoduchého hmyzího společenstva (Neuhöferová, 2005).

Významnou a často opomíjenou součástí biologie podkorního hmyzu jsou symbiotické vztahy s houbami. Mnohé druhy jsou úzce spojeny s tzv. modravými houbami (např. rody *Ophiostoma*, *Ceratocystis*), které si přenášejí na těle ve specializovaných strukturách (mycangiích) nebo pasivně na povrchu těla. Tyto houby plní několik funkcí, například oslabují obranné mechanismy stromu, zejména transport vody v cévních svazcích, nebo zlepšují výživové podmínky pro larvy tím, že rozkládají pletiva a zpřístupňují živiny, nebo také přispívají k rychlejšímu odumírání hostitele, v některých případech je vztah mezi kůrovcem a houbou natolik úzký, že je považován za obligátní symbiózu. To znamená, že bez přítomnosti houby by vývoj hmyzu nebyl plně úspěšný. Tyto interakce mají zásadní význam pro pochopení mechanismu kalamitního šíření. Populační dynamika podkorního hmyzu probíhá cyklicky. Období nízkých (endemických) stavů se střídá s gradacemi, během nichž dochází k exponenciálnímu nárůstu početnosti. Spouštěcím mechanismem bývá kombinace několika faktorů: stres stromů, nadprůměrné teploty, strukturální homogenita porostů. V případě rozsáhlých disturbancí může dojít k tzv. zpětnovazebnému efektu – vyšší počet napadených stromů vytváří další vhodný materiál pro vývoj, čímž se gradace dále zesiluje (Resnerová & Holuša, 2015).

Problematika podkorního hmyzu není omezena pouze na střední Evropu. Významné kalamitní situace byly zaznamenány například v Kanadě, ve Spojených státech, Skandinávii, ale i v Rusku. V mnoha případech je společným jmenovatelem klimatická změna a rozsáhlé plochy monokultur stejnověkých porostů. Globální zkušenosti ukazují, že podkorní hmyz reaguje velmi citlivě na změny klimatu a že jeho populační vývoj může sloužit jako indikátor zdravotního stavu lesa. V tomto kontextu je podkorní hmyz vnímán nejen jako škůdce, ale i jako součást přirozených adaptačních procesů lesa (Příhoda, 2021).

Z hlediska lesnické praxe představuje podkorní hmyz významný ekonomický faktor. Kalamitní výskyt může vést k masivním nahodilým těžbám, přetížení trhu se dřevem a zásadní změně druhové skladby porostů. Současně však vytváří příležitost k přeměně druhové skladby směrem k větší diverzitě a stabilitě. Moderní ochrana lesa proto nepracuje pouze s represivními zásahy, ale snaží se o integrovaný přístup zahrnující monitoring, včasnou asanaci, podporu druhové a prostorové diverzity a omezení predispozičních faktorů (Resnerová & Holuša, 2015).

3.4.1 Použití semiochemikálií v ochraně lesa

Semiochemikálie představují v současné ochraně lesa významný nástroj regulace populací podkorního hmyzu, zejména l. smrkového a v některých případech i l. lesklého. Jejich využití vychází z principu chemické komunikace mezi jedinci téhož druhu. Synteticky vyráběné feromony napodobují přirozené agregační látky produkované brouky při napadení stromu, zatímco antiatraktanty působí opačně čili potlačují zájem hmyzu o dané místo. Použití semiochemikálií je vždy nutné chápat jako součást širšího systému ochrany lesa. Samy o sobě nepředstavují univerzální řešení kalamitních stavů, ale při správné kombinaci s dalšími opatřeními (zejména se sanitární těžbou a včasnou asanací) mohou výrazně ovlivnit průběh gradace škůdce. V podmínkách přemnožení hraje významnou roli nejen početnost populace, ale také fyziologický stav stromů. Stromy oslabené suchem, náhlým osluněním nebo jiným stresem produkují látky, které působí jako přirozené atraktanty. Feromonové přípravky tento proces uměle napodobují a umožňují usměrnit nálet do předem vybraných míst (Skuhravý, 2002).

Feromonové přípravky se aplikují prostřednictvím odparníků, které zajišťují postupné a řízené uvolňování účinné látky. Odparníky se nejčastěji umisťují do feromonových lapačů nebo se používají při vytváření bariér podél porostních stěn. Princip spočívá v tom, že syntetický feromon konkuruje oslabeným stromům jako zdroj agregačního signálu. Přilétající brouci si volí atraktivnější zdroj, kterým bývá zpravidla lapač. Účinnost této metody však závisí na více faktorech – zejména na hustotě populace, správném rozmístění lapačů a aktuální fázi rojení. Je třeba zdůraznit, že část jedinců může lapač minout a zahájit nálet na strom. Pokud se na stromě shromáždí dostatečný počet samců, dojde k produkci přirozeného agregačního feromonu, který je často účinnější než syntetický zdroj. Z tohoto důvodu nelze hodnotit úspěšnost pouze podle celkového odchytu, ale je vhodné sledovat i podíl samců v úlovku. Feromonové bariéry se uplatňují především na okrajích porostů a kolem aktivních ohnisek. Vytvářejí jakousi „ochranou linii“, která snižuje tlak škůdce na stojící stromy. Metoda je nejúčinnější při jarním rojení a v situacích, kdy dochází k soustředěnému napadení porostní stěny (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce ..., 2019).

Na rozdíl od feromonů působí antiatraktanty jako odpuzující látky. Jejich cílem je maskovat pachové signály hostitelských stromů nebo narušit orientaci brouků při vyhledávání vhodného substrátu. Antiatraktanty se aplikují přímo na kmeny stromů, nejčastěji v liniích podél porostních stěn. V praxi se využívají zejména v porostech starších než 50 let, kde hrozí zvýšené riziko náletu v důsledku otevření porostu po těžbě nebo kalamitě. Úspěšnost metody

závisí na intenzitě aplikace. Rozlišují se různé stupně ochrany – od ošetření každého stromu v první řadě až po aplikaci ve dvou řadách podél porostní stěny. Při správném provedení může dojít ke snížení mortality napadených stromů až o desítky procent oproti neošetřeným částem porostu. Je však nutné počítat s určitými omezeními. Účinnost antiatraktantů může být snížena v případě, že v bezprostřední blízkosti zůstávají atraktivní zdroje, jako jsou čerstvé pařezy, vývraty nebo těžební zbytky. Tyto materiály je nutné odstranit nebo vhodně asanovat ještě před aplikací (Klouček et al., 2019).

V praxi se často uplatňuje kombinace feromonů a antiatraktantů. Feromonové lapače jsou umístěny před porostní stěnou, zatímco samotná stěna je ošetřena antiatraktantem. Tím vzniká systém, který jednak přitahuje část populace do lapačů, jednak snižuje pravděpodobnost napadení stojících stromů. Tato strategie je vhodná zejména v oblastech s vysokým populačním tlakem, kde by samotné použití lapačů mohlo vést ke zvýšenému riziku napadení v jejich bezprostředním okolí. Použití semiochemikálií má svá omezení. Účinnost výrazně ovlivňuje například aktuální hustota populace, fáze rojení, mikroklimatické podmínky, zdravotní stav porostu, nebo přítomnost konkurenčních zdrojů atraktantů. V případě vysoké populační hustoty nemusí být metoda dostatečně účinná, zejména pokud není podpořena intenzivní sanitární těžbou. Při zanedbání kontroly lapačů může navíc dojít ke snížení jejich účinnosti a zvýšení rizika sekundárního napadení okolních stromů. Dalším limitem je skutečnost, že podkorní hmyz reaguje na chemické podněty proměnlivě v průběhu dne i během sezony. Nelze tedy očekávat stoprocentní efekt a metoda by měla být vždy součástí integrovaného systému ochrany lesa. Semiochemikálie představují moderní a relativně šetrný nástroj regulace populací podkorního hmyzu. Jejich přínos spočívá zejména v možnosti ovlivnit prostorové rozložení náletu a snížit tlak na vybrané části porostu. Samostatně však nedokážou zastavit rozsáhlou kalamitu a jejich efekt je podmíněn správným načasováním, vhodným rozmístěním a kombinací s dalšími opatřeními. Při respektování těchto zásad mohou významně přispět ke stabilizaci porostů a snížení rozsahu nutných těžebních zásahů (Jakuš et al., 2015).

3.4.2 Semiochemikálie typu Ethanol a Alfa-pinen

Při monitoringu kůrovců a příbuzných druhů dřevokazného hmyzu se běžně využívají též látky, které napodobují chemické signály spojené s hostitelským stromem nebo s jeho fyziologickým stavem. Mezi nejčastěji používané patří ethanol a alfa-pinen. Tyto látky samy o sobě nepůsobí stejně jako druhově specifické agregační feromony, ale mají význam jako obecné pachové podněty, podle nichž hmyz vyhledává vhodný materiál ke kolonizaci. V praxi se proto používají především jako součást návnad do lapačů při sledování výskytu, aktivity a druhového

spektra kůrovců. Ethanol je jednoduchá organická látka, která vzniká ve dřevě a rostlinných pletivech zejména při stresu, poškození nebo za podmínek omezeného přístupu kyslíku. Ve vztahu ke kůrovcům a ambróziovým broukům je důležitý především tím, že signalizuje oslabený, narušený nebo odumírající hostitelský materiál. Právě takové dřevo bývá pro řadu druhů vhodné k napadení a rozmnožování. Z tohoto důvodu je ethanol považován za univerzálně účinnou návnadu hlavně pro mnoho druhů ambróziových brouků. V terénních studiích se často ukazuje, že pasti s ethanolovou návnadou zachycují vyšší počty jedinců než nenávnadové kontroly, a proto se ethanol využívá zejména tam, kde je cílem obecný monitoring dřevokazného hmyzu nebo včasný záchyt nepůvodních druhů. Alfa-pinen patří mezi hlavní monoterpeny obsažené v pryskyřici jehličnatých dřevin. Pro hmyz vázaný na jehličnany představuje důležitou součást pachového obrazu hostitelského stromu. Jeho význam spočívá v tom, že může informovat o přítomnosti vhodné dřeviny, a tím napomáhat orientaci brouků při vyhledávání hostitele (Miller et al., 2015).

Na rozdíl od ethanolu však jeho účinek nebývá tak obecný a bývá více závislý na konkrétním druhu hmyzu. U některých kůrovců může alfa-pinen zvyšovat atraktivitu návnady, zvláště pokud je použit v kombinaci s dalšími látkami, jinde se jeho efekt neprojeví nebo může být slabý. U části ambróziových brouků bylo dokonce zjištěno, že přídavek alfa-pinenu k ethanolu může odlov snižovat. Z toho vyplývá, že tato látka není univerzálně vhodná pro všechny sledované druhy a její použití je potřeba posuzovat s ohledem na cíl monitoringu. Kombinace ethanolu a alfa-pinenu se využívá především tehdy, když je potřeba napodobit pachové vlastnosti oslabeného jehličnatého stromu. Ethanol v takovém případě signalizuje narušený fyziologický stav dřeva, zatímco alfa-pinen představuje informaci o hostitelské dřevině. Společně použití obou látek tak může být pro některé druhy účinnějších než použití každé z nich samostatně. Současně ale platí, že výsledný efekt není stejný u všech druhů. Reakce se může měnit podle biologických nároků daného taxonu, podle lokality, dostupnosti přirozených zdrojů pachu v okolí i podle hustoty populace. Právě proto bývá při hodnocení účinnosti návnad nutné počítat s tím, že jedna kombinace nemusí fungovat stěhně dobře ve všech podmínkách (Miller & Rabaglia, 2009).

3.4.3 Invazní druhy kůrovců

Invazní kůrovci představují významné riziko pro lesní porosty i nelesní dřevinnou zeleň. Jejich nebezpečnost nespočívá pouze v samotném napadení hostitelských dřevin, ale také v tom, že často fungují jako přenašeči hub a dalších mikroorganismů, které mohou urychlovat chřadnutí a odumírání stromů. V důsledku toho mohou negativně ovlivňovat druhovou

rozmanitost, stabilitu ekosystémů i hospodářský výnos lesů, parků a sadů. Zásadní roli v ochraně porostů hraje včasné odhalení nově zavlečených druhů, protože jen tehdy lze navázat cílenými opatřeními ochrany rostlin a omezit jejich další šíření. Šíření těchto druhů je úzce spojeno především s lidskou činností. Nejvýznamnější cestou introdukce je mezinárodní obchod se dřevem, dřevěnými obaly, ale i s ovocem, sazenicemi a dalšími rostlinnými produkty. Zavlečení bylo doloženo dokonce i u materiálu, který prošel ošetřením podle mezinárodního standardu ISPM 15. V evropských podmínkách bývají hlavními vstupními branami zejména přístavy na atlantickém a středomořském pobřeží, ale riziko představují také botanické zahrady, kde mohou být nepůvodní druhy zavlečeny spolu s exotickými rostlinami. Přestože klima ovlivňuje možnost jejich uchycení, má na současné rozšiřování nepůvodních kůrovců větší vliv člověk než samotné klimatické faktory. Klimatická změna však může jejich dlouhodobé přežívání a rozšiřování dále usnadňovat (Brockhoff & Liebhold, 2017).

Na území České republiky je v současnosti ustálený výskyt šesti invazních druhů kůrovců *Cyclorhipidion bodoanum* (Reitter, 1913), *Dryocoetes himalayensis* (Strohmeyer, 1908) *Gnathotrichus materiarius* (Fitch, 1858), *Phloeosinus aubei* (Perris, 1855) *Xyleborinus attenuatus* (Blandford, 1894) a *Xylosandrus germanus* (Blandford, 1894). Vedle nich byly zaznamenány i další zavlečené druhy, které se zde pravděpodobně nedokázaly trvale usadit, a to buď kvůli nevhodným podmínkám, nebo kvůli absenci vhodných hostitelských dřevin. Ovšem do budoucna lze očekávat výskyt několika dalších druhů, kteří se již vykytují v okolních státech. Zvláštní pozornost je třeba věnovat druhům jako jsou *Xyloterinus politus* (Say, 1826) a *Cyclorhipidion pelliculosum* (Eichhoff, 1878) které byly zjištěny v Německu, dále druhu *Pityophthorus juglandis* (Blackman, 1928) jenž je spojen s vážným houbovým onemocněním, a také druhu *Polygraphus proximus* (Blandford, 1894), který se šíří ze Sibíře směrem na západ. Ovšem u druhu *Xylosandrus compactus* (Eichhoff, 1875) by se vhodné podmínky při pokračování současných klimatických trendů mohli do poloviny století vytvořit i v České republice. V českých podmínkách je situace specifická tím, že země nemá námořní přístavy, ale má pět mezinárodních letišť a hustou síť silničních i železničních přechodů. Významným rizikem je dovoz dřevní hmoty, v roce 2022 bylo do České republiky dovezeno více než 302 tisíc tun dřevních materiálů větších než 6 mm, z toho téměř 5 tisíc tun tropického dřeva. Dosavadní nálezy podporují předpoklad, že k introdukci i dalšímu šíření dochází zejména v blízkosti hranic, ve směru říčních údolí, u velkých skladů dřeva, v areálech zpracovatelských podniků a také v botanických zahradách (Fiala & Holuša, 2023).

3.5 Monitorovací zařízení

3.5.1 Monitorovací systém invazních druhů kůrovců

Monitoring invazních kůrovců a ambróziových kůrovců je založen především na včasném zachycení nově zavlečených druhů v místech, kde je nejvyšší pravděpodobnost jejich výskytu. Ze zahraničních zkušeností vyplývá, že největší pozornost je potřeba věnovat zejména vstupním branám mezinárodního obchodu, tedy přístavu, letišť, skladům dřeva, zpracovatelským areálům a dalším lokalitám, kde dochází k pohybu dřevního materiálu nebo rostlin. Právě těmito cestami jsou nepůvodní druhy nejčastěji zavlékány do nových oblastí. Vedle samotného výběru lokalit je důležité i použití vhodných pastí a atraktantů, protože různé skupiny druhů reagují na odlišné chemické signály. V zahraničí se proto používají hlavně nárazové nebo trychtýřové lapače doplněné těkavými látkami, především etanolem, alfa pinem nebo jejich kombinacemi. Dosavadní zkušenosti ze severní Ameriky, Austrálie, Nového Zélandu, Asie i Evropy ukazují, že pro plošný monitoring se nejčastěji osvědčují více etážové trychtýřové pasti a panelové lapače. V mnoha případech se využívá etanol jako základní návnada, protože je atraktivní pro široké spektrum ambróziových brouků a dalších druhů vázaných na oslabené nebo čerstvě odumírající dřevo. V některých případech bývá doplňován alfa pinem, případně dalšími látkami, pokud je cílem zachytit užší skupinu druhů. Monitoring bývá v zahraničí často soustředěn do přístavních oblastí, letišť nebo do lesních porostů v jejich okolí. V evropských podmínkách byl podobný přístup využit například v Itálii, Litvě nebo ve velké Británii, kde se ukázalo, že pravidelné odchyty v rizikových lokalitách mohou významně přispět k včasnému zjištění invazivních druhů. Pro podmínky České republiky jsou významné vstupní body mezinárodní letiště, velké sklady a zpracovatelské provozy dřeva a botanické zahrady s tropickými skleníky a také hraniční oblasti nebo říční údolí, kterým se mohou druhy šířit přirozeně ze sousedních států. V okolních zemích se již vyskytují druhy, které mohou postupně pronikat i na naše území, proto je důležité provádět včasnou a kvalitní kontrolu. První nálezy některých invazivních druhů v České republice byly zaznamenány právě v blízkosti podobných rizikových lokalit, například v okolí dřevařských provozů nebo v botanických zahradách. Pro Českou republiku je doporučena síť 24 monitorovacích lokalit, které zahrnují hraniční přechody, předpokládané migrační trasy, národní letiště, velké sklady dřeva a botanické zahrady. Na každé lokalitě mají být umístěny 3 lapače celkem tedy 72 pastí, jejich rozmístění je doporučeno ve vzdálenosti přibližně 30 až 50 m od sebe, aby se omezilo vzájemnému ovlivňování návnad. Jako nejvhodnější atraktant je navržen etanol, a to především pro jeho širokou účinnost u invazivních a ambróziových brouků. Lapače by měli být

instalovány do druhé poloviny dubna a kontrolovány ve čtrnáctidenních intervalech až do konce července. Takový postup má zachytit hlavní období letové aktivity většiny sledovaných druhů a současně zůstat organizačně i ekonomicky přijatelný. Smyslem navrženého systému není jen prosté zjišťování přítomnosti nepůvodních druhů, ale hlavně vytvoření funkční a dlouhodobě udržitelné sítě, která umožní jejich vzájemnou detekci. Právě rychlé zachycení nových invazivních druhů je zásadní pro další rozhodování v ochraně lesa, protože zvyšuje šanci na omezení jejich šíření a snižuje riziko hospodářských i ekologických škod. Navržený monitorovací systém tak představuje praktický základ pro systematické sledování invazivních kůrovců a ambróziových brouků v podmínkách České republiky (Fiala & Holuša, 2023).

3.5.2 Feromonové lapače

Feromonové lapače představují jednu z běžně používaných metod při monitoringu a částečně i při ochraně smrkových porostů před podkorním hmyzem. Jejich princip spočívá v uvolňování syntetických látek napodobujících feromony, které lákají jedince cílového druhu do odchyťového zařízení. V lesnické praxi se využívají především ke sledování populační hustoty, intenzity rojení a prostorového rozšíření škůdců. Samotné lapače však nelze chápat jako samostatné řešení ochrany porostů, ale spíše jako doplňkový prostředek, který má největší význam tehdy, je-li součástí širšího systému opatření. V současnosti se používá několik konstrukčních typů feromonových lapačů. Mezi nejčastější patří lapače nárazové a šterbinové, které se v provozu osvědčily zejména pro svoji funkčnost a poměrně spolehlivý provoz. Vedle nich existují také lapače trubicové a trychtýřové, které se liší konstrukcí i selektivitou odchyty. Z hlediska praktického použití je důležité, aby lapač byl provozně spolehlivý, snadno kontrolovatelný a cenově přijatelný, protože při ochraně lesa bývá často potřeba nasadit větší počet zařízení najednou. Nedílnou součástí systému je také feromonový odpárník, jehož účinnost je časově omezená a musí být pravidelně obnovována. Jednotlivě stojící lapače se uplatňují hlavně při monitoringu, protože umožňují sledovat průběh náletu a vývoj populace škůdce. Jejich ochranný efekt je však omezený. Při nevhodném použití mohou naopak zvýšit riziko náletu na okolní stromy, zvláště v oslabených porostech nebo v situaci, kdy dojde k přeplnění sběrné nádoby či selhání některé části zařízení. Z tohoto důvodu se za účinnější považují bariéry feromonových lapačů, tedy soustavy více lapačů rozmístěných v linii podél porostní stěny, okraje ohniska nebo jiného rizikového místa. Smyslem bariéry je zachytit část přilétajících jedinců ještě před jejich náletem do stojících stromů a tím snížit tlak škůdce na chráněný porost. Účinnost feromonových lapačů je výrazně závislá na správném umístění. Jako vhodná stanoviště se uvádějí především osluněné porostní stěny, okraje pasek, místa po

předchozím napadení a lokality se zvýšenou koncentrací primárních atraktantů, například v blízkosti čerstvých pařezů, těžebních zbytků nebo čerstvě poškozených stromů. Naopak méně vhodná jsou zastíněná, chladná, vlhká místa, kde bývá odchyt nižší. Význam má také orientace ke světovým stranám, míra oslunění a zohlednění převládajících větrů. Při instalaci je zároveň nutné dodržovat bezpečnou vzdálenost od zdravých stromů, aby se minimalizovalo riziko, že lapač přivábí škůdce přímo k porostu. (Jakuš et al., 2015).

Pro ochranu proti lýkožroutu smrkovému se počet i rozmístění lapačů volí podle intenzity ohrožení a velikosti populace. Při vyšším napadení se síť lapačů zahušťuje a v porostech se využívají bariéry různé intenzity. U silně ohrožených smrkových stěn mohou být nasazovány soustavy lapačů v hustším uspořádání, případně v kombinaci různých typů odparníků. Zvláštní přístup je potřeba také při současném výskytu více druhů podkorního hmyzu, například lýkožrouta smrkového a lýkožrouta lesklého, protože jejich prostorové napadání stromu i reakce na feromony se mohou odlišovat. V takových případech je nutné volit odpovídající kombinace lapačů a návnad. Přestože jsou feromonové lapače v ochraně lesa významným nástrojem, jejich činnost má své limity. Samy o sobě obvykle zachytí jen část populace, a proto nemohou nahradit důsledné vyhledávání a včasné zpracování napadených stromů. Jejich efekt navíc snižuje nesprávné rozmístění, zanedbaná kontrola, nevhodné mikroklimatické podmínky, nebo příliš nízký počet lapačů vzhledem k rozsahu kalamity. Metoda je nejúčinnější zejména v období jarního rojení a při klasickém šíření kůrovce po porostních stěnách a v ohniscích. Naopak při rozptýleném poškození nebo v pozdějších fázích kalamity její význam klesá (Pešková & Holuša, 2017).

3.5.3 Stromové lapáky

Stromové lapáky patří mezi dlouhodobě používané a ověřené metody ochrany proti kůrovci. V praxi se pro jejich přípravu využívají především čerstvě pokácené, zdravé smrky nebo jejich části, obvykle větších rozměrů, protože právě ty bývají pro kůrovce nejatraktivnější. Pro zpomalení vysychání a prodloužení účinnosti se doporučuje ponechat na lapácích větve, případně je umisťovat tak, aby nebyly vystaveny nadměrnému oslunění. Příprava lapáků musí být časově sladěna s rojením kůrovce a s intenzitou jejich výskytu v porostu. Nejčastěji se zakládají v několika sériích podle průběhu napadení během sezóny. Důležité je jejich umístění do lokalit, kde se kůrovec již dříve vyskytoval a kde lze předpokládat další vývoj populace. Vhodnější jsou porosty, v nichž lapáky nejsou ani příliš zastíněné, ani nadměrně přehřívány. Ve vyšších a chladnějších polohách je možné je připravovat s větším předstihem, zatímco v teplejších je nutné více zohlednit rychlejší vývoj kůrovce. Účinnost lapáků závisí nejen na

jejich správném založení, ale hlavně na pravidelné kontrole. Porost i samotné lapáky je potřeba sledovat přibližně v týdenních až desetidenních intervalech, především na osluněné části kmene, kde se příznaky napadení objevují nejdříve. Při kontrole je nutné ověřit druh kůrovce i stadium jeho vývoje, obvykle odchlípnutím kůry a lýka. Zásadní podmínkou úspěchu je včasná asanace lapáků. Ta musí proběhnout ještě před výletem nové generace, jinak by se lapák mohl stát naopak zdrojem dalšího šíření škůdce. Za nejvhodnější je považována mechanická asanace a chemická asanace. Lapáky se uplatňují zejména při odchytu jarní generace, kdy mohou odvést část populace od oslabených stromů nebo čerstvé dřevní hmoty. Jejich použití ale není univerzální pro všechny druhy kůrovců, protože některé druhy kůrovců na ležící dříví nereagují dostatečně. V takových případech je nutné volit jiné způsoby ochrany (Lubojacký, 2023).

3.5.4 Moderní metody monitoringu kůrovců

Bezpilotní prostředky představují v současném lesnictví užitečný nástroj pro vyhledávání stromů napadených kůrovcem a pro celkové hodnocení zdravotního stavu porostů. Jejich význam spočívá především v tom, že umožňují rychlé a opakované snímání rozsáhlejších ploch s vysokým prostorovým rozlišením. Oproti běžným leteckým snímkům nebo satelitním datům mohou zachytit detailnější informace o jednotlivých korunách stromů, a tím zlepšit identifikaci změn, které souvisejí s probíhajícím napadením. Drony tak nacházejí využití zejména tam, kde je potřeba v krátkém čase získat přesnější přehled o stavu lesa a určit místa, která vyžadují další kontrolu nebo zásah. Přínos této technologie je patrný hlavně při monitoringu porostů, v nichž dochází ke změnám zbarvení korun, prosychání nebo k rozvolňování zápoje. Díky nízké letové výšce lze pořídit velmi detailní obrazová data, na nichž je možné sledovat projevy poškození na úrovni jednotlivých stromů. Získané snímky lze následně zpracovat do ortofotomap nebo trojrozměrných modelů, které napomáhají lepšímu vyhodnocení situace v terénu. Výhodou je i relativně vysoká operativnost – dron může být nasazen přímo v době, kdy je potřeba ověřit aktuální stav porostu a výsledky je možné získat v krátkém čase (Klouček & Komárek, 2018).

Úspěšnost detekce závisí na typu použitého senzoru i na fázi poškození stromů. U výrazněji napadených jedinců bývají změny na koruně dobře patrné už na běžných barevných snímcích. U častějších stadií napadení však nemusí být poškození na první pohled zřetelné, a proto může být vhodné i pokročilejší senzory nebo kombinaci více typů dat. Důležitou roli hraje rovněž následná interpretace snímků, protože ne všechny změny v korunovém patře musí automaticky znamenat napadení kůrovcem. Určitou nejistotu mohou způsobovat i jiné stresové

faktory, například sucho, poškození větrem nebo rozdílné stanovištní podmínky. Z praktického hlediska tedy drony nepředstavují úplnou náhradu klasického terénního průzkumu, ale spíše jeho účinné doplnění. Mohou významně usnadnit vyhledávání rizikových stromů, zpřesnit lokalizaci ohnisek napadení a zefektivnit rozhodování o dalším postupu v ochraně lesa. Největší přínos mají tam, kde je potřeba spojit rychlé získání dat s dostatečným detailem a možností opakovaného sledování vývoje porostu v čase (Banu et al., 2016).

3.6 Druhové spektrum kůrovců

3.6.1 *Gnathotrichus materiarius*

G. materiarius je nepůvodní druh ambrózievého brouka pocházející ze Severní Ameriky. Do Evropy byl zavlečen spolu s napadeným dřívím, přičemž na území České republiky byl poprvé zaznamenán v první dekádě 21. století, nejprve v západních Čechách. V současnosti je již evidován z více lokalit, zejména v oblastech s intenzivní manipulací se dřevem. Šíření druhu je úzce spjato s mezinárodním obchodem se dřevem a dřevěnými obaly. Přestože je původně severoamerický, dokázal se přizpůsobit podmínkám střední Evropy a lokálně vytváří stabilní populace. Dospělci jsou drobní, přibližně 3 mm dlouzí, tmavohnědé až téměř černé zbarvení. Tělo je válcovité, přizpůsobené životu v chodbičkách vyvrtaných ve dřevě. Vzhledem k malé velikosti může být determinace v terénu obtížná a obvykle vyžaduje detailnější entomologické posouzení. Larvální stadia se vyvíjejí uvnitř dřeva v typických ambrózieových požercích. Charakteristické jsou jemné chodby pronikající hlouběji do dřevní hmoty. *G. materiarius* patří mezi tzv. ambrózieové brouky. To znamená, že se neživí přímo dřevní hmotou, ale symbiotickými houbami, které si samice aktivně zavádějí do vyvrtaných chodeb. Tyto houby následně kolonizují stěny chodbiček a slouží jako potrava pro larvy i dospělé. Napadány jsou především oslabené nebo čerstvě pokácené jehličnany, často materiál uložený na skládkách dříví, včetně pařezů. V porovnání s primárními škůdci nebývá druh obvykle schopen napadat plně vitální stromy. Poškození spočívá především ve znehodnocení dřeva. V důsledku rozvoje symbiotických hub dochází ke změně zbarvení a struktury dřevní hmoty, což může negativně ovlivnit její technické vlastnosti. Z hospodářského hlediska tak představuje spíše problém kvality dřeva než plošného odumírání porostů.

Na rozdíl od některých jiných nepůvodních druhů není *G. materiarius* v současnosti zařazen mezi karanténní ani regulované škodlivé organismy. Jeho ekonomický dopad je považován za omezený, zejména ve srovnání s významnými podkorními škůdci smrku. Přesto je jeho výskyt důležitý z hlediska sledování nepůvodních druhů a potenciálního dalšího šíření.

Vzhledem k vazbě na skladované dříví je významná zejména prevence, spočívající v omezení dlouhodobého skladování čerstvého materiálu a důsledné kontrole dřeva při mezinárodní přepravě (Fiala et al., 2014).

3.6.2 *Ips typographus*

L. smrkový (*I. typographus*) patří do řádu brouků (*Coleoptera*), čeledi nosatcovitých (*Curculionidae*), podčeledi kůrovců (*Scolytinae*). V podmínkách střední Evropy představuje nejvýznamnější druh podkorního hmyzu napadající smrk. *I. typographus* je typickým sekundárním fyziologickým škůdcem smrkových porostů. Za běžných podmínek vyhledává především stromy oslabené – například suchem, větrem, sněhem nebo napadené houbovými patogeny (např. václavkami rodu *Armillaria*). Při přemnožení je však schopen překonat obranyschopnost i zdánlivě zdravých jedinců a způsobit rozsáhlé kalamitní odumírání porostů. Druh je původně vázán na horské a podhorské oblasti, avšak v současnosti se běžně vyskytuje i v nižších polohách. Je rozšířen prakticky v celé Evropě a zasahuje hluboko do Asie. Areál jeho výskytu sahá od Pyrenejského poloostrova přes střední a severní Evropu až po Japonsko. Hlavní hostitelskou dřevinou je Smrk ztepilý, avšak za určitých podmínek může napadat i další druhy rodu *Picea*. Ojediněle byl zaznamenán i na jiných jehličnanech například rodu *Larix*, *Abies*, *Pinus*. Dospělý brouk je válcovitého tvaru, tmavě hnědé až téměř černé barvy s lesklým povrchem těla. Velikost imag se obvykle pohybuje přibližně mezi 4,5-5,5 mm. Typickým znakem je zadní část krovek, kde se nachází čtyři páry zoubků, přičemž třetí pár shora je nejvýraznější. Pohlavní dimorfismus není na první pohled výrazný. Vajíčka jsou drobná, bělavá, oválného tvaru. Larvy jsou beznohé, obloukovitě zahnuté, světlé s tmavší hlavovou kapsulí. Kukla je světlá, volná a nachází se v rozšířené části larvální chodby. Typickým znakem napadení je charakteristický požerek pod kůrou. Samec nejprve vytváří snubní komůrku, z níž vycházejí 2-3 matečné chodby, jejichž počet odpovídá počtu oplodněných samic. Tyto chodby probíhají podélně s osou kmene. Z matečných chodeb kolmo odstupují larvální chodby, které se navzájem nekříží a směrem od matečné chodby se rozšiřují (Zahradník & Geráková, 2010).

Počet generací v roce závisí především na nadmořské výšce a klimatických podmínkách. Ve vyšších polohách mívá z pravidla jednu generaci ročně, zatímco v nižších a teplejších oblastech se mohou vyvinout dvě až tři generace. Jarní rojení obvykle začíná v průběhu dubna, kdy teploty dosahují hodnot umožňujících letovou aktivitu. Let probíhá převážně během dne a maxima dosahuje v poledních hodinách. První na strom nalétávají samci, kteří vyhloubí snubní komůrku a začnou produkovat agregační feromon. *I. typographus* je

polygamní druh – jeden samec se obvykle páří se dvěma až třemi samicemi. Samice kladou vajíčka do výklenků po stranách matečných chodeb. Jedna samice může naklást několik desítek vajíček. Po vylíhnutí larvy vytvářejí vlastní chodby, kde prodělávají tři larvální instary. Délka vývoje závisí na teplotních podmínkách a může se pohybovat přibližně mezi 6 až 10 týdny od vajíčka po dospělce. Po zakuklení se líhnou tzv. nezralí (světlí) brouci, kteří následně prodělávají zralostní žír. Ten probíhá buď pod kůrou, nebo na jiných částech stromu a slouží k dozrání pohlavních orgánů a letových svalů. Přezimování může probíhat ve stadiu larvy, kukly i dospělce, a to pod kůrou napadených stromů nebo v hrabance. Agregáčnící feromony, kteří se používají do feromonových lapačů jsou například směsi látek typu cis-verbenol a ipsedienol (Skuhrový, 2002).

3.6.3 *Pityogenes chalcographus*

Lýkožrout lesklý náleží do řádu brouků (*Coleoptera*), čeledi nosatcovitých (*Curculionidae*) a podčeledi *Scolytinae*. V podmínkách střední Evropy představuje významného zástupce drobných druhů kůrovců, kteří se často vyskytují současně s *L. smrkovým*, avšak ekologicky se od něj v několika ohledech liší. *Pityogenes chalcographus* (Linnaeus, 1760) patří mezi menší druhy kůrovců. Dospělci dosahují délky přibližně 1,8-2,8 mm. Tělo je válcovité, hnědé až tmavohnědé, lesklé. Zadní část krovek je opatřena třemi páry zoubků, přičemž u samců jsou tyto výběžky výraznější a ostřeji vyvinuté než u samic. Vajíčka jsou drobná a bělavá. Larvy jsou beznohé, mírně zahnuté, světlé barvy. Kukla je volná a světlá. Vzhledem k malé velikosti dospělců jsou i požerky oproti jiným druhům výrazně jemnější. Typickým znakem napadení je hvězdovitý tvar požerku. Ze snubní komůrky vychází obvykle 3-8 matečných chodeb, které jsou relativně krátké (zhruba 2-6 cm) a úzké. Larvální chodby jsou hustě uspořádány a poměrně krátké. Tento charakteristický obrazec umožňuje poměrně spolehlivou determinaci druhu při odkornění kmene (Zahradník, 2007).

L. lesklý napadá především Smrk ztepilý, ale může se vyskytovat i na dalších druzích rodu *Picea*. Oproti Lýkožroutu smrkovému častěji osídluje vrcholové partie stromů, tenčí větve a horní části kmene. Typický je jeho výskyt v mladších porostech nebo na tenčím materiálu vzniklém po těžbě. Druh je poměrně tolerantní z hlediska nadmořské výšky a vyskytuje se v širokém rozpětí stanovišť. Ve srovnání s jinými druhy je častější jeho výskyt v mladších porostech (přibližně 40-60 let), kde může při přemnožení způsobit výrazné poškození horních částí korun. Jarní rojení obvykle začíná koncem dubna nebo začátkem května, v chladnějších oblastech může být opožděno. Druhá generace se objevuje přibližně v polovině června a za

příznivých podmínek může následovat ještě třetí generace během léta. Charakteristické je také sesterské rojení, které nastává několik týdnů po hlavním rojení. Jedná se o polygamní druh. Samci po nalétnutí vyhledají vhodný substrát a produkují agregační feromony. Larvální vývoj probíhá kolmo na matečné chodby. Délka vývoje je závislá na teplotě a dostupnosti potravy. Monitoring lze provádět pomocí feromonových lapačů. Jejichž instalace se řídí obdobnými zásadami jako u jiných druhů kůrovců, avšak s využitím specifických směsí účinných látek určených pro tento druh (např. obsahující chalcogran a další komponenty). Biologická ochrana se neprovádí. L. lesklý bývá často považován za doprovodný druh Lýkožrouta smrkového, nicméně při vhodných podmínkách může dosáhnout významných populačních hustot a způsobit samostatné škody, zejména v mladších porostech a na vrcholových částech stromů. Jeho význam narůstá především v situacích, kdy dochází k rozsáhlejším disturbancím a vzniku většího množství tenkého dříví (Jakuš et al., 2015).

3.6.4 *Tomicus piniperda*

T. piniperda (Linnaeus, 1758) patří do řádu Coleoptera, čeledi Curculionidae a podčeledi Scolytinae. Jedná se o významný druh podkorního hmyzu vázaný především na borovice, zejména na borovici lesní. V rámci evropských borových porostů je považován za jeden z nejdůležitějších škodlivých druhů. Dospělí jedinci jsou dlouzí přibližně 3,5-4,8 mm. Tělo je protáhlé, tmavě zbarvené, zadní část krovek je zaoblená a pokrytá jemnými hrbolky. Oproti některým jiným druhům kůrovců není druhý mezizubí na krovkách výrazně vyvinutý (Jakuš et al., 2015).

Lýkohub sosnový napadá především borovice, a to jak oslabené, tak i relativně vitální jedince. Typicky osidluje kmenové části stromů s popraskanou nebo oslabenou kůrou. Častým zdrojem jsou také čerstvé těžební zbytky nebo polomy. Rojení začíná velmi časně, často již na přelomu února a března, v závislosti na průběhu počasí. Toto časné rojení představuje jeden z charakteristických znaků druhu. Po napadení se pod kůrou vytváří jednoduchý, převážně podélný matečný požerek. Larvy se vyvíjejí kolmo na matečnou chodbu. Na rozdíl od některých jiných kůrovců nejsou požerky příliš rozvětvené. Specifickým znakem L. sosnového je jeho chování po vylíhnutí nové generace. Dospělci opouštějí kmenovou část stromu a vyhledávají letošní výhony v korunách borovic, kde prodělávají zralostní žír. Brouci vyžírají podélné chodby v mizních pletivech výhonů, což vede k jejich oslabení a následnému opadávání, často při silnějším větru. Napadení lze rozeznat podle opadaných, dutých výhonů pod napadenými stromy. Tento jev bývá v porostu poměrně nápadný a může sloužit jako důležitý diagnostický

znak přítomnosti druhu. Přezimování probíhá převážně ve spodních částech kmene nebo v opadaných výhonech, případně v hrabance. Druh má obvykle jednu generaci v roce (Jankowiak, 2006).

3.6.5 *Xyleborinus saxesenii*

Xyleborinus saxesenii (Ratzeburg, 1837) je ambróziový brouk z čeledi nosatcovitých (*Curculionidae*) podčeledi *Scolytinae*. Nejde tedy o typického lýkožrouta vyvíjejícího se v lýku, ale o druh vázaný především na dřevo a na symbiotické houby, které si v napadeném substrátu aktivně pěstuje. Druh je původní v palearktické oblasti, ale během posledních zhruba dvou století se rozšířil i mimo svůj původní areál a dnes je uváděn z více částí Severní i Jižní Ameriky, Afriky a Oceánie. Jeho šíření je dáváno do souvislosti zejména s transportem dřeva a dřevních produktů, ve kterých může být snadno přehlédnut. Z ekologického hlediska obývá tento druh především čerstvě odumřelé nebo čerstvě oslabené dřevo různých dřevin. Většina záznamů ho spojuje s materiálem, který ještě není silně rozložený, protože právě v takovém substrátu jsou vhodné podmínky pro založení houbových patogenů (*Xyleborinus saxesenii*, 2005).

Současně byl ale zaznamenáván i na živých, oslabených stromech, v amerických studiích byl doložen například při napadení kaštanovníku. Pro vývoj druhu je důležitá i vlhkost dřeva, protože příliš suchý i příliš vlhký substrát snižuje úspěšnost symbiotických hub, a tím i kondici potomstva. Pro *X. saxesenii* je zásadní mutualistický vztah s ambróziovými houbami. Samice po založení chodby zavléká do dřeva houbové symbionty, které se následně rozrůstají po stěnách galerie a tvoří hlavní zdroj potravy pro larvy a dospělé. Jako nejčastěji uváděný symbiont je zmiňovaná *Raffaelea sulfurea*, novější práce ale ukazují, že houbové spektrum tohoto druhu může být tvořena nejméně dvěma vzájemně se doplňujícími mutualistickými druhy. Právě tato vazba na houbové symbionty je jedním z hlavních znaků ambróziových brouků a vysvětluje, proč je kvalita substrátu pro tento druh tak důležitá (Biedermann, 2010).

Životní cyklus začíná tím, že zakládající samice vyvrtá vstupní chodbu a vytvoří komůrku, ve které se po uchycení houby rozvíjí další generace. V laboratorních podmínkách bylo zjištěno, že samice kladou obvykle 5 až 15 vajíček, a to až po vytvoření funkční houbové kultury, ke kladení docházelo přibližně 4 až 51 dnů po založení galerie. Vývoj vajíčka trvá zhruba 5 dnů, první larvální instar asi 4 dny a další larvální stadia přibližně 4 až 17 dnů. Chování uvnitř galerie je přitom poměrně komplexní, samice vajíčka přenášejí a čistí, upravují stěny chodby a odstraňují drť i výkaly z hnízda. Druh je zajímavý i svým sociálním uspořádáním. *X. saxesenii* patří mezi haplodiploidní druhy s výrazně samičím pohlavním poměrem. V praxi to

znamená, že samců bývá v galerii jen velmi málo, podle pozorování je optimální počet často pouze jeden až dva samci na plod, přičemž část samic nemusí samce produkovat vůbec. Páření probíhá převážně mezi sourozenci v mateřské galerii. Dospělé dcery pak nemusí galerii opustit ihned po dospění – část z nich zůstává v rodném hnízdě, podílí se na péči o plod, a údržbě a správě houbové kultury. Z hlediska lesnické a entomologické praxe je *X. saxesenii* významný hlavně tím, že spojuje znaky invazivně úspěšného ambróziového brouka s poměrně širokou ekologickou tolerancí (Saruhan & Akyol, 2007).

4 Metodika

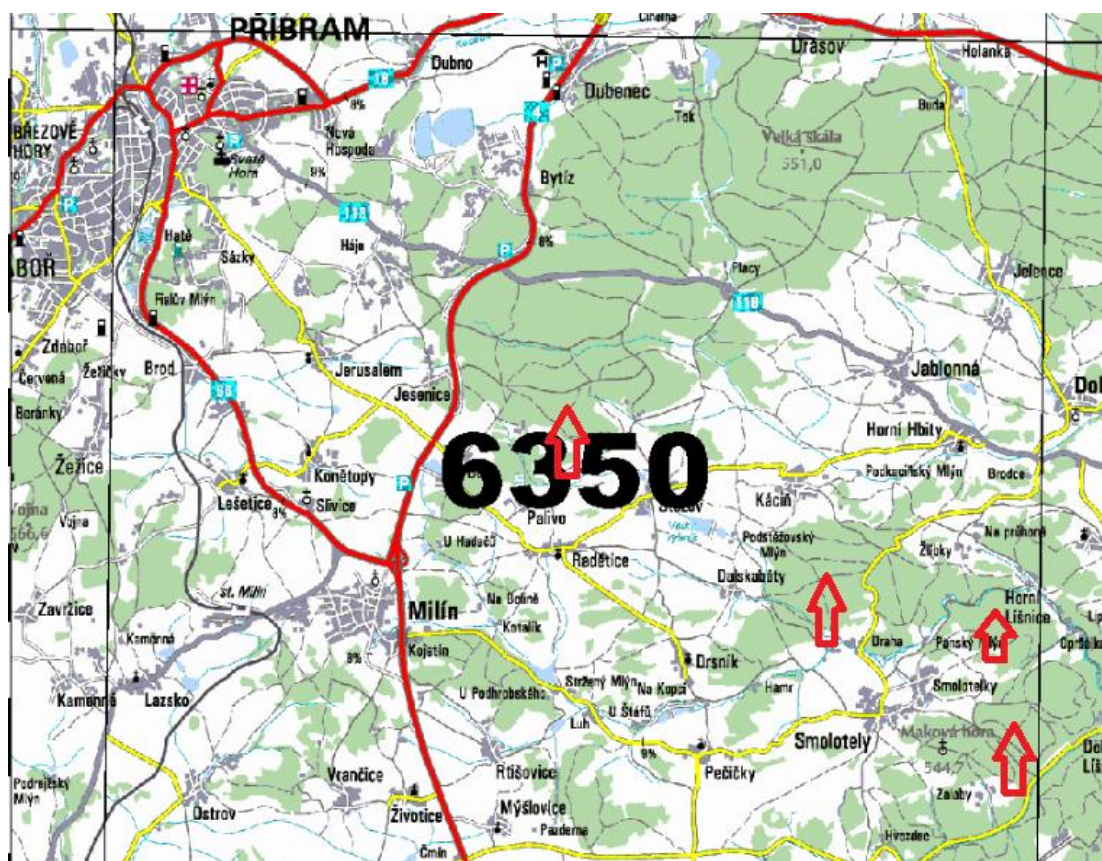
4.1 Výběr lokalit

Pro vlastní terénní studium byly vybrány tři faunistické čtverce ve středních a jižních Čechách o standardní velikosti 12*11 km. Výběr lokalit byl proveden cíleně tak, aby zahrnoval území s odlišným způsobem lesnického hospodaření, rozdílnou intenzitou předchozí kůrovcové kalamity a různou strukturou porostů.

První faunistický čtverec 6451 (Obr. 6) se nachází v oblasti Klučenic a přilehlých lesních komplexů spravovaných Rytířským řádem Křížovníků s červenou hvězdou. V této lokalitě byly v předchozích letech patrné výraznější dopady kůrovcové kalamity, avšak současně zde bylo možné zaznamenat ponechané těžební zbytky, souše a místy vyšší množství neasanovaného dříví. Z hlediska výzkumu tak šlo o území s potenciálně vyšší atraktivitou pro podkorní hmyz, zejména v souvislosti s dostupností vhodného substrátu pro rozmnožování.

Druhý faunistický čtverec 6350 (Obr. 5) byl vybrán v oblasti Smolotel na soukromých lesních majetcích. V této lokalitě sice rovněž proběhla kůrovcová kalamita, nicméně způsob následného hospodaření byl výrazně intenzivnější a systematictější. V porostech byla patrná včasná asanace napadeného dříví, důsledné zpracování těžebních zbytků a celkově vyšší míra péče o lesní porosty. Z těchto důvodů bylo možné předpokládat odlišnou dynamiku výskytu podkorního hmyzu ve srovnání s ostatními lokalitami.

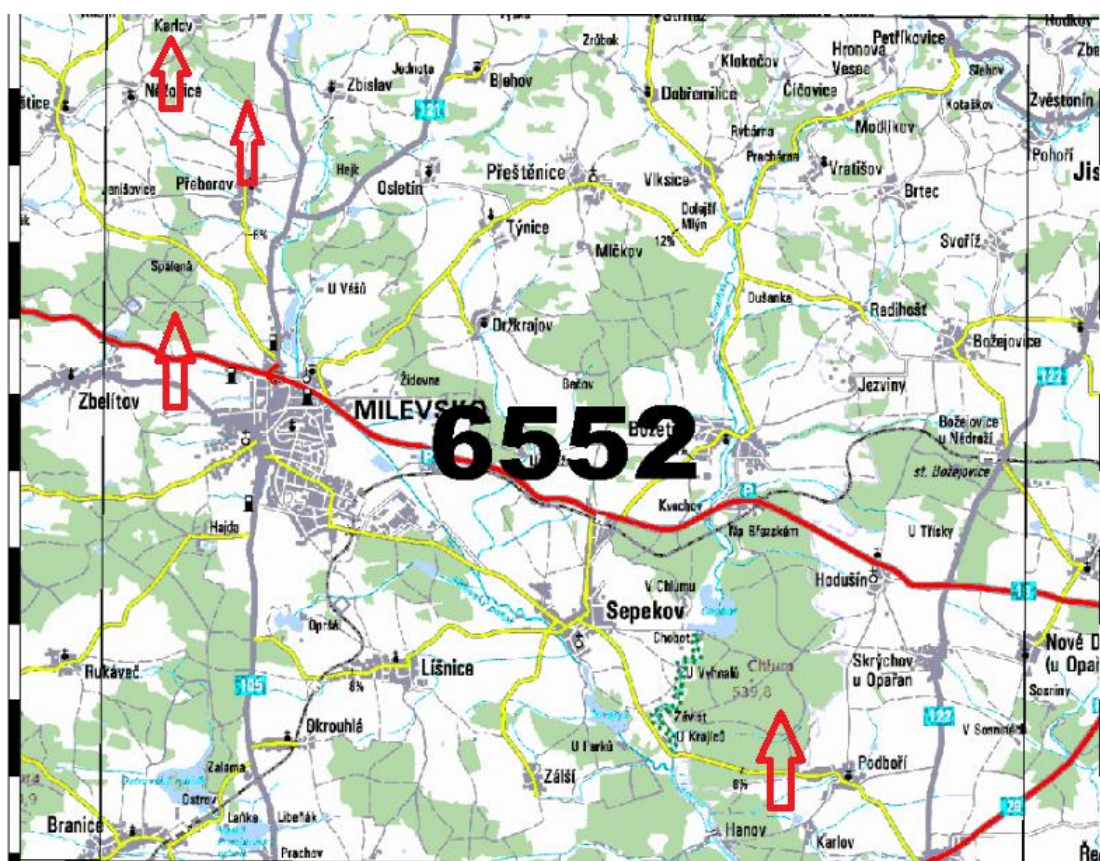
Třetí faunistický čtverec 6552 (Obr. 7) zahrnoval oblast v okolí Milevska, Opařan a Hrazánek, kde převažují převážně malé soukromé vlastníky. Charakter hospodaření zde není jednotný a intenzita zásahů proti kůrovcové kalamitě se liší mezi jednotlivými vlastníky. Lokalita tak představovala přechodný typ mezi systematicky obhospodařovanými porosty a porosty s méně koordinovaným managementem. Volba těchto tří faunistických čtverců umožnila porovnat druhové složení a abundanci kůrovců, v závislosti na rozdílných environmentálních podmínkách.



Obrázek 5 Lokality lapačů na faunistickém čtverci 6350



Obrázek 6 Lokality lapačů na faunistickém čtverci 6451



Obrázek 7 Lokality lapačů na faunistickém čtverci 6552

4.2 Instalace odchyťových zařízení

Pro zajištění standardizovaného a porovnatelného sběru dat byly na všech vybraných lokalitách (Obr. 8, Obr. 9) instalovány feromonové lapače (Obr. 10) typu EcoTrap. Tento typ odchyťového zařízení byl zvolen z důvodu jeho běžného využití v lesnické praxi, snadné manipulace v terénu a dostatečné účinnosti při monitoringu podkorního hmyzu.

Instalace lapačů proběhla v průběhu dubna, přibližně v polovině měsíce, tedy v období předpokládaného nástupu jarní letové aktivity kůrovců. První aplikace feromonových návnad byla provedena dne 27. dubna 2025. Tento termín byl zvolen s ohledem na klimatické podmínky daného roku a předpokládaný začátek rojení u většiny druhů podkorního hmyzu v dané nadmořské výšce. Následné odběry probíhaly v desetidenních intervalech, přičemž první výběr byl realizován dne 7.5 a poslední dne 27.6. Tento interval byl zvolen jako vhodný kompromis mezi dostatečnou četností sběru a logistickou proveditelností terénních kontrol. Při

každé kontrole byl odchycený materiál odebrán, uložen do označených nádob a následně zmrazen a připraven k laboratorní determinaci.

V každém faunistickém čtverci byly vybrány čtyři samostatné lokality. Na každé lokalitě byly instalovány tři lapače, celkem 12 lapačů na jeden faunistický čtverec a 36 lapačů v rámci celého experimentu.

Rozmístění lapačů v rámci jedné lokality bylo provedeno tak, aby nedocházelo k výraznému vzájemnému ovlivňování jednotlivých návnad. Vzdálenost mezi lapači se pohybovala zpravidla mezi 35-60 metry, v ojedinělých případech až do 100 metrů, v závislosti na charakteru porostu a terénu. Tato vzdálenost byla zvolena jako kompromis mezi prostorovými možnostmi konkrétní lokality a snahou o minimalizaci interference feromonových signálů. Lapače byly instalovány primárně v okrajích porostů, nebo v případě větších lesních komplexů byly lapače umístěny také na světlinách. Volba těchto stanovišť nebyla náhodná, okraje porostů představují z hlediska letové aktivity podkorního hmyzu významné migrační koridory, současně zde dochází k vyššímu proudění vzduchu, což může napomáhat šíření feromonového signálu. Všechny vybrané lokality měly zároveň společný znak – v předchozím roce zde proběhla nahodilá těžba, případně zde byly patrné pozůstatky napadení (těžební zbytky, souše, vývraty). Předpokladem bylo, že se zde bude podkorní hmyz vyskytovat ve zvýšené míře.

Feromonové lapače byly upevněny na dřevěné kůly zapuštěné do země. Výška instalace odpovídala přibližně prsní výšce (cca 1,3 m nad terénem).

Na každé lokalitě byly použity tři typy návnad:

- Ethanol
- Alfa-pinen
- Kombinace Ethanolu a Alfa-pinenu

Tyto látky byly zvoleny na základě jejich známé atraktivity pro řadu druhů podkorního hmyzu, zejména pro ambrózievé brouky a další sekundární škůdce.

Feromonové odparníky byly aplikovány dne 27. dubna a po celou dobu sledování nebyly měněny. Účinnost návnad dle výrobce přesahuje tři měsíce, což pokrývalo celé sledované období.



Obrázek 8 Výběr lokality



Obrázek 9 Výběr lokality



Obrázek 10 Instalace feromonových lapačů

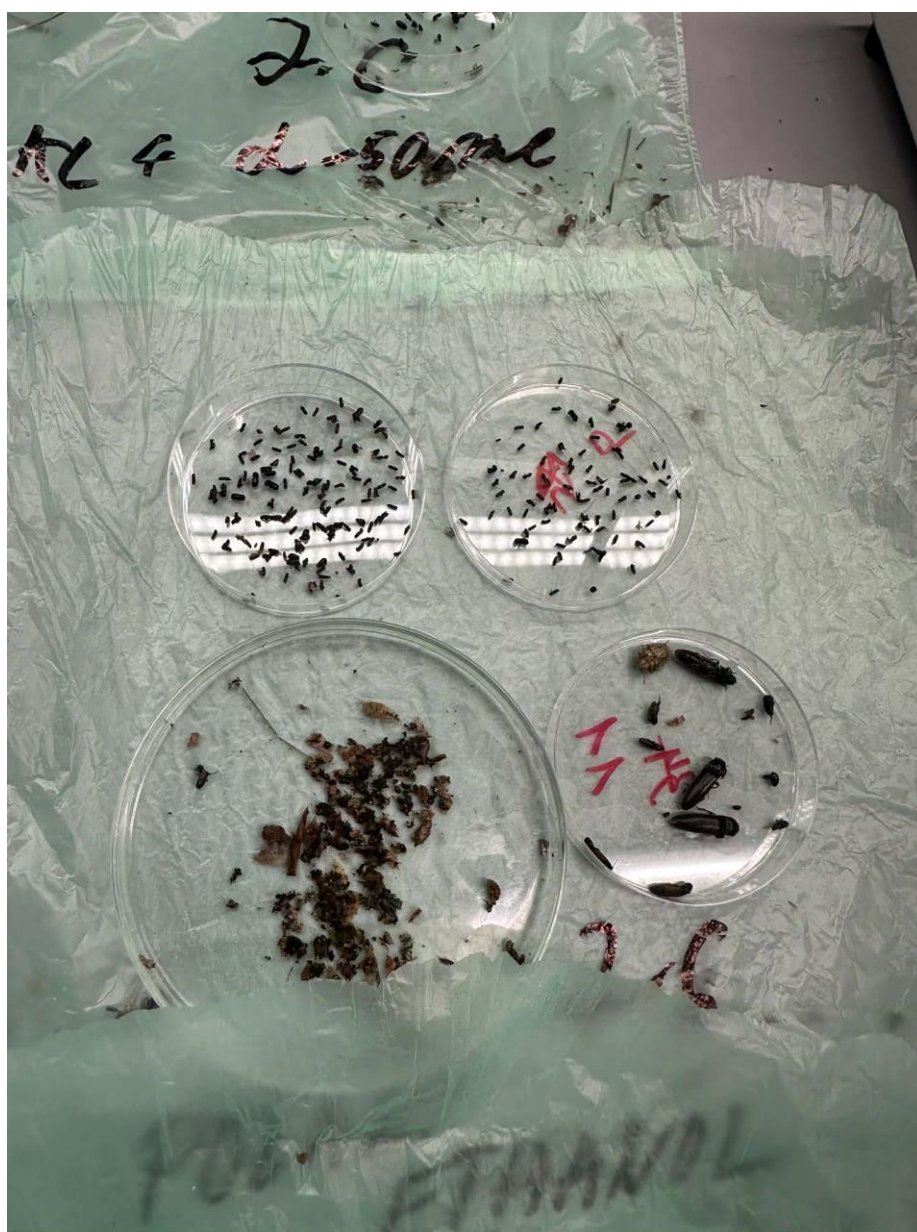
4.3 Odběr vzorků a jeho třídění

Odběry vzorků z feromonových lapačů probíhal pravidelně v desetidenních intervalech od 7.5 do 27.6. V rámci každé kontroly byl obsah sběrné nádoby lapače vyjmut a přenesen do předem připravených plastových uzavíratelných krabiček. Každý vzorek byl bezprostředně po odběru označen číslem faunistického čtverce, konkrétní lokality, typu použité návnady a datumu odběru. Tím byla zajištěna jednoznačná dohledatelnost každého souboru během dalšího zpracování. Vzhledem k tomu, že se ve vzorcích kromě cílové skupiny podkorního hmyzu nacházelo také značné množství necílových organismů (různé druhy brouků, blanokřídlí, dvoukřídlí apod.) dále jehličí, úlomky kůry a další organický materiál, bylo nutné vzorky před vlastním tříděním stabilizovat. Bezprostředně po návratu z terénu byly proto všechny odebrané vzorky uloženy do mrazicího zařízení. Zamražení sloužilo jednak k usmrcení případně živých jedinců, jednak k zbránění rozkladu biologického materiálu a vzniku plísní či sekundární degradace vzorku.

K samotnému třídění (Obr. 11) došlo v průběhu července v laboratorních podmínkách. Každý vzorek byl postupně za pomoci pinzety roztřízen, došlo k odstranění nežádoucího materiálu a byli vybráni zástupci náležící do podčeledi Scolytinae. Necílové druhy hmyzu a rostlinné zbytky nebyly dále zpracovávány. Vyseparování jedinci kůrovců byli následně

ukládání do zkumavek naplněných konzervačním roztokem. Každá zkumavka byla opatřena vnějším štítkem s identifikací vzorku.

Takto připravené a konzervované vzorky byly následně předány k odborné determinaci (Obr. 12) specialistovi na podkorní hmyz, dr. Fialovi, který se danou problematikou dlouhodobě zabývá. Výsledkem byl soupis druhů a početnosti jednotlivých zástupců Scolytinae. Po obdržení determinovaných výsledků byla data převedena do tabulkové podoby a následně zpracována pro účely vyhodnocení druhového složení, abundance a dominance jednotlivých druhů v rámci jednotlivých faunistických čtverců. Zvolený postup zpracování vzorků umožnil minimalizovat chyby při manipulaci s materiálem, zajistit přehlednost dat a současně garantovat odbornou správnost druhového určení.



Obrázek 11 Třídění jednotlivých odběrů



Obrázek 12 Vybrané odběry připravené k determinaci

4.4 Základní enviromentální informace lokalit

Součástí terénního šetření bylo rovněž zaznamenání základních enviromentálních charakteristik jednotlivých lokalit. U každého stanoviště byla přímo v terénu zjištěna nadmořská výška pomocí mobilního zařízení, které disponovalo GPS lokalizací. Informace o velikosti přilehlých lesních komplexů byly získány ve spolupráci s příslušnými lesními hospodáři, kteří dané majetky obhospodařují. Zároveň ve spolupráci s nimi bylo stanoveno procentuální zastoupení hlavních dřevin v bezprostředním okolí lapačů. Tyto údaje byly následně využity pro vyhodnocení možného vlivu stanovištních podmínek na abundanci a druhové složení odchycených kůrovců.

4.5 Zpracování výsledků

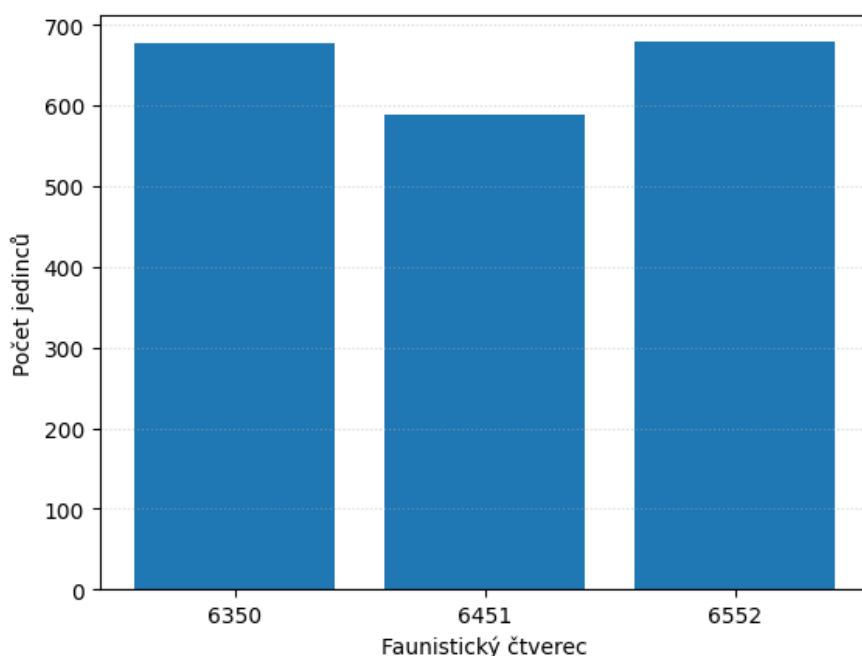
Po determinaci byly získané výsledky nejprve základním způsobem zpracovány a graficky znázorněny, aby bylo možné přehledně vyhodnotit celkový počet odchycených jedinců, počet zjištěných druhů a jejich rozložení mezi jednotlivé lokality, termíny odběrů a typy použitých návnad. Následně byla data statisticky vyhodnocena, pro porovnání účinnosti jednotlivých návnad byl použit Kruskal – Wallisův test a poté i následné párové porovnání mezi jednotlivými variantami návnad, pro posouzení podobnosti a rozdílů v druhovém složení mezi lokalitami a faunistickými čtverci byla využita ordinační analýza NMDS. Vliv vybraných environmentálních faktorů na druhové složení kůrovců byl dále hodnocen pomocí metody envfit a také pomocí analýzy RDA. Výsledky těchto analýz byly následně použity k celkovému zhodnocení vztahů mezi druhovým složením kůrovců, typem návnady a charakterem prostředí sledovaných lokalit.

5 Výsledky

5.1 Druhové spektrum kůrovců

5.1.1 Celkový počet odchycených jedinců

Během sledovaného období bylo ve všech třech faunistických čtvrcích odchyceno celkem 1945 jedinců kůrovcovitých brouků (Curculionidae: Scolytinae) (Obr. 13). Odchyty probíhaly v období od 7. května do 27. června a zahrnovaly šest pravidelných odběrů v desetidenních intervalech. Tento počet představuje souhrn všech jedinců zachycených ve 36 feromonových lapačích instalovaných ve třech faunistických čtvrcích.

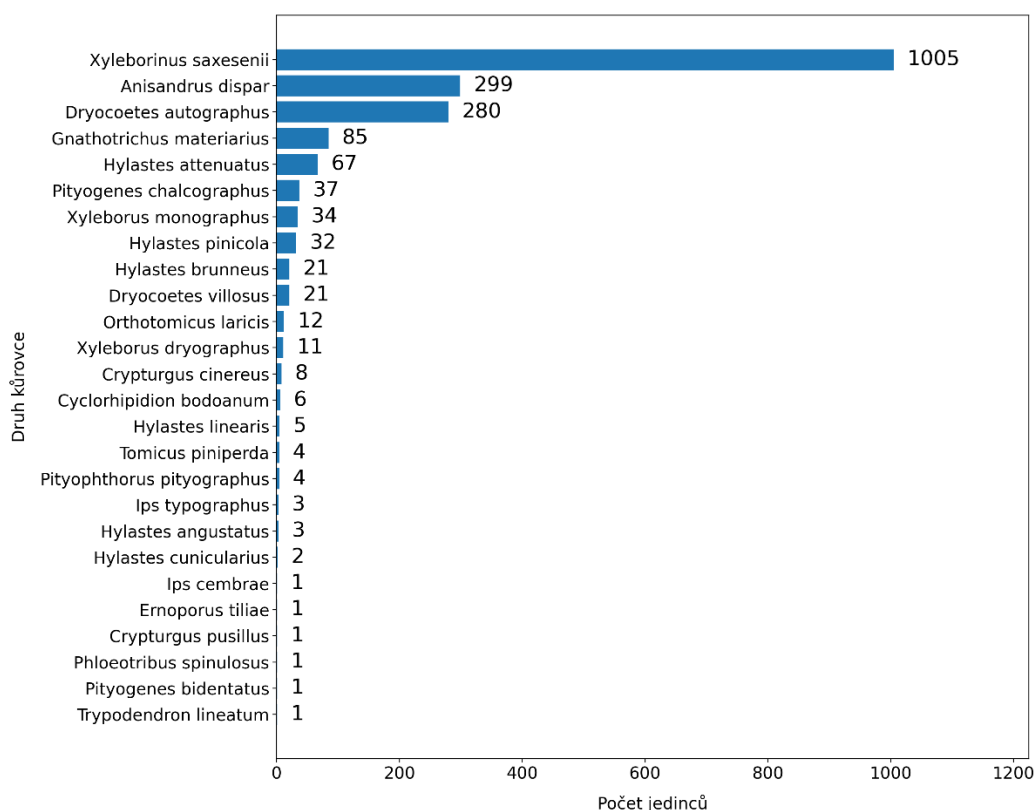


Obrázek 13 Celkový počet odchycených jedinců podle faunistických čtvrců

Z grafického vyjádření celkového počtu odchycených jedinců podle jednotlivých faunistických čtvrců je patrné, že intenzita výskytu kůrovců nebyla mezi sledovanými územími zcela totožná. Nejvyšší počet jedinců byl zaznamenán ve faunistickém čtvrci 6552, kde bylo odchyceno 679 jedinců. Velmi podobná hodnota byla zjištěna také ve faunistickém čtvrci 6350, kde došlo k odchytu 678 jedinců. Naopak nejnižší počet jedinců byl zaznamenán ve faunistickém čtvrci 6451, kde celkový odchyt dosáhl 588 jedinců. Rozdíly mezi jednotlivými čtvrci však nejsou extrémně výrazné.

5.1.2 Celkový počet odchycených druhů jedinců

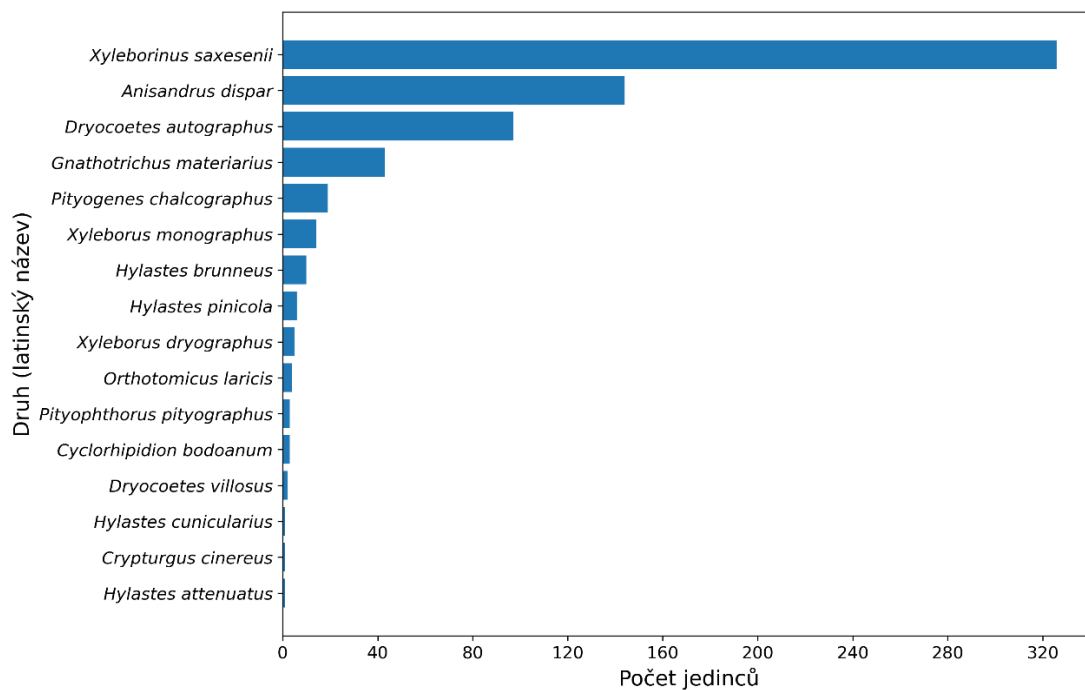
Ve všech faunistických čtvrcích bylo zaznamenáno během sledovaného období celkem 26 druhů kůrovcovitých brouků (Obr. 14). Druhové spektrum zahrnovalo jak běžné, tak i taxony vyskytující se pouze ojediněle. Nejvyšší počet jedinců byl zaznamenán u druhu *X. saxesenii*, který tvořil dominantní složku celkového odchytu. Významně zastoupen byl rovněž druh *Anisandrus dispar* (Fabricius, 1752) následovaný druhem *Dryocoetes autographus* (Ratzeburg, 1837). Tyto tři druhy představovaly podstatnou část celkové abundance zaznamenané během monitoringu, řádově ve stovkách kusů. V desítkách kusů byly zastoupeny druhy *G. materiarius*, *Hylastes attenuatus*, *Hylaster pinicola* a *Hylastes brunneus*. Ostatní druhy se vyskytovaly v nižších jednotkách a byly zaznamenány spíše sporadicky. Do druhového spektra byly zařazeny následující druhy: *A. dispar*, *X. saxesenii*, *G. materiarius*, *H. attenuatus*, *T. piniperda*, *H. pinicola*, *D. autographus*, *Orthotomicus laricis*, *P. chalcographus*, *H. brunneus*, *Crypturgus cinereus*, *Xyleborus dryographus*, *Dryocoetes villosus*, *Xyleborus monographus*, *Ips cembrae*, *I. typographus*, *Ernoporus tiliae*, *Crypturgus pusillus*, *Hylaster angustatus*, *Cyclorhipidion bodoanum*, *Phloeotribus spinulosus*, *Pityogenes bidentatus*, *Hylaster linearis*, *Pityophthorus pityographus*, *Hylaster cunicularius*, *Trypodendron lineatum*.



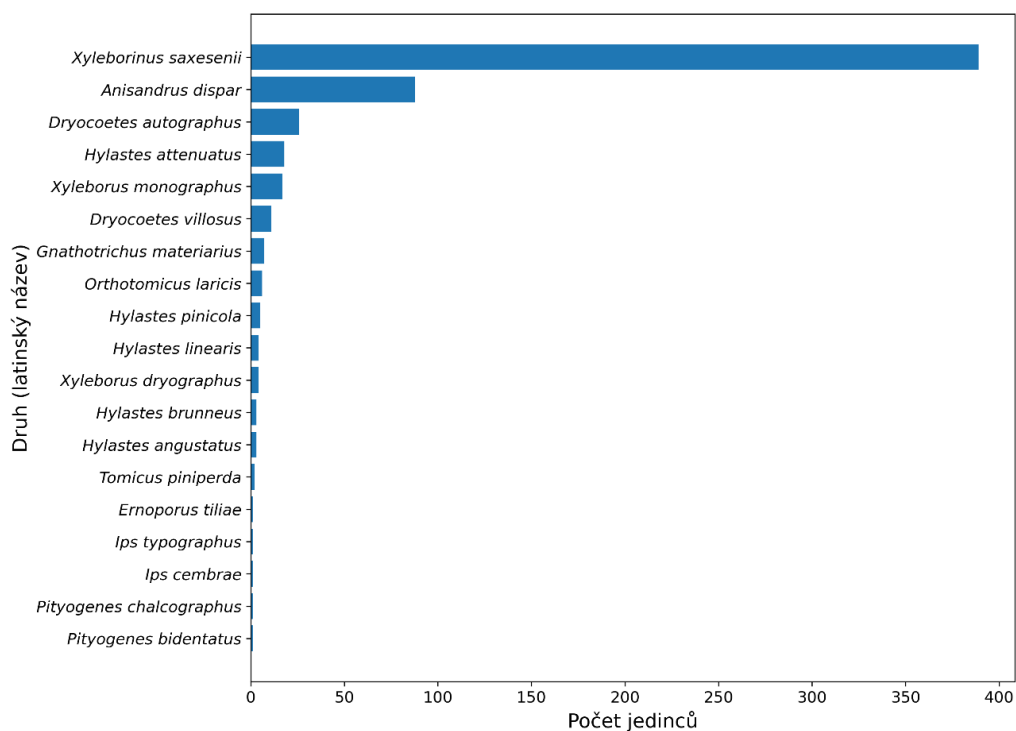
Obrázek 14 Celkový počet odchycených jedinců podle druhů

5.1.3 Odchycené druhy v jednotlivých faunistických čtvrcích

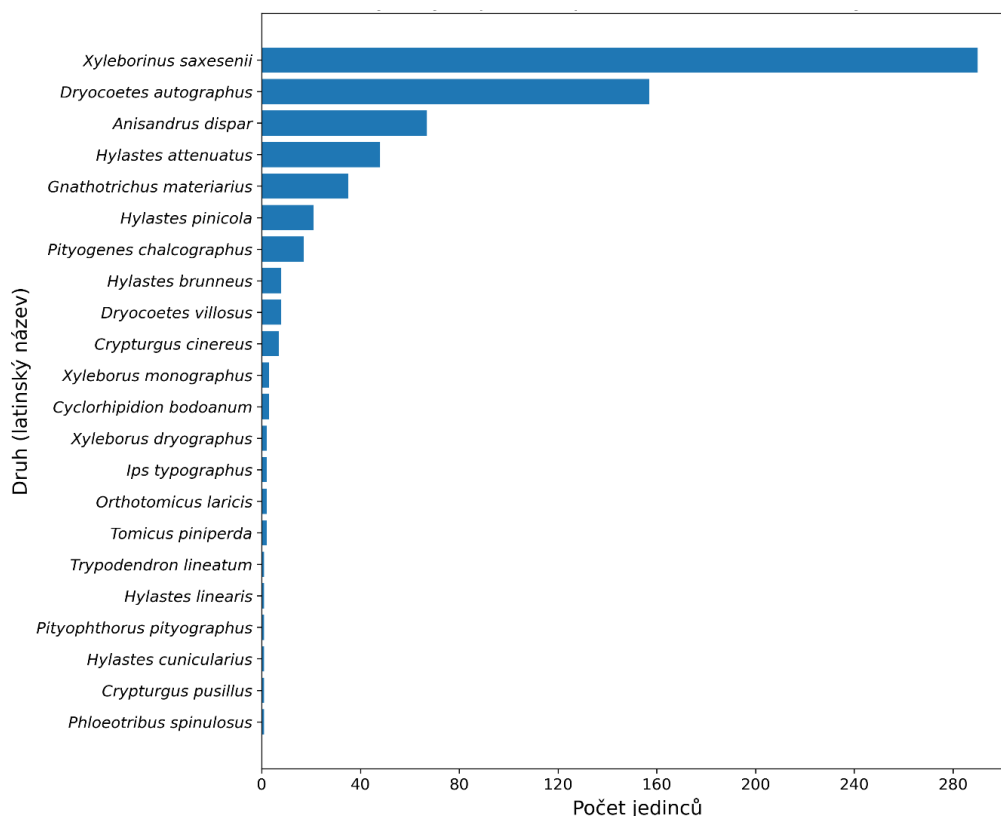
Nejvyšší druhová bohatost byla zjištěna ve faunistickém čtvrci 6350 (oblast Smolotel) (Obr. 17), kde bylo determinováno celkem 22 druhů. Ve faunistickém čtvrci 6451 (okolo Klučenic) (Obr. 16) bylo zaznamenáno 19 druhů a nejnižší počet byl zjištěn ve faunistickém čtvrci 6552 (okolí Milevska a Hrazan) (Obr. 15), kde bylo odchyceno 16 druhů. Při hodnocení celkové abundance se situace lišila. Nejvyšší počet jedinců byl zaznamenán ve faunistickém čtvrci 6552, následovaném čtvrcem 6350. Nejnižší celkový počet odchycených jedinců byl zaznamenán ve faunistickém čtvrci 6451. Z uvedených výsledků vyplývá, že území s nejvyšší druhovou bohatostí nemuselo nutně vykazovat nejvyšší početnost jedinců. Ve všech třech faunistických čtvrcích byly společně zastoupeny zejména *druhy A. dispar, X. saxenii, G. materiarius, D. autographus, H. attenuatus, H. pinicola a T. piniperda*. Tyto druhy tak představovaly stabilní složku sledovaných společenstev napříč hodnocenými územími. Faunistický čtverec 6350 se vyznačoval nejširším druhovým spektrem, přičemž zde byly zaznamenány i druhy, které se v ostatních čtvrcích vyskytovaly pouze sporadicky nebo nebyly zjištěny vůbec. Ve čtvrci 6451 bylo druhové spektrum rovněž poměrně pestré, avšak některé druhy zde byly zastoupeny v nižších početnostech. Faunistický čtverec 6552 vykazoval nižší druhovou bohatost, nicméně vyšší celkovou abundanci, což naznačuje dominanci několika početně silně zastoupených druhů. Faunistický čtverec 6350 vykazoval tři unikátní druhy, které nebyly zaznamenány v ostatních čtvrcích: *C. pusillus, P. spinulosus, T. linatum*. Ve faunistickém čtvrci 6451 byly zaznamenány čtyři druhy, které se nevyskytovaly v ostatních dvou čtvrcích: *E. tiliae, H. angustatus, I. cembrae, P. bidentatus*. Ve faunistickém čtvrci 6552 nebyl zaznamenán žádný druh, který by byl zcela unikátní pouze pro toto území.



Obrázek 15 Počet odchycených jedinců podle druhů ve faunistickém čtvrtci 6552



Obrázek 16 Počet odchycených jedinců podle druhů ve faunistickém čtvrtci 6451



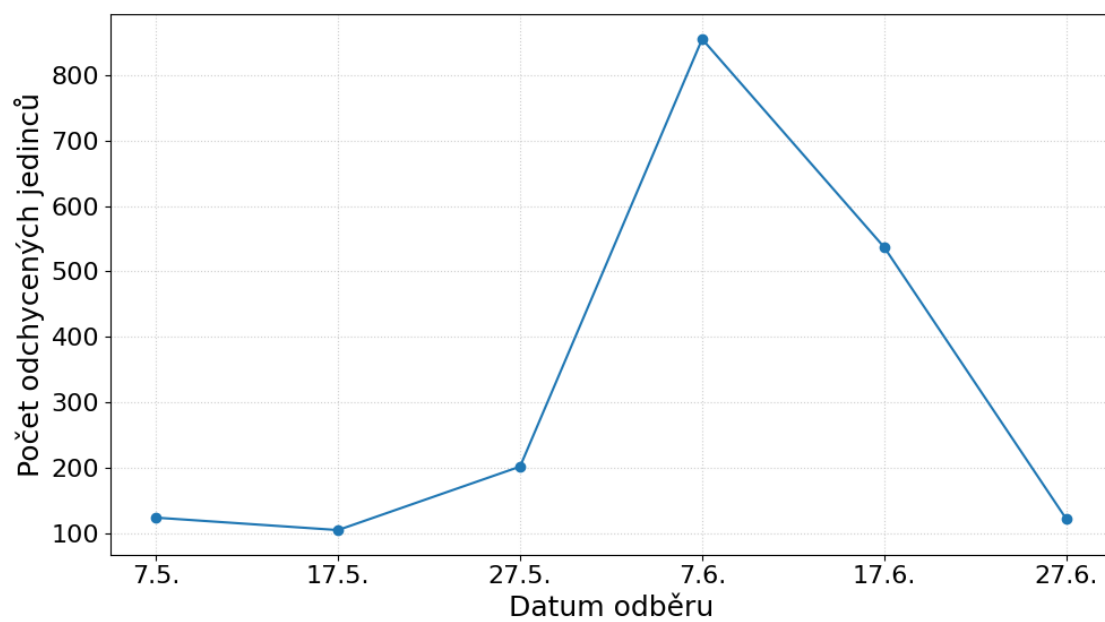
Obrázek 17 Počet odchycených jedinců podle druhů ve faunistickém čtverci 6350

5.2 Vývoj letové aktivity kůrovců

Z celkového grafu vývoje letové aktivity (Obr. 18) je patrné, že během sledovaného období probíhal výrazně nerovnoměrný průběh náletu kůrovců. Nejnižší hodnoty byly zaznamenány při prvních dvou odběrech (7.5 a 17.5), kdy byla aktivita relativně nízká a stabilní. Následně došlo k postupnému nárůstu početnosti při odběru 27.5.

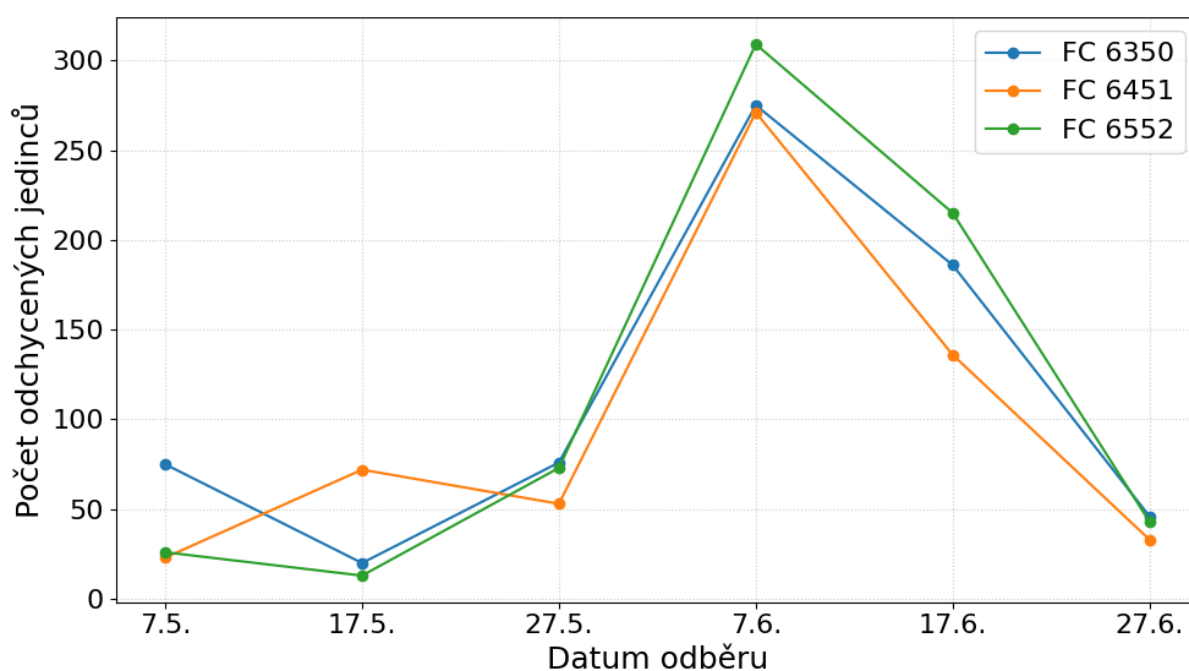
Zcela zásadní zlom nastal při odběru 7.6, kdy byla zaznamenána jednoznačně nejvyšší letová aktivita za celé sledované období. Tento termín představuje vrchol jarního rojení sledovaných druhů. Následující odběr 17.6 již vykazuje pokles početnosti, přesto však zůstává na úrovni květnových hodnot. Poslední odběr 27.6 potvrzuje výrazné utlumení letové aktivity.

Celkově lze konstatovat, že letová aktivita kulminovala na počátku června, přičemž předchozí i následné termíny vykazovaly výrazně nižší početnosti.



Obrázek 18 Vývoj celkové letové aktivity kůrovců

5.2.1 Porovnání letové aktivity mezi jednotlivými čtverci



Obrázek 19 Porovnání letové aktivity kůrovců mezi faunistickými čtverci

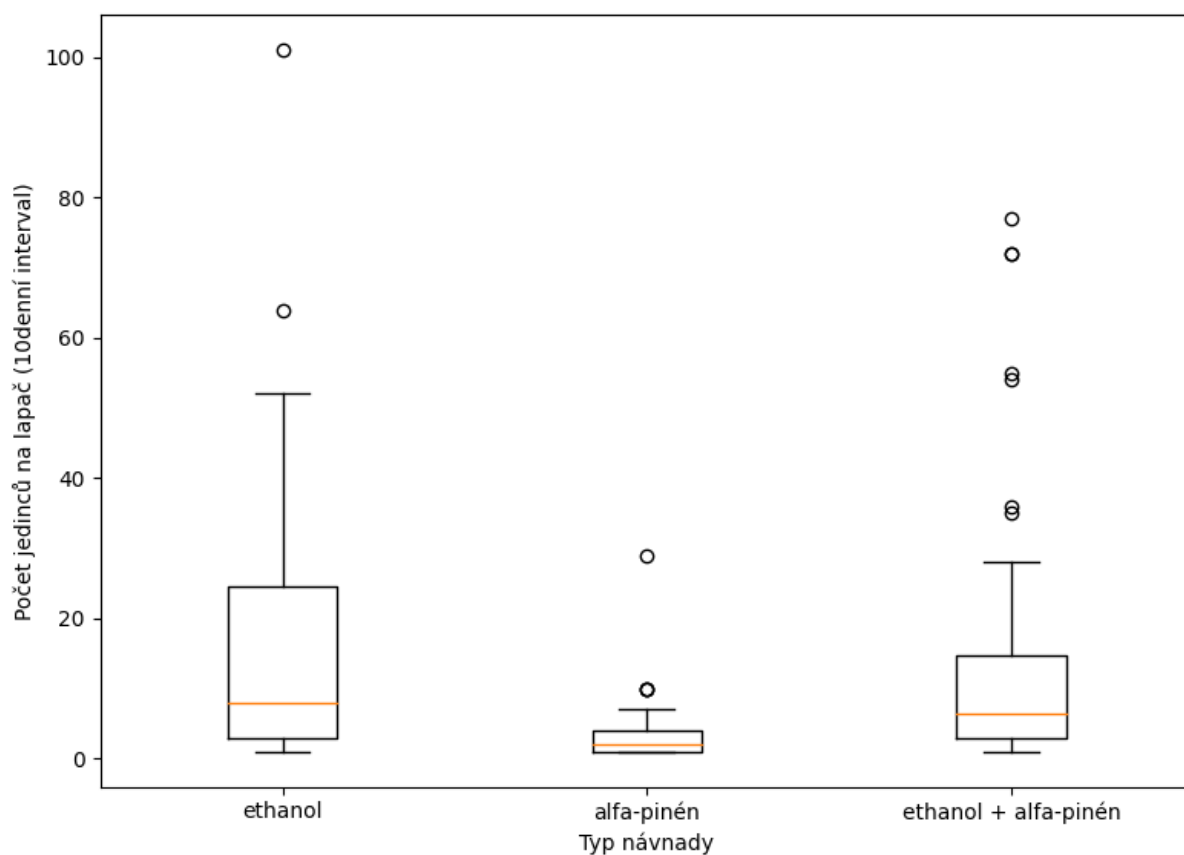
Graf (Obr. 19) představuje přímé porovnání intenzity letové aktivity mezi jednotlivými faunistickými čtverci v jednotlivých termínech odběru. Z křivek je patrné, že rozdíly mezi čtverci se během sezony měnily nejen v absolutních hodnotách, ale i v relativním pořadí jednotlivých území.

V úvodním termínu 7.5 vykazoval nejvyšší aktivitu faunistický čtverec 6350, zatímco zbývající dva čtverce dosahovaly nižších hodnot. Při druhém odběru 17.5 se situace změnila a nejvyšší počet jedinců byl zaznamenán ve čtverci 6451.

Při hlavním vrcholu 7.6 již dominuje faunistický čtverec 6552, který si zároveň udržuje nejvyšší hodnoty i při následném odběru 17.6. To naznačuje nejen vyšší populační hustotu, ale i intenzivnější průběh rojení v tomto území. Naopak čtverec 6451 vykazuje ve druhé polovině sledovaného období relativně nižší hodnoty než zbývající dvě oblasti.

Závěrečný odběr 27.6 ukazuje vyrovnání hodnot mezi čtverci, kdy rozdíly v počtech odchycených jedinců již nejsou tak výrazné. Celkově tedy graf poukazuje na skutečnost, že ačkoliv časování rojení bylo obdobné, intenzita a dynamika náletu se mezi jednotlivými faunistickými čtverci lišila.

5.3 Porovnání účinnosti návnad



Obrázek 20 Porovnání účinnosti návnad

Pro porovnání účinnosti jednotlivých návnad (Obr. 20) byl použit Kruskal-Wallisův test. Analýza prokázala statisticky významné rozdíly mezi typy návnad ($H = 27,29$, $p < 0,001$). Nejvyšší počet jedinců na lapač byl zaznamenán u ethanolu, zatímco alfa-pinen vykazoval výrazně nižší hodnoty. Kombinovaná návnada dosahovala středních hodnot.

Výsledky potvrzují, že typ návnady významně ovlivňuje početnost odchycených kůrovců.

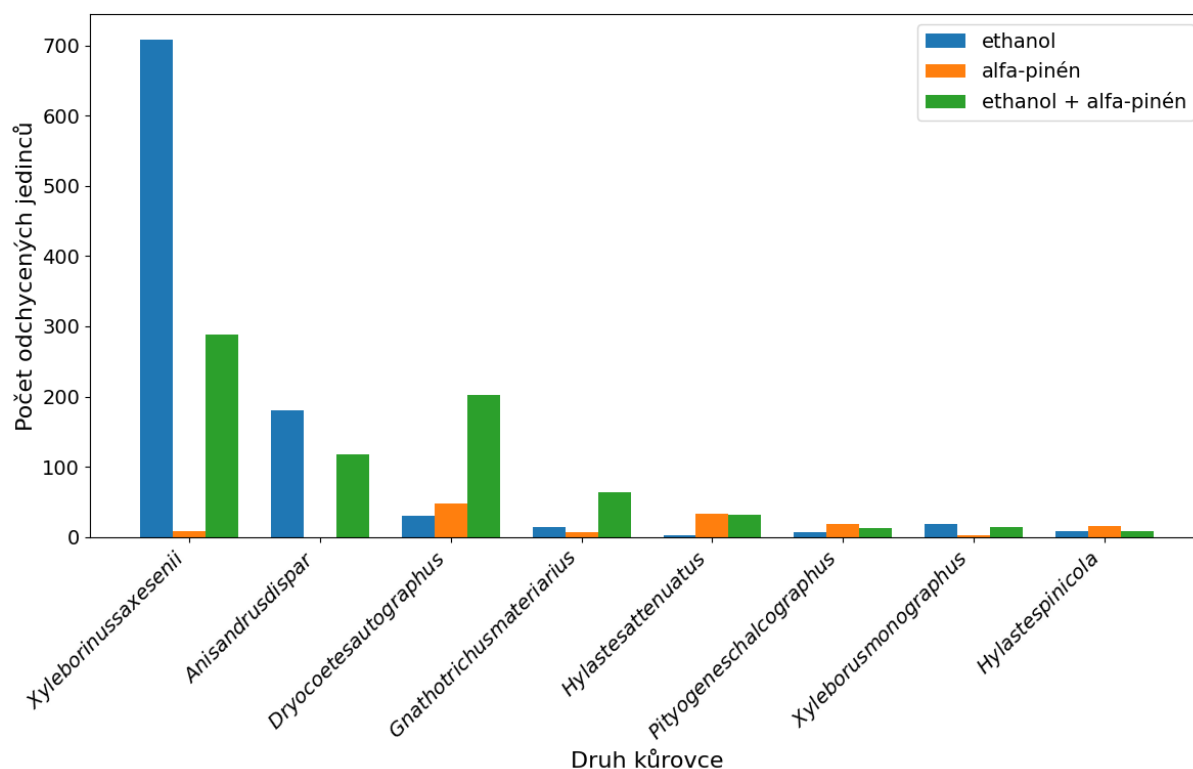
5.3.1 Párové porovnání účinnosti návnad

Porovnání návnad	Z	p (Holm)	Interpretace
E × A	4,860	0,0000035	statisticky významný rozdíl; ethanol byl účinnější
E × E+A	0,423	0,6723	statisticky nevýznamný rozdíl
A × E+A	-4,394	0,0000222	statisticky významný rozdíl; kombinace byla účinnější

Tabulka 3 Párové porovnání účinnosti návnad

Následné párové porovnání (Tab. 3) prokázalo statisticky významný rozdíl mezi návnadou ethanol a alfa-pinen ($p = 0,0000035$), přičemž ethanol vykazoval vyšší účinnost. Statisticky významný rozdíl byl dále zjištěn mezi alfa-pinenem a kombinací ethanolu s alfa-pinenem ($p = 0,0000222$), přičemž kombinovaná návnada byla účinnější. Naopak mezi ethanolem a kombinací ethanolu s alfa-pinenem nebyl statistický významný rozdíl prokázán ($p = 0,6723$). Výsledky tedy ukazují, že samotný alfa-pinen byl nejméně účinnou variantou, zatímco ethanol i kombinovaná návnada dosahovaly vyšších hodnot odchytu.

5.3.2 Reakce druhů na jednotlivé návnady



Obrázek 21 Reakce nejpočetnějších druhů na jednotlivé návnady

Graf (Obr. 21) znázorňuje reakci osmi nejpočetnějších druhů kůrovců na tři testované návnady: ethanol, alfa-pinen a kombinaci ethanolu s alfa-pinenem. Hodnoty představují součet všech jedinců odchycených během šesti odběrů. Z grafu je patrné, že jednotlivé druhy vykazují rozdílnou citlivost na použitý typ návnady. Nejpočetnější druh *X. saxesenii* reagoval výrazně dominantně na ethanol. Počet jedinců zachycených na ethanol byl několikanásobně vyšší než u ostatních návnad. Reakce na samotný alfa-pinen byla minimální. Kombinovaná návnada vykazovala střední hodnoty, avšak nedosahovala úrovně samotného ethanolu. To naznačuje, že u tohoto druhu nemá přídavek alfa-pinenu pozitivní efekt.

Podobný trend byl pozorován i u druhu *A. dispar*, který rovněž preferoval ethanol. Oproti tomu druh *D. autographus* vykazoval výraznější reakci na kombinovanou návnadu než samotný ethanol, což může naznačovat odlišnou chemickou preferenci.

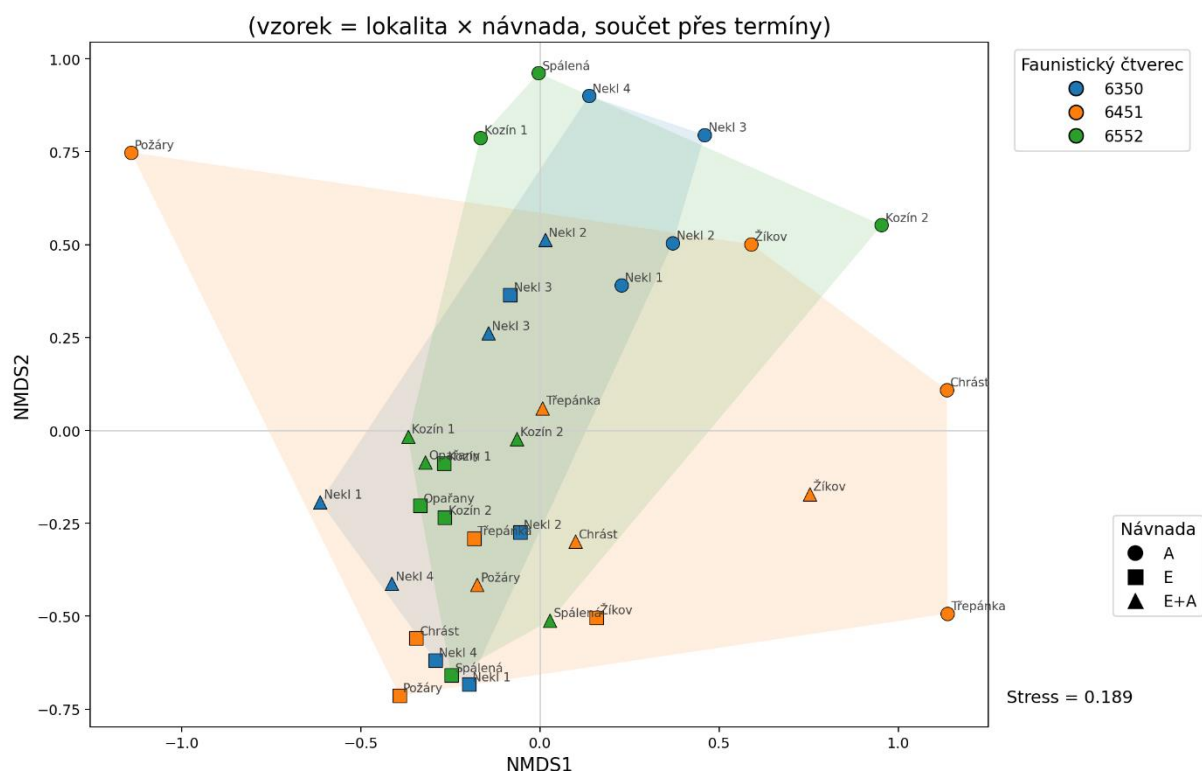
Druhy *H. attenuatus* a *P. chalcographus* vykazovaly relativně vyšší podíl odchytů u alfa-pinenu oproti ostatním dominantním druhům. U těchto druhů lze předpokládat vyšší citlivost na složku návnady.

Analýza také odhalila několik druhů, které byly zaznamenány pouze u jednoho typu návnady, například u návnady ethanol se vyskytovali pouze kůrovci *E. tiliae*, *P. spinulosus*, *P. bidentatus*.

Pouze u kombinace návnad ethanolu s alfa-pinenem se vyskytovali kůrovci *I. cembrae*, *C. pusillus*, *H. cunicularius*, *T. lineatum*.

Tyto druhy se nevyskytly u ostatních návnad ani v jednom odběru, což naznačuje určitou míru selektivity. Vzhledem k nízkému počtu jedinců je však třeba tuto skutečnost interpretovat s nadsázkou, jelikož může být ovlivněna nízkou populační hustotou.

5.4 Analýza druhového složení a zjištění rozdílu ve společenstev kůrovců podle faunistických čtverců



Obrázek 22 Ordinance kůrovců podle faunistických čtverců

NMDS ordinance druhového složení kůrovců (Obr. 22) zachycených na sledovaných lokalitách. Každý bod představuje jednu kombinaci lokalita × typ návnady, přičemž záchyty byly sečteny za celé sledované období. Vzdálenost mezi body vyjadřuje míru nepodobnosti ve druhovém složení na základě Bray-Curtisovy vzdálenosti vypočtené ze sqrt-transformovaných abundančních dat. Barva bodů označuje příslušnost k faunistickému čtverci, tvar symbolu odpovídá typu návnady. Ordinance byla provedena ve dvou dimenzích; hodnota stress = 0,189.

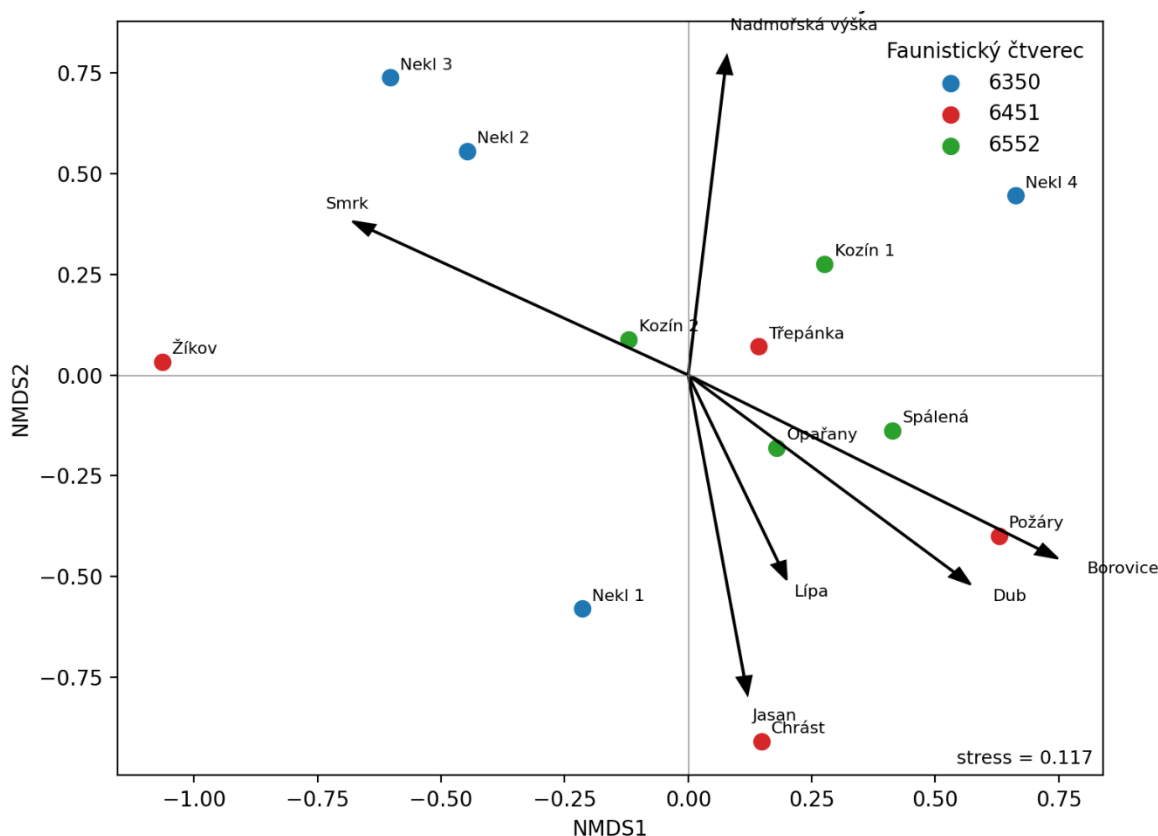
NMDS ordinance ukázala, že druhové složení kůrovců se mezi jednotlivými vzorky částečně lišilo, avšak bez úplné separace podle faunistických čtverců. V ordinačním prostoru bylo patrné jen částečné seskupování vzorků náležejících ke stejnému čtverci, zatímco mezi skupinami docházelo k poměrně výraznému překryvu. To naznačuje, že sledované faunistické čtverce se ve druhovém složení kůrovců sice do určité míry odlišují, ale tyto rozdíly nejsou natolik výrazné, aby vedly k jednoznačnému oddělení všech vzorků.

Současně se ukázalo, že uspořádání bodů v ordinačním prostoru může být ovlivněno i použitým typem návnady. Vliv návnady se tak pravděpodobně překrývá s vlivem samotné geografické příslušnosti k faunistickému čtverci. To znamená, že zjištěná variabilita druhového

složení není dána pouze prostorovým uspořádáním lokalit, ale také metodickými faktory souvisejícími s atraktivitou jednotlivých typů odparníků.

Hodnota stress 0,189 ukazuje, že ordinace poskytuje přijatelný, i když ne zcela dokonalý obraz vztahů mezi vzorky. Výsledný diagram je proto vhodný především pro interpretaci obecných trendů podobnosti a odlišnosti, nikoli pro přeceňování jemných rozdílů mezi jednotlivými body.

5.5 Vliv environmentálních faktorů na druhové složení



Obrázek 23 NMDS lokalit s environmentálními vektory

NMDS ordinace druhového složení kůrovců na úrovni lokalit s promítnutím vybraných environmentálních faktorů pomocí metody envfit (Obr. 23). Každý bod představuje jednu lokalitu, přičemž záchyty byly sečteny přes všechny odběrové termíny i všechny typy návnad. Vzdálenost mezi body vyjadřuje míru nepodobnosti druhového složení na základě Bray-Curtisovy vzdálenosti vypočtené ze sqrt-transformovaných abundančních dat. Šipky znázorňují směr a relativní sílu vazby vybraných environmentálních proměnných k ordinačnímu uspořádání lokalit. Délka šipky odpovídá síle vztahu dané proměnné k druhovému složení. Hodnota stress = 0,117.

NMDS ordinace na úrovni lokalit poskytla dobře interpretovatelné řešení s hodnotou stress = 0,117, která ukazuje na relativně dobrou shodu mezi ordinačním uspořádáním a původními vztahy v datech. Rozmístění lokalit v ordinačním prostoru naznačilo, že druhové složení kůrovců mezi lokalitami vykazuje určitou strukturu, přičemž část této variability může souviset s charakterem prostředí.

Analýza envfit ukázala, že nejsilnější vazbu k ordinačnímu uspořádání lokalit měly především nadmořská výška a zastoupení hlavních dřevin. Nejvyšší hodnoty koeficientu determinace vykázaly:

nadmořská výška ($r^2 = 0,385$; $p = 0,111$),

jasan ($r^2 = 0,363$; $p = 0,165$),

borovice ($r^2 = 0,361$; $p = 0,132$),

smrk ($r^2 = 0,323$; $p = 0,170$),

dub ($r^2 = 0,313$; $p = 0,179$).

Ačkoli žádná z proměnných nevyšla v rámci envfit jako statisticky průkazná na běžně používané hladině významnosti, výsledky naznačují trend, podle něhož je druhové složení kůrovců spojeno především s nadmořskou výškou a se zastoupením dominantních dřevin.

Doplňující RDA ukázala výraznější vztahy. Při testování jednotlivých proměnných samostatně se jako statisticky významné faktory projevíly:

smrk ($R^2 = 0,243$; $p = 0,0038$),

borovice ($R^2 = 0,242$; $p = 0,0054$),

dub ($R^2 = 0,194$; $p = 0,0286$).

Naopak:

nadmořská výška samostatně významná nebyla ($R^2 = 0,105$; $p = 0,318$),

velikost lesního komplexu nevykázala téměř žádný vliv ($R^2 = 0,045$; $p = 0,899$).

Také více proměnné modely potvrdily význam zastoupení hlavních dřevin. Model zahrnující smrk a borovici byl statisticky průkazný ($R^2 = 0,322$; adj. $R^2 = 0,172$; $p = 0,016$). Ještě vyšší vysvětlenou variabilitu poskytl model se smrkem, borovicí a dubem ($R^2 = 0,416$; adj. $R^2 = 0,197$; $p = 0,021$). Po přidání nadmořské výšky se sice celková vysvětlená variabilita dále zvýšila ($R^2 = 0,494$; adj. $R^2 = 0,204$; $p = 0,045$), avšak plný model se všemi pěti proměnnými již průkazný nebyl ($R^2 = 0,567$; adj. $R^2 = 0,207$; $p = 0,077$).

Celkově tedy výsledky ukazují, že druhové složení kůrovců bylo v tomto souboru nejvíce spojeno se zastoupením smrku, borovice a dubu, zatímco velikost lesního komplexu se jako vysvětlující faktor neuplatnila a nadmořská výška vykazovala pouze slabší až středně silný trend.

6 Diskuse

Ve sledovaném období bylo ve všech třech faunistických čtvrcích odchyceno celkem 1945 jedinců náležících k 26 druhům kůrovců. Druhovému složení jednoznačně dominoval druh *X. saxesenii*, následovaný druhy *A. dispar* a *D. autographus*. Už samotná dominance těchto druhů naznačuje, že ve sledovaném souboru měly významné zastoupení především druhy reagující na stresové signály hostitelského materiálu a na čerstvě oslabené dřevo. Současně se ukázalo, že mezi jednotlivými faunistickými čtvrci nebyly extrémní rozdíly v celkové abundanci, ale více se lišily ve druhové bohatosti a částečně i ve druhovém složení. Takový výsledek odpovídá obecné představě, že struktura společenstev *Scolytinae* bývá formována nejen prostorovou polohou lokality, ale i charakterem hostitelského prostředí, stavem porostu a dostupností vhodného substrátu. Došlo k prokázání, že druhová bohatost a abundance ambróziových brouků byla silněji ovlivněna věkem porostu a jeho strukturou než topografickou expozicí (Reed & Muzika, 2010).

Výsledky porovnání účinnosti návnad ukázaly, že nejméně účinnou variantou byl alfa-pinen, zatímco ethanol i kombinace ethanolu s alfa-pinenem dosahovaly vyšších odchytů. Následné párové porovnání potvrdilo statisticky významný rozdíl mezi ethanolem a alfa-pinenem i mezi alfa-pinenem a kombinovanou návnadou, zatímco mezi ethanolem a kombinací ethanolu s alfa-pinenem s alfa-pinenem významný rozdíl prokázán nebyl. Tento výsledek dobře zapadá do poznatků, podle nichž ethanol představuje pro řadu ambróziových brouků klíčový kairomon signalizující fyziologicky oslabený nebo čerstvě odumírající hostitelský materiál, zatímco účinek alfa-pinenu bývá více druhově specifický. Podobný výsledek uvádějí také Miller a Rabaglia (2009), kteří prokázali, že ethanol byl atraktivní pro široké spektrum ambróziových brouků, zatímco účinek alfa-pinenu byl mezi druhy variabilní a u části z nich mohl reakci na ethanol modifikovat. V další studii Rangera a kol. (2011) byla navíc u některých ambróziových brouků, včetně *X. saxesenii*, popsána situace, kdy přídavek alfa-pinenu atraktivitu ethanolové návnady nezvyšoval, ale naopak ji snižoval. Česká studie Fialy a kol. (2023) současně uvádí ethanol jako nejuniverzálnější návnadu pro většinu sledovaných ambróziových brouků.

Silná dominance druhu *X. saxesenii* a vysoké zastoupení druhu *A. dispar* jsou tímto výkladem v souladu. Oba druhy patří mezi ambróziové brouky často zachycované právě na ethanolových návnadách a jejich četný výskyt ve sledovaném souboru podporuje závěr, že hlavní roli zde hrály druhy reagující na stresové látky hostitele. Tento trend byl popsán i ve středoevropských studiích, kde ethanol zachycoval široké spektrum ambróziových brouků a

často dominovaly právě druhy rodu *Xyleborinus* nebo *Anisandrus*, ve slovenském dubovém lese například Galko a kol. (2014) zjistili při odchycích na ethanolové návnady dominantní zastoupení druhů *X. saxesenii* a *A. dispar*, což je s výsledkem této práce srovnatelné. Z biologického hlediska je tedy logické, že ethanol v tomto souboru fungoval jako hlavní atraktant, zatímco samotný alfa-pinen nebyl jako univerzální návnada dostatečně účinný (Fiala et al., 2023).

Průběh letové aktivity ukázal zřetelný vrchol na začátku června, konkrétně při odběru 7.6, po němž následoval pokles početnosti. Tento vývoj odpovídá sezonnímu vzorci popisovanému u řady kůrovců a ambróziových brouků ve středoevropských podmínkách, kdy se hlavní jarní až časně letní rojení koncentruje do relativně krátkého období a pozdější termíny už zachycují spíše dozrívající aktivitu nebo pouze část následných generací. I Fiala a kol. (2023) uvádějí, že průběh sezony výrazně ovlivňuje výsledné počty i druhové složení odchytů a že ethanolové návnady bývají nejúčinnější právě v hlavních obdobích letu sledovaných druhů.

V ordinační analýze NMDS se ukázalo, že rozdíly v druhovém složení mezi lokalitami a faunistickými čtverci sice existovaly, ale nebyly zcela jednoznačné. Vzorky se v ordinačním prostoru do určité míry seskupovaly podle příslušnosti ke čtverci, současně se však mezi skupinami objevoval poměrně výrazný překryv. To naznačuje, že prostorová složka variability byla ve sledovaném souboru přítomna, avšak sama o sobě zřejmě nevysvětlovala celé uspořádání společenstev. Sledované faunistické čtverce představují sousední území a nelze očekávat, že by nutně odpovídaly zcela odlišným ekologickým jednotkám. V rámci jednoho čtverce se mohly vyskytovat porosty s rozdílnou druhovou skladbou dřevin, různou mírou oslabení stromů, odlišným mikroklimatem i rozdílnou historií narušení (Reed & Muzika, 2010)

Výsledky envfit a RDA tento předpoklad dále podporují, protože naznačují, že druhové složení kůrovců bylo v tomto souboru více spojeno s charakterem porostu než se samotnou prostorovou polohou lokalit. Význam porostní struktury potvrzují i další studie, podle nichž abundance i druhová bohatost ambróziových brouků souvisejí například se zápojem porostu a stabilitou mikroklimatu, zejména s vyšší vlhkostí prostředí vhodnou pro rozvoj jejich symbiotických hub (Holuša et al. 2021). Zatímco v rámci envfit nebyla žádná proměnná statisticky průkazná na běžně používané hladině významnosti, doplňková RDA zvýraznila především význam zastoupení hlavních dřevin, zejména smrku, borovice a dubu. Takový výsledek je z ekologického hlediska dobře vysvětlitelný, protože společenstva ambróziových a dalších saproxylických brouků bývají úzce vázána na strukturu porostu, stáří lesa a dostupnost vhodného hostitelského materiálu. Reed a Muzika (2010) uvádějí, že druhová bohatost a

abundance ambróziových brouků byly silněji ovlivněny věkem porostu a jeho strukturou než topografickou expozicí.

Dřevinná skladba porostu se tak jeví jak jeden z nejpravděpodobnějších faktorů, které mohly utvářet rozdíly mezi lokalitami, v širším měřítku bylo rovněž prokázáno, že složení společenstev saproxylických brouků významně ovlivňují druh stromu a světelné podmínky, přičemž rozdíly mezi dřevinami se mohou promítat jak do druhové diverzity, tak do celkové kompozice společenstva (Vogel et al., 2020). Přítomnost smrku, borovice nebo dubu neovlivňuje pouze nabídku hostitelského materiálu, ale také mikroklimatické poměry a charakter substrátu vhodného pro vývoj jednotlivých druhů. I širší studie saproxylických brouků ukazuje, že rozdíly mezi druhy stromů a strukturou lesa významně formují betadiverzitu společenstev vedle vlivu klimatu a prostoru (Tsikas, 2025).

Naopak nadmořská výška se v tomto souboru neukázala jako jednoznačně rozhodující proměnná. Je však pravděpodobné, že její vliv působil spíše nepřímě, například prostřednictvím změn v druhové skladbě porostu, mikroklimatu nebo nabídce vhodného hostitelského materiálu. Luo a kol. (2022) ukazují, že podél výškových gradientů se mění současně složení stromů i složení kůrovců, takže samotný efekt nadmořské výšky bývá obtížné oddělit od změn hostitelského prostředí (Luo et al., 2022).

Vedle prostorových a porostních faktorů je třeba při interpretaci ordinačních výsledků zohlednit také metodický vliv použité návnady. Z výsledků této práce vyplynulo, že část variability ve druhovém složení mohla souviset i s použitím etanolu, a-pinenu nebo jejich kombinace. Tento závěr je důležitý proto, že různé druhy reagují na chemické signály hostitele odlišně. Ethanol bývá považován za univerzálnější kairomon pro druhy vyhledávající oslabené nebo čerstvě odumírající hostitele, zatímco účinek a-pinenu je více druhově specifický. Fiala a kol. (2023) v českých podmínkách uvádějí ethanol jako univerzální návnadu pro většinu sledovaných ambróziových brouků a Ranger a kol. ukázali, že přídavek a-pinenu nemusí u některých druhů atraktivitu etanolové návnady zvýšit (Fiala et al., 2023).

Rozdíl mezi výsledky NMDS, envfit a RDA proto nelze chápat jako rozpor, ale spíše jako odraz toho, že každá metoda zvýrazňuje jinou složku variability. NMDS ukázalo obecký obraz podobnosti a překryvu vzorků, envfit spíše slabší trendy a RDA zvýraznila význam vybraných dřevin. V souboru s omezeným počtem lokalit a vyšším počtem vysvětlujících proměnných je takový výsledek očekávatelný. Z tohoto důvodu je vhodné považovat výsledky těchto metod především za zachycení hlavních ekologických trendů, nikoli za důkaz jednoho jediného určujícího faktoru (Reed & Muzika, 2010).

Z praktického hlediska lze tedy uzavřít, že při interpretaci výsledného spektra odchycených druhů nestačí vycházet pouze z faunistického členění území. Vedle prostorové příslušnosti lokality je nutné zohlednit i druhovou skladbu prostoru, zdravotní stav dřevin a typ použité návnady. Právě kombinace těchto faktorů zřejmě rozhodovalo o tom, jaké druhy byly na jednotlivých lokalitách zachyceny a v jaké početnosti (Fiala et al., 2023).

7 Závěr

V průběhu sledování bylo ve třech faunistických čtvrcích odchyceno celkem 1945 jedinců kůrovců, kteří náleželi k 26 druhům. Druhového spektru jednoznačně dominoval druh *X. saxesenii*, dále pak *A. dispar* a *D. autographus*, které tvořily podstatnou část celkového odchytu.

Nejvyšší celkový počet jedinců byl zaznamenán ve faunistickém čtvrci 6552, velmi podobná hodnota však byla zjištěna i ve čtvrci 6350, zatímco nejnižší počet jedinců byl odchycen ve čtvrci 6451. Nejvyšší druhová bohatost byla zjištěna ve faunistickém čtvrci 6350, což ukazuje, že vyšší počet odchycených jedinců nemusí nutně znamenat i vyšší počet zjištěných druhů. Všechny tři čtvorce sdílely několik dominantních druhů, ale zároveň se mezi nimi objevily i rozdíly v zastoupení méně početných a lokálně specifických taxonů.

Vývoj letové aktivity ukázal, že aktivita kůrovců byla během sledovaného období nerovnoměrná. Nejnižší hodnoty byly zaznamenány v prvních dvou termínech odběru, následně došlo k nárůstu početnosti a k výraznému vrcholu na začátku června, konkrétně při odběru 7.6, po kterém aktivita opět klesla.

Došlo ke zjištění, že nejúčinnější návnadou byl ethanol, zatímco alfa-pinen vykazoval nejnižší účinek. Kombinace ethanolu s alfa-pinenem dosahovala středních hodnot, avšak statisticky se neprokázala její vyšší účinnost oproti samotnému ethanolu. Výsledky tedy ukazují, že ethanol byl pro sledované druhy nejvhodnějším atraktantem.

Ordinační analýzy dále ukázaly, že rozdíly v druhovém složení mezi lokalitami existovaly, ale nebyly zcela jednoznačné. Druhové složení bylo pravděpodobně ovlivněno nejen prostorovou polohou lokalit, ale také typem použité návnady, a především charakterem porostu. Jako nejvýznamnější enviromentální faktory se jevílo zastoupení smrku, borovice a dubu, zatímco nadmořská výška ani velikost lesního komplexu se neprojevovaly jako samostatně významné vysvětlující proměnné. Získané výsledky tedy naznačují, že struktura společenstev kůrovců ve sledovaném území byla formována kombinací lokálních stanovištních podmínek a metodiky odchytu.

Celkově lze uzavřít, že použitá metodika umožnila zachytit hlavní trendy ve druhovém složení i sezónní aktivitě kůrovců ve sledovaných lokalitách. Z praktického hlediska zdá se jako nejvhodnější návnada pro monitoring ukázal ethanol, zatímco interpretace druhového složení musí být vždy posuzována také s ohledem na charakter porostu a ekologické podmínky konkrétních lokalit. Výsledky ordinačních analýz současně naznačily, že rozdíly mezi lokalitami nebyly dány pouze jejich prostorovou polohou, ale souvisely i s lokálními

stanovištními podmínkami a druhovou skladbou porostu. Získaná data tak potvrzují, že pro správné hodnocení odchytů je nutné spojovat samotné výsledky monitoringu s informacemi o prostředí, ve kterém byly získány. Práce tím zároveň ukazuje, že zvolený postup je vhodný nejen pro sledování početnosti a druhového spektra kůrovců, ale i pro jejich vzájemné porovnání mezi lokalitami s odlišnými podmínkami. Na základě výsledků této práce lze zvolenou metodiku doporučit pro monitoring invazních a ambróziových kůrovců. Jako nejvhodnější atraktant se ukázal etanol, který bych také pro monitoring doporučil. Současně se potvrdilo že rozmístění odchytových zařízení navíc lokalitách v rámci faunistického čtverce umožňuje lépe postihnout rozdíly mezi jednotlivými stanovišti. Metodika se tak jeví jako vhodná pro sledování výskytu i porovnání druhového složení invazivních druhů v různých lokalitách.

8 Seznam literatury a použitých zdrojů

- Allison, J. D., Paine, T. D., Slippers, B., & Wingfield, M. J. (2015). *Forest Entomology and Pathology*. Springer.
- Banu, T. P., Borlea, F., G. & Banu, C. (2016). The Use of Drones in Forestry. *Journal of Environmental Science and Engineering*. (5), 557-562. doi:10.17265/2162-5263/2016.11.007
- Biedermann, P. (2010). Observations on sex ratio and behavior of males in *Xyleborinus saxesenii* Ratzeburg (Scolytinae, Coleoptera). *ZooKeys*, 56(5), 253-267. <https://doi.org/10.3897/zookeys.56.530>
- Brockerhoff, & Liebhold. (2017). Ecology of forest insect invasions. *Springer nature*, 3(19), 3141-3159.
- Březovják, Š. (2015). SOUČASNÝ STAV KLIMATICKÝCH ZMĚN A JEJICH PŘEDPOKLÁDANÝ VÝVOJ. In: Budování environmentálního profilu podniku. Seminář České lesnické společnosti v rámci PROGRAM ROZVOJE VENKOVA – OSA I.
- Cílek, V. (2021). *Klima a budoucnost našich lesů*. Akademie věd České republiky.
- Eckehard G. Brockerhoff, Diane C. Jones, Mark O. Kimberley, D. Max Suckling & Terry Donaldson. (2006). Nationwide survey for invasive wood-boring and bark beetles (Coleoptera) using traps baited with pheromones and kairomones. *Forest Ecology and Management*. 228(1-3), 234-240. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.02.046>
- Fanta, J., & Petřík, P. (Eds.). (2021). *Jiné klima – jiný les*. Academia.
- Fiala, T., Holuša, J., & Petr, P. (2023). Using ethanol and other lures to monitor invasive ambrosia beetles in endemic populations: case study from the Czech Republic. *Frontiers*, 3(1), 1-19. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1258729>
- Fiala, T., Holuša, J., Resnerová, K. a kol. (2024). The invasive ambrosia beetle, *Gnathotrichus materiarius* (Coleoptera: Curculionidae), in Central Europe. *Journal of Integrated Pest Management*, 15(1), 1-10. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmae006>
- Galko, J., Nikolov, Ch., Kimoto, T., Kunca, A., Gubka, A., Vakula, J., Zúbrik, M. & Ostrihoň, M. (2014). Attraction of ambrosia beetles to ethanol baited traps in a Slovakian oak forest. *Biologia*. 69, 1376-1383.
- Holuša, J., Fiala, T. & Foit, J. (2021). Ambrosia Beetles Prefer Closed Canopies: A Case Study in Oak Forests in Central Europe. *Forests*, 12(9), 1223. <https://doi.org/10.3390/f12091223>
- Fiala, T., & Holuša, J. (2023). A monitoring network for the detection of invasive ambrosia and bark beetles in the Czech Republic: principles and proposed design. *Frontiers in Forest and Global Change*, 2023(1), 1-14. <https://www.frontiersin.org/journals/forests-and-global-change/articles/10.3389/ffgc.2023.1239748/full>

- Hulcr, J. (2024). *Kůrovci: příběh největšího vyvrhele říše hmyzu*. ISBN: 978-80-7670-204-2
- Hulcr, J., & Abrahams, M. (2022). *The surprising lives of bark beetles: mighty foresters of the insect world*. University of Florida Press.
- Chalupa, T. & Loužek, M. (Ed.). (2011). *Kůrovcová kalamita: více než spor přírodovědců: sborník textů*. CEP – Centrum pro ekonomiku a politiku.
- Jankowiak, R. (2006). Fungi associated with *Tomicus piniperda* in Poland and assessment of their virulence using Scots pine seedlings. *Agriculture University of Cracow*, 63(7), 801-808. <https://doi.org/10.1051/forest:2006063>
- Jakuš, R., & Blaženec, M. (Eds.). (2015). *Princípy ochrany dospelých smrekových porastov pred podkôrným hmyzom*. Ústav ekológie lesa, Slovenská akadémia vied.
- Jakuš, R., Holuša, J., Blaženec, M., Cudlín, P., Hroššo, B., Jankuvová, J., Křenová, Z., Longauerová, V., Resnerová, K., Majdák, A., Mezei, P., & Slivinský, J. (2015). *Princípy ochrany dospelých smrkových porostů před podkorním hmyzem* (Vydání: první). Česká zemědělská univerzita v Praze.
- Klouček, T. & Komárek, J. (2018). POTENCIÁL DRONŮ PRO DETEKCI STROMŮ NAPADENÝCH KŮROVCEM. *Fórum ochrany přírody*. (3), 44-45.
- Klouček, T., Komárek, J., Lagner, O., Fogl, M., & Gdulová, K. (2019). *Detekce napadení lesních porostů pomocí bezpilotních leteckých prostředků: certifikovaná metodika*. Česká zemědělská univerzita v Praze.
- Knížek, M., Liška, J., Soukup, F., & Pešková, V. (2008). Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 2008. *Lesnická práce*, 88(1), 6. <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-88-2009/lesnicka-prace-c-5-09/vyskyt-lesnich-skodlivych-cinitelu-v-roce-2008>
- Lubojacký, J. (2023). *OCHRANA SMRKOVÝCH POROSTŮ PŘED KŮROVCI (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) PRO DROBNÉ VLASTNÍKY LESA [Certifikovaná metodika]*. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady 136, 252 02 Jíloviště.
- Luo, F., Meng, L. -Z., Wang, J., & Liu, Y. -H. (2022). The patterns of co-occurrence variation are explained by the low dependence of bark beetles (Coleoptera: Scolytinae and Platypodinae) on hosts along altitude gradients. *Frontiers in Zoology*, 19(1), 1-39. <https://doi.org/10.1186/s12983-022-00455-y>
- Matoušek, V., & Blažková, T. (Eds.). (2015). *Les a industrializace*. Togga.
- Miller, & Rabaglia. (2009). Attractant Kairomones for Bark and Ambrosia Beetles in the Southeastern US. *Springer nature, J Chem Ecol.* (35), 435-448. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10886-009-9613-9>
- Miller, D. R., Dodds, K. J., , T. M. P., Poland, T. M., & Willhite, E. A. (2015). Variation in Effects of Conophthorin on Catches of Ambrosia Beetles (Coleoptera: Curculionidae:

Scolytinae) in Ethanol-Baited Traps in the United States. *Journal of Economic Entomology*, 2015(18), 183-191. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/jee/tou043>

Modlinger, R., & Trgala, K. (2019). Možné příčiny a důsledky kůrovcové kalamity v lesích Česka s ohledem na specifika při zpracování kalamitního dříví: odborná studie. Česká zemědělská univerzita v Praze.

Mrkva, R. (2005). Moderní metody v ochraně lesa. *Lesnická práce*, 2005(11), 51.

Neuhöferová, P. (Ed.). (2005). *Sledování dynamiky obnovy lesa v oblasti postižené kůrovcem v Národním parku Šumava: sborník referátů k VaV 620/8/03: Praha*. Lesnická práce.

Pešková, V., & Holuša, J. (2017). *Klimatická změna a její dopad do oblasti pěstování a ochrany lesa: sborník z odborného semináře: 14.9.2017 Praha, 21.9.2017 Brno*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská.

Příhoda, J. (2020). Kůrovcové kalamita v době covidové. *Lesnická práce*. (1), 8-22.

Příhoda, J. (2024). *Ohlédnutí za kůrovcovou kalamitou II*. Silvarium. <https://www.silvarium.cz/lesnictvi/ohlédnutí-za-kůrovcovou-kalamitou-ii>

Půlpán L. 2017: Škůdci nebydou, naopak počet druhů schopných škodit bude spíše narůstat. In: Příhoda J.: Rozhovor s Ladislavem Půlpánem, vedoucím odboru lesního hospodářství a ochrany přírody Lesů ČR. *Lesnická práce*, 96 (3): 160–165 (16–21).

Ranger, C. M., Reding, M. E., Gandhi, K. J. K., Oliver, J. B., Schultz, P. B., Cañas, L., & Herms, D. A. (2011). Species Dependent Influence of (–)- α -Pinene on Attraction of Ambrosia Beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) to Ethanol-Baited Traps in Nursery Agroecosystems. *Journal of Economic Entomology*, 104(2), 574-579. <https://doi.org/10.1603/ec10243>

Reed, S. E. & Muzika, R. M. (2010). The Influence of Forest Stand and Site Characteristics on the Composition of Exotic Dominated Ambrosia Beetle Communities (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Environmental entomology*, 1(1), 1-25. <https://doi.org/https://doi.org/10.1603/EN09374>

Resnerová, K., & Holuša, J. (2015). *Invazní druhy hmyzu na lesních dřevinách* (Vydání: první). Česká zemědělská univerzita.

Roubík, J. (2015) Význam správného vymezení lesních vegetačních stupňů ve vazbě na klimatické změny. In: Budování environmentálního profilu podniku. Seminář České lesnické společnosti v rámci PROGRAM ROZVOJE VENKOVA – OSA I.

Saruhan, İ. & Akyol, A. (2007). Monitoring population density and fluctuations of *Anisandrus dispar* and *Xyleborinus saxesenii* (Coleoptera: Scolytinae, Curculionidae) in hazelnut orchards. *African Journal of Biotechnology*, 11(18), 4202-4207. DOI: 10.5897/AJB11.4185

Simanov, V. (2013). Věková struktura lesů. *Lesnická práce*, 92(9), 29-31.

Skuhřavý, V. (2002). *Lýkožrout smrkový a jeho kalamity: Ips typographus (L.)*. Agrospoj.

Tsikas, A. (2025). An international scientific journal in scientific area of biotechnology science and scientific field of forestry. *Seefor*, 3(1), 1-118.

Vogel, S., Bussler, H., Finnberg, S., Müller, J., Stengel, E. & Thorn, S. (2020). Diversity and conservation of saproxylic beetles in 42 European tree species: an experimental approach using early successional stages of branches. *Insect Conservation and Diversity*. 14(1), 132-143.

Xyleborinus saxesenii. (2005). Wikipedia: the free encyclopedia. Retrieved March 9, 2026, from https://en.wikipedia.org/wiki/Xyleborinus_saxesenii#cite_note-Nuotcl%C3%A0-2021-3

Zahradník, P. (2007). *Pytyogenes chalcographus*. *Lesnická práce*, (4), 1-4.

Zahradník, P. & Geráková, M. (2010) *Ips typographus*. *Lesnická práce*, (12), 1-8.

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce ... (2019) (Vydání: první). Ministerstvo zemědělství České republiky.

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce ... (2022) (Vydání: první). Ministerstvo zemědělství České republiky.

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2021. (2021) (Vydání: první). Ministerstvo zemědělství.

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky. (2024). Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce. <http://eagri.cz/public/web/mze/ministerstvo-zemedelstvi/publikace-a-vyrocn-zpravy/zpravy-o-stavu-lesa-a-lesniho/>

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky. (2025) (Vydání: první). Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce. <http://eagri.cz/public/web/mze/ministerstvo-zemedelstvi/publikace-a-vyrocn-zpravy/zpravy-o-stavu-lesa-a-lesniho/>

9 Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1 Vývoj zalesňování v průběhu kůrovcové kalamity (2015-2024)	22
Obrázek 2 Vývoj celkové a nahodilé těžby dřeva v ČR (2017-2022)	22
Obrázek 3 Srovnání hmyzové a živelní nahodilé těžby v ČR (2017-2022)	23
Obrázek 4 Struktura nahodilé těžby v ČR podle příčin (2017-2022)	23
Obrázek 5 Lokality lapačů na faunistickém čtverci 6350	41
Obrázek 6 Lokality lapačů na faunistickém čtverci 6451	41
Obrázek 7 Lokality lapačů na faunistickém čtverci 6552	42
Obrázek 8 Výběr lokality	44
Obrázek 9 Výběr lokality	44
Obrázek 10 Instalace feromonových lapačů	45
Obrázek 11 Třídění jednotlivých odběrů	46
Obrázek 12 Vybrané odběry připravené k determinaci	47
Obrázek 13 Celkový počet odchycených jedinců podle faunistických čtverců	49
Obrázek 14 Celkový počet odchycených jedinců podle druhů	50
Obrázek 15 Počet odchycených jedinců podle druhů ve faunistickém čtverci 6552	52
Obrázek 16 Počet odchycených jedinců podle druhů ve faunistickém čtverci 6451	52
Obrázek 17 Počet odchycených jedinců podle druhů ve faunistickém čtverci 6350	53
Obrázek 18 Vývoj celkové letové aktivity kůrovců	54
Obrázek 19 Porovnání letové aktivity kůrovců mezi faunistickými čtverci	55
Obrázek 20 Porovnání účinnosti návnad	56
Obrázek 21 Reakce nejpočetnějších druhů na jednotlivé návnady	57
Obrázek 22 Ordinace kůrovců podle faunistických čtverců	59
Obrázek 23 NMDS lokalit s enviromentálními vektory	60
 Tabulka 1 Doporučená dřevinná skladba lesů (%)	17
Tabulka 2 Druhové složení lesů z celkové plochy porostní půdy (ha a %)	19
Tabulka 3 Párové porovnání účinnosti návnad	57