

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Vliv druhové skladby a struktury lesa na abundanci
klíšťat ve středních Čechách**

Bakalářská práce

Anna Kuličová

Ing. Zdeněk Vacek, Ph.D.

2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Anna Kuličová

Lesnictví

Ochrana a pěstování lesních ekosystémů

Název práce

Vliv druhové skladby a struktury lesa na abundanci klíšťat ve středních Čechách

Název anglicky

Effect of Tree Species Composition and Forest Structure on Abundance of Ticks in Central Bohemia

Cíle práce

Získat poznatky o vlivu struktury, diverzity a druhového složení stromového patra lesních porostů na abundanci klíštěte obecného v měnících se podmínkách prostředí.

Metodika

- Rozbor problematik se zaměřením na podmínky ovlivňující vývojový cyklus, aktivitu a početnost klíšťat, vliv struktury a skladby lesních porostů na abundanci klíšťat, výskyt klíšťat ve výškovém gradientu, vztah klíšťat a člověka, zejména se zaměřením na klíště obecné a probíhající změnu klimatu v kontextu managementu a pěstování lesů (termín říjen 2023).
- Charakteristika zájmového území středních Čech a zejména pak klimatických, stanovištních a porostních poměrů v dané oblasti (termín listopad 2023).
- Charakteristika vybraných trvalých výzkumných ploch se zaměřením na základní stanovištní a produkční parametry (termín listopad 2023).
- Vlajkování klíšťat a biometrická měření stromového patra minimálně na 12 trvalých výzkumných plochách plochách o velikosti 20×20 m, hodnocení pobytových znaků zvěře, vegetačního pokryvu a základních krajinných parametrů (termín prosinec 2023).
- Aplikace standardních matematicko-statistických metod v programech Excel, Statistica a CANOCO (termín leden 2024).
- Vyhodnocení biotopu, vertikální a horizontální struktury, druhové diverzity, produkčního potenciálu porostů a výskytu zvěře na jednotlivých trvalých výzkumných plochách v oblasti středních Čech v kontextu abundance klíštěte obecného (termín únor 2024).
- Aplikace získaných poznatků abundance klíštěte obecného do praxe ve vztahu ke krajinným a zejména porostním ukazatelům stromového patra se zaměřením na pěstování lesů, minimalizace výskytu klíšťat a následně prevalence chorobami jimi přenášenými (termín březen 2024).

Doporučený rozsah práce

Minimálně 30 stran textu.

Klíčová slova

Pěstování lesů, biotop, diverzita, klimatická změna, *Ixodes ricinus*

Doporučené zdroje informací

- Daniel, M., Zitek, K., Danjelová, V., Kříž, B., Valter, J., & Kott, I. (2006). Risk assessment and prediction of *Ixodes ricinus* tick questing activity and human tick-borne encephalitis infection in space and time in the Czech Republic. *International Journal of Medical Microbiology*, 296, 41-47.
- Danielová, V., Rudenko, N., Daniel, M., Holubová, J., Materna, J., Golovchenko, M., & Schwarzová, L. (2006). Extension of *Ixodes ricinus* ticks and agents of tick-borne diseases to mountain areas in the Czech Republic. *International Journal of Medical Microbiology*, 296, 48-53.
- Estrada-Peña, A. (2001). Distribution, Abundance, and Habitat Preferences of *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) in Northern Spain. *Journal of Medical Entomology*, 38, 361–370.
- Gray, J.S. (1998). Review The ecology of ticks transmitting Lyme borreliosis. *Experimental and Applied Acarology*, 22, 249–258.
- Materna, J., Daniel, M., Metelka, L., & Harčarik, J. (2008). The vertical distribution, density and the development of the tick *Ixodes ricinus* in mountain areas influenced by climate changes (The Krkonoše Mts., Czech Republic). *International Journal of Medical Microbiology*, 298, 25-37.
- Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., ... & Reyser, C. P. (2017). Forest disturbances under climate change. *Nature climate change*, 7(6), 395-402.
- Tkadlec, E., Václavík, T., Kubelová, M., & Široký, P. (2018). Negative spatial covariation in abundance of two European ticks: diverging niche preferences or biotic interaction?. *Ecological Entomology*, 43(6), 804-812.
- Vacek, Z., Cukor, J., Vacek, S., Václavík, T., Kybicová, K., Bartoška, J., ... & Molina, S. M. (2023). Effect of forest structures and tree species composition on common tick (*Ixodes ricinus*) abundance—Case study from Czechia. *Forest Ecology and Management*, 529, 120676.
- Vacek, Z., Prokúpková, A., Vacek, S., Cukor, J., Bílek, L., Gallo, J., Bulušek, D. (2020). Silviculture as a tool to support stability and diversity of forests under climate change: Study from Krkonoše Mountains. *Central European Forestry Journal*, 66, 116–129.
- Volf, P. (2007). *Paraziti a jejich biologie*. Triton, Praha.
-

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Zdeněk Vacek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 1. 2. 2023

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 7. 2023

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 03. 04. 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Vliv druhové skladby a struktury lesa na abundanci klíšťat ve středních Čechách vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila, a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou 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 vědoma, že odevzdáním bakalářské 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 souvislosti s GDPR.

V Praze dne 5.4.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Zdeňku Vackovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, cenné rady, ochotu a trpělivost a poskytnutí všech potřebných dat při vedení mé bakalářské práce. Zároveň bych chtěla poděkovat rodině a kolegům za pomoc při sběru dat, trpělivost a podporu.

Vliv druhové struktury lesa na abundanci klíšťat ve středních Čechách

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá vlivem druhové skladby a struktury lesa na abundanci klíšťat ve Středočeském kraji. S klíšťaty, jako významnými přenašeči nemocí, je pochopení vztahů mezi lesními ekosystémy a výskytem klíšťat klíčové pro veřejné zdraví a prevenci před klíšťaty. Důsledkem klimatických změn dochází k výrazné přeměně lesních porostů. Může tak docházet ke zvýšení vhodných podmínek pro vývoj a výskyt klíšťat a jejich hostitele. Výzkum proběhl na 14 lokalitách, nacházejících se ve Středočeském kraji. Metoda sběru klíšťat probíhala metodou zvaná vlajkování. V rámci monitoringu lokalit se v roce 2021 vyskytovalo celkem 1527 kusů klíštěte obecného, v roce 2022 1402 kusů klíštěte obecného a v roce 2023 1782 kusů klíštěte obecného. Cílem práce bylo zjistit, jaký vliv mají na abundanci klíšťat porostní a krajinné parametry a strukturální indexy. Z výsledků vyplynulo, že z celkového počtu jedinců klíštěte obecného bylo v roce 2023 zastoupeno 35 % larev, 57 % nymf a 8 % dospělých jedinců, přičemž zastoupení samic tvořilo 4 % a samců 4 %. Nejvyšší počet klíšťat (389 ks) byl monitorován v biotopu lesního porostu se smíšenou druhovou skladbou. Nejnižší počet klíšťat (9 ks) byl nalezen v biotopu lesního porostu s jehličnatou druhovou skladbou. Nejvyšší početnost klíšťat z hlediska biotopu byla na okrajích porostu, kdy v roce 2023 byl průměrný počet na okrajích porostu $115,6 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$. Jako důležité parametry pro výskyt klíšťat se v této práci projevila zásoba porostu, výška porostu, horizontální struktura porostu, vertikální zásoba porostu, zakmenění, přítomnost hostitelů a vzdálenost od obydlí. Důležitým faktorem pro výskyt klíšťat bylo druhové smíšení, v roce 2023 byla nejvyšší početnost klíšťat zjištěna ve smíšených porostech. Dále bylo zjištěno, že zásadní vliv na výskyt klíšťat má druh biotopu, tedy zda se jedná o lesní porost, okraj porostu nebo holinu, kdy nejpreferovanějším biotopem byl okraj porostu. Je tedy klíčové v rizikových oblastech dbát na ochranu například pomocí adekvátního oděvu nebo repelentních přípravků. Výsledky této studie přispívají k lepšímu porozumění interakcí mezi výskytem klíšťat a lesními ekosystémy a k tvorbě preventivních opatření.

Klíčová slova:

Klimatická změna, Pěstování lesů, Klíště obecné, Biotop, Diverzita

Effect of Tree Species Composition and Forest Structure on Abundance of Tick in Central Bohemia

Abstract

This bachelor thesis focuses on the influence of species composition and forest structure on tick abundance in the Central Bohemian Region. With ticks as important disease vectors, understanding the relationships between forest ecosystems and tick abundance is crucial for public health and tick prevention. As a consequence of climate change, forest stands are being significantly transformed. This may increase the suitable conditions for tick development and the occurrence of ticks and their hosts. The research was carried out at 14 sites located in the Central Bohemia Region. The method of collecting ticks was by a method called flagging. A total of 1,527 ticks were present in the monitoring sites in 2021, 1,402 ticks in 2022 and 1,782 ticks in 2023. The aim of this study was to investigate the effect of vegetation and landscape parameters and structural indices on tick abundance. The results showed that of the total number of common tick individuals in 2023, 35 % were larvae, 57 % were nymphs and 8 % were adults, with females and males accounting for 4 % and 4 % respectively. The highest number of ticks (389) was monitored in a mixed-species forest habitat. The lowest number of ticks (9) was found in a forest stand habitat with a coniferous species composition. The highest tick abundance in terms of habitat was at the edges of the stand, with an average count at the edges of the stand of 115.6 pcs. ha⁻¹ in 2023. Stand stock, stand height, horizontal stand structure, vertical stand stock, shrub cover, host presence and distance from dwellings emerged as important parameters for tick abundance in this study. Species mix was an important factor for tick abundance, with the highest tick abundance found in mixed stands in 2023. It was also found that the type of habitat, i.e. whether it was woodland, stand edge or clearing, was a major influence on tick abundance, with stand edge being the most preferred habitat. It is therefore crucial to ensure protection in areas at risk, for example by wearing adequate clothing or using repellent products. The results of this study contribute to a better understanding of the interactions between tick occurrence and forest ecosystems and to the development of preventive measures.

Keywords:

Climate change, Forest silviculture, Wood tick , Biotop, Diversity

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíle práce.....	11
3	Literární rešerše.....	12
3.1	Ekologie a výskyt klíšťat.....	12
3.1.1	Klíště obecné (<i>Ixodes ricinus</i>).....	13
3.1.2	Piják lužní (<i>Dermacentor reticulatus</i>)	15
3.1.3	Klíšť lužní (<i>Haemaphysalis concinna</i>).....	16
3.1.4	Podmínky pro vývoj, početnost a aktivitu klíštěte.....	16
3.2	Nemoci přenášené klíšťaty.....	18
3.2.1	Klíšťová encefalitida	18
3.2.2	Lymeská borelióza.....	20
3.2.3	Lidská granulocytární anaplasmóza	21
3.2.4	Babesióza	22
3.2.5	Bartonellóza	23
3.2.6	Rickettsiíza	23
3.2.7	Tularemie	24
3.3	Prevence a ochrana před klíšťaty	25
3.4	Lesní ekosystémy a klimatická změna	26
3.4.1	Klimatická změna a růstové procesy lesních dřevin	27
3.4.2	Přeměna lesních porostů vnášením vhodných introdukovaných dřevin ..	28
3.5	Modifikace lesních ekosystémů a populační dynamika klíštěte obecného ..	28
3.6	Vliv struktury a druhové skladby lesa na abundanci klíšťat	29
4	Materiál a metodika.....	31
4.1	Charakteristika zájmového území.....	31
4.1.1	Středočeský kraj.....	31
4.1.2	Trvale výzkumné plochy.....	31
4.1.3	Metoda sběru klíšťat.....	33
4.1.4	Sběr stanovištních a porostních dat	35
5	Analýza dat.....	37
5.1	Porostní metriky.....	37
5.2	Krajinné metriky	38
5.3	Statistické analýzy	40
6	Výsledky	41
6.1	Struktura lesních porostů.....	41
6.2	Abundance klíšťat.....	43
6.3	Vliv porostních parametrů na abundanci klíšťat	45

6.4	Vliv krajinných parametrů na abundanci klíšťat	47
6.5	Interakce mezi abundancí klíšťat a porostními a krajinnými parametry	48
7	Diskuze	50
8	Závěr	53
9	Literatura	54
10	Seznam použitých zkratk a symbolů	69
11	Seznam tabulek a obrázků	70

1 Úvod

Klíšťata představují významné ektoparazity s globálním výskytem, která jsou schopna přenášet různé patogeny. Z hlediska veřejného zdraví jsou klíšťata vnímána jako významný zdroj zoonotických infekcí. Klíšťata jsou schopna přenášet celou řadu patogenů, včetně virových, bakteriálních a protozoárních agens a zůstávají infikována po celý svůj život (Estrada- Peña et al. 2013). Závažnými onemocněními přenášenými na člověka jsou například klíšťová encefalitida, lymeská borelióza, granulocytární anaplasmoza, babezióza, bartonellóza, rickettsiíóza a tularemie (SZÚ 2008). V České republice se kromě klíštěte obecného (*Ixodes ricinus*) začínají objevovat také nové méně známé druhy klíšťat jako je klíšť lužní (*Haemaphysalis concinna*) a piják lužní (*Dermacentor reticulatus*). Klíšťata se mohou vyskytovat v různých typech lesních ekosystémů, jejichž druhová struktura může mít vliv na jejich abundanci a rozmnožování. Za vhodná prostředí pro klíšťata jsou považována smíšené porosty a okraje lesa s bohatou druhovou skladbou a vysokou početností vhodných hostitelů. Za hlavní příčiny nárůstu početnosti a distribuce klíšťat je považována změna klimatu. Klimatická změna ovlivní prostředí pro růst a vývoj lesních ekosystémů prostřednictvím změn stanovištních podmínek, tato změna zahrnuje faktory jako obsah vody v půdě, vlhkost vzduchu, teplota půdy a vzduchu a délka vegetačního období (Williamson et al. 2019) Transformace hospodářských porostů na přírodě blízké hospodaření může mít výrazný dopad na početnost klíšťat, podobně jako změny v prostředí s narůstající početností spárkaté zvěře (Ruiz-Fons, Gilbert 2010; Tack et al. 2012). Tato vědecká práce klade základy pro lepší pochopení a další analýzu vlivu lesního hospodaření na abundanci klíšťat a tvorbu preventivních opatření. Samotný výzkum byl prováděn ve Středočeském kraji na 14 trvale zkusných plochách, které byly rozděleny dle druhového smíšení na lesy listnaté, jehličnaté a smíšené a dle biotopu na okraje porostu, lesní porosty a holiny. Zkoumány byly porostní parametry, krajinné parametry a strukturální indexy lesních porostů. Dále byla zkoumána početnost klíšťat na jednotlivých lokalitách metodou zvanou vlajkování, při které dochází ke smýkání po povrchu vegetace bílou bavlněnou vlajkou o rozměrech 1 × 1 m připevněnou na dřevěnou tyč (Šíroky et al. 2011). Získané poznatky by mohly sloužit pro tvorbu preventivních opatření před klíšťaty a přispět k lepšímu porozumění mezi strukturou a diverzitou lesních ekosystémů a výskytem a početností klíšťat.

2 Cíle práce

V rámci středních Čech se klíšťata mohou vyskytovat v různých typech lesních ekosystémů, jejichž druhová struktura může mít vliv na jejich abundanci a rozmnožování.

Cílem této práce je získat poznatky o vlivu struktury, diverzity a druhového složení stromového patra lesních porostů, biotopu a krajinných parametrů na abundanci klíštěte obecného v měnicích se podmínkách prostředí ve Středočeském kraji. Dílčím cílem bylo změřeni porostních parametrů, jako je výčetní tloušťka, výška, objem kmene, počet stromů, kruhová základna, zásoba porostu, štíhlostní kvocient, zakmenění a stupeň zápoje a jednotlivé lokality byly rozděleny dle biotopu na okraje lesa, holiny a lesní porosty, jednotlivé plochy byly dále rozděleny na lesy jehličnaté, smíšené a listnaté porosty. Dalším z dílčích cílů bylo vypočítání strukturálních indexu, například hustota ploch, index největší plovhy, hustota ekotonu, index tvaru ploch, průměrná plocha krajinného prvku, index shlukovitosti, efektivní velikost oka a agregační index. Dalším dílčím cílem bylo vypočítání krajinných parametrů, tedy druhové bohatosti, druhové různorodosti, druhové vyrovnanosti, agregačního indexu, arten-profil indexu, tloušťkové diferenciace, výškové diferenciace, korunové diferenciace a celkovou diverzitu. Cílem bylo také určit vývojová stádia, pohlaví a druhy klíšťat.

Parciálním cílem bylo zpracování literární rešerše na zhodnocení distribuce a abundance klíšťat ve vztahu ke struktuře, druhovému složení a prostorové heterogenity lesních porostů. Dalším z cílů práce je porozumět, jaké faktory ovlivňují výskyt klíšťat v různých typech lesních ekosystémů měnicích se v souvislosti se změnou klimatu a jaká je jejich role v epidemiologii přenášenými klíšťaty.

3 Literární rešerše

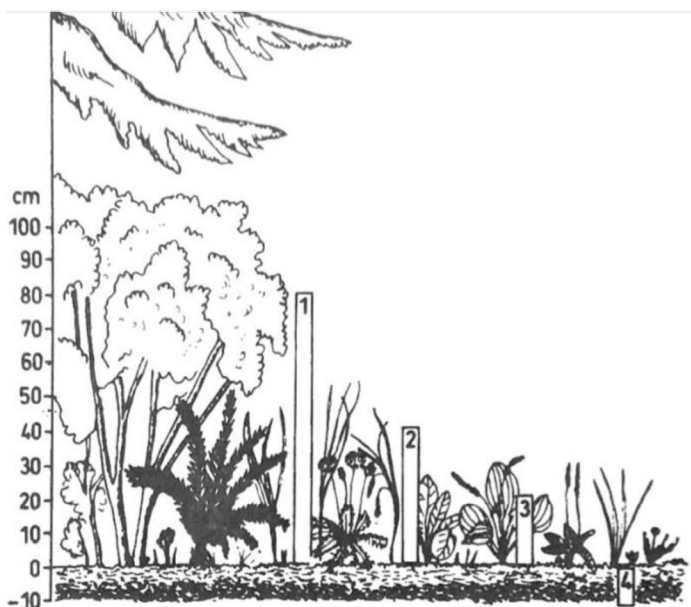
3.1 Ekologie a výskyt klíš'at

Klíš'ata, zařazená do čeledi klíš'atovitých (*Ixodidae*), spadají mezi třídu pavoukoců (*Arachnida*) do řádu klíš'atovců (*Ixodida*). Celkem zahrnují přes 800 druhů, rozdělených do 17 rodů, běžně označovaných jako klíš'ata. Od hmyzu je lze snadno odlišit, neboť tělo není rozděleno do tří částí, ale skládá se z přední části (gnathosoma) a zadní části (idosoma), na které jsou umístěny končetiny a eventuálně oči (Volf & Horák, 2007).

Na území České republiky se vyskytuje více než 10 druhů klíš'at, přičemž pro člověka jsou nejnebezpečnější tři hlavní druhy. Nejrozšířenějším a nejnebezpečnějším druhem je klíš'te obecné (*Ixodes ricinus*). Mezi další potenciálně nebezpečné druhy patří piják lužní (*Dermacentor reticulatus*) a klíš'te lužní (*Haemaphysalis concinna*). Na území ČR byly nově zavlečeny i další exotické druhy, jako například *Hyalomma marginatum* a *H. rufipes* (Hubálek et al. 2020; Lesiczka et al. 2022). Velkým faktorem pro výskyt klíš'at, stejně jako pro většinu roztočů je vysoká vlhkost prostředí, právě díky tomu se klíš'ata nevyskytují na otevřených, osluněných suchých místech a na rašeliništích a trvale podmáčených plochách (Kott et al. 2015). V našich zeměpisných šířkách se vyskytují především v porostech s listnatými stromy nebo ve smíšených porostech, na okrajích těchto lesů s bohatou rostlinnou vegetací, u břehů vodních toků, ale také na zahradách a v parcích (SZÚ 2007). Obývají zejména vlhké listnaté a smíšené lesy s bujným bylinným a rostlinným patrem, jako jsou například lužní lesy, ale také lesní okraje a vlhké louky (Allan et al. 2003; Brownstein et al. 2005; Halos et al. 2010; Tack et al. 2012). Klíš'ata mohou obývat i městské parky, zahrady s výrazným vlivem například drobných savců, jako jsou zajíci, veverky, ježci a králíci (Rosický & Daniel 1989). Nejsou příliš běžná v jehličnatých lesích bez podrostu a mokřadních biotopech (Daneš 2003; Kimming et al. 2003).

Jejich pohyb je závislý na pohybu a výskytu hostitelských zvířat, často i do biotopů, které nejsou příznivé pro jejich další vývoj a přežití. Výskyt klíš'at může být dále závislý na odpočívadlech a úkrytech zvířete, či na místech s výskytem hospodářských zvířat (Daneš 2003). Důležitou roli při rozptylu klíš'at mají ptáci, díky jejich vysoké mobilitě (Olsén et al. 1995). Umístění klíš'at na vegetaci se liší z hlediska vývojového stádia a výběru hostitele (obr. 1). Larvy zůstávají do 10 cm od povrchu země z důvodu vyšší

vlhkosti. Nymfy se zdržují do 50 cm a dospělci jsou schopni přebývat ve výšce až 1 m nad zemí, ale ve stromovém patře se nevyskytují (Kimming et al. 2003).



Obrázek 1: Rozmístění jednotlivých stádií ve vegetaci. Adultní stádia (1), nymfy (2), larvy (3) a svlékající či přezimující klíš'ata (4) (Kimming et al., 2003)

3.1.1 Klíš'te obecné (*Ixodes ricinus*)

Klíš'te obecné (*Ixodes ricinus*) je roztoč patřící do řádu klíš'tatovci (*Ixodida*) a čeledi klíš'tatovitých (*Ixodidae*). Klíš'te obecné je nejpočetnějším druhem klíš'tat v České republice a vyskytuje se zde na většině území. Jedná se o zástupce s rozsáhlým areálem výskytu, jeho rozšíření zahrnuje celou Evropu a severní část Afriky (Hubálek 2000).

Během svého vývoje projde klíš'te čtyřmi vývojovými stadii: vajíčko, larva, nymfa, dospělec (Jírovec 1977). Dospělé samice se živí sáním krve savců, ptáků a plazů, přičemž vykazují typický tříhostitelský cyklus trvající 1 až 6 let v závislosti na několika faktorech (počasí, klima a přítomnost hostitelů) (Jírovec 1977; Daniel, Dusbábek 1994). Klíš'te obecné je středně velké klíš'te a nejčastěji má načervenalou barvu, po nasátí našedlou s tmavým až černým štítem. V anglosazské literatuře se klíš'tata nazývají „hard ticks“, tedy tvrdá klíš'tata, tento název získaly právě na základě tohoto tvrdého štítu (scutum) vyskytující se na hřbetní straně těla dospělých samic, který obsahuje chitin (Volf, Horák 2007). Rozměry samic se pohybují od 3,5 do 4,5 mm, po nasátí mohou měřit více než 1 cm a po nasátí krve znásobit svou váhu až 223×, samička se poté začíná tělem podobat skočci obecnému (*Ricinus communis*) na základě kterého dostalo své latinské druhové

jméno (Kayser 2005). Samečci mývají velikost od 2,2, do 2,5 mm. Nymfy jsou velikosti 1,2 až 1,5 mm. Larvy mají pouze tři páry končetin, kdežto dospělci a nymfy mají čtyři páry končetin. Na předních nohou se nachází Hallerův orgán, který umožňuje klíšťatům vyhledávat hostitele, tento orgán je schopen detekovat zdroj a směr tepelného záření, oxid uhličitý, chvění a otřesy, což klíšťatům umožňuje vyhledávat potencionálního hostitele. Tělo klíšťat se skládá z hlavové části (*gnathosoma*) a těla (*idiosoma*). Hlava obsahuje hypostom, chelicery a makadla, přičemž hypostom samic je vybaven řadami zakřivených zubů sloužících k proříznutí kůže hostitele a ukotvení na hostiteli během sání. U některých druhů je toto ukotvení podpořeno vylučováním bílkovinné látky zvané "cement" (Volf, Horák 2007). Hypostom samců nese jen několik málo větších zubů, které neslouží k přichycení na těle hostitele, jelikož samci rodu *Ixodes* krev nesají, samcům slouží hypostom při rozmnožování, kdy pomocí něj přesouvají spermie do pohlavního otvoru samičky. Kopulace mezi samicí a samcem obvykle probíhá na těle hostitele (Volf et al. 2007). Samci po kopulaci odpadávají z těla hostitele a hynou, samička na hostiteli zůstává. (Kimmig et al. 2003) Samice klade snůšku v množství o několika set až čtyř tisíc vajíček. Každé vývojové stadium má typicky jiné druhy hostitelů, pro vylíhnuté larvy je typické vyhledání drobných savců, na kterých se následně živí. Zásadní je pro ně výskyt v blízkosti zemského povrchu a vysoký počet vylíhnutých larev (Matuschka et al. 1991).



Obrázek 2 Klíště obecné - *Ixodes ricinus* (ECDC 2014)

3.1.2 Piják lužní (*Dermacentor reticulatus*)

Piják lužní (*Dermacentor reticularis* Fabricius) je další zástupce čeledi klíšťatovitých. V České republice je piják lužní méně častý než klíště obecné, vyskytuje se především na jihovýchodě Moravy, zejména v oblasti Lednicko-Valtického areálu, Soutoku, Břeclavska a Hodonínska. V současné době dochází v důsledku klimatických změn k posunu jeho výskytu až k Brnu a na východě Moravy severněji s izolovaným výskytem v Čechách (Modrý et al. 2019). Toto klíště se vyznačuje především svou velikostí, jelikož je největším zástupcem klíšťat v České republice. Velikost těla dospělé samice dosahuje délky 3,8 – 4,2 mm a nasáté samice až 10 mm. Samec dosahuje velikosti okolo 4,2 – 4,8 mm (Taylor, Wall 2015). Jeho tělo je oválné a výrazně zploštělé, přičemž zadeček samice je kryt hrudním štítkem do jeho poloviny, zatímco u samců zakrývá celou spodní část. Na hřbetním štítu jsou dvě výrazné rýhy a oči jsou umístěny po stranách. Obvykle má tmavě hnědé zbarvení s tmavším skvrněním a jehnobarevné hnědé nohy. Vývojový cyklus pijáka lužního zahrnuje vajíčko, šestínohou larvu a osminohou nymfu. Oplodněná samice po úplném nasátí, které trvá 9-15 dní, odpadne a snese 3000 až 4500 vajíček a následně umírá (Nowak-Chmura, Siuda 2012). Samci se na hostiteli nachází z důvodu nalezení samic, ale na rozdíl od klíštěte obecného, samec pijáka lužního sají krev na hostiteli. Piják lužní je obvykle vázán na nížinné louky, okraje lesů a podrost lužních lesů, kde vyčkává na vegetaci na svého hostitele. Aktivní začíná být v jarních měsících v průběhu března a dubna, druhá vlna výskytu probíhá koncem srpna (Browman, Nuttal 2008)



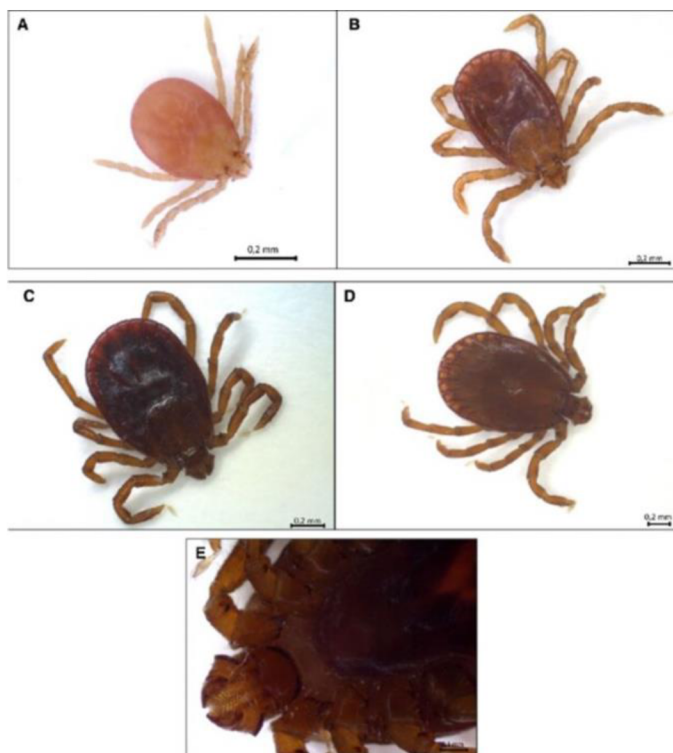
Obrázek 3: Fotomikrofotografie samice *Dermacentor reticulatus*. A) Hřbetní pohled. B) Břišní pohled. (Folvardi et al. 2016).

3.1.3 Klíšť lužní (*Haemaphysalis concinna*)

Klíšť lužní (*Haemaphysalis concinna*) je také roztoč patřící do čeledi klíšťatovití, které se vyskytuje v České republice, zejména na jižní Moravě, ačkoli je zde poměrně vzácné. Biologie klíšťe lužního je úzce spjata s nížinými, teplými a vlhkými biotopy, jako jsou lužní lesy a břehové porosty (Rosický 1979).

Charakteristickým znakem klíšťe lužního je oválné tělo hnědé barvy s výraznou tmavě hnědou kresbou, s krátkým hypostomem a bez vyvinutých očí. Velikost samice je 3,5-5 mm, po nasátí až 10 mm. Samci jsou velikosti do 3 mm (Volf 2007)

K páření dochází koncem dubna do začátku května na těle hostitele. Samička klade snůšku vajíček na zem, následně se každé vývojové stádium klíšťe musí nasát na hostiteli, aby mohl dokončit svůj vývojový cyklus, který trvá 1 až 2 roky. Mezi typické hostitele patří hlodavci a drobní obratlovci (Volf 2007).



Obrázek 4: Fotky larvy *Haemaphysalis concinna* (A), nymfy (B), samice (C), samce (D) a hypostomu (E) (Dwuznik et al. 2019).

3.1.4 Podmínky pro vývoj, početnost a aktivitu klíšťete

Zásadní pro délku vývojového cyklu, aktivitu a početnost klíšťat na našem území je vlhkost, teplota, typ vegetace, diapauza a dostatek vhodných hostitelů (Materna 2012). Klíšťata mohou aktivovat od března do listopadu (Volf, Horák 2007). V případě krátkodobě zvýšených teplot v období zimních měsíců mohou klíšťata projevovat dočasnou aktivitu, avšak to může vést k plýtvání energií a následné úmrtnosti (Randolph,

Storey 1999). Teplota má zásadní vliv na rychlost vývojového cyklu, také teplotní výkyvy ovlivňují rychlost embryonálního vývoje a metamorfozu nasátých larev a nymf (Kott et al. 2015). Vyšší teploty vedou k urychlení obou vývojových fází, což může mít výrazný vliv na populaci klíšťat, při konstantních teplotách okolo 10 °C trvá metamorfóza larev 250 dní, při 14 °C pouze 123 dní, při 19 °C již jen 59 dní a při 25 °C pouze 36 dní (Cambel 1948). Za spouštěče jarní aktivity larev a nymf je považováno období s výrazným narůstáním teplot navazující na chladné zimní období (Jaenson et al. 2012a).

Dalším ze zásadních faktorů ovlivňující výskyt klíšťat je vlhkost vzduchu. Klíšťata vykazují celkově nízkou odolnost vůči vysychání a vyžaduje relativní vlhkost vzduchu minimálně 80 % (Macleod 1935; Milne 1948). Kolísání vlhkosti vzduchu, jak denní, tak sezonní, ovlivňuje aktivitu klíšťat spojenou s vyčkáváním na hostitele. Klíště aktivně vyhledává hostitele při příznivých vlhkostních podmínkách, ale při poklesu vlhkosti se vrací nazpět do půdy, nebo vstupuje do stavu strnulosti, tzv. quiescence, tedy stádium strnulosti, toto přerušení vyčkávání na hostitele je označováno jako behaviorální diapauza (Kott et al. 2015).

Dostupnost vhodných hostitelů je také jedním z klíčových faktorů pro výskyt klíšťat, neboť každé vývojové stádium saje na jiném hostiteli, larvy a nymfy preferují drobné hlodavce a ptáky, zatímco nymfy a dospělé samice častěji vyhledávají volně žijící kopytníky a další větší savce (Smrž 2015). Změny v populacích spárkaté zvěře mohou ovlivnit dostupnost hostitelů a tím i výskyt klíšťat, jelikož populace spárkaté zvěře na území Evropy stále narůstá (Carpio 2020).

Výskyt klíšťat je také výrazně spjatý s vegetačním pokryvem, který ovlivňuje mikroklimatické podmínky a dostupnost potravy a úkrytu pro hostitele (Kříž et al. 2014; Kott et al. 2015; Daniel et al. 2015, 2016).

Diapauza, tedy přerušení vývoje v důsledku změny abiotických podmínek, je dalším faktorem spojeným s vývojem klíšťat. Tento proces, nazývaný se morfogenetická diapauza umožňuje klíšťatům přežít nepříznivé teplotní podmínky a následně dále pokračovat ve svém vývoji po nástupu podmínek teplotně příznivých. Tedy dojde-li k nasátí larvy či nymfy v pozdně letním či podzimním období, přeruší jedinec stadium proměny a odloží ji zpravidla na následující vegetační sezonu. Za nástup diapauzy odpovídá délka světelného dne a s ní související i změna teplotních podmínek (Gray 1991, 2001; Daniel et al. 1998, 2009, 2016).

Celkově je tedy výskyt klíšťat determinován kombinací místních podmínek prostředí a procesech, které umožňují přežití a kolonizaci daného místa. Jednotlivé

procesy se projevují v rozdílných měřítcích, které je třeba rozeznat (Ferrell, Brinkerhoff 2018).

3.2 Nemoci přenášené klíšťaty

Klíšťata představují významné vektory infekčních chorob a po komárech patří mezi nejvýznamnější přenašeče patogenů (Černý 1972; Toledo et al. 2009). Z epidemiologického hlediska má klíště obecně značný význam, jelikož přenáší řadu závažných onemocnění na člověka, včetně klíšťové encefalitidy, lymeské boreliózy, granulocytární anaplasmozy, babeziózy, bartnellózy, rickettsií a tularemie (SZÚ 2008).

Klíšťata jsou schopna přenášet širokou škálu patogenů, včetně virových, bakteriálních a protozoárních agens a zůstávají infikovaná po celý svůj život (Estrada-Peña et al. 2013). Přenos patogenů mezi klíšťaty a hostiteli může probíhat transvoriálně, transsdiálně nebo pohlavně mezi sebou (Kimming et al. 2003; Hubálek, Rudolf 2007; Daniel et al. 2015). Člověk se nejčastěji dostává do kontaktu s nakaženými klíšťaty během práce v přírodě, sběru lesních plodů nebo při sportu (Rosický, Daniel 1989; Estrada-Peña, Jongejan 1999; Šumilo et al. 2008). K nákaze dochází nejčastěji sáním, avšak v méně než 1 % případů může k nákaze dojít po konzumaci nezpracovaného mléka (Kříž et al. 2004). Celosvětově počty nakažených stoupají, je zde také zvyšující se riziko nákazy více infekcemi najednou, jelikož klíšťata mohou přenášet více patogenou naráz (Nicholson et al. 2010; Dantas, Torres 2007). Také projevy mnoha chorob, které byly dříve známé u domácích zvířat, se častěji projevují u člověka (Colwell et al. 2011). Je proto důležité zaměřit se na vliv krajinných parametrů a uspořádání krajiny, které mohou ovlivnit početnost klíšťat a riziko výskytu na ně vázaných patogenů (Václavík et al. 2021).

3.2.1 Klíšťová encefalitida

Klíšťová encefalitida patří mezi závažná virová onemocnění z rodu *Flavivirus* a čeledi *Flaviridae*, nesoucí jméno podle viru žluté zimnice (Růžek et al. 2015). Poprvé byla identifikována v roce 1931 rakouským lékařem H. Schneidrem, který ji pojmenoval „Epidemische akute *Meningitis serosa*“, avšak objeviteli viru byli až ruští vědci v roce 1937, kteří identifikovali virus v lidských a zvířecích subjektech a v klíšťatech *Ixodes persulcatus* (Růžek et al. 2015).

Průběh nemoci může být ovlivněn řadou faktorů, včetně typu kmene klíšťové encefalitidy, či množstvím virových částí, které se dostaly do těla hostitele v průběhu

sání. Dále také hraje roli během onemocnění hraje také imunitní stav hostitele, jeho věk, pohlaví a genetické predispozice. U starších jedinců jsou častěji pozorovány obvykle závažnější příznaky a častěji se u nich projevují trvalé následky nemoci (Růžek et al. 2015).

Inkubační doba klíšťové encefalitidy trvá 7 až 14 dní a má obvykle dvoufázový průběh. Onemocnění obvykle začíná příznaky podobnými chřipce, jako jsou bolesti hlavy, zvýšená únava, horečky, nevolnost a doprovází je bolesti svalů a kloubů, po nichž následuje 1-2 týdenní období bez příznaků. V druhé fázi se projevují již závažnější neurologické příznaky, jako je ztuhnutí svalů na šíji, svalový třes, nervové obrny, závratě, poruchy paměti a dezorientace a tento stav obvykle trvá 2 až 3 týdny, poté obvykle dochází k postupnému zlepšování zdravotního stavu. Trvalé následky se mohou projevit asi u čtvrtiny postižených jedinců, přičemž úmrtnost je vzácná (Roháčová 2006).

Virus klíšťové encefalitidy je schopný přenosu prostřednictvím kousnutí klíšťat, která mohou sloužit jako vektory při horizontálním, vertikálním, transstadiálním, transvariálním, matenálním a filiálním přenosu (Růžek et al. 2015).

- Horizontální přenos – klíště přenáší virus na hostitele.
- Vertikální přenos – klíště se při sání na viremickém hostiteli infikuje.
- Transstadiální přenos – virus přechází z jednoho vývojového stádia na vyšší, což vyplývá ze životního cyklu klíštěte a potřeby každého vývojového stádia sát k
- Transvariální přenos – přenos viru infikovanou samicí na další generaci.
- Maternální přenos – přenos viru na vajíčka, byl prokázán asi v 19 %.
- Filiální přenos – infikovanost vajíček ve snůšce, byl zjištěn jen v desetinách procenta – 0,2 až 0,8 % (Růžek et al. 2015).

Jako prevenci pro člověka před nakažením virem klíšťové encefalitidy je možné považovat aktivní imunizaci inaktivovaným virem klíšťové encefalitidy, očkováním ale přesto není možné zaručit 100 % ochranu pro člověka (Rozsypal 2015). S ohledem na rozšíření viru klíšťové encefalitidy je doporučováno pravidelné očkování jako pro děti, tak dospělé. Toto očkování zahrnuje tři dávky účinné látky, které je nutné po určitém časovém období opakovat (Amicizia et al. 2013).

Jako léčba jsou po nakažení virem klíšťové encefalitidy nemocnému podávána léčiva zmírňující průběh onemocnění jako antipyretika, analgetika, antiemetika a látky zmírňující otoky mozku, jako jsou kortikoidy či manitol (Rozsypal 2015).

3.2.2 Lymeská borelióza

Lymeská borelióza je onemocnění způsobené bakteriemi *Borrelia burgdorferi* a přenášené klíšťaty rodu *Ixodes* a to jakýmkoli jejich vývojovým stádiem (Steere et al. 1977). Tato nemoc byla poprvé popsána v roce 1977 ve městě Lyme ve státě Connecticut, USA, podle kterého je nemoc pojmenována. V roce 1982 byl objeven i původce této infekce, spirochéta zařazená mezi borelie a podle svého původce později pojmenována *Borrelia burgdorferi* (Bartůněk et al. 1996)

K proniknutí borelií do lidského organismu dochází nejčastěji přísátím klíštěte. Nákaza slinami předpokládá delší dobu sání, jelikož až po 24 hodinách dochází k přenosu borelií ze střeva klíštěte do jeho endolymfy a slinných žláz. K rychlejšímu zanesení infekce může dojít při nesprávném odstraňování klíštěte holou rukou, jelikož borelie mají schopnost pronikat do organismu i přes neporušenou kůži. Pro vznik infekce je důležitá dávka mikrobů, odvíjející se od doby sání nebo na frekvenci a intenzitě kontaktu s klíšťaty (Bartůněk et al. 1996).

Klinické projevy lymeské boreliózy mohou být různorodé a závisí na stádiu onemocnění. Průběh onemocnění byl rozdělen na tři stadia, v prvním stádiu jde o časnou lokalizovanou infekci, postihuje především kůži v místě přísátí klíštěte (*erythema migrans*) (Obr. 5), objevuje se obvykle od tří dnů do jednoho měsíce, v druhém stádiu se jedná o časnou diseminovanou infekci a dochází k akutnímu zánětu různých orgánů, především periferního a centrálního nervového systému i pohybového ústrojí, kůže i podkoží. Třetí stádium se nazývá pozdní perzistující infekce a jejím projevem je rozvoj chronického zánětu v lokalizacích uvedených ve druhém stadiu (Bartůněk et al. 1996). Chronická forma boreliózy, i když vzácná, může postihovat pacienty měsíce nebo dokonce roky po prodělání akutní fáze onemocnění (Pícha 2009). Avšak vývoj onemocnění u konkrétního pacienta se nemusí shodovat se všemi projevy těchto tří stádií, může například dojít k úplnému vyhojení zánětu bez medikace již v počátečním stadiu (Bartůněk et al. 1996). Diagnostika boreliózy se provádí sérologickými testy a léčba spočívá v podávání antibiotik, jako jsou dyxocyklin, amoxicilin a erytromycin (Bratton et al. 2008).



Obrázek 5: Dermatologické projevy lymeské boreliózy. Všechny patogenní druhy *Borrelia burgdorferi* s.l. obvykle způsobují rozšiřující se kožní léze známé jako erythema migrans, které se objevují v místě kousnutí klíštětem. a) Klasické léze erythema migrans s jasněji červeným vnějším okrajem, částečným centrálním vyjasněním a středem ve tvaru býčího oka. (Steere et al. 2017)

Významným faktorem pro šíření boreliózy v přírodě jsou infikovaní obratlovci, na kterých klíšťata sají. Po nasátí se borelie množí ve střevech klíštěte, po množení pronikají skrze střevní stěnu do hemolymfy, kudy jsou dále roznášeny do ostatních orgánů včetně slinných žláz, při opakovaném přisátí pronikají borrelie ze slin klíštěte do tkáně hostitele, kterého infikují (Pospíšilová et al. 2019).

3.2.3 Lidská granulocytární anaplasmóza

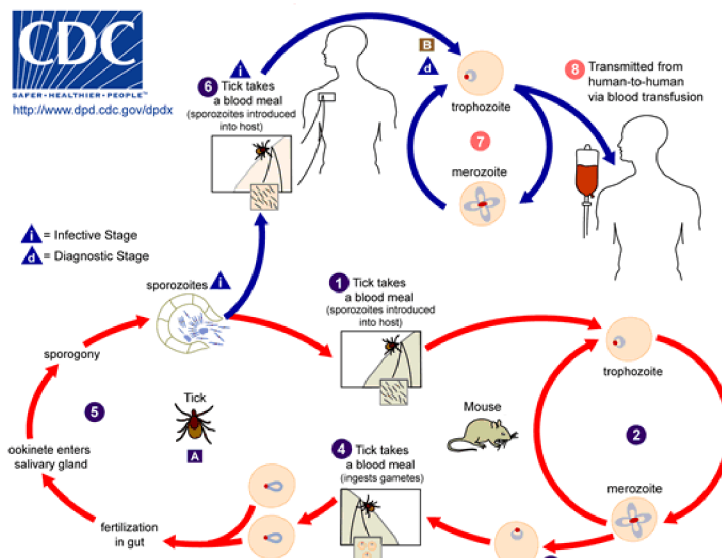
Lidská granulocytární anaplasmóza je onemocnění způsobené mikroskopickými intercelulárními bakteriemi *Anaplasma phagocytophilum*, patřící do řádu *Rickettsiales*, které infikují do neutrofilních granulocytů hostitele a způsobují závažné onemocnění, nazývané lidská granulocytární anaplasmóza (HGA) (Abuhammour 2018). Tato nemoc byla poprvé identifikována v devadesátých letech 20. století v USA, avšak vyskytuje se i v Evropě a České republice. Inkubační doba obvykle trvá 1 až 3 týdny a projevuje se nespecifickými symptomy, jako je horečka, zimnice, bolest hlavy a svalů, nauzea, zvracení, průjemy a vzácněji vyrážkou na kůži, v některých případech je snadné ji zaměnit s lymeskou boreliózou (Mokrejšová, Žabka 2013).

Přestože klinické průběhy onemocnění popsané v Evropě jsou podobné průběhům onemocnění v USA, jsou evropské případy obecně považovány za mírnější. Existují důkazy o heterogenitě kmenů, které by mohly korelovat s predilekcí hostitele a výslednou patogenezí. Většina evropských případů HGA se vyskytuje jako mírná nebo dokonce

asymptomatická infekce s úplným zotavením v průběhu 2 týdnů, a to i při absenci specifické léčby (Bakken and Dumler 2006). Pro identifikaci onemocnění se běžně používají sérologické testy (nepřímá imunofluorescence) a molekulární diagnostika (Bartůněk et al. 2013). Fatální infekce se vyskytují zřídka, ale infekce může vést k multiorgánovému selhání, zejména u pacientů s jinými zdravotními komplikacemi (Abuhammour 2018). Léčba je neúčinnější při zahájení v rané fázi onemocnění. Jako neúčinnější léčba se doporučují preparáty obsahující doxycyklin (Abuhammour 2018). V chronickém stadiu je možné využít chloramfenikol, který však vykazuje řadu nežádoucích účinků. Pro medikaci je proto nutná přesná laboratorní identifikace při laboratorním vyšetření (SZÚ 2008).

3.2.4 Babesióza

Babesioza je onemocnění, jejímž původcem jsou prvoci rodu *Babesia*, zejména *Babesia divergens* a *Babesia microti*, kteří napadají červené krvinky hostitele, ve kterých přežívají a množí se. Babesióza je známe veterinární onemocnění, postihující skot, psi a koně a v současné době se toto onemocnění stále častěji objevuje i u člověka (Duh et al. 2001). V Evropě jsou hlavním přenašečem babesií klíšťata rodu *Ixodes*, babezióza proto často doprovází onemocnění způsobené bakteriemi *Borrelia burgdorferi*, tedy lymeskou boreliózu (Duh et al. 2001; Pernicová 2019).



Obrázek 6: Životní cyklus babesie. 1 – sání infikovaného klíštěte na myši, vstup sporozoitů do hostitele; 2 – sporozoitů vstupují do červených krvinek myši, nepohlavní reprodukce; 3 – diferenciacie samčích a

samičích gamet; 4 – nasátí gamet klíštětem; 5 – spojení gamet, sporogonický cyklus, vznik sporozoitů a jejich zanesení do slinných žláz; 6 – vstup lidského hostitele do cyklu, po sání infikovaným klíštětem; 7 – pomnožení parazitů, vedoucí ke klinickým projevům 8 – přenos kontaminovanou krví transfuzí

Dostupné z: <https://www.kliste.cz/cz/vse-o-klistatech/clanek/babesioza>

U řady pacientů, infikovaných prvoky rodu *Babesia*, může babezióza probíhat asymptomaticky, tedy bez vážnějších projevů. Postihuje především pacienty se sníženou imunitou. U nakažených tímto onemocněním se projevují nespecifické příznaky jako únava, bolest hlavy, nechutenství, bolesti svalů a kloubů, deprese, kašel (Kliste.cz 2023). Prvoci rodu *Babesia* napadají a likvidují červené krvinky hostitele, kde se množí a přežívají. V některých případech může toto onemocnění vést až tzv. hemolytické anémii, která může vést navíc ke žloutence (SZÚ 2008).

Jedinci s neoslabeným imunitním systémem se tomuto onemocnění obvykle ubrání bez použití antibiotik a nemusejí tedy být léčeni (Kliste.cz 2023). V ostatních případech probíhá léčba pomocí antibiotik – Clindamycin, Azitromycin a antimalarik včetně chitinu (SZÚ 2008).

3.2.5 Bartonellóza

Jedná se o bakteriální onemocnění způsobené bakteriemi rodu *Bartonella*, především bakterie *Bartonella henselae*, jejichž přirozeným rezervoárem jsou domácí zvířata, zejména kočky (Cotté et al. 2008). Nejčastěji dochází k nakažení při nesprávné manipulaci s kočkou domácí (*Felis sylvestris*), kdy dochází k přenosu bakterií z trusu blechy (*Ctenophalides felis*), při škrábnutí nebo kousnutí kočkou, jelikož bakterie *Bartonella henselae* se množí v zažívacím traktu kočičích blech a přežívá v jejím trusu několik dní. Zblešené zvíře si poté při péči o srst infikuje drápy a následně při škrbnutí může docházet k infekci člověka (Máslová et al. 2014). V posledních letech je stále častěji v souvislosti s bartonellózou uváděn jako přenašeč i klíště obecné (*Ixodes ricinus*) (Cotté et al. 2008).

3.2.6 Rickettsióza

Rickettsie jsou malé intracelulární bakterie, které jsou původcem tohoto onemocnění. Rickettsiózy se projevují jako akutní nediferencované horečnaté onemocnění a často je doprovází bolesti hlavy a malátnost. Rickettsie jsou přenášeny klíšťaty a dalšími roztoči. Mezi kožní projevy tohoto onemocnění patří vyrážka a strup v

místě sání klíštěte, které se vyskytují s různou četností v závislosti na infikujícím druhu (Blanton 2019). Stejně jako předchozí dvě onemocnění jsou i rickettsiózy, jsou-li včas odhaleny, léčitelné antibiotiky (Rozsypal 2015).

3.2.7 Tularemie

Francisella tularensis je etiologickým původcem tularémie, závažného a občas smrtelného onemocnění lidí a zvířat (Ellis et al. 2002). Tularemie je rovněž nákaza s přírodní ohniskovostí, mezi nejčastěji infikované skupiny zvířat patří zajíci, králíci a hlodavci (Tremml et al. 2007; Kaysser et al. 2008). U lidí je nejčastější formou onemocnění ulceroglandulární tularémie, která je obvykle důsledkem kousnutí klíštětem, kterým se předtím živilo na infikovaném zvířeti. K nákaze může ale dojít i při manipulaci s nakaženým tělem zvířete, konzumací či pitím kontaminovaných potravin nebo vody a vdechnutím bakterie *F. tularensis*. Diagnostika onemocnění není snadná. *Francisella tularensis* se obtížně kultivuje a manipulace s touto bakterií představuje pro laboratorní personál značné riziko infekce (Ellis et al. 2002). Tularemie je velice často zaměňována za jiné onemocnění, je proto velmi důležité zahrnout do diagnózy údaje o kontaktu s infikovanou zvěří či klíštětem. Pro potvrzení diagnózy se využívá sérologické i molekulární diagnostiky (Rozsypal 2015). K léčbě jsou využívána antibiotika, ve většině případů dojde k uzdravení jedince. Pokud není zahájena léčba, může tularémie poškodit různé orgány a způsobit závažné imunologické onemocnění.

3.3 Prevence a ochrana před klíšťaty

Zájem veřejnosti o ochranu před klíšťaty vzniká velmi brzy v polovině zimy a poté klesá na jaře a v létě, kdy kulminuje kontakt s klíšťaty, v důsledku toho je větší počet případů nákazy nemoci přenášenými klíšťaty mimo období, kdy veřejnost maximálně reaguje na pokyny k prevenci (Zeman 2023). Lidé častěji provádí kontrolu klíšťat, pokud považují nemoci přenášené klíšťaty za velmi rozšířené v jejich okolí a pokud jim či jejich rodinným příslušníkům byla v minulosti diagnostikována nemoc přenášené klíšťaty, nebo pokud považovali expozici klíšťatům za pravděpodobnou v okolí jejich bydliště (Beck et al. 2022).

Dokud nebude k dispozici kauzální prevence, je vyhýbání se klíšťatům a osobní ochrana nejlepší pojistkou proti nákaze nemocí přenášených klíšťaty (Zeman 2023).

Základní pravidla pro ochranu před klíšťaty v přírodě jsou následující:

- Volit oblečení, především kalhoty, vyrobené z hladké a světlé látky. Je nevhodné nosit tmavé oblečení vyrobené z látky s vlasem.
- Používání repelentů, které lze aplikovat na oblečení, zejména na spodní část nohou od kolen dolů. Při použití repelentů je důležité brát v úvahu jejich dávkování a dobu účinnosti proti komárům a brát v úvahu, že proti klíšťatům bude účinnost nižší, přibližně poloviční. Také by se mělo jednat o certifikované repelenty, mezi které patří syntetické repelenty s účinnou látkou DEET, IR3535 a picaridin (USEPA 2010).
- V terénu, kde je vysoká pravděpodobnost setkání s klíšťaty, je doporučeno si nesesat a nelehat na zem.
- Pohyb je doporučen zejména na cestách a vyhýbat se vstupu do trávy, bylinné vegetace a křoví.
- Při chůzi pravidelně kontrolovat spodní část nohou, jako jsou nohavice a případně odstranit přichycená klíšťata (SZÚ 2007).

Po návratu z přírody je doporučená prohlídka celého těla, obdobnou prohlídku je doporučeno provést i další den ráno, jelikož se klíště může pohybovat po těle hostitele i několik hodin, než dojde k jeho přisátí. Neodkladné odstranění zjištěného klíštěte je nezbytně nutné, jelikož s delší dobou sání se zvyšuje i riziko nakažení klíšťaty přenášenými nemocí. Přichycené klíště se odstraňuje pomocí navlhčené

textilie, kterou se lehce pohybuje ze strany na stranu, klíště by se mělo po 2-3 minutách uvolnit. Odstraňování klíšťat je vhodné provádět v gumových rukavicích, jelikož klíště může být potencionálně nakažené a je nutno s ním tak i nakládat, aby při jeho likvidaci nedošlo k potřísnění, tudíž je rozhodně klíště nemačkat a nesnažit se ho jakkoli mechanicky poškodit, je doporučeno odstraněné klíště zabalit do kusu papíru a zapálit. Po odstranění klíštěte je vhodné kontrolovat zarudnutí, které by po 2-3 dnech mělo zmizet a po dobu 3 týdnů se vyhýbat zvýšené tělesné aktivitě, nevystavovat se silnému slunečnímu záření a stresu (SZÚ 2007).

V rámci prevence byla vědci z České zemědělské univerzity vyvinuta aplikace s názvem Klíšťapka, která má za cíl predikovat početnost klíšťat včetně možnosti nakažení klíšťaty přenášenými nemocí na základě klasifikace lesních porostů, stanoviště, klimatických dat a dalších údajů. Dále si klade za cíl informovat veřejnost o praktických opatřeních proti šíření klíšťat a jimi přenášených zoonóz, správném odstraňování klíšťat a klasifikaci jiných druhů klíšťat (Klíšťapka 2023)

3.4 Lesní ekosystémy a klimatická změna

Na základě mnohaletého výzkumu a analýz provedených vědeckou komunitou se dospělo k závěru, že nepřehlédnutelným faktorem, který přispívá ke změně klimatu, je zvyšující se produkce antropogenních emisí skleníkových plynů do atmosféry (IPCC 2007a). Zvyšování teploty, jakožto důsledek a klíčový znak klimatických změn, projevuje stabilní tendenci růstu a neočekává se, že by se v nadcházející době dramaticky změnilo (Pretel 2011).

Změny klimatu ovlivní prostředí pro růst a fungování lesních ekosystémů změnou stanovištních podmínek, mezi které patří obsah vody v půdě, vlhkost vzduchu, teplota půdy a vzduchu a délka vegetačního období (Williamson et al. 2019). Tyto změny, zahrnující zvýšené teploty, úroveň atmosférického uhlíku, změny distribuce a úhrnu srážek a závažnost extrémních klimatických událostí, mají výrazný dopad na světové lesy a odvětví lesnictví (Popkin 2019). Ve střední Evropě se projevuje jako nejvýznamnější riziko současných i předpokládaných klimatických změn sucho v jarních a letních měsících, které může výrazně ovlivnit vitalitu a zdravotní stav lesních porostů zejména v nížinných a pahorkatinných oblastech (Čermák, Holuša 2011; Šimůnek et al. 2019). Tyto nepříznivé podmínky vyvolávají u dřevin změny, jako je aklimatizace a fenotypová plasticita, lokální adaptace, migrace a mortalita (Bussotti et al. 2015).

Současné lesnictví již tedy neklade důraz pouze na množství produkce dřeva, ale zohledňuje i ekosystémové služby, ochranu biodiverzity a rekreační, klimatickoochranné, hydrologické a půdoochranné funkce lesa (Felton et al. 2020), jakožto i stále častěji zmiňovanou sekvestraci uhlíku (Cukor et al. 2022).

Reakce lesů na změny klimatu se liší v závislosti na individuálních charakteristikách stanovišť a stavu dřevin, protože podmínky stanoviště mohou buď tlumit, nebo zvyšovat dopady horka, sucha a bouřek (Spathelf et al. 2014). Oteplování může zvyšovat produktivitu lesů v těch částech Evropy, kde růstové zdroje, jako je půdní voda, nejsou limitující (Nabuurs et al. 2010). V podmínkách omezené nabídky zdrojů a změněného režimu disturbancí však můžeme očekávat snížení produktivity a vitality lesa (Linder et al. 2010). Z tohoto hlediska je proto nezbytně nutné znát typy lesů, které budou z hlediska druhové, věkové a prostorové skladby nejvhodnější na lokalitách se změněnými klimatickými podmínkami (Linder et al. 2014; Vacek et al. 2020).

3.4.1 Klimatická změna a růstové procesy lesních dřevin

Růst nadzemní biomasy v lesních ekosystémech představuje velké atmosférické úložiště uhlíku (Bonan 2008). Intenzita sekvestrace uhlíku je modulována klimatickými faktory, jako je vlhkost půdy, potřeba výparu a teplota vzduchu (Allen et al. 2010).

Zvýšená koncentrace uhlíku přináší pozitivní vliv na růst lesních dřevin a očekává se, že zmírní negativní dopady klimatických změn na porosty lesních dřevin. Očekává se, že toto povede ke změně potenciálu stanoviště pro pěstování porostů lesních dřevin, ale také ke změně tolerance a nároků lesních dřevin ke stanovištním podmínkám (Rötzer et al. 2010). Mnoho studií uvádí, že lesní porosty přirůstají rychleji, právě důsledkem změny klimatu a s ní se zvyšující teplotou, která je často zmiňována jako jeden z nejvýznamnějších faktorů zvyšování přírůstu lesních porostů v posledních letech (Linder et al. 2010). Zvýšené koncentrace CO₂ v atmosféře mohou urychlit růst rostlin, za předpokladu, že jsou splněny další podmínky, jako je dostatečné zásobení vodou a živinami. Nicméně tento pozitivní vliv postupně slábne při příliš vysokých koncentracích CO₂ (Stone et al. 2006). Zvýšené množství CO₂ může značně ovlivňovat tvar a stavbu rostlin, což zahrnuje zvětšení plochy a zesílení listů, zvýšení jejich počtu, rozšíření celkové listové plochy rostliny, větší kmínky a zesílení větví (Garret et al. 2006). Oxidy dusíku mohou podporovat růst ekosystému na lokalitách s nižším obsahem dusíku (Pokorný et al. 2012), zatímco zvýšené koncentrace přízemního ozonu mohou snížit produktivitu dřevin a zvýšit jejich náchylnost k patogenům (Karnosky et al. 2002).

Změnami přírůstu lesních porostů smrku a buku se v Německu od roku 1870 do současnosti zabýval Pretsch et al. (2014). Jeho studie vychází z empirických měření z 58 smrkových a 22 bukových ploch. Během období 1960-2000 průměrný roční objemový přírůst smrku ztepilého vzrostl o 10 % a buku lesního o 30 %, přestože počet jedinců na hektar klesl (o 17 % u smrku a 21 % u buku). Většina hospodářsky významných dřevin v Evropě projevuje změny produkčních charakteristik (Reyer et al. 2017).

3.4.2 Přeměna lesních porostů vnášením vhodných introdukovaných dřevin

Pouze 1,82 % lesu v České republice je pokryto introdukovanými dřevinami, avšak za určitých okolností mohou lokálně sehrát významnou roli při obnově oslabených lesních porostů (Novotný, 2023). Mezi tyto nepůvodní dřeviny uplatňované v České republice patří především: trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*), douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii*), jedle obrovská (*Abies grandis*), ořešák černý (*Juglans nigra*), dub červený (*Quercus rubra*) a smrk pichlavý (*Picea pungens*) (Novotný, 2023). Pěstování vhodných introdukovaných dřevin v reakci na globální klimatické změny může přispět ke zvýšení produkce lesů a částečně i zvýšení jejich stability a biodiverzity (Vacek et al. 2021c; Podrázský et al. 2020). Klíčové je přitom vybírat druhy, které kromě produkce kvalitního dřeva přinášejí pozitivní dopady na životní prostředí (Ujházy et al. 2016). Využívání nepůvodních druhů dřevin zároveň nese ekologická rizika, která je nezbytné brát v úvahu při zalesňování těmito dřevinami (Richardon et al. 2014; Felton et al. 2013). Pro zachování stability a biodiverzity lesních porostů je vhodné, aby byly porosty pěstovány ve směsích (Felton et al. 2010), tedy aby introdukované rostliny byly vhodně začleněny do porostů dřevin domácích, z tohoto důvodu je klíčové, aby při využití introdukovaných dřevin byly pečlivě zváženy jak ekonomické výhody, tak ekologická rizika při tvorbě strategií jejich využití v lesnické praxi (Vacek et al. 2023).

3.5 Modifikace lesních ekosystémů a populační dynamika klíštěte obecného

Zásadními faktory na šíření klíšťat se jeví například zvyšování teploty, na kterém je závislé šíření klíšťat do vyšších nadmořských výšek, což má za následek prodloužené období, umožňující jejich vývoj (Daniel 2004). Nadmořská výška, teplota, srážky a vlhkost jsou klíčové abiotické faktory ovlivňující přítomnost, vývoj, činnost a životnost klíšťat (Estrada-Peña 2001). Dalším důležitým faktorem je charakter lesních ekosystémů

a fragmentace lesních porostů (Halos et al. 2010; Tack et al. 2012) Ve střední Evropě postupně dochází k transformaci monokultur jehličnatých porostů na listnaté a smíšené porosty, s hlavním cílem trvale udržitelného, víceúčelového lesního hospodářství, tyto porosty jsou však ideálním stanovištěm pro klíšťata (Olstoom et al. 1999; Vacek et al. 2022). Tato situace je na území střední Evropy urychlována rozpadem smrkových monokultur, postupující klimatickou změnou a gradací hmyzích škůdců (Vacek et al. 2020). Početnost klíšťat je v dubových porostech ve srovnání s porosty borovými vyšší a narůstá i se zvyšující se pokryvností keřů (Tack et al. 2012). V kontextu s těmito změnami a s ohledem na očekávaný vývoj populace klíšťete obecného je nutné uvažovat nad celými lesními ekosystémy, jedním z klíčových faktorů je také početnost populací potencionálních hostitelů (Vacek et al. 2022). Na základě dostupných údajů je patrné, že za poslední desetiletí dochází ke kontinuálnímu nárůstu početnosti populací spárkaté zvěře v celé Evropě (Carpio et al. 2021; Valente et al. 2020). Pro klíšťe obecné jsou dle literárních zdrojů klíčoví zejména hostitelé larev a nymf, tedy malí a střední savci (Fish, Daniels 1990).

3.6 Vliv struktury a druhové skladby lesa na abundanci klíšťat

Studie o výskytu klíšťat v lesních ekosystémech ukazuje na komplexní vztah mezi strukturou lesních porostů, populacemi hostitelských druhů a prostředím, který má významný dopad na distribuci a hojnost těchto krevsajících členovců. Za ideální stanoviště pro klíšťata jsou považovány listnaté lesy s vysokou početností jelenovitých, ačkoli i okraje lesů s bohatou vegetací poskytují vhodné podmínky pro jejich výskyt (Tack et al., 2012; Gray, 1998; Boyard et al., 2008). Výskyt klíšťat není ovlivněn pouze druhovou skladbou lesních porostů, ale také fragmentací lesa, kdy v mozaikovitě krajině v porovnání s homogenní zalesněnou krajinou byla zjištěna vyšší početnost klíšťete obecného z důvodu přítomnosti vyššího počtu hostitelských druhů a větší diverzity stanovištních podmínek (Ostfeld, Keesing 2000). Transformace hospodářských porostů na přírodě blízké hospodaření může mít výrazný vliv na změnu druhové skladby a prostorové struktury lesa, což má dopad na vhodnost prostředí pro klíšťata (Tack et al. 2012). Dále změny v prostředí a rostoucí početnost spárkaté zvěře mohou ovlivňovat výskyt klíšťat v dané oblasti (Ruiz-Fons, Gilbert 2010). Jelenovití, podobně jako hlodavci, obvykle obývají biotopy s bohatou vegetací na okraji lesa (Boyard et al. 2008). Abundance klíšťat na různých stanovištích může být způsobována právě populační

hustotou hostitelských druhů (Lindstrom, Jaenson 2003). Klimatické faktory, jako je nadmořská výška, teplota, srážky a vlhkost, jsou také klíčovými determinanty pro výskyt a činnost klíšťat v daném prostředí (Estrada-Peña et al., 2001). Lesní vegetace poskytuje klíšťatům ochranu před extrémními klimatickými podmínkami, protože klíšťata jsou velmi citlivá na vysychání. V otevřené krajině jsou vystavena silnému působení slunce a větru. Lesní porost tak zajišťuje menší kolísání teploty a vlhkosti ve srovnání s otevřenějšími typy vegetace (Lindstrom, Jaenson 2003). Výzkum Lindstroma a Jaensona (2003) ukazuje, že klíšťata preferují stanoviště ve smíšených lesích a druhově pestrých lesích, kde mají přístup k různorodému hostitelskému spektru a mohou nalézt ochranu před nepříznivými podmínkami prostředí.

4 Materiál a metodika

4.1 Charakteristika zájmového území

4.1.1 Středočeský kraj

Středočeský kraj je největším krajem v České republice, jeho rozloha činí 10 929 km² a zabírá téměř 14% území ČR, což je přibližně dvakrát více, než průměrná rozloha kraje v České republice (ČSÚ 2024). Přírodní podmínky kraje jsou velmi různorodé, ale převažují dva typy krajiny, severovýchodní polovinu tvoří Polabská nížina se zemědělsky využívanou půdou s listnatými a borovými lesy. Jihozápad má charakter vrchoviny, kde převažují smrkové a smíšené lesy, západní část vyplňují výše položené Brdy s množstvím lesů a méně úrodnou půdou (RIS 2021). Středočeský kraj je jednou z nejstarších částí evropské pevniny a územně náleží k Českému masivu. Nejvyšším bodem je vrchol brdských hřebenů Tok (865 m n. m.) v okrese Příbram, nejnižším bodem je řečiště Labe (153 m n. m.) v okrese Mělník (ČSÚ 2024).

Tabulka 1: Průměrné teploty a úhny srážek pro Středočeský kraj a Prahu (ČHMÚ, 2024)

	Průměrná teplota (°C)	Průměrný úhrn srážek (mm)
2021	8,7	627
2022	10,0	618
2023	10,4	607

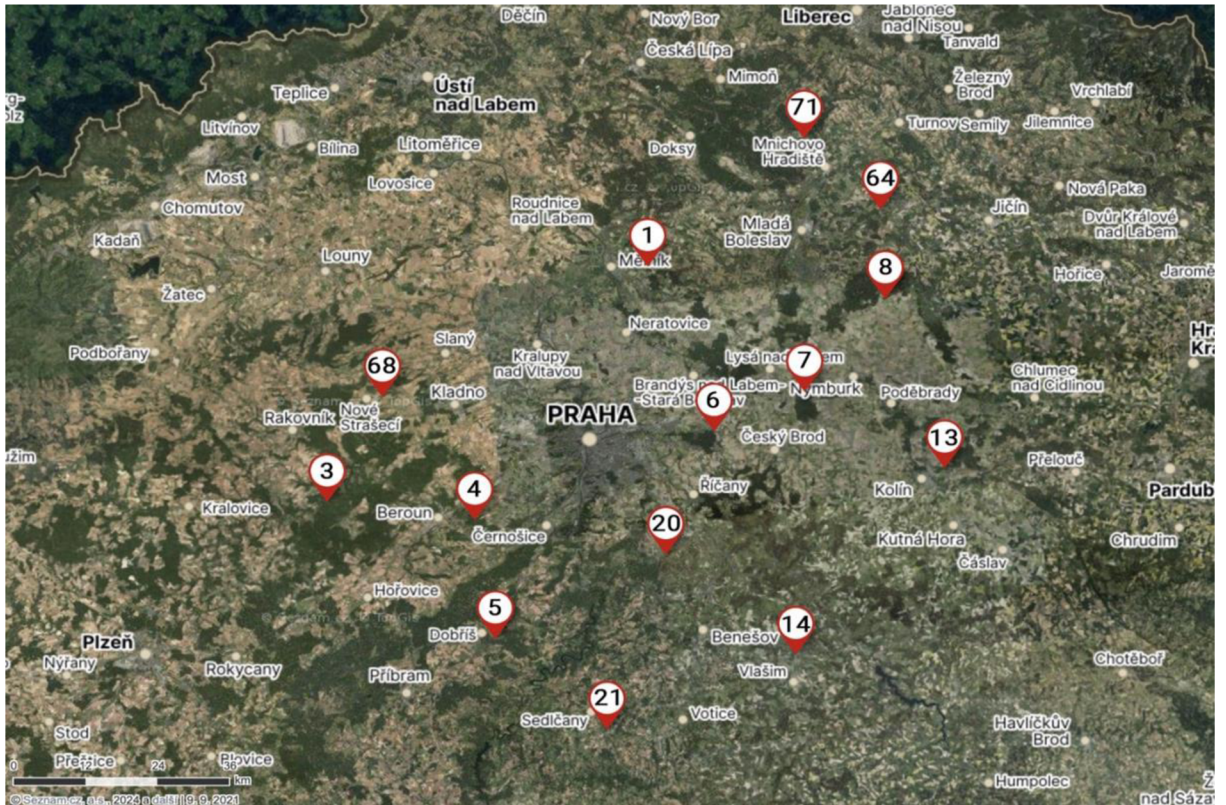
4.1.2 Trvale výzkumné plochy

Sběr dat se zaměřením na klíště obecné (*Ixodes ricinus*), klíště lužního (*Haemaphysalis concinna*) a pijáka ližního (*Dermaceter reticulatus*) probíhal ve Středočeském kraji na 14 vybraných lokalitách. Celkem bylo ve Středočeském kraji měřeno 14 trvale výzkumných ploch, nacházejících se ve výškovém gradientu. Plocha s nejnižší nadmořskou výškou (183 m n.m.) se nachází v okrese Nymburk s názvem lokality Horoušánky s ID plochy 6. Nejvyšší nadmořská výška (498 m n.m.) se nachází v okrese Rakovník na ploše číslo 3 s názvem Velká Pleš. Plochy byly rozdělené dle biotopu na lesní porosty, okraje lesa a holiny. Počet ploch s biotopem lesního porostu se ve Středočeském kraji bylo monitorováno 7. Ploch s biotopem okraj lesa bylo

monitorováno 5 a ploch s biotopem holina byly monitorovány 2. V listnatých porostech se nachází 2 plochy, v jehličnatých 2 a ve smíšených porostech 3.

Tabulka 2 Rozdělení jednotlivých ploch podle druhového smíšení a biotopu

ID Plochy	Název lokality	Okres	Nadmořská výška	Biotop	druhové smíšení	druhá skladba
1	Hleďsebe	Mělník	227	LP	JL	BO 100
3	Velká Pleš	Rakovník	498	LP	LL	DB 90, HB 10
4	Doutnáč	Beroun	328	LP	SL	LP 40, DB 30, HB 10, BK 10, JS 5, ost. 5
5	Dobříš	Příbram	375	HO		
6	Horoušánky	Nymburk	232	LP	SL	DB 75, BO 15, BR 5, HB 5
7	Hradištko	Nymburk	183	OL	JL	BO 100
8	Doubravany	Nymburk	242	LP	LL	DB 100/DB 95, HB 5
13	Tři Dvory	Kolín	216	LP	JL	BO 100
14	Ctiboř	Benešov	396	OL	JL	BO 100
20	Olešovice	Praha - východ	408	HO		
21	Radeč-Sedlčany	Příbram	398	OL	JL	BO 100
64	Dolní Bousov	Mladá Boleslav	268	OL	SL	BO 65, DB 33, AK2
68	Stochov	Kladno	436	LP	JL	MD 70, SM 30
71	Borovice	Mladá Boleslav	293	OL	JL	SM 60, BO 37, DB 3

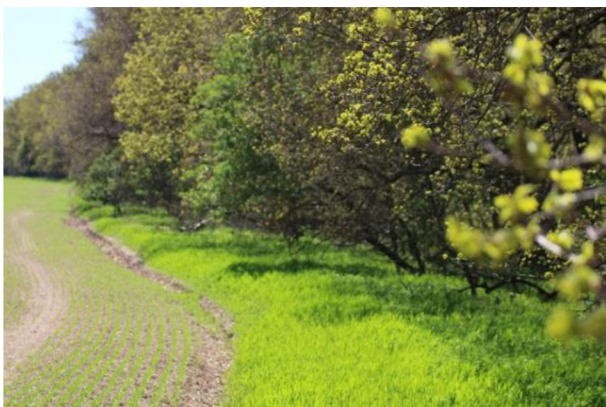
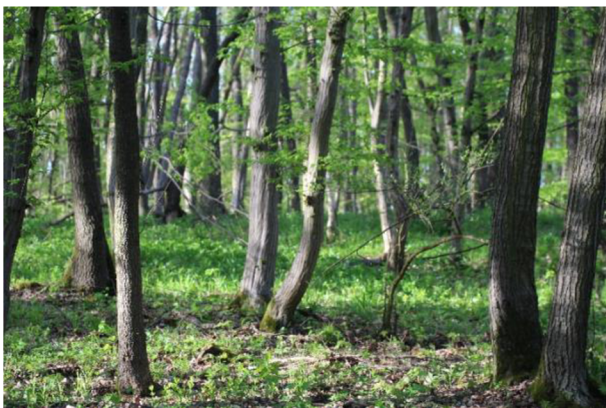


Obrázek 7 Mapa Středočeského kraje a vyznačené lokality sběru klíšťat (zdroj: Mapy.cz)

4.1.3 Metoda sběru klíšťat

Lokality byly rozděleny dle druhové skladby na lesy listnaté, smíšené a jehličnaté. Lokality byly dále rozdělené dle druhového složení, vegetačního stupně a nadmořské výšky, na kterých byl sběr dat realizován ve třech variantách prostředí, a to v dospělých lesních porostech, na holinách a v porostních okrajích, které jsou klíšťaty preferovány (Estrada - Peňa 2001). Sběr dat probíhal v letech 2021-2023 v jarním období, tedy od května až do poloviny června v závislosti na teplotách, kdy denní hodnoty neklesly pod 10 °C a noční teploty pod 0 °C. Data z roku 2021 a 2022 byly obdrženy od vedoucího bakalářské práce v rámci řešení projektu (Distribuce krevsajících členovců v lesních ekosystémech modifikovaných globálními změnami klimatu) a autor práce provedl sběr dat v roce 2023. V roce 2021 probíhal sběr dat kvůli nepříznivým klimatickým podmínkám později, tedy od 7. května do 24. června. V roce 2022 a 2023 proběhl opakovaný sběr dat v období od 4. května do 25. června, aby se předešlo sezónnímu zkeslení výskytu klíšťat. V ostatních měsících klesá riziko výskytu klíšťat, ačkoli není zcela vyloučené, z tohoto důvodu bylo zvoleno jarní období, jako vrchol aktivity klíšťat, které probíhá v druhé polovině května (Tkadlec et al. 2018).

Sběr materiálu probíhal metodou vlajkování, při níž dochází ke smýkání po povrchu vegetace bílou bavlněnou vlajkou o rozměrech 1×1 m připevněnou na dřevěné tyči dlouhé cca 150 cm (Široký et al. 2011). Látka byla tažena po zemi rychlostí nepřesahující 0,3 m.s⁻¹ a tažena v maximálně 5 m intervalech (Springer et al 2016). Klíšťata přichycena na tuto vlajku se pomocí entomologické pinzety umístila do předem označených zkumavek. U každého vzorku byla zaznamenána poloha pomocí GPS, datum, čas a informace o povětrnostních podmínkách (datum a čas). Vlajkování probíhalo na jednotlivých lokalitách v čase od 9:30 do 18:30 po dobu 120 minut a v rozmezí teplot 14-26 °C a vlhkosti vzduchu v rozmezí 45-85 %. Sběr probíhal pouze za dobrého počasí, tedy sběr neprobíhal za deštivého počasí či po dešti nebo za přítomnosti silného větru. Nasbíraný materiál byl označen číslem lokality a uchován v plastových epruvetách (bez použití etanolu) spolu se stéblem trávy. Klíšťata byla následně umístěna do chladicího boxu při teplotě 5 °C a následně transportována do laboratoře. Identifikace druhů klíšťat, pohlaví a vývojových stádií byla provedena pomocí klíče Nosek a Sixl (1972). Roztříděné vzorky klíšťete obecného byly odebrány do zkumavek, hloubkově zamrazeny při teplotě -20 °C, k následnému extrahování DNA pro detekci patogenu. Zamrazené vzorky byly následně v mrazících boxech převezeny do Státního zdravotnického ústavu do Národní referenční laboratoře pro lymeskou boreliózu na další analýzu.



Obrázek 8: Interiér zkusných ploch dle biotopu: lesní porost, holina, okraj lesa (foto: Anna Kuličová 2023).

4.1.4 Sběr stanovištních a porostních dat

Na každé lokalitě byla před začátkem vlnkování zaznamenána teplota a vlhkost vzduchu ve výšce do 0,5 m nad zemí, pro ověření, zda se tyto klimatické parametry nachází v rozmezí požadovaném rozpětí pro sběr klíšťat. Byly použity datalogery VOLTGRAFT HY-10TH s přesností měření teploty $\pm 0,4$ °C a přesností měření vlhkosti vzduchu $\pm 1,8$ %. Dále byl detailně zaznamenán charakter lesního porostu, pobytové znaky zvěře a druh a pokryvnost vegetace, který má na výskyt klíšťat výrazný vliv (Daniel

et al. 1998). Pobytové znaky zvěře byly hodnoceny škálou 0-5 dle přítomnosti trusu, okusu, rytí, ochozů, vytlučení stromků, hrabánek atd. Pokryvnost vegetace byla stanovena vždy pro jednotku plochy v % na charakteristických místech pro vlajkované stanoviště. Na těchto stanovištích proběhlo zároveň měření průměrné maximální výšky přízemní vegetace s přesností na centimetry, vypočtena z maximálních výšek jednotlivých druhů vegetace. Vegetace byla rozlišována na bylinné patro, traviny, kapradiny, polokeře, keřiky a keře dle metodiky Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem. U těchto jednotlivých druhů byla změřena maximální výška (cm) a odvozena pokryvnost (%). Ve variantách biotopu holina a okraj porostu byla zaznamenána charakteristika navazujícího lesního porostu s důrazem na stáří porostu, druhovou skladbu, zakmenění a přítomnost vegetace. Stanovištní, porostní a další charakteristiky byly zaznamenávány do předem připravené tabulky. Každá vlajkovaná lokalita byla 2x vyfotografována.

5 Analýza dat

5.1 Porostní metriky

Základní informace o lesních porostech (soubor lesních typů, věk porostů atd.) byly získány z mapového portálu ÚHÚL anebo z lesních hospodářských plánů poskytnutých na základě předchozí domluvy se zadavatelem původního projektu (Distribuce krevsajících členovců v lesních ekosystémech modifikovaných globálními změnami klimatu – Vacek et al. 2022) – Lesy České republiky, s.p. Podrobná data o struktuře a druhové skladbě lesů byly získány z naměřených a následně vypočtených údajů. U stromového patra byly na každé vzorkované ploše zhodnoceny strukturální a růstové parametry, produkce, horizontální a vertikální struktura a celková biodiverzita, jež budou statisticky hodnoceny ve vztahu k distribuci klíšťat. Produkční parametry byly vypočteny dle objemových rovnic Petráše a Pajtíka (1991). Hodnocení druhové diverzity bylo pro veškeré porosty na trvale zkusných plochách spočítáno Margalefovým indexem druhové bohatosti (Margalef 1958), Shannonovým indexem druhové různorodosti (Shannon 1948) a Pielovým indexem druhové vyrovnanosti (Pielou 1975). V rámci vertikální struktury byl vypočten Arten-profil index (Pretzsch 2006), kdy Clark-Evansův agregační index (Clark, Evans 1954) reprezentuje horizontální strukturu. Pro strukturální diferenciaci porostu byl vypočten Földnerův index tloušťkové diferenciaci a výškové diferenciaci (Földner 1995) a index korunové diferenciaci (Jaehne, Dohrenbusch 1997). Celková diverzita porostu byla vytvořena komplexním indexem porostní diverzity podle Jaehne a Dohrnbusche, který zahrnuje druhovou diverzitu, prostorové rozmístění, horizontální strukturu a korunovou diferenciaci (Jaehne, Dohrenbusch 1997).

Tabulka 3: Porostní metriky (indexy porostní struktury).

Ukazatel	Popis	Výpočet
Druhová bohatost	Počet druhů určený na základě počtu dřevin v porostu a počtu stromů na hektar.	$D = \frac{m-1}{\ln(m)}$
Druhová heterogenita	Index kombinující druhovou bohatost a vyrovnanost. Vypočtena na základě kruhové plochy jednotlivých dřevin.	$H' = \frac{-\sum_{i=1}^m [w_i \cdot \ln(w_i)]}{\ln(10)}$
Druhová vyrovnanost	Míra rovnoměrnosti zastoupení jednotlivých dřevin v porostu.	$E = \frac{H' \cdot \ln(10)}{\ln(m)}$
Vertikální diverzita	Kombinuje vertikální strukturu a druhovou diverzitu. Rozpětí 0-1; vyrovnaná vertikální struktura $A < 0,3$, výběrný les $A > 0,9$.	$Ap = \frac{-\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^3 [p_{ij} \cdot \ln(p_{ij})]}{\ln(3 \cdot m)}$
Horizontální struktura	Agregační index vypočtený na základě vzdálenosti všech stromů ke svým nejbližším sousedům, počtu stromů na ploše a velikosti plochy. Střední hodnota $R = 1$, shlukovitost $R < 1$, pravidelnost $R > 1$.	$R = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_i}{0,5 \sqrt{\frac{P}{N} + 0,0514 \frac{u}{N} + 0,041 \left(\frac{u}{N}\right)^2}}$
Tloušťková diferenciace	Závisí na poměru mezi větší a menší tloušťkou všech nejbližších sousedních stromů na ploše. Rozpětí 0-1; nízká $TM < 0,3$, velmi vysoká diferenciace $TM > 0,7$.	$TM_d = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (1 - rd_{ij})$
Výšková diferenciace	Závisí na poměru mezi větší a menší výškou všech nejbližších sousedních stromů na ploše. Rozpětí 0-1; nízká $TM < 0,3$, velmi vysoká diferenciace $TM > 0,7$.	$TM_h = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (1 - rh_{ij})$
Korunová diferenciace	Index založený na parametrech nasazení koruny a šířky koruny vyjadřující diverzitu korunového prostoru porostu.	$K = [1 - \log(HCB_{min})] + \left(1 - \frac{CD_{min}}{CD_{max}}\right)$
Komplexní diverzita	Celková diverzita vyjadřuje agregaci parciálních složek diverzity: diverzity druhového složení (alfa), diverzity vertikální struktury (beta), diverzity prostorového rozmístění stromů (chi) a diverzity korunové diferenciace (delta). Monotónní struktura $B < 4$, velmi různorodá struktura lesa $B > 9$.	$B = \left\{4[\log(m) \cdot (1,5 - Z_{max} - Z_{min})] + 3\left(1 - \frac{h_{min}}{h_{max}}\right) + \left(1 - \frac{r_{min}}{r_{max}}\right) + [1 - \log(HCB_{min})] + \left(1 - \frac{CD_{min}}{CD_{max}}\right)\right\}$

Vysvětlivky: m – počet druhů dřevin, N – počet stromů na hektar, w_i – kruhová základna jednotlivých druhů dřevin, H' – Entropie H' podle Shannona (Shannon 1948), p_{ij} – kruhová základna i -té dřeviny v j -té porostní vrstvě, r_i – vzdálenost mezi dvěma nejbližšími stromy (m), P – velikost plochy (m^2), u – odvod plochy (m^3), rd – poměr mezi větší a menší tloušťkou všech nejbližších sousedních stromů na ploše, rh – poměr mezi větší a menší výškou všech nejbližších sousedních stromů na ploše, HCB_{min} – minimální výška nasazení koruny (m), CD_{min} – minimální šířka koruny (m), CD_{max} – maximální šířka koruny (m), Z_{max} – maximální zastoupení dřeviny, Z_{min} – minimální zastoupení dřeviny, h_{min} – minimální výška stromu v porostu (m), h_{max} – maximální výška stromu v porostu (m), r_{min} – minimální rozestup stromů (m), r_{max} – maximální rozestup

5.2 Krajinné metriky

K testování vlivu krajinné struktury na výskyt klíšťat byly použity vybrané krajinné parametry, indikující kompozici a konfiguraci krajiny na vzorkovaných lokalitách a v jejich bezprostředním okolí. Tyto parametry kvantifikují rozlohu jednotlivých typů krajinného pokryvu, stupeň fragmentace stanovišť, hustotu ekotonů,

složitost tvarů krajinných ploch (plošný element povrchu mající relativně homogenní charakter, který ji odlišuje od jejího sousedství). Vypočtené krajinné indexy a jejich popis a způsob výpočtu je uveden v tab. 4. Krajinné indexy byly vypočítány v programu Fragstats 4.2.1 (McGarigal et al. 2012)

Tabulka 4: Krajinné metriky (indexy krajinné struktury).

Ukazatel	Popis	Výpočet
Průměrná rozloha krajinného prvku	Součet všech ploch v krajině, odpovídajících hodnot metrik daných ploch, dělený celkovým počtem ploch.	$AREA_MN = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij}}{N}$
Hustota ekotonů	Součet délek (m) všech okrajových segmentů zahrnujících odpovídající typ plochy, dělený celkovou plochou území, vynásobeno 10 000 (převod na hektary). Hustotu okrajů lze srovnávat v různých prostorových měřítkách.	$ED = \frac{\sum_{k=1}^m \epsilon_{ik}}{A} (10\ 000)$
Index shlukovitosti	Index shlukovitosti měří jak intersperzi typů ploch (tj. míchání jednotek různých druhů ploch), tak disperzi ploch (tj. prostorové rozdělení druhů ploch) na úrovni krajiny.	$CONTAG = \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[\frac{p_{ij} \epsilon_{ik}}{\sum_{k=1}^m \epsilon_{ik}} \right] \ln \left(\frac{p_{ij} \sum_{k=1}^m \epsilon_{ik}}{\epsilon_{ik}} \right)}{2 \ln(m)} \right]$
Hustota ploch	Počet ploch v krajině vydělený celkovou rozlohou území (m), vynásobený 10 000 a 100 (převod na 100 hektarů).	$PD = \frac{n_i}{A} (10\ 000)(100)$
Složitost tvarů krajinných ploch	Jednoduchá míra komplexity tvaru, ale bez standardizace na jednoduchý euklidovský tvar (např. čtverec). Liší se podle velikosti ploch.	$PARA_MN = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{P_{ij}}{a_{ij}}}{N}$
Shannonův index diversity	Součet, napříč všemi druhy ploch, relativního množství každého druhu ploch vynásobený jejich poměrem. Kombinuje bohatost a vyrovnanost.	$SHDI = \sum_{i=1}^m P_i \ln(P_i)$
Index největší plochy	Index se rovná rozloze (m ²) největší plochy v krajině dělené celkovou plochou krajiny (m ²), vynásobené 100 (pro převod na procento).	$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A} (100)$
Index tvaru ploch	Index se rovná 0,25x (úprava pro formát rastru) součet celé hranice krajiny a všech okrajových segmentů (m) dělený druhou odmocninou celkové plochy krajiny (m ²). Vyšší hodnota značí vyšší komplexitu tvarů ploch.	$LSI = \frac{.25 E^*}{\sqrt{A}}$
Index soudržnosti ploch	Měří fyzickou propojenost jednotlivých typů ploch. Soudržnost ploch se zvyšuje s tím, jak se určitý typ krajinného pokryvu ve své distribuci více shlukuje nebo agreguje.	$COHESION = \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^n P_k^*}{\sum_{j=1}^n P_j \sqrt{A_j^*}} \right] \cdot \left[1 - \frac{1}{\sqrt{Z}} \right]^{-1} (100)$
Efektivní velikost oka	Lze ji interpretovat jako oblast, která je přístupná organismům při zahájení pohybu v náhodně zvoleném bodě v krajině, aniž by narazila na fyzickou bariéru; je tedy měřítkem konektivity krajiny.	$MESH = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}^2}{A} \left(\frac{1}{10,000} \right)$
Agregační index	Rovná se počtu spojení (sousedství) ploch stejného typu, vydělený maximálním možným počtem spojení ploch stejného typu, čehož je dosaženo, když je daný typ krajinného pokryvu maximálně seskupen do jediné kompaktní plochy, vynásobeného podílem krajiny obsazeného daným typem plochy.	$AI = \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{g_{ii}}{\max-g_{ii}} \right) P_i \right] (100)$

Vysvětlivky: a_{ij} – velikost plochy; N – celkový počet ploch; e_{ik} – délka okraje; A – celková rozloha území; E – celková délka okrajů, P_i – podíl krajiny obsazený typem plochy i; m – počet variant ploch; g_{ik} – počet mezi pixely ploch typu i a k; p_{ij} – obvod plochy; g_{ii} – počet spojení ploch stejného typu.

5.3 Statistické analýzy

Rozdíly v abundanci klíšťat mezi jednotlivými variantami z hlediska biotopu (lesní porost, okraj porostu, holina) a formou smíšení (jehličnaté, listnaté, smíšené) byly testovány v programu STATISTICA 12 (TIBCO) pomocí analýzy rozptylu (ANOVA) a Tukeyho HSD testu. Vytvořené byly také korelace kdy hranice signifikance byla stanovena $p < 0,05000$ $N=12$. V případě nesplnění normálního rozdělení data byly testována pomocí neparametrického Kruskal-Wallisova testu. Analýza hlavních komponentů (PCA) byla provedena v programu CANOCO 5 (Ter Braak, Šmilauer, 2012), pro zhodnocení vztahu mezi abundancí klíšťat (průměr za rok 2021-2023), porostními a krajinnými parametry, formou smíšení a biotopem. Data byla před analýzou zlogaritmována a standardizována. Výsledky vícerozměrné PCA analýzy byly vizualizovány ve formě ordinačního diagramu.

6 Výsledky

6.1 Struktura lesních porostů

Základní porostní charakteristiky lesních porostů byly zjištěny pro 12 zkusných ploch (zbylé 2 lokality zaujímaly holiny) (Tab. 5). Průměrná výčetní tloušťka a výška porostů dosahovala 27,6 cm a 20,2 m. Průměrný objem středního kmene byl 0,73 m³ s porostní zásobou 404 m³.ha⁻¹ Nejnižší porostní zásoba byla zjištěna na ploše číslo 68 – Stochov (228 m³.ha⁻¹) a nejvyšší na ploše 21 – Radeč – Sedlčany (549 m³.ha⁻¹). Průměrný počet stromů dosahoval 604 ks.ha⁻¹ s kruhovou základnou 40,7 m².ha⁻¹. Počet stromů se pohyboval od 240 (64 – Dolní Bousov) do 1 000 ks.ha⁻¹ (13 – Tři Dvory). Z hlediska ukazatelů hustoty porostu se zakmenění pohybovalo v rozmezí od 0,48 do 1,03 a zápoj v rozpětí 74,5-99,0 %.

Tabulka 5: Základní porostní charakteristiky lesních porostů na 12 zkusných plochách (nejvyšší hodnoty jsou zvýrazněny)

ID plochy	biotop	Výčetní tloušťka (m)	Výška (m)	Objem kmene (m ³)	Počet stromů (ks/ha)	Kruhová základna (m ² /ha)	Zásoba porostu (m ³ /ha)	Štíhlostní kvocie	Zakmenění (SDI)	Stupeň zápoje
1	LP	28,7	22,92	0,87	550	35,3	478	0,799	0,66	77,4
3	LP	33,3	15,80	0,61	536	46,7	328	0,470	0,88	91,7
4	LP	21,5	13,80	0,28	930	33,5	258	0,630	0,69	99,0
6	LP	36,1	23,35	1,16	425	43,3	495	0,647	0,78	86,9
7	OL	30,0	18,48	0,68	650	45,8	444	0,616	0,87	87,5
8	LP	28,5	21,31	0,58	650	41,4	375	0,748	0,84	88,6
13	LP	25,4	21,50	0,52	1000	50,4	516	0,846	1,03	88,4
14	OL	29,3	21,03	0,75	725	48,6	541	0,718	0,92	86,1
21	OL	28,1	22,86	0,67	825	51,0	549	0,814	1,00	89,4
64	OL	38,1	19,13	1,03	240	27,2	247	0,500	0,48	74,5
68	LP	32,4	21,59	0,65	352	28,9	228	0,670	0,48	67,1
71	OL	35,7	20,96	1,06	368	36,7	390	0,590	0,64	75,3

Základní ukazatelé druhové, strukturální a celkové diverzity lesních porostů byly také vypočteny pro 12 zkusných ploch (Tab. 6). Počet druhů dřevin se pohyboval

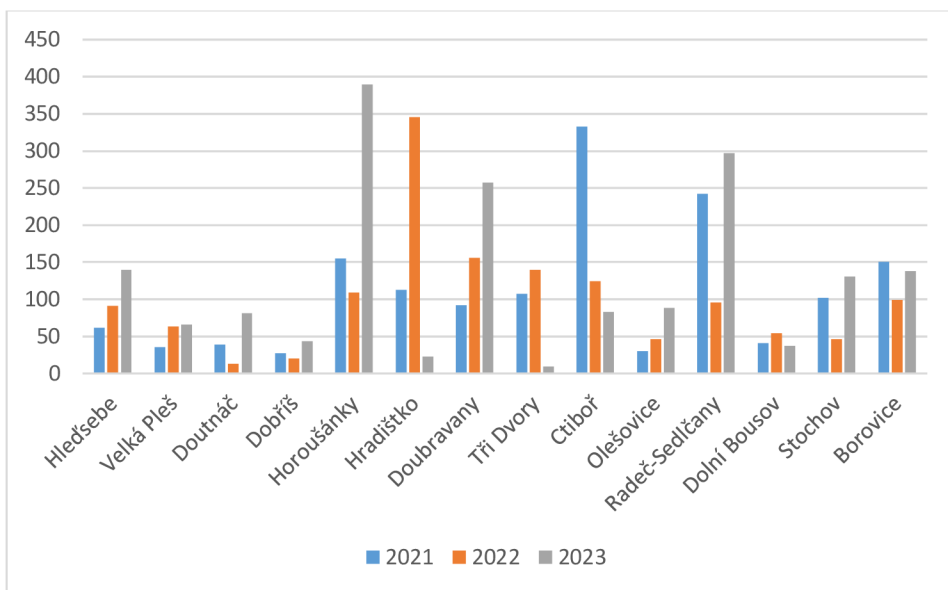
v rozmezí od 2 do 10 dřevin, s tím souvisí i druhová bohatost, druhová heterogenita a druhová vyrovnanost. Nejvyšší druhová bohatost byla dosažena na ploše 4 – Doutnáč (D index = 1,13). Indexy vertikální struktury ukazují porosty s nízkou vertikální strukturou až po porosty s vysokou vertikální strukturou. Tloušťková, výšková a korunová diference poukazuje na nízkou až střední diverzitu porostu. Nejvyšší výšková a tloušťková diference byla zjištěna na zkusné ploše 1 – Hled'sebe. Největší celková diverzita byla zjištěna na ploše 4 – Doutnáč (B index = 10,46) a nejnižší hodnoty byly zjištěny na ploše 68 – Stochov (B index = 2,49).

Tabulka 6: Diverzita lesních porostů na vybraných 14 zkusných plochách (Nejvyšší hodnoty jsou zvýrazněny).

ID plochy	Druhová bohatost	Druhová vyrovnanost	Druhová vyrovnanost ²	Agregační index	Arten-profil index	Tloušťková diference	Výšková diference	Korunová diference	Celková diverzita
1	0,32	0,09	0,18	0,41	1,13	0,47	0,43	1,26	5,48
3	0,15	0,11	0,19	1,02	0,37	0,22	0,15	1,68	6,08
4	1,13	0,73	0,73	0,88	0,69	0,42	0,36	2,33	10,46
6	0,33	0,32	0,68	0,50	0,92	0,34	0,24	1,63	6,81
7	0,31	0,12	0,25	0,36	0,90	0,33	0,30	1,51	5,60
8	0,01	0,01	0,01	0,53	0,94	0,24	0,16	0,86	2,97
13	0,01	0,01	0,01	0,58	1,01	0,24	0,17	0,62	3,10
14	0,30	0,07	0,15	0,18	0,92	0,31	0,24	1,75	5,87
21	0,15	0,03	0,10	0,44	1,21	0,24	0,18	1,27	5,15
64	0,37	0,33	0,69	0,77	0,62	0,29	0,21	1,01	5,47
68	0,17	0,30	1,00	0,80	0,59	0,15	0,09	0,34	2,49
71	0,34	0,11	0,23	0,83	0,36	0,33	0,20	1,59	5,78

6.2 Abundance klíšťat

V roce 2021 bylo na 14 zkusných plochách ve Středočeském kraji nalezeno celkem 1527 klíšťat z toho byly všechny kusy identifikovány jako klíšťe obecné a vyskytovalo se na všech zkusných plochách. V roce 2022 bylo na 14 zkusných plochách ve Středočeském kraji nalezeno 1402 jedinců klíšťe obecného, tedy o 125 kusů klíšťe obecného méně než v roce 2021. V roce 2023 bylo na 14 zkusných plochách ve Středočeském kraji nalezeno 1782 kusů klíšťe obecného, což je o 380 kusů více než v roce 2022 a o 255 kusů více než v roce 2021. V roce 2021 se na 14 zkusných plochách nacházelo průměrně 109 jedinců klíšťe obecného, kdy nejnižší výskyt byl zaznamenán na ploše 5 – Dobříš v okrese Příbram, jednalo se o holinu s výskytem 27 kusů. Nejvyšší výskyt klíšťe obecného v roce 2021 byl zaznamenán na ploše 14 – Ctiboř v okrese Benešov, jednalo se o okraj lesa s jehličnatým druhovým smíšením, kdy zastoupení tvořila ze 100% Borovice lesní s výskytem 333 kusů z toho 303 kusů tvořilo vývojové stádium nymfy. V roce 2022 se na 14 zkusných plochách nacházelo průměrně 100 kusů klíšťe obecného, kdy nejnižší výskyt byl zaznamenán na ploše 4 – Doutnác v okrese Beroun, jednalo se o lesní porost se smíšeným druhovým smíšením se zastoupením 40 % LP, 30% DB, 10% HB, 10% BK, 5% JS 5% a s výskytem 13 kusů klíšťe obecného z toho 100 % tvořilo vývojové stádium nymfy. Nejvyšší výskyt v roce 2022 byl zaznamenán na ploše 7 – Hradištko v okrese Nymburk, jednalo se o okraj lesa s jehličnatým druhovým smíšením a druhovou skladbu tvořila ze 100 % Borovice lesní s výskytem 345 kusů klíšťe obecného z toho 303 kusů tvořilo vývojové stádium nymfy. V roce 2023 se na 14 zkusných plochách ve Středočeském kraji nacházelo průměrně 127 jedinců klíšťe obecného. Nejnižší výskyt byl zaznamenán na ploše 13 – Tři Dvory v okrese Kolín, jednalo se o lesní porost s jehličnatým druhovým smíšením se 100% zastoupením borovice lesní s výskytem 9 kusů klíšťe obecného. Nejvyšší počet byl v roce 2023 zaznamenán na ploše 6 – Horoušánky v okrese Nymburk, jednalo se o lesní porost se smíšeným druhovým smíšením se zastoupením 75 % DB, 15 % BO, 5 % BR, 5 % HB a s výskytem 389 kusů klíšťe obecného. Celkově došlo za rok 2022 k nárůstu počtu kusů na 7 plochách a poklesu počtu na 7 plochách oproti roku 2021, oproti tomu za rok 2023 došlo k nárůstu počtu kusů na 9 zkusných plochách a k poklesu na 5 plochách oproti roku 2021 a k nárůstu počtu kusů na 10 zkusných plochách a k poklesu na 4 zkusných plochách oproti roku 2022.



Obrázek 9: Abundance klíštěte obecného na 14 zkusných plochách v roce 2021, 2022 a 2023

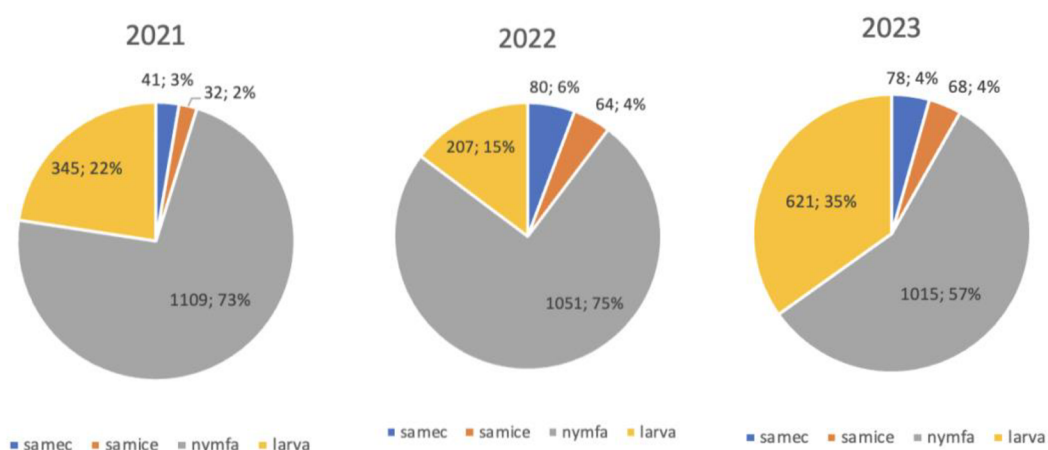


Obrázek 10: Plocha 13 – Tři Dvory s nejnižší početností klíštěte obecného v roce 2023 s výskytem 9 ks klíštěte obecného (foto: Anna Kuličová, jaro 2023).



Obrázek 11: Plocha 6 – Horoušánky s nejvyšší početností klíštěte obecného v roce 2023 s výskytem 389 ks klíštěte obecného (foto: Anna Kuličová, jaro 2023)

Na Obr. 12 je ilustrováno zastoupení jednotlivých vývojových stádií a pohlaví klíštěte obecného na 14 zkusných plochách ve Středočeském kraji v roce 2021, 2022 a 2023. V roce 2021 bylo z celkového počtu 1 527 jedinců klíštěte obecného zastoupeno 22 % larev (345 ks), 73 % nymf (1 109 ks) a 5 % dospělých jedinců (73 ks). U dospělých jedinců tvořila 3 % samci (41 ks) a 2 % samice (32 ks). V roce 2022 bylo z celkového počtu 1 402 jedinců klíštěte obecného zastoupeno 15% larev (207 ks), 75 % nymf (1 051 ks) a 10 % dospělých jedinců (144 ks). U dospělých jedinců tvořilo 6% samci (80 ks) a 4 % samice (64 ks). V roce 2023 bylo z celkového počtu 1782 jedinců klíštěte obecného zastoupeno 35% larev (621 ks), 57 % nymf (1 015 ks) a 8 % dospělých jedinců. U dospělých jedinců bylo zastoupení obou pohlaví vyrovnané – 4 % samci (78 ks) a 4 % samice (68 ks). Při porovnávání zkoumaných let došlo v roce 2022 k poklesu podílu larev o 7 % ve prospěch nymf k roku 2021, oproti tomu došlo v roce 2023 k výraznému nárůstu podílu larev o 20 % k roku 2022 a o 13 % k roku 2021.

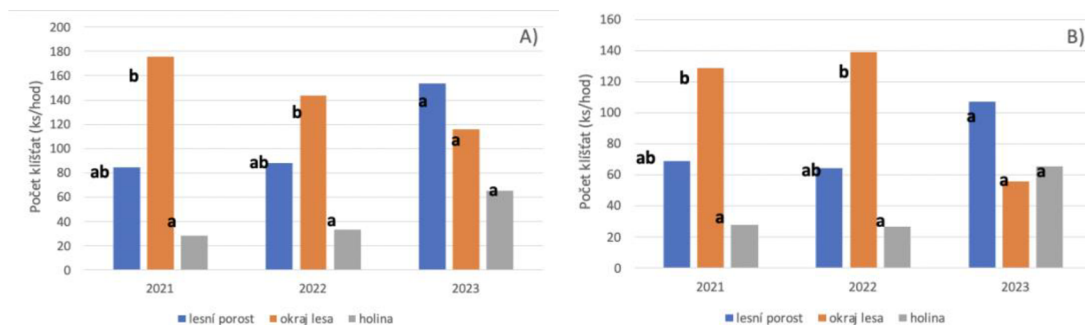


Obrázek 12: Zastoupení klíštěte obecného dle vývojového stádia a pohlaví na 14 zkusných plochách v roce 2021, 2022 a 2023.

6.3 Vliv porostních parametrů na abundanci klíšťat

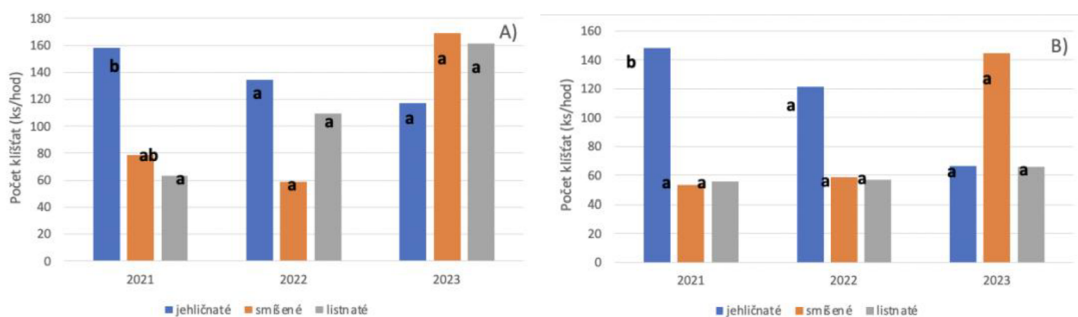
Byly testovány rozdíly mezi biotopy (lesní porost, okraj lesa a holina; obr. 13 A) druhovým složením zkoumaných porostů (jehličnatý, listnatý a smíšený; obr. 13) za roky 2021, 2022 a 2023. Z Obr. 13 A) vyplývá, že se početnost klíšťat (všech vývojových stádií) signifikantně lišila mezi variantami biotopu. Signifikantně nejnižší abundance byla pozorována na holině s průměrným počtem 28,5 ks.ha⁻¹ klíšťat za rok 2021, 33 ks.ha⁻¹ v roce 2022 a 65,5 ks.ha⁻¹ v roce 2023. Nejvyšší počet klíšťat byl monitorován na okraji lesa kdy v roce 2021 byl průměrný počet klíšťat 175,8 ks.ha⁻¹, v roce 2022 bylo zaznamenáno 143,5 ks.ha⁻¹ a v roce 2023 byl průměrný počet klíšťat 115,6 ks.ha⁻¹.

V lesním porostu byl v roce 2021 zaznamenán průměrný počet klíšťat $84,4 \text{ ks.ha}^{-1}$, v roce 2022 se nacházelo $88,2 \text{ ks.ha}^{-1}$ a v roce 2023 bylo zaznamenáno $153,3 \text{ ks.ha}^{-1}$. Z Obr. 13 B) vyplývá, že početnost klíšťat bez larev se také významně lišila mezi variantami biotopu. Signifikantně nejnižší abundance byla zaznamenána na holině s průměrným počtem 28 ks.ha^{-1} za rok 2021, $26,5 \text{ ks.ha}^{-1}$ za rok 2022 a $65,5 \text{ ks.ha}^{-1}$ za rok 2023. Z těchto výsledků vyplývá, že výskyt larev byl na holině minimální. Naopak nejvyšší počet klíšťat byl opět zaznamenán na okraji lesa a to $128,8 \text{ ks.ha}^{-1}$ v roce 2021, $138,8 \text{ ks.ha}^{-1}$ za rok 2022 a $55,8 \text{ ks.ha}^{-1}$ za rok 2023. V lesním porostu se nacházelo $68,8 \text{ ks.ha}^{-1}$ v roce 2021, 64 ks.ha^{-1} v roce 2022 a $107,3 \text{ ks.ha}^{-1}$ v roce 2023.



Obrázek 13: Výskyt klíštěte obecného v závislosti na biotopu lesních ekosystémů na 14 monitorovaných plochách ve Středočeském kraji v roce 2021, 2022 a 2023 pro všechna vývojová stádia A) a pro dospělé a nymfy B)

U druhového složení nebyl potvrzen významný vliv na abundanci klíštěte obecného. Nejnižší výskyt byl zjištěn v prostředí smíšeného lesa v roce 2022 a to průměrně $58,6 \text{ ks.ha}^{-1}$ (Obr. 14 A). Nejvyšší počet byl také zaznamenán v prostředí smíšeného lesa a to v roce 2023, kdy průměrný počet klíštěte obecného činil 169 ks.ha^{-1} (Obr. 14 A).



Obrázek 14: Výskyt klíšťat v závislosti na druhovém smíšení lesních ekosystémů na 14 monitorovaných plochách ve Středočeském kraji v roce 2021, 2022 a 2023 pro všechna vývojová stádia A) a pro dospělé a nymfy B)

Z korelační matice (Tab. 7) porostních ukazatelů vyplývá, že vertikální struktura (Arten-profil index), kruhová základna a objem kmene jsou pozitivně korelovány s početností klíšťat. Zásoba porostu a výška mají na početnost klíšťat signifikantně pozitivní vliv. To znamená, že s narůstáním těchto hodnot se bude zvyšovat i početnost klíšťat. Na druhou stranu agregační index (horizontální struktura) má signifikantně negativní vliv jak ve všech vývojových stádiích, tak pouze u dospělců a nymf. Druhá různorodost a druhová bohatost mají negativní korelaci s početností klíšťat.

Tabulka 7: Korelační matice vybraných proměnných parametrů lesních porostů a početnosti klíšťat obecného; signifikantní hodnoty ($p < 0,05$) jsou označeny.

	Všechna vývojová stadia	Dospělci a nymfy		Všechna vývojová stadia	Dospělci a nymfy
Výčetní tloušťka	0,08	0,08	Druhá bohatost	-0,34	-0,22
Výška	0,64	0,49	Druhá různorodost	-0,43	-0,27
Objem kmene	0,32	0,31	Druhá vyrovnanost	-0,31	-0,14
Počet stromů	0,08	0,11	Agregační index	-0,71	-0,78
Kruhová základna	0,55	0,57	Arten-profil index	0,54	0,51
Zásoba porostu	0,71	0,72	Tloušťková diferenciacie	-0,06	0,02
Zakmenení (SDI)	0,47	0,46	Výšková diferenciacie	-0,09	0,04
Stupeň zápoje	0,12	0,14	Celková diverzita	-0,17	-0,03

6.4 Vliv krajinných parametrů na abundanci klíšťat

Z korelační matice (Tab. 8) níže je patrné, že existují rozdíly v korelacích mezi různými krajinnými indexy a počtem klíšťat ve všech vývojových stádiích, jakož i mezi dospělci a nymfami. Většina těchto krajinných parametrů vykazuje negativní korelaci s počtem klíšťat. U obou kategorií (dospělci a nymfy a všechna vývojová stadia), je index CONTAG (index shlukovitosti), který měří intersperzi typů ploch a disperzi ploch, negativně korelován s početností klíšťat. To znamená, že vyšší hodnoty indexu shlukování mohou vést k menší početnosti klíšťat. Index LPI (index největší plochy) ukazuje silnou negativní korelaci s počtem klíšťat ve všech vývojových stádiích, což může naznačovat, že větší variabilita velikosti plochy může souviset s nižším počtem

klíšťat. Lze tedy říci, že parametry prostředí mohou mít signifikantní negativní vliv na početnost klíšťat a tyto informace mohou sloužit jako důležité vodítko pro řízení ekosystémů a managementu krajiny, tak aby se snížila pravděpodobnost výskytu klíšťat. Tabulka 8: Korelační matice vybraných proměnných krajinných parametrů prostředí a početnosti klíštěte obecného; signifikantní ($p < 0,05$) hodnoty jsou označeny.

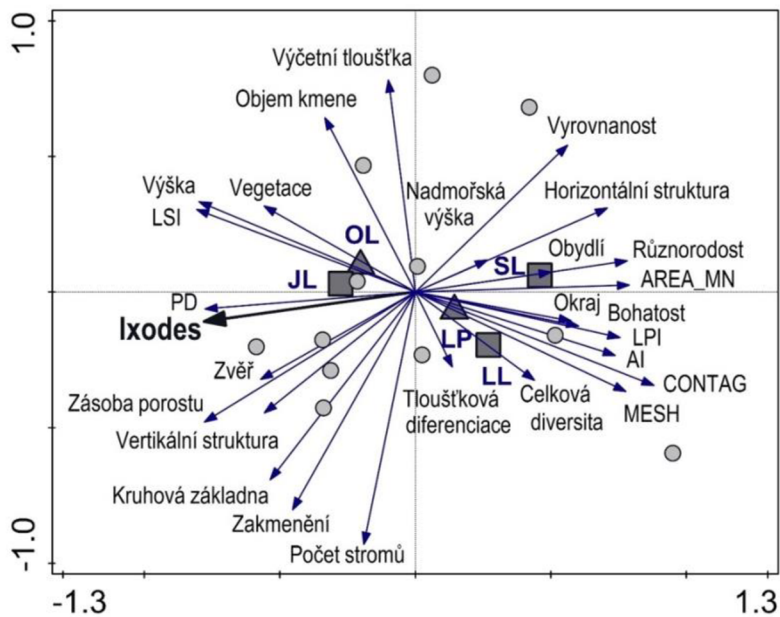
	Všechna vývojová stadia	Dospělci a nymfy
PD	0,02	0,08
LPI	-0,39	-0,25
ED	0,05	0,05
LSI	0,05	0,06
AREA_MN	-0,16	-0,12
PARA_MN	-0,17	-0,26
CONTAG	-0,40	-0,31
COHESION	-0,30	-0,40
MESH	-0,39	-0,31
AI	0,00	-0,02

Vysvětlivky: PD – hustota ploch, LPI – index největší plochy, ED – hustota ekotonu, LSI – index tvaru ploch, AREA_MN – průměrná plocha krajinného prvku, CONTAG – index shlukovitosti, MESH – efektivní velikost okna, AI – agregační index.

6.5 Interakce mezi abundancí klíšťat a porostními a krajinnými parametry

Výsledky PCA vyjadřující vztah mezi abundancí klíšťat (průměr za rok 2021-2023), porostními a krajinnými parametry, formou smíšené a biotopem na výzkumných plochách jsou prezentovány formou ordinačního diagramu na Obr. 15. První ordinační osa prezentuje 39,9 %, první dvě osy 57,9 % a čtyři osy dohromady vysvětlují 79,4 % variability dat. Osa y představuje výčetní tloušťku a počet stromů v porostu. Osa x prezentuje abundanci klíšťat a krajinné parametry hustoty ploch (PD) a průměrnou rozlohu krajinného prvku (AREA_MN). Nejmenší vysvětlující proměnou je v diagramu tloušťková diference porostu. Z diagramu vyplývá, že abundance klíšťat je pozitivně korelována s PD a LSI krajinnými indexy, výskytem pobytových znaků zvěře, zásobou a průměrnou výškou porostu. Naopak početnost klíšťat klesá s pravidelností stromů ve stromovém patře, většiny krajinnými indexy, se zvyšující se vzdáleností od obydlí a

druhovou různorodostí. Obecně nejvyšší abundance klíšťat byla zjištěna na okraji lesních porostů se zastoupením jehličnatých dřevin.



Obrázek 15: Ordinační diagram zobrazující výsledky PCA závislosti mezi porostními charakteristikami (Výška, Tloušťka, Počet stromů, Zásoba, Objem kmene, Kruhová základna, Zakmenění), porostními indexy (Druhová různorodost, Druhová vyrovnanost, Druhová bohatost, Vertikální struktura, Horizontální struktura, Tloušťková diferenciacie, Celková porostní diverzita), krajinnými parametry (PD, AREA_MN, LSI, MESH, CONTAG, LPI, AI – viz. Tab. v metodice), nadmořskou výškou, pokryvností vegetace a abundancí klíšťat (*Ixodes*) v roce 2021-2023; symboly označují ● výzkumné plochy, ▲ biotop (OL – okraj lesa, LP – lesní porost) a ■ formu smíšený (LL – listnatý les, JL – jehličnatý les, SL – smíšený les).

7 Diskuze

Na 14 monitorovaných plochách, nacházejících se v rozsháhlém stanovištním a porostním gradientu ve Středočeském kraji, bylo v roce 2021 nasbíráno 1527 klíšťat, v roce 2022 nasbíráno 1402 kusů klíšťat a za rok 2023 bylo celkem nasbíráno 1 782 klíšťat, tedy o 380 kusů klíšťat více než v předchozím roce a o 255 kusů klíšťat více než v roce 2021. Zvyšující se průměrná roční teplota vytváří prodloužené období umožňující vývoj klíšťat a urchychluje jeho vývojové fáze (Kott et al. 2015). Klimatický charakter v jednotlivých letech sběru dat je důležitým faktorem, jelikož klíšťata jsou velmi citlivá na extrémy (Kott et al. 2015).

Z celkového počtu monitorovaných klíšťat tvořilo 100 % nasbíraného materiálu klíště obecné (*Ixodes ricinus*) a na žádné z lokalit ve Středočeském kraji nebyl nalezen piják lužní (*Dermacentor reticularis*). Ten se v České republice vyskytuje především na jihovýchodě Moravy, ale s postupnou změnou klimatu dochází k rozšíření areálu jeho výskytu (Modrý et al. 2019). Je tedy možné, že v budoucnosti může dojít k jeho rozšíření až do Středočeského kraje, ale v našich výsledcích toto zatím nebylo prokázáno. Nalezen nebyl ani klíšť lužní (*Haemaphysalis concina*). Tento druh klíšťete se v České republice vyskytuje vzácně, a to především na jižní Moravě, nejčastěji v teplých a vlhkých biotopech (Rosický 1979).

Klíště obecné se nacházelo na všech zkusných plochách, a to jak ve smíšených porostech, tak i v jehličnatých a listnatých. Podle Lindstroma a Jaensona (2003) klíšťata vyhledávají především smíšené, druhově pestré porosty s variabilním hostitelským spektrem a ochranou před nepříznivými vlivy prostředí. Toto bylo potvrzeno při sběru dat v roce 2023, kdy na plochách ve smíšených porostech bylo nalezeno nejvíce klíšťat, průměrný počet nasbíraných klíšťat byl 169 ks.ha^{-1} , v listnatých porostech byl průměrný počet nasbíraných klíšťat 161 ks.ha^{-1} a v jehličnatých porostech 117 ks.ha^{-1} . Ovšem v předchozích letech bylo na monitorovaných plochách nejvíce klíšťat nalezeno v jehličnatých porostech. V roce 2021 o 80 ks.ha^{-1} více než ve smíšeném porostu a v roce 2022 bylo v jehličnatém porostu průměrně klíšťat o 76 ks.ha^{-1} více než ve smíšeném porostu.

Za toto 3 leté období monitorování zkusných ploch došlo k poklesu klíšťat v jehličnatých porostech a to pro všechna vývojová stádia tak i pro dospělé a nymfy, kdy v roce 2021 byl počet klíšťat 158 (ks/hod), v roce 2022 134 (ks/hod) a v roce 2023 byl

počet klíšťat 117 (ks/hod) a to pro všechna vývojová stádia. Opačně tomu bylo pro listnaté porosty, kdy pro všechna vývojová stádia došlo ke zvýšení počtu jedinců za toto tříleté sledované období, kdy v roce 2021 bylo zaznamenáno klíšťat 63 (ks/hod), v roce 2022 58 (ks/hod) a v roce 2023 161 (ks/hod), tyto zvyšující se počty v listnatých porostech byly zaznamenány pouze pro všechna vývojová stádia, pro dospělce a nymfy bylo v listnatých porostech zaznamenáno v roce 2021 klíšťat 55 (ks/hod), v roce 2022 57 (ks/hod) a v roce 2023 66 (ks/hod). V roce 2023 v listnatých porostech tvořilo z celkového počtu 41 % jedinců larev. V roce 2023 došlo k výrazné abundanci ve smíšených porostech oproti předchozím dvěma letem, kdy pro všechna vývojová stádia bylo zaznamenáno 161 (ks/hod), což je nejvíce na plochách rozdělených dle druhového smíšení. V předchozích letech ve smíšených porostech byl tento počet 78 (ks/hod) a 58 (ks/hod).

Na lokalitách rozdělených dle biotopu se klíšťata nacházela také v každém z nich, tedy v lesních porostech, okrajích lesa a na holinách. Nejnižší počty klíšťat prokazovaly holiny, kdy se v roce 2021 na monitorovaných plochách holin nacházelo průměrně 28 (ks/hod) klíšťat pro všechna vývojová stádia, v roce 2022 33 (ks/hod) a v roce 2023 65 (ks/hod). Otevřené typy vegetace mají vyšší klimatické extrémy, pro přežití a vývoj klíšťat je tedy výhodnější výskyt v lesní vegetaci, která poskytuje ochranu před klimatickými extrémy a má menší teplotní a vlhkostní změny během dne (Lindström, Jaenson 2003). V lesních porostech se v jednotlivých letech počty klíšťat stejně jako u holin zvyšovali. V roce 2021 bylo zaznamenáno 84 (ks/hod) klíšťat, v roce 2022 88 (ks/hod) klíšťat a v roce 2023 se tento počet klíšťat zvýšil až na 153 (ks/hod). Na okraji lesa počty klíšťat dosahovali v roce 2021 a 2022 nejvyšší početnost. Na okraji lesa byl v roce 2021 zaznamenán počet jedinců nasbíraný za hodinu 175 (ks/hod), v roce 2022 tento počet klesl na 143 (ks/hod) a v roce 2023 tento počet klesl na 115 (ks/hod). V okrajích lesních porostů se obecně nachází vysoký počet klíšťat, především z důvodů vysokého počtu vhodných hostitelů (Ostfeld, Keesing 2000).

Zásoba lesních porostů má signifikantně pozitivní vliv na početnost klíšťat jak pro všechna vývojová stádia tak pouze pro dospělce a nymfy. Výška lesních porostů má signifikantně pozitivní vliv pro všechna vývojová stádia. Vertikální struktura a kruhová základna byly též pozitivně korelovány s početností klíšťat. Oproti tomu horizontální struktura porostů má signifikantně negativní vliv na početnost klíšťat. Negativní korelace s početností klíšťat se prokázala i u druhové bohatosti, druhové různorodosti a druhové

vyrovnanosti. Poměrně nízkou negativní korelaci s početností klíšťat má celková diverzita porostu.

Většina krajinných parametrů prokazovala negativní vazbu s početností klíšťat. Práce Václavík et al. (2021) potvrzuje signifikantní vliv krajinných parametrů na abundanci klíšťat a jimi přenášených nemocí v ČR. Silná negativní korelace byla potvrzena například u indexu shlukovitosti, konektivity krajiny, indexu největší plochy a indexu soudržnosti plochy. Negativní vazba byla dále u průměrné rozlohy krajinného prvku, složitosti tvaru krajinných ploch a agregačního indexu. Žádné signifikantní hodnoty nebyly nalezeny u indexu tvaru plochy a hustoty ekotonů. Většina krajinných parametrů negativně korelovala s počtem klíšťat, tedy se zvyšujícími se krajinnými indexy klesá početnost klíšťat. Z ordinačního diagramu PCA analýzy vyplývá, že početnost klíšťat klesá s pravidelností stromů ve stromovém patře. V porovnání s homogeně zalesněnou krajinou je v mozaikovitě krajině potvrzen výrazně vyšší výskyt klíšťat, což je způsobeno přítomností většího počtu hostitelských druhů a diverzitou stanovištních podmínek (Ostfeld, Keesing 2000). Výsledky PCA analýzy ukazují, že početnost klíšťat klesá se zvyšující se vzdáleností od obydlí.

Variace v početnosti klíšťat nemusí vyplývat pouze z rozdílů typů vegetace či mikroklimatických podmínek, ale také mohou být způsobeny populační hustotou hostitelských druhů (Lindström, Jaenson 2003). Výzkum Ruiz-Fonse a Gilberta (2010) prokázala silnou vazbu mezi početností jelení zvěře a početností hledajících nymf. Z výsledků vyplývá silná pozitivní vazba mezi pobytoвыми znaky zvěře a počtem nalezených klíšťat. Snížení stavů spárkaté zvěře by tedy potenciálně mohlo vést ke snížení počtu klíšťat a k potenciálnímu snížení rizika infekce nemoci přenášenými klíšťaty.

8 Závěr

Cílem práce bylo identifikovat klíčové faktory ovlivňující výskyt klíšťat v lesních ekosystémech a zhodnocení prostorové distribuce a abundance klíšťat ve vztahu ke struktuře a druhovému smíšení lesních porostů a krajinným parametrům. Pěstování lesa a lesní hospodaření spolu se změnou klimatu má výrazný dopad na druhové složení a prostorovou strukturu lesních porostů, což může zásadně ovlivňovat epidemiologii chorob přenášených klíšťaty, jako je například lymeská borelióza a klíšťová encefalitida. Studie často zdůrazňují nárůst populace klíštěte obecného v souvislosti se stoupající teplotou. Tento výzkum ukázal, že charakter lesních porostů a výskyt volně žijící zvěře jsou důležitými faktory ovlivňujícími početnost klíšťat obecných. Okraje lesů se ukázaly jako preferované biotopy s vysokou početností klíšťat, především v důsledku výskytu vhodných hostitelů. Ve smíšených lesích byla v letech 2021 a 2022 zaznamenána nižší početnost klíšťat, což je často v rozporu s předchozími studiemi. Krajinné parametry se také prokázaly jako klíčové v souvislosti s výskytem klíšťat. Lze konstatovat, že správné lesní hospodaření ve strukturálně bohatých smíšených lesích s vysokou biodiverzitou a hustotou stromového patra může snížit početnost klíšťat a tím i riziko nákazy klíšťaty přenášenými onemocněními. Je klíčové vědět, jaké prostředí je klíšťaty méně preferované, aby bylo možné minimalizovat kontakt člověka s klíšťaty, což může být dosaženo například vyhýbáním se oblastem s vysokým výskytem klíšťat, jako jsou okraje lesů a oblasti s vysokou populací zvěře. Výzkumné náměty této problematiky by měly zahrnovat data z více let a více lokalit s opakovaným měřením (sběrem klíšťat) na jednotlivých lokalitách během doby aktivity klíšťat. Výsledky této vědecké práce budou využity při kalibraci modelu abundance klíšťat v Smart aplikaci Klíšťapka, která může být krom certifikovaných účinných repelentů a vhodného oblečení účinným nástrojem na ochranu proti klíšťatům.

9 Literatura

ABUHAMMOUR, W.. Ehrlichiosis. In: Medscape.com [online]. 2018 [cit. 2024-02-26].

Dostupné z: [□https://emedicine.medscape.com/article/235839-overview](https://emedicine.medscape.com/article/235839-overview)

ALLEN, C. D., A. K. MACALADY, H. CHENCHOUNI, et al., 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* [online]. 259(4), 660-684 [cit. 2024-03-15]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2009.09.001

AMICIZIA, D., A. DOMNICH, D. PANATTO, P. L. LAI, M. L. CRISTINA, U. AVIO a R. GASPARINI, 2014. Epidemiology of tick-borne encephalitis (TBE) in Europe and its prevention by available vaccines [online]. 2014-10-27, 9(5), 1163-1171 [cit. 2024-04-04]. ISSN 2164-5515. Dostupné z: doi:10.4161/hv.23802

BECK, A., J. BJORK, B. J. BIGGERSTAFF, et al., 2022. *Ticks and Tick-borne Diseases* [online]. 13(3) [cit. 2024-03-26]. ISSN 1877959X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ttbdis.2022.101925

BLANTON, L. S. The Rickettsioses. *Infectious Disease Clinics of North America* [online]. 2019, 33(1), 213-229 [cit. 2024-03-01]. ISSN 08915520. Dostupné z: doi:10.1016/j.idc.2018.10.010

BONAN, G. B., 2008. Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests. *Science* [online]. 2008-06-13, 320(5882), 1444-1449 [cit. 2024-03-15]. ISSN 0036-8075. Dostupné z: doi:10.1126/science.1155121

BOWMAN, A. S. a P. A. NUTTALL. *Ticks: Biology, Disease and Control*. 1. Cambridge University Press, 2008. ISBN 0521867614.

BOYARD, C., G. VOUREC'H a J. BARNOUIN, 2008. The relationships between *Ixodes ricinus* and small mammal species at the woodland–pasture interface. *Experimental and Applied Acarology* [online]. 44(1), 61-76 [cit. 2024-03-26]. ISSN 0168-8162. Dostupné z: doi:10.1007/s10493-008-9132-3

BRATTON, R. L., J. W. WHITESIDE, M. J. HOVAN, R. L. ENGLE a F. D. EDWARDS. Diagnosis and Treatment of Lyme Disease. Mayo Clinic Proceedings [online]. 2008, 83(5), 566-571 [cit. 2024-02-26]. ISSN 00256196. Dostupné z: doi:10.4065/83.5.566

BUSSOTTI, F., M. POLLASTRINI, V. HOLLAND a W. BRÜGGEMANN, 2015. Functional traits and adaptive capacity of European forests to climate change. Environmental and Experimental Botany [online]. 111, 91-113 [cit. 2024-03-15]. ISSN 00988472. Dostupné z: doi:10.1016/j.envexpbot.2014.11.006

CARPIO, A. J., M. APOLLONIO a P. ACEVEDO. Wild ungulate overabundance in Europe: contexts, causes, monitoring and management recommendations. Mammal Review [online]. 2021, 51(1), 95-108 [cit. 2024-02-19]. ISSN 0305-1838. Dostupné z: doi:10.1111/mam.12221

CLARK, P.J., EVANS, F.C. (1954): Distance to nearest neighbor as an indicator of spatial relationships in populations. Ecology, 35: 445-453

COLWELL, D. D., F. DANTAS-TORRES a D. OTRANTO. Vector-borne parasitic zoonoses: Emerging scenarios and new perspectives. Veterinary Parasitology [online]. 2011, 182(1), 14-21 [cit. 2024-02-26]. ISSN 03044017. Dostupné z: doi:10.1016/j.vetpar.2011.07.012

COTTÉ, V., S. BONNET, D. LE RHUN, et al. Transmission of Bartonella henselae by Ixodes ricinus. Emerging Infectious Diseases [online]. 2008, 14(7), 1074-1080 [cit. 2024-02-26]. ISSN 1080-6040. Dostupné z: doi:10.3201/eid1407.071110

CUKOR, J., Z. VACEK, S. VACEK a J. BARTOŠKA. Klíšťata jako velké nebezpečí v lese a možnosti, jak se jim bránit. Svět myslivosti. 2022, 2022(9), 2.

ČERMÁK, P. a O. HOLUŠA, 2011. Forestry adaptation measures at the decline of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) stands as exemplified by the Silesian Beskids, Czech Republic. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis

[online]. 59(1), 293-302 [cit. 2024-03-25]. ISSN 12118516. Dostupné z: doi:10.11118/actaun201159010293

ČHMÚ, 2023. *Historická data - meteorologie a klimatologie* [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zakladni-informace>

ČSÚ, 2023. *Krajská správa ČSÚ pro Středočeský kraj - charakteristika kraje* [online]. 18.1.2024 [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/xs/charakteristika_kraje

DANEŠ, L. Přírodně ohniskové nákazy. V Praze: Karolinum, 2003. ISBN 80-246-0568-6.

DANIEL, M., V. DANIELOVÁ, B. KRŽÍŽ a I. KOTT, 2004. An attempt to elucidate the increased incidence of tick-borne encephalitis and its spread to higher altitudes in the Czech Republic. *International Journal of Medical Microbiology Supplements* [online]. 293, 55-62 [cit. 2024-03-15]. ISSN 14331128. Dostupné z: doi:10.1016/S1433-1128(04)80009-3

DANIEL, M., V. DANIELOVÁ, B. KRŽÍŽ, D. RŮŽEK, A. FIALOVÁ, M. MALÝ, J. MATERNA, M. PEJČOCH a J. ERHART. The occurrence of *Ixodes ricinus* ticks and important tick-borne pathogens in areas with high tick-borne encephalitis prevalence in different altitudinal levels of the Czech Republic Part I. *Ixodes ricinus* ticks and tick-borne encephalitis virus. *Epidemiol Mikrobiol Imunol.* 2016 Summer;65(2):118-28. English. PMID: 27467329.

DANIEL, M., J. KOLÁR, P. ZEMAN, K. PAVELKA a J. SÁDLO, 1998. *Experimental and Applied Acarology* [online]. 22(7), 417-433 [cit. 2024-03-15]. ISSN 01688162. Dostupné z: doi:10.1023/A:1006030827216

DANIEL, M., J. MATERNA, V. HÖNIG, L. METELKA, V. DANIELOVÁ, J. HARČARIK, S. KLIEGROVÁ a L. GRUBHOFFER. Vertical Distribution of the Tick *Ixodes ricinus* and Tick-borne Pathogens in the Northern Moravian Mountains Correlated with Climate Warming (Jeseníky Mts., Czech Republic). *Central European Journal of*

Public Health[online]. 2009, 2009-9-1, 17(3), 139-145 [cit. 2024-02-19]. ISSN 12107778. Dostupné z: doi:10.21101/cejph.a3550

DANIEL, M., K. ZITEK, V. DANIELOVÁ, B. KRŽIŽ, J. VALTER a I. KOTT. Risk assessment and prediction of Ixodes ricinus tick questing activity and human tick-borne encephalitis infection in space and time in the Czech Republic. International Journal of Medical Microbiology [online]. 2006, 296, 41-47 [cit. 2023-10-10]. ISSN 14384221. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijmm.2006.02.008

DANIELOVÁ, V., M. DANIEL, L. SCHWARZOVÁ, et al. Integration of a Tick-Borne Encephalitis Virus and Borrelia burgdorferi sensu lato into Mountain Ecosystems, Following a Shift in the Altitudinal Limit of Distribution of Their Vector, Ixodes ricinus (Krkonoše Mountains, Czech Republic). Vector-Borne and Zoonotic Diseases [online]. 2010, 10(3), 223-230 [cit. 2024-02-19]. ISSN 1530-3667. Dostupné z: doi:10.1089/vbz.2009.0020

DANIELOVÁ, V., N. RUDENKO, M. DANIEL, J. HOLUBOVÁ, J. MATERNA, M. GOLOVCHENKO a L. SCHWARZOVÁ. Extension of Ixodes ricinus ticks and agents of tick-borne diseases to mountain areas in the Czech Republic. International Journal of Medical Microbiology [online]. 2006, 296, 48-53 [cit. 2023-10-10]. ISSN 14384221. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijmm.2006.02.007

DANTAS-TORRES, F. Rocky Mountain spotted fever. The Lancet Infectious Diseases [online]. 2007, 7(11), 724-732 [cit. 2024-02-26]. ISSN 14733099. Dostupné z: doi:10.1016/S1473-3099(07)70261-X

DUH, D., M. PETROVEC a T. AVSIC-ZUPANC. Diversity of Babesia Infecting European Sheep Ticks (Ixodes ricinus). Journal of Clinical Microbiology [online]. 2001, 39(9), 3395-3397 [cit. 2024-02-26]. ISSN 0095-1137. Dostupné z: doi:10.1128/JCM.39.9.3395-3397.2001

DWUŹNIK, D., E. J. MIERZEJEWSKA, M. ALSARRAF, and A. BAJER, 2019. A new focus of the tick Haemaphysalis concinna in Western Poland. Experimental and Applied

Acarology [online]. 78(1), 93-112 [cit. 2024-04-04]. ISSN 0168-8162. Dostupné z: doi:10.1007/s10493-019-00371-7

ELLIS, J., P. C. F. OYSTON, M. GREEN a R. W. TITBALL. Tularemia. *Clinical Microbiology Reviews* [online]. 2002, 15(4), 631-646 [cit. 2024-03-01]. ISSN 0893-8512. Dostupné z: doi:10.1128/CMR.15.4.631-646.2002

ESTRADA-PEÑA, A. Distribution, Abundance, and Habitat Preferences of *Ixodes ricinus*/I (Acari: Ixodidae) in Northern Spain. *Journal of Medical Entomology* [online]. 2001, 2001-05-01, 38(3), 361-370 [cit. 2024-02-05]. ISSN 00222585. Dostupné z: doi:10.1603/0022-2585-38.3.361

FELTON, A., J. BOBERG, C. BJÖRKMAN a O. WIDENFALK, 2013. Identifying and managing the ecological risks of using introduced tree species in Sweden's production forestry. *Forest Ecology and Management* [online]. 307, 165-177 [cit. 2024-03-26]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2013.06.05

FELTON, A., T. LÖFROTH, P. ANGELSTAM, et al., 2020. Keeping pace with forestry: Multi-scale conservation in a changing production forest matrix. *Ambio* [online]. 49(5), 1050-1064 [cit. 2024-03-26]. ISSN 0044-7447. Dostupné z: doi:10.1007/s13280-019-01248-0

FERRELL, A. a R. BRINKERHOFF. Using Landscape Analysis to Test Hypotheses about Drivers of Tick Abundance and Infection Prevalence with *Borrelia burgdorferi*. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. 2018, 15(4) [cit. 2024-02-19]. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi:10.3390/ijerph15040737

FÖLDVÁRI, G., P. ŠIROKÝ, S. SZEKERES, G. MAJOROS, and H. SPRONG, 2016. *Dermacentor reticulatus*: a vector on the rise [online]. 9(1) [cit. 2024-04-04]. ISSN 1756-3305. Dostupné z: doi:10.1186/s13071-016-1599-x

FISH, D. a T. J. DANIELS, 1990. THE ROLE OF MEDIUM-SIZED MAMMALS AS RESERVOIRS OF *BORRELIA BURGdorferi* IN SOUTHERN NEW YORK.

Journal of Wildlife Diseases [online]. 26(3), 339-345 [cit. 2024-03-15]. ISSN 0090-3558.
Dostupné z: doi:10.7589/0090-3558-26.3.339

FÜLDNER, K. (1995): Description of structure in mixed stands. *Forstarchiv*, 66: 235-606.

GARRETT, K. A., S. P. DENDY, E. E. FRANK, M. N. ROUSE a S. E. TRAVERS, 2006. Climate Change Effects on Plant Disease: Genomes to Ecosystems. *Annual Review of Phytopathology* [online]. 2006-09-01, **44**(1), 489-509 [cit. 2024-03-15]. ISSN 0066-4286. Dostupné z: doi:10.1146/annurev.phyto.44.070505.143420

GRAY, J.S. The development and seasonal activity of the tick *Ixodes ricinus*: a vector of Lyme borreliosis. *Review of Medical and Veterinary Entomology*. 1991, **79**(6), 323-333. ISSN 0957-6770.

GRAY, J.S., 1998. The ecology of ticks transmitting Lyme borreliosis. *Experimental and Applied Acarology* [online]. **22**(5), 249-258 [cit. 2024-03-15]. ISSN 01688162. Dostupné z: doi:10.1023/A:1006070416135

HALOS, L., S. BORD, V. COTTÉ, et al. Ecological Factors Characterizing the Prevalence of Bacterial Tick-Borne Pathogens in *Ixodes ricinus* Ticks in Pastures and Woodlands. *Applied and Environmental Microbiology* [online]. 2010, 76(13), 4413-4420 [cit. 2024-02-16]. ISSN 0099-2240. Dostupné z: doi:10.1128/AEM.00610-10

HUBÁLEK, Z. Mikrobiální zoonózy a saponózy. Brno: Masarykova univerzita, 2000. ISBN 80-210-2446-1.

HUBÁLEK, Z., P. SEDLÁČEK, A. ESTRADA-PEÑA, J. VOJTÍŠEK a Ivo. First record of *Hyalomma rufipes* in the Czech Republic, with a review of relevant cases in other parts of Europe. *Ticks and Tick-borne Diseases*. 2020, 2020(4), 11. ISSN 1877-959X.

IPCC, 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [online]. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt,

M. Tignor and H.L. Miller (eds.). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 996 s. [cit. 2024-03-15]. ISBN 978-0-521-88009-1.

JAEHNE, S., DOHRENBUSCH, A. (1997): A method to evaluate forest stand diversity. *Forstwis. Centralblatt*, 333–345.

JAENSON, T. G. T., M. HJERTQVIST, T. BERGSTRÖM a Å. LUNDKVIST. Why is tick-borne encephalitis increasing? A review of the key factors causing the increasing incidence of human TBE in Sweden [online]. 2012, 5(1) [cit. 2024-02-19]. ISSN 1756-3305. Dostupné z: doi:10.1186/1756-3305-5-184

JÍROVEC, O. *Parassitologie pro lékaře*. 3. Praha: Avicenum, 1977. ISBN 08-003-78.

KARNOSKY, D. F., Kevin E. PERCY, Bixia XIANG, et al., 2002. Interacting elevated CO₂ and tropospheric O₃ predisposes aspen (*Populus tremuloides* Michx.) to infection by rust (*Melampsora medusae* f. sp. *tremuloidae*). *Global Change Biology* [online]. 8(4), 329-338 [cit. 2024-03-25]. ISSN 1354-1013. Dostupné z: doi:10.1046/j.1354-1013.2002.00479.x

KAYSER, F.H., K. A. BIENZ, J. ECKERT a R. M. ZINKERNAGEL. *Medical microbiology*. Stuttgart New York: Thieme, 2005. ISBN 1588902455, 9781588902450.

KIMMIG, P., R. BRAUN a D. HASSLER. *Klíšťata: Nepatrné kousnutí s neblahými následky*. Praha: Pragma, c2003. ISBN 80-720-5881-9.

KLÍŠŤAPKA, 2023. *O projektu* [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://klistapka.czu.cz/#about>

KOTT, I., J. VALTER a T. VRÁBLÍK. Závislost aktivity klíštěte obecného (*Ixodes ricinus*) na vývoji počasí. Část I. Výzkum aktivity klíštěte. *Meteorologické zprávy*. 2015, 68(6), 161-170. ISSN 0026-1173.

KŘÍŽ, B., Č. BENEŠ, V. DANIELOVÁ a M. DANIEL. Socio-economic conditions and other anthropogenic factors influencing tick-borne encephalitis incidence in the Czech

Republic. *International Journal of Medical Microbiology Supplements* [online]. 2004, **293**, 63-68 [cit. 2024-02-26]. ISSN 14331128. Dostupné z: doi:10.1016/S1433-1128(04)80010-X

LESICZKA, P. M., O. DANĚK, D. MODRÝ, K. HRAZDILOVÁ, J. VOTÝPKA a L. ZUREK. A new report of adult *Hyalomma marginatum* and *Hyalomma rufipes* in the Czech Republic. *Ticks and Tick-borne Diseases* [online]. 2022, 13(2) [cit. 2024-02-05]. ISSN 1877959X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ttbdis.2021.101894

LINDNER, M., M. MAROSCHEK, S. NETHERER, et al., 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management* [online]. 259(4), 698-709 [cit. 2024-03-15]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2009.09.023

LINDNER, M., J. B. FITZGERALD, N. E. ZIMMERMANN, et al., 2014. Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *Journal of Environmental Management* [online]. 146, 69-83 [cit. 2024-03-15]. ISSN 03014797. Dostupné z: doi:10.1016/j.jenvman.2014.07.030

LINDSTRÖM, A. a T. G. T. JAENSON, 2003. Distribution of the Common Tick, *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae), in Different Vegetation Types in Southern Sweden. *Journal of Medical Entomology* [online]. 2003-07-01, 40(4), 375-378 [cit. 2024-03-26]. ISSN 0022-2585. Dostupné z: doi:10.1603/0022-2585-40.4.375

MACLEOD, J. *Ixodes ricinus* in Relation to its Physical Environment. *Parasitology* [online]. 1935, 27(4), 489-500 [cit. 2024-02-19]. ISSN 0031-1820. Dostupné z: doi:10.1017/S003118200001542

MARGALEF, R. (1958): Information theory in ecology. *General Systematics*, 3, 36–71.

MÁSLOVÁ, L., I. MARTINKOVÁ a M. VAŠUTOVÁ. Bartonelóza - nemoc kočičího škrábnutí. *Interní medicína pro praxi*. 2014, 16(4), 167-168.

MATERNA, J. Výškové rozšíření klíštěte obecného (*Ixodes ricinus*) v Krkonoších. *Opera corcontica*. 2012, 49(49), 55-74.

MATUSCHKA, F.R., P. FISCHER, K. MUSGRAVE, D. RICHTER a A. SPIELMAN. Hosts on which *Ixodes ricinus* most abundantly feed. *The American journal of tropical medicine and hygiene*. 1991, 1991(44 (1), 100-107.

MCGARIGAL, K., CUSHMAN, S. A., ENE, E. (2012): FRAGSTATS v4: Spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps. University of Massachusetts, Amherst, MA, USA. [goo. gl/aAEbMk](http://goo.gl/aAEbMk).

MILNE, A. The ecology of the sheep tick, *Ixodes ricinus* L. *Parasitology* [online]. 1950, **40**(1-2), 14-34 [cit. 2024-02-19]. ISSN 0031-1820. Dostupné z: [doi:10.1017/S0031182000017820](https://doi.org/10.1017/S0031182000017820)

MOKREJŠOVÁ, M. a J. ŽABKA. Akutní renální postižení u pacienta s ehrlichiozou. *Interní medicína pro praxi*. 2013, 15(1), 22-24.

NABUURS, G.J., G.M. HENGEVELD, D.C. VAN DER WERF a A.H. HEIDEMA, 2010. European forest carbon balance assessed with inventory based methods—An introduction to a special section. *Forest Ecology and Management* [online]. **260**(3), 239-240 [cit. 2024-03-15]. ISSN 03781127. Dostupné z: [doi:10.1016/j.foreco.2009.11.024](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.11.024)

NICHOLSON, W. L., K. E. ALLEN, J. H. MCQUISTON, E. B. BREITSCHWERDT a S. E. LITTLE. The increasing recognition of rickettsial pathogens in dogs and people. *Trends in Parasitology* [online]. 2010, 26(4), 205-212 [cit. 2024-02-26]. ISSN 14714922. Dostupné z: [doi:10.1016/j.pt.2010.01.007](https://doi.org/10.1016/j.pt.2010.01.007)

NOVOTNÝ, S., J. GALLO, M. BALÁŠ, I. KUNEŠ, Z. FUCHS a P. BRABEC, 2023. Silvicultural potential of the main introduced tree species in the Czech Republic – review. *Central European Forestry Journal* [online]. 2023-08-01, 69(3), 188-200 [cit. 2024-03-16]. ISSN 2454-0358. Dostupné z: [doi:10.2478/forj-2023-0014](https://doi.org/10.2478/forj-2023-0014).

Nowak-Chmura M, Siuda K. Ticks of Poland. Review of contemporary issues and latest research. *Ann Parasitol*. 2012;58(3):125-55. PMID: 23444797.

OLSÉN, B, T G JAENSON a S BERGSTRÖM. Prevalence of *Borrelia burgdorferi* sensu lato-infected ticks on migrating birds. *Applied and Environmental Microbiology* [online]. 1995, 61(8), 3082-3087 [cit. 2024-02-16]. ISSN 0099-2240. Dostupné z: doi:10.1128/aem.61.8.3082-3087.1995

OSTFELD, R. S. a F. KEESING, 2000. Biodiversity and Disease Risk: the Case of Lyme Disease. *Conservation Biology* [online]. 14(3), 722-728 [cit. 2024-03-26]. ISSN 0888-8892. Dostupné z: doi:10.1046/j.1523-1739.2000.99014.x

PETRÁŠ, R., PAJTÍK, J. (1991): Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. *Lesnícky časopis*, 37(1), 49–56.

PIELOU, E. C. (1975): *Ekologická rozmanitosť*. Wiley, New York.

PÍCHA, D. Lymeská borelióza [online]. In: . 2009 [cit. 2024-02-26]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanky/lymeska-borelioza/>

PODRÁZSKÝ, V., Z. VACEK, S. VACEK, J. VÍTÁMVÁS, J. GALLO, A. PROKŮPKOVÁ a G. D'ANDREA, 2020. Production potential and structural variability of pine stands in the Czech Republic: Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) vs. introduced pines - case study and problem review. *Journal of Forest Science* [online]. 2020-5-31, 66(5), 197-207 [cit. 2024-03-25]. ISSN 12124834. Dostupné z: doi:10.17221/42/2020-JFS

POKORNÝ, R., I. TOMÁŠKOVÁ a R. BUZKOVA, 2012. The Effect of Air Elevated [CO₂] on Crown Architecture and Aboveground Biomass in Norway Spruce. *Baltic forestry*. 18(1), 2-11. ISSN 2029-9230.

POPKIN, G., 2019. How much can forests fight climate change? *Nature* [online]. 565(7739), 280-282 [cit. 20 -03-15]. ISSN 0028-0836. Dostupné z: doi:10.1038/d41586-019-00122-z

POSPISILOVA, T., V. URBANOVA, O. HES, P. KOPACEK, O. HAJDUSEK, R. SIMA a C. R. ROY. Tracking of *Borrelia afzelii* Transmission from Infected *Ixodes ricinus* Nymphs to Mice. *Infection and Immunity* [online]. 2019, 87(6), e00896-18 [cit. 2024-02-26]. ISSN 0019-9567. Dostupné z: doi:10.1128/IAI.00896-18

PRETEL, J., 2011. *Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření*. Praha: ČHMÚ, 67 s.

PRETZSCH, H. (2006): Making knowledge usable for the management of forest ecosystems. *Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald*, 61: 1158–1159.

RANDOLPH, S. E. a K. STOREY. Impact of Microclimate on Immature Tick-Rodent Host Interactions (Acari: Ixodidae). *Journal of Medical Entomology* [online]. 1999, 1999-11-01, 36(6), 741-748 [cit. 2024-02-19]. ISSN 0022-2585. Dostupné z: doi:10.1093/jmedent/36.6.741

REYER, C. P. O., S. BATHGATE, K. BLENNOW, et al., 2017. Are forest disturbances amplifying or canceling out climate change-induced productivity changes in European forests? *Environmental Research Letters* [online]. 2017-03-01, 12(3) [cit. 2024-03-25]. ISSN 1748-9326. Dostupné z: doi:10.1088/1748-9326/aa5ef1

RICHARDSON, D. M., C. HUI, M. A. NUÑEZ a A. PAUCHARD, 2014. Tree invasions: patterns, processes, challenges and opportunities. *Biological Invasions* [online]. 16(3), 473-481 [cit. 2024-03-26]. ISSN 1387-3547. Dostupné z: doi:10.1007/s10530-013-0606-9

RIS, 2021. *O kraji - střeđočeský kraj* [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.risy.cz/cs/>

ROHÁČOVÁ, H. Onemocnění přenášená klíšťaty. *Interní medicína*. 2006, 8(6), 280-283.

ROZSYPAL, H. *Základy infekčního lékařství*. Druhé, upravené vydání. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2023. ISBN 978-80-246-5443-0.

ROSICKÝ, B. a M. DANIEL. Lékařská entomologie a životní prostředí: vysokoškolská příručka pro lékařské fakulty v ČR. Praha: Academia, 1989.

RŮŽEK, D. Klíšťová encefalitida. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-5305-8.

RUIZ-FONS, F. a L. GILBERT, 2010. The role of deer as vehicles to move ticks, *Ixodes ricinus*, between contrasting habitats. *International Journal for Parasitology* [online]. 40(9), 1013-1020 [cit. 2024-03-26]. ISSN 00207519. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijpara.2010.02.006

SHANNON, C. E. (1948): Matematická teorie komunikace. *Bell. Syst. Techn. J.*, 27, 379-423

SMRŽ, J. In: *Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů*. V Praze: Karolinum, 2013, s. 192. ISBN 978-80-246-2258-3.

SPATHELF, P., E. VAN DER MAATEN, M. VAN DER MAATEN-THEUNISSEN, M. CAMPIOLI a D. DOBROWOLSKA, 2014. Climate change impacts in European forests: the expert views of local observers. *Annals of Forest Science* [online]. 71(2), 131-137 [cit. 2024-03-15]. ISSN 1286-4560. Dostupné z: doi:10.1007/s13595-013-0280-1

SPRINGER, Y. P., D. HOEKMAN, P. T. J. JOHNSON, et al., 2016. Tick-, mosquito-, and rodent-borne parasite sampling designs for the National Ecological Observatory Network. *Ecosphere* [online]. 7(5) [cit. 2024-03-15]. ISSN 2150-8925. Dostupné z: doi:10.1002/ecs2.1271

STEERE, A. C., T. F. BRODERICK a S. E. MALAWISTA. ERYTHEMA CHRONICUM MIGRANS AND LYME ARTHRITIS: EPIDEMIOLOGIC EVIDENCE FOR A TICK VECTOR¹. *American Journal of Epidemiology* [online]. 1978, 1978-10-01, 108(4), 312-321 [cit. 2024-02-26]. ISSN 1476-6256. Dostupné z: doi:10.1093/oxfordjournals.aje.a112625

STEERE, A. C., F. STRLE, G. P. WORMSER, L. T. HU, J. A. BRANDA, J. W. R. HOVIUS, X. LI, and P. S. MEAD, 2016. Lyme borreliosis. *Nature Reviews Disease Primers* [online]. 2016-12-22, 2(1) [cit. 2024-04-04]. ISSN 2056-676X. Dostupné z: doi:10.1038/nrdp.2016.90

STONE, J.M.R, J.S. BHATTI a R. LAL, 2006. Impacts of Climate Change on Agriculture, Forest, and Wetland Ecosystems: synthesis and summary. *Climate Change and Managed Ecosystems*. Taylor and Francis, CRC Press, Boca Raton,FL,US. 399-409 [cit. 2024-03-15].

SZÚ, 2007. Jak se chránit před napadením klíšťaty. *Státní zdravotní ústav (SZÚ)* [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://szu.cz>

ŠIMŮNEK, V., Z. VACEK, S. VACEK, I. KRÁLÍČEK a K. VANČURA, 2019. Growth variability of European beech (*Fagus sylvatica* L.) natural forests: Dendroclimatic study from Krkonoše National Park. *Central European Forestry Journal* [online]. 2019-06-01, 65(2), 92-102 [cit. 2024-03-25]. ISSN 0323-1046. Dostupné z: doi:10.2478/forj-2019-0010

ŠIROKÝ, P., M. KUBELOVÁ, M. BEDNÁŘ, D. MODRÝ, Z. HUBÁLEK a E. TKADLEC, 2011. The distribution and spreading pattern of *Dermacentor reticulatus* over its threshold area in the Czech Republic—How much is range of this vector expanding? *Veterinary Parasitology* [online]. 183(1-2), 130-135 [cit. 2024-03-15]. ISSN 03044017. Dostupné z: doi:10.1016/j.vetpar.2011.07.006

TACK, W., M. MADDER, L. BAETEN, M. VANHELLEMONT, R. GRUWEZ a K. VERHEYEN. Local habitat and landscape affect *Ixodes ricinus* tick abundances in forests on poor, sandy soils. *Forest Ecology and Management* [online]. 2012, 265, 30-36 [cit. 2024-02-16]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2011.10.028

TAYLOR, M. A., COOP, R. L., WALL, R. L., eds. (2015). *Dermacentor reticulatus* (ornate dog tick, marsh tick, meadow tick). *Veterinary parasitology* (4 ed.). John Wiley & Sons. p. 247.

TKADLEC, E., T. VÁCLAVÍK, M. KUBELOVÁ a P. ŠIROKÝ, 2018. Negative spatial covariation in abundance of two European ticks: diverging niche preferences or biotic

interaction? *Ecological Entomology* [online]. 43(6), 804-812 [cit. 2024-03-15]. ISSN 0307-6946. Dostupné z: doi:10.1111/een.12668

UJHÁZY, K., M. UJHÁZYOVÁ, L. HEDEROVA, F. MÁLIŠ a M. MARTINÁK, 2016.: Dominant tree species and stand density are the main drivers of plant diversity in managed fir-beech forests. In *Book of Abstracts, Posters, 25th Meeting of the European Vegetation Survey*; Agrillo, E., Attorre, F., Spada, F., Casella, L., Eds.; European Vegetation Survey: Rome, Italy, p. 107.

USEPA [United States Environmental Protection Agency]. (2010). Product performance test guidelines OPPTS 810.3700: insect repellents to be applied to human skin. Washington, DC. United States Environmental Protection Agency, Office of Chemical Safety and Pollution Prevention.

VACEK, Z., A. PROKŮPKOVÁ, S. VACEK, J. CUKOR, L. BÍLEK, J. GALLO a D. BULUŠEK. Silviculture as a tool to support stability and diversity of forests under climate change: study from Krkonoše Mountains. *Central European Forestry Journal* [online]. 2020, 2020-06-01, 66(2), 116-129 [cit. 2023-10-10]. ISSN 0323-1046. Dostupné z: doi:10.2478/forj-2020-0009

VACEK, Z., J. CUKOR, S. VACEK, et al., 2021. Production potential, biodiversity and soil properties of forest reclamations: Opportunities or risk of introduced coniferous tree species under climate change? *European Journal of Forest Research* [online]. 140(5), 1243-1266 [cit. 2024-03-25]. ISSN 1612-4669. Dostupné z: doi:10.1007/s10342-021-01392-x

VACEK, Z., J. CUKOR a S. VACEK, 2021. Vliv druhového složení a struktury lesa na početnost klíšťat a vznik mobilní aplikace pro veřejnost. *Lesnická práce*. (10), 26-27.

VACEK, Z., J. CUKOR, K. KYBICOVÁ, S. VACEK, R. LINDA a K. MAHLEROVÁ, 2022. Distribuce krevsajících členovců v lesních ekosystémech modifikovaných globálními změnami klimatu. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 249 s.

VACEK, Z., J. CUKOR a S. VACEK. Effect of forest structures and tree species composition on common tick (*Ixodes ricinus*) abundance. *Forest Ecology and*

Management [online]. 2023, 529 [cit. 2023-10-10]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2022.120676

VÁCLAVÍK, T., A. BALÁŽOVÁ, V. BALÁŽ, E. TKADLEC, M. SCHICHOR, K. ZECHMEISTEROVÁ, J. ONDRUŠ a P. ŠIROKÝ, 2021. Landscape epidemiology of neglected tick-borne pathogens in central Europe. *Transboundary and Emerging Diseases* [online]. 68(3), 1685-1696 [cit. 2024-04-04]. ISSN 1865-1674. Dostupné z: doi:10.1111/tbed.13845

VOLF, P. a P. HORÁK. *Paraziti a jejich biologie*. Praha: Triton, 2007. ISBN 978-80-7387-008-9.

WILLIAMSON, T.B., S.J. COLOMBO, P.N. DUNKIER, et al., 2009. *Climate change and Canada's forests: from impacts to adaptation* [online]. Catalogue No. Fo134-9/2009E-PDF. Network and Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, North Forestry Centre, Edmonton, Alberta, 109 s. [cit. 2024-03-15]. ISBN 978-1-55261-205-7.

ZEMAN, P., 2023. Tick-Bite “Meteo”-Prevention: An Evaluation of Public Responsiveness to Tick Activity Forecasts Available Online. *Life* [online]. 13(9) [cit. 2024-03-26]. ISSN 2075-1729. Dostupné z: doi:10.3390/life13091908

10 Seznam použitých zkratk a symbolů

PD – Hustota ploch

LPI – Index největší plochy

ED – Hustota ekotonů

LSI – Index tvaru ploch

AREA_MN – Průměrná rozloha krajinného prvku

PARA_MN – Složitost tvarů krajinných ploch

CONTAG – Index shlukovitosti

COHESION – Index soudržnosti ploch

MESH – Efektivní velikost oka

AI – AgregáčnÍ index

11 Seznam tabulek a obrázků

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Rozmístění jednotlivých stádií ve vegetaci. Adultní stádia (1), nymfy (2), larvy (3) a svlékající či přezimující klíšťata (4) (Kimming et al., 2003)	13
Obrázek 2 Klíště obecné - <i>Ixodes ricinus</i> (ECDC 2014)	14
Obrázek 3: Fotomikrofotografie samice <i>Dermacentor reticulatus</i> . A) Hřbetní pohled. B) Břišní pohled. (Folvardi et al. 2016).	15
Obrázek 4: Fotky larvy <i>Haemaphysalis concinna</i> (A), nymfy (B), samice (C), samce (D) a hypostomu (E) (Dwuznik et al. 2019).	16
Obrázek 5: Dermatologické projevy lymeské boreliózy. Všechny patogenní druhy <i>Borrelia burgdorferi</i> s.l. obvykle způsobují rozšiřující se kožní léze známé jako erythema migrans, které se objevují v místě kousnutí klíštětem. a) Klasické léze erythema migrans s jasněji červeným vnějším okrajem, částečným centrálním vyjasněním a středem ve tvaru býčího oka. (Steere et al. 2017)	21
Obrázek 6: Životní cyklus babesie. 1 – sání infikovaného klíštěte na myši, vstup sporozoitů do hostitele; 2 – sporozoiti vstupují do červených krvinek myši, nepohlavní reprodukce; 3 – diferenciacie samčích a samičích gamet; 4 – nasátí gamet klíštětem; 5 – spojení gamet, sporogonický cyklus, vznik sporozoitů a jejich zanesení do slinných žláz; 6 – vstup lidského hostitele do cyklu, po sání infikovaným klíštětem; 7 – pomnožení parazitů, vedoucí ke klinickým projevům 8 – přenos kontaminovanou krevní transfuzí	22
Obrázek 7 Mapa Středočeského kraje a vyznačené lokality sběru klíšťat (zdroj: Mapy.cz)	33
Obrázek 8: Interiér zkusných ploch dle biotopu: lesní porost, holina, okraj lesa (foto: Anna Kuličová 2023).	35
Obrázek 9: Abundance klíštěte obecného na 14 zkusných plochách v roce 2021, 2022 a 2023	44
Obrázek 10: Plocha 13 – Tři Dvory s nejnižší početností klíštěte obecného v roce 2023 s výskytem 9 ks klíštěte obecného (foto: Anna Kuličová, jaro 2023).	44
Obrázek 11: Plocha 6 – Horoušánky s nejvyšší početností klíštěte obecného v roce 2023 s výskytem 389 ks klíštěte obecného (foto: Anna Kuličová, jaro 2023)	44
Obrázek 12: Zastoupení klíštěte obecného dle vývojového stádia a pohlaví na 14 zkusných plochách v roce 2021, 2022 a 2023.	45
Obrázek 13: Výskyt klíštěte obecného v závislosti na biotopu lesních ekosystémů na 14 monitorovaných plochách ve Středočeském kraji v roce 2021, 2022 a 2023 pro všechna vývojová stádia A) a pro dospělce a nymfy B)	46
Obrázek 14: Výskyt klíšťat v závislosti na druhovém smíšení lesních ekosystémů na 14 monitorovaných plochách ve Středočeském kraji v roce 2021, 2022 a 2023 pro všechna vývojová stadia A) a pro dospělce a nymfy B)	46
Obrázek 15: Ordinační diagram zobrazující výsledky PCA závislostí mezi porostními charakteristikami (Výška, Tloušťka, Počet stromů, Zásoba, Objem kmene, Kruhová základna, Zakmenění), porostními indexy (Druhová různorodost, Druhová vyrovnanost, Druhová bohatost, Vertikální struktura, Horizontální struktura, Tloušťková diferenciacie, Celková porostní diverzita), krajinnými parametry (PD, AREA_MN, LSI, MESH, CONTAG, LPI, AI – viz. Tab. v metodice), nadmořskou výškou, pokryvností	

vegetace a abundancí klíšťat (Ixodes) v roce 2021-2023; symboly označují ● výzkumné plochy, ▲ biotop (OL – okraj lesa, LP – lesní porost) a ■ formu smíšení (LL – listnatý les, JL – jehličnatý les, SL – smíšený les)..... 49

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Průměrné teploty a úhrny srážek pro Středočeský kraj a Prahu (ČHMÚ, 2024)	31
Tabulka 2 Rozdělení jednotlivých ploch podle druhového smíšení a biotopu	32
Tabulka 3: Porostní metriky (indexy porostní struktury).....	38
Tabulka 4: Krajinné metriky (indexy krajinné struktury).	39
Tabulka 5: Základní porostní charakteristiky lesních porostů na 12 zkusných plochách (nejvyšší hodnoty jsou zvýrazněny)	41
Tabulka 6: Diverzita lesních porostů na vybraných 14 zkusných plochách (Nejvyšší hodnoty jsou zvýrazněny).	42
Tabulka 7: Korelační matice vybraných proměnných parametrů lesních porostů a početnosti klíštěte obecného; signifikantní hodnoty ($p < 0,05$) jsou označeny.	47
Tabulka 8: Korelační matice vybraných proměnných krajinných parametrů prostředí a početnosti klíštěte obecného; signifikantní ($p < 0,05$) hodnoty jsou označeny.	48