

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA LESNICKÝCH TECHNOLOGIÍ A STAVEB



**Vliv kůrovcové kalamity na vybrané ekologické aspekty
lesních porostů v ČR**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Václav Štícha, Ph.D.

Bakalant: Vojtěch Salák

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vojtěch Salák

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Vliv kůrovcové kalamity na vybrané ekologické aspekty lesních porostů v ČR

Název anglicky

Influence of bark beetle calamity on selected ecological aspects of forest stands in the Czech Republic

Cíle práce

Cílem práce je zhodnocení vlivu kůrovcové kalamity na biodiverzitu hmyzu a hydrologické poměry v lesních porostech v ČR.

Metodika

Práce bude zpracována formou literární rešerše. V kapitole Diskuse bude precizně zhodnocen vliv kůrovcové kalamity na uvedené ekologické aspekty a to v co nejširším spektru odborných názorů. V Závěru bude problematika shrnuta a přidáno vlastní zhodnocení.

Doporučený rozsah práce

30-40 stran

Klíčová slova

lesnictví; disturbance; biodiverzita; hydrologie

Doporučené zdroje informací

- BENTZ, Barbara J.; JÖNSSON, Anna Maria. Modeling bark beetle responses to climate change. In: Bark beetles. Academic Press, 2015. p. 533-553.
- BIEDERMANN, Peter HW, et al. Bark beetle population dynamics in the Anthropocene: challenges and solutions. Trends in ecology & evolution, 2019, 34.10: 914-924.
- CHRISTIANSEN, Erik; BAKKE, Alf. The spruce bark beetle of Eurasia. In: Dynamics of forest insect populations. Springer, Boston, MA, 1988. p. 479-503.
- SOMMERFELD, Andreas, et al. Do bark beetle outbreaks amplify or dampen future bark beetle disturbances in Central Europe?. Journal of Ecology, 2021, 109.2: 737-749.
- WERMELINGER, Beat. Ecology and management of the spruce bark beetle Ips typographus—a review of recent research. Forest ecology and management, 2004, 202.1-3: 67-82.
-

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

Ing. Václav Štícha, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra lesnických technologií a staveb

Elektronicky schváleno dne 18. 2. 2022

doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21. 2. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 22. 03. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Vliv kůrovcové kalamity na vybrané ekologické aspekty lesních porostů v ČR vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, 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 vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách 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 22.3. 2022

.....
podpis autora práce

Poděkování

Chtěl bych poděkovat mému vedoucímu Ing. Václavu Štíchovi, Ph.D., za možnost konzultovat s ním postup mojí práce, za jeho rady, cenné připomínky a jeho vstřícný přístup. Také děkuji své rodině za podporu jak při zpracování této práce, tak při celém dosavadním studiu.

Abstrakt

Tato bakalářská práce byla zpracována formou literární rešerše. Jejími dvěma hlavními cíli jsou zhodnocení vlivu kůrovcové kalamity na vybrané ekologické aspekty lesních porostů České republiky, kterými jsou vliv této disturbance na biodiverzitu hmyzu a hydrologické poměry. Vliv na tyto faktory je sledován zejména na území České republiky, avšak jako důležité podklady slouží i zahraniční studie, prováděné na území jiných států, zejména v Německu. Metodickým postupem této práce je shromáždění informací o vlivu kůrovcové kalamity na výše uvedené aspekty v širokém spektru odborných názorů a výsledků terénních výzkumů. Výsledky této práce ukazují, že kůrovcová kalamita má na biodiverzitu hmyzu většinou pozitivní vliv. Hydrologické poměry jsou ovlivňovány v rámci kůrovcem zasažených porostů nejednoznačně, v závislosti na konkrétních parametrech v povodí. V závěru je pojednáno nejen o tom, že ačkoli by si možná spousta čtenářů myslela, že kůrovcová kalamita může znamenat ve všech ohledech vždy jen negativní následky v podobě masové disturbance, z ekologického pohledu může přinášet i pozitiva.

Klíčová slova: lesnictví, disturbance, biodiverzita, hydrologie

Abstract

This bachelor thesis was processed in the form of a literary research. Its two main objectives are to evaluate the impact of bark beetle calamity on selected ecological aspects of forest stands in the Czech Republic, which are the impact of this disturbance on insect biodiversity and hydrological conditions. The influence on these factors is monitored mainly in the Czech Republic, but foreign studies carried out in the territory of other countries, especially in Germany, also serve as important documents. The methodological procedure of this **work** is to collect information on the influence of the bark beetle calamity on the above mentioned aspects in a wide range of expert opinions and results of field research. The results of this work show that the bark beetle calamity has a mostly positive effect on the biodiversity of insects. Hydrological conditions are influenced ambiguously within bark beetle-affected stands, depending on specific parameters in the catchment area. In conclusion, it is discussed not only that although many readers might think that bark beetle calamity can always mean only negative consequences in the form of mass disturbance in all respects, from an ecological point of view it can also bring positives.

Keywords: forestry, disturbance, biodiversity, hydrology

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíle práce	12
3	Metodika	13
4	Literární rešerše.....	14
4.1	Druhy kůrovce.....	14
4.1.1	Lýkožrout smrkový (<i>Ips typographus</i>).....	14
4.1.2	Lýkožrout lesklý (<i>Pityogenes chalcographus</i>)	16
4.1.3	Lýkožrout menší (<i>Ips amitinus</i>)	16
4.1.4	Lýkožrout severský (<i>Ips duplicatus</i>)	16
4.1.5	Lýkohub smrkový (<i>Dendroctonus micans</i>).....	17
4.2	Porosty České republiky	18
4.2.1	Zastoupení dřevin porostů ČR	18
4.2.2	Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i>).....	18
4.3	Kůrovcová kalamita	21
4.3.1	Závislost míry nahodilé těžby kůrovcového dříví a jeho ceny	21
4.3.2	Nejvíce zasažené okresy kůrovcem v ČR.....	23
4.4	Biodiverzita	25
4.5	Ohrožené druhy	26
4.5.1	Zvláště chráněné druhy v ČR.....	26
4.5.2	Červené seznamy	26
4.6	Hmyzí saproxylobionti a jejich prostředí	27
4.6.1	Mrtvé dřevo.....	27
4.6.2	Saproxyliční brouci	28
4.7	Hydrologické poměry	33
4.7.1	Infiltrace	33
4.7.2	Evaporace.....	33
4.7.3	Povrchový odtok	33
4.8	Vliv kůrovcové kalamity na biodiverzitu hmyzu	34
4.8.1	Biodiverzita hmyzu v rámci intenzivně zasaženého porostu	34
4.8.2	Reakce saproxylických druhů na kůrovcovou kalamitu	35
4.8.3	Další pohled na pojem biodiverzita.....	36
4.8.4	Biodiverzita hmyzu na území NP Šumava.....	36
4.9	Vliv kůrovcové kalamity na hydrologické poměry	38
4.9.1	Jakost vody v rámci kůrovcem zasaženého povodí	38

4.9.2	Změny hydrologického režimu v rámci disturbovaného porostu	39
4.9.3	Analýza hydrologických dat	40
4.9.4	Monitoring hydrologických poměrů v rámci vybraných disturbovaných porostů v NP Šumava.....	41
4.9.5	Monitoring odtokového procesu z disturbovaných porostů.....	43
4.9.6	Vliv fázi kůrovcové distutbance na hydrologické poměry	44
4.9.7	Další odborné názory	45
5	Výsledné zhodnocení	46
6	Diskuse.....	48
7	Závěr a přínos práce	51
8	Přehled literatury a použitých zdrojů	54
8.1	Oborné publikace	54
8.2	Internetové zdroje.....	58
9	Seznam obrázků a tabulek.....	60
9.1	Seznam obrázků	60
9.2	Seznam tabulek.....	60

1 Úvod

Předmětem této bakalářské práce je výzkum toho, jak ovlivňuje kůrovcová disturbance vybrané ekologické aspekty lesních porostů České republiky. Jedná se o dva hlavní aspekty, kterými jsou biodiverzita hmyzu a hydrologické poměry v rámci kůrovcem disturbovaných porostů. Kromě těchto dvou hlavních aspektů je zde také okrajově řešen vliv kůrovcové kalamity na jakost vody. V současné době již existuje řada odborných studií či literárních pramenů, které se touto problematikou zabývají. Jedná se však většinou o určité terénní výzkumy, které jsou prostorově omezené a zaměřují se na tyto ekologické aspekty pouze v rámci určitého stanoviště.

Mnohdy jsou zároveň zkoumány s celou řadou další problematiky. Z tohoto důvodu je cílem této práce také porovnávat, jak kůrovec ovlivňuje uvedené aspekty napříč různými lokalitami. U jednotlivých rozborů studií jsou vždy uvedena konkrétní místa, kde byl výzkum prováděn. Kromě toho jsou vždy popsány základní parametry, charakterizující konkrétní stanoviště. Jedná se zejména o nadmořskou výšku, roční úhrn srážek či dřevinné zastoupení. Jsou zde také logicky porovnávány porosty zdravé, částečně napadené či kompletně disturbované kůrovcem. Dále je zde řešen i další faktor, kterým je to, jakou roli může hrát doba uplynulá od vypuknutí kůrovcové kalamity, a to zejména v kontextu vlivu na hydrologické poměry.

Byť je již ze zadání patrné, že předmětem práce je vliv kůrovcové kalamity na výše zmíněné aspekty v rámci České republiky, jako relevantní zdroje informací zde byly použity i zahraniční výzkumy. Jedná se především o terénní výzkumy, které byly realizovány na území Národního parku Bavorský les v Německu, jež vedli uznávaní odborníci v tomto oboru. Tento německý národní park se nachází v bezprostřední blízkosti od hranic České republiky a plynule na něj navazuje náš největší Národní park Šumava, který má i velmi podobné, dokonce téměř stejné dřevinné zastoupení. Na území NP Šumava byla také provedena celá řada terénních výzkumů, které slouží jako vhodné podklady pro tu rešerši. V souvislosti s hodnocením vlivu kůrovcové kalamity na biodiverzitu hmyzu jsou v rámci rešerše také popsáni různí zástupci hmyzu, mezi jejichž oblíbená útočiště patří mrtvé, nejen smrkové dřevo. Jedná se o takzvané saproxylické organismy, chceme-li saproxylobionty. V kontextu vlivu kůrovcové kalamity na uvedené aspekty je v práci

také nastíněno to, co dalšího je tímto typem disturbance ovlivňováno. Jedná se zejména o ceny smrkového dříví a s tím související ekonomické ztráty. Je zde rovněž objasněno, co konkrétně je myšleno hydrologickými poměry a které veličiny řazené do hydrologických poměrů jsou kůrovcovou kalamitou nejčastěji ovlivňovány.

2 Cíle práce

Dvěma hlavními cíli této bakalářské práce jsou zhodnocení vlivu kůrovcové kalamity na biodiverzitu hmyzu a na hydrologické poměry v lesních porostech České republiky. Konkrétně zjistit, zda je pro hmyz kůrovcová kalamita spíše negativním faktorem, nebo zda je obecně, ale i pro populace jednotlivých druhů hmyzu spíše pozitivem. V rámci zkoumání vlivu kůrovcové kalamity na hydrologické poměry bude kladen důraz zejména na proměnlivost množství povrchového odtoku a infiltrace vody.

3 Metodika

Vzhledem k rešeršnímu charakteru této práce jsou výše uvedené cíle zpracovávány zejména z odborných článků souvisejících právě s problematikou vlivu kůrovcové kalamity na uvedené aspekty. Tyto práce byly nejčastěji vyhledány pomocí webových stránek sciencedirect.com, webofscience.com. Nedílnou součástí zdrojů informací v rámci této bakalářské práce je také tištěná literatura. Dále byly také využity doplňkově neodborné, avšak přínosné internetové zdroje. Na základě získaných informací ze všech těchto pramenů byla napsána literární rešerše a následně v dalších kapitolách zhodnocen vliv kůrovcové kalamity na uvedené ekologické aspekty, které jsou zároveň dvěma cíli této práce. Fotografie v této práci byly pořízeny autorem v období od prosince roku 2021 do března roku 2022. Vlastní grafy a tabulky byly vytvořeny pomocí programu Microsoft Excel. Z některých převzatých tabulek či schémat byla převzata jen určitá pasáž zabývající se problematikou vhodnou pro tuto práci.

4 Literární rešerše

4.1 Druhy kůrovce

4.1.1 Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*)

Kůrovci jako takoví sice představují poměrně velkou podčeď hmyzu, avšak zdaleka ne všechny jejich druhy z celého světa jsou schopné zapříčinit významné, zejména ekonomické dopady. Celkový počet druhů známých kůrovců je asi 6000 (Bentz et Jonsson 2015). Tato podkapitola pojednává o tom kůrovci, kterého si představí naprostá většina Čechů, když někdo vysloví slovo kůrovec. Na území Evropy můžou disturbance způsobené tímto druhem vést k odumření milionů smrků (Christiansen et Bakke 1998). Jedná se jednoznačně o nejrozšířenější a nejvíce problémový druh v České republice. Kromě naší země se však lýkožrout smrkový vyskytuje také ve velké části nejen střední Evropy, ale také například na území evropské části Ruska. Obecně se vyskytuje se v rozsahu 43-66° severní šířky (Bentz et Jonsson 2015).



Obrázek 1: Lýkožrout smrkový (Cab international ©2022 b).

Lýkožrout smrkový je tmavě hnědý až téměř černý lesklý brouk. Je cca 4,5 mm dlouhý, má odstáté zlatavé chloupky s useknutou zádí krovek s typicky uspořádanými zoubky (Lesnická práce ©2021, Lesní ochranná služba ©2021). V závislosti na faktorech jako je například sucho a vysoká teplota vzduchu se může kůrovec vyrojit jednou, ale dokonce i třikrát za rok (Biedermann et al. 2019). Lýkožrout smrkový má za své přirozené nepřátele například dravé brouky a mouchy (Wermelinger 2004).

Můžeme jej nalézt jak v horských oblastech až po horní hranici lesa, tak v nížinách. Všude tam, kde se nachází jeho hostitel – smrk ztepilý. Lýkožrout smrkový se dokonce vyskytuje i ve velké části Asie. Například v Rusku na Sibiři, v Číně, Koreji či Japonsku. Relativně nově se kůrovec začal objevovat také v Gruzii (Cab international ©2022 b).

4.1.2 Lýkožrout lesklý (*Pityogenes chalcographus*)

Tento druh lýkožrouta má obvykle jednu či dvě generace ročně, avšak za zvláště pro něj příznivých podmínek se může vyrojít i generace třetí. První generace se obvykle vyrojí v posledních deseti dnech měsíce dubna, v závislosti na teplotě (Cab international ©2022 a). Dospělí jedinci se obvykle totiž vyrojí, až když teplota dosáhne 16 °C (Vité, 1965). Druhá generace se pak vyrojí na přelomu července a srpna (Dřevo pro život ©2021). I tento kůrovec napadá smrky, typicky se vyvíjí v kůře jejich větví, avšak při větším přemnožení je schopen ohrožovat i vrcholky starších stromů či smrkové mlaziny (Štícha et al. 2017).

4.1.3 Lýkožrout menší (*Ips amitinus*)

Smrky napadá také lýkožrout menší. Jedná se o druh kůrovce, který se v posledních desetiletích rozšířil zejména do Evropy, hlavně do té severní. Nejvíce je však rozšířený v Rusku, kde napadá jeho hlavního hostitele – sibiřskou borovici (*Pinus sibirica*). Borovice jsou tímto typem kůrovce napadány od koruny stromu, což způsobuje tamějším borovým porostům rozsháhlé kalamity. V Rusku také v menší míře napadá smrk sibiřský (*Picea obovata*) (Kerchey et al. 2019).

4.1.4 Lýkožrout severský (*Ips duplicatus*)

Populace tohoto 2,8 – 4 mm dlouhého brouka válcovitého tvaru byla původně hojně rozšířena zejména v jižním Finsku, nicméně dnes je její velikost výrazně zregulována konkurenčním, výše uvedeným kůrovcem – lýkožroutem menším. Lýkožrouta severského můžeme i přes tento jeho název nalézt také v České republice, jižním Polsku, severním Slovensku a Rumunsku (Cab international ©2022 c). V těchto zemích byl jeho výskyt však zjištěn až v roce 1990. (Pfeffer et Knizek 1995; Grodzki 1997; Turcani et al. 2001).

4.1.5 Lýkohub smrkový (*Dendroctonus micans*)

Dospělí jedinci tohoto vzrůstem největšího kůrovce, vyskytujícího se v České republice, dorůstají běžné délky 6-9 mm. Jejich barva je tmavě hnědá a má také válcovitý tvar těla. V současnosti se jeho populace vyskytují na území celé Eurasie, je totiž velice dobře adaptován na široké spektrum životních podmínek. Tento kůrovec může vzduchem překonávat bez problému vzdálenost 2-3 km, což mu umožňuje dostat se k dalším hostitelským stromům. Vlivem větru je schopen doletět dokonce i dále. I přes tuto výhodu však často rád napadá buď znovu stromy, ve kterých se vyvíjel, nebo bezprostředně sousedící stromy. Lýkohub je schopen přežít dokonce i v již pokáceném dřevě, které je přepravováno mnoho kilometrů, například za účelem výroby materiálu. Tímto způsobem se tedy může nekontrolovaně šířit v rámci velmi rozsáhlého území (Cab international ©2022 d). Včetně těchto pěti popsaných druhů kůrovce je schopno v rámci klimatických podmínek, které máme v České republice, přežít 28 druhů kůrovců. Jejich popis by však byl nad rámec této rešerše.

4.2 Porosty České republiky

4.2.1 Zastoupení dřevin porostů ČR

Lesnatost v České republice je 34 %. Mezi hlavní jehličnaté druhy dřevin v ČR patří smrk ztepilý (51,1 %), jedle bělokorá (1,1 %), borovice lesní (16,6 %), modřín opadavý (3,9 %) a další. Počet procent v závorce poukazuje na aktuální skutečné zastoupení těchto dřevin.

Pokud jde o jehličnaté dřeviny, v naší zemi se hojně vyskytují listnáče jako buk lesní (7,8 %), dub letní a zimní (7,1 %), habr obecný (1,3 %), jasan ztepilý (1,4 %), javory (1,4 %), bříza bělokorá (2,8 %), olše lepkavá (1,6 %), lípa srdčitá (1,1 %) a další (Pikula 2014; Štícha et al. 2017).

4.2.2 Smrk ztepilý (*Picea abies*)

Jelikož je v České republice kůrovcovou kalamitou ovlivněn zejména smrk a souvisí tedy úzce s problematikou této práce, dovoluji si v rámci této kapitoly zmínit jeho základní parametry. Tento jehličnatý strom dorůstá běžně výšky 30, 40 i 50 metrů. Ve výjimečných případech může dorůst až k sedmdesáti metrům. Průměr jeho kmene může dosahovat i 1,5 m a celkový objem jeho dříví 30 m³. Mimo hospodářské lesy může dosáhnout věku 300-400, ale i 600 let. Věk konkrétního stromu také samozřejmě záleží na tom, zda není napaden právě kůrovcem či jakoukoli chorobou. Závisí také na stabilitě konkrétního lesního ekosystému (Wohlleben 2018). Má červenohnědou až šedavou borku, odlučující se v tenkých šupinách, která bývá často rozpraskaná ve spodní části kmene.

Má velmi plochý, mělce a slabě zakotvený kořenový systém, tudíž je velmi náchylný k vývrátům způsobeným větrem, což je samozřejmě pro smrkové porosty velmi destruktivní, zejména v kombinaci s kůrovcovými kalamitami. Nejméně stabilní jsou smrkové monokultury na podmáčených půdách. V případě zmrzlé půdy často dochází místo vývrátů i k lámání kmene větrem. V horských oblastech má smrk často chůdovité kořeny. Pokud smrk roste jako solitéra, dospělosti dosahuje již ve věku 30-40 let. Pokud roste v zapojeném porostu, tak je považován za dospělý spíše při

dosazení 50 až 60 let věku. V závislosti na tom, na jakém konci areálu smrk roste, může být jeho podoba velmi proměnlivá.

Napříč různými lokalitami, kde se smrk vyskytuje, je tedy i jeho morfologie velmi variabilní. Jde o různé tvary koruny, větvení či formy semenných šupin šišek i jehlic. Na základě morfologické proměnlivosti se mohou měnit i jeho další důležité hospodářské vlastnosti jako je růst, tvorba kořenů, různá míra odolnosti proti suchu, zlomům a hnilobám. Smrk je v obecné rovině považován za polostinný druh. Schopnost snášet zastínění se však vyvíjí věkem a podmínkami danými specifickými stanovišti (Štícha et al. 2017).

Přirozená je pro jeho výskyt nadmořská výška nad 1000 m. n. m., jak jsem již však zmiňoval, vyskytuje se často v daleko nižších polohách (Klejduš 2021). Smrk je obecně málo odolný vůči větru i námraze. Na území naší země se vyskytuje téměř ve všech příhraničních pohořích. V rámci Evropy se pak vyskytuje zejména na severu, ale i v našich sousedních zemích. Není náročný na klima, je však velice citlivý na relativní vlhkost vzduchu, imise a na příliš vysoké teploty. Větší přísun vody mu nevadí, avšak na sucho je extrémně citlivý a dlouhodobě není schopen při něm přežít. Jsou pro něj vhodné lokality s chladným létem a s ročním úhrnem srážek více než 700 mm. Jedná se o naši hlavní hospodářskou dřevinu. Je využívána jako dříví stavební, truhlářské či nástrojářské. Pokud jde o smrkovou vlákninu, ta patří mezi nejlepší suroviny v rámci papírenského průmyslu. Smrk má ale i další výrobní využití (Štícha et al. 2017).



Obrázek 2: Nalomený smrk (foto: Vojtěch Salák).

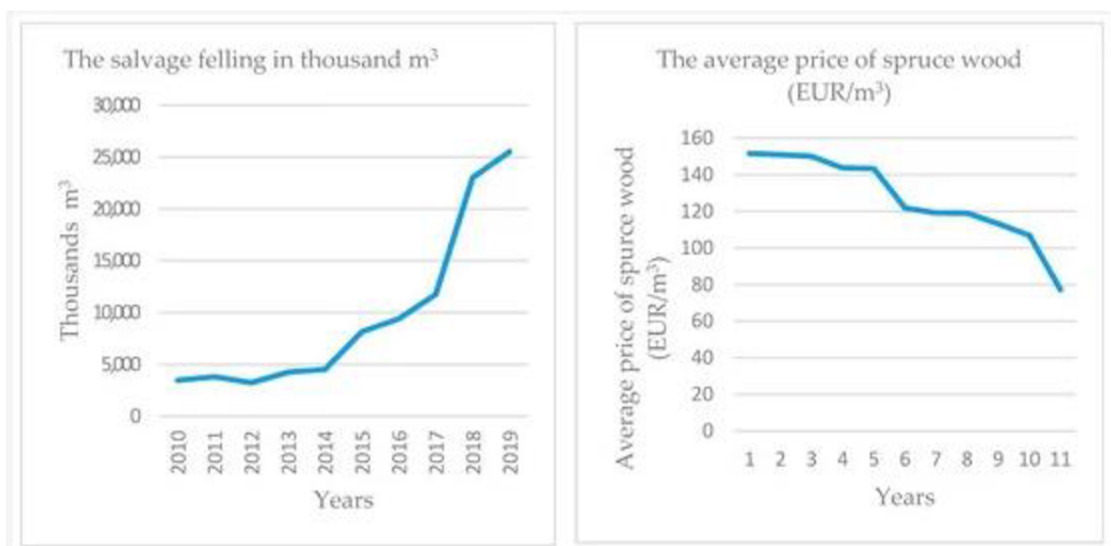
Na fotografii, pořízené ve vesnici Jevany v únoru 2022, můžeme vidět zleva již starší větrné vývraty. Uprostřed potom smrk, který byl vyvrácen vlivem větru a zachytil se před úplným pádem o okolní stromy. Vpravo můžeme vidět i smrk, který se díky větru dokonce zlomil zhruba v polovině svojí výšky. Není náhodou, že vlivem větru spadly zrovna tyto stromy. Před několika lety byl totiž tento porost zasažen kůrovcem. Tyto stromy méně rozsáhlou kalamitu sice přežily, avšak naprosto ztratily jakoukoli ochranu před silným větrem, které jim dříve poskytovaly sousedící stromy. Po těch však dnes zbyla jen paseka – veškeré kůrovcové dříví bylo vytěženo. Díky tomuto v okolí zmiňované paseky vlivem větru spadly také vysoké borovice. Některé byly polámané v různé výšce, což je pro ně typické.

4.3 Kůrovcová kalamita

4.3.1 Závislost míry nahodilé těžby kůrovcového dříví a jeho ceny

Jedním z velkých problémů lesnictví v České republice je v současné době pokles cen smrkového dříví. Problém poklesu ceny dříví v rámci evropského trhu se netýká pouze lesnických společností, které ho těží, zpracovávají, ale samozřejmě také pracovníků dřevozpracujícího průmyslu. Tyto ekonomické ztráty způsobují obecně zejména následující faktory: sucho, změna klimatu a kůrovcové kalamity. V současnosti se nejvíce zvýšila intenzita nahodilé těžby, právě kvůli kůrovcovým kalamitám. Její exponenciální nárůst vyvrcholil v roce 2019. Během deseti let bylo kvůli kůrovci vytěženo bez mála 100 milionů m³ dřeva. Stromy napadené kůrovcem musí být totiž co nejdříve identifikovány, následně rychle vytěženy a odvezeny. Jeden napadený strom může zapříčinit napadení několika dalších. Tímto způsobem vznikají i rozsáhlé kůrovcové kalamity (Toth et al. 2020).

Tato forma disturbance často také vyvolává různé názorové rozepře mezi ochránci přírody, přírodovědci a lesníky. Jednalo se zejména o otázku, zda postižené porosty vykácet nebo je nechat přirozenému vývoji. Toto se v uplynulých letech tohoto století dělo zejména na území Národního parku Šumava. Téma kůrovcových kalamit tedy zasahuje často do politicko společenské roviny (Chalupa et al. 2011). Rovněž probíhaly protesty proti kácení kůrovcem napadených lesních porostů, realizované takzvanými „blokádisty“ (Kindlmann et al. 2012).



Obrázek 3: Těžba a cena smrkového dříví (Toth et al. 2020).

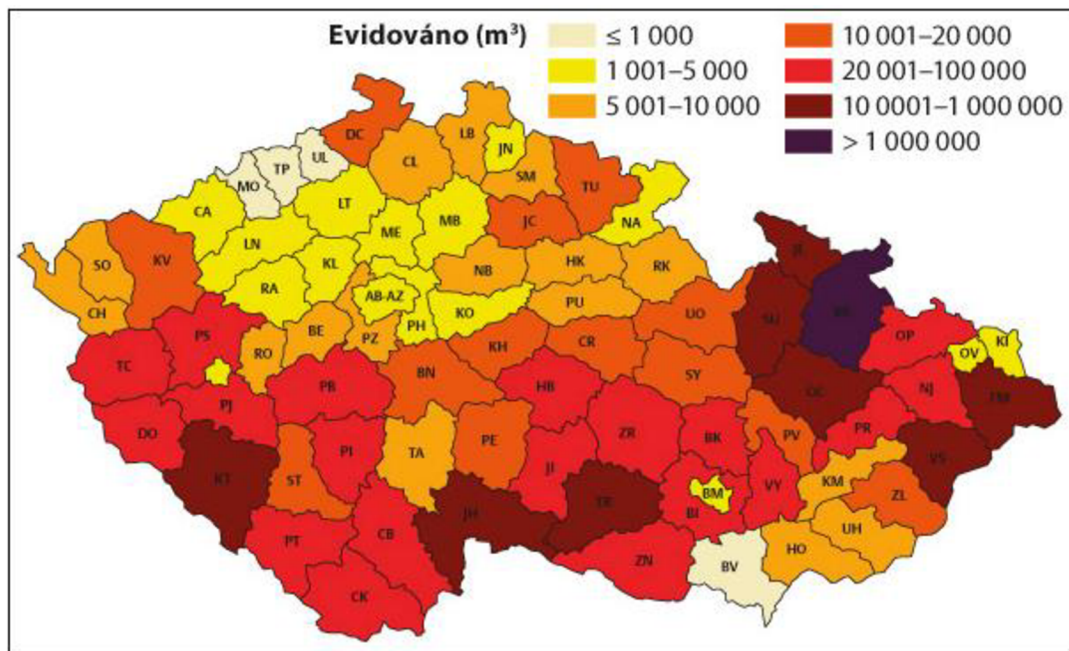
Na levé části tohoto grafu můžeme vidět exponenciální nárůst především nahodilé těžby smrku, zejména od roku 2016 do roku 2019. V pravé části potom vidíme, že cena smrkového dříví v závislosti na nárůstu vytěžených kubických metrů dříví naopak logicky rapidně klesá.



Obrázek 4: pokácený smrk (foto: Vojtěch Salák).

Kůrovcem napadený, již pokácený smrk, nacházející se ve smíšeném lese na území Národní přírodní rezervace Voděradské bučiny, mezi obcemi Struhařov a Jevany. Fotografie byla pořízena v prosinci roku 2021. Jak můžeme vidět, problematika šíření kůrovce se netýká pouze smrkových monokultur.

4.3.2 Nejvíce zasažené okresy kůrovcem v ČR



Obrázek 5: Mapa reprezentující objem kůrovcového smrkového dříví v jednotlivých okresech v ČR z roku 2018 (Zahradník et Zahradníková 2019).

Na mapě uvedené výše můžeme vidět dle barev přidělených jednotlivým okresům, v jakém se pohybují rozmezí co do počtu kubických metrů kůrovcem napadeného dříví. Z mapy je patrné, že v roce 2018 byly kůrovcovou kalamitou hojně ovlivněné porosty v jihozápadní části republiky, tedy například velká část Národního parku Šumava, zejména v okrese Klatovy. Hojně byla také zasažena oblast Vysočiny, jmenovitě například okresy Jihlava, Havlíčkův Brod a Žďár nad Sázavou. Z jižní části republiky potom okresy Český Krumlov, České Budějovice a ve větší míře okresy Jindřichův Hradec a Třebíč. Ve východní části země byl velmi silně zasažen okres Bruntál, ale i Jeseník, Šumperk, Olomouc, Frýdek-Místek a Vsetín. Porosty v dalších východních okresech republiky však také nezůstaly kůrovcem zdaleka nedotčeny, jak je vidět na mapě. Kůrovec se samozřejmě vyskytoval také na Severu Čech, avšak v menší míře než ve výše zmiňovaných lokalitách (Zahradník et Zahradníková 2019).

Aktuální, rozsáhlý problém, týkající se šíření lýkožrouta smrkového v Evropě je dán z části změnou klimatu. Toto však není zdaleka jediný důvod. Další příčinou rozsáhlých kůrovcových disturbancí je zejména i dlouhodobý lesní management. Dřevina, napadená tímto typem kůrovce – výše popsaný smrk ztepilý, byl v minulých stoletích velmi intenzivně vysazován mimo svůj přirozený areál. Důvodem byl jeho rychlý růst, příznivé technické vlastnosti a následně i relativně snadný ekonomický zisk ze smrkového dřeva. Tyto takzvané sekundární smrkové lesy však postupem času začaly mít velký problém. Díky tomuto jejich nepřirozenému areálu nebyly v dobrém zdravotním stavu a byly tak snadno náchylné k poškození větrem, suchem a samozřejmě také kůrovcem (Hlásny et al. 2019).

Na snímku pořízeném opět v únoru 2022 v Jevanech můžeme vidět odvoz již suchého, na metry nařezaného smrku, který se nacházel opět na hranici paseky po již disturbovaném porostu.



Obrázek 6: transport smrkového dříví pomocí bugy a vozíku (foto: Vojtěch Salák).

4.4 Biodiverzita

Pojem biodiverzita zahrnuje míru rozmanitosti druhů nejen živočichů, ale také rostlin, bakterií a hub. Pro představu, odhadovaný počet druhů vyskytujících se na naší planetě je 5-10 milionů. Identifikováno a prozkoumáno jich je však v současné době pouze 1,5 milionu. Spousta druhů byla člověkem v minulosti vyhubena nebo jsou jejich populace v určité míře ohroženy. (National geographic ©2022)

Druhovú biodiverzita může být zkoumána na různých úrovních – alfa, beta a gama diverzita. Alfa diverzita představuje počet druhů na určitém stanovišti, případně pouze na určité rozloze (ha, km²).

Beta diverzita představuje změnu v druhovém zastoupení mezi určitými lokalitami. Například rozdíl druhového složení v rámci listnatého či jehličnatého lesa. Pojem beta diverzita také používáme v případě, že mluvíme o různých druzích, vyskytujících se v závislosti na výškovém gradientu.

V rámci některých studií mohou být však pojmy alfa a beta diverzita použity i v jiných případech než jako indikátor druhové rozmanitosti. Například v jedné, která bude zmíněna v dalších kapitolách této práce, byla jako beta a gama diverzita využita v souvislosti s tloušťkovou a výškovou diverzitou porostu (Geografický ústav ©2014).

Gama diverzita je velmi podobná alfa diverzitě, s tím rozdílem, že je zkoumána v rámci velmi rozsáhlých areálů, jako jsou například i celé kontinenty

4.5 Ohrožené druhy

4.5.1 Zvláště chráněné druhy v ČR

Určitým vzácným, vědecky či kulturně významným druhům rostlin a živočichů je poskytována přísnější ochrana. Další motivací k ochraně konkrétních druhů může být to, že jsou zdrojem potravy, léčiv, biomasy pro stavebnictví, energetiku či různá odvětví průmyslu (Kovář 2014).

Toto je dáno v České republice na základě Zákona o ochraně přírody a krajiny v platném znění. Druh může být také vzácný, což znamená, že se například vyskytuje jen v rámci velmi omezeného areálu či biotopu. To, že je daný druh vzácný, ještě tedy nemusí automaticky znamenat, že je ohrožený. Podle toho, jak moc je konkrétní druh ohrožený, rozlišujeme tři stupně – druh ohrožený, silně ohrožený a kriticky ohrožený. Při určení ohroženosti je nutno monitorovat počet jedinců konkrétního druhu. Konkrétní seznam, který druhy do těchto kategorií rozděluje, je dostupný v příloze II a III vyhlášky č. 395/1992 Sb. Tato vyhláška spadá pod Zákon 114/1992 o ochraně přírody a krajiny (Ministerstvo životního prostředí ©2020).

4.5.2 Červené seznamy

Mezinárodní svaz ochrany přírody IUCN eviduje následující kategorie ohrožení druhů při jejich zařazování na červené seznamy. Vyhynulý nebo vyhubený ve volné přírodě, kriticky ohrožený, ohrožený, zranitelný, téměř ohrožený, málo dotčený, druh, o němž jsou nedostatečné údaje, druh nevyhodnocený. Pokud jde o zapsání konkrétního druhu na celostátní či na celosvětový červený seznam dle IUCN, kritéria zapsání pro celostátní seznamy se nemusí vždy shodovat s těmi celosvětovými (Hejda et al. 2017).

4.6 Hmyzí saproxylobionti a jejich prostředí

4.6.1 Mrtvé dřevo

Pojem saproxylobiont znamená organismus, jehož útočištěm je mrtvé či odumírající dřevo. Pokud jde právě o význam mrtvého nebo odumírajícího dřeva v souvislosti s vazbou života saproxylického hmyzu, obecně jsou významnější spíše listnaté dřeviny jako jsou duby, jilmy, lípy, vrby, topoly a ovocné stromy. Toto ale určitě neznamená, že by bylo odumřelé dřevo jehličnatých stromů bezcenné, jelikož i ono hostí řadu velmi zajímavých a často vzácných druhů. Na rozdíl od druhů vázaných na listnáče se však se saproxylobionty mrtvého smrkového či borového dříví setkáme spíše ve větší vzdálenosti od lidského obydlí. Například v rámci národních parků, národních přírodních rezervací a dalších zvláště chráněných území (Krása 2015).

Druh	smrk	borovice	duby	buk	jedle	lípy
Roháček jedlový (<i>Ceruchus chrysomelinus</i>)						
Tesařík zavalitý (<i>Ergates faber</i>)						
Trnoštílec horský (<i>Tragosoma depsarium</i>)						
Krasec měďák (<i>Chalcophora mariana</i>)						
Rýhovec pralesní (<i>Rhysodes sulcatus</i>)						
Prahlec červenoštitý (<i>Phryganophilus ruficollis</i>)						
Kovařík šupinkatý (<i>Lacon querceus</i>)						

Tabulka 1: druhy zvláště chráněných saproxylických brouků a dřeviny jimi obsazované (Krása 2015).

Zejména v národních parcích jsou totiž na určitých územích úmyslně odstraňovány pouze nebezpečné větve, které leží příliš blízko cest (Werner 2018). Kdežto saproxylobionti listnáčů se často mohou vyskytovat například i v městských parcích. V níže uvedené tabulce můžeme vidět zvláště chráněné druhy saproxylických brouků. Vzhledem k zaměření práce – vlivu kůrovcové kalamity na biodiverzitu hmyzu – jsem vybral pouze ty brouky, kteří jsou schopni využívat mrtvého smrkového dřeva. U těchto druhů tabulka však také znázorňuje, jaké další druhy mrtvých dřevin jsou schopni obsazovat. Zeleně jsou vyznačeny hojně využívané dřeviny, žlutě ty, které jsou využívány daným druhem spíše v menší míře (Krása 2015).

4.6.2 Saproxyličtí brouci

4.6.2.1 Roháček jedlový (*Ceruchus chrysomelinus*)

V České republice je tento druh kriticky ohroženým. Jedná se o tmavě lesklého brouka dorůstajícího délky až 16 mm. Larvy tohoto brouka se vyvíjejí v podmínkách porostů ČR zejména v pařezech a mrtvém dřevě jehličnanů ve značné fázi rozkladu zapříčiněném červenou hnilobou. Upřednostňují zejména smrk a jedli. Vývoj jeho larev může trvat 2-3 roky. Obecně se vyskytuje spíše ve vyšších polohách, zejména v zachovalých pralesech. U nás je tedy nejvyšší šance jeho nalezení především v pohraničních horách. Nejvíce jedinců bylo nalezeno v Beskydech a okolí, objevil se však také například na Znojemsku (Krása 2015).

Pokud jde o vhodný management v rámci ochrany tohoto druhu, nejlepší je tedy nechat porost ideálně bez lidských zásahů (Kašák et al. 2019). Když už je potřeba v daném porostu provádět zásah, mělo by jít jen o výběrnou těžbu, při které je však nutné zachování určitého množství mrtvého dřeva na konkrétní lokalitě. Mělo by být tedy díky tomu zamezeno nežádoucí změně mikroklimatu vysušením stanoviště kvůli přílišnému otevření slunečnímu záření či větru (Krása 2015).

4.6.2.2 Tesařík zavalitý (*Ergates faber*)

Jde o silně ohroženého brouka i přes to, že se jich u nás nevyskytuje tak málo. Svým rozměrem je největší z tesaříků vyskytujících se v České republice. Má hnědou barvu, jeho štít je tmavší než krovky. Vyznačuje se pohlavním dimorfismem – samci jsou matní, zatímco samice jsou lesklé. Rovněž mají v závislosti na pohlaví odlišný tvar štítu. Larvy tohoto tesaříka se vyvíjejí v mrtvém dřevě smrku, ještě častěji však v mrtvém dřevě borovic. Jsou však schopny vývoje i v kmenech či pařezech jiných dřevin (Krása 2015).

Jeho výskyt byl však také zaznamenán ve starých dřevěných sloupech (Reinprecht et Šupina 2015). Dospělí jedinci jsou aktivní v nočních hodinách a objevují se od července do září. Typicky obývá rozsáhlejší borové lesy, které jsou relativně bohaté na staré stromy. Kromě České republiky se vyskytuje na území většiny Evropy, ale také například v severní Africe. Zásadním faktorem přežití populace tohoto druhu je dostatek zmiňovaného mrtvého dřeva. Toho je však v lesích často nedostatek, navíc jsou často odstraňovány i pařezy. V rámci ochrany tohoto druhu je nutné toto odstraňování intenzivně eliminovat. Současně je nutné, aby mrtvé dřevo v rámci dané lokality leželo delší dobu – jedná se o druh s dlouhodobým vývojem (Krása 2015).

4.6.2.3 Trnoštíhlec horský (*Tragosoma depsarium*)

Tento velmi vzácný saproxylický brouk je v naší zemi silně ohroženým druhem. Jeho larvy se mohou vyvíjet v pařezech, pahýlech a v ležícím vlhkém dřevě jehličnanů. Konkrétně se jedná o smrk, jedli a borovici, přičemž kmen ležících mrtvých stromů by měl mít ideálně průměr větší než 20 cm. Vývoj samotných larev trvá rok nebo dva roky. Dospělí jedinci tohoto brouka se vyskytují pouze od července do srpna a aktivní jsou zejména ve večerních a nočních hodinách. Tento druh obývá valnou část Evropy, ale také Sibiř či některé lokality v Severní Americe. V České republice jsou pro něj vhodným útočištěm zejména horské porosty pralesního charakteru, kde je dostatek mrtvého dřeva. Konkrétně jde zejména o Šumavu, Novohradské hory a Beskydy (Krása 2015). Pokud jde tedy o jeho ochranu, vhodným managementem je pro něj opět bezzásahovost v porostu v nejvyšší míře a zároveň opět samozřejmě ponechávání mrtvého dřeva na dané lokalitě. V rámci stanoviště, kde se tento druh vyskytuje, by tedy neměla až na výjimečné případy být prováděna jakákoli těžba (Wikars 2004). Mrtvé dřevo je ideální ponechat i s kůrou. Mělo by být vlhké, nikoli přesušené. Níže můžeme vidět fotografii pořízenou v druhé polovině března roku 2022 ve smíšeném lesním porostu nedaleko Arboreta Kostelec nad Černými lesy, které bylo zřízeno v roce 1954 (Roček et al. 1998). Vidíme na ní pozůstalý pahýl po ulomeném smrku. Jedná se o potenciální budoucí útočiště právě například pro larvy výše zmíněného Trnoštíhlece horského.



Obrázek 7: pahýl ponechaný po těžbě (foto: Vojtěch Salák).

4.6.2.4 Krasec měďák (*Chalcophora mariana*)

Tento náš největší krasec, který může dorůstat délky až přes 3 cm, je v naší zemi ohroženým druhem. Má bronzovou barvu s náznakem poprašku v prohlubních na zbrázděných krovkách. Jeho přirozeným stanovištěm jsou reliktní bory, vyskytuje se však také v uměle vysazených monokulturách. Jeho larvy se živí mrtvým dřevem borovic, přičemž je vhodné, aby bylo osluněné. V menší míře je schopen se vyvíjet také ve smrkovém mrtvém dřevě. V rámci primárních biotopů je však schopen napadat i ne zcela odumřelé stromy, stačí mu i odumírající (Krása 2015 ex. Škorpík et al. 2011).

Zajímavostí je délka vývoje larev tohoto brouka, jedná se o 3 až 6 let. Dospělé jedince můžeme vidat v období od května do září. Vyskytuje se téměř po celé Evropě. Obývá také Sibiř, dokonce i Írán. V rámci ochrany tohoto druhu není potřeba naprosté bezzásahovosti v porostech, je však potřeba vyvarovat se příliš intenzivní těžbě. Výběrná těžba naopak život tohoto brouka podporuje za předpokladu, že zajistí oslunění staršího mrtvého dřeva (Krása 2015).

4.6.2.5 Rýhovec pralesní (*Rhysodes sulcatus*)

Tento hnědě zbarvený střívlíkovitý saproxylický brouk, dorůstající délky až 8 mm, patří v České republice mezi kriticky ohrožené druhy a zároveň je také chráněn na základě Evropské směrnice o stanovištích (Krása 2015; Kostansjek et al. 2018).

Patří mezi nejvzácnější a nejohroženější české saproxylobionty. Jak dospělí jedinci, tak larvy tohoto brouka žijí zpravidla ve vlhkém ležícím dřevě, konkrétně pod jeho kůrou, přičemž jsou ideální mohutné ležící kmeny. Larvy se vyvíjejí dva roky. Jeho symbióza je spjatá s mrtvým dřevem ve velmi pokročilém stádiu rozkladu. Můžeme jej nalézt v nadmořské výšce od 150 m n. m. do 900 m. n. Jeho život není podmíněn výskytem konkrétního druhu dřevokazné houby v rámci jeho stanoviště. Nalezneme jej ve střední a východní Evropě, ale také na Kavkazu či na poloostrově Malé Asie a na západní Sibiři.

V rámci jeho ochrany je nutná kombinace bezzásahového přístupu a aktivního managementu. Na lokalitě, kde se tento druh vyskytuje, je tedy možné těžít, ale musí zde být ponechán dostatek mrtvého dřeva v podobě kmenů o velkém průměru, na kterých je zachovalá kůra (Krása 2015).

4.6.2.6 Kovařík šupinkatý (*Lacon lepidopterus*)

K dalším saproxylickým druhům, které jsou schopné využívat jako své útočiště smrkové mrtvé dřevo, patří kovařík šupinkatý, který byl nalezen například v Hlubockých oborách, na Šumavě či v Českém Švýcarsku. Primárně však tento brouk preferuje mrtvé dřevo jedlí (Krása 2015).

4.6.2.7 Prahleč červenoštitý (*Phryganophilus ruficollis*)

Nesmíme zapomenout ani na silně ohroženého prahlece červenoštitého, který dorůstá délky 15 mm, má zploštělý tvar, tmavé krovky a oranžový štít. Jedná se o pralesní reliktní druh. Jeho larvy se vyvíjejí 2-3 roky v mrtvém trouchnivějícím dřevě, kde se živí dřevokaznými houbami, jako jsou například choroši či outkovky. Jeho dospělé jedince nalezneme od května do července často pod odchlíplou kůrou. V rámci jeho ochrany je ideální bezzásahový režim (Krása 2015).

4.7 Hydrologické poměry

4.7.1 Infiltrace

Při procesu infiltrace dochází k vsakování vody do půdního prostředí, obvykle skrz povrch půdy. Tento faktor výrazně ovlivňuje podíl srážek na povrchovém, hypodermickém odtoku a také odtoku do podzemních vod. Hypodermický odtok probíhá ve svrchní vrstvě půdy. Rychlost infiltrace vody závisí zejména na faktorech jako jsou vlhkost půdy, vegetační kryt půdního povrchu, intenzita srážek, chemické složení půdy, fyzikální vlastnosti a stav půdy (Hrádek 2002).

4.7.2 Evaporace

Jedná se o proces vypařování, který znamená přeměnu vody z kapalného či pevného skupenství do plynného. Evaporace (výpar) může být zaznamenáván v m³ nebo jako výška vrstvy vody vypařené v určitém časovém úseku z dané plochy. Podle různého charakteru plochy se může jednat o výpar z volné hladiny, výpar z půdy porostlé vegetací (evapotranspirace), výpar z holé půdy, výpar ze zarostlé vodní hladiny či prostou transpiraci rostlin (Hrádek 2002).

4.7.3 Povrchový odtok

Může se jednat o dva druhy povrchového odtoku. Pokud půda ještě není vodou zcela nasycena, a i přes to odtéká po povrchu – nevsakuje se, říkáme tomu překročení infiltrační kapacity. Zde dochází k takové intenzitě srážek dopadajících na zem či tání sněhu v daném čase, že půda není schopná vodu přijmout. Toto se děje například pokud je půda příliš vysušená a tvrdá.

Dalším druhem povrchového odtoku je dosažení stavu nasycení, což znamená, že je všechn volný prostor pro vodu ve svrchním půdním prostoru již zcela zaplněn. Voda už se tudíž nemá kam dostat a při tomto stavu může docházet k intenzivnímu povrchovému odtoku i na půdě, která má jinak vynikající infiltrační schopnost (Hrádek 2002; The Comet ®Program ©2010).

4.8 Vliv kůrovcové kalamity na biodiverzitu hmyzu

4.8.1 Biodiverzita hmyzu v rámci intenzivně zasaženého porostu

Tato část studie, která je zaměřená na biodiverzitu druhů v kůrovcem silně napadeném porostu, byla realizována na území jihovýchodního Německa. Jedná se však o Národní park Bavorský les – německou část pohoří Šumava, který se samozřejmě nachází přímo u hranic naší země, nedaleko Národního parku Šumava, tudíž jsem neváhal v mojí práci využít poznatků z tohoto výzkumu. Lesy v tomto národním parku zažily během dvaceti let dvě velké kůrovcové kalamity, které zasáhly většinu tamějších smrků. Jen pro zajímavost, kromě biodiverzity hmyzu, která je jedním z hlavních cílů mojí práce, zde byla zkoumána například i biodiverzita rostlin, netopýrů, lišejníků či hub. Jak ovlivnily tyto dvě velké disturbance různé skupiny druhů hmyzu, můžeme vidět v následující tabulce, kterou jsem zpracoval na základě výsledných dat tohoto výzkumu (Burkhard et al. 2014)

skupina hmyzu	všichni zástupci	zástupci evidovaní na Červených seznamech
vosy a včely	velmi kladný	velmi kladný
brouci	velmi kladný	velmi kladný
cikády	velmi kladný	nemá vliv
širopasí	nemá vliv	nenalezen žádný jedinec
sít'okřídli	nemá vliv	nemá vliv
polokřídli	mírně kladný	mírně kladný
múry	nemá vliv	nemá vliv

Tabulka 2: vliv kůrovcové kalamity na různé skupiny hmyzu (Burkhard et al. 2014).

Jak můžeme vidět v tabulce, kůrovcová kalamita měla na život různých zástupců hmyzu buď velmi kladný, mírně kladný vliv, případně dané zástupce neovlivnila vůbec či naprosto zanedbatelně. Všimněme si však, že u těchto řádů hmyzu se kůrovcová disturbance v rámci této studie nikdy nepodepsala na biodiverzitě negativně, ba naopak. Rozpadající se porosty se obecně vyznačují vyšší druhovou biodiverzitou než například smrkové monokultury. Toto se týká nejen hmyzu (Bláha 2001).

4.8.2 Reakce saproxylických druhů na kůrovcovou kalamitu

Tato studie byla sice opět realizována na území Národního parku Bavorský les v Německu, který se však, jak jsem již zmiňoval, nachází přímo u hranic s Českou republikou. Obsah tohoto výzkumu považuji za velmi důležitý pro řešení jednoho z hlavních cílů této práce – vlivu kůrovcové kalamity na biodiverzitu hmyzu, tudíž jsem ho opět neváhal využít. Tento národní park byl navíc jedním z prvních intenzivně zasažených ve střední Evropě, a proto je vhodným příkladem při výběru typu lesního managementu i pro řadu dalších (Müller et al. 2010 ex. Zahner 1992).

V porovnání s předešlým výše popsaným výzkumem prováděným rovněž v tomto národním parku, byla zkoumána biodiverzita na značně větší ploše (240 km²). Tamější porosty, nacházející se v mírném podnebí, mají velmi podobné dřevinné zastoupení jako má nedaleký Národní park Šumava (bráno včetně mrtvého dřeva). Ve vysokých polohách nad 1100 metrů zde roste v podstatě jen smrk, s klesající výškou pak povolna přibývají také přimíšené dřeviny jako buk a jedle. Odběrová místa jedinců hmyzu se nacházela na různých lokalitách, jak v místech, kde byla spousta kůrovcem usmrceného dřeva, tak v místech, kde jej bylo menší množství či tam nebylo téměř žádné. Výskyt hmyzu, v tomto případě saproxylických brouků, byl v podstatě přímo úměrný množství mrtvého dřeva na dané lokalitě – více mrtvého dřeva znamená větší pravděpodobnost výskytu saproxylických brouků.

Zajímavým příkladem je kornatec drobný (*Ostoma ferruginea*), který se v počtu větším než 100 jedinců nevyskytl v žádném jiném německém lesním porostu než právě zde, na tomto na mrtvé dřevě velmi bohatém stanovišti za dobu nejméně 100 let. Tento druh je úzce vázán na troudnatce pásovaného (*Fomitopsis pinicola*), což je houba, která se vyskytuje na mrtvém smrkovém dřevě. Jako další vzácný zástupce třídy hmyzu z čeledi kovařikovitých je *Ampedus auripes*, jehož výskyt je na území celé Evropy velmi vzácný. Bylo zde nalezeno dokonce více než 300 jedinců tohoto brouka (Müller et al. 2010). Větší či menší populace tohoto druhu se však vyskytují i například v některých z lesních porostů východních Čech (Mertlik 2017). Pokud tedy není po kůrovcové kalamitě mrtvé dřevě z postižené lokality odváženo, mohou se zde nacházet vzácné druhy nejen hmyzu a tím pádem zde mohou také vznikat unikátní ekosystémy.

4.8.3 Další pohled na pojem biodiverzita

Na území Národního parku Bavorský les byla provedena také další studie, která vycházela z dat pořízených v letech 1990-2010. Pro zajímavost, na základě těchto dat byla odhadována beta a gama diverzita tloušťky a výšky stromů v rámci šesti set let, v závislosti na tom, zda bude oblast zasažena disturbancí či nikoli. Jako alfa byla označena diverzita v rámci plošně omezeného porostu a jako beta byla označena diverzita v rámci rozsáhlejší krajiny. Ukázalo se, že pokud by bylo území pravidelně zasahováno například kůrovcovou disturbancí či vichřicí, alfa diverzita by se snížila a beta diverzita zvýšila. Toto byl tedy již výše zmíněný příklad toho, že pojmy alfa a beta diverzita mohou být někdy vykládány i jinak než jako rozmanitost druhů (Sommerfeld et al. 2021).

4.8.4 Biodiverzita hmyzu na území NP Šumava

Trojmezenský prales, který se nachází v Národním parku Šumava, nebyl v historii nijak ovlivněn systematickou lidskou hospodářskou činností. Jako jediný, nepříliš intenzivní zásah, je evidována v historických pramenech takzvaná toulavá seč (těžba) v nejvýše položených hřebenech na přelomu 18. a 19. století. Toto je tedy jediná výjimka, jinak se jedná o území, kde není prováděna hospodářská činnost kromě nahodilé těžby (Červenka et al. 2016 ex. Jelínek 1997).

Pokud je daný porost zasažen disturbancí, tedy například právě kůrovcovou kalamitou, ta po sobě vždy zanechá tzv. biologické dědictví, což má za následek velké pozitivum pro řadu organismů – vznik unikátních, pro ně k životu ideálních biotopů (Jonsson et al. 2005; Müller et al. 2008; Swanson et al. 2010).

Mrtvé dřevo v jeho nejrůznějších podobách je typickým příkladem biologického dědictví. Jedná se o stěžejní substrát, důležitý pro biodiverzitu řady skupin organismů a zároveň smrkové zmlazení (Hubený et al. 2021).

Na území střední Evropy se nevyskytuje příliš mnoho původních horských smrčín. Hojně se však vyskytují právě v Národním parku Šumava. V roce 2007 však nejen tuto lokalitu zasáhl neuvěřitelně silný, nechvalně známý orkán Kyrill, který patří mezi ty nejničivější v historii na území České republiky vůbec a zničil několik desítek

hektarů porostu. V této oblasti orkán tedy zapříčinil velké množství smrkových vývratů. Této skutečnosti samozřejmě využil kůrovec k masivnímu šíření jeho populace, jelikož právě vývraty jsou pro něj velmi atraktivním útočištěm. V důsledku toho došlo v letech 2008 až 2010 k velkoplošnému rozpadu horního stromového patra (Červenka et al. 2016).

Jak bylo již řečeno i v předchozích studiích, zkoumajících problematiku kůrovcových kalamit, tlející mrtvé dřevo je klíčovým dědictvím, zvyšující biodiverzitu a plní nezastupitelnou funkci v rámci koloběhu živin (Holub et al. 2001). Faktory jako jsou rozpad porostů, prosvětlení a příbytek mrtvého dřeva, které není odváženo, má obecně velmi kladný vliv na saproxylické organismy, jak bylo již řečeno výše. Ze zástupců hmyzu se jedná velmi často o saproxylické brouky (Müller et al. 2010).

4.9 Vliv kůrovcové kalamity na hydrologické poměry

4.9.1 Jakost vody v rámci kůrovcem zasaženého povodí

V rámci této části studie byla použita data z dlouhodobého, dvaceti osmi letého monitoringu v povodí řeky Große Ohe (19,1km²) a zároveň ze dvou menších povodí – Markungsgraben a Forellenbach (dohromady 1,8 km²). Na těchto povodích se nachází jeden z nejvíce kůrovcem postižených lesů v Evropě (Národní park Bavorský les, 13,23° východní šířky, 48,53° severní délky). O této oblasti jsem již psal také v kapitole vliv kůrovce na biodiverzitu – jedná se v podstatě o jednu komplexní studii, tentokrát však zaměřenou na jakost vody. Za účelem výzkumu zde byla odebírána voda z řeky a také byla odčerpávána podzemní voda. Při odběru, skladování a přípravě vzorků se pracovníci přísně řídili mezinárodními manuálními pokyny (ICP-Forests 2010; Integrovaný monitoring ICP 2010). Odebírané vzorky vody byly analyzovány v certifikovaných laboratořích, které spadají pod Bavorskou agenturu pro životní prostředí, Bavorský státní lesnický institut či Spolkovou agenturu pro životní prostředí. Jednotlivé analýzy chemického složení vody ukázaly, že byť je tato voda z povodí, jehož lesy byly kůrovcem silně napadeny a následně usmrceny, míra koncentrace dusičnanů v odebíraných vzorcích je naprosto korektní a přípustná pro výrobu pitné vody (Burkhard et al. 2014).

4.9.2 Změny hydrologického režimu v rámci disturbovaného porostu

V dubnu roku 2001 byla na území Národního parku Šumava zkoumána změna hydrologického režimu ploch s odumřelými porosty. Pokud jde o biodiverzitu nejen hmyzu, ta je paradoxně často v odumřelých porostech po disturbancích stejná nebo i vyšší než v porostech zdravých. V případě hydrologického režimu je tomu však jinak – odumřelé porosty se chovají jako holiny, které mají velmi špatnou retenční schopnost, jak uvádí (Podrázský et Ulrichová 2001). Toto má velmi negativní dopad na hydričkový režim krajiny v rámci NPŠ, což následně může ohrozit i kulturní krajinu, která k němu přiléhá.

V rámci další studie, prováděné rovněž na území NPŠ, byly zkoumány rozdíly mezi lesem vykáceným a lesem uhynulým z důsledku kůrovcové kalamity. Výsledky ukázaly, že disturbovaný porost je ve všech ohledech daleko bližší tamnějšímu původnímu lesu (i ekosystému). Zde je ovšem nutno podotknout, že takto tomu je pouze v případě, když není z lokality odváženo mrtvé kůrovcové dřevo.

V souvislosti s takto disturbovanou krajinou a negativními vlivy na hydrologické poměry se samozřejmě mění také chemismus toků. Toto bylo potvrzeno specialisty, pracujícími nejen na této studii. Ve vodních tocích, které náleží postiženým povodím, pak roste obsah splavenin i vyplavovaných živin. Velmi dynamicky se díky disturbanci pohybuje zejména koncentrace dusíku ve vodě. Změny v hydrologickém režimu nastávají tedy nejen po vytěžení, nýbrž zejména po odumření porostů (Hais et al. 2009).

4.9.3 Analýza hydrologických dat

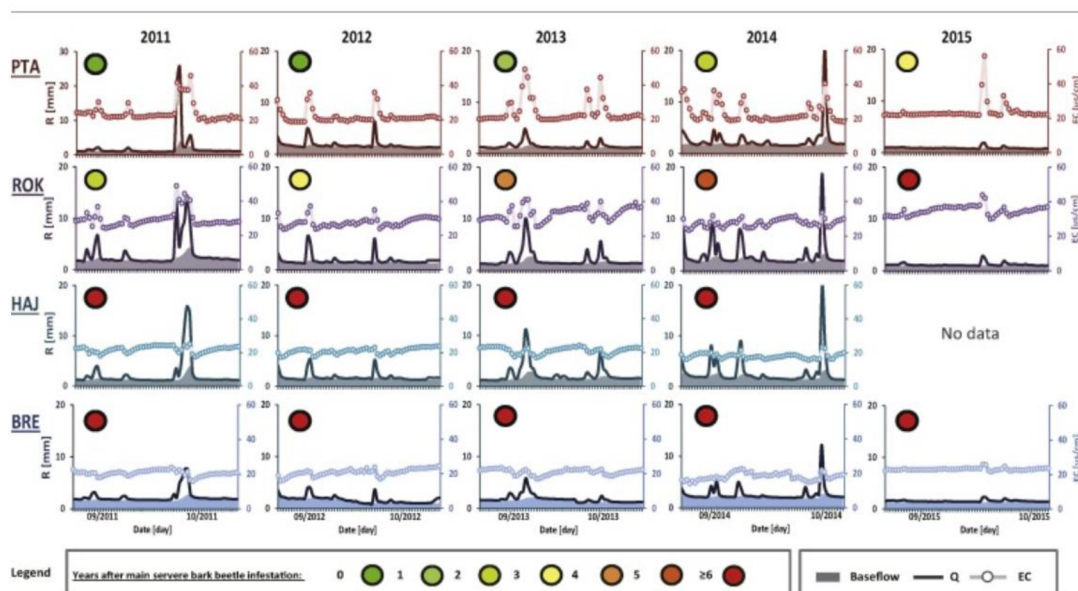
Na území již několikrát zmiňovaného NP Šumava byla zřízena tři experimentální malá povodí v okolí Modravy, s různým krajinným pokryvem. Jednalo se o stojící mrtvý les (0,1 km²), paseku (0,16 km²) a zdravý porost (0,07 km²). Všechny 3 zkoumané lokality se nacházely v nadmořské výšce nad 1100 m. V rámci těchto jednotlivých povodí byly měřeny údaje týkající se srážkoodtokových procesů. Účelem tohoto výzkumu bylo porovnání vybraných komponent srážkoodtokových událostí. Výsledkem bylo, že jednotlivá povodí vykazovala v rámci těchto parametrů velmi podobné hodnoty. V rámci této subjektivní studie, prováděné na velmi omezeném prostoru, tedy nebyl prokázán rozdíl mezi hydrologickými poměry u tří různých zmiňovaných krajinných pokryvů (Pavlásek et al. 2006).

V komerčních – hospodářských lesích je samozřejmě prioritou produkce a následná těžba dříví. Proto se tamější porosty často vyznačují velmi nízkou biodiverzitou.

4.9.4 Monitoring hydrologických poměrů v rámci vybraných disturbovaných porostů v NP Šumava

Pokud jde o kůrovcové kalamity, snad žádná jiná lokalita s nimi není spojována tak, jako Národní park Šumava, ve kterém byla v letech 2011-2015 prováděna následující studie.

Kromě sledování dalších veličin a parametrů, které jsou nad rámec této bakalářské práce, byl v rámci výzkumu sledován povrchový odtok. Ten byl monitorován na 4 různých povodích zasažených kůrovcem, přičemž se jednalo konkrétně o povodí Březnického potoka (BRE), Hájenu (HAJ), Rokytka (ROK) a Ptačí (PTA). Všechny tyto lokality se opět nachází nedaleko německých hranic a již zmiňovaného německého Národního parku Bavorský les (Su et al. 2017).



Obrázek 8: schéma zobrazující míru povrchového odtoku dílčích povodí v jednotlivých letech (Su et al 2017).

Na Výše uvedeném grafu můžeme vidět ve sloupcích jednotlivé roky, ve kterých byl monitoring prováděn, jednotlivé řádky potom reprezentují konkrétní povodí a průběh povrchového odtoku v jednotlivých letech 2011-2015. Každé povodí má tedy přiděleno graf, který nám ukazuje přesný průběh povrchového odtoku během daného roku. Přerušovaná čára tvořená body (kolečky) je pro tuto práci nepodstatná.

V rámci jednotlivých grafů můžeme vidět vždy v levém horním rohu také kolečka různých barev, která nám říkají, kolik let uplynulo od vypuknutí kůrovcové

kalamity v porostu na daném povodí. (tmavě zelená – kalamita v daném roce teprve začala, světlejší zelená – 1 rok od zahájení kalamity, světle zelená – 2 roky, žlutá – 3 roky, světle oranžová – 4 roky, tmavě oranžová - 5 let, červená – více než 6 let).

Na grafech je pro nás tedy důležitá souvislá černá čára demonstrující průběh povrchového odtoku. Hladina barevné výplně pak naznačuje průběh hypodermického odtoku.

Všechna tato menší povodí spolu navzájem sousedí, a navíc se nacházejí na území pohoří Šumava, tudíž na ně ročně dopadá velmi srovnatelné množství srážek.

Všimněme si, že ať už byly porosty jednotlivých povodí několik let po kůrovcové disturbanci či ještě ani nebyly zasaženy, křivky znázorňující povrchový odtok mají v rámci jednotlivých ročních období velmi podobné tendence, které jsou v podstatě přímo úměrné tomu, zda se jednalo o suchý rok nebo zda více přšelo. Pokud se však podíváme na povodí Ptačí a Březnický potok, možná relativně paradoxně se nižším množstvím povrchového odtoku vyznačuje průměrně za roky 2011-2015 spíše povodí Březnického potoka, které bylo postiženo kůrovcem mnohem dříve než Ptačí (Su et al. 2017). O tom, jak velký je toto paradox, budu ještě pojednávat v další části práce.

4.9.5 Monitoring odtokového procesu z disturbovaných porostů

Další, tentokrát dlouhodobý monitoring, byl zřízen za účelem výzkumu vlivu na odtokový proces ve vybraných lokalitách. Jednalo se o lokality v Orlických horách, Beskydech a na Šumavě. Podobně, jako ve výše zmiňované studii, prováděné na území NPŠ, bylo i zde zvoleno pro sběr dat vegetační období, takže i tentokrát se nejednalo o čas, kdy je krajina pokryta sněhem. Odtokový proces byl pozorován ve čtyřech povodích. Níže můžeme vidět tabulku, která nám ukazuje, v rámci kterého povodí se daná zkoumaná lokalita nachází, společně s dalšími parametry.

Název lokality/ Name of the locality	Velikost	Nadmořská výška/ Altitude	Průměrná výměra/Average area		Porovnávaná období/ Periods compared
	odtokové plochy ¹ km ²	m	lesa/forest ha	holosečí a kultur ² ha	
Deštenská stráň (Orlické hory)	0,0012	890	0,12	0,12	1977–1981 1983–1987
Malá Ráztoka (Beskydy)	2,076	962	100,48	107,12	1956–1965 1966–1975
Červík (Beskydy)	1,850	900	79,55	105,45	1956–1965 1966–1975
Vydra (Šumava)	87,5187	1114	2538,04	6213,83	1987–1991 2010–2014

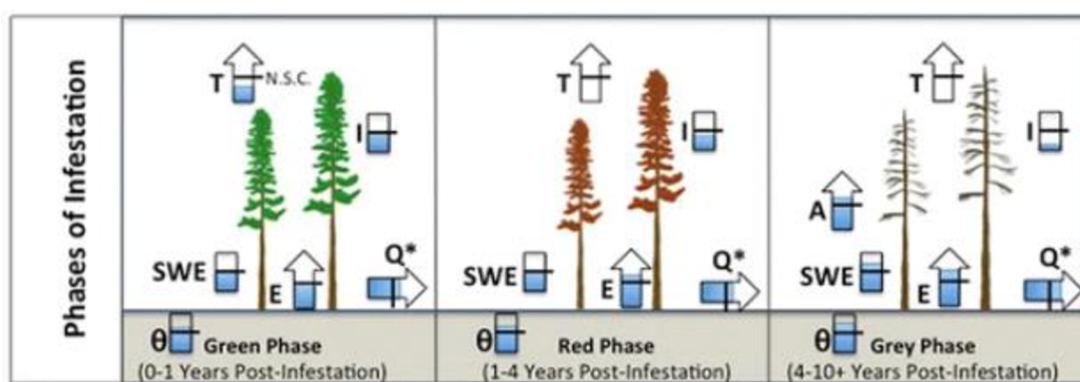
Tabulka 3: parametry zkoumaných lokalit (Švihla et al. 2016).

Tabulka znázorňující název zkoumaných lokalit, velikost jejich odtokové plochy, nadmořskou výšku, podíl lesa či holosečí a kultur, jednotlivé porovnávané roky před a po kůrovcové kalamitě či holosečné těžbě (Švihla et al. 2016). Holoseč zde znamená i holinu zapříčiněnou kůrovcovou kalamitou.

Pokud jde o povodí Deštenské stráně, Malé Ráztoky a Vydry, je dlouhodobě zaznamenáván vyšší odtok z oblastí kalamitních holin či z těžných a obnovovaných ploch. Jedná se o nárůst odtoku v průměru o 8–12 % více než ve standardním zdravém lese. Pouze v rámci povodí Červík byl zaznamenán statisticky nevýznamný rozdíl odtoku (Švihla et al. 2016).

4.9.6 Vliv fází kůrovcové disturbance na hydrologické poměry

Tento souhrnný graf získaný z odborného článku (Mikkelsen et al. 2013) popisuje změnu hydrologických poměrů v rámci zhruba dvaceti rozsáhlých lokalit. Jedná se o povodí zejména v USA a Kanadě, ale i Německu. Souhrnná data, získaná napříč všemi jednotlivými studiemi, pocházejí z let 1955-2013. V rámci jednotlivých povodí se pak jedná se o smrkové či borovicové porosty, které byly zasaženy kůrovcovou kalamitou. I když je samozřejmě mým úkolem zkoumat vliv kůrovcové kalamity na hydrologické poměry porostů České republiky, schéma považuji za velmi důležité a vhodně demonstrující tuto problematiku i v souvislosti s tuzemskými lesy.



Obrázek 9: schéma zobrazující změny v hydrologických poměrech v rámci třech stádií porostů (Mikkelsen et al. 2013).

Jedná se o fáze zdravého lesa, kůrovcem napadeného postupně odumírajícího lesa a zcela mrtvého lesa, obsahujícího určitý poměr stojícího či ležícího mrtvého dřeva.

Šipky či obdélníčky popisují zvýšení nebo případně snížení toku vody na jednotlivých frontách hydrologického cyklu v rámci třech zmiňovaných stádií porostů, přičemž T je transpirace, I je infiltrace, SWE (česky SVH) (Fiedler, elektronika pro ekologii ©2021) je vodní hodnota sněhu, E je evaporace, θ je půdní vlhkost. Q, byť je tato značka obecně samozřejmě používána v souvislosti s různými typy průtoků, je zde použita pro povrchový odtok (Mikkelsen et al. 2013).

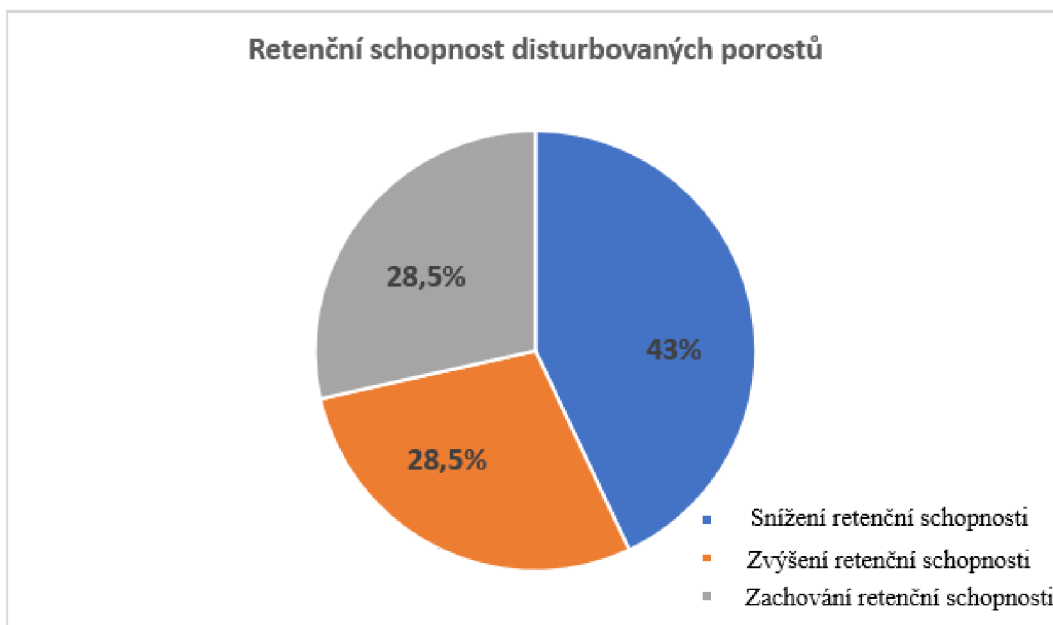
4.9.7 Další odborné názory

Například v rámci studie prováděné na území USA, ve Skalistých horách, byly dva roky po intenzivní kůrovcové kalamitě, při které uhynulo 85 % tamních smrků, zjištěny následující změny v hydrologickém cyklu. V letním období se výrazně snížila evaporace. Kůrovcová kalamita také způsobila rychlejší tání sněhu v jarním období a tím pádem byl navýšen povrchový odtok. Přes jaro a léto se logicky snížila transpirace zasaženého porostu. Kůrovec měl tedy v rámci různých ročních období jiný vliv na hydrologický cyklus oblasti (Chen 2014).

5 Výsledné zhodnocení

Mám-li zhodnotit v obecné rovině vliv kůrovcové kalamity na biodiverzitu hmyzu, bylo to jednoznačné. Zde nemělo význam dělat žádný výsledný graf reprezentující různé závěry výše rozebíraných studií, které se touto problematikou zabývaly.

Závěrem všech studií bylo, že pokud je daný porost zasažen kůrovcovou kalamitou, biodiverzitě hmyzu to jen prospívá. U některých výjimečných zástupců hmyzu bylo zjištěno, že pro prosperitu jejich populace je kůrovcová disturbance nevýznamná – tedy že je v konkrétním případě téměř neovlivnila. U žádného z výzkumů však není patrné, že by kůrovcová disturbance měla na biodiverzitu hmyzu negativní vliv.



Obrázek 10: Graf, zobrazující poměr různých závěrů studií, zkoumajících hydrologické poměry v rámci disturbovaných porostů.

Pokud se jedná o výsledné zhodnocení vlivu kůrovcové kalamity na hydrologické poměry porostů, zde už už nejsou výsledky zdaleka tak jednoznačné, jako u vlivu této disturbance na biodiverzitu. Nejdůležitějším, a také logicky nejvíce zkoumaným faktorem u výše probíraných výzkumů v rámci hydrologických poměrů je to, zda kůrovcová kalamita obecně spíše navyšuje povrchový odtok, nebo jej naopak snižuje a zvyšuje se tím retenční schopnost v daném porostu či povodí. Jak můžeme vidět na výše uvedeném grafu, nejčastějším závěrem výzkumů, které se tímto zabývaly, bylo, že kůrovcová kalamita spíše navyšuje povrchový odtok a tím pádem snižuje procento zadržené vody v krajině. Retenční schopnost takto disturbovaných porostů byla tedy často spíše snižená – konkrétně mělo tento závěr 43 % výše probíraných studií, jak můžeme vidět na grafu modrou barvou. Závěrem určitých výzkumů však bylo i to, že kůrovcová kalamita snižuje povrchový odtok a napomáhá tím retenci vody v porostu. Toto nám říká 28,5 % studií, což vidíme na grafu vyznačeno oranžovou barvou.

Stejně procento jednotlivých výzkumů pak naznačuje, že míra retence vody v krajině je v porostu zasaženém kůrovcem zhruba stejná jako u porostu zdravého. Těchto 28,5 % reprezentuje šedá část výseče grafu.

Zde se tedy nedá říci, že by kůrovcová kalamita jednoznačně ovlivňovala hydrologické poměry napříč různými lokalitami v rámci lesních porostů České republiky. Záleží vždy na konkrétních parametrech daného stanoviště.

V rámci budoucího výzkumu, případně diplomové práce, by bylo vhodné navázání na tuto bakalářskou práci například formou terénního výzkumu. Tedy vymezit si konkrétní zájmová území zasažená kůrovcovou kalamitou, u kterých by se ověřovaly závěry této rešerše v praxi. Práce by tak byla rozšířena jak o další odborné názory, tak o výsledky praktického výzkumu.

6 Diskuse

V rámci výše rozebíraných experimentálních šetření, která byla prováděna na území NP Bavorský les, bylo zjištěno, že biodiverzita hmyzu se v podstatě zvyšovala či snižovala přímo úměrně dle množství mrtvého smrkového dřeva. Čím více mrtvého dřeva se nacházelo na jednotlivých lokalitách, tím byla druhová rozmanitost hmyzu pestřejší a naopak. Tato skutečnost platí samozřejmě zcela analogicky i pro nedaleký NP Šumava, potažmo i pro další lesní porosty České republiky (Burkhard et al. 2014; Mertlík 2017).

V souvislosti s tímto faktem je ještě nutno uvést na pravou míru jednu věc i v návaznosti na kapitolu Výsledné zhodnocení. Tím, že u žádné ze studií nebyl prokázán vyloženě negativní vliv kůrovcové kalamity na biodiverzitu hmyzu je však myšleno to, že mrtvé dřevo po disturbanci nebylo z lokality vytěženo a odvezeno. Zde je ideálním příkladem samozřejmě téměř bezzásahový management v rámci zmíněných národních parků či jiných zvláště chráněných území. Jak může ovlivnit kůrovcová kalamita biodiverzitu i za předpokladu částečného, nebo úplného odvozu dřeva, to bude rozebíráno v další části práce.

Z hlediska různých zástupců hmyzu je biodiverzita často reprezentována na saproxylických broucích. Ti totiž často patří mezi druhy v určitém stupni ohroženosti a jsou zařazováni i na červené seznamy. Jsou často vzhledem velmi pěkní a zajímaví, tím pádem jsou velice atraktivní pro ochránce přírody. Dalo by se říci, že patří mezi takzvané vlajkové druhy, jejichž ochrana je často upřednostňována právě kvůli jejich atraktivitě.

Pokud jde o jakost vody toků a vodních nádrží v rámci povodí, jehož lesní porosty jsou zasaženy kůrovcovou kalamitou, tato problematika nemá jednoznačný závěr.

Například dle výzkumu, prováděného na území NP Bavorský les, nebyl zjištěn v rámci zasaženého povodí významný negativní vliv na jakost vody, ze které se vyrábí voda pitná. Koncentrace dusičnanů a ostatních nežádoucích látek byly naměřeny v požadované normě.

Další odborný článek, vycházející z dat v rámci území NP Šumava však zase říká, že v souvislosti s disturbovanou krajinou může docházet k výrazným změnám v chemismu vodních toků. Je dokázáno i na základě dalších obdobných odborných studií, že kvalita vody se zkrátka díky kůrovcové kalamitě jednoznačně měnit může. Zde ovšem opravdu záleží na konkrétních parametrech lesních porostů i celého povodí (Podrázský et Ulrichová 2001).

Jak jsem již uvedl v obecné rovině v rámci kapitoly Výsledné zhodnocení, ani další veličiny související s hydrologickými poměry kůrovcem disturbovaných lesních porostů nejsou napříč různými podobně zasaženými lokalitami stejné. Povrchový odtok a infiltrace nejsou výjimkou.

V rámci jednoho terénního výzkumu se například ukázalo, že množství povrchového odtoku bylo velmi srovnatelné, ba i stejné, ať už byl povrchový odtok monitorován ve stojícím mrtvém lese, na pasece, či ve zdravém lese (Pavlásek et al. 2006).

Vhodným protikladem je však další ze studií, jejíž výsledky naopak poukazovaly na to, že povrchový odtok je v důsledku kůrovcové kalamity navyšován a infiltrace snižována. Tato studie vycházela z dat pořízených z různých, od sebe desítky až stovky kilometrů vzdálených lokalit postižených lýkožroutem (Švihla et al. 2016).

Navýšení povrchového odtoku a snížení infiltrace potvrzuje i další odborný názor, dle kterého lze odvodit, že kůrovcem zasažené porosty mají špatnou retenční schopnost, jelikož se chovají spíše jako holiny (Podrázský et Ulrichová 2001).

Dále bylo zjištěno v rámci jednoho výzkumu, realizovaného na území NP Šumava, že ke zlepšení retenční funkce lesa mají tendenci spíše ty porosty, které byly

napadeny kůrovcem již před několika lety, ve srovnání s porosty, kde kůrovcová kalamita teprve propukla (Su et al. 2017).

Tomuto závěru však značně oponuje výše zmíněná komplexní studie, jejíž výsledky jsou podloženy dvěma desítkami dílčích výzkumů, prováděných jak na území Evropy, tak Severní Ameriky (Mikkelsen et al. 2013).

Výsledky jednotlivých studií se samozřejmě také mohou lišit právě na základě toho, že jsou prováděny na od sebe navzájem velmi vzdálených lokalitách. O tomto pojednám v následující, závěrečné kapitole.

V rámci této studie byla rovněž zaznamenána změna dalších veličin v závislosti na jednotlivých fázích kůrovcové kalamity. Konkrétně například transpirace porostu probíhala pouze v první fázi, tedy maximálně jeden rok po propuknutí disturbance. V dalších letech již voda z povrchů dřevin lesních porostů vydávána nebyla.

Naopak evaporace byla postupem času zvyšována (Mikkelsen et al. 2013).

7 Závěr a přínos práce

Na závěr bych zde rád zmínil některé své poznatky, které jsem si poznamenal v průběhu zpracovávání této literární rešerše, dále také moje osobní názory.

Považuji za nutné, byť jsem toto již nejednou v mé práci zmínil, vyjádřit se ještě poněkud šířeji k vlivu kůrovcové kalamity na biodiverzitu hmyzu.

Je celkem logické, že výzkumy, které se zabývaly touto problematikou, jež byla zároveň jedním ze dvou hlavních cílů mé práce, jsou realizovány v drtivě většině případů v rámci zvláště chráněných území. V případě výše použitých studií se jednalo zejména o národní parky. Právě v rámci zvláště chráněných území je však velmi často uplatňován bezzásahový management, a to i ve smyslu odvozu již mrtvého kalamitního dříví. Odumřelé smrkové porosty jsou často ponechány na místě, což je velice pozitivní zejména pro výše popsané saproxylické brouky, ale i další zástupce hmyzu.

Dle mého názoru byl tak jednoznačný pozitivní vliv kůrovcové kalamity na biodiverzitu hmyzu prokázán právě díky této skutečnosti. Myslím si, že pokud by byla druhová rozmanitost hmyzu zkoumána mimo zvláště chráněná území, tedy například v hospodářských lesích, jež byly umrtveny kůrovcem, výsledky by tak jednoznačné nebyly. V rámci těchto lesních porostů totiž většinou není logicky prioritou ochrana biodiverzity, ale spíše snaha o ekonomický zisk z těžby dříví.

Nejen z vlastní zkušenosti totiž vím, že zde jsou jak stojící, tak ležící mrtvé stromy nejčastěji vytěženy, následně odvezeny a alespoň jsou využity na palivové dříví, což většinou biodiverzitě hmyzu spíše uškodí, byť to nemusí být jednoznačným pravidlem.

V případě, kdy je však dříví z lesa odvezeno, ale jsou na vzniklé pasece ponechány alespoň pařezy či pahýly, ideálně i určité množství ležícího mrtvého dřeva, některé druhy hmyzu jsou i tyto pozůstatky schopny využít jako útočiště. Například výše zmiňovaný saproxylický brouk trnoštíhleček horský. Pokud je však dřevo z lokality odvezeno úplně, nejsou nikde ponechány pahýly, v horším případě ani pařezy, pro saproxylický hmyz je toto v podstatě naprosto neudržitelné prostředí.

Pozitivním faktorem výběrné těžby pak může být prosvětlení, jelikož některé druhy hojně využívají osluněné staré mrtvé dřevo jako oblíbené útočiště (Krása 2015).

Dostávám se také k dalšímu důležitému faktoru, kterým je rozdíl mezi kůrovcem usmrcenými smrkem, smrkem polámanými či vyvrácenými větrem, případně smrkem pokácenými z jiných důvodů. Některé druhy hmyzu, jako například výše zmíněný rýhovec pralesní, je schopen využívat jako útočiště mrtvé smrkové dřevo. Má to však jednu zásadní podmínku – dřevo musí být pokryto kůrou. Právě pod ní tento druh přežívá. Toto může být u smrků, které byly usmrceny kůrovcem problémem, jelikož jsou často zbaveny kůry ještě před tím, než spadnou úplně suché na zem. Dle mého názoru mají populace brouků, kteří žijí výhradně pod kůrou mrtvého dřeva, daleko větší potenciál v rámci území, kde smrkem spadly vlivem větru, či byly dokonce pokáceny a ponechány na místě.

Dále bych chtěl poukázat na to, že není ve skutečnosti tak zvláštní, když infiltrační schopnost krajiny v disturbovaném povodí je spíše zvyšována v průběhu let uplynulých od propuknutí kůrovcové kalamity. Po tom, co jsem zpracoval tuto rešerši, mi tato skutečnost připadá stále jako menší paradox. Je to relativně logické, jelikož ve chvíli, kdy se daný lesní porost nachází ve fázi, kde už určité množství odumřelých stromů spadlo na zem, právě toto může v určitých povodích snižovat množství povrchového odtoku. Zároveň se tím vytváří delší časový prostor pro možnosti infiltrace vody do půdy. Porost, který je velmi čerstvě napaden kůrovcem, bych na základě získaných vědomostí v podstatě přirovnal ke zdravému lesu, alespoň tedy v otázce hydrologických poměrů. Zde bych chtěl však zdůraznit, že se jedná opravdu maximálně o prvních pár měsíců počáteční fáze disturbance, nejvíce však o jeden rok. V dalších měsících a letech jsou už hydrologické poměry disturbancí ovlivňovány. Jak konkrétně jsou ovlivňovány byly již rozebíráno v kapitole Výsledné zhodnocení a podrobněji v kapitole Diskuse.

Pokud jde o vliv kůrovcové kalamity na hydrologické poměry, i u tohoto aspektu je velmi klíčové, zda je mrtvé dřevo z lokality odváženo či nikoli. Pokud odváženo není, jako je tomu například v různých zvláště chráněných územích, je zde vždy menší nebo větší šance na eliminaci povrchového odtoku, v závislosti na konkrétních parametrech povodí. Je-li kůrovcové dřevo z dané lokality odváženo a

jsou tak vytvářeny kalamitní holiny, je téměř jisté, že povrchový odtok bude v rámci tohoto území navyšován (Švihla et al. 2016).

Jak na základě načerpaných vědomostí z výše uvedených studií, tak na základě mého názoru si myslím, že kůrovcová kalamita určitě může ovlivňovat i jakost vody ve vodních tocích. Zejména, pokud například v důsledku napadení kůrovcem uhynie takový lesní porost, v jehož blízkosti se nachází pole, na kterém jsou aplikovány agrochemikálie. V důsledku navýšení povrchového odtoku tak může dojít k intenzivnímu splachu těchto látek, které mohou skončit i v nedalekých vodních tocích. I v případě, že by se nedostaly bezprostředně až do vodních toků, určitě to není pro krajinu nic pozitivního.

Zpracování této rešerše pro mě mělo zejména edukativní přínos. Než jsem začal tuto práci vytvářet a než jsem si sehnal první relevantní zdroje informací, měl jsem upřímně mylnou představu o tom, jak konkrétně ovlivňuje kůrovcová kalamita výše rozebírané ekologické aspekty. V průběhu práce jsem si však doplnil potřebné vědomosti, získané zejména z odborných studií a literatury. Nyní tedy vím, že z hlediska konkrétních ekologických aspektů nemusí kůrovcová kalamita vždy znamenat takové negativum jako z pohledu lesních hospodářů dbajících zejména na ekonomický zisk. Naopak je to přirozená disturbance, způsobená biotickým činitelem a má často i pozitivní účinky.

8 Přehled literatury a použitých zdrojů

8.1 Oborné publikace

Bentz J.B., Jonsson A. M., 2015: Modeling Bark Beetle Responses to Climate Change. In: Bark beetles. Academic Press. p. 533-553.

Biedermann P.H.W., Müller J., Grégoire J., Gruppe a., Hagge J., Hammerbacher A., Hofstetter R.W., Kandasamy D., Kolarik M., Kostovcik M., Krokene P., Sallé A., Six D., Turrini T., Vanderpool D., Wingfield M.J., Bässler C., 2019: Bark Beetle Population Dynamics in the Anthropocene: Challenges and Solutions. Trends in ecology & evolution Volume 34, Issue 10. p. 914-924.

Burkhard B., Bässler C., Thorn S., Noss., Schröder B., Dieffenbach-Fries H., Foullois N., Müller J., 2014: Bark Beetles increase biodiversity while maintaining drinking water quality. Conversation Letters, A Journal of the society for conservation biology Volume 8, Issue 4. p. 272-281.

Červenka J., Bače R., Zenáhlíková J., Svoboda M., 2016: Changes in stand structure, dead wood quantity and quality in mountain spruce forest after severe disturbance. Zprávy lesnického výzkumu 61. s. 254-261.

Grodzki W., 1997: Possibilities of the control of double-spined bark beetle *Ips duplicatus* C. R. Sahlb. Populations in southern Poland. Sylwan Volume 141, Issue 11. p. 25-36.

Hlásny T., Krokene P., Liebhold A., Montagné-Huck C., Müller J., Quin H., Raffa K., Schelhaas M., Seidl R., Svoboda M., Viiri H., 2019: Život s kůrovcem: Dopady, výhledy a řešení. Od vědy ke strategii 8. Evropský lesnický institut. 52 s., ISBN 978-952-5980-89-9.

Hubený P., Bače R., Čada V., Červenka J., Čížková P., 2021: Šumavské lesy jako studnice nových poznání. Academia, SSČ AV ČR. s. 278-281.

Hrádek F., Kuřík P., 2002: Hydrologie. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. 271 s., ISBN 80-213-0950-4.

Hais M., Jonášová M., Langhammer J., Kučera t., 2009: Comparison of two types of forest disturbance using multitemporal Landsat TM/ETM+ imagery and field vegetation data. Remote Sensing of Environment 113. 835-845.

Hejda R., Farkač J., Chobot K., [eds.], 2017: Červený seznam ohrožených druhů České republiky – Bezobratlí. Příroda 36. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha. 612 s., ISBN 978-80-88076-53-7.

- Holub S.M., Spears J.D., Lajtha K., 2001: A reanalysis of nutrient dynamics in coniferous coarse woody debris. *Canadian Journal of Forest Research* Volume 31, Issue 11. p. 1894–1902.
- Chalupa T., Stráský J., Brezina I., Lstirůbek M., Jirsa T., Rippelová J., Mrkva R., Krečmer V., Martan P., Mánek J., Drobil P., Hanzlíček J., Kalina P., Marková J., Podrázský V., Štich J., Kotecký V., Křištofory T., 2011: Kůrovcová kalamita – více než spor přírodovědců, sborník textů. CEP-Centrum pro ekonomiku a politiku, Praha. 152 s., ISBN 978-80-87806-32-6.
- Chen F., Zhang G., Barlage M., Zhang Y., Hicke J.A., Meddens A., Zhou G., Massman W.J., Frank J., 2014: An Observational and Modeling Study of Impacts of Bark Beetle–Caused Tree Mortality on Surface Energy and Hydrological Cycles. *Journal of hydrometeorology* Volume 16. p. 741-761.
- Christiansen E., Bakke A., 1998: The spruce bark beetle of Eurasia. Dynamics of forest insect. In: *populations*. Springer, Boston, MA. p. 479-503.
- Jelínek J., 1997: Historický průzkum – Ověřování genofondu smrku ztepilého *P. abies* (L.) na vytypovaných lokalitách NP Šumava. Vimperk, Správa Národního parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava.
- Jonsson B. G., Kruys N., Ranius T., 2005: Ecology of species living on dead wood – lessons for dead wood management. *Silva Fennica* Volume 39, Issue 2. p. 289–309.
- Kašák J., Mazalová M., Šipoš J., Foit J., 2019: Habitat preferences of *Ceruchus chrysomelinus*, an endangered relict beetle of the natural Central European montane forests. *Insect Conservation and Diversity* 12. p. 206-215.
- Kerchey I.A., Mandelshtam M.U., Krivets S.A., Ilinsky Y., 2019: Small spruce bark beetle *Ips amitinus* (Eichhoff, 1872) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae): a new alien species in West Siberia. *Entomological Review* Volume 99, Issue 5. p. 639-644.
- Klejdus J., 2021: Rok v českém lese. Cpress, Brno. 223 s. ISBN 978-80-264-3511-2.
- Kindlmann P., Matějka K., Doležal P., 2012: Lesy Šumavy, Lýkožrout a ochrana přírody. Karolinum, Praha. 325 s., ISBN 978-80-24621-55-5.
- Kostansjek F., Sebek P., Baranova B., Jelaska L.C., Riedl V., Cizek L., 2018: Size matters! Habitat preferences of the wrinkled bark beetle, *Rhysodes sulcatus*, the relict species of European primeval forests. *RES journals, Insect Conservation and Diversity* Volume 11, Issue 6. p. 545-553.
- Kovář P., 2014: Ekosystémová a krajinná ekologie. Karolinum, Praha. 168 s. ISBN 978-80-246-2805-9.
- Kráska A., 2015: Ochrana saproxylického hmyzu a opatření na jeho podporu: metodika AOPK ČR 1. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha. 156 s. ISBN 978-80-88076-15-5.

Mertlik J., 2017: Saproxylické druhy kovaříků (Coleoptera: Elateridae) na území východních Čech, s přehledem biotopů druhů osídlujících dubové lesy. *Elateridarium* 11. s. 17-110.

Mikkelsen K.M., Bearup I.A., Maxwell R.M., Stednick J.D., McCray J.E., Sharp J.O., 2013: Bark beetle infestation impacts on nutrient cycling, water quality and interdependent hydrological effects. *Biogeochemistry* 115. p. 1-21.

Müller J., Bussler H., Gossner M., Rettelbach T., Duelli P., 2008: The European spruce bark beetle *Ips typographus* in a national park: from pest to keystone species. *Biodiversity and Conservation* 17., p. 2979–3001.

Müller J., Noss R.F., Bussler H., Brandl R., 2010: Learning from a “benign neglect strategy” in a national park: Response of saproxylic beetles to dead wood accumulation. *Biological Conservation Volume* 143, Issue 11. p. 2559-2569.

Pavlásek J., Máca P., Ředinová J., 2006: Analýza hydrologických dat z Modravských povodí. *J. Hydrol. Hydromech* 54. s. 207-216.

Pfeffer A., Knížek M., 1995: Expanze lýkožrouta *Ips duplicatus* (Sahlb.) ze severské tajgy. *Zpravodaj ochrany lesa* 2. s. 8–11.

Píkula J., 2014: Stromové a keřové dřeviny lesů a volné krajiny České republiky. Cerm, Brno. 228 s., ISBN978-80-7204-280-7.

Podrázský V., Ulrichová I., 2001: Obnova biodiverzity a stability lesních ekosystémů v pásu přirozeného výskytu smrku na území NP Šumava. *Aktuality Šumavského výzkumu*. s. 119-123.

Reinprecht L., Šupina P., 2015: Comparative evaluation of inspection techniques for impregnated wood utility poles: ultrasonic, drill-resistive, and CT-scanning assessments. *Eur. J. Wood Prod* 73. p. 741-751.

Roček I., Musil I., Chalupa V., 1998: Arboretum Lesnické fakulty České zemědělské univerzity v Praze Kostelec nad Černými lesy. *Česká zemědělská univerzita v Praze – Lesnická fakulta v Praze*. 80 s., ISBN 80-213-0413-8.

Sommerfeld A., Rammer W., Heurich M., Hilmers T., Müller J., Seidl R., 2021: Do bark beetle outbreaks amplify or dampen future bark beetle disturbances in Central Europe? *Journal ecology Volume* 109. p. 737-749.

Su Y., Langhammer J., Jarsjö J., 2017: Geochemical responses of forested catchments to bark beetle infestation: Evidence from high frequency in-stream electrical conductivity monitoring. *Journal of hydrology* 550. p.635-649.

Swanson M.E., Franklin J.F., Beschta R.L., Crisafulli C.M., DellaSala D.A., Hutto R.L., Lindenmayer B.D., Swanson F.J., 2010: The forgotten stage of forest succession: early-successional ecosystems on forest sites. *Frontiers in Ecology and the Environment Volume* 9, Issue 2. p. 117–125.

Štícha V., Gašpařík M., Hrib M., Kabeš A., Kušta T., Podrázský V., Prknová H., Sloup R., Šálek L., Šrůtka P., Tománek J., Urbánek V., Kuželka K., Zeidler A.,

2017: Lesní hospodářství. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. 281 s., ISBN 978-80-213-2788-7.

Švihla V., Šach f., Černošous V., 2016: Vliv holých sečí či rychlého velkoplošného rozpadu lesa na celkový odtok za vegetační období. Zprávy lesnického výzkumu 61. s. 138-144.

Toth D., Maitah M., Maitah K., Jarolínová V., 2020: The Impacts of Calamity Logging on the Development of Spruce Wood Prices in Czech Forestry. Forests Volume 11, Issue 3. 283.

Turcani M., Novotný J., Zúbrik M., Mcmanus M., Pilarska D., Maddox J., 2001: The Role of Biotic Factors in Gypsy Moth Population Dynamics in Slovakia: Present Knowledge. Turcaniatal. p. 152-167.

Vité J.P., 1965: Is preventive poisoning of trap trees practical? Journal article: Allg. Forstzeitschr Volume 20, no.28, p.438-9.

Wermelinger B., 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*—a review of recent research. Forest ecology and management Volume 202. p.64-82.

Wikars Lars-Ove., 2004: Habitat requirements of the pine wood-living beetle *Tragosoma deorsarium* (Coleoptera: Cerambycidae) at log, stand, and landscape scale. Ecological Bulletins 51. p. 287-294.

Wohlleben P., 2018: Tajný život stromů. Kazda, Brno. 208 s. ISBN 978-80-905788-6-9.

Werner D., 2018: Mrtvé dřevo plné života. Grada Publishing, a.s., Praha. 176 s., ISBN 978-80-247-2263-4.

8.2 Internetové zdroje

AOPK ČR, ©2015: Ochrana saproxylického hmyzu a opatření na jeho podporu. Metodika AOPK ČR (online) [cit.2022.03.03], Dostupné z <https://www.ochranaprirody.cz/res/archive/261/032534.pdf?seek=1449139778>.

Bláha J., 2001: Působení kůrovce: srovnání „asanačního“ a bezzásahového managementu v různých podmínkách (online) [cit.2022.15.02.], dostupné z <https://olomouc.hnutiduha.cz/data/publications/pusobeni-kurovce-srovnani-asanacniho-a-bezzasahoveho-managementu-v-ruznych-podminkach.pdf>.

Cab international ©2022 a): *Pityogenes chalcographus* (sixtoothed spruce bark beetles). Invasive species comendium (online) [cit.2022.21.02.], dostupné z <https://www.cabi.org/isc/datasheet/41516#toidentity>.

Cab international ©2022 b): *Ips typographus* (eight-toothed bark beetle). Invasive species comendium (online) [cit.2022.23.02.], dostupné z <https://www.cabi.org/isc/datasheet/28843>.

Cab international ©2022 c): *Ips duplicatus* (double-spined bark beetle). Invasive species comendium (online) [cit.2022.23.02.], dostupné z <https://www.cabi.org/isc/datasheet/28823>.

Cab international ©2022 d): *Dendroctonus micans* (great spruce bark beetle). Invasive species comendium (online) [cit.2022.26.02.], dostupné z <https://www.cabi.org/isc/datasheet/18352>.

National geographic, ©2022: Biodiversity (online). [cit.2022.14.02.], dostupné z <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/biodiversity/>.

Dřevo pro život ©2021: Lýkožrout lesklý (kůrovec) *Pityogenes chalcographus* (online). [cit.2022.03.03], Dostupné z <https://www.mezistromy.cz/lesni-skudci/lykozrout-leskly-pityogenes-chalcographus>.

Fiedler, elektronika pro ekologii ©2021: Měření výšky a vodní hodnoty sněhové pokrývky (online). [cit.2022.16.02.], Dostupné z <https://www.fiedler.company/cs/produkty/meteorologick-stanice-sn-ma-e-idla/meteorologick-stanice-speci-ln-m-c-sestavy/m-en-v-ky-vod>.

Geografický ústav, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, ©2014: Biogeografie, Multimediální výuková příručka 2 (online) [cit.2022.14.02.], dostupné z https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps13/biogeogr_2/web/pages/index_book_7-1.html.

Lesnická práce ©2021, Lesní ochranná služba ©2021: Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*) lesnický význam a rozšíření (online). [cit.2022.15.02.], dostupné z <https://www.kurovcoveinfo.cz/lykozrout>.

Ministerstvo životního prostředí, ©2020: Zvláště chráněné druhy (online).
[cit.2022.05.03], Dostupné z <https://www.mzp.cz/cz/zvlaste_chranene_druhy>.

The Comet ®Program ©2010: Odtokový proces, Povrchový odtok (online).
[cit.2022.16.02], Dostupné z
<https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/runoff_cz/navmenu.php_tab_1_page_2.1.0.htm>.

Zahradník P., Zahradníková M., 2019: Lýkožrout smrkový a české lesy I. – Historie a současnost (online) [cit.2022.19.02], Dostupné z
<<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/lykozrout-smrkovy-a-ceske-lesy-i-historie-a-soucasnost>>.

9 Seznam obrázků a tabulek

9.1 Seznam obrázků

Obrázek 1: lýkožrout smrkový (Cab international ©2022 b)

Obrázek 2: Nalomený smrk (foto: Vojtěch Salák).

Obrázek 3: Těžba a cena smrkového dříví (Toth et al. 2020).

Obrázek 4: pokácený smrk (foto: Vojtěch Salák).

Obrázek 5: Mapa reprezentující objem kůrovcového smrkového dříví v jednotlivých okresech v ČR z roku 2018 (Zahradník et Zahradníková 2019).

Obrázek 6: transport smrkového dříví pomocí buggy a vozíku (foto: Vojtěch Salák).

Obrázek 7: pahýl ponechaný po těžbě (foto: Vojtěch Salák).

Obrázek 9: schéma zobrazující změny v hydrologických poměrech v rámci třech stádií porostů (Mikkelsen et al. 2013).

Obrázek 10: Graf, zobrazující poměr různých závěrů studií, zkoumajících hydrologické poměry v rámci disturbovaných porostů.

9.2 Seznam tabulek

Tabulka 1: druhy zvláště chráněných saproxylických brouků a dřeviny jimi obsazované (Krása 2015).

Tabulka 2: vliv kůrovcové kalamity na různé skupiny hmyzu (Burkhard et al. 2014).

Tabulka 3: parametry zkoumaných lokalit (Švihla et al. 2016).