

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta lesnická a dřevařská**

**Katedra ekologie lesa**



**Bakalářská práce**

**Mortalita přirozené obnovy 10 let po odumření horního  
stromového patra v horském smrkovém lese**

Autor: Martina Prokopová

Vedoucí práce: Ing. Radek Bače, Ph. D.

2020

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martina Prokopová

Lesnictví

Hospodářská a správní služba v lesním hospodářství

Název práce

Mortalita přirozené obnovy 10 let po odumření horního stromového patra v horském smrkovém lese

Název anglicky

Mortality of natural regeneration 10 years after tree layer dieback in mountain spruce forest

---

Cíle práce

Cílem práce bude ověřit platnost následujících hypotéz:

Mortalita jedinců přirozené obnovy:

- (1) nezávisí na druhu dřeviny
- (2) nezávisí na vnitrodruhové konkurenci
- (3) nezávisí na počtu let od disturbance

Metodika

1. Sběr dat o početnosti, výšce a mortalitě označených jedinců obnovy dřevin na trvalých výzkumných plochách v NP Šumava.
2. Matematické a statistické zpracování dat.
3. Příprava práce.

#### Doporučený rozsah práce

Smrk ztepilý, *Picea abies*, jeřáb ptačí, semenáčky, mortalita, mikrostanoviště, početnost

#### Klíčová slova

30 – 40 stran

---

#### Doporučené zdroje informací

- Antos, J. A., Parish, R., & Conley, K. (2000). Age structure and growth of the tree-seedling bank in subalpine spruce-fir forests of south-central British Columbia. *The American Midland Naturalist*, 143(2), 342-354.
- Bače, R., Svoboda, M., Janda, P., Morrissey, R. C., Wild, J., Clear, J. L., ... & Donato, D. C. (2015). Legacy of Pre-Disturbance Spatial Pattern Determines Early Structural Diversity following Severe Disturbance in Montane Spruce Forests. *PloS one*, 10(9), e0139214.
- Bače, R., Svoboda, M., Pouska, V., Janda, P., & Červenka, J. (2012). Natural regeneration in Central-European subalpine spruce forests: Which logs are suitable for seedling recruitment?. *Forest Ecology and Management*, 266, 254-262.
- Fischer, A., Fischer, H. S., Kopecký, M., Macek, M., & Wild, J. (2015). Small changes in species composition despite stand-replacing bark beetle outbreak in *Picea abies* mountain forests 1. *Canadian Journal of Forest Research*, 45(9), 1164-1171.
- Ilisson, T., Köster, K., Vodde, F., & Jöggiste, K. (2007). Regeneration development 4–5 years after a storm in Norway spruce dominated forests, Estonia. *Forest ecology and management*, 250(1), 17-24.
- Jonášová, M., & Prach, K. (2004). Central-European mountain spruce (< i> Picea</i>< i> abies</i>(L. Karst.) forests: regeneration of tree species after a bark beetle outbreak. *Ecological Engineering*, 23(1), 15-27.
- Kupferschmid, A. D., & Bugmann, H. (2005). Effect of microsites, logs and ungulate browsing on *Picea abies* regeneration in a mountain forest. *Forest Ecology and Management*, 205(1), 251-265.
- Nováková, M. H., & Edwards-Jonášová, M. (2015). Restoration of central-European mountain Norway spruce forest 15 years after natural and anthropogenic disturbance. *Forest Ecology and Management*, 344, 120-130.
- Vodde, F., Jöggiste, K., Engelhart, J., Frelich, L. E., Moser, W. K., Sims, A., & Metslaid, M. (2015). Impact of wind-induced microsites and disturbance severity on tree regeneration patterns: Results from the first post-storm decade. *Forest Ecology and Management*, 348, 174-185.
- Winter, M. B., Baier, R., & Ammer, C. (2015). Regeneration dynamics and resilience of unmanaged mountain forests in the Northern Limestone Alps following bark beetle-induced spruce dieback. *European Journal of Forest Research*, 134(6), 949-968.

---

**Předběžný termín obhajoby**  
2019/20 LS – FLD

**Vedoucí práce**  
Ing. Radek Bače, Ph.D.

**Garantující pracoviště**  
Katedra ekologie lesa

**Elektronicky schváleno dne 10. 6. 2019**  
prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.  
Vedoucí katedry

**Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020**  
prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.  
Děkan

V Praze dne 10. 06. 2020

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Mortalita přirozené obnovy 10 let po odumření horního stromového patra v horském smrkovém lese“ vypracovala samostatně pod vedením Ing. Radka Bačeho, Ph. D. a použila jsem pouze prameny, které zároveň uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez výsledku její obhajoby.

V Praze dne 13. 6. 2020

---

podpis autora

## **Poděkování**

Chtěla bych tímto způsobem poděkovat všem, kdo mi při psaní bakalářské práce pomáhali. Svému vedoucímu práce Ing. Radkovi Bačemu, Ph.D. za užitečné rady a konzultace. Také bych chtěla poděkovat celému týmu z Botanického ústavu AV ČR za sběr dat, zpracování a následné poskytnutí. A v neposlední řadě poděkování patří mé rodině, která mě po celou dobu studia podporovala.

## Abstrakt

Mortalita přirozené obnovy má zejména v období krátce po disturbanci vliv na všechny ekosystémové procesy nově se formujícího lesa. Ovlivňuje strukturu lesa na desítky až stovky let dopředu a ta sama o sobě ovlivňuje všechny ekosystémové služby lesa, jakými jsou např. poutání uhlíku a živin z rozkládající se organické hmoty zpět do rostoucích mladých stromů, biodiverzitu, zadržování vody a mnohé další.

Cílem této práce bylo zhodnocení mortality přirozené obnovy během 10 let, následujících po odumření horního stromového patra v horském smrkovém lese v oblasti Trojmezí, Národního parku Šumava. V oblasti byly založeny trvale výzkumné plochy v letech 2006 a 2007, tedy dříve, než území zasáhla velkoplošná intenzivní kůrovcová disturbance, která byla důsledkem orkánu Kyrill ze dne 18. ledna 2007. Mortalita a případné uchycování semenáčků bylo sledováno každoročně až do současnosti.

Na čtyřech plochách o velikosti 0,25 ha (50×50 m) bylo náhodně vytyčeno pět čtverců o velikosti 5×5 a ty byly následně rozděleny na 100 čtverečků o velikosti 0,5×0,5 m. Na každé malé ploše byl zaznamenán každý jedinec semenáčku, kterému byl přidělen štítek s číslem a byl zjištěn jeho status, zda je živý či mrtvý. Nově uchyceným jedincům byl přidělen nový štítek s číslem. U každého jedince bylo určeno mikrostanoviště, na němž vyrůstal.

Z posuzovaných dat bylo zjištěno, že na plochách v přirozené obnově převažuje smrk ztepilý, který má více než 95% zastoupení a příměs tvoří jeřáb ptačí. Za 10 let od disturbance odumřelo na všech plochách kolem 25 % jedinců zmlazení. Mortalita smrku ztepilého byla velmi podobná s mortalitou jeřábu ptačího. Mortalita silně klesá s rostoucí výškou jedince. Vnitrodruhová kompetice měla nízký vliv na mortalitu jedinců, protože se zvyšujícím se počtem jedinců na ploše se mortalita nemění. Mortalita semenáčků klesala s časem a pokles lze očekávat i nadále. Vychýlení nastalo v roce 2007, kdy mortalita mírně narostla, je to dané pravděpodobně průběhem počasí během roku. Největší vliv na mortalitu mohlo mít sucho v předcházejícím roce. Nejvyšší mortalita byla zjištěna na mikrostanovišti ležící kmen - 38 %, poté na hrabance - 33 % a třetí nejvyšší mortalita byla na mechu - 17 %. Z výsledků vyplývá, že mortalita je velice nízká a podmínky vytvořené velkoplošnou disturbancí vyhovují jak zmlazení smrku, tak jeřábu.

**Klíčová slova:** Smrk ztepilý, *Picea abies*, jeřáb ptačí, semenáčky, mortalita, mikrostanoviště, početnost

## Abstract

Mortality of natural restoration has, especially shortly after a disturbance, significant impact on all ecosystem processes of the newly forming forest. It impacts structure of the forest decades or even hundreds of years in advance and that itself affects ecosystem services, such as bonding carbon and nutrients from decomposing organic matter back to growing young trees, biodiversity, water retention and many more.

The aim of this thesis was assessment of mortality of natural restoration within 10 years following the necrosis of upper tree level in mountain spruce forest in the area of Trojmezná, National Park Šumava. In this area there were established permanent research areas in 2006 and 2007, earlier than the area was hit by a large-scale bark beetle disturbance (2008), which was a consequence of the hurricane Kyrill from 18<sup>th</sup> January 2007. The mortality and prospective rooting of seedlings was followed annually until the present.

On four areas of the size 0,25 ha (50×50 m) five squares of the size 5×5 m were randomly selected and those were subsequently divided into 100 squares of the size 0,5×0,5. On each of these little areas individual seedlings were recorded, all of them were given a number tag and it was determined, whether they were alive or dead. Newly rooted seedlings were given new number tags. A microsite that these seedlings grew on were determined for each individual seedling.

From the data it was found that in all areas of natural restoration prevails the steppe spruce, which represents 95 % and mingles with rowan. Within 10 years of the disturbance about 25 % of rejuvenated individuals died. Mortality of steppe spruce was similar to mortality of rowan. Mortality strongly declines with increased height of a tree. The mortality is independent from the number of individuals in the area. The mortality of seedlings declines with time and this downward trend can be expected to continue. An unbalance occurred in 2007, when the mortality increased slightly. That was probably due to the weather, when the greatest impact on the mortality could have had the drought in the previous year. The highest mortality was found in the microsite laid strain – 38 %, the second highest mortality in microsite forest litter – 33 % and the third highest mortality in microsite moss – 17 %. The results show that mortality is very low and the conditions created by large-scale disturbance are suitable for both rejuvenation of spruce and rowan.

**Keywords:** Norway spruce, *Picea abies*, rowan, seedlings, mortality, microsite, abundance



## Obsah

1. Úvod .....	13
2. Literární rešerše .....	15
2.1 Horské smrkové lesy .....	15
2.2 Horské smrčiny na Šumavě .....	15
2.3 Smrk ztepilý ( <i>Picea abies</i> ) .....	16
2.4 Jeřáb ptačí ( <i>Sorbus aucuparia</i> ) .....	17
2.5 Disturbance v horských smrčinách.....	18
2.6 Přirozená obnova .....	19
2.7 Mortalita jedinců dřevin .....	21
3. Metodika.....	23
3.1 Charakteristika lokality .....	23
3.2 Historie lokality .....	23
3.3 Sběr dat.....	24
3.4 Analýza nasbíraných dat .....	26
3.4.1 Mortalita .....	26
3.4.2 Mikrostanoviště .....	26
3.4.3 Zastoupení jednotlivých dřevin na zkoumaných plochách .....	28
3.4.4 Výškové třídy .....	29
4. Výsledky.....	30
4.1 Mortalita a její závislost na druhu dřeviny .....	30
4.2 Mortalita a její závislost na vnitrodruhové konkurenci.....	32
4.3 Mortalita a její závislost na počtu let od disturbance .....	33
4.4 Mortalita a závislost na mikrostanovištích .....	34
4.5 Mortalita podle výškových tříd .....	36
4.6 Porovnání mortality v průběhu let na jednotlivých TVP .....	36

4.7 Porovnání počtů mrtvých a živých semenáčků na trvale výzkumných plochách .....	38
5. Diskuze .....	41
5.1 Druhové složení dřevin a závislost na mortalitě .....	41
5.2 Vnitrodruhová konkurence dřevin a její vliv na mortalitu .....	41
5.3 Mortalita 10 let od odumření horního stromového patra .....	42
5.4 Mikrostanoviště a vliv na mortalitu .....	42
5.5 Vliv výškové struktury na mortalitu .....	43
6. Závěr .....	44
7. Použitá literatura a zdroje .....	45
8. Přílohy .....	50

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Druhy mikrostanovišť na trvalých výzkumných plochách.....	27
Tabulka 2: Rozdělení semenáčků do výškových tříd .....	29
Tabulka 3: Celkové počty jedinců na plochách, zastoupení smrku a jeřábu v %, hektarové počty a mortalita v % na plochách za roky 2009 – 2017 .....	30
Tabulka 4: Hektarové počty a mortalita všech jedinců na jednotlivých plochách .....	32
Tabulka 5: Mortalita na TVP3 v jednotlivých letech .....	36
Tabulka 6: Mortalita na TVP4 v jednotlivých letech .....	37
Tabulka 7: Mortalita na TVP5 v jednotlivých letech .....	37
Tabulka 8: Mortalita na TVP6 v jednotlivých letech .....	38

## Seznam grafů

Graf 1: Závislost mortality semenáčků na počtu jedinců na ploše, na úrovni čtverečků (0,5×0,5 m), za sledované období 2009 – 2017 .....	32
Graf 2: Závislost mortality semenáčků na počtu jedinců na ploše, na úrovni čtverců (5×5 m), za sledované období 2009 – 2017 .....	33
Graf 3: Vývoj mortality v průběhu let 2009 – 2017 .....	33
Graf 4: Zastoupení nejčtenějších mikrostanovišť ze všech TVP .....	34
Graf 5: Porovnání mortality semenáčků na trvale výzkumných plochách podle jejich mikrostanovišť .....	35
Graf 6: Počty mrtvých a živých jedinců podle výškových tříd .....	36
Graf 7: Rozdělení jedinců na TVP3 podle jejich mikrostanoviště (1. část) .....	38
Graf 8: Rozdělení jedinců na TVP3 podle jejich mikrostanoviště (2. část) .....	38
Graf 9: Rozdělení jedinců na TVP4 podle jejich mikrostanoviště .....	39
Graf 10: Rozdělení jedinců na TVP5 podle jejich mikrostanoviště .....	40
Graf 11: Rozdělení jedinců na TVP6 podle jejich mikrostanoviště .....	40

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Semenaček smrku ztepilého, rostoucí na mrtvém dřevě. (Foto: Pavla Čížková, 2011) .....	20
Obrázek 2: Vyznačené trvale výzkumné plochy (Svoboda et Zenáhlíková; 2009).....	24
Obrázek 3: Schéma uspořádání trvalých výzkumných ploch (TVP).....	25
Obrázek 4: Stupnice stádia rozkladu mrtvého dřeva (Maser et al.; 1979).....	28

# 1. Úvod

Lesy jsou nedílnou součástí přírody a pro lidskou populaci mají hned několik důležitých významů. Pro člověka jsou zdrojem kyslíku, bez kterého nedokáže žít. Lesy podporují ochrannou funkci před přírodními riziky, jako jsou laviny, povodně či záplavy (Krumm et al., 2011). V horských oblastech smrkové lesy poskytují ochranu před půdní, vodní a skalní erozí (Winter et al., 2015). Husté, smrkové porosty jsou nedílnou součástí Šumavy a jsou považovány jako jeden z nejzachovalejších lesních komplexů na území Evropy (Kindelmann; Matějka; Doležal; 2012).

V horském lese probíhají různé disturbance, které jsou pro lesy přirozené. Spolu s větrem ovlivňují horské smrčiny nejčastěji hmyzí škůdci, konkrétně lýkožrout smrkový (*Ips typographus*) (Kulakowski & Bebi, 2004). Z výsledků studií vyplývá, že se silné větry vyskytovaly za posledních 500 let v České republice hned několikrát, a to v různých periodách (Dobrovolný; Brázdil; 2003). Šumavu v oblasti Trojmezna zasáhl v roce 2007 orkán Kyrill a následně o rok později i kůrovcová kalamita, která způsobila odumření horního stromového patra (Zenáhlíková et al., 2011). Tyto přirozené disturbance znamenají pro lesní ekosystém menší zásah než asanační zásahy. Proto, kde to legislativa umožňuje, jsou lesní oblasti ponechány přirozenému vývoji bez zásahu člověka. Oblast Trojmezna se v bezzásahové oblasti nachází, takže jsou zde lesní ekosystémy ponechány přirozeným procesům (Svoboda et Zenáhlíková; 2009).

Přirozená obnova je velmi důležitá pro oblasti, kde došlo k rozsáhlé disturbanci jako právě v oblasti Trojmezna. Přirozená obnova probíhá v lesním porostu, kde došlo k odumření nebo rozpadu staré generace (Korpel; 1989). Stejně jako přirozená obnova, tak i mortalita je přímo závislá na disturbancích, které probíhají v lesních porostech (Svoboda; 2007). Právě mortalitou živých jedinců nám vzniká tlející (rozpadající) dřevo, které se stává substrátem pro mladé semenáčky a zároveň dokáže poskytnout ochranu před bujnou vegetací (Jonášová; 2013).

Cílem práce bylo potvrdit, popřípadě vyvrátit následující hypotézy týkající se mortality přirozené obnovy v horském smrkovém lese.

Ověřovala se platnost následujících hypotéz:

1. Mortalita jedinců přirozené obnovy nezávisí na druhu dřeviny.
2. Mortalita jedinců přirozené obnovy nezávisí na vnitrodruhové konkurenci.
3. Mortalita jedinců přirozené obnovy nezávisí na počtu let od disturbance.

## 2. Literární rešerše

### 2.1 Horské smrkové lesy

Pro horské smrčiny jsou typické extrémní podmínky, ve kterých dokážou růst. Vyznačují se relativně mělkým půdním profilem a například podmáčeným nebo extrémně kamenitým stanovištěm. V chladném podnebí je rozklad organické hmoty pomalý a množství živin pro rostliny v půdě malý, což může ovlivnit růst dřevin (Svoboda, 2005).

Přírozené smrčiny se podle oblastního plánu rozvoje lesů vyskytují až od 1 200 metrů nad mořem (Hubený, 2011). Ve svahových smrčinách na Šumavě je to zhruba od 1 150 m (Čada et al., 2013). Přírozeně ale rostou i mnohem níže, klidně i 700 metrů nad mořem a je to dáno tím, že tam mají zimu a mokro, což jim dost vyhovuje. Ostatní dřeviny jsou v těchto polohách limitovány podmáčenou půdou a mrazivým vzduchem (Hubený, 2011). Pro původní lesy, které se vyskytují v horských oblastech je typické, že se na povrchu půdy nacházejí velké množství polámaných a vyvrácených stromů a ty se postupně rozkládají (tlejí). Odumírání těchto porostů způsobuje především vítr spolu s lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus*). Na uvolněné místo pak může nastoupit přírozené zmlazení (přírozená obnova). Odumřelé kmeny se stávají důležitou součástí lesního ekosystému a často z nich vyrůstá nová generace. V původním horském lese by se měli nacházet jedinci, kteří jsou starší 250 let, což dokazuje, že průměrný čas jedné generace v přírozeném lese může být až stovky let (Šantrůčková et al., 2010). Zároveň se zde nacházejí jedinci různých tloušťek (Hubený, 2018).

Smrkové lesy v horských oblastech poskytují i mnoho ekosystémových služeb, například ochrana před lavinou, půdní, vodní, intraskelotovou i skalní erozí (Winter et al., 2015).

### 2.2 Horské smrčiny na Šumavě

V České republice máme celkem čtyři národní parky, kterými jsou: Krkonošský NP, NP České Švýcarsko, NP Podyjí a NP Šumava. Největší část, v národních parcích České republiky, tvoří lesy (83,5 %). Většinou jsou zařazeny do kategorie lesů zvláštního určení dle § 8 odst. 1 písm. c) zákona č. 289/1995 Sb., o lesích v platném znění. Postup péče musí zajistit samovolný vývoj lesních ekosystémů a cílem je přírozený stav ekosystémů (*Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2017*; Praha 2018).



Šumava je geologicky staré pohoří, které se nachází na jihozápadě České republiky. Zdejší lesy jsou považovány za jeden z nejzachovalejších lesních komplexů ve střední Evropě. Stromové patro horských klimaxových smrčín na Šumavě je tvořeno smrkem s vtroušeným jeřábem ptačím (*Sorbus aucuparia*). Přirozené horské smrčiny se vyskytují pouze na vyšších hřebenech (Kindelmann; Matějka; Doležal; 2012) v nadmořské výšce přibližně nad 1 150 m (Čada et al., 2013). Dřevinnou skladbu výjimečně doplňují například javor klen (*Acer pseudoplatanus*), jedle bělokorá (*Abies alba*), buk lesní (*Fagus sylvatica*) a další (Čada et al., 2013).

### 2.3 Smrk ztepilý (*Picea abies*)

Smrk ztepilý (*Picea abies*) je stálezelená jehličnatá dřevina z čeledi borovicovitých (*Pinaceae*). Jednotlivé stromy jsou 30 až 50 metrů vysoké (Hieke; 2019). Dožívají se 350-400 let. V porostu začíná smrk plodit zhruba od 60. roku. Na extrémních stanovištích mohou někteří jedinci plodit i dříve (Úradníček et Chmelař; 1995).

Doporučená skladba smrku ztepilého je 36,5 % a přirozená 11,2 %. V současné době pokrývá smrk 50,3 % území našich lesů (*Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2017*; Praha 2018).

Smrk ztepilý (*Picea abies*) velmi často podléhá ničivým větrům. Kvůli svému plochému kořenovému systému, který nemá dostatečně ukotvený v půdě, dochází k vývrátům. Na tvorbu kořenového systému má největší vliv obsah živin a půdní podmínky. Smrk ztepilý dokáže snášet i stagnující vodu, ale právě v místech, kde se tato stagnující voda vyskytuje, vytváří až extrémně plochý kořenový systém. Pokud v půdě není kyslík, kořeny nevytváří. Pokud mladý smrk roste na tlejícím kmenu, mohou později vznikat i chůdovité kořeny (Musil; 2003). Typické chůdovité kořeny se vyskytují na pobřežích moří a oceánů, kde se míchá sladká voda se slanou. Tyto porosty se označují mangrove. V našich podmínkách se chůdovité kořeny vyskytují především v pralesích a v přírodních lesích. Vznikají tak, že semenáček vyklíčí na pařezech, padlých kmenech či vývratech, které následně zetlejí (Horáček; 2019).

**Ekologie:** Smrk je světlomilná dřevina, která v mládí snáší i zástin. Tím, že lehce vniká do porostu, tak dokáže obsazovat místa jiných dřevin. Pokud má nedostatek vlhkosti, je jeho růst limitován. Naopak na půdu a geologické podloží nemá velké nároky. Smrku vadí imise, což je trvalé znečištění půdy způsobené emisemi. Dochází poté k odumírání porostu.

Klimaticky není smrk náročná dřevina a dokáže odolávat mrazům. Citlivější je na vyšší teploty (Úradníček et. al., 2001). Vyhovuje mu proto kratší a chladnější léto. V teplejších oblastech může dojít k předčasnému rašení a smrk poté lehce podlehne houbovým škůdcům, kteří způsobují hnilobu (Úradníček et Chmelař; 1995).

**Rozšíření:** Smrk ztepilý má rozsáhlý euroasijský areál. Zasahuje přes celou Sibiř na východ až k Ochotskému moři.

Evropský areál lze rozdělit na dvě části:

1. Severská oblast; zaujímá téměř skoro celou oblast Skandinávie, následně prochází přes Pobaltí až na východ, přes střed evropské části Ruska k Uralu.
2. Středoevropsko-karpatská oblast; zaujímá horské oblasti střední a jihovýchodní Evropy (Slávik; 2004).

Středoevropsko-karpatská oblast se dělí ještě na menší části:

- Hercynsko-karpatská oblast
- Alpská oblast
- Dinarská oblast
- Rhodopská oblast

Území České republiky patří do hercynsko-karpatské oblasti. Zasahuje od Černého lesa, který je na západě, následně táhne přes německé hornatiny, horské oblasti České republiky, Karpaty až do Transylvánských Alp. (Úradníček et Chmelař; 1995).

**Význam:** Smrk je pro svůj rychlý růst jednou z našich nejvýznamnějších hospodářských dřevin. Dřevo, které poskytuje, se využívá pro různé účely. Především se jedná o účely stavební, truhlářské, nástrojařské, ale využívá se i jako rezonanční dřevo pro hudební nástroje. Smrkové dřevo se také zpracovává na papír nebo palivo. Dříve byl smrk využíván i k těžbě pryskyřice, ze které se vyráběla bednářská smůla, kalafuny a terpentýny. Kůra, která se loupala z pokácených stromů, sloužila jako zdroj pro výrobu třísla. Velmi oblíbený je smrk jako vánoční stromek. V zahradnictví se větve používají k vazbě věnců (Úradníček et Chmelař; 1995).

## 2.4 Jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*)

Jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*) je opadavá dřevina z čeledi růžovitých (*Rosaceae*). Vyskytuje se ve formě menšího stromu (vzácněji keř), který vyrůstá do výšky až 20 metrů a dožívá se až 200 let. V mládí je růst rychlý, ale od 30. roku se zpomaluje. Úzká a řídká koruna jeřábu dokáže chránit ostatní dřeviny před větrem. Listy jsou v mládí pýřité, později olýsalé nebo mohou být trvale lysé (Fér; 1994). Na podzim se lichožpeřené, střídavé listy zbarvují do výrazné červené barvy (Úradníček et. al., 2001). Jeřáb je plodný od 20. roku. Plodem jsou drobné, červené kulovité malvice, které jsou 9 – 10 mm velké a dozrávají koncem léta. Jeřáb má velice dobrou pařezovou výmladnost (Fér; 1994).

**Ekologie:** Jeřáb ptačí je světlomilná dřevina, která v mládí dokáže snášet i zástín, ale s věkem nároky na světlo stoupají. Poměrně snadno obsazuje mýtiny, kalamitní holiny, zabuřené plochy v lese, neobdělávané louky, výkopy, pastviny a podobně (Hecker; 2015). Jeřáb ptačí snese nadbytek vlhkosti, ale naopak snáší dobře i nedostatek půdní vláhy, dokáže proto růst i na skalách. Velmi špatně snáší zasolení. Jeřáb je dřevina, která je vůči extrémním teplotám odolná, snáší dobře vedra i silné mrazy. Zmlazuje se na tlejícím dřevě (Úradníček et. al., 2001).

**Rozšíření:** Jeřáb ptačí má velký euroasijský areál rozšíření. Vyskytuje se prakticky v celé Evropě, výjimkou nejnižnějších částí (Musil et Möllerová; 2005). Dále se nevyskytuje v západní Sibiři a Malé Asii. V naší republice se jeřáb vyskytuje na celém území od nížin až po klečové pásmo. Často tvoří příměs v horských smrčínách (Úradníček et. al., 2001).

**Význam:** Jeřáb ptačí se často používá jako přípravná dřevina v horských oblastech, které byly poškozeny imisemi. Plody, které se nazývají jeřabiny, jsou často využívány v domácím lékařství. Mají výborný účinek při zánětech horních cest dýchacích a také působí močopudně. Užívají se i při problémech s revmatismem. Jeřabiny také slouží jako potrava pro ptactvo a zvěř (Úradníček et. al., 2001).

## 2.5 Disturbance v horských smrčínách

Disturbance (nebo také narušení) je přirozená síla, která způsobuje zásadní změnu v dynamice lesních ekosystémů (Frelich; 2002). Ve střední Evropě za nejvýznamnější činitele, kteří mohou ovlivnit dynamiku horského lesa, je považován vítr a hmyzí škůdci (Kulakowski & Bebi, 2004).

Vítr je jedním z primárních původců, který dokáže přirozeně narušit lesní ekosystémy. Četnost a velikost větrných událostí se liší a závisí na typu lesa (Clinton et al. 2000).

Disturbance způsobena větrem patří mezi přirozené procesy a souvisí s existencí lesních porostů. Bořivé větry v lesních porostech způsobují polomy a vyvrácení nebo polámání stromů. Vítr se považuje za jeden z nejvýznamnějších činitelů a v lesních porostech tvoří největší škody. Ničivé vichřice na Šumavě mají rychlost zhruba 110 km.h<sup>-1</sup> a vyskytují se až pětkrát do roka (Kolejka et al.; 2010).

Spolu s větrem ovlivňují horské smrčiny i hmyzí škůdci, konkrétně lýkožrout smrkový (*Ips typographus*) (Kulakowski & Bebi, 2004). Lýkožrout smrkový je druhem hmyzu, který patří do řádu brouků (*Coleoptera*), čeledi kůrovcovitých (*Scolytidae*). Lidově se označuje jako kůrovec. Lýkožrout smrkový patří mezi nejzávažnější hospodářské škůdce smrkových porostů v Evropě. Nejčastěji napadá smrkové porosty starší 60 let, které se vyskytují na jižních a oslněných stěnách. Výjimečně byl zjištěn i na modřínu opadavém (*Larix decidua*) a velmi vzácně napadá i borovici lesní (*Pinus sylvestris*) (Zahradník, et. Knížek; 2000). Lýkožrout smrkový je považován za největšího kůrovce na našem území. Tělo brouka dosahuje velikosti 4,5-5,5 mm. Napadá zejména stromy, které jsou oslabené. Sucho, teplé počasí a větrné kalamity zapříčiňují to, že dochází k přemnožení lýkožrouta a ten pak napadá i zdravé stromy (Kindelmann; Matějka; Doležal; 2012).

Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*) je polygamní druh, kdy jeden samec dokáže oplodnit více samic. Dospělí jedinci přezimují většinou v půdě, pod kůrou stojících stromů nebo také pod kůrou padlých stromů. Lýkožrout smrkový přezimuje nejčastěji ve formě brouků. Svě zimoviště opouštějí při teplotách 18-20 °C. Na strom jako první naletí samec, který se zavrtává do kůry a následně vytváří tzv. snubní komůrku a do té láká samičky. Samička, která je již oplodněná, hloubí matečnou chodbu a klade do ní až 50 vajíček. Larvy, které se z nich vylíhnou, vytvářejí postranní chodbičky. Na konci těchto chodbiček larvy vytvářejí kukelní komůrky, ve kterých se larvy zakuklí a po skončení tohoto procesu vylézají z komůrky plně vyvinutý dospělý jedinec (Skuhřavý; 2002).

## 2.6 Přirozená obnova

Přirozená obnova probíhá v lesním porostu, kde došlo k odumření nebo rozpadu staré generace (Korpel'; 1989). V lesním porostu se na 1 ha vyskytuje až desetitisíce semenáčků a konkrétní počet je ovlivněn semenným rokem (Jonášová; 2013). Byly provedeny výzkumy, které dokazují, že smrčiny v přirozených oblastech se dokážou obnovit i poté, co dané území zasáhne kůrovcová kalamita (Šantrůčková et al., 2010). Množství přirozené obnovy není

stálé a ovlivňuje ji hned několik faktorů. Například různý počet dospělých plodných stromů v porostu, konkurence v bylinném patře, kvalita mikrostanoviště, vysychavost a podobně (Ulbrichová et al., 2009).

Přirozená obnova dřevin v horských smrčínách je ovlivněna vhodnými typy mikrostanovišť (Kupferschmid et Bugmann; 2005). Rozpadající dřevo je v bezzásahové zóně velmi důležité pro další přirozený vývoj lesa (Svoboda; 2007). Tlející dřevo v porostu tvoří nejlepší podmínky pro mladé semenáčky (Duchesneau & Morin, 1999). Pahýly, pařezy a blízké okolí stromů (souší či dospělých stromů v porostu) patří mezi dvě nejvýznamnější mikrostanoviště, kde dochází k odrůstání semenáčků smrku ztepilého. Zároveň se přirozené zmlazení vyskytuje nepravidelně a s vazbou na mikrostanoviště různě v hloučku, (Bače et al., 2009) popřípadě v jedné přímce. Je to dáno tím, že rozpadající se dřevo uvolňuje živiny do půdy. Tlející dřevo slouží také jako zdroj potravy nebo jako dočasný úkryt pro živočichy. Různé studie dokazují, že až 30 % organismů, které se vyskytují v evropských lesích, jsou vázány na mrtvé dřevo (Šantrůčková et al., 2010).



Obrázek 1: Semenáček smrku ztepilého, rostoucí na mrtvém dřevě. (Foto: Pavla Čížková, 2011)

V případě šumavských smrčín se v listnaté obnově objevuje jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*). Počty této přirozené obnovy jsou ale oproti smrku ztepilého nízké. Je to dáno

tím, že se v porostu nenachází tolik dospělých mateřských stromů. Zvěř způsobuje semenáčkům jeřábu okusy, což ovlivňuje jejich výškové přírůsty (Ulbrichová et al., 2009).

## **2.7 Mortalita jedinců dřevin**

Mortalita je přímo závislá na disturbancích a na stavu lesního komplexu. Mortalita má zásadní vliv na budoucí lesy a na ekosystémové procesy. Mortalitou živých jedinců vzniká tlející dřevo, díky kterému se rozkládající organické hmoty dostanou zpět do rostoucích mladých stromů. Z toho důvodu je mortalita v lesích, které jsou v bezzásahových území, důležitá (Svoboda; 2007).

Pokud dochází v lesních ekosystémech k narušení pomocí větru, tak bude mrtvé dřevo tvořeno vývraty, popřípadě zlomy. Napadne-li lesní porost hmyzí škůdce, tak dochází k narušení velkého množství stojících souší na jedné lokalitě. Zároveň tyto souše napadnou patogenní houby a ty způsobují tlení dřeva a souše se začnou lámat (Svoboda et Pouska; 2009).

Nacházejí-li se porosty v ranných fázích sekundární nebo cyklické sukcese, největší vliv na mortalitu bude mít kompetice jedinců, kteří v porostu odrůstají. Naopak pokud jsou porosty v pozdní fázi sekundární či cyklické sukcese, nejvíce mortalitu ovlivní různé disturbance (Svoboda; 2007).

Mortalitu a samotný vývoj semenáčků ovlivňuje několik faktorů. Jeden z nejdůležitějších faktorů, který ovlivňuje mortalitu mladých jedinců v porostu, je jejich výška. U 5 cm vysokých semenáčků je procento mortality daleko vyšší, než například u 50 cm vysokých semenáčků. Čím vyšší semenáček je, tím lépe zvládá konkurenci (Messier et al., 1999).

Dalším důležitým faktorem, ovlivňující přežití a růst semenáčků je sucho. Problém se suchem se vyskytuje hlavně na jižních stranách, zatímco na severních stranách naopak nastává problém s nedostatkem slunečního světla (Brang; 1998).

Také nedostatek světla ovlivňuje mortalitu mladých semenáčků (Duchesneau et Morin; 1999). Je ovšem dokázáno, že pokud roste semenáček smrku v zástínu, dokáže i v pozdějším věku reagovat na uvolnění prostoru. Semenáček smrku ztepilého dokáže i desítky let přežívat jako malý semenáček, který pozastaví svůj růst (Jonášová; 2013). Nedostatek slunečního světla proto pro mladé semenáčky smrku ztepilého nepředstavuje tak

velký problém jako sucho, které je limituje mnohem více a představuje pro ně větší problém (Svoboda; 1953).

Mezi další faktory, které mají vliv na mortalitu semenáčků patří mráz, pohybující se sníh, poškození zvěří (okus) a konkurence přízemní bujné vegetace a konkurence mezi semenáčky (Vacek et Podrázský; 2003). Právě vnitrodruhová konkurence (kompetice) je jedna z hlavních příčin odumírání mladých semenáčků. Jedinci jsou nahroučeni na malé ploše nemají dostatek světla. To způsobuje, že podlehnou mnohem lépe např. korovnici (Ulbrichová et al.; 2009).

## 3. Metodika

### 3.1 Charakteristika lokality

Zkoumané území se nachází v Trojmeznné hornatině, která je považována za druhý největší geomorfologický celek Šumavy. V centrální části se nachází nejvyšší vrchol české Šumavy – Plechý (1378 m.n.m.). Trojmeznná hornatina na jihu zasahuje až k hranicím s Německem a Rakouskem (Anděra et al., 2003). Lokality, kde probíhal sběr dat, se nachází v Národním parku Šumava konkrétně v jeho jihovýchodní části. Zkoumané plochy na Trojmeznné byly umístěny na souřadnicích (48° 47' N, 13° 49' E). Nadmořská výška studovaných výzkumných ploch se pohybuje od 1 220 m.n.m. až do 1 340 m.n.m. a průměrná roční teplota nepřekročí 4 °C. Studované plochy se zároveň nacházejí převážně v 7. a 8. lesním vegetačním stupni (Kopáček et al.; 2002). Mezi nejvýznamnější půdní jednotky na Šumavě patří podzol, organozem, glej kambizem, kryptopodzol a ranker (Petruš, Neuhäuslová, 2001).

### 3.2 Historie lokality

Na Trojmeznné vznikly zkoumané porosty na konci 19. století. V roce 1870 zasáhla toto území velká vichřice, která zničila velké množství lesních porostů (Jelínek, 1997). Lesy na Šumavě vždy trpěly pohromami, ať už sněhovými nebo větrnými. Vichřice, která přišla roku 1870 je ze všech větrných kalamit spolu s orkámem Kyrillem z roku 2007 asi nejznámější (Anděra et al., 2003). Po této vichřici následovalo přemnožení lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*). Později mezi lety 1874 až 1882 byla také provedena asanační těžba a předtím než došlo k této disturbanci, tak byly porosty v této oblasti starší 140 let (Jelínek, 1997).

Mezi léty 1950-1989 neprobíhaly na porostech skoro žádné lesnické práce a území se nacházelo v hraničním pásmu. V roce 1991 byl vyhlášen Národní park Šumava a zároveň bylo zájmové území součástí první zóny. Později v roce 1995 došlo ke změně zonace a území bylo přesunuto do druhé zóny. V noci z 18. na 19. ledna roku 2007 zasáhl Národní park Šumava orkán Kyrill a zničil desítky hektarů lesních porostů nejen v blízkosti trvalých výzkumných ploch (Zenáhlíková et al., 2011). Nárazová rychlost orkánu dosáhla až 170 km.h<sup>-1</sup>. Na české straně Šumavy Kyrill způsobil na dřevní hmotě škody ve výši 700



m<sup>3</sup> (Kolejka et al.; 2010). Následně byly porosty napadeny lýkožroutem smrkovým a začaly odumírat (Zenáhlíková et al., 2011).

### 3.3 Sběr dat

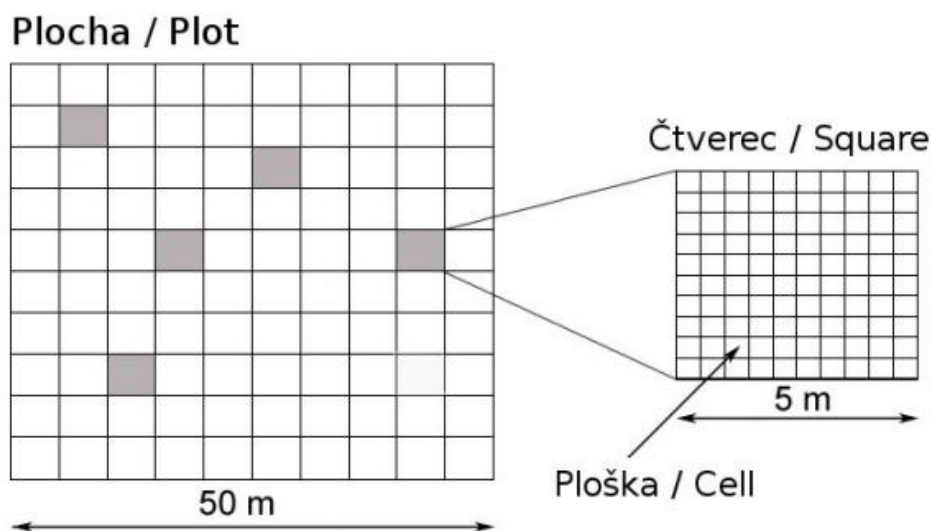
Sběr dat probíhal na trvalých výzkumných plochách (TVP), které byly založeny v letech 2006 - 2007, ale sledování semenáčků začalo až v roce 2009. Trvale výzkumné plochy se nachází na svahu pod hřebenem mezi vrcholy Trojmezna Hora a Třístoličník. Jedná se celkem o čtyři TVP (označené jako P3, P4, P5 a P6) (Zenáhlíková et al., 2011).



Obrázek 2: Vyznačené trvale výzkumné plochy (Svoboda et Zenáhlíková; 2009)

Na snímku z roku 2017 (Svoboda et Zenáhlíková; 2009) vyznačili polohu trvale výzkumných ploch (P3-P6). V roce 1873 byla část území považována za přirozený horský smrkový prales a toto území nám na snímku ohraničuje plná čára. Lze tedy vidět, že trvale výzkumné plochy byly založeny v oblastech, které byly kvalifikovány jako pralesovité (Svoboda et Zenáhlíková; 2009).

Jednotlivé plochy mají rozlohu 0,25 ha (50×50 m). Všechny trvale výzkumné plochy byly zmapovány pomocí FieldMap ([www.fieldmap.cz](http://www.fieldmap.cz)). Detailně se prozkoumalo tlející dřevo, stromové patro, zmlazení a vegetace (Zenáhlíková et al., 2011).



Obrázek 3: Schéma uspořádání trvalých výzkumných ploch (TVP)

Jednotlivé trvale výzkumné plochy mají velikost 50×50 m, jsou rozdělené na 100 čtverců (5×5 m) a následně z těchto 100 čtverců bylo vybráno 5 náhodných čtverců, které se rozdělily na 100 plošek o velikosti 0,5×0,5 m (Zenáhlíková et al., 2011).

Plochy, které byly náhodně vybrány, musely splňovat následující kritéria:

1. Pozice v centrální části větších fragmentů uzavřených lesních porostů.
  2. Rovnoměrné pokrytí daného zájmového území.
  3. Absence porostů, které byly v nedávné době ovlivněny disturbancemi nebo lesnickými zásahy.
  4. Pozice ploch v stanovištních podmínkách, které jsou si podobné (jsou vzdálené od potoků, podmáčených stanovišť a kamenných výchozů)
- (Svoboda et Zenáhlíková; 2009).

Osobně jsem se zúčastnila sběru dat v roce 2019, ale zároveň mi byly poskytnuty naměřená data z období let 2009 – 2017. Jak je uvedeno u schématu výše (obrázek č.3), tak každý z 5 vybraných čtverců byl ještě rozdělen na 100 malých plošek o velikostech 0,5×0,5 m a o obsahu čtverce 0,25 m<sup>2</sup>. Rohy jednotlivých malých plošek byly vyznačeny kovovou jehlicí, na které byla vždy žlutá lesnická stuha, to sloužilo pro lepší orientaci mezi ploškami

na čtverci. Každý semenáček na ploše byl označen malým štítkem s konkrétním číslem. Štítek byl k jedinci připojen pomocí drátku.

Na trvalých výzkumných plochách se používaly zapisovací papíry, do kterých se hned v terénu zapisovaly naměřená a zjištěná data. Každý zapisovací papír obsahoval číslo jednotlivé plochy, číslo čtverce, čtverečku a také čísla a seznam štítků všech semenáčků, které se na dané ploše nacházejí. Do kolonek v zapisovacích papírech se zaznamenal přírůst všech jedinců za daný rok (v mm) a dále zda jedinec nemá nějaký druh poškození (například zda nemá okus, ohryz, je bez hlavního terminálu, napaden korovnicí, usychání, žloutnutí, zástin apod.). Zaznamenala se i mortalita daných jedinců. Pomocí těchto dat se získají informace o tom, jak jednotliví jedinci rostou a také se může prozkoumat mortalita semenáčků. Sběr dat na trvale výzkumných plochách probíhá již od roku 2009. V prvních letech se data sbírala každý rok, později od roku 2013 každý druhý rok. Mortalita jedinců se určila podle stádia uschnutí. Pokud byl mrtvý jedinec zbarvený do tmavých a šedých odstínů, zemřel v předchozím roce. Naopak pokud do žlutých a hnědých, popřípadě měl na sobě ještě uschlé jehlice, tak zemřel v daném roce.

### **3.4 Analýza nasbíraných dat**

Data byla naměřena v terénu, následně byla přepsána ze zapisovacích archů do tabulkového procesoru (MS Excel 365). Následně byla provedena analýza těchto dat. Byla provedena analýza jednotlivých zkusných ploch a následně souhrn a porovnání všech ploch.

#### **3.4.1 Mortalita**

Z nasbíraných dat byla zjišťována mortalita v jednotlivých letech, konkrétně mezi roky 2009 – 2017 a následně i mortalita celková. Sečetly se počty uhynulých semenáčků na daném místě za určitou dobu.

#### **3.4.2 Mikrostanoviště**

Podle typů mikrostanovišť, z jakých jednotlivé semenáčky na ploše vyrůstaly, byly rozřazeny do několika skupin (viz tabulka č. 1 níže). Jejich mikrostanoviště bylo určeno na počátku jejich evidence. Jakmile byl semenáček zaevidován, byl mu přidělen štítek s číslem. Na každém typu mikrostanoviště se zjišťovaly počty živých a mrtvých semenáčků.

Podle počtu mrtvých jedinců se zjišťovaly konkrétní hodnoty mortalit na jednotlivých mikrostanovištích. Následně se zjišťovalo, zda existuje závislost mortality semenáčků na jednotlivých mikrostanovištích.

Na trvalých výzkumných plochách se rozlišovalo několik typů mikrostavišť:

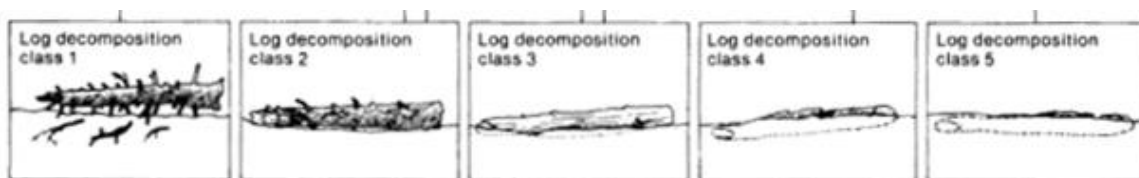
Tabulka 1: Druhy mikrostanovišť na trvalých výzkumných plochách

Typ mikrostanoviště	Charakteristika
<b>Hrabanka (HR)</b>	Na území TVP hrabanku tvoří opad ze smrku ztepilého ( <i>Picea abies</i> )
<b>Ležící kmen (KD)</b>	Kmen ležící na zemi
<b>Pahýl (PÝ)</b>	Jedná se o zbytek kmene souše
<b>Pata (PT)</b>	Pata stromu, pahýlu či pařezu
<b>Kámen (K)</b>	Mikrostanoviště je tvořeno horninou
<b>Vývrat (VÝ)</b>	Tvořen vyvrácením smrku ztepilého
<b>Mech (M)</b>	Všechny druhy mechorostů
<b>Rašeliník (RAŠ)</b>	Všechny druhy rašeliníků ( <i>Sphagnum</i> )
<b>Kaprad'orosty (KAPRADÍ)</b>	Všechny druhy kaprad'orostů (například kaprad' samec – <i>Driopteris filix-mas</i> )
<b>Borůvčí (VM)</b>	Brusnice borůvka – <i>Vaccinium myrtillus</i>
<b>Různé druhy travin a vegetace</b>	Metlička křivolaká – <i>Avenella flexuosa</i> (AF), třtina chloupkatá – <i>Calamagrostis villosa</i> (CV), ...

Zdroj: Vlastní zpracování z nasbíraných dat

Pro mrtvé dřevo, které leží na zemi (KD) se rozlišovalo pět stádií rozkladu podle Maser et al. (1979).

1. Zatím neprobíhá hniloba, kláda je tvrdá a jedná se o čerstvou kládu
2. Kláda je stále tvrdá, ale už se pomalu začíná tvořit hniloba
3. Kláda stále drží tvar, ale už probíhá vysoký stupeň hniloby
4. Kláda se už začíná rozpadat a nedrží tvar
5. Ve stupni pět se nachází fáze největšího rozkladu a kládu už nedrží vůbec pohromadě.



Obrázek 4: Stupnice stádia rozkladu mrtvého dřeva (Maser et al.; 1979)

### 3.4.3 Zastoupení jednotlivých dřevin na zkoumaných plochách

Zjišťovalo se procentuální zastoupení jednotlivých dřevin a hektarové počty na trvalých výzkumných plochách. Na všech plochách byly sečteny celkové počty živých a mrtvých jedinců jednotlivých druhů dřevin. Hektarové počty byly zjištěny podle počtu čtverců 5×5 m.

Dále se také ověřovalo, zda mortalita jedinců přirozené obnovy nezávisí na druhu dřeviny. Byl použit test hypotézy rozdílu mezi dvěma relativními četnostmi  $p_1$  a  $p_2$ . Nulová hypotéza  $H_0$  zněla: Mortalita smrku ztepilého je shodná s mortalitou jeřábu ptačího. K ní byla sestavena alternativní hypotéza  $H_1$ , která nulovou hypotézu vyvrací: Mortalita smrku ztepilého se neshoduje s mortalitou jeřábu ptačího. Byla stanovena hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Testové kritérium znělo:  $u = \frac{\frac{m_1}{n_1} - \frac{m_2}{n_2}}{\sqrt{\frac{\bar{p} \times \bar{q}}{n}}}$ , kde  $\bar{p} = \frac{m_1 + m_2}{n_1 + n_2}$ ,  $\bar{q} = 1 - \bar{p}$ ,  $n = \frac{n_1 \times n_2}{n_1 + n_2}$

### 3.4.4 Výškové třídy

Výškové třídy byly rozděleny do 7 skupin po 10 cm (viz. tabulka č.2). Semenáčky přirozené obnovy byly rozděleny do skupin podle jejich výšky.

Tabulka 2: Rozdělení semenáčků do výškových tříd

Výšková třída	Výška semenáčků
1. skupina	0-10 cm
2. skupina	11-20 cm
3. skupina	21-30 cm
4. skupina	31-40 cm
5. skupina	41-50 cm
6.skupina	51-60 cm
7. skupina	Nad 61 cm

Zdroj: Vlastní zpracování z nasbíraných dat

Výška semenáčků byla zjištěna z nasbíraných dat v programu Excel. V jednotlivých výškových třídách byly sečteny počty mrtvých a živých jedinců. Poté se podle celkových počtů zjišťovalo, zda výška jedinců má vliv na jejich mortalitu.

## 4. Výsledky

Tabulka 3: Celkové počty jedinců na plochách, zastoupení smrku a jeřábu v %, hektarové počty a mortalita v % na plochách za roky 2009 – 2017

	$\Sigma$ jedinců	SM zastoupení	JR zastoupení	Ha počty	Mortalita
<b>TVP 3</b>	3 153	97,46 %	2,38 %	252 240	23,79 %
<b>TVP 4</b>	1 937	99,38 %	0,62 %	154 960	27,98 %
<b>TVP 5</b>	986	98,48 %	1,22 %	78 880	25,46 %
<b>TVP 6</b>	1 795	95,60 %	4,35 %	143 600	28,47 %

Zdroj: Vlastní zpracování z nasbíraných dat

Po dobu výzkumu (od roku 2009 až do roku 2017) na všech trvale výzkumných plochách převažoval jednoznačně smrk ztepilý (*Picea abies*), který měl na všech plochách zastoupení větší než 95 %. Přimíšenou dřevinu mu tvořil jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*). Největší zastoupení měla tato dřevina na TVP 6, konkrétně 4,35 %. Dále se na plochách velmi zřídka objevila vrba (*Salix sp.*), bříza bělokorá (*Betula pendula*) a jedle bělokorá (*Abies alba*). Jednalo se o ojedinělé jedince, proto zastoupení těchto dřevin je zanedbatelné a nepřekročilo hranici 1 %. Z důvodu malé četnosti těchto ojedinělých dřevin nelze ověřit jejich mortalitu. Nejvyšší počet všech jedinců se nacházel na TVP 3, kde byly zároveň i nejvyšší hektarové počty. Naopak nejnižší počet jedinců byl zjištěn na TVP 5 a hektarové počty na TVP 6. Mortalita semenáčků na plochách se lišila v rádech jednotek procent. Nejvyšší mortalita byla zjištěna na TVP 6 a naopak nejnižší na TVP 3. Tato plocha měla zároveň i nejvíc jedinců. Podrobnější data o jednotlivých trvale výzkumných ploch (TVP3 – TVP6) se nachází v příloze této bakalářské práce.

### 4.1 Mortalita a její závislost na druhu dřeviny

V rámci této práce se ověřovalo, zda mortalita jedinců přirozené obnovy nezávisí na druhu dřeviny. Byl použit statistický test hypotézy rozdílu mezi dvěma relativními četnostmi  $p_1$  a  $p_2$ . Nulová hypotéza  $H_0$  zněla: Mortalita smrku ztepilého je shodná s mortalitou jeřábu ptačího. K ní byla sestavena alternativní hypotéza  $H_1$ , která nulovou hypotézu vyvracela:

Mortalita smrku ztepilého se neshoduje s mortalitou jeřábu ptačího. Byla stanovena hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Testové kritérium znělo:  $u = \frac{\frac{m_1}{n_1} - \frac{m_2}{n_2}}{\sqrt{\frac{\bar{p}\bar{q}}{n}}}$  kde  $\bar{p} = \frac{m_1+m_2}{n_1+n_2}$   $\bar{q} = 1 - \bar{p}$   $n = \frac{n_1 \times n_2}{n_1+n_2}$

**Trvale zkusná plocha č.3:**

$$|u| = 0,23$$

$$u(\alpha = 0,05) = 1,96$$

$|u| < u(\alpha = 0,05) \rightarrow$  Nulovou hypotézu na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  nelze zamítnout. Mortalita smrku ztepilého je velmi podobná s mortalitou jeřábu ptačího.

**Trvale zkusná plocha č.4:**

$$|u| = 0,32$$

$$u(\alpha = 0,05) = 1,96$$

$|u| < u(\alpha = 0,05) \rightarrow$  Nulovou hypotézu na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  nelze zamítnout. Mortalita smrku ztepilého je velmi podobná s mortalitou jeřábu ptačího.

**Trvale zkusná plocha č.5:**

$$|u| = 1,37$$

$$u(\alpha = 0,05) = 1,96$$

$|u| < u(\alpha = 0,05) \rightarrow$  Nulovou hypotézu na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  nelze zamítnout. Mortalita smrku ztepilého je velmi podobná s mortalitou jeřábu ptačího.

**Trvale zkusná plocha č.6:**

$$|u| = 4,26$$

$$u(\alpha = 0,05) = 1,96$$

$|u| > u(\alpha = 0,05) \rightarrow$  Nulovou hypotézu na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  lze zamítnout. Mortalita smrku ztepilého není podobná s mortalitou jeřábu ptačího.

V rámci testování výše zmíněných hypotéz bylo zjištěno, že ve většině případů je mortalita smrku ztepilého (*Picea abies*) téměř podobná s mortalitou jeřábu ptačího (*Sorbus*



*aucuparia*). Pouze na trvale výzkumná plocha č.6 testování statistické hypotézy prokázalo, že mortalita smrku ztepilého není podobná s mortalitou jeřábu ptačího.

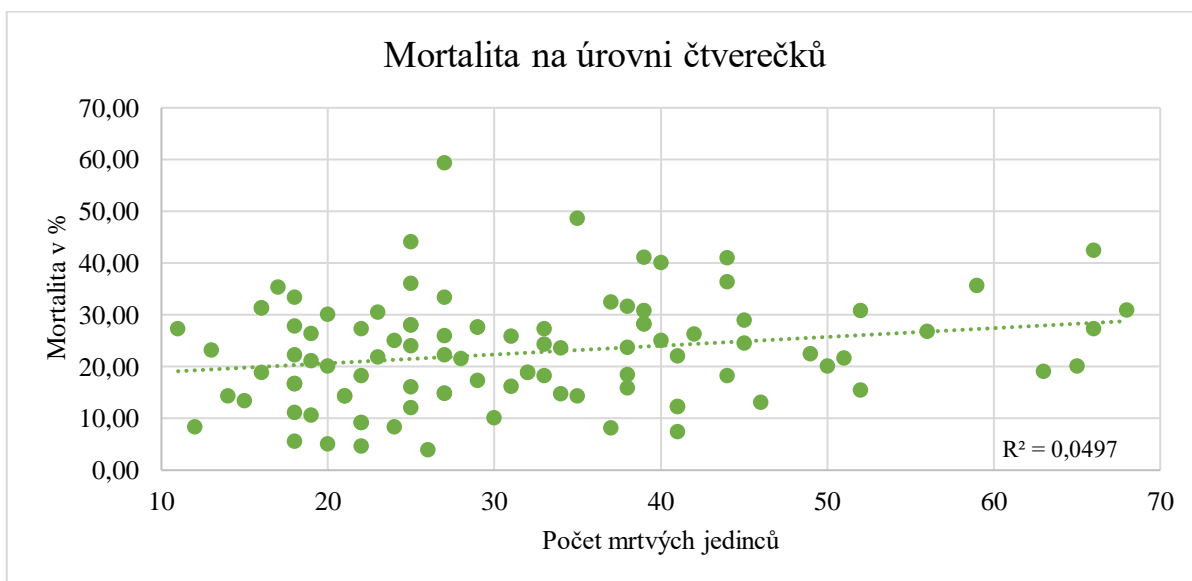
#### 4.2 Mortalita a její závislost na vnitrodruhové konkurenci

Tabulka 4: Hektarové počty a mortalita všech jedinců na jednotlivých plochách

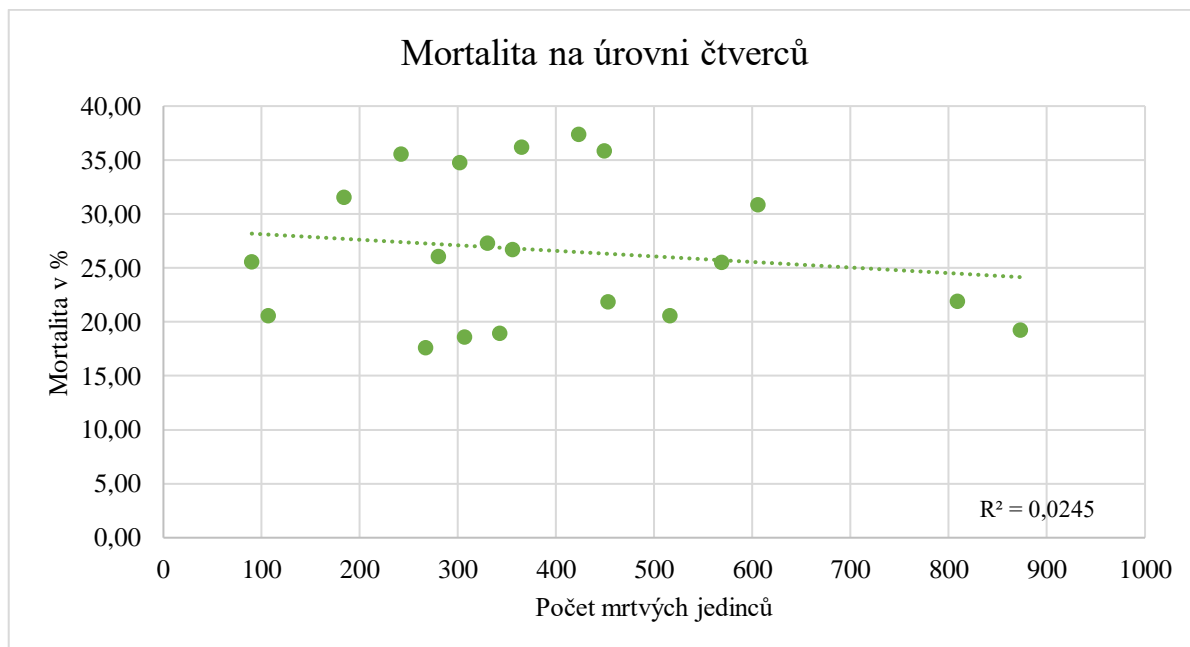
	Ha počty	Mortalita
<b>TVP3</b>	252 240	23,79 %
<b>TVP4</b>	154 960	27,98 %
<b>TVP5</b>	78 880	25,46 %
<b>TVP6</b>	143 600	28,47 %

Zdroj: Vlastní zpracování z nasbíraných dat

Z tabulky č.4 lze vyčíst, že mortalita jedinců smrku ztepilého (*Picea abies*) a jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia*) přirozené obnovy, nezávisí na vnitrodruhové konkurenci. Mortalitu na výzkumných plochách tedy neovlivňují hektarové počty ani celkové množství jedinců nacházejících se na ploše.



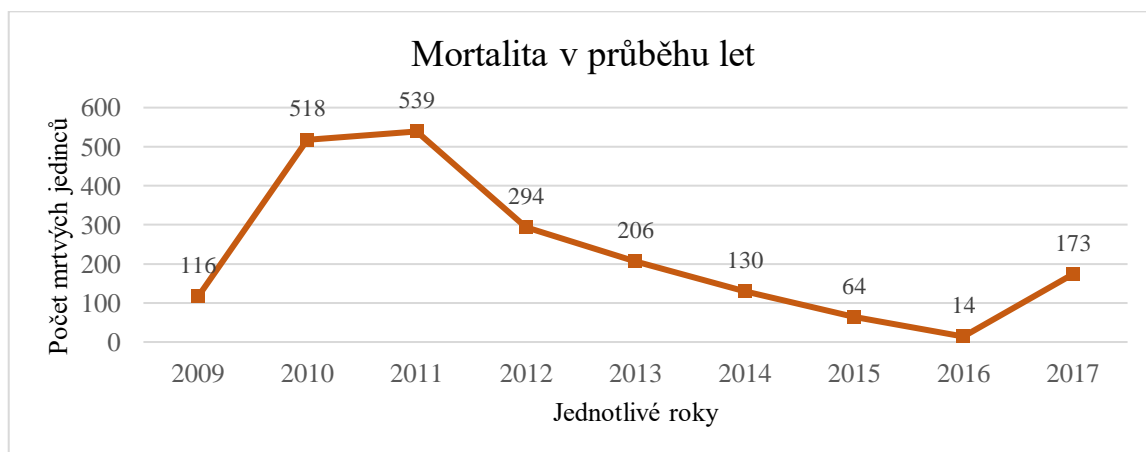
Graf 1: Závislost mortality semenáčků na počtu jedinců na ploše, na úrovni čtverečků (0,5×0,5 m), za sledované období 2009 – 2017



Graf 2: Závislost mortality semenáčků na počtu jedinců na ploše, na úrovni čtverců (5×5 m), za sledované období 2009 – 2017

Z grafu č. 1 a 2 lze vyčíst, že mortalita jedinců nezávisí na počtu jedinců na ploše. S využitím lineární regrese byly zjištěny velmi nízké indexy determinace, na úrovni čtverečků 4,97 % a na úrovni čtverců 2,45 %. Z těchto hodnot vyplývá, že mortalita jedinců závisí na počtu jedinců na ploše pouze ze 4,97 % v případě čtverečků a ze 2,45 % v případě čtverců. Z více než 95 % jsou úmrtí semenáčků způsobeny jinými faktory, například suchem, okusem zvěří či mrazem a podobně (Vacek et Podrázský; 2003).

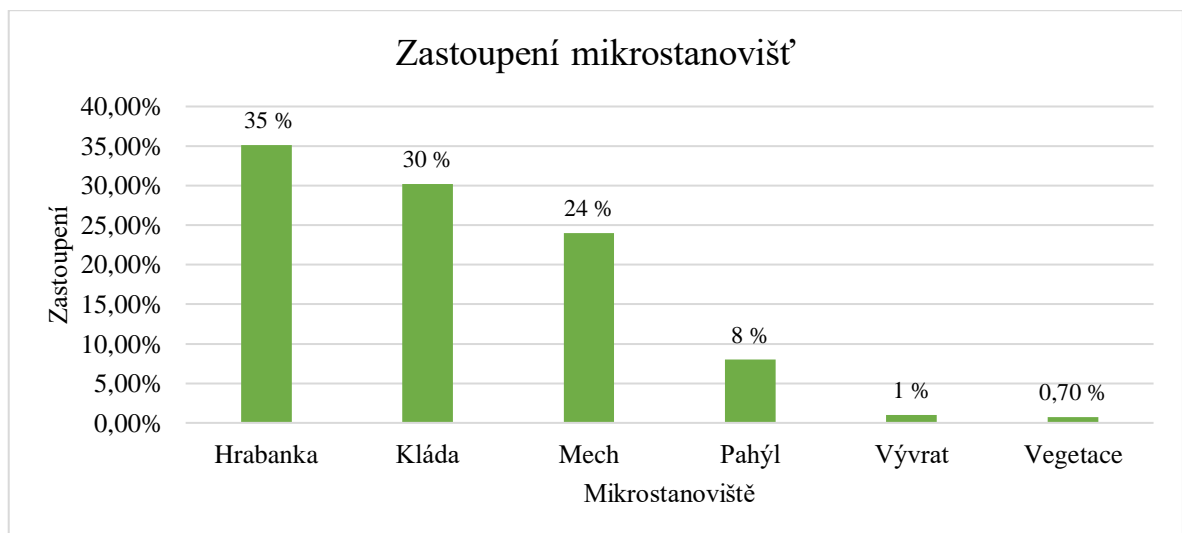
#### 4.3 Mortalita a její závislost na počtu let od disturbance



Graf 3: Vývoj mortality v průběhu let 2009 – 2017

Graf č.3 výše znázorňuje počty mrtvých semenáčků přirozené obnovy ze všech čtyř trvale výzkumných ploch v jednotlivých letech. Celkem bylo na plochách v letech 2009 – 2017 nalezeno 2 054 mrtvých jedinců. Z grafu zároveň vyplývá, že mortalita jedinců přirozené obnovy závisí na počtu let od disturbance. V letech 2010 a 2011 byla mortalita nejvyšší, kdy překonala hranici 500 mrtvých jedinců. Lze tvrdit, že v těchto letech (2 – 3 roky od rozsáhlé disturbance) došlo ke kulminaci. V následujících pěti letech došlo ke snižování mortality. Další zlom nastal až v roce 2017, kdy došlo ke zvyšování mortality. Podrobná data, s počty mrtvých semenáčků v konkrétních letech na jednotlivých trvale výzkumných ploch, se nachází v příloze této bakalářské práce.

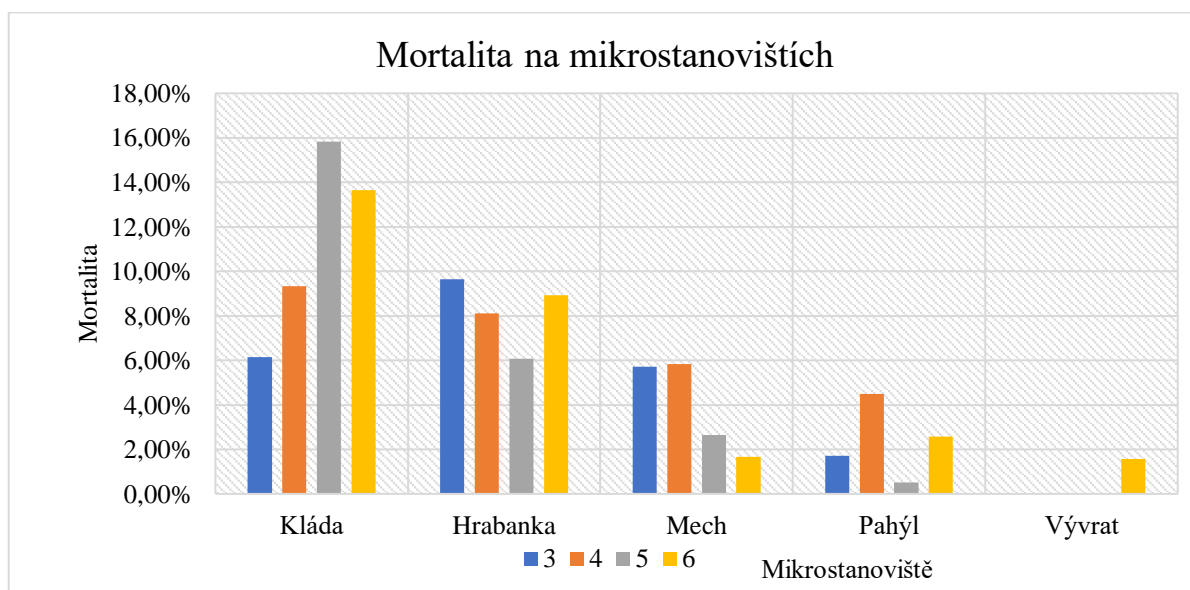
#### 4.4 Mortalita a závislost na mikrostanovištích



Graf 4: Zastoupení nejčtetnějších mikrostanovišť ze všech TVP

Na grafu č.4 výše lze vidět zastoupení všech semenáčků na jednotlivých mikrostanovištích v procentech ze všech čtyř trvale výzkumných ploch. Nejvíce jedinců se nacházelo na mikrostanovišti hrabanka, a to 35 % z celkového počtu semenáčků. Druhým nejvíce zastoupeným mikrostanovištěm byl ležící kmen, na kterém vyrůstalo 30 % jedinců přirozené obnovy, třetím nejvíce zastoupeným mikrostanovištěm byl mech, kde se nacházelo 24 % jedinců. U dalších mikrostanovišť (pahýl, vývrat a vegetace) bylo zjištěno zastoupení menší než 10 %. Do grafu nebyly zahrnuty mikrostanoviště kámen, rašeliník, borůvčí a

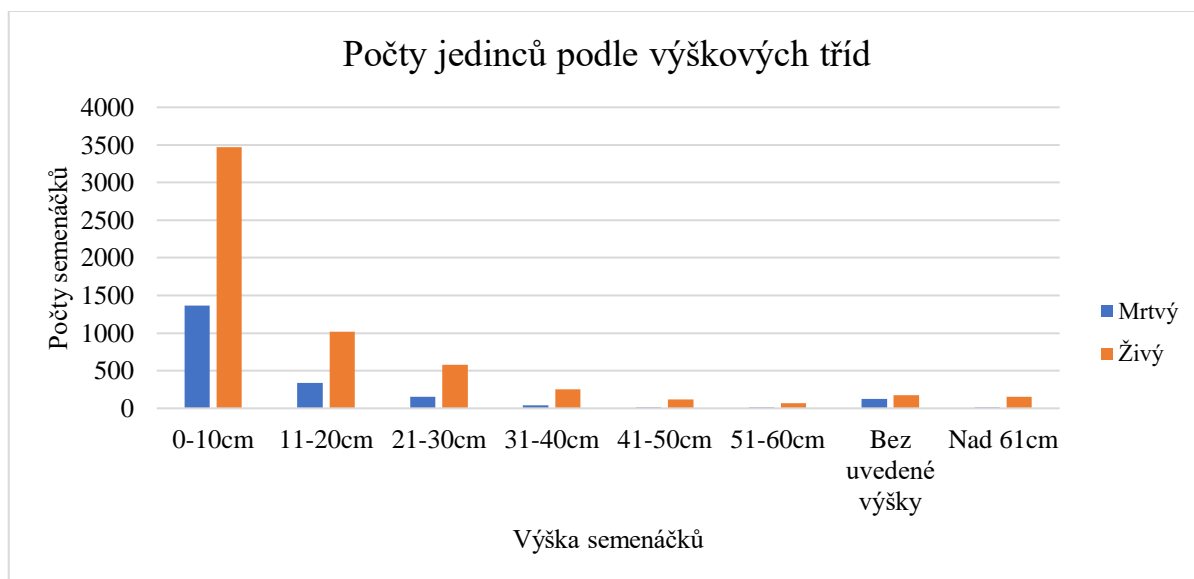
jedinci bez určení plochy. Neboť na těchto stanovištích bylo procento zastoupení menší než 0,5 %.



*Graf 5:* Porovnání mortality semenáčků na trvale výzkumných plochách podle jejich mikrostanovišť

Z grafu č. 5 je patrné, že nejvíce mrtvých semenáčků v průběhu let 2009 – 2017 se nacházelo na ležícím kmenu. Druhým nejčetnějším mikrostanovištěm, kde docházelo k mortalitě, je hrabanka. Zároveň lze vidět, že na mikrostanovišti hrabanka je mortalita nejvíce stejnorodá. Na ostatních mikrostanovištích mortalita různě kolísá. Větší procento mortality na plochách vykazuje také mech. V grafu nejsou zahrnuta všechna mikrostanoviště, vzhledem k jejich nízké četnosti.

#### 4.5 Mortalita podle výškových tříd



Graf 6: Počty mrtvých a živých jedinců podle výškových tříd

Z grafu č. 6 lze soudit, že největší koncentrace semenáčků se vyskytuje v první výškové třídě (0-10 cm). Zároveň v první výškové třídě byla zjištěna i nejvyšší mortalita jedinců. V dalších zkoumaných výškových třídách mortalita postupně klesala. Čím vyšší semenáčky přirozené obnovy byly, tím nižší byla mortalita.

#### 4.6 Porovnání mortality v průběhu let na jednotlivých TVP

Tabulka 5: Mortalita na TVP3 v jednotlivých letech

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>SM</b>			56	224	246	81	52	32	15	3	23
<b>JR</b>				2	13	1			1		
<b>BR</b>							1				
<b>VR</b>											
<b>Celkem</b>	0	0	56	226	259	82	53	32	16	3	23

Zdroj: Vlastní zpracování z nasbíraných dat

V tabulce č. 5 lze vidět mortalitu všech druhů dřevin v jednotlivých letech. Největší mortalita byla v letech 2010 a 2011 (zhruba 2 - 3 roky po rozsáhlé disturbance), kdy na ploše bylo nalezeno v obou letech více než 200 mrtvých jedinců.

Tabulka 6: Mortalita na TVP4 v jednotlivých letech

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>SM</b>			18	151	149	89	49	34	8	9	32
<b>JR</b>						1			2		
<b>BR</b>											
<b>VR</b>											
<b>Celkem</b>	0	0	18	151	149	90	49	34	10	9	32

Zdroj: Vlastní zpracování z nasbíraných dat

Z tabulky č. 6 lze vyčíst, že obdobně jako TVP3, tak i na TVP4 nejvyšší počet mortality byl v letech 2010 a 2011.

Tabulka 7: Mortalita na TVP5 v jednotlivých letech

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>SM</b>			15	33	46	47	47	24	12	1	24
<b>JR</b>						1					
<b>JD</b>											1
<b>Celkem</b>	0		15	33	46	48	47	24	12	1	25

Zdroj: Vlastní zpracování z nasbíraných dat

Z tabulky č. 7 výše lze vyčíst, že mortalita na TVP5 byla v letech 2011, 2012 a 2013 zhruba podobná.

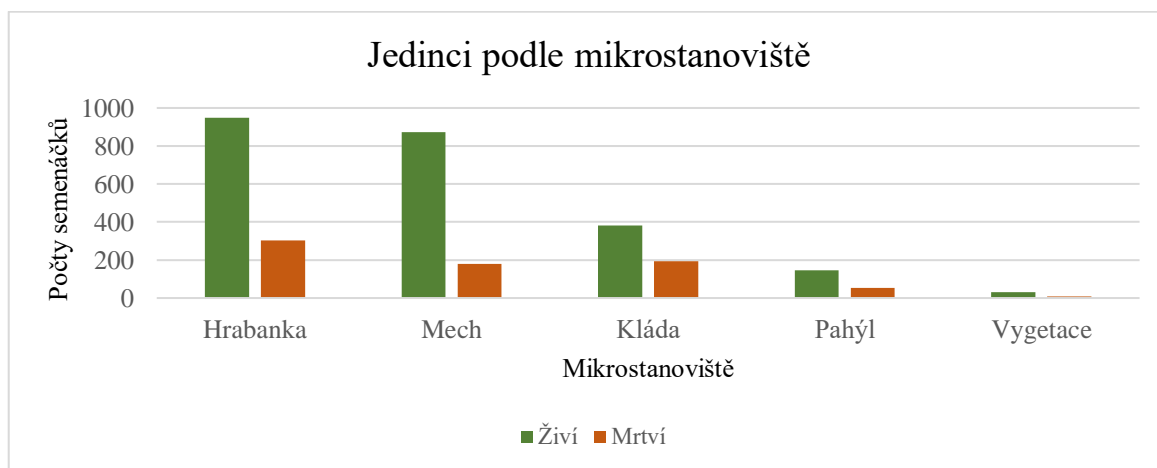
Tabulka 8: Mortalita na TVP6 v jednotlivých letech

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>SM</b>			27	105	85	74	56	39	25	1	92
<b>JR</b>				3				1	1		1
<b>BR</b>							1				
<b>Celkem</b>	0	0	27	108	85	74	57	40	26	1	93

Zdroj: Vlastní zpracování z nasbíraných dat

V tabulce č. 8 lze vidět, že na TVP6 je nejvyšší mortalita v roce 2010 a druhý nejvyšší počet byl v roce 2017.

#### 4.7 Porovnání počtů mrtvých a živých semenáčků na trvale výzkumných plochách



Graf 7: Rozdělení jedinců na TVP3 podle jejich mikrostanoviště (1. část)



Graf 8: Rozdělení jedinců na TVP3 podle jejich mikrostanoviště (2. část)

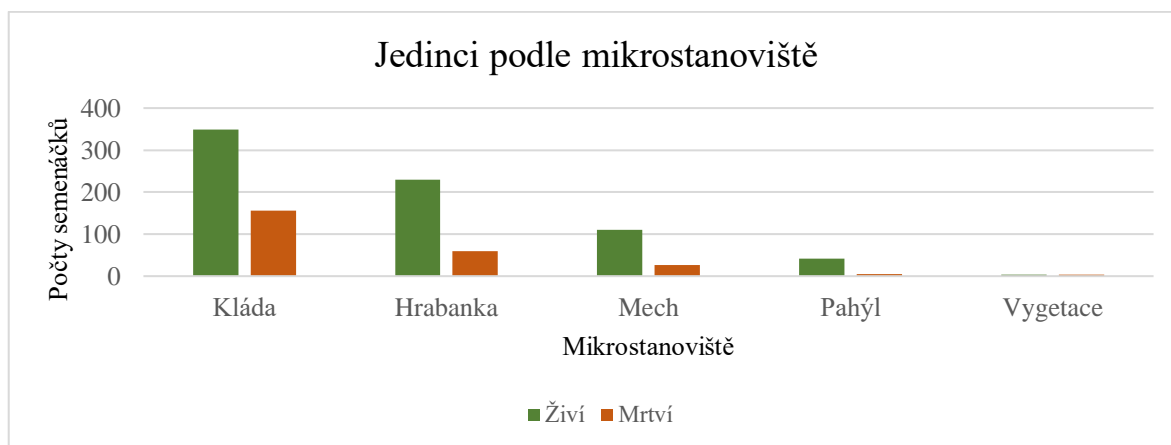
Z grafů výše uvedených (graf č. 7 a graf č. 8) lze vyčíst, že nejčastějším mikrostanovištěm v průběhu let 2009 - 2017 na této ploše je hrabanka. Na mikrostanovišti hrabanka je zároveň i největší počet mortality. Mezi méně časté mikrostanoviště patří kámen, rašeliník, borůvčí a různé druhy vegetace. Jedná se o mikrostanoviště, kde je malá četnost jedinců a z toho důvodu je zde i malé procento mortality. Na trvale zkusné ploše č. 6 se nachází šest jedinců, kteří neměli uvedené své mikrostanoviště, proto jsou uvedeni v kategorii bez určení plochy.



Graf 9: Rozdělení jedinců na TVP4 podle jejich mikrostanoviště

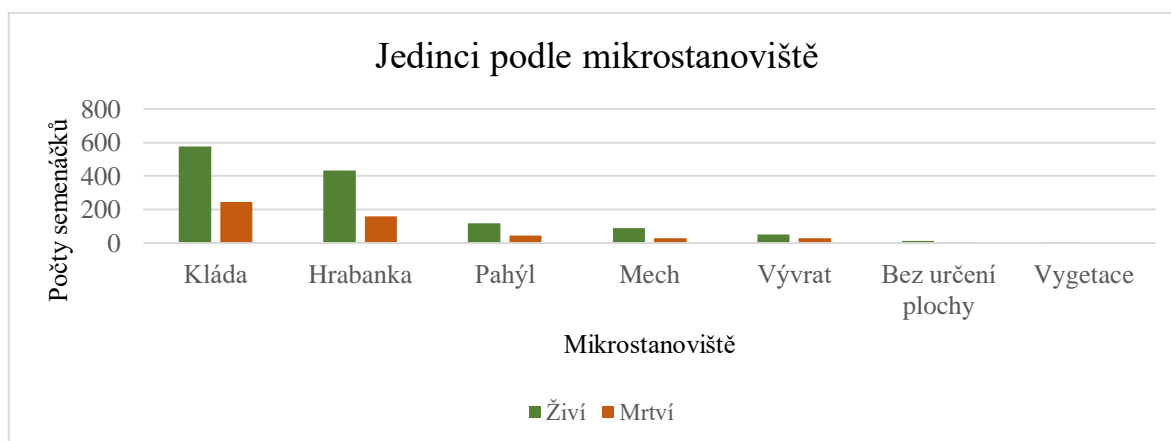
Podle grafu č. 10 lze soudit, že mezi nejvíce zastoupené mikrostanoviště na trvale výzkumné ploše č.4 patří hrabanka a mech. Poměrně velké zastoupení má i mikrostanoviště ležící kmen a pahýl. Na mikrostanovišti ležící kmen je na této ploše nejvyšší mortalita. Naopak mikrostanoviště borůvčí a vegetace mají jen minimální zastoupení.





Graf 10: Rozdělení jedinců na TVP5 podle jejich mikrostanoviště

Z grafu č. 12 lze vyčíst, že na TVP5 bylo zjištěno pouze pět mikrostanovišť. Nejčastěji zastoupené mikrostanoviště je ležící kmen, poté hrabanka a na třetím nejčastějším stanovištěm je mech. Pahýl a vegetace mají minimální četnost.



Graf 11: Rozdělení jedinců na TVP6 podle jejich mikrostanoviště

Z grafu č. 14 lze vyčíst, že nejčetnějším mikrostanovištěm na této výzkumné ploše je ležící kmen a poté hrabanka. Minimální zastoupení má mikrostanoviště vegetace. Obdobně jako u předchozí plochy TVP5, tak i na této ploše na mikrostanovišti ležícím kmenu jsou zjištěna nejvyšší počty mrtvých semenáčků.

## 5. Diskuze

### 5.1 Druhové složení dřevin a závislost na mortalitě

První lesní hospodářský plán, který byl na zkoumaném území Trojmezna zpracovaný, pochází z roku 1874. Bylo zde mimo jiné uvedeno i druhové složení dřevin. Před ničivou větrnou kalamitou v roce 2007, bylo v horním smrkovém patře téměř 100% zastoupení smrku ztepilého. Vyskytovaly se zde přirozené horské smrčiny, bez zásahu člověka, jelikož se zde mezi lety 1950-1989 nacházelo zakázané hraniční pásmo (Svoboda et Zenáhlíková; 2009).

Po dobu zkoumaného období (v letech 2009 - 2017) na plochách v oblasti Trojmezna převažuje smrk ztepilý, který má na všech čtyřech výzkumných plochách zastoupení větší než 95 %. Příměs mu tvoří jeřáb ptačí a ojediněle se na plochách vyskytlo několik jedinců břízy a vrby. Lze soudit, že po disturbanci se druhová skladba dřevin zásadně nezměnila, pouze přibýli jedinci pionýrských dřevin, ale jejich počty jsou oproti smrku minimální a nepřekročily hranici 5 %.

V této bakalářské práci se ověřovala platnost hypotézy, zda mortalita jedinců přirozené obnovy nezávisí na druhu dřeviny. Byl použit test hypotézy rozdílu mezi dvěma relativními četnostmi  $p_1$  a  $p_2$ . Test prokázal, že mortalita smrku ztepilého na většině trvale výzkumných ploch je velmi podobná s mortalitou jeřábu ptačího.

### 5.2 Vnitrodruhová konkurence dřevin a její vliv na mortalitu

Na všech čtyřech plochách se mortalita pohybovala mezi 24 – 28 %. Z toho vyplývá, že mezi jednotlivými trvale výzkumnými plochami (TVP3-TVP6) byly rozdíly v mortalitě pouze v jednotkách procent. Na každé ploše hektarové počty překročily hranici 78 800. Nejvyšší hektarové počty byly na TVP3, konkrétně 252 240. Z vysokých hektarových počtů lze soudit, že jedinci na ploše jsou velmi hustě nahroučeni.

K zjištění hypotézy, zda mortalita jedinců přirozené obnovy nezávisí na vnitrodruhové konkurenci, byla použita lineární regresní funkce, která zjistila, že mortalita jedinců závisí na počtu jedinců na ploše pouze ze 4,97 % v případě čtverečků (0,5×0,5 m) a ze 2,45 % v případě čtverců (5×5 m). Z tohoto výsledku vyplývá, že z více než 95 % úmrtí semenáčků bylo způsobeno jinými faktory, než je vnitrodruhová konkurence. Vnitrodruhová kompetice měla jen nízký vliv na mortalitu jedinců a se zvyšujícím se počtem jedinců na celé ploše se

mortalita nemění. Mezi jiné faktory, které mají vliv na mortalitu semenáčků například patří: sucho, okus zvěří, mráz, pohybující se sníh a podobně (Vacek et Podrázský; 2003).

### **5.3 Mortalita 10 let od odumření horního stromového patra**

Z výsledků je patrné, že za celou dobu trvání výzkumu (2009 – 2017) bylo na plochách nalezeno 2 054 mrtvých jedinců a celkem bylo na trvale výzkumných plochách evidováno 5 817 jedinců. Dlouhodobá data dokazují, že mortalita přirozené obnovy závisí na počtu let od disturbance.

Dva až tři roky po plošné rozsáhlé disturbanci došlo ke kulminaci, kdy bylo v těchto letech evidováno více než 500 mrtvých jedinců na výzkumných plochách. Poté následoval každoroční pokles mortality, který trval až do roku 2016, kdy bylo nalezeno pouze 14 mrtvých semenáčků. Zlom nastal v roce 2017, kdy se mortalita nečekaně zvýšila na 173 mrtvých jedinců. Tuto skutečnost lze vysvětlit suchem, které v předcházejících letech postihlo mimo jiné i zkoumané území. Předchozí dvě léta před rokem 2017 patřily mezi nejsušší od roku 2008 v oblasti povodí Plešného jezera (Kopáček; 2019).

### **5.4 Mikrostanoviště a vliv na mortalitu**

Na přežívání a vývoj semenáčků (mortalitu přirozené obnovy) má mimo jiné vliv také mikrostanoviště, na kterém jedinci vyrůstají. Výsledky této práce dokazují, že nejvyšší procento zastoupení v průběhu let (2009 – 2017) má mikrostanoviště hrabanka – 35 %. Druhým nejvíce zastoupeným mikrostanovištěm je ležící kmen, konkrétně 30 %. Tlející dřevo (mikrostanoviště ležící kmen) v porostu tvoří jedny z nejlepších podmínek pro mladé semenáčky smrku ztepilého (*Picea abies*). Je to dáno tím, že tlející dřevo uvolňuje živiny do půdy, zadržuje vlhkost a dokáže chránit malé semenáčky před bujnou vegetací (Duchesneau & Morin, 1999). Zároveň se jedinci semenáčků přirozené obnovy vyskytuje nepravidelně a s vazbou na mikrostanoviště různě v hloučku, popřípadě v jedné přímce (Bače et al., 2009).

Z výsledků této bakalářské práce je patrné, že nejvíce mrtvých semenáčků v průběhu let 2009 – 2017 se nacházelo na ležícím kmeni. Tato vysoká mortalita na mikrostanovišti, které má jedny z nejlepších podmínek pro malé semenáčky souvisí s tím, že semenáčky jsou blízko sebe hodně nahloucheni, což způsobuje semenáčkům malé výšky nedostatek světla. Je zde velká vnitrodruhová konkurence (Ulbrichová et al.; 2009).

Druhým mikrostanovištěm, kde dochází nejvíce k mortalitě je hrabanka. Zároveň na mikrostanovišti hrabanka je mortalita nejvíce stejnorodá a mezi jednotlivými plochami byly, oproti jiným mikrostanovištím, jen minimální výkyvy. Právě na mikrostanovišti hrabanka dochází k nejvyššímu počtu mortality semenáčků v prvním výškovém stupni (0 – 10 cm) (Zenáhlíková; 2011). Třetím mikrostanovištěm, kde se nejvíce vyskytuje mortalita semenáčků, je mech. Je to dáno tím, že i když mech dokáže dobře zadržovat vlhkost a vodu, tak nepatří mezi nejlepší substráty pro přežívání semenáčků mladých semenáčků. To může být způsobeno například podmáčenými místy, kde se mech často vyskytuje (Zenáhlíková et al.; 2011).

### **5.5 Vliv výškové struktury na mortalitu**

Z výsledků této bakalářské práce vyplývá, že největší koncentrace semenáčků se vyskytuje v první výškové třídě (0 - 10 cm). Zároveň v první výškové třídě byl zjištěn nejvyšší počet mrtvých semenáčků v průběhu všech let, konkrétně 1362 jedinců. Mortalita semenáčků přirozené obnovy silně klesá s rostoucí výškou jedince. V druhé výškové třídě (11 – 20 cm) bylo zjištěno 338 mrtvých semenáčků a následujících výškových třídách počty stále klesaly. Souvisí to s tím, že vyšší jedinci přirozené obnovy mají lepší přístup ke světlu. Oproti tomu nižší jedinci trpí často zastíněním, jelikož kvůli své výšce mají přístup ke světlu horší (Ulbrichová et al.; 2009). Čím vyšší semenáček je, tím lépe zvládá konkurenci o živiny a světlo a také lépe odolává suchu (Messier et al., 1999). Díky tomu, že jsou vyšší jedinci více vitální, tak lépe dokážou zvládnout i různá poškození a napadení, jakými jsou např. okus zvěře či korovnice (Zenáhlíková et al.; 2011). Kromě světla, vnitrodruhové konkurence, sucha má i přizemní vegetace vliv na mortalitu malých semenáčků (Vacek et Podrázský; 2003).

## 6. Závěr

Tato práce se zabývala mortalitou přirozené obnovy 10 let po odumření horního stromového patra v horském smrkovém lese v oblasti Trojmezná. Odumření horního stromového patra bylo způsobeno ničivým orkáнем Kyrill a následným nárůstem populace lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*), který na větrnou disturbanci reagoval.

Cílem této bakalářské práce bylo zhodnotit mortalitu přirozené obnovy a její závislost na druhu dřeviny, vnitrodruhové konkurenci a závislost na počtu let od rozsáhlé disturbance. V přirozené obnově zřetelně převažují semenáčky smrku ztepilého a tvoří jim příměs semenáčky jeřábu ptačího. Pomocí testu statistické hypotézy rozdílu mezi dvěma relativními četnostmi  $p_1$  a  $p_2$  se zjistilo, že mortalita smrku ztepilého je velmi podobná s mortalitou jeřábu ptačího. Závislost mortality na druhu dřeviny nebyla prokázána. S využitím lineární regresní funkce bylo zjištěno, že mortalita semenáčků je způsobena z více než 95 % převážně jinými faktory, než je vnitrodruhová konkurence. Mortalita přirozené obnovy zažila dva až tři roky po disturbanci kulminaci a poté následoval každoroční pokles mortality. Nárůst nastává, jakmile v předcházejících letech bylo sucho, které postihlo dané území. Prokázalo se, že mortalita na počtu let od disturbance závisí.

Také se zjistilo, že mortalita je ovlivněna výškou semenáčků. Nejvyšší počet mrtvých semenáčků byl zjištěn v prvním výškovém stupni (0 – 10 cm). S rostoucí výškou jedinců klesá jejich mortalita. Je to dáno tím, že menší semenáčky mají špatný přístup ke světlu a čelí okolní konkurenci, především vegetaci. Nejvyšší počty mrtvých semenáčků byly zjištěny na mikrostanovištích ležící kmen, hrabanka a mech. Mortalita na mikrostanovišti ležící kmen je ovlivněna tím, že jedinci jsou ve vysokém počtu u sebe hustě nahloučeni, jelikož tlející dřevo je výborným substrátem pro malé semenáčky.

## 7. Použitá literatura a zdroje

ANDĚRA, M., ZAVŘEL P., 2003: *Šumava příroda, historie, život*. Praha: Baset. ISBN: 80-7340-021-9

BAČE R., JANDA P., SVOBODA M., 2009: *Vliv mikrostanoviště a horního stromového patra na stav přirozené obnovy v horském smrkovém lese na Trojmezí*. Silva Gabreta, Vimper, vol. 15 (1), p. 67-84

BRANG P., 1998: *Early seedling establishment of Picea abies in small forest gaps in the Swiss Alps*. Canadian Journal of Forest Research, 28(4): 626-639

ČADA, V., BRŮNA, J., SVOBODA, M., WILD, J., 2013: *Dynamika horských smrčín na Šumavě*. Živa, č.5, roč. 2013, 213–216.

CLINTON, B.D.; BAKER, C.R., 2000: *Catastrophic windthrow in the southern Appalachians: characteristics of pits and mounds and initial vegetation responses*. Forest Ecology and Management, 126: 51-60

DOBROVOLNÝ P., BRÁZDIL R., 2003: *Documentary evidence on strong winds related to convective storms in the Czech Republic since AD 1500*. Atmospheric Research. Volumes 67–68, July–September 2003, Pages 95-116

DUCHESNEAU R., MORIN H., 1999: *Early seedling demography in balsam fir seedling banks*. Canadian Journal of Forest Research, Vol. 29, No. 10: pp. 1502-1509

FÉR, F., 1994: *Lesnická dendrologie 2. část. Listnaté stromy*. Písek: VŠZ – lesnická fakulta Praha ve spolupráci s Maticí lesnickou s.r.o., ISBN 80-213-0169-4

FRELICH L.E., 2002: *Forest dynamics and disturbance regimes: studies from temperate evergreen-deciduous forests*. New York: Cambridge University Press, 266 s.

- HECKER, U., 2015: *Stromy a keře*. Zlín: Graspo CZ, a.s., ISBN 978-80-255-0969-2
- HIEKE, K., 2019: *Encyklopedie jehličnatých stromů a keřů*. Brno: CPress, ISBN 978-80-264-2461-1
- HORÁČEK, P., 2019: *Encyklopedie listnatých stromů a keřů*. Brno: CPress, ISBN 978-80-264-2462-8
- HUBENÝ, P., 2011: *Jaké vlastně jsou ty šumavské lesy?* Časopis Veronica – časopis pro ochranu přírody a krajiny, č. 5/2011, str. 20-21
- HUBENÝ, P., 2018: *Známé i neznámé pralesy Šumavy*. Ochrana přírody, č. 1/2018 (Z naší přírody).
- JELÍNEK, J., 1997: *Historický průzkum – Ověřování genofondu smrku ztepilého *P. abies* (L.) na vytypovaných lokalitách NP Šumava*. Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk.
- JONÁŠOVÁ, M., 2013: *Přírodní disturbance – klíčový faktor obnovy horských smrčín*. Živa, č.5, roč. 2013, 216-219.
- KINDELMANN, P. a kolektiv, 2012: *Lesy Šumavy, lýkožrout a ochrana přírody*. Praha: Karolinum, ISBN 9788024621555
- KULAKOWSKI, D., BEBI, P., 2004: *Range of Variability of unmanaged subalpine forests*. Forum für Wissen. 47-54
- KUPFERSCHMID, A. D., & BUGMANN, H., 2005: *Effect of microsites, logs and ungulate browsing on *Picea abies* regeneration in a mountain forest*. Forest Ecology and Management, 205(1), 251-265.
- KOLEJKA, J., KLIMÁNEK M., MIKITA T., SVOBODA J., 2010: *Polomy na Šumavě*

způsobené orkáňem Kyrill a spoluúčast reliéfu na poškození lesa. Geomorphologia slovacica et Bohemica 2/2010

KOPÁČEK, J., KAŇA J., ŠANTRŮČKOVÁ H., PORCAL P., HEJZLAR J., PICEK T., VESELÝ J. (2002): *Physical, chemical and biochemical properties of soils in watersheds of the Bohemian Forest lakes: I. Plešné Lake*. – Silva Gabreta 8: 43-66.

KOPÁČEK J., 2019: *Zbytečná dramatizace klimatické situace Šumavy*. ekolist.cz – zprávy o přírodě, životním prostředí a ekologii [<https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/jiri-kopacek-sumava-jeste-jednou-tentokrat-i-s-obrazky>] [Online]

KORPEL Š., 1989: *Pralesy Slovenska*. Bratislava: Slovenská akademie věd. 80-224-0031-9

KRUMM, F., KULAKOWSKI D., SPIECKER H., DUC P., BEBI P., 2011: *Stand development of Norway spruce dominated subalpine forests of the Swiss Alps*. Forest Ecology and Management. Volume 262, Issue 4, 15 August 2011, Pages 620-628

MASER, C., R.G., ANDERSON, K. CROMACK Jr., J.T. WILLIAMS, R.E. MARTIN, 1979: *Dead and down woody material. Wildlife habitats in managed forests: the Blue Mountains of Oregon and Washington*. USDA Forest Service Agricultural Handbook

MESSIER CH., DOUCET R., RUEL JC., CLAVEAU Y., KELLY C., LECHOWICZ M., 1999: *Functional ecology of advance regeneration in relation to light in boreal forests*. Canadian Journal of Forest Research, Vol. 29, 812-823

MUSIL, I., 2003: *Lesnická dendrologie 1: jehličnaté dřeviny: Přehled nahosemenných (i výtrusných) dřevin*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, ISBN 80-213-0992-X – 2. ed.

MUSIL, I., Möllerová J., 2005: *Listnaté dřeviny (2): Přehled dřevin v rámci systému rostlin krytosemenných*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, ISBN 80-213-1367-6



PETRUŠ J., NEUHÄSLOVÁ Z., 2001: *Mapa potenciální přirozené vegetace NP Šumava*. Vimperk, Správa Národního parku Šumava: 21-22. Silva Gabreta, Supplementum 1.

SKUHRAVÝ, V., 2002: *Lýkožrout smrkový (Ips typographus L.) a jeho kalamity*. Praha: Agrospoj, ISBN 80-7084-238-5

SLÁVIK, M., 2004: *Lesnická dendrologie*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, ISBN 80-213-1242-4

SVOBODA, P., 1953: *Lesní dřeviny a jejich porosty I*. Praha, SZN: 88-149.

SVOBODA, M., 2007: *Tlející dřevo – jeho význam a funkce v horském smrkovém lese*. Aktuality šumavského výzkumu. Sborník z konference Srní 4.-5. října, 115-118

SVOBODA, M., POUSKA V., 2009: *Význam a funkce tlejícího dřeva v horských lesích v NP Šumava*.

SVOBODA, M., ZENÁHLÍKOVÁ J., 2009: *Historický vývoj a současný stav lesa v NP Šumava kolem „Kalamitní sváznice“ v oblasti Trojmezí*

ŠANTRŮČKOVÁ, H., VRBA J. a kolektiv, 2010: *Co vyprávějí šumavské smrčiny: Průvodce lesními ekosystémy Šumavy*. Vimperk: Správa Národního parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava, ISBN 978-80-87257-04-3.

ULBRICHOVÁ I., REMEŠ J., ŠTÍCHA V., 2009: *Vyhodnocení přirozené obnovy smrku NP Šumava*. [[https://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/rep2008\\_ulbrichova.pdf](https://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/rep2008_ulbrichova.pdf)] [Online]

ÚRADNÍČEK, L., Chmelař J., 1995: *Dendrologie lesnická: 1 . část, Jehličnany (Gymnospermae)*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, ISBN 80-7157-162-8

ÚRADNÍČEK, L., MADĚRA P. a kolektiv, 2001: *Dřeviny České republiky*. Písek: Matice Lesnická, spol. s.r.o., Písek pro Mendelovu zemědělskou a lesnickou univerzitu v Brně, ISBN 80-86271-09-9

VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., 2003: *Forest ecosystems of the Šumava Mts. and their management*. Journal of Forest Science, 49: 291-301.

WINTER, M. B., BAIERL, R., a AMMER, C., 2015: *Regeneration dynamics and resilience of unmanaged mountain forests in the Northern Limestone Alps following bark beetle-induced spruce dieback*. European Journal of Forest Research, 134(6), 949-968.

ZAHRADNÍK, P., KNÍŽEK M., 2010: *Lýkožrout smrkový Ips typographus (L.)*. Lesní ochranná služba

ZENÁHLÍKOVÁ, J., SVOBODA M., WILD J., 2011: Stav a vývoj přirozené obnovy před a jeden rok po odumření stromového patra v horském smrkovém lese na Trojmezí v Národním parku Šumava.

## 8. Přílohy

*Příloha 1:* Procentuální zastoupení dřevin, hektarové počty a mortalita v letech 2009 – 2017 na TVP3

Dřevina	Σ živých	Σ mrtvých	Mortalita v %	Zastoupení v %	Ha počty
<b>SM</b>	3 073	732	23,82 %	97,46 %	245 840
<b>JR</b>	75	17	22,67 %	2,38 %	6 000
<b>BR</b>	1	1	100 %	0,03 %	80
<b>VR</b>	4	0	0 %	0,13 %	320
<b>Celkem</b>	3 153	750	23,79 %	100 %	252 240

Zdroj: Vlastní zpracování z nasbíraných dat

*Příloha 2:* Procentuální zastoupení dřevin, hektarové počty a mortalita v letech 2009 – 2017 na TVP4

Dřevina	Σ živých	Σ mrtvých	Mortalita v %	Zastoupení v %	Ha počty
<b>SM</b>	1 925	539	28,00 %	99,38 %	154 000
<b>JR</b>	12	3	25,00 %	0,62 %	960
<b>Celkem</b>	1 937	542	27,98 %	100 %	154 960

Zdroj: Vlastní zpracování z nasbíraných dat

*Příloha 3:* Procentuální zastoupení dřevin, hektarové počty a mortalita v letech 2009 – 2017 na TVP5

Dřevina	Σ živých	Σ mrtvých	Mortalita v %	Zastoupení v %	Ha počty
<b>SM</b>	971	249	25,64 %	98,48 %	77 680
<b>JR</b>	12	1	8,33 %	1,22 %	960
<b>JD</b>	3	1	33,33 %	0,30 %	240
<b>Celkem</b>	986	251	25,46 %	100 %	78 880

Zdroj: Vlastní zpracování z nasbíraných dat

*Příloha 4:* Procentuální zastoupení dřevin, hektarové počty a mortalita v letech 2009 – 2017 na TVP6

Dřevina	Σ živých	Σ mrtvých	Mortalita v %	Zastoupení v %	Ha počty
<b>SM</b>	1 716	504	29,37 %	95,60 %	1 796
<b>JR</b>	78	6	7,69 %	4,35 %	6 240
<b>BR</b>	1	1	100 %	0,05 %	80
<b>Celkem</b>	1 795	511	28,47 %	100 %	8 216

Zdroj: Vlastní zpracování z nasbíraných dat

*Příloha 5:* Počet jedinců za celé studované období dle jejich mikrostanoviště na TVP3

Mikrostanoviště	Živí jedinci (ks)	Mrtví jedinci (ks)	Mrtví jedinci (%)
<b>Hrabanka (HR)</b>	948	304	9,64 %
<b>Ležící kmen (KD)</b>	383	194	6,15 %
<b>Pahýl (PÝ)</b>	147	54	1,71 %
<b>Kámen (K)</b>	1	0	0,00 %
<b>Vývrat (VÝ)</b>	0	0	0,00 %
<b>Mech (M)</b>	872	180	5,71 %
<b>Rašeliník (RAŠ)</b>	2	3	0,10 %
<b>Kaprad'orosty (KAPRADÍ)</b>	0	0	0,00 %
<b>Borůvčí (VM)</b>	13	3	0,10 %
<b>Různé druhy travin a vegetace</b>	31	9	0,29 %
<b>Bez určení plochy</b>	6	3	0,10 %
<b>Celkem</b>	2 403	750	23,79 %

Zdroj: Vlastní zpracování z nasbíraných dat

*Příloha 6: Počet jedinců za celé studované období dle jejich mikrostanoviště na TVP4*

<b>Mikrostanoviště</b>	<b>Živí jedinci (ks)</b>	<b>Mrtví jedinci (ks)</b>	<b>Mrtví jedinci (%)</b>
<b>Hrabanka (HR)</b>	472	157	8,11 %
<b>Ležící kmen (KD)</b>	291	181	9,34 %
<b>Pahýl (PÝ)</b>	167	87	4,49 %
<b>Kámen (K)</b>	0	0	0,00 %
<b>Vývrat (VÝ)</b>	0	0	0,00 %
<b>Mech (M)</b>	446	113	5,83 %
<b>Rašeliník (RAŠ)</b>	0	1	0,05 %
<b>Kaprad'orosty (KAPRADÍ)</b>	0	0	0,00 %
<b>Borůvčí (VM)</b>	4	0	0,00 %
<b>Různé druhy travin a vegetace</b>	2	1	0,05 %
<b>Bez určení plochy</b>	13	2	0,10 %
<b>Celkem</b>	1395	542	27,98 %

Zdroj: Vlastní zpracování z nasbíraných dat

*Příloha 7: Počet jedinců za celé studované období dle jejich mikrostanoviště na TVP5*

<b>Mikrostanoviště</b>	<b>Živí jedinci (ks)</b>	<b>Mrtví jedinci (ks)</b>	<b>Mrtví jedinci (%)</b>
<b>Hrabanka (HR)</b>	230	60	6,09 %
<b>Ležící kmen (KD)</b>	349	156	15,82 %
<b>Pahýl (PÝ)</b>	42	5	0,51 %
<b>Kámen (K)</b>	0		0,00 %
<b>Vývrat (VÝ)</b>	1	0	0,00 %
<b>Mech (M)</b>	110	26	2,64 %
<b>Rašeliník (RAŠ)</b>	0	0	0,00 %
<b>Kaprad'orosty (KAPRADÍ)</b>	0	0	0,00 %
<b>Borůvčí (VM)</b>	0	0	0,00 %
<b>Různé druhy travin a vegetace</b>	3	4	0,41 %
<b>Bez určení plochy</b>	0	0	0,00 %
<b>Celkem</b>	735	251	25,46 %

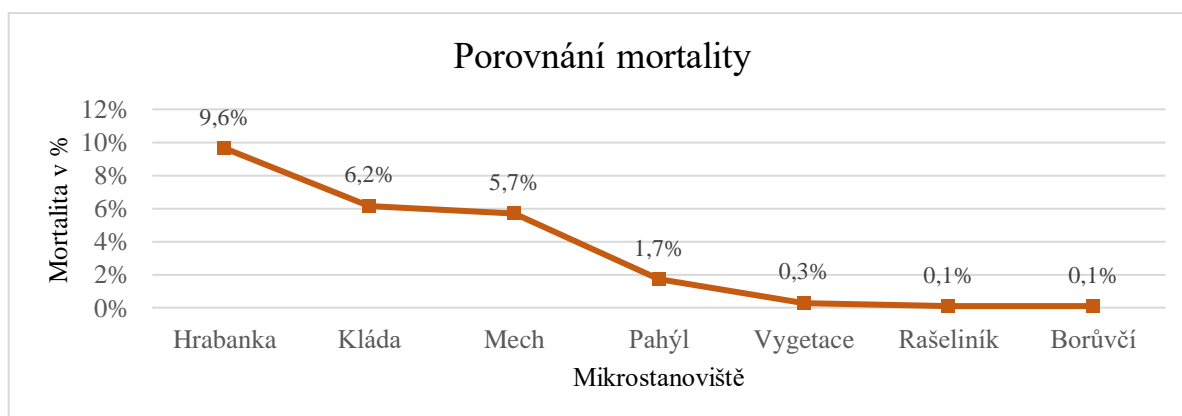
Zdroj: Vlastní zpracování z nasbíraných dat

Příloha 8: Počet jedinců za celé studované období dle jejich mikrostanoviště na TVP6

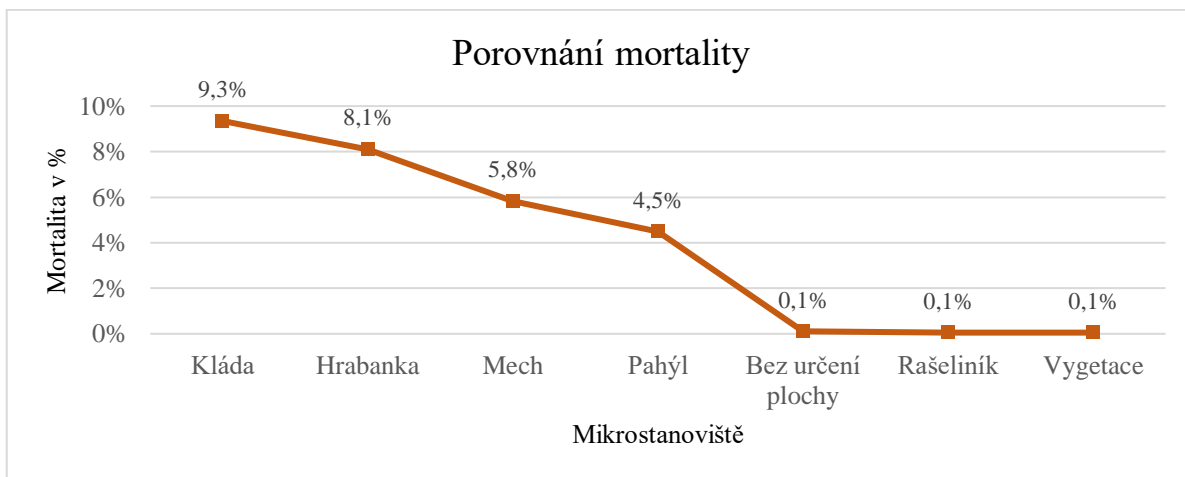
Mikrostanoviště	Živí jedinci (ks)	Mrtví jedinci (ks)	Mrtví jedinci (%)
<b>Hrabanka (HR)</b>	434	160	8,91 %
<b>Ležící kmen (KD)</b>	575	245	13,65 %
<b>Pahýl (PÝ)</b>	117	46	2,56 %
<b>Kámen (K)</b>	0		0,00 %
<b>Vývrat (VÝ)</b>	50	28	1,56 %
<b>Mech (M)</b>	88	30	1,67 %
<b>Rašeliník (RAŠ)</b>	0	0	0,00 %
<b>Kaprad'orosty (KAPRADÍ)</b>	0	0	0,00 %
<b>Borůvčí (VM)</b>	1	0	0,00 %
<b>Různé druhy travin a vegetace</b>	5	0	0,00 %
<b>Bez určení plochy</b>	14	2	0,11 %
<b>Celkem</b>	1284	511	28,47 %

Zdroj: Vlastní zpracování z nasbíraných dat

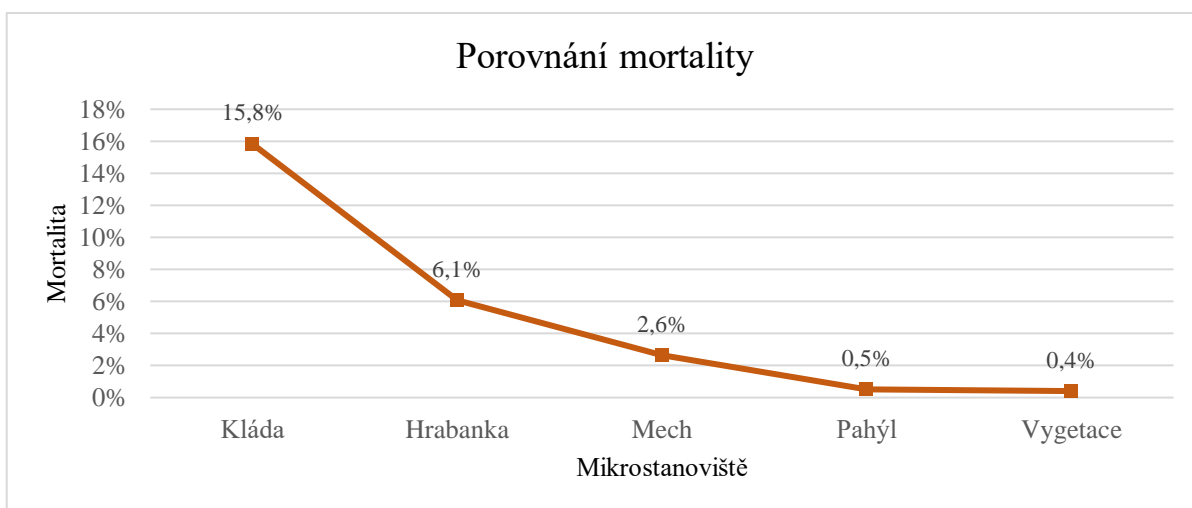
Příloha 9: Porovnání mortality na jednotlivých mikrostanovištích (TVP3)



Příloha 120: Porovnání mortality na jednotlivých mikrostanovištích (TVP4)



*Příloha 11: Porovnání mortality na jednotlivých mikrostanovištích (TVP5)*



*Příloha 12: Porovnání mortality na jednotlivých mikrostanovištích (TVP6)*

