

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie a životního prostředí



Přirozená obnova smrku v horských lesích: jaké
mrtvé dřevo je vhodným substrátem pro
zmlazování?

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor diplomové práce: Bc. Jana Mašková

Vedoucí práce: Ing. Petr Zasadil, Ph.D.

Konzultant: Ing. Radek Bače

Praha 2010

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: **Přirozená obnova smrku v horských lesích: jaké mrtvé dřevo je vhodným substrátem pro zmlazování?** vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

V Praze dne 26. 4. 2010

Podpis autora práce

Poděkování

Chtěla bych tímto poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Petrovi Zasadilovi, Ph.D. a mému konzultantovi Ing. Radkovi Bačemu za odborné připomínky a literaturu, které mi při vypracování závěrečné práce poskytli. Dále bych chtěla poděkovat Jaroslavu Červenkovi, Pavlovi Jandovi, Janě Martínkové a Jitce Zenáhlíkové za pomoc při sběru dat.

Abstrakt

Povrch mrtvého dřeva se odlišuje od ostatní lesní půdy a poskytuje specifické podmínky pro klíčení a růst rostlinných druhů, včetně zmlazení dřevin. V Národní přírodní rezervaci Praděd v oblasti Eustaška se v 8. lesním vegetačním stupni nachází klimaxová smrčina. Na tomto území se nachází výzkumná plocha o rozloze 2 ha, na které bylo v září roku 2009 provedeno sčítání a měření všech jedinců smrkového zmlazení na jednotlivých jednotkách mrtvého dřeva (kláda, pahýl). U každé jednotky mrtvého dřeva byly popsány jeho kvalitativní a kvantitativní vlastnosti. Nejvíce klád bylo nalezeno ve stupni rozkladu 3 a 5, ale nejvíce zmlazení bylo nalezeno ve stupni rozkladu 4 a 5 (z celkové stupnice 1 – 5). Zmlazení bylo tvořeno převážně smrkem ztepilým (*Picea abies*), nalezen byl také jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*) a bříza bělokorá (*Betula pendula*). Největší pozitivní vliv na početnost smrku do 15 cm výšky má maximální průnik nože, dotyk klády se zemí, stupeň odpadnutí běli, tloušťka klády, stupeň rozkladu a počet stromků do 700 cm výšky. Největší pozitivní vliv na zmlazení smrku do 700 cm má rozklad dřeva, maximální průnik nože a stupeň odpadnutí běli, dotyk klády se zemí, přítomnost mechů a maximální průnik nože. Negativní vliv na zmlazení smrku do 700 cm měla zejména přítomnost větví a kůry. Mrtvé dřevo je důležité pro přirozenou obnovu horských smrčin. Byla zaznamenána velká variabilita vlastností mrtvého dřeva podél kmene spolu s nepravidelným shlukovitým rozmístěním jedinců zmlazení. Proto u budoucích výzkumů, zjišťujících vliv vlastností ležících kmenů na početnost zmlazení, doporučuji použít jako vzorky menší sekce kmenů a nikoli celé kmeny.

Klíčová slova: mrtvé dřevo, zmlazení, klády, pahýly

Abstract

The surface of dead wood differ from other forest land, and provides specific conditions for germination and growth of plant species, including tree regeneration. The research was conducted on square research area of 2 ha in the subalpine old-growth forests of the nature reserve Praděd, part Eustaška of Ash Mts., Czech Republic in September 2009. All individuals of spruce regeneration on single units of dead wood (log, stump) were counted and measured. Qualitative and quantitative characteristics were described for every unit of dead wood. Most logs were found in the degree of decomposition of 3 and 4, but most regeneration was found in the degree of decomposition of 4 and 5 (from the total 5 degree scale). Regeneration was formed mainly by *Picea abies*. *Sorbus aucuparia* and *Betula pendula* occurred rarely on the dead wood. Maximum penetration of knives, touching the logs to the ground, the degree of disappearance of the whiteness, thick logs, the degree of decomposition, the surface of dead wood, regeneration spruce in the 700 trees were positively related to the abundance of spruce up to 15 cm. Maximum penetration of knives, touching the logs to the ground, the degree of decomposition, the presence of moss, the degree of disappearance of the whiteness were positively related to the abundance of spruce up to 700 cm. Presence of branches and bark were negative impact on regeneration of spruce up to 700 cm. Dead wood is important for natural regeneration of mountain spruce forests. Large variation of dead wood was observed along the trunk, with irregular clustered spatial pattern of spruce. Therefore, in future research, I recommend to use as samples smaller sections of trunks and not the whole surface of trunks.

Key words: dead wood, spruce regeneration, log, stump

Obsah:

1. ÚVOD	- 9 -
2. CÍL PRÁCE	- 10 -
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	- 11 -
3.1 Mrtvé dřevo	- 11 -
3.3.1 Funkce a význam mrtvého dřeva	- 12 -
3.3.2 Specifika rozkladu mrtvého dřeva	- 16 -
3.3.3 Stupně rozkladu mrtvého dřeva	- 18 -
3.3.4 Doba rozkladu mrtvého dřeva	- 20 -
3.3.5 Zjištění intenzity rozkladu mrtvého dřeva	- 21 -
3.3.6 Příčina úmrtnosti stromů	- 22 -
3.3.7 Množství tlejícího dřeva	- 22 -
3.3.8 Hustota zmlazení na tlejícím dřevě	- 23 -
3.3.9 Osídlení klád ostatní vegetací	- 24 -
4. METODIKA.....	- 25 -
4.1 Lokalita	- 25 -
4.2 Výzkumné plochy	- 25 -
4.3 Sběr dat	- 26 -
4.3.1 Klády a pahýly	- 26 -
4.3.2 Přirozené zmlazení	- 27 -
4.4 Analýza dat	- 28 -
5. VÝSLEDKY.....	- 30 -
5.1 Přítomnost tlejícího dřeva.....	- 30 -
5.1.1 Množství klád a pahýlů v jednotlivých stupních rozkladu (SR)	- 30 -
5.1.2 Množství klád a pahýlů vzájemně k sobě patřící.....	- 31 -
5.1.3 Množství klád a pahýlů v jednotlivých tloušťkových třídách	- 32 -
5.2 Přítomnost zmlazení na jednotlivých mikrostanovištích (Klády, pahýly, ostatní plocha) .	- 34 -
5.2.1 Přítomnost zmlazení na tlejícím dřevě.....	- 35 -
5.2.2 Zmlazení v jednotlivých výškových třídách	- 36 -
5.2.3 Věk zmlazení semenáčků	- 37 -
5.2.4 Zmlazení smrku na kládách v jednotlivých stupních rozkladu	- 38 -
5.3 Přítomnost vegetace na kládách	- 39 -
5.3 Přítomnost zmlazení na půdě.....	- 40 -
5.3.1 Pokryvnost bylinných druhů, mechorostů, rašeliníků a počet zmlazení	- 41 -

5.4 Závislost počtu zmlazení mimo mrtvé dřevo na druhu vegetace	- 42 -
5.5 Závislost počtu zmlazení na vlastnostech klád	- 43 -
5.6 Závislost kontinuálních vysvětlujících proměnných.....	- 44 -
5.6.1 Závislost počtu zmlazení na sledovaných proměnných	- 45 -
6. DISKUZE	- 48 -
6.1 Přítomnost tlejícího dřeva.....	- 48 -
6.2 Tlející dřevo v jednotlivých stupních rozkladu	- 48 -
6.3 Přítomnost zmlazení na tlejícím dřevě	- 50 -
6.4 Zmlazení v jednotlivých výškových třídách.....	- 51 -
6.5 Zmlazení smrku na kládách v jednotlivých stupních rozkladu	- 52 -
6.6 Přítomnost vegetace na mrtvém dřevě	- 53 -
7. ZÁVĚR	- 54 -
8. POUŽITÁ LITERATURA	- 55 -
9. SEZNAM TABULEK, GRAFŮ A OBRÁZKŮ.....	- 58 -
9.1 Seznam tabulek.....	- 58 -
9.2 Seznam grafů	- 58 -
9.3 Seznam obrázků	- 59 -
10. PŘÍLOHY	- 60 -
10.1 Příloha č. 1: Jednotlivé charakteristiky u klád.....	- 60 -
10.2 Příloha č. 2: Jednotlivé charakteristiky u pahýlů.....	- 63 -
10.3 Příloha č. 3: Schéma trvalé výzkumné plochy	- 64 -
10.4 Příloha č. 4: Stupně rozkladu ve fotografii.....	- 65 -

1. Úvod

Mrtvé dřevo v různých stadiích rozkladu je klíčovým biotopem pro mnoho druhů živočichů, hub i rostlin (Lonsdale a kol., 2008). Jeho povrch se odlišuje od ostatní lesní půdy a poskytuje specifické podmínky pro klíčení a růst rostlinných druhů, včetně zmlazení dřevin (Zielonka, Piatek, 2004). Hlavní příčinou tohoto jevu je kompetice bylin a mechorostů na povrchu lesní půdy (Harmon, Franklin, 1989). Nově spadlé kmeny jsou místem, kde je kompetice dostatečně nízká pro uchycení zmlazení. K uchycování zmlazení dochází z hlediska trvání rozpadu kmene relativně brzy (Mori a kol., 2004) a často dříve, než kmen plně obsadí mechorosty (Pouska, 2005). Ale i po plném pokrytí kmene vegetací, nedochází k zamezování obnovy smrku v takové míře, jako je tomu na povrchu půdy (Zielonka, Piatek, 2004). Smrk ztepilý (*Picea abies*) má z našich dřevin tendenci ke zmlazování na dřevě nejvýraznější. Prospěšnost mrtvého dřeva pro uchycení a růst semenáčků smrku byla popsána v mnoha oblastech celého světa (Lonsdale a kol., 2008). Podíl zmlazení rostoucího na mrtvém dřevě je většinou významný a se stoupající nadmořskou výškou se zvyšuje (Holeksa a kol., 2006).

2. Cíl práce

Hlavním cílem mé diplomové práce bylo:

- popsat kvalitativní a kvantitativní vlastnosti mrtvého dřeva dle vybraných stupnic
- zjistit, jakým způsobem kvalitativní a kvantitativní vlastnosti tlejícího dřeva ovlivňují početnost a výškovou strukturu zmlazení smrku ztepilého v horských smrčinách
- zjistit jaké rostlinné druhy a s jakými pokryvnostmi pokrývají mrtvé dřevo a půdní substrát a jaký mají vliv na početnost zmlazení smrku ztepilého

3. Literární Rešerše

3.1 Mrtvé dřevo

V přírodním, člověkem nedotčeném lese dochází během celého jeho vývoje k postupnému odumírání stromů, které následně podléhají rozkladným procesům, při kterých se zpět do půdy uvolňuje energie a živiny akumulované během života stromu. Za mrtvé dřevo můžeme považovat souše, různé pahýly, pařezy a hlavně na půdním povrchu ležící vyvrácené nebo zlámané stromy různého stáří (Svoboda, 2005). Jankovský a kol. (2001) uvádí, že bezkorou část kmene, větví a kořenů, tedy pouze vlastní skelet dřeviny můžeme v přirozených podmínkách považovat za substrát pro kolonizaci dřeva dřevokaznými houbami. Mrtvé dřevo poskytuje dobré prostředí pro mykorrhizní houby, které mohou podporovat růst zmlazení. Praskání povrchu dřeva umožňuje akumulaci a zadržování semen. Se zvyšujícím se tlením se hustota dřeva snižuje a zvyšuje se plocha procentického objemu kmenu. Rozrušování kmene a tvorba kapilárního systému podstatně zvyšuje zadržování vody v kmenech. Již při tlejícím procesu je dřevo kolonizováno mikroorganismy, houbami a bezobratlými, kteří přispívají ke zvyšování obsahu dusíku (Zielonka, 2006).

V ekologické studii, která se zabývala mrtvým dřevem větších rozměrů (ležící kmeny, pahýly, silné větve u listnatých stromů; anglicky „Coarse woody debris“, dále v textu jen CWD, která byla prováděná během posledních několika desetiletí, bylo zjištěno, že mrtvé dřevo je důležitou součástí lesního ekosystému (Zielonka, 2006B). I když je jejich estetická hodnota někdy nedoceněna, bez pochybností zůstává jejich nezastupitelná úloha v přírodních procesech (Horák, 2007). Přítomnost mrtvého dřeva výrazně odlišuje les od ostatních suchozemských biomů (Jankovský a kol., 2001).

Regenerace dřevin na tlejícím dřevě byla pozorována v širokém spektru rozkladných tříd v různých geografických regionech (Zielonka, 2006). Množství tlejícího dřeva, jeho dynamika a struktura byly studovány v různých částech světa (Svoboda, 2007). Prospěšnost mrtvého dřeva pro uchycení a růst semenáčků rodu *Picea* byla popsána v horských smrkových lesích střední Evropy (Bače, 2009). Byla také zkoumána v sub-alpínském lese v horách Babí hory v polských Tatrách (Zielonka, 2006; Zielonka a kol., 2004), v sub-alpínských lesích ve středním Japonsku (Mori a kol., 2004; Mori a kol., 2005), v smrko-jedlovcových lesích

v Oregonu a Washingtonu (Harmon, 1989), v Karpatských subalpínských smrkových lesích (Holeksa, 2001). Dále byla prospěšnost mrtvého dřeva studována v panenských jedlových lesích severně od města Crested Batte, Colorado (McCullough, 1948), v nedotčených smrkových lesích v severním Švédsku (Hofgaard, 1993) i v jiných typech lesů celého světa (Lonsdale a kol., 2008). V oblasti střední Evropy je ale stále nedostatek informací o struktuře, dynamice, časových a prostorových znacích tlejícího dřeva (Svoboda, 2007). Průzkum obvykle spojuje početný výskyt smrku s množstvím tlejícího dřeva na specifických mikrostanovištích jako je mrtvé dřevo a izolaci konkurenčních rostlin ze stromového patra (Zielonka, 2006).

3.3.1 Funkce a význam mrtvého dřeva

Tlející dřevo má mnoho významných funkcí v lesních ekosystémech (Svoboda, 2007) a je důležitým prvkem v lesním ekosystému (Zielonka a kol., 2004). Do velké míry je význam a funkce mrtvého dřeva závislá na prostorové, věkové a druhové různorodosti struktur lesa a jeho vývojových cyklů. Stanovištní a klimatické podmínky v daném lese také hrají velkou roli (Svoboda, 2005).

3.3.1.1 Biologická diverzita

Je to jedna z nejvíce diskutovaných funkcí tlejícího dřeva. Podle nejrůznějších studií je 30 – 40 % všech organismů žijících v lese závislých na starých stromech a na tlejícím dřevě ve všech jeho formách. Absence těchto základních strukturálních znaků v lese má za následek vymizení těchto skupin organismů z lesa a následně pokles biologické diverzity (Svoboda, 2007). Mrtvé stromy jsou považovány za jeden z hlavních zdrojů lesní biologické rozmanitosti (Holeksa, 2001).

3.3.1.2 Vhodný substrát pro zmlazování

Mrtvé dřevo se může stát substrátem pro růst dřevin. Tomu napovídá zmlazení dřevin v pralesích, kde lze nalézt stromy rostoucí doslova v řadě. Tento fenomén je způsoben zmlazením dřevin na vyvýšeném místě, kterým je padlý a rozkládající se kmen. Kromě dřevin je substrátem i pro řadu dalších rostlin (Horák, 2007). Kmeny a pahýly v rozdílných stupních rozkladu se liší od lesní půdy a obstarávají specifické podmínky pro klíčení a rostlinný růst. CWD slouží jako důležitý substrát pro obnovu některých dřevin. Smrk ztepilý má přirozenou obnovu

silně spojenou s rozkládajícím se dřevem. Fyzikální a chemické vlastnosti mrtvého dřeva se mění během rozkladného procesu do té doby, než dřevo přechází do úplného přeměnění na půdu. Postupující změny ovlivňují výskyt a množství rozdílnosti rostlinných druhů. Rozklad zvyšuje koncentraci dusíku fixovaného mikroorganismy. Rozkládající se dřevo má vyšší vodní kapacitu a může poskytovat vláhu během suchých období (Zielonka a kol., 2004). Mezi další mechanismy, které umožňují zvýšené přežívání semenáčků na dřevě, může patřit i ochrana před účinky proudící povrchové vody, kratší doba trvání sněhové pokrývky oproti okolní půdě, lepší spojení s mykorhizními houbami, příznivější nabídka živin, ochrana před patogeny vyskytujícími se v půdě (Bače a kol., 2009), nebo ochrana proti poškození spárkatou zvěří v případě úseků s větvemi (Holeksa, 2001).

Konkurence s bylinami a mechy v lese se zdá být zodpovědná za vysoké množství sazenic stromů naleznutých na kládách (Harmon, 1989). Na nově spadlých kmenech je konkurenční tlak dostatečně nízký pro uchycení zmlazení. S postupujícím rozkladem ležícího kmene se počty jedinců na něm rostoucích zvyšují. U nejpokročilejších stadií rozkladu, vlivem vnitrodruhové konkurence a konkurence ostatní vegetace, jsou počty jedinců již nižší. Nicméně stále nedochází k zamezování uchycování nových jedinců v takové míře, jak je tomu na povrchu půdy (Bače a kol., 2009). Mocná vrstva mechorostů vylučuje zakořenění zmlazení. Smrk přežíval z 9 % v hloubce 1,4 cm, 13 % v 3,7 a 1 % u 7,8 cm. Stínění mechy snižuje možnost semenáčků na růst. Nejen mechy, ale i byliny jsou pravděpodobně také velkými konkurenty sazenic smrku. Nepřímé zdroje konkurence s mechy a bylinami nabízí jednoduché, ale dostatečné vysvětlení v uzavření souvislosti mezi semenáčky a tlejícím dřevem v mnoha smrkových lesích. Vzhledem k vysokému stupni konkurence v lese a na kmenovém povrchu se čerstvě spadlé stromy jeví jako jedno z mála míst, kde mohou klíčit (Harmon a kol., 1989).

Přítomnost tlejícího dřeva má příznivý vliv na obnovu lesa a uchování stability a kontinuity lesního ekosystému především z hlediska obohacení svrchních vrstev humusu produkty tlení, především pak huminovými látkami a fulvokyselinami, zlepšení fyzikálních podmínek nadložního humusu, vytvoření příznivých podmínek pro rozvoj mykorrhiz v extrémních podmínkách (Jankovský, 2006). Vzhledem k tomu, že se v hodnocení (dlouhodobého přežívání) přirozené obnovy ukázalo jako nejvhodnější mikrostanoviště u paty kmene nebo v kontaktu

s mrtvým dřevem, je žádoucí vytvářet v dosud kompaktních porostech (i mladších věkových stupňů) podmínky pro možnou budoucí obnovu (Mori a kol., 2005). Smrkové zmlazení přežívá u paty živého stromu pravděpodobně jen do určitého věku, poté odumírá. Jestliže ale dojde k odumření dospělého stromu, zmlazení u jeho paty využije náskoku před pozdější konkurencí vysokých bylin, které se u paty živého stromu nevyskytují, a začne rychleji odrůstat (Bače a kol., 2009).

Důvodů, proč některé dřeviny v lese preferují regeneraci na povrchu tlejícího dřeva, může být několik (Svoboda, 2005). Například vyšší délka vegetační doby, která je v podmínkách lesních ekosystémů limitující (Bače a kol., 2009). Mrtvé dřevo může mít v porovnání s půdou relativně vysokou retenční schopnost pro vodu a v období s nedostatkem srážek může sloužit jako zásobárna vláhy. V tlejícím dřevě může být relativně vysoký obsah minerálních živin a také se tam mohou vytvářet různé symbiotické vazby, které zlepšují výživu semenáčků. Jedním z významných důvodů je konkurence o zdroje vláhy nebo světla mezi přízemní vegetací na půdním povrchu (trávy, kapradiny, mechrosty) a odrůstajícími semenáčky. Na druhou stranu je nutno zmínit, že také stav mrtvého dřeva je jedním z dalších předpokladů pro zdárný vývoj semenáčků. Kmen vichřicí čerstvě vyvráceného stromu, který má tvrdé dřevo a je zcela pokryt kůrou, nebude po dlouhou dobu vhodným substrátem pro přirozenou obnovu (Svoboda, 2005). Semena lesních dřevin mohou např. vyklíčit na čerstvě spadlých kládách, ale odrůstání semenáčků je omezeno, protože kůra a dřevo je stále tvrdé (Svoboda, 2007). Pomalý růst smrkových jedinců způsobují také sluneční podmínky v uzavřených lesních porostech, které mnohdy nejsou příznivé pro růst smrku (Zielonka, 2006). S postupem rozkladu tlejícího dřeva se mění i vegetace rostoucí na povrchu tlejícího dřeva (Svoboda, 2007).

Pro zdárný vývoj jedince a růst semenáčků potřebuje mít splněné některé předpoklady, jako je optimum světla, vláhy, tepla a živin (Iijima, 2007). Pokud některý z těchto předpokladů není splněný, semenáček hyne. Například vysoká konkurence trav rostoucích ve smrkovém lese na půdním povrchu může způsobit, že většina semenáčků po vyklíčení nemá vhodné podmínky pro svůj další růst. V takovém případě, se jedním z míst, kde panují vhodné podmínky pro vyklíčení a další růst smrkových semenáčků, stává povrch tlejícího dřeva (Svoboda, 2005).

Studie dokazují, že jehličnaté semenáčky preferují stanoviště na specifickém substrátu, jako jsou spadlé kmeny a pahýly. Mrtvé dřevo většinou slouží jako „zdravotní kmeny“ pro utváření a udržování jehličnatých semenných bank. Jedinci starší než 1 rok jsou ze všech druhů nejhojnější na nepůdních substrátech, zvláště na mrtvém dřevě. Jedinci současného zmlazení přežívají více na půdě. Přednostní zmlazování jehličnatých semenáčků na mrtvém dřevě je vykazováno v mnoho boreálních a subalpínských lesích. Ve skutečnosti, mnoho semenáčků smrku rostoucích na půdě umírá brzy po vyklíčení (Mori a kol., 2004).

Ale ani růst na mrtvém dřevě nezaručuje odrůstajícímu zmlazení existenci. Klima je v horském lese velmi drsné, konkurence vysoká, a proto pouze několik jedinců přežije do další generace. A i ty odrůstají velmi pomalu. Dvoumetrový smrk rostoucí na tlejícím kmeni tak může být i 50 let starý. Pro smrkový horský les je obnova na mrtvém dřevě přirozenou cestou, jak zajistit přežití další generace stromů. Některé prameny uvádějí, že i když podíl povrchu tlejícího dřeva z celkového povrchu půdy je pouze 5–10 %, může se na něm vyskytovat až 80 % z celkového počtu odrůstajícího zmlazení. Jsou i další příhodná stanoviště pro smrkové zmlazení, jako např. kolem paty kmenů, nebo na starých pařezech nebo vyvýšená místa, kde dochází k vyklíčení a odrůstání mladých stromků. Bez přítomnosti mrtvého dřeva se odrůstání nového lesa může např. výrazně zpomalit anebo vznikne les s odlišnou prostorovou strukturou. Ve smrkovém pralese totiž velké množství mladých smrků čeká na svoji šanci třeba právě na mrtvém dřevě. A když dojde z různých důvodů k odumření stromů v hlavní vrstvě, mladé smrky dostanou svoji šanci a mohou staré stromy nahradit. Tím se uzavírá přirozený cyklus vývoje horského smrkového lesa, kdy mladí odrůstající jedinci stromů nahrazují odumírající staré stromy (Svoboda, 2005).

3.3.1.3 Úkryt pro živočichy

Dřevo v různých stupních rozkladu je domovem pro početné druhy jako jsou bakterie, houby a bezobratlí (hlavně hmyz v čele s brouky), kteří hrají důležitou roli v živinných a uhlíkových cyklech (Zielonka, 2006B), včetně těch jedinců, které jsou vzácné a ohrožené (Zielonka, 2004). Dále mrtvé dřevo poskytuje místo k životu, úkryt a zdroj potravy pro plazy, obojživelníky, ptáky, netopýry a další savce (Horák, 2007).

3.3.1.4 Ostatní funkce

Mrtvé dřevo může sloužit jako zdroj potravy (Svoboda, 2005). Protože jako v každém jiném přírodním prostředí, i v lese jsou všechny zdroje limitované. Jakékoliv ovlivnění stavu a přirozeného cyklu mrtvého dřeva vede k narušení jemných vztahů uvnitř ekosystému lesa. Pro nás je tedy ideálem les „čistý“, ale pro všechny ostatní organismy, které les po dlouhou dobu obývaly, je tomu obráceně. Mrtvé stromy jsou důležité stavební prvky v lesních ekosystémech a hrají důležitou roli v mnoha procesech (Holeksa, 2001). Kmeny ležící na svazích zastavují erozi a malé kameny pohybující se ze svahu dolů. Další důležitou funkcí je prevence pohybu sněhu na strmých svazích. Klády chrání mladé stromy proti ohýbání, lámání a vytrhávání (Holeksa, 2001).

Během dlouhodobého vývoje lesa (řádově tisíce let) se velký počet různých druhů organismů (ať už rostlin, nebo živočichů) stal na mrtvém dřevě více či méně závislým (Svoboda, 2005). Význam jednotlivých funkcí mrtvého dřeva se samozřejmě liší podle typu a stavu lesního ekosystému, způsobu obhospodařování a klimatických podmínek (Svoboda, 2007).

3.3.2 Specifika rozkladu mrtvého dřeva

Proces rozkladu tlejícího dřeva je závislý na mnoha faktorech (Svoboda, 2007):

- dřevina, rozměry (délka a průměr), třída rozkladu a forma tlejícího dřeva,
- příčina odumření stromu (různé typy disturbancí, forma mortality – vývrat nebo zlom),
- množství biologické aktivity na lokalitě a v tlejícím dřevě,
- lokálních, stanovištních a klimatických podmínkách,
- režimu disturbancí

3.3.2.1 Vliv vnějších podmínek na rozklad mrtvého dřeva

Rozklad dřeva probíhá v relativně širokém rozmezí vnějších podmínek. Právě vliv vnějších podmínek výrazně determinuje možnost rozkladu dřeva. Rozklad dřeva je procesem aerobním, ovlivňuje tedy koncentrace vzdušných plynů, zvláště pak koncentrace oxidu uhličitého (Jankovský, 2001). Rychlost rozkladu dřeva v mnoha

případech neroste s teplotou a liší se podle dalších vlivů klimatu, zejména vlhkosti. Velké srážky v teplejších oblastech mohou způsobit pokles rozkladu smrkového dřeva (Svoboda, 2007). Zásadním faktorem rozkladu dřeva je především vlhkost dřeva. Pro naprostou většinu dřevních hub je optimální vlhkost dřeva cca 70 %. Jak při vlhkosti nižší jak 20% tak i při vlhkosti vyšší jak 140 % se rozklad dřeva zastavuje. Řada hub má navíc odlišnou toleranci k vlhkosti dřeva a některé si vytváří takové podmínky uvnitř rozkládaného dřeva, kdy jsou schopny udržovat vlhkost rozkládaného dřeva v určitém rozmezí. Významným faktorem je rovněž pH prostředí, které se však díky působení dřevní houby a tvorby produktů rozkladu v průběhu dekompozice mění (Jankovský, 2001). Výsledný proces rozkladu tlejícího dřeva je výsledkem několika dílčích procesů jako je respirace, biologická transformace, vyplavování, fragmentace a zvětrávání. Během respirace mikroorganismy transformují uhlík vázaný ve dřevě do oxidu uhličitého. Během biologické transformace mikroorganismy a bezobratlí využívají pro své metabolické procesy organické látky vázané ve dřevě. Voda ve formě srážek dopadá na povrch tlejícího dřeva, prochází jím a vyplavuje ve vodě rozpustné látky. Fragmentaci lze rozdělit na dvě části. K fyzikální fragmentaci dochází během nebo po pádu souše na půdní povrch, v důsledku pádu dalších souší a během cyklu zmrznutí a rozmrznutí, který vytváří praskliny v tlejícím dřevě. K biologické fragmentaci dochází v důsledku činnosti mikroorganismů, hub, hmyzu, obratlovců, ale i kořenů rostlin, které obsazují vznikající substrát. Konečným procesem zvětrávání tlejícího dřeva je výsledek působení látek, které jsou transportovány atmosférou a reagují s povrchem tlejícího dřeva (Svoboda, 2007).

3.3.2.2 Rozklad mrtvého dřeva pomocí dřevokazných hub

Lignocelulózy dřevní hmoty představují jeden z nejdokonalejších přírodních polymerů. Zároveň mechanickou stavbu dřeva je možno považovat za dokonalý konstrukční prvek. Zatímco celulózy mohou být rozkládány a využívány řadou organismů, od bakterií až po savce, lignin je toxický prakticky pro všechny organismy. Pouze dřevní houby produkují komplex enzymů, rozkládající všechny složky dřeva, včetně ligninu. Z hlediska obnovy lesa je významná schopnost dřevních hub zkracovat fyziologický věk dřevin, schopnost likvidovat stojící souše, navracet do koloběhu uhlík deponovaný v lignocelulózách ve formě pro jiné organismy snadno dostupných sloučenin, včetně vitamínů, růstových látek, enzymů

a rozkládat veškerou dřevní hmotu uloženou v kořenech. Lze konstatovat, že z hlediska rozkladu dřeva nacházejí dřevní houby v přirozeném lesním prostředí optimální podmínky, které lze jen stěží ovlivnit. Z hlediska výživy pak může docházet k deficienci některých živin, které ve svém důsledku rozklad zpomalují. Zde je nutno zmínit skupinu růstových látek a především otázku dusíku, jak z hlediska jeho absolutního množství, tak i z hlediska jeho formy přístupné pro houby (Jankovský, 2001).

Houby osídlující dřevo v prvním sledu, které již během odumírání stromů využívají snadno dostupné látky z cytoplasmy buněk, jsou vystřídány houbami, které rozkládají především buněčné stěny, což se děje činností specifických do dřeva vylučovaných enzymů hydrolytické nebo oxidázové povahy. Tyto houby, nejčastěji stopkovýtrusé, se podle způsobu výživy rozdělují na lignivorní, způsobující rozkladem dřeva bílou hnilobu, a celulózovorní, způsobující hnědou hnilobu. Houby znatelně mění nejen chemické složení dřeva, ale celou jeho vnitřní strukturu. Ve dřevě rozkládaném těmito dvěma skupinami hub jsou nápadné rozdíly.

Rozklad dřeva obvykle probíhá tak, že parazitické houby napadají živé stromy a některé pak mohou v odumřelém stromě dál žít jako saproparazité, dokud nevyčerpají dostupné živiny, nebo nejsou vytlačeny dalšími specializovanými houbami. Pokud strom uschne bez přičinění parazitů, je proces velmi podobný. V živých stromech jsou často přítomné vřeckovýtrusé endofytní houby. Jejich rozvoj začíná až se stárnutím, zastíněním, nebo jiným poškozením listů nebo větví, takže se chovají jako parazité až v odumírajících částech a podílí se na jejich odpadávání. Ve zdravých stromech mají spíše roli symbiontů, protože brání vstupu agresivních parazitů (Svoboda, 2007).

3.3.2.3 Rozklad dřeva pomocí ostatních faktorů

Významný podíl na rozkladu dřeva mají nejen houby, ale i hmyz. Ke konci rozkladu zřejmě přibývá bakterií a dřevo se nakonec stává součástí půdy. Rozkládání dřeva ovlivňují také lišejníky, mechorosty, byliny a semenáčky dřevin (Svoboda, 2007).

3.3.3 Stupně rozkladu mrtvého dřeva

Podmínky lesního podloží obohacené o mrtvé dřevo jsou velmi důležité pro růst a přežití semenáčků. Dřívější studie ukazují, že vlastnosti CWD jsou velmi

rozdílné během rozdílných rozkladných stupňů (Pyle, Brown, 1999). Vlastnosti mrtvého dřeva se stávají podobnější půdním s postupujícím tlením. Přežívání jehličnanů na mrtvém dřevě může být závislé na rozkladných stupních, na kterých se jedinec objevuje. Mori, 2005 dokazuje, že rozdíly mezi substráty mohou být pozorovány nejen mezi mrtvým dřevem a půdou, ale také mezi rozdílnými stupni rozkladu. Výsledky ukazují, že přežívání jedinců může být lepší s postupujícími stupni rozkladu od stupně 3 do stupně 5, protože vlastnosti mrtvého dřeva se blíží těm půdním (Mori a kol., 2005).

Tab 1. Charakteristika klád v různých tlejících stupních dle Zielonky (2006).

Stupeň rozkladu	Povrch	Tvar	Hloubka průniku nože	Větve	Kůra
1	Hladký	Kulatý	Tvrdé dřevo	Přítomny	Nedotčená
2	Hladký	Kulatý	Povrch ohebný	Nad 2 cm přítomny	Částečně porušená
3	Vroubky pár mm hluboko	Kulatý	Do 1 cm	Nad 3 cm přítomny	Na horní straně stonku
4	Vroubky 0,5mm	Kulatý	Do 4 cm	Přítomny hl. větve	Obvykle chybí
5	Vroubky 1 cm hluboko	Kulatý	Do 5 cm	Přítomny hl. větve	Chybí
6	Několika cm odlomky	Mírně zploštělý	Pevný jen uprostřed	Přítomny hl. větve	Beze zbytku
7	Na kmeni hluboké brázdy	Zřetelně zploštělý	Propadá	Bez větví	Beze zbytku
8	Pokryto vegetací	Zploštělý	Propadá	Bez větví	Beze zbytku

Stupeň rozkladu byl podle Sippola a Renval, 1999 stanoven pomocí průniku nože do dřeva. Byly používány následující stupně rozkladu:

SR 1: Čerstvě spadlé nebo poražené kmeny, dřevo tvrdé, kůra a běl přítomny, nůž proniká pouze několik mm do dřeva,

SR 2: Dřevo tvrdé, přítomno jen malé množství kůry, nůž proniká 1 - 2 cm do dřeva,

SR 3: Částečně zetlelé dřevo na povrchu nebo i uprostřed, obvykle jsou odloupnuty velké kusy kůry, nůž proniká 3 - 5 cm do dřeva,

SR 4: Většinou měkké dřevo po celém obvodu, obvykle bez kůry, celé ostří nože proniká snadno do dřeva,

SR 5: Dřevo velmi měkké, při zvedání se rozpadá, trup ležící na zemi pokrývá vrstva mechů a lišejníků.

Podle Cambell, Laroque, 2007 je stupeň rozkladu kvalitativní, kategorický index založený na vizuálním posouzení rozkladu v CWD. Popisují pět rozkladných tříd, které jsou založeny na základě řady funkcí mrtvého dřeva, včetně přítomnosti kůry, systému větvení, přítomnosti jehličí, větviček a kmenové fragmentace. Pět rozkladných tříd určuje jak pro klády, tak pro souše. Ve třídě I, II a III, je možné vizuálně určit druh kmenu, zatímco ve třídách IV a V, to možné není.

3.3.4 Doba rozkladu mrtvého dřeva

Mrtvé dřevo reprezentuje kontinuitu lesního ekosystému, která spojuje i několik generací lesa. Doba rozkladu mrtvého dřeva je různě dlouhá u jednotlivých druhů stromů, závisí např. na druhu dřeviny, typu lesa, klimatických podmínkách daného lesa a mnoha dalších faktorech. Proto jakékoli zobecnění je velmi těžké (Svoboda, 2005). Smrkové dřevo je relativně slabé a tak může být dekompozice rychlejší než u mnoha jiných jehličnanů (Zielonka, 2004). Přítomnost tlejícího dřeva je podmínkou pro udržení populační struktury při běžných klimatických podmínkách (Hofgard, 1993).

Doba rozkladu dřeva je udávána od 20 do 180 let (Jankovský, 2001). Většina mrtvých stromů představující 1 stupeň rozkladu odumřelo méně než před 10 lety. Mrtvé dřevo ve stupni rozkladu 2 odumřelo před 10 až 18 lety. Kmeny ve stupni rozkladu 3 byly staré mezi 20 – 36 lety. Kmeny do stupně rozkladu 4 a 5 byly zbytky stromů, které zemřely před 32 – 57 lety. Kmeny ve stupni rozkladu 6 byly 45 - 78 let staré (Holeksa, 2001). V tomto stupni rozkladu jsou dle Zielonka, 2004 nejvhodnější podmínky pro klíčení rostlinných druhů. Dále Zielonka uvádí, že optimální podmínky pro regeneraci a další růst smrku je 30-60 let po smrti, která odpovídá tlejícímu stupni 4-7. Tento časový úsek je nezbytný pro transformaci čerstvě spadlých stromů na vhodný substrát pro regeneraci smrku v sub-alpínských podmínkách. Avšak první jedinci mohou růst na kmenech během probíhající druhé dekády a přežívají po desetiletí. Jejich pomalý růst je možno očekávat s pomalým postupujícím rozkladem dřeva (Zielonka, 2006). Kmeny ve stupni rozkladu 7 se

rozkládaly 68 – 107 let. Stupeň rozkladu 8 představují kmeny rozkládající se minimálně 80 - 128 let (Holeksa, 2001).

Různí autoři uvádí odlišnou dobu rozkladu dřeva z obdobných vegetačních vertikálních pásem v různých částech světa. V Evropě to jsou subalpínské jehličnaté lesy (horské smrčiny), ve Skandinávii to jsou boreální lesy. Rozklad smrkových kmenů v Tatrách trvá více než 100 let. V Krkonoších stáří u vývrátů až 145 let, u zlomů v patě až 80 let a u kmenových zlomů až 35 let (Svoboda, 2007). V jižní Skandinávii byl rozklad stromů odhadován na 60-70 let (Zielonka, 2006B). V severním Švédsku čas potřebný pro dokončení rozkladu smrkových kmenů může dosahovat dokonce až 200 nebo 300 let. Čas potřebný pro dokončení rozkladu kmenů v lesním prostředí je odhadován na více než 100 let v oblastech Babí hory a v Tatrách. V horském jehličnatém lese v podmínkách České republiky může trvat až 150 let, než dojde k úplnému rozložení kmene spadlého smrku. Rozdílná doba rozkladu biomasy kmene různých dřevin samozřejmě také ovlivňuje funkce mrtvého dřeva v jednotlivých typech lesních ekosystémů (Svoboda, 2005).

Ve většině případů, kromě vývrátů, však rozklad před zlomením už nějakou dobu probíhá (Svoboda, 2007). Přítomnost kůry se zdá být z hlediska infekce i rozkladu dřeva zásadní. Zatímco na živém stromě představuje přítomnost kůry významnou bariéru pro pronikání dřevních hub, na odumřelých kmenech borka zabraňuje vysychání i teplotním extrémům uvnitř kmene a naopak její přítomnost na kmenech urychluje rozklad dřeva (Jankovský, 2001). Kůra dlouho odolává rozkladu, zejména pokud je celistvá, např. při vyvrácení živého stromu. Rozklad vnitřní lýkové části probíhá mnohem rychleji než rozklad vnější korkové vrstvy. Souvislé, téměř nedotčené pláty kůry mohou vydržet až 55 let. Rozkladu kůry brání hlavně obsah tříslovin, suberinu a některých dalších látek. Lišejníky do určité míry brání rozkladu kůry i vrchní vrstvy dřeva, protože některé jejich metabolity působí na růst hub alelopaticky (Svoboda, 2007).

3.3.5 Zjištění intenzity rozkladu mrtvého dřeva

Ke zjištění intenzity rozkladu mrtvého dřeva se používají různé metody. Mezi nejznámější patří metody založené na dendrochronologickém přístupu, metody časové posloupnosti, časové řady s opakovaným měřením a dlouhodobý monitoring. Dendrochronologický přístup je založený na exaktním stanovení stáří (doby

odumření) tlejícího dřeva. Stáří tlejícího dřeva se poté vztahuje k různým parametrům jako je např. třída rozkladu, dřevina, rozměry atd. Metoda časové posloupnosti a srovnávání používá porovnání několika lokalit, na kterých se charakterizuje stav tlejícího dřeva (kvantita a kvalita) a tyto lokality se pak porovnávají mezi sebou. V rámci dlouhodobého monitoringu se sledují změny v objemu nebo hustotě dřeva, delší období (desítky let) na několika různých lokalitách v různých stanovištních podmínkách. Opakované měření různých charakteristik tlejícího dřeva následně umožní výpočet změn objemu nebo hustoty v různou dobu a zároveň zahrnuje vliv všech faktorů jako je např. dekompozice různých částí stromu (kůra, běl, jádro) nebo změny v charakteru tlejícího dřeva díky fragmentaci (Svoboda, 2007).

3.3.6 Příčina úmrtnosti stromů

Rychlé osidlování tlejícího dřeva vyžaduje, aby zde nebyl dlouhý interval mezi smrtí a spadnutím dřeva. V subalpínských lesích jsou dva možné faktory významné pro smrkovou úmrtnost. Nejdůležitějšími faktory jsou vítr a sníh, jsou důležité pro spadnutí stromu a poškození kořenů. V tomto případě se začíná stonková část lesního patra ihned rozpadat a začíná rozkladný proces. Ostatní příčiny smrkové smrti mohou být houboví patogeni a brouci v kůře, které vedou k transformaci stojících souší. Smrkové soušky mohou stát i 20 let, než spadnou, to může značně bránit dřevnímu rozkladu. Může to vysvětlovat variabilitu v rychlosti tlení, hlavně v počátečních tlejících stupních. V některých případech není možné odhadovat interval mezi smrtí a spadnutím dřeva (Zielonka, 2006). Organismy, které se na různých úrovních podílejí na narušování a dekompozici dřeva jsou součástí přírodních regulačních mechanismů, které zajišťují stabilitu, obnovu i trvalou reprodukci lesních ekosystémů (Jankovský, 2006).

3.3.7 Množství tlejícího dřeva

Akumulace a rozklad organické hmoty na půdním povrchu a v půdním profilu jsou těsně spjaty s cyklem živin. Omezený výskyt nebo nedostatek mrtvé dřevní hmoty v lesních porostech může přirozený cyklus živin výrazně narušit. Některé druhy půdních organismů podílející se na rozkladu organické hmoty jsou na výskytu odumřelé dřevní hmoty značně závislé; nedostatek odumřelé dřevní hmoty v lesních porostech může způsobit jejich vymizení a negativně tak ovlivnit cyklus živin. Biologická aktivita, vodní režim a sorpční komplex (obsah organické hmoty v půdě)

lesních půd jsou výrazně ovlivněny s klesajícím množstvím mrtvého dřeva v lesních ekosystémech (Svoboda, 2007).

V původním horském smrkovém pralese se podle různých studií zásoba mrtvého dřeva může pohybovat v rozmezí 150 až 300 m³ na hektar (Svoboda, 2005). Množství mrtvých stromů v Karpatských subalpínských lesích je nižší než v neudržovaných boreálních smrkových lesích, kde bylo uvedeno 200 m³/ha. To je také mnohem méně než ve většině přírodních jehličnatých lesích Severní Ameriky. V horských boreálních lesích Kanady a USA byl objem CWD v rozmezí 30 – 14 000 m³/ha. Také plocha pokrytá kmeny v Babí hoře je jedna z nejnižších (Holeksa, 2001). Průměrný objem spadlých kmenů byl 93 (64 – 113 m³/ha) a vytvořený 22 % z celkového objemu žijících stromů (426 m³/ha) (Zielonka, 2004). Hustota kmenů pokrývá od 74 do 223 jedinců/ha s průměrným číslem 139 jedinců/ha a jejich průměrný objem je 92 m³/ha. Průměrná hustota pařezů je 7 m³/ha (Zielonka, 2006). Objem mrtvého dřeva naměřených blízko Finska kolísal od 20 do 60 m³/ha a ve Švédských panenských smrkových lesích bylo naměřeno 58 – 201 m³/ha (Zielonka, 2004).

Pro prales je typická vysoká zásoba tlejícího dřeva vyskytujícího se v různých formách, na rozdíl od hospodářských lesů, kde se dřevo vytěží a odveze (Svoboda, 2005). Malé zastoupení tlejícího dřeva a starých stromů v lesích není jen problém Česka. Obecně všechny lesnický rozvinuté země střední a západní Evropy mají s tímto fenoménem problém. Čím vyspělejší lesní hospodářství, tím menší je množství tlejícího dřeva v lese. Je nutno si uvědomit, že tradiční přírodě blízké obhospodařování nezajistí dostatečné množství tlejícího dřeva v lese (Svoboda, 2007).

3.3.8 Hustota zmlazení na tlejícím dřevě

Hustota zmlazení rostoucí na mrtvém dřevě záleží na tlejícím stupni dřeva. Regenerace smrku se zvyšuje od tlejícího stupně 4. Největší hustota zmlazení se vyskytuje na velmi dobře rozložených kmenech v tlejícím stupni 5 - 7, dosahující 1 000 - 1 300 jedinců/m² pro dřevo v tlejícím stupni 7. Počet zmlazení se snižuje na kmenech ve všech tlejících stupních a zvyšujícím se věkem zmlazení. Mezi zmlazením rostoucími na dřevě, skoro 80 % mělo klíčit přes 5 let, 15 % bylo věku 6 - 10 a 3 % byli věku 11 - 15. Zmlazení starší 16 let představuje jen 2 % ze všech

sledovaných růstů na mrtvém dřevě. Jestliže začínají s tlejícím stupněm 5, věková struktura obnovy se mění jen pomalu s postupujícím rozkladem. Nižší hustota byla pozorována na více rozložených stoncích (744/100m²). Hustota jedinců věku 6 - 10 je okolo 200 jedinců/100m². Hustota jedinců věku 11 - 15 na stoncích v tlejícím stupni 5 - 8 kolísá mezi 20 a 53 jedinci/100m² (Zielonka, 2006).

3.3.9 Osídlení klád ostatní vegetací

Rozmanitost druhů nalezených na spadlých kmenech záleží na dostupnosti mrtvého dřeva v lesním prostředí a je významně vyšší v přírodním lese, kde objem mrtvého dřeva a rozdílné tlející stupně jsou obvykle větší. Prvními kolonizátory na mrtvém dřevě jsou lišejníky (byly přítomny na kmenech ve všech tlejících stupních), mechy a játrovky (začínaly kolonizovat kmeny od tlejícího stupně 2 a byly také přítomny na více rozloženém dřevě) často rostou na žijících stromech jako epifyty. Nakonec jsou kmeny okupovány konkurujícími si epigeickými druhy mečů, rostlin a keřů. Bylinný pokryv je dominován borůvkou, která ukazuje největší vytrvalost a pokryvnost ve všech tlejících stupních. Roste současně s bylinnými druhy, stromovými jedinci na kolonizovaných kmenech. Cévnaté rostlinné druhy mohou být rozděleny do tří skupin. První skupinou jsou rostliny, které se objevují častěji a ve vyšším množství se zvyšujícím se tlejícím stupněm, jsou to; borůvka, šřavel, kaprad', a jedinci smrku ztepilého. Druhá skupina se skládá z druhů, které osídlují více než 20 % kmenů; papratka, plavuň, bika. Ostatní druhy byly nalezeny na kmenech nepravidelně a jejich výskyt nebyl spojený s jejich stupněm rozkladu. Stromoví jedinci kolonizovali kmeny současně s bylinnými druhy. Vytrvalost a hustota jedinců smrku ztepilého se zvyšuje se zvyšujícím se rozkladem. Zdá se, že rostlinný pokryv nebrání smrkové regeneraci (Zielonka, 2004).

4. Metodika

4.1 Lokalita

Zájmová oblast se nachází v oblasti horských smrčín v CHKO Jeseníky – NPR Praděd (část zvaná Eustaška). „Eustaška“ je klimaxová smrčina (Jankovský a kol, 2006). V NPR Praděd jsou plochy unikátních geobiocenóz smrkové varianty 8. klečového vegetačního stupně, které mají charakter parkového lesa, alpínských holí či dokonce arкто-alpínských tundrových společenstev (Adamcová a kol, 2003). Díky dlouhodobé izolovanosti této plošky v matici souvislých lesních geobiocenóz zde vznikla řada endemických taxonů, např. jitrocel červený sudetský (*Plantago atrata ssp.sudetica*), zvonek jesenický (*Campanula gelida*) a lipnice jesenická (*Poa riphaea*). Tyto geobiocenózy jsou v České republice rozšířeny velmi málo, jejich segmenty jsou často unikátní (Buček, Měděra, 2004). Průměrná roční teplota se pohybuje od 0,9 do 6,3 °C a srážky od 1 048 – 1 377 mm. Sněhové období v nejvyšších polohách trvá kolem 230 dnů. Délka vegetační doby se pohybuje mezi 21 – 141 dny (Vacek a kol., 2003).

4.2 Výzkumné plochy

Výzkum proběhl ve starých přirozených porostech horských smrčín s dostatečným množstvím ležícího mrtvého dřeva. Pro sběr dat jsme využili šestihektarovou trvalou výzkumnou plochu (dále v textu jen TVP), vytyčenou výzkumným ústavem IFER (Russ, 2001). Na TVP bylo v roce 1999 technologií Field-Map zaměřeno všechno ležící mrtvé dřevo delší než 2 m a s tloušťkou na čele větší než 150 mm, s měřením průměrů na obou koncích. My jsme sebrali data z celkové souvislé plochy dvou hektarů, za použití podkladových map. Plocha je situována na jihovýchod a svažitost je zde mírná (do 10 %) Nadmořská výška se na studijních plochách pohybuje v rozmezí 1 220 – 1 250 m. n. m (Banas a kol., 2001).



Obrázek č. 1: Pokusná plocha (Foto: Jana Mašková).

4.3 Sběr dat

Sběr dat probíhal v první polovině září roku 2009. Popisovali a měřili jsme všechny ležící kmeny, větší než 2 m a pahýly větší než 1,5 m. Viz dále.

4.3.1 Klády a pahýly

Určovali jsme následující charakteristiky ležících kmenů: Celková třída rozkladu ležících kmenů byla identifikována podle pětistupňové škály (Sippola a kol, 1999). Pro zjištění stádia rozkladu dřeva byl použit ostrý nůž, který byl do tlejícího dřeva zarážen rukou. Byl určován maximální a minimální průnik nože. Stupeň rozkladu byl určován také vizuálně podle přítomnosti kůry, stupně zachovalosti větví, stupně odpadnutí bělí, pokrytí vegetací a dalšími faktory. Dále byla zjišťována přítomnost a pokryvnost mechorostů, epixylických lišejníků a všech druhů cévnatých rostlin podle stupnice ve studii (Zielonka & Piatek 2004), stupeň zakrytí postranní vegetací (bylo studováno zakrytí klády vegetací rostlé ze stran, při pohledu shora a vegetací přítomné přímo na kládě). Dále byl určován stupeň dotyku se zemí; původ podle vzniku (smrt stromu) – vývrát, zlom v patě do 2 m, kmenový zlom nad 2 m, korunový zlom, pokácení. Dále byly identifikovány základní typy hnilob zvlášť na čele kmene a zvlášť na ostatní části kmene - hnědá kostkovitá od *Fomitopsis pinicola*, hnědá drobně kostkovitá od *Antrodia serialis*, hnědá kostkovitá ostatní, bílá voštinová od *Phellinus nigrolimitatus*, bílá voštinová ostatní, bílá kostkovitá od

Climacocystis borealis, bílá od *Heterobasidion annosum*, bílá od *Armillaria sp.*, bílá ostatní a již velmi pokročilý rozklad typu „půda“ (Pouska, 2005). Zde byly také zachyceny i případné procentuální pravděpodobnosti, pokud zde bylo možné více charakteristik. Podobně byly popisovány pahýly menší než 2 m, které byly také pozičně zaměřeny, změřena jejich výška a tloušťka v 1,3 m, v případě nižších 1,3 m, v polovině jejich výšky. Jednotlivé stupnice jsou uvedeny v příloze 1.

Na všech kmenech a pahýlech byli spočtení všichni jedinci smrku v jednotlivých výškových kategoriích. Dále byl odhadnut věk u nejvyššího jedince, případně také věk dosažení výšky 1,3 m, podle počtu přeslenů či jizev na kmínku po přeslenech. Všechny ostatní hodnoty byly získávány vizuálně. Jestliže se v jednotlivých úsecích lišily charakteristiky klád (např. stupeň rozkladu), kláda byla klasifikována podle převažujícího stádia rozkladu (Zielonka, 2006).

4.3.2 Přirozené zmlazení

Přirozené zmlazení bylo zaznamenáváno veškeré, které rostlo na kládách a pahýlech. Pokud kláda pocházela z vývratu, bylo zaznamenáno zvláště i zmlazení na talíři klády. Pozornost nebyla věnována obnově, která vyrůstala mezi náběhy pahýlů, toto zmlazení nebylo započítáno. Zmlazení bylo následně rozděleno do skupin podle mikrostanoviště (kláda, talíř, vlastní pahýl, náběh pahýlu) a dle druhu dřeviny. Výška zmlazení byla měřena pomocí skládacího metru, u vyšších jedinců byly použity dvoumetrové kovové měřicí tyče. Jednotliví jedinci zmlazení byli zaznamenáni do výškových tříd.

Zmlazení mimo již popsaná mikrostanoviště (klády a pahýly) bylo také spočítáno. Pomocí dálkoměru a úhloměru VERTEX bylo vytyčeno 200 pravidelně rozmístěných čtverců o rozměrech 2 x 2 m. Na každém čtverci 2 x 2 m byla určována dominance jednotlivých cévnatých rostlin, souhrnná pokryvnost všech druhů mechorostů, pokryvnost hrabankou podle následující stupnice: 1 pokryvnost 1 – 10 %; 2 pokryvnost 11 – 25 %; 3 pokryvnost 26 – 50 %; 4 pokryvnost 51 – 75 %; 5 pokryvnost 76 – 100 %, byly určovány i druhy rostlin. Bylo zde spočítáno veškeré zmlazení smrku (mimo rostoucího na námi definovaných jednotkách mrtvého dřeva) a bylo zařazeno do výškových tříd.

4.4 Analýza dat

K testování vlivu pokryvností jednotlivých bylin, mechorostů a rašeliníku na počet zmlazení smrku a jeřábu mimo mrtvé dřevo byly použity zobecněné lineární modely s negativně binomickým rozdělením chyb a s logaritmickou link funkcí (z důvodu silného rozptylu v důsledku agregované struktury výskytu zmlazení smrku i jeřábu). Byla použita funkce glm.nb z knihovny „MASS“, která počítá vlastní disperzní parametr z dat. Proměnné byly testovány pouze jako marginální efekty. Průkaznost jednotlivých modelů byla testována Chí statistikou. Korelační vztahy proměnných byly zobrazeny v grafické podobě pomocí korelační matice z knihovny „ellipse“.

K testování vlivu zkoumaných vlastností klád na počet zmlazení smrku a dřevo byly použity rovněž zobecněné lineární modely s negativně binomickým rozdělením chyb a s logaritmickou link funkcí. Na základě výsledků PCA analýzy, zjišťující podobnost v distribuci logaritmicky transformovaných počtů smrkového zmlazení na kládách rozdělených do výškových tříd v cm, jsem se rozhodla testovat počet jedinců zmlazení smrku ve dvou výškových třídách do 15 cm a nad 15 cm.

K zobrazení jednoduchých grafů a tabulek byl použit program Microsoft Excel 2007.

Tab. 2: Sbírané charakteristiky klád a pahýlů. Jsou uvedeny jednotky proměnných, případně rozsah stupnice.

Charakteristiky	klády	pahýly
Délka	m	m
Objem	m ³	-
Rozklad	1-5	1-5
Rozklad běli	1-5	1-5
Pokrytí kůrou	%	0-1
Pokrytí lišejníky	-	0-1
Pokrytí mechorosty	%	0-1
Pokrytí vegetací	0-1	0-3
Zachovalost větví	4-0	-
Přítomnost stromků	0-3	0-3
Přítomnost borůvky	+5	0-1
Vegetace kolem klády	1-3	0-1
Dotyk se zemí (DsZ)	1-4	-
Původ klády / zlom souše		
Vývrat	0-1	0-1
Zlom v patě	0-1	0-1
Pahýl do výšky 1 m	0-1	0-1
Kmenový zlom	0-1	0-1
Korunový zlom	0-1	0-1
Pokáceno v minulosti	0-1	0-1
Pokáceno a odkorněno	0-1	0-1
Neznámý	0-1	0-1
Zlom živého stromu	0-1	0-1
Pravděpodobná příčina smrti		
Kůrovec	0-1	0-1
Konkurence	0-1	0-1
Kořenová hniloba	0-1	0-1
Vývrat větrem	0-1	0-1
Pokáceno	0-1	0-1
Neznámá	0-1	0-1
Přítomnost houby	0-1	0-1
Zmlazení		
Počet	kusů	kusů
Věk	roky	roky

5. Výsledky

5.1 Přítomnost tlejícího dřeva

Na výzkumné ploše bylo nalezeno a popsáno celkem 219 klád v různých stupních rozkladu o celkovém objemu 163,95 m³. Povrch klád zaujímá na 2 hektarech 659,23 m², což jsou 3,2 % z celkové rozlohy plochy.

Dále bylo na výzkumné ploše nalezeno a popsáno 215 pahýlů. Pahýly včetně jejich náběhů zaujímají na ploše objem 11,61 m³. Povrch pahýlů zaujímá na ploše plochu 16,73 m² což je 0,08 % z celkové rozlohy plochy.

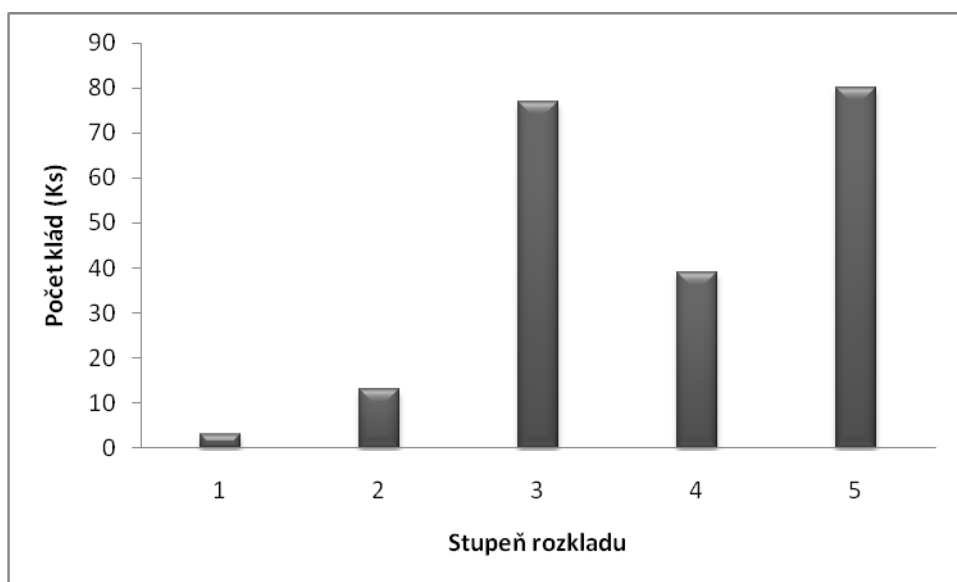
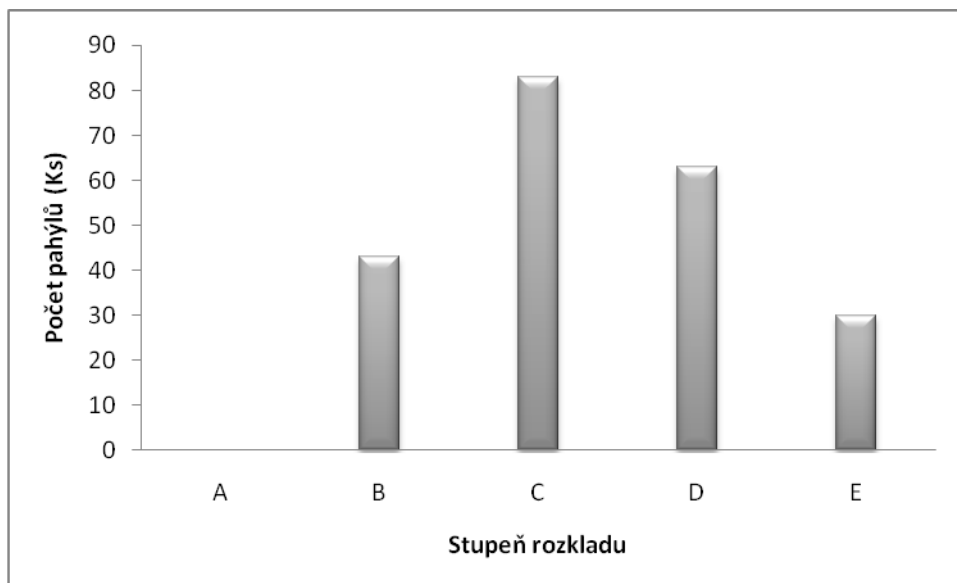
Po odečtení povrchu tlejícího dřeva zbylá plocha zaujímá 19 324 m², což je 96,72 %. Celkový přehled je vyobrazen v tabulce 3.

Tab. 3: Množství nalezených klád a pahýlů, jejich objem, povrch a procentuální zastoupení v rámci výzkumné plochy.

	Počet (ks)	Objem (m ³)	Povrch (m ²)	%
Klády	219	163,95	659,23	3,2
Pahýly	215	11,61	16,73	0,08
Ostatní plocha	-	-	19 324,05	96,72
Celkem	-	-	20 000	100

5.1.1 Množství klád a pahýlů v jednotlivých stupních rozkladu (SR)

Na výzkumné ploše jsou klády zastoupeny všemi tlejícími stupni (1 – 5). Nejvíce klád je zastoupeno tlejícím stupněm 3 a 5. Nejméně klád bylo nalezeno na stupni rozkladu 1. Pahýly jsou zastoupeny rozkladnými stupni B – E. Stupeň rozkladu A se zde nevyskytuje. Nejvíce pahýlů bylo nalezeno ve stupni rozkladu C a D. Grafické znázornění vidíme v grafu 1.



Graf 1: Množství klád a pahýlů v jednotlivých stupních rozkladu. Na studované ploše bylo nalezeno nejvíce klád ve stupni rozkladu C a E, pahýlů bylo nejvíce nalezeno ve stupni rozkladu 3 a 4.

5.1.2 Množství klád a pahýlů vzájemně k sobě patřící

Na výzkumné ploše se nachází 102 klád, u kterých je možné identifikovat jejich vlastní pahýly. Stupeň rozkladu je z 28,5 % stejný jako u klád, z 35,3 % o jeden stupeň vyšší než u klád a skoro z 10 % o jeden stupeň nižší než u klád. Další podrobnosti jsou uvedeny v tabulce 4.

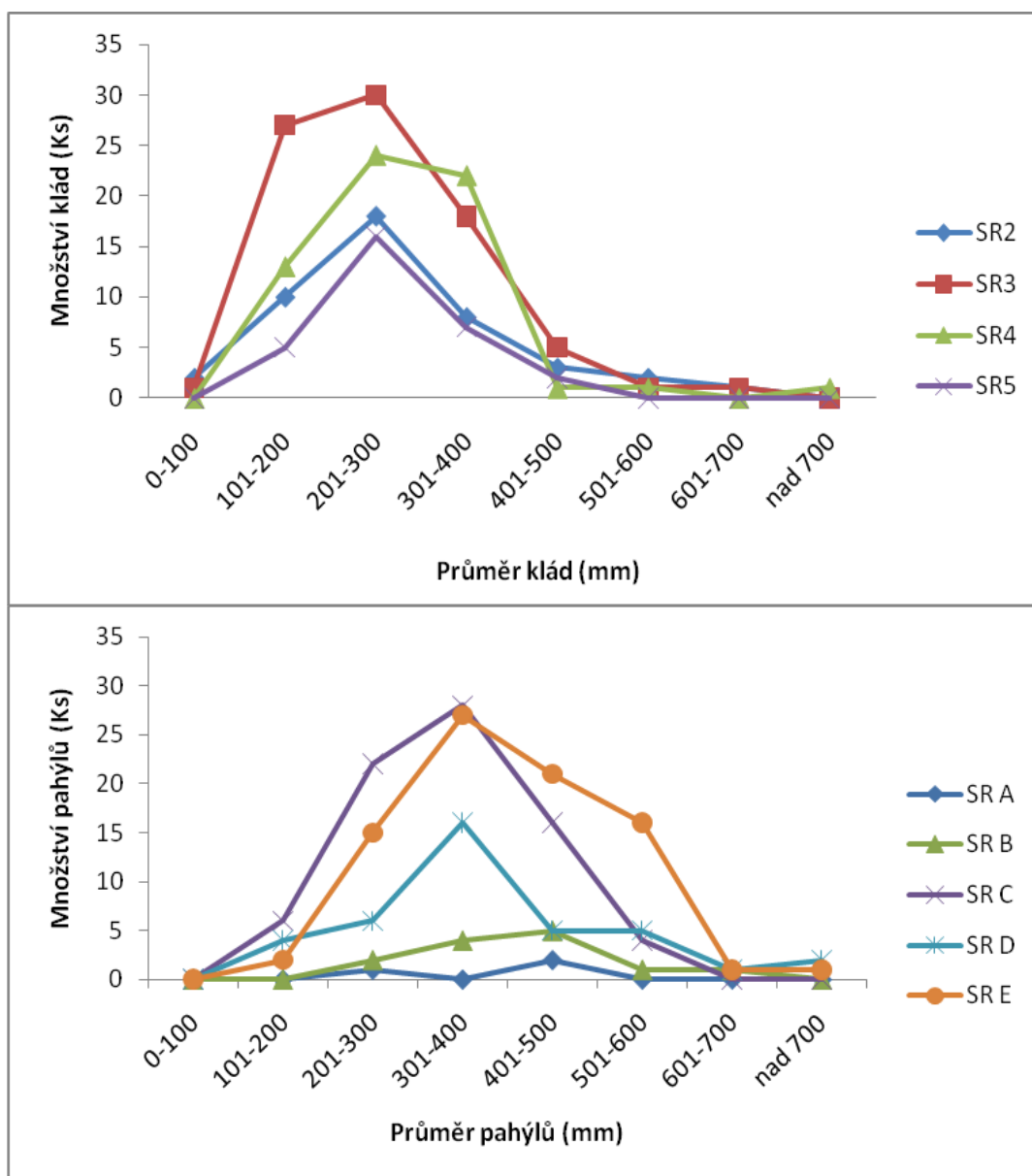
Tab. 4: Vyjádření rozdílů ve stupních rozkladu (SR) mezi kládami a jejich pahýly. Na studované ploše bylo nalezeno 28,5 % pahýlů, které měly stejný stupeň rozkladu jako jejich klády, dále bylo nalezeno 35,3 % pahýlů o jeden stupeň vyšší než u klád a skoro z 10 % o jeden stupeň nižší než u klád. Byly nalezeny i pahýly, které měli dokonce o 3 stupně vyšší stupeň rozkladu než jejich klády.

SR stejný	29	28,5
SR o 1 stupeň vyšší	36	35,3
SR o 2 stupně vyšší	18	17,6
SR o 3 stupně vyšší	4	3,9
SR o 1 stupeň nižší	10	9,8
SR o 2 stupně nižší	5	4,9
Celkem klád	102 ks	100%

5.1.3 Množství klád a pahýlů v jednotlivých tloušťkových třídách

Množství klád ve všech stupních rozkladu roste se zvyšujícím se průměrem, ale od průměru 400 mm dochází s rostoucím průměrem k poklesu množství. Od průměru klád 500 mm a více je patrný pokles množství klád ve všech stupních rozkladu.

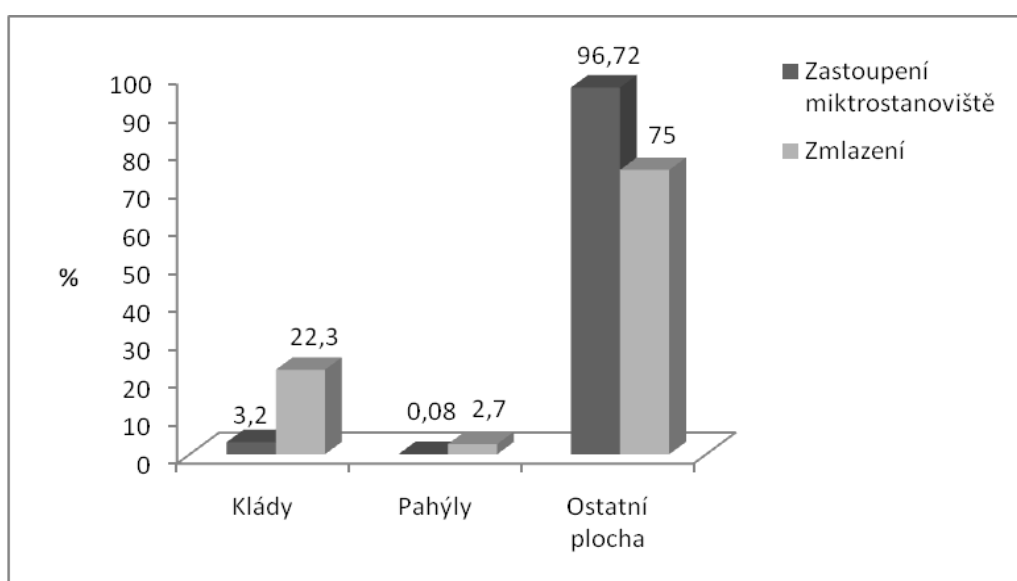
Množství pahýlů ve stupních rozkladu C a E silně roste s rostoucím průměrem až do průměru 400 mm. U stupně rozkladu D se počet pahýlů zvyšuje od průměru 300 a od průměru 400 mm klesá. Množství pahýlů v ostatních stupních rozkladu se vzrůstajícím průměrem stagnuje a poté klesá. Od průměru 700 mm a více se pahýly ve všech stupních rozkladu nevyskytují. Tento jev je patrný z grafu 2.



Graf 2: Celkové množství klád a pahýlů v jednotlivých stupních rozkladu dle tloušťkových tříd. Množství klád ve všech stupních rozkladu roste se zvyšujícím se průměrem, ale od průměru 400 mm dochází s rostoucím průměrem k poklesu množství klád. Množství pahýlů ve stupních rozkladu C a E silně roste s rostoucím průměrem až do průměru 400 mm. Od průměru 700 mm a více se pahýly ve všech stupních rozkladu nevyskytují.

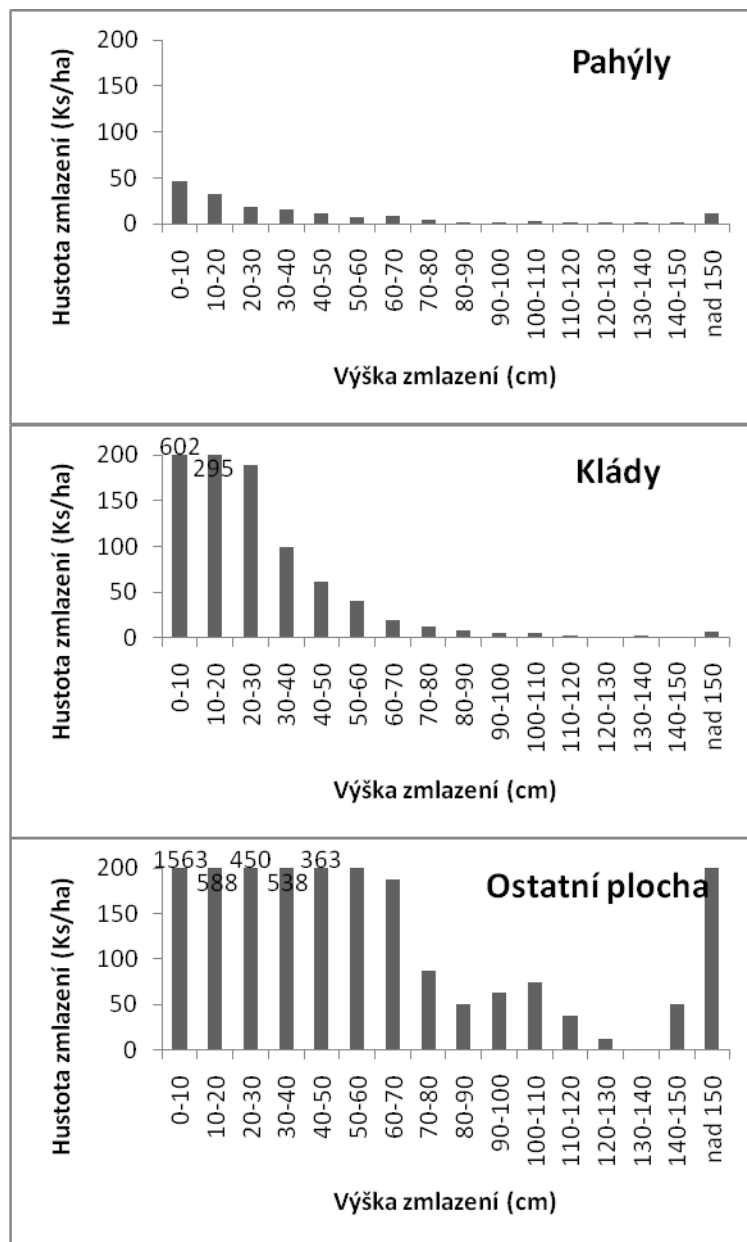
5.2 Přítomnost zmlazení na jednotlivých mikrostanovištích (Klády, pahýly, ostatní plocha)

Klády s 3,2 % zastoupením na ploše obsahují 22,3 % veškerého zmlazení, pahýly včetně náběhů s 0,08 % zastoupením obsahují 2,7 % veškerého zmlazení a ostatní plocha s 96,72 procentuálním zastoupením obsahuje 75 % veškerého zmlazení. Grafické znázornění vidíme v grafu 3. Nejvíce zmlazení (75 %) bylo nalezeno na ostatní ploše, která zaujímala 96,72 %. Dále bylo nejvíce zmlazení (22,3 %) nalezeno na kládách, které pokrývali 3,2 %. 2,7 % zmlazení smrku bylo nalezeno na pahýlech, které pokrývali pouze 0,08 % plochy.



Graf 3: Vztah mezi zastoupením mikrostanoviště na ploše a jeho osídlení zmlazením.

Detailní přehled o zastoupení zmlazení ve výškových třídách na kládách, pahýlech a ostatní ploše vidíme v grafu 4. Nejvíce zmlazení smrku se nachází na ostatní ploše, poté na kládách a nejméně zmlazení se nachází na pahýlech. Nejvíce zmlazení bylo nalezeno v nejmenších výškových kategoriích. Nejvíce zmlazení smrku bylo nalezeno na ostatní ploše, dále na kládách a na pahýlech. Nejvíce byly zastoupeny nejmenší výškové třídy.



Graf 4: Průměrná početnost zmlazení na výzkumnou plochu (ks/ha) podle jednotlivých mikrostanovišť a podle výškových tříd. Hodnoty nad 150 cm jsou vyšší, protože jsou zde zahrnuta všechna data od 150 cm výše. Osa Y je pro přehlednost oříznuta v hodnotě 200.

5.2.1 Přítomnost zmlazení na tlejícím dřevě

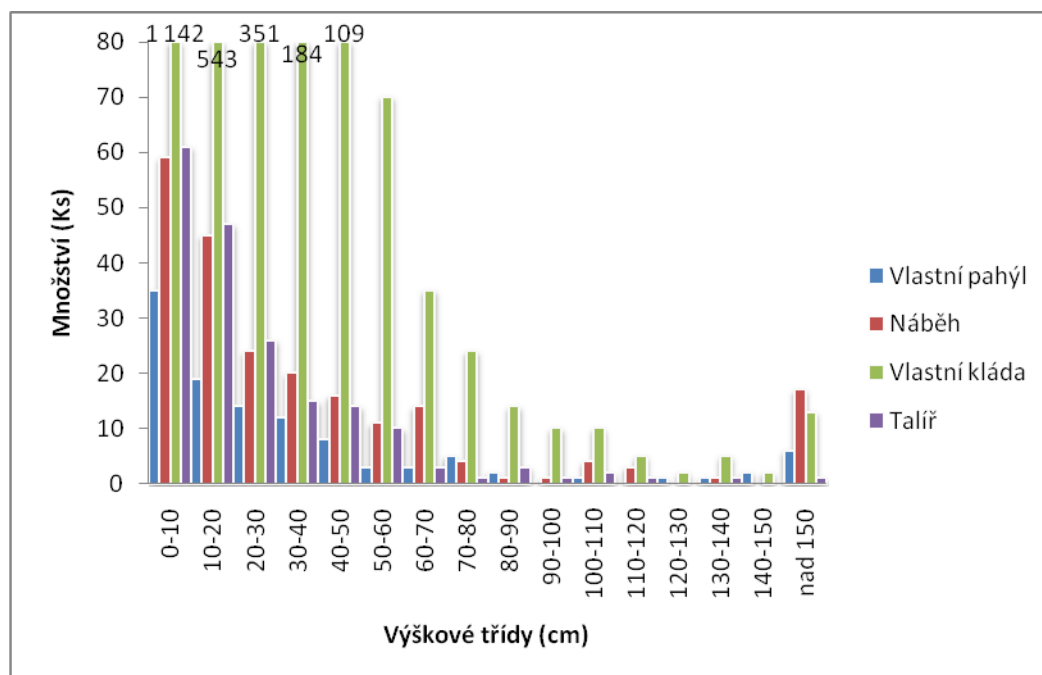
Na studované ploše se nejvíce vyskytuje zmlazení smrku. Jeřáb ptačí byl zastoupen 31 jedinci a bříza pouze 1 exemplářem. U klád je nejvíce zmlazením obsazována vlastní kláda a to 2 519 ks, talíře klády jsou osídleny jen 186 ks. U pahýlů je silněji obsazován náběh pahýlu (220 ks) než vlastní pahýl (113 ks). Celkově se na tlejícím dřevě nachází 3 038 ks semenáčků smrku. Na ostatní ploše (mimo tlející dřevo) se vyskytuje 9 125 ks semenáčků smrku. Stručný přehled vidíme v tabulce 5.

Tab. 5: Množství zmlazení nalezeného na kládách, pahýlech a ostatní ploše. Na mrtvém dřevě bylo nalezeno 3 038 jedinců smrkového zmlazení, z toho 2 705 bylo nalezeno na kládách a 333 jedinců bylo nalezeno na pahýlech. Na ostatní ploše bylo nalezeno 9 125 jedinců zmlazení smrku.

Smrk	Kláda		Pahýl		Ostatní plocha
	Vlastní kláda	Talíř	Vlastní pahýl	Náběh	
	2 519	186	113	220	
Celkem	2 705		333		9 125
		3 038			

5.2.2 Zmlazení v jednotlivých výškových třídách

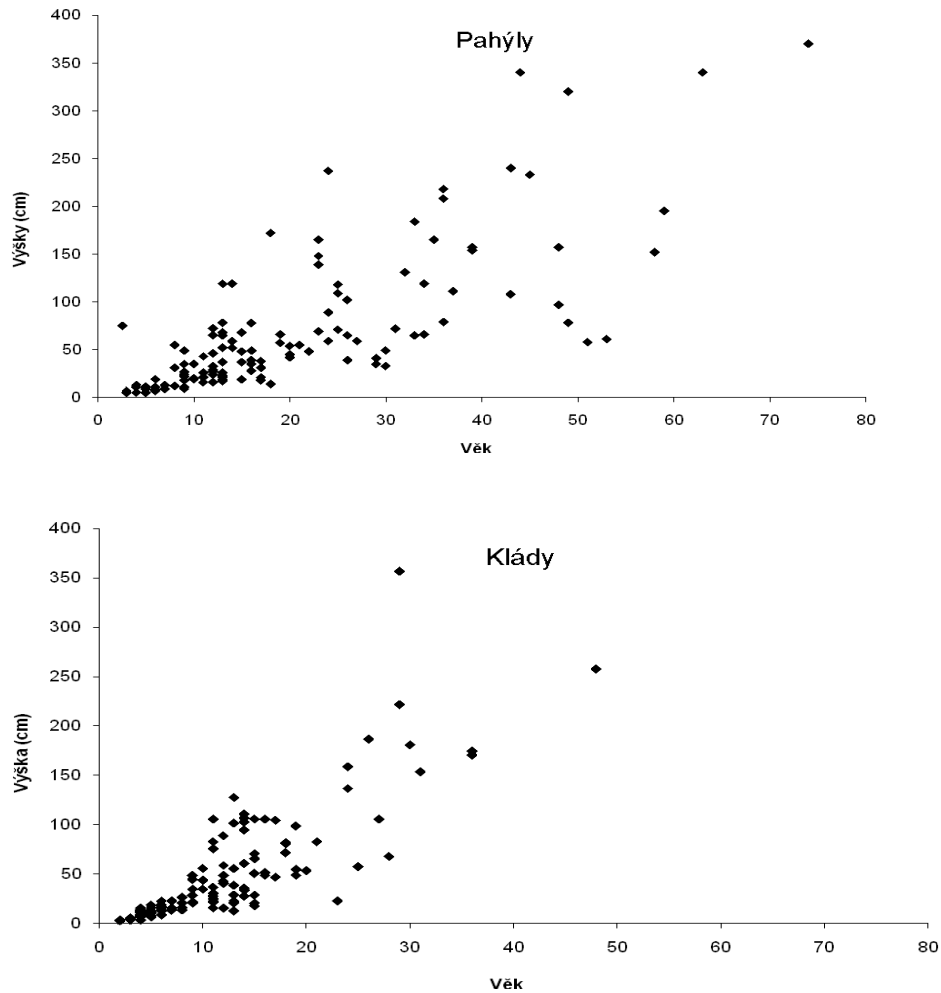
Klády i pahýly jsou nejvíce osídleny zmlazením nejmenších výškových tříd. Nejvíce jsou zde zastoupeny výškové třídy 0 - 10 cm a 10 – 20 cm. Na všech stanovištích je patrná klesající tendence počtu zmlazení se vzrůstajícími výškovými třídami. Nejvíce zmlazení se nachází na vlastní kládě a talíři klády a následně na náběhu a na vlastním pahýlu. To vidíme i z grafu 5.



Graf 5: Vztah mezi celkovým množstvím zmlazení v jednotlivých výškových třídách na určitých mikrostanovištích. Mikrostanoviště rozdělujeme na vlastní pahýl, náběh pahýlu (kořen kmene), vlastní kláda a talíř klády (talíř z kořenů stromů vzniklý vývratem stromů). Pro větší přehlednost je osa Y uříznutá v hodnotě 80.

5.2.3 Věk zmlazení semenáčků

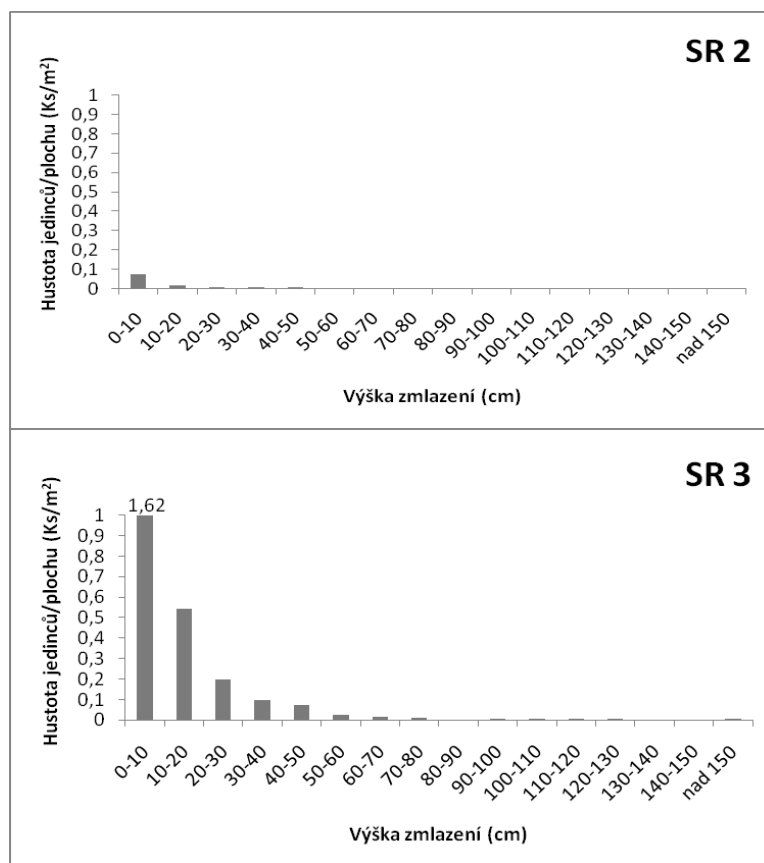
U klád a pahýlů je patrná závislost výšky na jejich věku. Z grafu 6 je patrné, že se zvyšujícím se věkem se zvyšuje rozptyl výšek. Na pahýlech bylo nalezeno více zmlazení o větších výškách než na kládách.

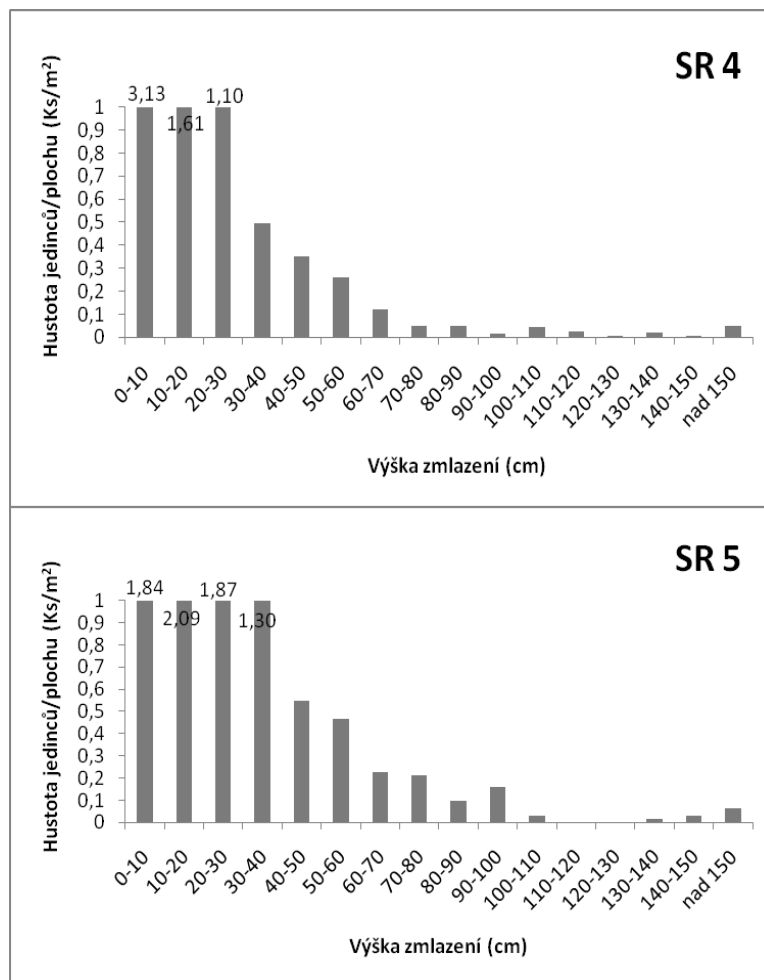


Graf 6: Vztah mezi výškou semenáčků smrku a jejich věkem na kládách a pahýlech. Se zvyšujícím se věkem se zvyšuje také rozptyl výšek.

5.2.4 Zmlazení smrku na kládách v jednotlivých stupních rozkladu

Celkové množství semenáčků smrku na kládách a jejich talířích činí 3 038 kusů. Nejvíce semenáčků smrku bylo nalezeno na kládách ve SR čtyři a pět. Nejmenší výškové třídy obsahují nejvíce jedinců. Nebyl zde nalezen žádný jedinec ve stupni rozkladu jedna, to je způsobeno tím, že na ploše se nevyskytuje žádná kláda v tomto stupni rozkladu. U stupně rozkladu 2 až 4 je plynulý pokles počtu zmlazení se vzrůstajícími výškovými třídami. Klády ve stupni rozkladu 2 jsou osídleny převážně zmlazením nejmenší výškové třídy (0–10 cm). Grafické znázornění hustoty zmlazení v jednotlivých výškových třídách je znázorněno v následujícím grafu 7. Nejvíce zmlazení bylo nalezeno ve stupni rozkladu 4 a 5. Klády ve stupni rozkladu 2 jsou osídleny převážně zmlazením nejmenší výškové třídy (0–10 cm).





Graf 7: Závislost hustoty zmlazení na plochu klády v jednotlivých výškových třídách na stupni rozkladu (SR). Osa Y je pro přehlednost uříznutá v hodnotě 1.

5.3 Přítomnost vegetace na kládách

Borůvka zde byla zastoupena z 12,7 %; lišejníky pokrývaly 3 %; metlička křivolaká pokrývala 0,6 %; epifytické lišejníky pokrývaly 0,5 % a třtina chloupkatá pokrývala 0,3 %. Ostatní vegetace pokrývala 0,3 %. Nepokryto bylo 82,96 %. Grafický přehled vidíme v grafu 8.



Graf 8: Zastoupení jednotlivých druhů vegetace na výzkumné ploše na kládách. Nejvíce se zde vyskytovali tyto druhy: Va-my; *Vaccinium myrtillus* (Borůvka), Lis; (lišejníky), Av-fl; *Avenella flexuosa* (metlička křivolaká), LisE (epifytické lišejníky) a Ca-vi; *Calamagrostis villosa* (třtina chloupkatá).

5.3 Přítomnost zmlazení na půdě

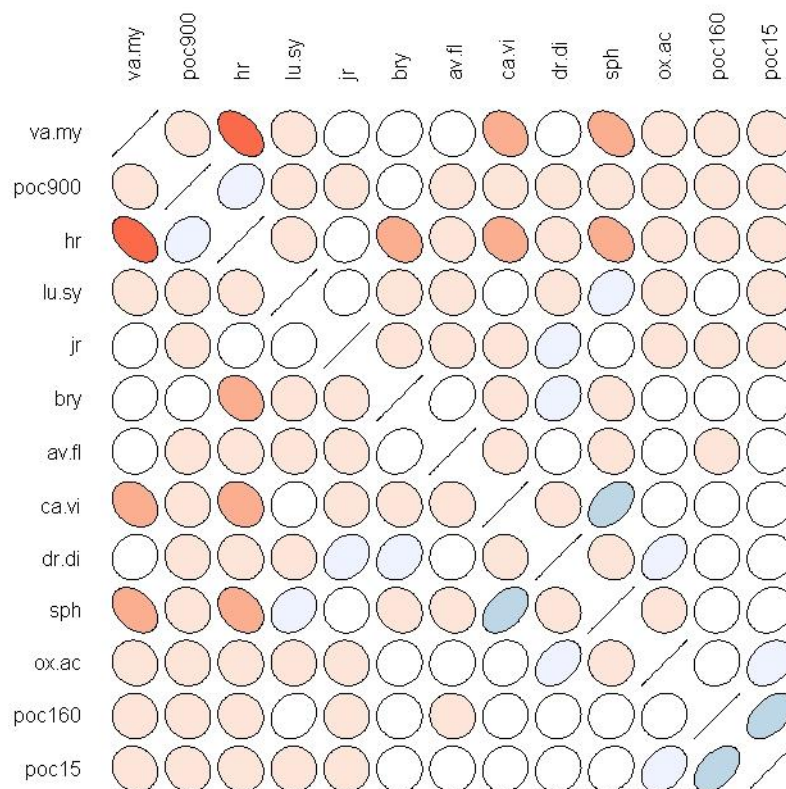
Na půdě bylo nalezeno více druhů vegetace než na kládách. Borůvka zde byla zastoupena 32,74 %; hrabanka 16,92 %; bika lesní 15,78 %; mechy pokrývaly 14,32 %. Rašeliník pokrýval 11,85 %; metlička křivolaká 4,13 %; třtina chloupkatá zaujímala 1,99 %; kaprad' širolistá 1,73 %. Ostatní vegetace tvořila jen 0,54 %. Grafické znázornění vidíme z grafu 9.



Graf 9: Zastoupení jednotlivých druhů vegetace na výzkumné ploše na půdě. Nejvíce se zde vyskytovaly tyto druhy: Va-my; Vaccinium myrtillus (Bрусnice borůvka), Hr (hrabanka), Lu-sy; Luzula sylvatica (Bika lesní), Bry (Mechy), Sph (Rašeliník), Av-fl; Avenella flexuosa (Metlička křivolaká), Ca-vi; Calamagrostis villosa (Třtina chloupkatá), Dr-di; Dryopteris dilatata (Kaprad' široolistá).

5.3.1 Pokryvnost bylinných druhů, mechorostů, rašeliníků a počet zmlazení mimo mrtvé dřevo

Korelační matice, která vyjadřuje počet zmlazení v závislosti na pokryvnosti bylinných druhů, mechorostů a rašeliníků. Zmlazení smrku bylo rozděleno do tří následujících skupin: do 15 cm, do 160 cm a do 900 cm. Z grafu 10 vidíme negativní vztah hrabanky s borůvkou, s mechy, metlicí tsnatou a rašeliníkem. Naopak pozitivní vztah můžeme pozorovat u rašeliníku s metlicí trsnatou a mezi zmlazením do 15 cm a do 160 cm.



Graf 10: Pokryvnost nejčastěji zastoupených bylinných druhů, mechorostů, rašeliníků a počtu zmlazení smrku. Korelační matice pokryvností nejčastěji zastoupených bylinných druhů, mechorostů, rašeliníků, počtu zmlazení smrku do 15 cm (poc15), mezi 15 a 160 cm (poc160), mezi 160 a 900 cm (poc900) a počtu zmlazení jeřábu ve dvoustých sledovaných, rovnoměrně po TVP rozmístěných čtvercích (2×2 m).

5.4 Závislost počtu zmlazení mimo mrtvé dřevo na druhu vegetace

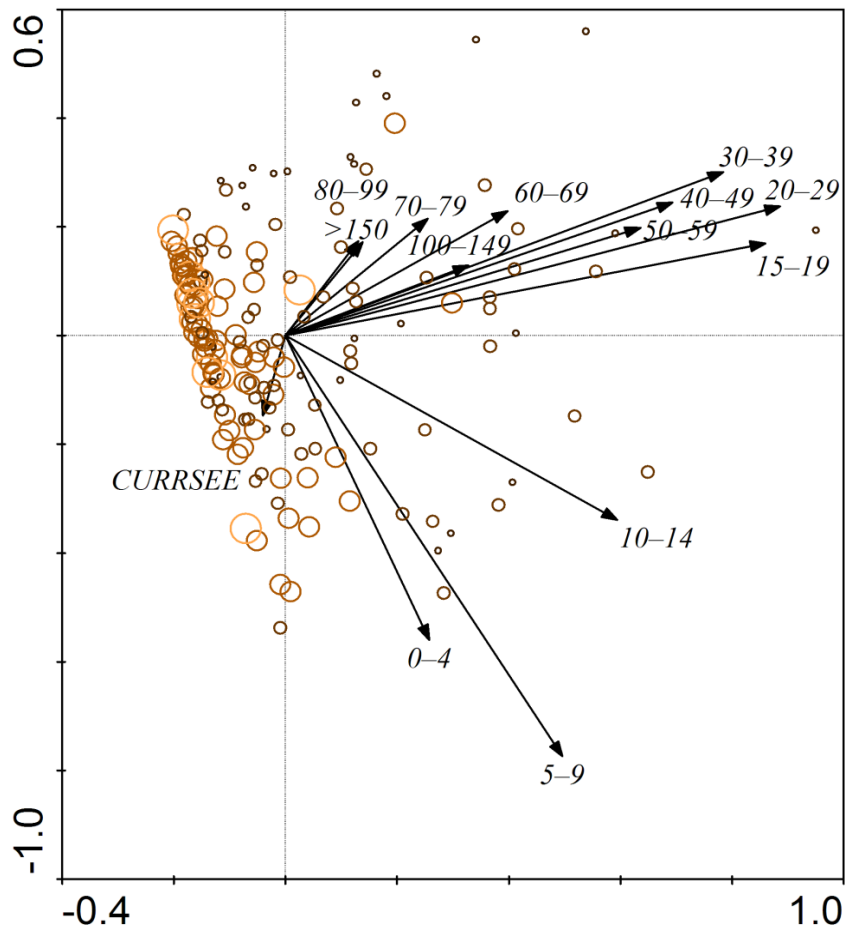
Z tabulky 6 vyplývá, že průkazný vliv má brusnice borůvka. S její rostoucí dominancí signifikantně klesá počet stromů nad 900 cm. Metlička křivolaká má také průkazný vliv, s jejím zvyšujícím se zastoupením klesá počet jeřábu. S rostoucí hustotou šřavelu kyselého vzrůstá počet jedinců smrku do 15 cm. Ve čtvercích, kde je více zastoupena třtina chloupkatá, je průkazně vyšší počet zmlazení smrku do 15 cm i do 160 cm. Rašeliník zvyšuje početnost smrků do 900 cm. Se zvyšujícím se hustotou hrabanky roste i počet zmlazení smrku do 900 cm. Ostatní vegetace (např. mechy, bika lesní a kaprad' širolistá) nejspíše také ovlivňuje početnost zmlazení, avšak nejsou již statisticky průkazné.

Tab. 6: Závislost vegetace a počtu zmlazení. Výsledky zobecněných lineárních modelů – regresní koeficienty (parametr „Estimate“). Marginální efekty vlivu pokryvností nejčastěji zastoupených bylinných druhů, mechorostů a rašeliníků na počty zmlazení smrku do 15 cm (poc15), mezi 15 a 160 cm (poc160), mezi 160 a 900 cm (poc900) a počtu zmlazení jeřábu ve dvoustých sledovaných, rovnoměrně po TVP rozmístěných čtvercích (2×2 m). Tučně zobrazené koeficienty symbolizují, že proměnná má průkazný vliv na hladině významnosti 0,05 a nižší. Testováno Chí-statistikou.

	poc15	poc160	poc900	JR
va.my	-0.93	-0.18	-3.22	1.27
ox.ac	11.2	7.98	-9.1	-16.3
ca.vi	3.67	4.69	-11.3	-0.89
bry	0.08	0.03	1.62	-1.97
sph	1.26	0.82	-11.6	0.26
lu.sy	-0.22	0.49	-60.9	0.31
av.fl	0.23	-1.89	-0.27	-9.54
hr	-0.96	-0.81	3.4	0.85
dr.di	3.36	4.87	-10	6.05

5.5 Závislost počtu zmlazení na vlastnostech klád

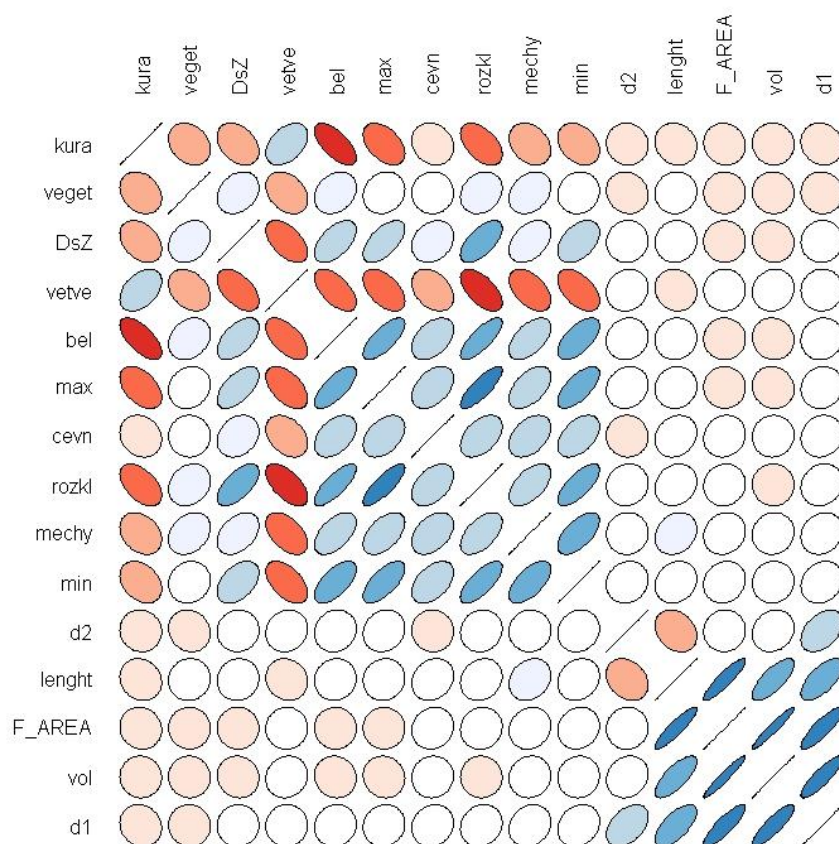
Následující graf 11 vyjadřuje hustotu zmlazení smrku. Je rozdělena do dvou výškových tříd do 15 cm a nad 15 cm. Kruhy vyjadřují stupně rozkladu, nejmenší a zároveň nejtmavší kruhy znázorňují nejvíce rozložené kmene a naopak největší a nejsvětlejší kruhy znázorňují nejméně rozložené kmene. Na nejméně rozložených kmenech se nevyskytovalo téměř žádné zmlazení.



Graf 11: PCA analýza ukazující podobnost v distribuci logaritmicky transformovaných počtů smrkového zmlazení na kmenech rozdělených do výškových tříd v cm. První a druhá osa vysvětluje 63,2 % variability v druhových datech. Velikost kruhů se snižuje s pokročilejším stupněm rozkladu.

5.6 Závislost kontinuálních vysvětlujících proměnných

Korelační matice vyjadřující závislost kontinuálních proměnných. Silné pozitivní vztahy můžeme pozorovat u rozkladu a maximálního průniku nožem, dále plocha mrtvého dřeva s výškou, objemem a průměrem. Silné negativní vztahy jsou pozorovány u přítomnosti kůry a stupni odpadnutí bělí a také mezi přítomností větví a stupněm rozkladu. Další vztahy jsou patrné z následujícího grafu 12.



Graf 12: Korelační matice kontinuálních vysvětlujících proměnných. Řazena podle d1. Vyjadřuje závislost přítomnosti kůry (kúra), stupeň zakrytí postraní vegetací (veget), dotyk se zemí (DsZ), zachovalost větví (větve), stupeň odpadnutí běli (běl), maximální (max) a minimální (min) průnik nože, stupeň zakrytí cévnatými rostlinami (cevn), stupeň rozkladu (rozklad), přítomnost mechů (mechy), průměr kmene (d1, d2), délku (length), plochu (F-AREA) a objem (vol).

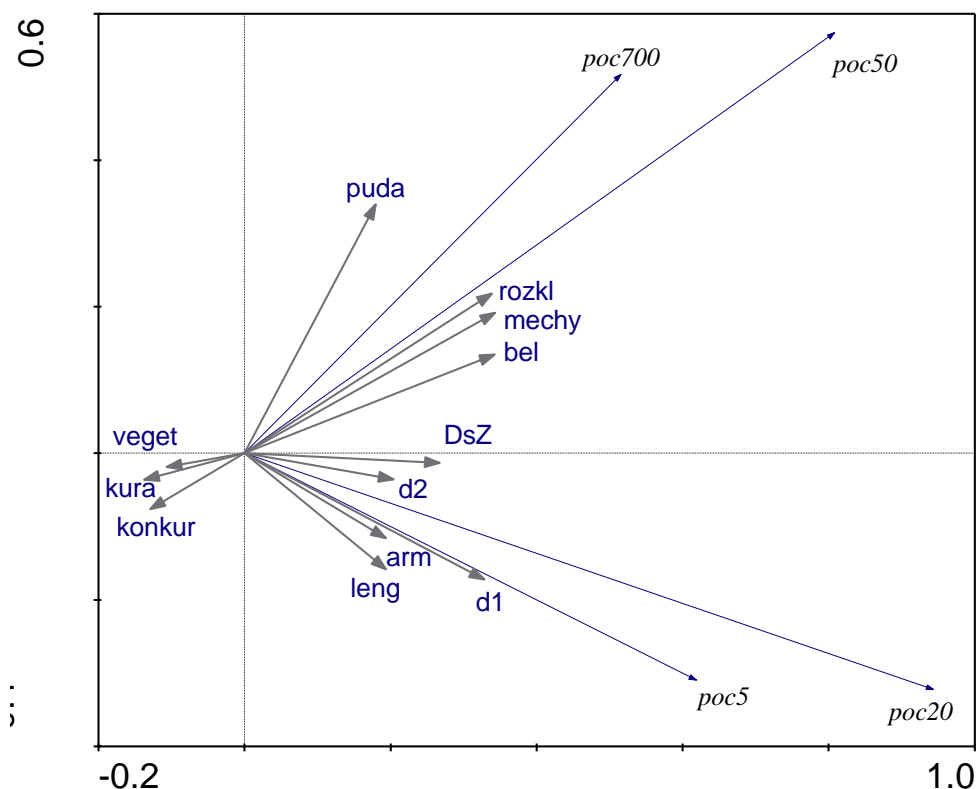
5.6.1 Závislost počtu zmlazení na sledovaných proměnných

Následující tabulka 7 ukazuje závislost počtu zmlazení na sledovaných proměnných. Zmlazení smrku bylo rozděleno do dvou skupin do 15 cm a do 700 cm. Největší pozitivní vliv na zmlazení smrku do 15 cm má průměr klády, dále plocha mrtvého dřeva, počet stromků do 700 a další faktory. Největší pozitivní vliv na zmlazení smrku do 700 cm má rozklad dřeva, maximální průnik nože, stupeň odpadnutí běli, a další faktory. Největší negativní vliv na zmlazení smrku do 700 cm má přítomnost kůry a větví.

Tab. 7: Závislost počtu zmlazení na sledovaných proměnných. Zmlazení smrku bylo rozděleno do dvou skupin do 15 cm a do 700 cm. Tučně zobrazené koeficienty symbolizují, že proměnná má průkazný vliv na hladině významnosti 0,05 a nižší. Testováno Chí-statistikou. Byl sledován maximální (max) a minimální (min) průnik nože do mrtvého dřeva, dotyk se zemí (DsZ), stupeň odpadnutí bělí (běl), stupeň rozkladu (rozklad), přítomnost mechů (mechy), přítomnost vegetace celkově (vegetace) a přítomnost jednotlivých druhů – brusnice borůvka (va_my), kaprad' širolistá (dr_di), šťavel kyselý (ox_ac), přítomnost větví (větve), kůry (kúra), průměr klády (d1, d2), délka kmene (leng) a plocha kmene (f.area). Dalšími faktory jsou houby urychlující rozklad, jsou to hniloby na čele; hnědá koskovitá (c_hk), václavka (c_arm), bílá voštinová (c_bv), bílá (c_b) a nepatrná hniloba (c_nepatrná) a hniloby po celé délce klády; bílá voštinová (bv), bílá (bílá), hnědá koskovitá (hk), nepatrná (nepatrná), václavka (arm) a také hniloby typu půda (půda). Dále se zde určovala příčina smrti, jedná se o zlom (konkur_zlom), infekci (infekce) a vývrat (vývrat).

proměnná	poc15		poc700	
	% vysvětlené deviance	P(> Chi)	deviance	P(> Chi)
max	+ 28	0	+ 70	0
DsZ	+ 19	0	+ 13	0
bel	+ 13	0	+ 63	0
rozklad	+ 8	0,005	+ 80	0
mechy	+ 7	0,01	+ 43	0
min	+ 3	0,086	+ 22	0
va_my	+ 1	0,232	+ 31	0
vetve	- 1	0,281	- 17	0
půda	- 0	0,775	+ 12	0
Počet 15			+ 27	0
d1	+ 50	0	+ 7	0,007
d2	+ 11	0	+ 6	0,011
kúra	- 2	0,187	- 6	0,017
f.area	+ 47	0	+ 3	0,062
Vegetace	- 3	0,075	- 2	0,151
korun_zlom	- 3	0,064	- 2	0,184
c_nepatrna	- 3	0,067	- 2	0,208
arm	+ 12	0,001	+ 2	0,215
neptrna	- 3	0,078	- 2	0,219
leng	+ 26	0	+ 1	0,294
bílá	- 0	0,707	+ 0	0,484
c_hk	+ 2	0,118	+ 0	0,641
Infekce	+ 1	0,396	+ 0	0,694
Bv	0	0,984	+ 0	0,726
c_arm	+ 6	0,011	- 0	0,746
Hk	+ 5	0,033	- 0	0,785
vyvrat	+ 1	0,457	- 0	0,85
ox_ac	+ 0	0,853	+ 0	0,867
dr_di	- 5	0,034	- 0	0,93
c_bv	- 0	0,684	- 0	0,939
c_b	- 2	0,207	+ 0	0,959
poc700	+ 33	0		

V následujícím grafu 13, je znázorněn vztah mezi počtem zmlazení a vybranými proměnnými vyjadřující charakteristiky klád. Nejmenší zmlazení pozitivně ovlivňuje především průměr klády, délka klády a přítomnost hniloby od *Armillaria* spp. Přítomnost kůry, vegetace (v blízkosti klády i na ní) a negativní konkurenční vztahy negativně ovlivňují přítomnost zmlazení na kládách.



Graf 13: Vztah počtu zmlazení (rozděleno na 4 výškové skupiny – do 5 cm, 5 – 20 cm, 20 – 50 a nad 700 cm) a charakteristiky klády, zobrazena přítomnost kůry (kura), vegetace (veget), konkurence (konkur), dotyk klády se zemí (DsZ), stupeň odpadnutí bělí klády (bel), stupeň rozkladu (rozkl), typ hniloby (půda), průměr (d1, d2) a bílé hniloby od *Armillaria* sp. PCA analýza s druhovými daty, jako logaritmičsky transformované počty jedinců smrku ve 4 uvedených výškových třídách s přidáním environmentálními proměnnými bez vlivu (supplementary variables).

6. Diskuze

6.1 Přítomnost tlejícího dřeva

Na výzkumné ploše (2 ha) se nacházejí tlející klády a pahýly o celkovém objemu 175,56 m³ což odpovídá množství mrtvého dřeva 87,78 m³/ha. Toto množství tlejícího dřeva je srovnatelné s množstvím tlejícího dřeva nalezeného v jiných studovaných oblastech klimaticky a stanovištně srovnatelných horských lesích pralesovitého charakteru. Holeksa (2001) naměřil v subalpínských lesích v západních Karpatech objem mrtvého dřeva 131 m³/ha. Zielonka (2004) uvádí průměrný objem spadlých kmenů 93 m³/ha (rozmezí 64 – 113 m³/ha), které naměřil v subalpínských smrkových lesích v západních Karpatech v Polsku. Dále Zielonka (2006B) naměřil v oblasti Babí hory průměrný objem tlející dřevní hmoty 191 m³/ha. Tento objemem tlejících kmenů byl vyšší než objem vykazovaný z předchozí studie v Karpatech. Zielonka (2004) uvádí, že objem mrtvého dřeva naměřený blízko Finska kolísal v rozmezí od 20 do 60 m³/ha a ve Švédských panenských smrkových lesích bylo naměřeno 58 – 201 m³/ha. Šmíd (2009) naměřil v I. Zóně Národního parku Šumava v oblasti Trojmezna množství tlejících klád a pahýlů o celkovém objemu 233,3 m³. Toto číslo je poměrně vysoké a může to být způsobeno faktem, na který poukazuje Holeksa (2001) a to tím, že množství tlejícího dřeva může také ovlivnit rozloha studované plochy, kdy tlející dřevo nemusí být rozložené v prostoru rovnoměrně a po provedení průměru na jednotku plochy může dojít ke zkresleným výsledkům.

6.2 Tlející dřevo v jednotlivých stupních rozkladu

Na studované ploše byly tlející pahýly zastoupeny ve všech třídách rozkladu mimo stupeň rozkladu A, tzn., že se zde nenacházely žádné stromy, nedávno zlomené. Klády byly zastoupeny ve všech rozkladných stupních, avšak nejméně byl zastoupen tlející stupeň 1. Holeksa (2001) a Hofgaard (1993) poukazují na fakt, kdy počáteční fáze rozkladu dřevní hmoty je velmi rychlá a dochází k ní ještě u stojících mrtvých stromů před pádem na zem. Většina klád vznikla jako důsledek pádu souše a ještě před pádem stromu docházelo k rozkladným procesům. V okamžiku pádu souše na zem mají klády stádium rozkladu 2, někdy i tři. Nejvíce klád bylo nalezeno ve stupni rozkladu 3 a 5, dále byly nejvíce zastoupeni stupně rozkladu 4, 2 a 1 v poměru (1:2:3:4:5) - 3:13:77:39:80. U tlejících pahýlů bylo zastoupení

v jednotlivých třídách rozkladu jiné. Nejvíce byly zastoupeny rozkladné stupně C a D dále stupeň rozkladu B a E v poměru: (A:B:C:D:E) - 0:43:83:63:30. Nebyly zde nalezeny žádné pahýly ve stupni rozkladu A. Šmíd (2009) uvádí, že u tlejících pahýlů je možné předpokládat jiný průběh tlení, kdy pahýly jsou spojeny s půdou, dochází k většímu kolísání vlhkosti a výměně mikroorganismů. Dobu, po kterou je možné identifikovat přítomnost a stupeň rozkladu pahýlu, ovlivňuje také jeho výška. Rychlejší průběh tlení u pahýlů než u klád dokazuje také fakt, že u 102 párů klád a pahýlů k sobě patřících má 35,3 % pahýlů určeno o třídu větší stupeň rozkladu než k nim patřící klády, 28,5 % mají stejný stupeň rozkladu a pouze 9,8 % klád bylo zařazeno do stupně rozkladu většího než jejich pahýly. Některé pahýly měly o dva stupně vyšší rozklad než jejich klády a to z 17,6 %. Dále měly pahýly i nižší stupeň rozkladu, a to jen ze 4,9 %. Na naší studované ploše byly nalezeny 4 pahýly, které měly dokonce o tři stupně vyšší stupeň rozkladu než jejich klády.

Časem, který je potřebný k úplnému rozložení klády, se zabývalo mnoho autorů. Hofgaard (1993) uvádí, že jedinci kmenů zůstávají důležití jako regenerační substrát po cca 150 let. Nepřetržitá přítomnost tlejícího dřeva je podmínkou pro udržení populační struktury při běžných klimatických podmínkách. Zielonka (2004) tvrdí, že smrkové dřevo je relativně měkké a tak může být dekompozice rychlejší než u mnoha jiných jehličnanů. Jankovský (2001) uvádí, že doba rozkladu smrkového dřeva se pohybuje v rozmezí od 20 do 180 let. Zielonka (2004) uvádí, že v severním Švédsku čas potřebný pro dokončení rozkladu smrkových kmenů může dosahovat až 200 nebo dokonce 300 let. Svoboda (2005) uvádí, že v horském jehličnatém lese v podmínkách České republiky může trvat až 150 let, než dojde k úplnému rozložení kmene padlého smrku. Rozdílná doba rozkladu biomasy kmene různých dřevin samozřejmě také ovlivní funkce mrtvého dřeva v jednotlivých typech lesních ekosystémů.

Množství klád ve všech stupních rozkladu roste se zvyšujícím se průměrem až do průměru 201 - 300 mm, poté klesá a dále stagnuje. Zielonka (2006B) vysvětluje příčinu nepřítomnosti klád o slabších dimenzích tím, že zemřeli dřívě, než stačili dorůst určitých rozměrů. Příčina smrti těchto stromů je nejvíce způsobena konkurenčními vztahy, biologickými faktory a světelnými nároky. Úmrtnost stromů o nejtenčích dimenzích je dána z důvodu přirozeného prořezávání, kde mortalita je závislá na hustotě porostu. Toto zastoupení zaručuje vyrovnanou zásobu tlejícího

dřeva v porostu po další desítky let. Holeksa (2001) zjistil, že v západních Karpatech největší objem ležícího tlejícího dřeva zastupují právě kmeny o středně silných až silných dimenzích. Tento výsledek se potvrdil i mé studii. Největší množství klád bylo nalezeno v tloušťkových třídách 0 – 500 ve všech stádiích rozkladu. Od tloušťkové třídy 501 – 600 mm množství klád stagnuje na velmi nízkých hodnotách. Je to důsledek vývojového stádia lesa. Na naší výzkumné ploše převažuje mortalita z důvodu kompetice. V tomto případě může být mortalita způsobená spíše fyziologickým stářím jedinců. V naší studii bylo nalezeno 113 pahýlů, ke kterým nebyla nalezena kláda. Mohlo to být způsobeno vytěžením a odvozem dřeva, nebo některé klády mohly být tak rozložené, že už nebyly rozpoznány.

6.3 Přítomnost zmlazení na tlejícím dřevě

Na výzkumné ploše na veškerém tlejícím dřevě (pahýly i klády) bylo celkově nalezeno 1 519 jedinců/ha přirozeného zmlazení smrku. U klád je nejvíce zmlazením obsazována vlastní kláda a to 1 259,5 ks/ha, talíře jsou osídleny jen 93 ks/ha. Celkově bylo na kládách nalezeno 1 352,5 jedinců/ha přirozeného zmlazení. U pahýlů je silněji obsazován náběh pahýlu a to 110 ks/ha než vlastní pahýl (56,5 ks/ha). Celkově se na tlejících pahýlech nachází 166,5 jedinců přirozeného zmlazení na hektar. Ojediněle se zde nachází zmlazení jeřábu ptačího (15,5 jedinců/ha) a břízy (0,5 jedince/ha). Počty jedinců mohou být velmi variabilní vzhledem k přítomnosti jedné či více extrémně osídlené klády. Na jiných plochách tato silně osídlená kláda být nemusí a výsledky mohou být dosti odlišné, z důvodu silně agregované struktury výskytu jedinců zmlazení na malých i velkých prostorových škálách. Mori (2004) uvádí, že dřeviny s menšími semeny, rostou na CWD častěji, než ty s většími semeny. Tento semenný efekt je častější u jehličnatých stromů a je velmi silný pro rod smrk (Jonášová & Prach 2004). Šmíd (2009) ve své diplomové práci naměřil 3 985 jedinců smrku na tlejícím dřevě na hektar. V této studii bylo zjištěno 1 519 jedinců smrku na tlejícím dřevě na hektar. Tento rozdíl může být způsoben právě přítomností i velmi malého množství extrémně osídlených klád (až 500 jedinců na kládu; Šmíd 2009), jejichž přítomnost či nepřítomnost je i na ploše 1 ha silně ovlivněn náhodou. Na ostatní ploše bylo nalezeno 4 562,5 jedinců zmlazení smrku na hektar. Mori (2004) uvádí, že poměr klíčení jednoletých semenáčků je vyšší na půdě (u smrku to je z 62,1 %). V této studii zjistil, že počet semenáčků rostoucích na půdním substrátu se drasticky snižoval s přibývajícím věkem zmlazení, oproti

zmlazení nalezeném na nepůdních substrátech. Dále uvádí, že jedinci starší jednoho roku byli hojnější na nepůdních substrátech.

Ležící klády pokrývají 3,2 % a nachází se na nich 22,3 % veškerého zmlazení na naší výzkumné ploše. Pahýly pokrývající 0,08 % plochy a obsahují 2,7 % veškerého zmlazení. Ostatní plocha zaujímala 96,72 % a nacházelo se na ní 75 % zmlazení. Vhodnost CWD jako substrátu pro zmlazení byla studována v různých ekosystémech po celém světě (Lonsdale a kol., 2008). Svoboda (2005) uvádí, že i když podíl povrchu tlejícího dřeva z celkového povrchu půdy může být pouze 5–10 %, může se na něm vyskytovat až 80 % z celkového počtu odrůstajícího zmlazení. To se v naší studii ale nepotvrdilo. Také Zielonka (2006A) uvádí, že v subalpínském lese v Tatrách mrtvé dřevo pokrývalo pouze 4 % pokusné plochy a nacházelo se na něm 43 % veškerého zmlazení.

6.4 Zmlazení v jednotlivých výškových třídách

Klády i pahýly jsou nejvíce osídleny zmlazením nejmenších výškových tříd. Nejvíce jsou zde zastoupeny výškové třídy 0 - 10 cm a 10 – 20 cm. Na kládách ve všech stupních rozkladu bylo nalezeno 648,5 jedinců přirozeného zmlazení ve výškové třídě do 10 cm na hektar. V rozmezí výšek 10 až 20 cm jich však již bylo nalezeno 327 jedinců na hektar. V rozmezí výšek 20 – 30 jich bylo jen 217,5. Na všech stanovištích je patrná klesající tendence počtu zmlazení se vzrůstajícími výškovými třídami na všech mikrostanovištích (kláda, talíř klády, náběh pahýlu, vlastní pahýl). Nejvíce zmlazení se nachází na vlastní kládě a talíři klády a následně na náběhu a na vlastním pahýlu. Bače a kol. (2009) v jihovýchodní části Národního parku Šumava na území I. zóny Trojmezna zjistil, že s postupující výškovou třídou z počátku strmě, později mírně, klesají počty zmlazení smrku. K tomuto závěru jsme došli i v naší studii. Bednařík (2007) uvádí stejný výsledek, který jsme zjistili v naší studii. Uvádí, že se zvyšující se výškou pozvolna klesá počet stromků. Maximální zastoupení pozoruje u výškové třídy 3,1–10 cm. Dále poukazuje na fakt, že více než jedna třetina obnovy je menší nebo rovna 10 cm a dvě třetiny jsou menší nebo rovny 50 cm. Šmíd (2009) uvádí, že v jeho studii byl vztah výšky a věku zmlazení silně variabilní, především u jedinců staršího věku. Toto je dáno především silnými konkurenčními vztahy mezi jedinci na mikrostanovišti a rozdílným množstvím slunečního záření dopadající na jedince zmlazení. Na pahýlech bylo nalezeno více zmlazení o větších výškách než na kládách. Bače (2009) uvádí, že se zvyšující se

výškou jedinců zmlazení narůstá rozptýl jejich věku. Průměrný věk výškové třídy 40–50 cm je 14 let. Hofgaard (1993) uvádí, že výška je prokazatelně spojena s věkem a změna je díky věku vysoká. Došel k výsledku, že 13 % zmlazení smrku rostoucí na dřevě a 28 % zmlazení smrku rostoucí na půdách byly menší než 10 m, s maximální výškou 22 m a 24 m v nedotčených smrkových lesích v severním Švédsku.

6.5 Zmlazení smrku na kládách v jednotlivých stupních rozkladu

Celkové množství semenáčků smrku na kládách a jejich talířích činí 3 038 kusů. Nejvíce semenáčků smrku bylo na kládách ve SR čtyři a pět. Z toho je patrné, že tlející dřevo se vzrůstajícím stupněm rozkladu se stává vhodným mikrostanovištěm pro přirozenou obnovu. Nejmenší výškové třídy obsahují nejvíce jedinců. Nebyl zde nalezen žádný jedinec ve stupni rozkladu jedna, to je způsobeno tím, že na ploše se nevyskytuje žádná kláda v tomto stupni rozkladu. U stupně rozkladu 2 až 4 je plynulý pokles počtu zmlazení se vzrůstajícími výškovými třídami. Klády ve stupni rozkladu 2 jsou osídleny převážně zmlazením nejmenší výškové třídy (0 - 10 cm). Tlející dřevo se stává nejvhodnějším mikrostanovištěm v pokročilejších stupních rozkladu, kdy je nejvíce osídlováno zmlazením. Jak uvádí Šmíd (2009) při dalších fázích rozkladu dochází k odrůstání jedinců a uplatňují mezi sebou konkurenční vztahy, a tudíž musí docházet k úbytku hustoty zmlazení.

Osídlením tlejícího dřeva v jednotlivých stupních rozkladu se zabývalo více autorů. Zielonka (2006A) uvádí, že jedinci zmlazení smrku začnou klíčit na relativně málo rozložených kmenech a to do tlejícího stupně 4. Uvádí, že jen málo kmenů bylo osídlováno ojedinelým zmlazením. Největší hustota smrkového zmlazení byla nalezena na kmenech ve stupni rozkladu 5 – 7. Zvýšená kolonizace na více rozložených kmenech pravděpodobně souvisí s fyzikálními a chemickými změnami. Stejně jako v naší studii ani Zielonka (2006A) nenalezl žádnou kládu ve stupni rozkladu 1. Je zde ale nutno podotknout, že Zielonka (2006A) pracoval s osmimístnou stupnicí rozkladu, kdežto my jsme používali pouze pěti stupňovou stupnici stádia rozkladu. Předchozí tvrzení potvrzuje i Zielonka (2004) s tím rozdílem, že zde ještě nalezl několik jedinců rostoucích v stupni rozkladu 2 a 3. Hofgaard (2003) udává, že několik kmenů je v rozkladném stupni rozkladu 1 nebo 2. Může to být způsobeno tím, že počáteční rozklad je rychlý, jestliže stromy umírají jako souše a tlení začíná ještě před spadnutím. Nejčastěji je osídlován stupeň

rozkladu 5 – 8 pro přirozené zmlazení. Hofgaard (2003) však používal stupnici rozkladu s osmi rozkladnými stupni. Mori (2004) uvádí, že jedinci lépe přežívají na více rozložených kmenech, a to na tlejících stupních 3, 4 a 5. Holeksa (1998) také udává, že hustota zmlazení klesá na nejvíce zetelých kládách, což je důsledkem větších konkurenčních vztahů mezi ostatními jedinci na mikrostanovišti. Zielonka (2004) uvádí, že nejvhodnější podmínky pro klíčení nejvíce rostlinných druhů souvisí s tlejícím stupněm 6, což je 50 let po smrti. Také uvádí, že optimální podmínky pro regeneraci a další růst smrku je 30-60 let po smrti, která odpovídá tlejícímu stupni 4-7. Tento časový úsek je nezbytný pro transformaci čerstvě spadlých stromů na vhodný substrát pro regeneraci smrku v sub-alpínských podmínkách. Avšak první jedinci mohou růst na kmenech během probíhající druhé dekády a přežívají po desetiletí. Jejich pomalý růst je možno očekávat s pomalým postupujícím rozkladem dřeva. Ke stejnému výsledku došel také Hofgaard (1993). Uvádí, že čas, který je nutný pro rozklad klády a následné osidlování zmlazením je v rozmezí let 40 – 150 let. Což odpovídá tlejícímu stupni 5 až 8.

6.6 Přítomnost vegetace na mrtvém dřevě

Na výzkumné ploše pokrývalo mrtvé dřevo 3,28 % výzkumné plochy. Na tomto mrtvém dřevě jsme zjistili následující pokryvnosti rostlinných druhů. Borůvka zde byla zastoupena z 12,7 %; lišejníky pokrývali 3 %; metlička křivolaká pokrývala 0,6 %; epifytické lišejníky pokrývali 0,5 % a třtina chloupkatá pokrývala 0,3 %. Ostatní vegetace pokrývala 0,3 %. Nepokryto bylo 82,96 %. Tento fakt potvrzuje i Zielonka (2004) uvádí, že prvními kolonizátory na mrtvém dřevě jsou lišejníky a mechy, které často rostou na žijících stromech jako epifyty. Na kmenech jsou dále nalézány s konkurujícími si epigeickými druhy mechů, rostlin a keřů. V bylinném pokryvu je nejvíce zastoupena borůvka, která roste současně s bylinnými druhy a stromovými jedinci na kolonizovaných kmenech.

7. Závěr

Naše studie, zaměřená na zkoumání mrtvého dřeva a jeho vhodnosti pro přirozenou obnovu smrčiny, potvrdila pozitivní vliv mrtvého dřeva jako mikrostanoviště pro přirozenou obnovu. Mrtvé dřevo je vhodným substrátem pro zmlazování smrku od relativně brzkého stupně rozkladu až do nejpokročilejšího stupně. Mezi nejdůležitější výsledky patří následující. Na studované ploše se nachází celkem 109,5 klád/ha ve stupních rozkladu 1 – 5 o celkovém objemu 82 m³/ha. Tyto klády zaujímají 3,2 % zkoumané plochy (2 ha). Dále bylo nalezeno 107,5 pahýlů/ha ve stupni rozkladu B – E o celkovém objemu 11,63 m³ zaujímající 0,08 %. Na tlejícím dřevě se nachází přirozené zmlazení o celkovém počtu 1 519 jedinců smrku (*Picea abies*) na hektar. Z celkového počtu zmlazení se na tlejících kládách nachází 1 352,5 jedinců a na tlejících pahýlech 166,5 jedinců smrku na hektar. Na půdních substrátech, které zabírá 96,72 % povrchu výzkumné plochy bylo nalezeno 75 % veškerého zmlazení. Na mrtvém dřevě, které zaujímal jen 3,2 % povrchu výzkumné plochy, bylo nalezeno 25 % zmlazení smrku. Dále bylo prokázáno, že množství přirozeného zmlazení na mrtvém dřevě klesá s rostoucí výškou zmlazení. Nejvíce jedinců bylo nalezeno v nejmenších výškových třídách. Na půdních substrátech byl u posuzování vlivu jednotlivých charakteristik na hustotu zmlazení prokázán negativní vztah mezi zmlazením a brusnicí borůvkou, hrabankou, bikou lesní, jeřábem a ostatní vegetací. Dále je z našich výsledků patrné, že pozitivní vliv na počet zmlazení na ležícím kmeni má maximální průnik nože, dotyk se zemí, odpad běli, vyšší rozklad, průměr kmene, tyto proměnné jsou statisticky průkazné. Další vlastnosti mrtvého dřeva (např. minimální průnik nože, přítomnost borůvky, hniloby) nejsou již statisticky průkazné.

Pro další vývoj a výzkum přirozené obnovy je nutné ponechat smrčinu v přirozeném vývoji pokud možno v bezzásadovém režimu. Naše studie přispívá k většímu pochopení složité lesní dynamiky horské smrčiny. Při sběru dat jsme zaznamenali velkou variabilitu vlastností mrtvého dřeva podél kmene spolu s nepravidelným shlukovitým rozmístěním jedinců zmlazení. Proto u budoucích výzkumů, zjišťujících vliv vlastností ležících kmenů na početnost zmlazení, doporučuji použít jako vzorky menší sekce kmenů a nikoli celé kmeny.

8. Použitá literatura

ADAMCOVÁ, Z. a kol., 2003: Plán péče o CHKO Jeseníky rozborová část. Jeseník, Jeseník, 198 s.

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*, vol. 15: 67 – 84.

BANAS, M., LEKES, V., TREML, V., 2001: Stanovení alpské (horní) hranice lesa v Hrubém Jeseníku a Kralickém Sněžníku [Determination of upper forest limit in Ash Mts.]. *Taxonia a. s.*: 76 s. (in Czech).

BEDNAŘÍK, J., 2007: Přirozená obnova smrku ztepilého v NP Šumava, Diplomová práce ČZU, Praha, 62 s.

BUČEK, A., MADĚRA, P., 2004: Geobiocenologické spisy: Hodnocení stavu a dynamiky vývoje geobiocenóz v Národní přírodní rezervaci Praděd. Brno, Brno, 251 s.

CAMBELL, L., LAROQUE, C., 2006: Decay progression and classification in two old-growth forest in Atlantic Canada. *Forest Ecology and Management* 238, 293 – 301 s.

HARMON, M., FRANKLIN, J., 1989: Tree seedlings on logs in picea-tsuga forest of Oregon and Washington. *Ecological Society of America, Ecology*, vol. 70, 48 – 59 s.

HOFGAARD, A., 1993: Structure and regeneration patterns in a virgin picea abies forest in northern Sweden. *Journal of vegetation science* 4, 603 – 608 s.

HOLEKSA, J., 2001: Croase woody debris in a Carpathian subalpine spruce forest. *Blackwell Wissenschafts-Verlag, Forest* 120, 256 – 270 s.

HORÁK, J. a kol., 2007: Proč je důležité mrtvé dřevo. *Pardubický kraj, Pardubice*, 50 s.

IJIMA, H. a kol., 2007: Effect of surface and light conditions of Allen logs on the emergence and survival of coniferous seedlings and samplings, *The Japanese Forest Society and Springer*, 262 – 269.

JANKOVSKÝ, L., ČESMÁK, P., 2001: Tlející dřevo 2001, Sborník referátů. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 150 s.

JANKOVSKÝ, L., a kol., 2006: Analýza postupů ponechávání dřeva k zetlení z hlediska vlivu na biologickou rozmanitost. Brno, 2006, Online: http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:6Co0H8yhnt0J:www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/tlejici_drevo/%24FILE/OZCHP-Tlejici_%2520drevo_v_lesich_vliv_na_biodivezitu20080821.pdf+eusta%C5%A1ka&hl=cs&gl=cz&pid=bl&srcid=ADGEESjMqvq0FxUlmDPi_WEG8gpLAaaazGIMpp9h3rmfUYi2hImARITWXuMc8i5IBGVWJJRVHeu1MFdEh1JeriIYcc00TzOdRytesyf2QRXd9wIQeaYkcg_3y88fpmyGt3Y-oFurCqM&sig=AHIEtbS3Wokj8OSlOnGgrbeMLUgbRK24ug.

JONÁŠOVÁ M., PRACH K., 2004: Central-European mountain spruce forests: regeneration of tree species after a bark beetle outbreak. *Ecological Engineering* 23, 15–27 s.

KOTRLA, P. a kol., 2005: Zásady obnovy lesa v 8. LVS Hrubého Jeseníku s přihlédnutím k vlivům mikroklimatickým a živinovým poměrů stanoviště. *Ekotoxa Opava, Opava*, 132 s.

MCCULLOUGH, H., 1948: Plant succession on Fallen logs in a virgin spruce-fir forest. *Ecology*, vol. 29, 508 – 513 s.

MORI, A., MIZUMACHI E., OSONO T., DOY I., 2004: Substrate-associated seedling recruitment and establishment of major conifer species in an old-growth subalpine forest in central Japan. *Forest Ecology and Management* 196: 287-297 s.

MORI, A., MIZUMACHI, E., 2005: Season and substrate effects on the first-year establishment of current-year seedlings of major conifer species in an old-growth subalpine forest in central Japan. *Forest Ecology and Management* 210, 461 – 467 s.

LONSDALE D., PAUTASSO M., HOLDENRIEDER O., 2008: Wood-decaying fungi in the forest: conservation needs and management options. *European Journal of Forest Research* 127: 1-22 s.

- POUSKA V., 2005: Mrtvé dřevo smrku a výskyt hub na Trojmeznné hoře na Šumavě. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích - Biologická fakulta, 53 s.
- PYLE, CH., BROWN, M., 1999: Heterogeneity of wood decay classes within hardwood logs. *Forest Ecology and Management* 114, 253 – 259 s.
- VACEK, S. a kol., 2003: Horské lesy České republiky. Mze ČR, Praha, 310 s.
- SIPPOLA, A., RENVALL, P., 1999: Wood-decomposing fungi and seed-tree cutting: A 40 - year perspective. *Forest ecology and management* 2, 115 s.
- SVOBODA, M., 2007: Mrtvé dřevo, Průběžná zpráva za řešení projektu 2B06012. Management biodiversity v Krkonoších a na Šumavě v roce 2006, Editor K. Matějka, 56 s.
- SVOBODA, M., 2005: Význam tlejícího mrtvého dřeva. *Šumava* 9/2005, 12-19 s.
- ŠMÍD, O., 2009: Význam tlejícího dřeva pro přirozenou obnovu horského smrkového lesa v I. zóně Trojmeznná NP Šumava. Diplomová práce, Praha, 86 s.
- RUSS, R., 2001: Technologie Field-Map pro inventarizace lesních porostů ve vybraných zvláště chráněných územích včetně zachycení jejich dvou a trojrozměrné struktury. In
- ZIELONKA, T., 2006 A: When does dead wood turn into a substrate for spruce replacement. *Journal of Vegetation Science* 17, 739-746 s.
- ZIELONKA, T., 2006 B: Quantity and decay stages of coarse woody debris in old-growth subalpine spruce forest of western Carpathians. *Institut of Botany*, 2 614 – 2622 s.
- ZIELONKA, T., PIATEK, G., 2004: The herb and dwarf shrubs colonization of decaying logs in subalpine forest in the Polish Tatra Mountains. *Plant Ecology* 172, 63-72 s.

9. Seznam tabulek, grafů a obrázků

9.1 Seznam tabulek

Tab. 1. Charakteristika klád v různých tlejících stupních dle Zielonky.

Tab. 2: Charakteristiky klád a pahýlů. Uvedené veličiny charakterizují sledovanou proměnnou nebo sledovanou stupnici.

Tab. 3: Množství nalezených klád a pahýlů, jejich objem, povrch a procentuální zastoupení v rámci zkoumané plochy.

Tab. 4: Vyjádření rozdílů ve stupních rozkladu (SR) mezi kládami a jejich pahýly.

Tab. 5: Množství zmlazení nalezeného na kládách, pahýlech a ostatní ploše.

Tab. 6: Závislost vegetace a počtu zmlazení.

Tab. 7: Závislost počtu zmlazení na sledovaných proměnných.

9.2 Seznam grafů

Graf 1: Množství klád a pahýlů v jednotlivých stupních rozkladu.

Graf 2: Množství klád a pahýlů v jednotlivých stupních rozkladu dle tloušťkových tříd.

Graf 3: Vztah mezi zastoupením mikrostanoviště na ploše a jeho osídlení zmlazením.

Graf 4: Početnost zmlazení (Ks/ha) na jednotlivých mikrostanovištích.

Graf 5: Vztah mezi množstvím zmlazení v jednotlivých výškových třídách na určitých mikrostanovištích.

Graf 6: Vztah mezi výškou semenáčků a jejich věkem na kládách a pahýlech.

Graf 7: Závislost hustoty zmlazení v jednotlivých výškových třídách na stupni rozkladu (SR).

Graf 8: Zastoupení jednotlivých druhů vegetace na výzkumné ploše na kládách.

Graf 9: Zastoupení jednotlivých druhů vegetace na výzkumné ploše na půdě.

Graf 10: Pokryvnost nejčastěji zastoupených bylinných druhů, mechorostů, rašeliníků a počtu zmlazení smrku.

Graf 11: PCA analýza ukazující podobnost v distribuci logaritmičky transformované hustoty smrkového zmlazení na kmenech rozdělena do výškových tříd v cm.

Graf 12: Korelační matice kontinuálních vysvětlujících proměnných.

Graf 13: Vztah počtu zmlazení (rozděleno na 4 výškové skupiny – do 5 cm, 5 – 20 cm, 20 – 50 a nad 700 cm) a charakteristiky klády.

9.3 Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Výzkumná plocha.

Obrázek č. 2: Trvalá výzkumná plocha Eustaška. Znázornění přítomných klád a pahýlů.

Obrázek č. 3: Stupeň rozkladu 1 s 2

Obrázek č. 4: Stupeň rozkladu 3 a 4

Obrázek č. 5: Stupeň rozkladu 5

Obrázek č. 6: Mrtvé dřevo na výzkumné ploše.

10. Přílohy

10.1 Příloha č. 1: Jednotlivé charakteristiky u klád

Celkový rozklad (pevnost):

- 1 - kmen zcela v kůře, alespoň místy živé lýko, bodec (nůž) se dá zarazit do hloubky max. 0,5 cm
- 2 - dřevo tvrdé – nůž se dá (na většině míst) zarazit do hloubky 1-2 cm, (většina kůry zachovalá, ale žádné čerstvé lýko)
- 3 - dřevo částečně rozložené (zvenku nebo uvnitř) - hloubka 3 - 5 cm, velké kusy kůry obvykle uvolněné až bez kůry; u tenkých klád stačí 3 cm
- 4 - většina dřeva měkká - celá čepel (15-20 cm) proniká do dřeva (běli), obvykle bez kůry, části dřeva odpadlé (někde může zůstat jen tvrdší vnitřek – souhlasí s 5. stupněm rozkladu běli)
- 5 - dřevo velmi měkké (rozpadává se, když je zvedáno) a kopíruje terén, kmen pokrytý mechorosty a lišejníky nebo jím prorůstá vegetace

Běl:

- 0 - pod kůrou nebo bez narušení
- 1 - úzké praskliny (porušení do 6 %)
- 2 - místy začíná odpadávat - porušení kolem 10 % povrchu (7-15 %)
- 3 - 16-40 % povrchu běli odpadlo
- 4 - 41-75 % povrchu odpadlo
- 5 - vrchní vrstva běli dlouho chybí

Větve:

- 4 - zachovalá většina nejtenčích větviček
- 3 - polovina větví má zachované větvení alespoň do 3. řádu (bez nejtenčích)
- 2 - většina má zachované větvení alespoň na jednu vidlici

1 - alespoň polovina možného počtu pahýlů (kolem 25 cm) je přítomna

0 - málo pahýlů nebo žádné

Kůra:

udáváno v %

Mechy:

udáváno v % - z teoreticky možného pokrytí - např. celou délkou na zemi ležící a částečně zanořený kmen se souvislým porostem mechů (na přístupné horní části) mívá 80 %

Vegetace:

0 - 0 až 5%

1 - 6 až 25 % povrchu klády zakryto ze stran

2 - 26 až 50 %

3 - víc než polovina délky klády (shora) zakrytá vegetací vyrůstající z jejího okolí

Dotyk se zemí (DsZ):

1 - na zemi (kamenech) leží méně než $\frac{1}{4}$ délky klády

2 - na zemi méně než $\frac{1}{2}$ délky

3 - na zemi méně než $\frac{3}{4}$ délky

4 - na zemi víc než $\frac{3}{4}$ délky

Zlom, Origin:

vývrat (100) + i vývrat čerstvé souše; pata (600) + *i z nízkého pahýlu (do 1 m) – ((500))* + i vývrat souše jen s nejsilnějšími kořeny; kmenový zlom (400); korunový zlom (200); pokáceno v minulosti (850); pokáceno a odkorněno (800); neznámý (0); zlom živého stromu (900)

- možné kombinovat více typů, např. (400?) - pravděpodobnost - neznámý 0,4 + kmen 0,6, stejný postup je taktéž u smrti a hniloby

Smrt:

kůrovec (k), konkurence (konk), kořenová hniloba (inf), vývrat větrem (vítr), pokáceno (pila), neznámá

Hniloba:

fom - hnědá kostkovitá od *Fomitopsis pinicola*

hk - hnědá kostkovitá

b - bílá

bv - bílá voštinová (*Trichaptum abietinum*, *Phellinus viticola*)

nig - bílá voštinová od *Phellinus nigrolimitatus*

het - bílá od *Heterobasidion annosum*

arm - bílá od *Armillaria* sp.

„půda”

neznámá

Stromky:

0 - žádné

1 - nejméně 10 stromků vyšších než 5 cm nebo 5 stromků o výšce do 20 cm

2 - alespoň 3 stromky o výšce mezi 26 cm a 1 m

3 - alespoň 1 stromek vyšší než 1 m

Pokryvnost vegetací:

vegetace, borůvka, lišejníky

+ - 0,1 % - ojedinělé kusy

1 - 1-10 % - na několika místech

2 - 10-25 %

3 - 26-50 %

4 - 51-75 %

5 - 76-100 %

10.2 Příloha č. 2: Jednotlivé charakteristiky u pahýlů

Typ rozkladu:

(1-5 nebo A-E)

1 (A) - málo rozložený, **2 (B)** - víc rozložený (pevnost zhruba 5), **3 (C)** - tvrdý střed, **4 (D)** - pevnější povrch (střed dutý), **5 (E)** - rozpadá se celý

Kůra:

(0 - ½ - 1) přítomnost nebo nepřítomnost nebo zhruba na půlce plochy

Mechy: (0-1) nepřítomnost - přítomnost

Lišejníky: 0-1

Borůvka: 0-1

Stromky: postup stejný jako u klád

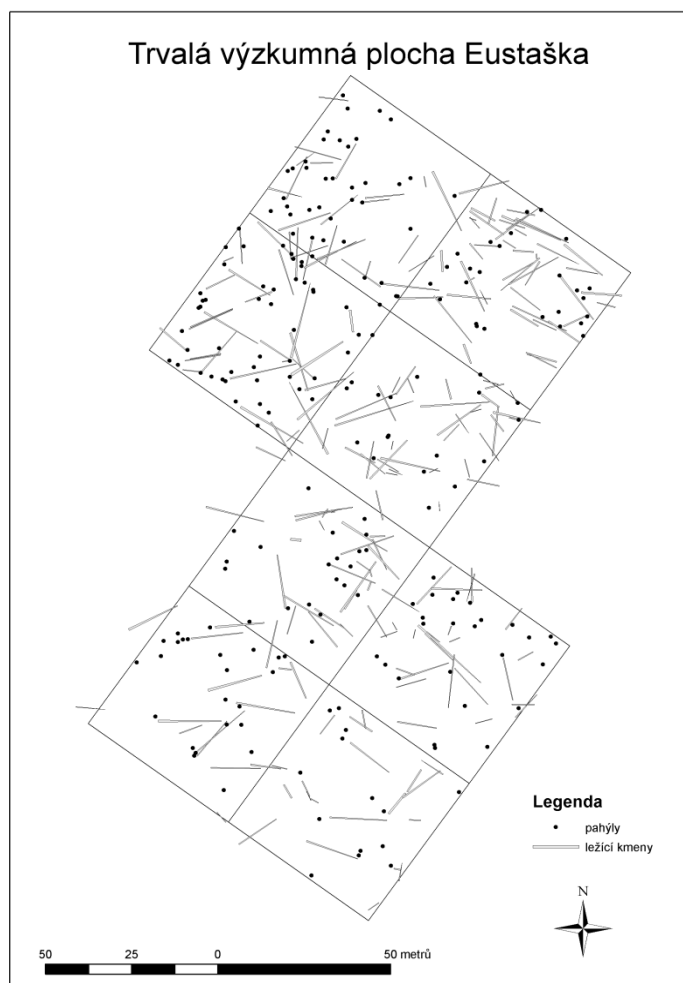
Vegetace: 0-½-1

Zlom: postup stejný jako u klád (0, 850, 800, 500, 600)

Smrt: postup stejný jako u klád (neznámý (nezn), kůrovec (k), konkurence (konk), kořenová hniloba (inf), pila)

Hniloba: postup stejný jako u klád (Šmíd, 2009)

10.3 Příloha č. 3: Schéma trvalé výzkumné plochy



Obrázek č. 2: Trvalá výzkumná plocha Eustaška. Znázornění přítomných klád a pahýlů.

10.4 Příloha č. 4: Stupně rozkladu ve fotografii



Obrázek č. 3: Stupeň rozkladu 1 a 2 (Foto: Jana Mašková).



Obrázek č. 4: Stupeň rozkladu 3 a 4 (Foto: Jan Rejzek).



Obrázek č. 5: Stupeň rozkladu 5 (Foto: Jan Rejzek).



Obrázek č. 6: Mrtvé dřevo na výzkumné ploše (Foto: Jana Mašková).