

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ

KATEDRA EKOLOGIE LESA



**Distribuce mrtvého dřeva v lesích Karlovarského
kraje a jeho vliv na přirozenou obnovu**

Diplomová práce

Autor: Bc. Patrik Baroch

Vedoucí práce: Ing. Radek Bače, Ph.D.

© 2018 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Patrik Baroch

Lesní inženýrství

Název práce

Distribuce mrtvého dřeva v lesích Karlovarského kraje a jeho vliv na přirozenou obnovu

Název anglicky

Distribution of dead wood in the forests of the Karlovy Vary Region and its impact on natural regeneration

Cíle práce

Cílem práce bude zjistit,

(1) jak se liší kvantita mrtvého dřeva a vlastnosti tlejících kmenů mezi různými lesními vegetačními stupni, v různých porostních skupinách (rozdílné druhy dřevin, rozdílné světelné podmínky, rozdílná svažitosť terénu) a na různých edafických kategoriích;

(2) jak závisí početnost uchycených semenáčků dřevin na mrtvém dřevě na výše uvedených podmínkách prostředí a druhu dřeviny ležícího kmene.

Metodika

1. Terénní sběr dat o kvantitě a vlastnostech ležících kmenů (pokročilost rozkladu, dotyk kmene se zemí, průměr kmene, přítomnost určitých druhů dřevokazných hub, procento pokrytí kůrou, pokryvnost mechorostů, předpokládaný původ kmene podle příčiny smrti stromu, zakrytí postranní vegetací, světelné podmínky), o počtu uchycených semenáčků a o vlastnostech daného stanoviště (edafická kategorie, svažitosť – sklon terénu) v rámci interpretačního čtverce ($a = 51\text{m}$) na plochách šetřených v rámci projektu Ministerstva zemědělství ČR, „Sledování stavu a vývoje lesních ekosystémů (SSLEK)“.

2. Propojení sebraných dat s databází dat o daném stanovišti (věk porostu, obmýtí, kategorie lesa, PLO, LVS).

3. Matematické a statistické zpracování dat.

4. Příprava diplomové práce

Doporučený rozsah práce

40 – 50 str.

Klíčová slova

tlející dřevo, přirozené zmlazení, vlastnosti mrtvého dřeva

Doporučené zdroje informací

- Bače, R., Svoboda, M., Pouska, V., Janda, P., & Červenka, J. (2012). Natural regeneration in Central-European subalpine spruce forests: Which logs are suitable for seedling recruitment?. *Forest Ecology and Management*, 266, 254-262.
- Harmon, M. E., & Franklin, J. F. (1989). Tree seedlings on logs in Picea-Tsuga forests of Oregon and Washington. *Ecology*, 48-59.
- Harmon, M. E. (1989). Effects of bark fragmentation on plant succession on conifer logs in the Picea-Tsuga forests of Olympic National Park, Washington. *American Midland Naturalist*, 112-124.
- Ilisson, T., Köster, K., Vodde, F., & Jögiste, K. (2007). Regeneration development 4–5 years after a storm in Norway spruce dominated forests, Estonia. *Forest ecology and management*, 250(1), 17-24.
- Jonsson, B. G., Ekström, M., Esseen, P. A., Grafström, A., Ståhl, G., & Westerlund, B. (2016). Dead wood availability in managed Swedish forests—Policy outcomes and implications for biodiversity. *Forest Ecology and Management*, 376, 174-182.
- Kupferschmid, A. D., & Bugmann, H. (2005). Effect of microsites, logs and ungulate browsing on Picea abies regeneration in a mountain forest. *Forest Ecology and Management*, 205(1), 251-265.
- Narukawa, Y., & Yamamoto, S. (2003). Development of conifer seedlings roots on soil and fallen logs in boreal and subalpine coniferous forests of Japan. *Forest ecology and management*, 175(1), 131-139.
- Ranius, T., Korosuo, A., Roberge, J. M., Juutinen, A., Mönkkönen, M., & Schroeder, M. (2016). Cost-efficient strategies to preserve dead wood-dependent species in a managed forest landscape. *Biological Conservation*, 204, 197-204.
- Robert, E., Brais, S., Harvey, B. D., & Greene, D. (2012). Seedling establishment and survival on decaying logs in boreal mixedwood stands following a mast year. *Canadian Journal of Forest Research*, 42(8), 1446-1455.
- Zielonka, T. (2006). When does dead wood turn into a substrate for spruce replacement? *Journal of Vegetation Science*, 17(6), 739-746.
-

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Radek Bače, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 29. 4. 2017

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 2. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 20. 03. 2018

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Distribuce mrtvého dřeva v lesích Karlovarského kraje a jeho vliv na přirozenou obnovu“ vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Radka Bače, Ph.D., a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Rájci u Černavy dne **20. 03. 2018**

Podpis autora

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěl poděkovat zejména Radkovi Bačemu, nejenom za přijetí a schválení tématu mé diplomové práce, ale také za „lidskou“ pomoc a odborné rady při jejím vypracování. Velký dík patří Milošovi Kučerovi z ÚHÚL Brandýs nad Labem za umožnění terénního sběru dat v rámci projektu Ministerstva zemědělství ČR, „Sledování stavu a vývoje lesních ekosystémů (SSLEK)“. Poděkování patří také mým kolegům, kteří mě při sběru dat podporovali. Největší poděkování patří mé manželce, která se mnou sdílela veškeré radosti i strasti v průběhu celého studia.

Motto:

Čím větší hodnoty vidíme v lese, tím více nám záležitosti musí na úplném zdraví jak porostu, tak i všech oněch složek, jež k organické pospolitosti lesní řadíme. Chorob lesních dodají nám jiní činitelé mnoho, není tedy radno, aby vědomě a s rozvahou odebíráním biomasy veškeré z porostů rozmnožoval je sám lesní hospodář.

Prof. Dr. Ing. Josef Konšel, Dr. h. c.

Anotace:

Diplomová práce hodnotí distribuci mrtvého dřeva ve formě těžebních zbytků, zlomů, vývrátů apod., na pozemcích určených k plnění funkcí lesa, ale také na ostatních pozemcích ležících mimo les na území celého Karlovarského kraje. Dále se práce zabývá otázkou vlivu různých environmentálních faktorů na množství ležící odumřelé dřevní hmoty a na početnost zmlazení na těchto fragmentech. Zhodnoceny jsou také mikrostanovištní charakteristiky ovlivňující početnost uchycených semenáčků na ležící odumřelé dřevní hmotě a na pařezech.

Bylo zjištěno, že některá stanoviště s nevhodnými podmínkami pro zmlazování na půdním povrchu, především chudé kyselé nebo podmáčené půdy vyšších poloh disponují vysokým potenciálem přirozeného zmlazení na ležících kmenech velkých dimenzí a na pařezech. To dokazuje jednak vyšší procento zmlazení ve srovnání s půdním povrchem, ale také vyšší početnost uchycených semenáčků na těchto fragmentech. Právě na těchto stanovištích byl prokázán velice nízký výskyt odumřelé dřevní hmoty, která je především ve formě pařezů hustě osídlena zmlazením, vytvářejícím zde přehoustlé porosty, ve kterých pak vlivem vnitrodruhové konkurence dochází ke zvýšené mortalitě uchycených semenáčků. Práce prokázala, že se zvyšující se nadmořskou výškou a se zlepšením světelných podmínek daného stanoviště exponenciálně narůstá početnost zmlazení na odumřelé dřevní hmotě, ale zároveň klesá množství ležícího mrtvého dřeva. Byly ověřeny a potvrzeny již známé teorie o pozitivním vlivu bílé hniloby dřeva na uchycování semenáčků. Vysoká pokryvnost a mocnost mechorostů na ležících kmenech a na pařezech rovněž pozitivně ovlivňuje početnost zmlazení.

Na základě získaných a vyhodnocených poznatků by bylo do budoucna velice přínosné, ponechávat ležící odumřelou dřevní hmotu, především pak větších dimenzí jako jsou kmenové části těžebních zbytků, kmenové zlomy a vývraty na stanovištích s nevhodnými podmínkami pro přirozenou obnovu na půdním povrchu, zejména pak v 7. a 8. LVS a na podmáčené ekologické řadě. Pro podporu biodiverzity lesních ekosystémů by bylo vhodné ponechávání vysokých pařezů, jako náhradních mikrostanovišť, především v případě absence souší.

Klíčová slova: tlející dřevo, přirozená obnova, zmlazení, vlastnosti mrtvého dřeva

Abstract:

Master's thesis assesses dead wood distribution in shape of logging residues, trunk breaks, windfalls, etc., placed on the land determined for the forest function purposes, but also on the land placed outside the forest on the whole area of Karlovy Vary region. The thesis is also concerned about the question of environmental factor influence on the abundance of lying dead wood matter and forest regeneration quantity on these fragments. Microstands characteristics determined the quantity of recruited seedlings on lying dead wood matter and tree stumps are also evaluated.

It was found that some of the stands with inappropriate conditions of the forest regeneration on the soil surface, especially acid or waterlogged soils of higher locations, are endowed with high forest regeneration potential on dead wood matter, especially on higher dimension lying trunks and on a tree stumps. This prove on the one hand a higher percentage of forest regeneration compared to the soil surface, but also a higher number of seedlings on these fragments. Just on these stands very small occurrence of dead wood matter was proved, which is especially in shape of tree stumps densely populated by forest regeneration, creating in this place very dense stands, in which by strong intraspecific competition higher mortality of recruited seedlings is caused. The thesis demonstrated that increasing altitude and light conditions improvement means exponential increase of forest regeneration on dead wood matter, but also the share of lying dead wood decreases. Well known theories were verified and confirmed that there is a positive influence of white rot on recruiting of the seedlings. High coverage and thickness of the bryophytes on lying trunks and tree stumps also influences positively a quantity of forest regeneration.

Based on obtained and evaluated knowledge, for the future will be very beneficial to keep lying dead wood matter, especially higher dimensions, such as trunk parts of logging debris, trunk breaks and windfalls on forest stands with inappropriate conditions for natural regeneration on a soil surface, especially in 7. and 8. altitudinal vegetation zone and on a waterlogged ecological series. For support of forest ecosystems biodiversity is suitable to leave higher tree stumps as spare microstands especially in case of dead standing trees absence.

Key words: decaying wood, natural regeneration, dead wood properties

Obsah

1. Úvod	10
2. Cíle práce	11
3. Literární rešerše	12
3.1 Mrtvé dřevo a jeho význam	12
3.2 Vliv mrtvého dřeva na živiny	17
3.3 Mrtvé dřevo a přirozená obnova	20
4. Metodika	24
4.1 Charakteristika zkoumaného území	24
4.1.1 Okres Karlovy Vary	24
4.1.2 Okres Sokolov	25
4.1.3 Okres Cheb.....	26
4.2 Sběr dat	27
4.3 Zpracování dat	32
5. Výsledky	34
5.1 Distribuce mrtvého dřeva v Karlovarském kraji.....	34
5.2 Vliv faktorů prostředí na mrtvé dřevo a na zmlazení	42
5.3 Vliv mikrostanoviště na početnost semenáčků	47
6. Diskuse	58
6.1 Distribuce mrtvého dřeva.....	58
6.2 Vliv faktorů prostředí na mrtvé dřevo a na zmlazení	60
6.3 Faktory ovlivňující početnost zmlazení na mrtvém dřevě	62
6.4 Doporučení pro praxi	65
7. Závěr	68
8. Literatura:	70

1. Úvod

Mrtvé dřevo je nedílnou součástí přírodních a přirozených lesů, kde se podílí na mnoha procesech a zastává zde především funkci biologicko-ekologickou, ale také estetickou. Mrtvá a živá dřevní hmota je rovněž významným poutačem oxidu uhličitého (PODRÁZSKÝ 1996). Umírající a mrtvé stromy, ať již stojící nebo spadlé v různých fázích rozpadu hrají důležitou ekologickou roli při zachování biologické rozmanitosti lesů a jsou uznávány jako ukazatelé trvale udržitelného hospodaření (RADU 2006). Jsou cennými biotopy poskytujícími vhodné podmínky (potravu, úkryt, ale i hnízdní stanoviště) pro velké množství vzácných a ohrožených druhů saproxylického hmyzu, bezobratlých živočichů, mechorostů, lišejníků, ptáků, ale i savců. Například v přirozených lesích Rumunska, které bez nadsázky můžeme označit za původní pralesy a které jsou bohužel v současné době poškozovány nelegální těžbou (EURONATUR SPEZIEL 2016), jsou na mrtvé dřevo vázáni reliktní, vzácné a chráněné druhy živočichů (*Rhysodes sulcatus*, *R. americanus*, *Cerambyx cerdo*, *Lucanus cervus*, *Rosalia alpina*, *Camponotus herculeanus*). Lišejníky jako například (*Parmelia*, *Peltigera* a *Lobaria*) nám ukazují kontinuitu těchto přirozených lesů a výskyt více než 20 druhů hub v těchto pralesních ekosystémech (RADU 2006) pak přispívá ke všudypřítomným procesům rozkladu mrtvého dřeva. Velké množství mrtvého dřeva ležícího v rumunských lesích, které představuje objem 50–130 m³ / ha (RADU 2006), hraje významnou roli v koloběhu živin, uhlíkových rozpočtech, morfologii půdy a přirozené obnově (RADU 2006). Přirozené lesy v Rumunsku nám tak poskytují výjimečné podmínky pro výzkum a studium ekologické úlohy mrtvého dřeva v lesních ekosystémech. Do budoucna bychom mohli tyto pralesy brát jako velice dobrou referenční oblast pro výzkum a inspiraci nejenom v managementu mrtvého dřeva, především pak v našich národních parcích.

2. Cíle práce

Cílem práce je zjistit, jak se liší kvantita mrtvého dřeva a vlastnosti tlejících kmenů mezi různými lesními vegetačními stupni, na různých edafických kategoriích a v různých porostních skupinách s rozdílnou druhovou skladbou dřevin, s rozdílnými světelnými podmínky a s rozdílnou svažítostí terénu;

jak závisí početnost uchycených semenáčků dřevin na mrtvém dřevě na výše uvedených podmínkách prostředí a druhu dřeviny ležícího kmene.

Terénní sběr dat o kvantitě a vlastnostech ležících kmenů, o počtu uchycených semenáčků a o vlastnostech daného stanoviště probíhal na plochách šetřených v rámci projektu Ministerstva zemědělství ČR, „Sledování stavu a vývoje lesních ekosystémů (SSLEK)“ v rámci celého Karlovarského kraje.

Očekávaným cílem této práce je návrh na hospodaření s odumřelou dřevní hmotou v lesních porostech za účelem zvýšení biodiverzity, zlepšení půdních podmínek a úspory nákladů při zalesňování podporou přirozené obnovy.

Očekávaným vlastním přínosem je vytvoření smysluplné a plnohodnotné práce, shrnující jak pozitivní, tak negativní vlivy ponechávání těžebních zbytků a ostatního mrtvého dřeva, ať již stojícího, nebo ležícího v lesních porostech. Předpokladem je poskytnutí těchto informací lesním hospodářům, minimálně jako inspiraci pro nakládání s touto lesní biomasou. Určitým očekávaným vedlejším přínosem je hlubší pochopení důležitosti odumřelých stromů, jakožto jednoho z prostředků pro regeneraci lesa.

3. Literární rešerše

3.1 Mrtvé dřevo a jeho význam

Odumřelá dřevní hmota měla od pradávna velký podíl na utváření přírodních lesů, koloběhu živin a různých ekologických funkcích, především pak biologické diverzity daného stanoviště (KRUYS et al. 1999 in SVOBODA 2005). Podle STEVENSNA (1997) mohou např. kmeny ležící napříč prudkých svahů zabráňovat jejich erozi a následnému poškozování stromů, rostoucích na těchto svazích. Význam mrtvého dřeva, především pak v přírodních a přirozených lesích, jakožto potenciálu pro jeho obnovu a regeneraci byl prokázán také v horských lesích Evropy a boreálních lesích Skandinávie (VACEK 1982, LEPŠOVÁ 2001 in SVOBODA 2005). Bohužel v našich hospodářských lesích je význam mrtvého dřeva často opomíjen a ekonomické zhodnocení odumřelé dřevní hmoty, především pak těžebních zbytků je často nadřazené jeho ekologickým funkcím.

Pod pojmem mrtvé dřevo nebo také tlející dřevo či odumřelé dřevo (BAČE et SVOBODA 2014) si můžeme představit jak umírající ještě stojící, tak ležící již uhynulý strom v různých fázích rozpadu (RADU 2006). Angličtina má pro pojem mrtvé dřevo zažitá dva termíny, „Dead Wood“ (DW), neboli mrtvé dřevo a „Coarse Woody Debris“ (CWD), neboli hrubé dřevěné zbytky, které jsou důležitou součástí mírných toků a lesních ekosystémů kam se přidávají četnými mechanismy, včetně větru, ohně, napadení hmyzem, patogeny, kompeticí a geomorfními procesy (HARMON et al. 1986). U obou pojmů se ale v podstatě jedná o jak již odumřelý, avšak ještě stojící strom anebo o odumřelé části stromu přežívajícího nebo hynoucího. Dále se pak jedná o ležící části kmenů a jejich fragmentů, ležící stromové části hroubí a nehroubí a pařezy (ZHOU et al. 2007).

Význam mrtvého dřeva v lesních ekosystémech spočívá v několika funkcích. Každá z těchto funkcí je závislá na formě mrtvého dřeva. Jinou funkci plní stále ještě stojící odumřelý strom, který poskytuje úkryt některým živočichům a jinou funkci strom již ležící, který především dlouhodobě a kontinuálně uvolňuje do půdy množství živin (ZHOU et al. 2007). Obě dvě formy mrtvého dřeva mají ovšem jednoho společného ukazatele, poskytují biotop řadě saproxylických organismů. Jednak bezobratlým živočichům, kteří jsou nedílnou součástí vývojového cyklu lesa, a významně se podílejí na zachování vyvážené věkové struktury stromů v prostoru

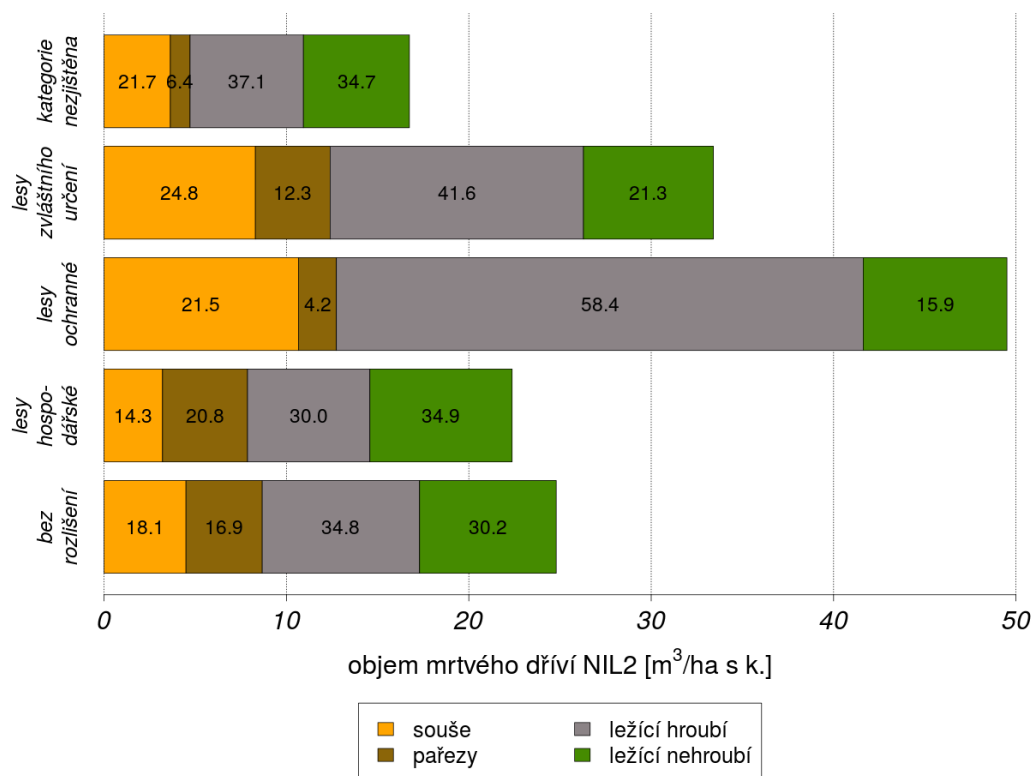
i čase (DAVIES et al. 2008), dále pak lišejníkům, mechorostům, cévnatým rostlinám a řadě saprofytických a parazitických hub. Podle KUSHNEVSKAYA et al. (2007) představují lišejníky 17 %, játrovky 21 %, mechy 44 % a cévnaté rostliny 18 % flóry, nacházející se na rozkládajícím dřevě. ZIELONKA & PIATEK (2004) uvádějí, že kolonizace mrtvého dřeva začíná lišejníky, následují mechy, a nakonec cévnaté rostliny a stromové druhy. Podle nich se první kolonisté mrtvých kmenů objevují ve fázi rozkladu č. 3 nejméně 20 let po uhynutí stromu. Nejvhodnější doba pro uchycení semenáčků, ale také ostatních cévnatých rostlin je potom ve fázi rozkladu č. 6 cca 50 let od smrti stromu, přičemž z bylinného patra výrazně dominuje *Vaccinium myrtilus*. JANKOVSKÝ (2003) uvádí závislost počtu druhů saproxylických hub na kvalitě ponechávaného dřeva v lesních porostech. Mrtvá dřevní hmota, ať již ve formě hroubí či nehroubí je napadána různými druhy hub, které vytvářejí rozdílné druhy hnilob. Rozklad těchto fragmentů podle JANKOVSKÉHO (2003) ovlivňuje humusové poměry lesních porostů v závislosti na rozdílných procesech dekompozice mrtvé dřevní hmoty.

Samozřejmě, existují také negativní názory na ponechávání mrtvého dřeva, např. polomů či těžebních zbytků. SCHÖNENBERGER (2002), který zkoumal význam ponechávání mrtvého dřeva po bouři Vivian, která se přehnala nad švýcarskými Alpami v roce 1990 uvádí, že nemá žádný zásadní význam ponechávání kalamitního dříví v porostech, zejména pak v prvních deseti letech od vzniku disturbance. Podle SCHÖNENBERGERA (2002) naopak, tyto kmeny brání přirozené obnově, která podle jeho výzkumu nedosáhla ani po deseti letech požadované hustoty a výšky. SCHÖNENBERGER (2002) ve své práci proto doporučuje urychlené opětovné zalesnění těchto disturbovaných ploch, zejména v horských oblastech, kde tyto porosty plní důležitou ochrannou funkci, především pak protilavinovou, protisesuvnou a protierozní. Ovšem, jak zde již bylo uvedeno, většina autorů se přiklání k ponechávání mrtvého dřeva, zejména pak větších dimenzí, které může plnit funkci půdoochrannou, zvyšuje biologickou diverzitu a ovlivňuje humusové poměry lesních porostů. Mrtvé dřevo, zejména nehroubí těžebních zbytků může být rovněž využito, jako ochrana kmenů mladých porostů, zejména ve stádiu tyčkovin před okusem zvěří. Tato metoda využití těžebních zbytků k ochraně porostů se u nás postupně zavádí, např. v hospodářských lesích VLS s. p., divize Karlovy Vary, viz obrázek č. 1.



Obrázek 1 Ochrana kmene těžebními zbytky u VLS s. p., divize Karlovy Vary (Zdroj: vlastní, pořízeno 11. 11. 2016 VLS s. p., divize Karlovy Vary).

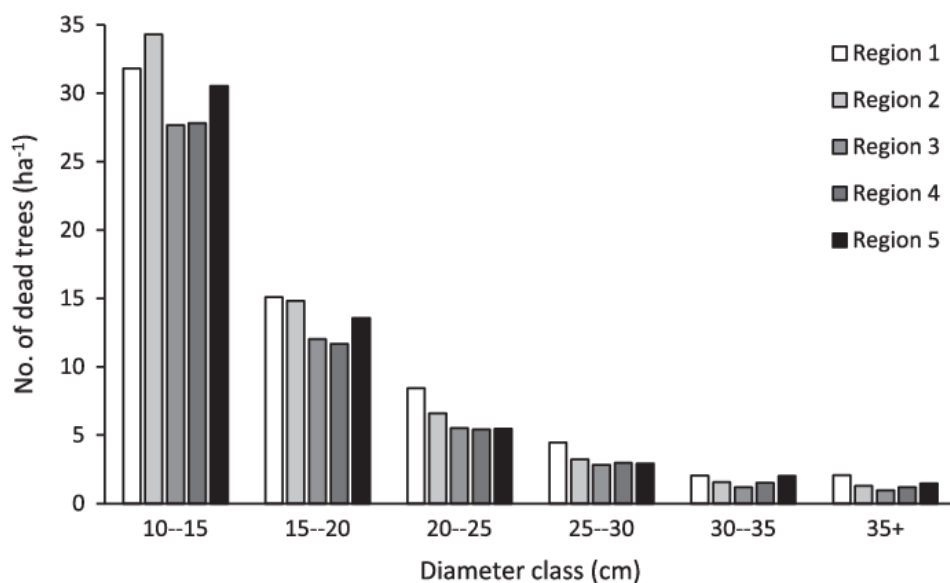
Jak zde již bylo řečeno, ekonomické zhodnocení těžebních zbytků a odumřelé dřevní hmoty, především v našich hospodářských lesích je často nadřazené funkcím, které mrtvé dřevo může v lesních porostech plnit. To ostatně dokládají také poslední výsledky Národní inventarizace lesů (NIL II), která proběhla v letech 2011-2015. Například z výsledků podílu jednotlivých forem mrtvého dřeva na jeho celkovém objemu podle kategorií lesa, jak nám ukazuje obr. č. 2 (KUČERA et al. 2016) je jasně patrné, že v hospodářských lesích převažuje ležící nehroubí, což znamená převážně tenké těžební zbytky, které jsou pro uchycení semen lesních dřevin, jejich vyklíčení a následný růst nevhodné, což ostatně ve své studii potvrzuje např. TAKAHASHI (1994), ale také BAČE et al. (2012). Zde je ovšem potřeba si uvědomit, jakou důležitou funkci může ležící odumřelá hmota plnit v rámci jednotlivých lesních vegetačních stupňů. Je známo, že zmlazovací funkce roste s nadmořskou výškou a největší vliv na zmlazení má mrtvé dřevo především ve smrkovém vegetačním stupni. V nižších polohách může tedy ležící odumřelá dřevní hmota plnit především funkci půdoochrannou, případně může zlepšovat půdní podmínky. TAKAHASHI (1994) ve své studii uvádí, že minimální průměr kmene, aby poskytoval vhodné podmínky, a především substrát pro vyklíčení a následný růst semenáčků *P. glehnii* by měl být >20 cm. Z celkového objemu hroubí v rámci všech lesů v České republice je jeho podíl v hospodářských lesích nejnižší a v roce 2015 se pohyboval v rozmezí $6,7 \pm 0,4 \text{ m}^3 / \text{ha}$ (KUČERA et al. 2016).



© ÚHÚL 2016

Obrázek 2 Objem jednotlivých forem mrtvého dřeva v m³ / ha s kůrou vyjádřený v procentech podle jednotlivých kategorií lesa (Zdroj: ÚHÚL 2016).

Na skutečnost, jak potřebné je zvýšení množství mrtvého dřeva v lesních ekosystémech poukazuje již od roku 1994 švédská lesnická politika na základě výsledků Švédské Národní inventarizace lesů (SNFI). Ta vnímá mrtvé dřevo jako klíčový zdroj biodiverzity a ukazatele trvale udržitelného lesního hospodářství (JONSSON et al. 2016). Objem mrtvého dřeva ve švédských lesích vzrostl od poloviny 90. let v průměru o cca 25 % z 6,1 na 7,6 m³ ha⁻¹, přičemž výrazný podíl na tomto zvýšení má mrtvé dřevo z jehličnatých dřevin v jižní části země (JONSSON et al. 2016). Například LARSSON et al. (2011) uvádějí, že ve Švédsku je na mrtvém dřevě závislých více než 700 druhů saproxylických živočichů. Ve všech severských zemích je to potom více než 7500 saproxylických druhů, které jsou na mrtvém dřevě závislé během svého celého životního cyklu (STOKLAND et al. 2012). Na obr. č. 3 můžeme vidět tloušťkovou distribuci mrtvého dřeva ve švédských hospodářských lesích podle jednotlivých regionů (JONSSON et al. 2016). Z grafu je patrné, že stejně jako u nás, mají největší podíl na objemu mrtvého dřeva tenké těžební zbytky, ve Švédsku uváděné od průměru 10-15 cm.



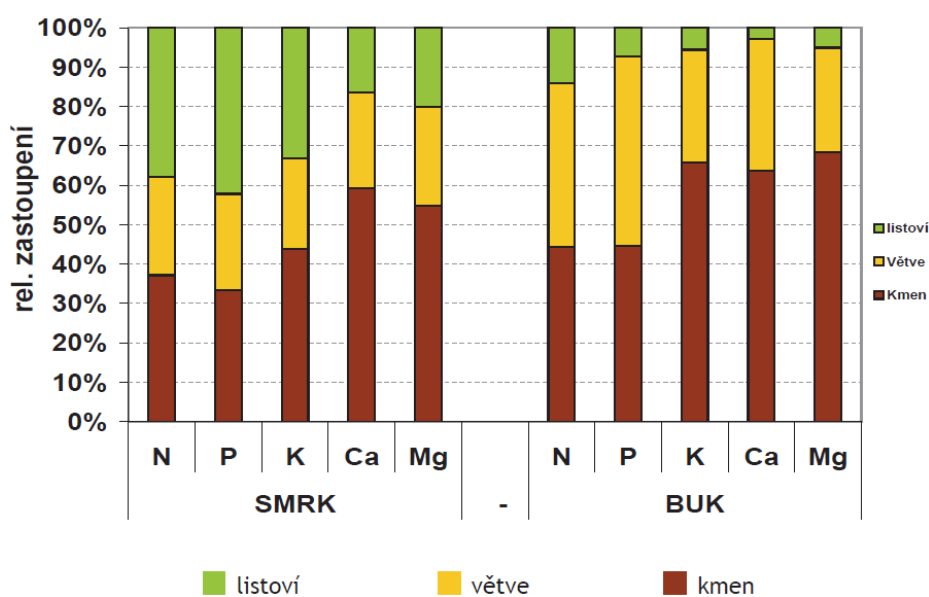
Obrázek 3 Tloušťková distribuce mrtvého dřeva ve švédských hospodářských lesích dle jednotlivých regionů od roku 2008–2012 (Zdroj: JONSSON et al. 2016)

V posledních dvou stoletích, v období průmyslového rozvoje docházelo k intenzivnímu využívání fosilních paliv, což vedlo k navyšování oxidu uhličitého v atmosféře (OCHODEK et al. 2006). Se snižováním emisí, ale také se zvyšováním ceny fosilních paliv roste vyšší zájem především o tzv. alternativní zdroje energie (DOKTOR 1986). V oblasti lesnictví se jedná především o využití dendromasy k energetickým účelům. Podle PŘÍHODY (2008) lze za perspektivní energetické zdroje považovat zejména těžební zbytky, nekvalitní sortimenty dříví a teoreticky i cíleně pěstované dřeviny. Tím samozřejmě dochází k odstraňování živin, především na chudých stanovištích, kde nedostatečná vrstva organického horizontu negativně ovlivňuje produkční schopnost daného stanoviště a podporuje jeho degradaci. Podle BUREŠE et al. (2009) se celkový podíl dřevní suroviny připadající na jeden kmen odhaduje na 60–77 %, vše ostatní je pak považováno za těžební odpad, z něhož jsou pro energetické, popřípadě i jiné účely využitelné především stromové vršky a větve s podílem 10–15 % a dále pak asimilační orgány s celkovým podílem 2–3 %. Ostatní stromové zbytky, tedy pařezy a kořeny, které tvoří 5–25 % není z ekologického hlediska možné a z ekonomického hlediska rentabilní využít (BUREŠ et al. 2009). Otázkou zůstává, zda těžební zbytky, kterými jsou především dřevní odpad po mýtních i výchovných těžbách, který zůstává na lesní ploše pro další možné zpracování (BUREŠ et al. 2009), uvolňují do půdy dostatečné množství živin a jak výrazně se tedy podílejí na jejich koloběhu. Touto otázkou se ve výzkumném projektu, který probíhal pod názvem „Vliv zpracování těžebních zbytků a následné mechanické přípravy půdy

na chemické vlastnosti půd přirozených borů“ na modelovém území Městských lesů Doksy zabývali REMEŠ et al. (2015). Ti zkoumali ovlivnění vytěženého stanoviště s několika variantami nakládání s těžebními zbytky. Jednak jejich spálením a ponecháním popela na místě, jejich odvozem z plochy bez náhrady, koncentrací klestu do valů a rozštěpkováním zbytků s rozptylem štěpky po obnovované ploše. Předběžné výsledky výzkumu potvrdily vliv provedených opatření na svrchní vrstvu půdy v mocnosti 0–10 cm. Směrem do větší hloubky půdy 10–30 cm se rozdíly zkoumaných parametrů významně snižovaly a u některých parametrů se nepotvrdily předpokládané dopady zpracování a ponechání těžebních zbytků na plochách vůbec. Výzkum tedy prozatím prokázal pouze pozitivní vliv mechanické přípravy půdy jejím naoráním. Vliv ponechání těžebních zbytků na výzkumných plochách by se měl podle REMEŠE et al. (2015) projevit až v následujících letech.

3.2 Vliv mrtvého dřeva na živiny

Je známa skutečnost, že nejvyšší koncentrace důležitých živin (N, P, K) je ve dřevě větví, kůře a asimilačních orgánech, nejnižší je potom ve dřevě kmenů (MATERNA 1963, ŠRÁMEK et al. 2009 in REMEŠ et al. 2015). Na obrázku č. 4 můžeme vidět graficky znázorněné poměrné zastoupení živin v biomase kmene, větví a listoví smrkových a bukových porostů podle NIHLGÅRDA (1971), FEGERA et al. (1991), ALRIKSSONA & ERIKSSONA (1998), SCARASIA-MUGNOZZA et al. (2000) a ŠRÁMKA et al. (2005).



Obrázek 4 Poměrné zastoupení živin v biomase kmene, větví a listoví smrkových a bukových porostů (Zdroj: (BUREŠ et al. 2009))

Obsah živin v půdě je limitován či ovlivňován pěti hlavními procesy, zvětráváním hornin, atmosférickou depozicí, vymýváním půdního horizontu, cíleným antropogenním vstupem, tedy úmyslným hnojením či přihnojováním a lesnickým hospodařením, tedy ponecháváním, či odstraňováním biomasy (AUGUSTO et al. 2000, TOMLINSON 2003). Pokud nejsou vstupy a výstupy látek v rovnováze, nemůžeme mluvit o trvale udržitelném hospodaření a tato situace, především pak odstraňování biomasy z lesních ekosystémů může vést k trvalé degradaci lesních půd (NOVOTNÝ 2009). O důležitosti lesní biomasy, jejímu pozitivnímu vlivu na lesní půdy a negativním dopadům při jejím odebrání se zmiňují někteří autoři již minimálně od konce sedmdesátých let minulého století. Např. KREUTZER (1979) upozorňuje na fakt, že úplné využití celých stromů při stromové metodě může vést k narušení ekologických podmínek produkce dřeva, ekologickým škodám na půdních typech s nízkou sorpční kapacitou nebo labilní strukturou a k výraznému snížení tvorby organického horizontu. Následné pravidelné hnojení půd k vyrovnání deficitu živin pak může kontaminovat vodní zdroje. Podobně reagují také další autoři (KRAPPENBAUER & BUCHLEITNER 1981, SMITH et al. 1986, BUBLINEC & ILAVSKÝ 1990), kteří poukazují na skutečnost, že použití stromové metody, při které je veškerá dendromasa z lesních porostů odstraňována může vést k vyčerpání zásob kationtů v lesních půdách. Tyto metody mohou být podle nich použity pouze za předpokladu doplnění zásob těchto prvků aplikací melioračních materiálů, např. recyklací dřevěného popela (OLSSON et al. 1996 in NOVOTNÝ 2009).

Jak zde již bylo řečeno, kořeny a pařezy nemají z ekologického a ekonomického hlediska rentabilní využití a většinou jsou tedy ponechávány na vytěžené a obnovované ploše porostu. V dřívějších dobách bylo dobývání pařezů a kořenů zvané též jako klučení poměrně časté. Jednak s rozvojem zemědělství, kdy se tímto způsobem získávala zemědělská půda a jednak v období nedostatku palivového dříví, kdy byla tato dřevní hmota využívána především obyvateli, žijícími v okolí obnovovaných porostů jako palivo. V současné době se metoda klučení pařezů využívá při rušení výmladkových plantáží a jejich opětovných přeměn k zemědělskému využití. Pařezy jsou v současné době největší složkou těžebních zbytků v hospodářských lesích oproti ostatním kategoriím lesa, což nám ukazují výsledky NIL II, viz graf na obr. č. 2 (KUČERA et al. 2016), avšak jejich úloha v těchto ekosystémech je doposud špatně pochopena. PALVIAINEN et al. (2010)

studovali dynamiku uhlíku (C) a dusíku (N) na pařezech borovice lesní (*Pinus sylvestris*), smrku ztepilého (*Picea abies*) a břízy bradavičnaté (*Betula pendula*) 0; 5; 10; 20; 30 a 40 let po jejich smýcení v jižní části Finska. C a N se nejrychleji uvolňovaly z pařezů břízy. V posledních 40 letech pak ztratily jehličnaté pařezy 78 % a pařezy břízy 90 % počátečního C. Oproti tomu se množství N v pařezech zvýšilo, což indikuje jeho akumulaci. Po 40 letech od dekompozice se množství N v pařezech 1,7-2,7krát zvýšilo od jeho počátečního množství. N se z pařezů břízy začal uvolňovat teprve za 20 let od počátku dekompozice a po 40 letech se ho uvolnilo více jak 59 %. Výsledky ukazují, že uvolňování C, a především N z pařezů těchto hlavních skandinávských dřevin je dlouhodobé a pařezy tak slouží jako jejich zásobníky. Odstranění pařezů by pak mohlo vést k vyplavování N do podzemních vod a vodních toků a degradaci daného stanoviště. BAČE et al. (2011) prováděli v horských smrčinách Střední Evropy výzkum, zaměřený na zhodnocení rozdílu v procesu ujímání semen na ležících kmenech a pařezech. Při tomto výzkumu dospěli k závěru, že pařezy poskytují výhodnější stanoviště pro přirozenou obnovu než právě ležící kmeny. Důvodem byla jednak jejich plocha, kterou zaujímal (21-28 m² ha⁻¹), jednak kompetiční výhoda před působením přízemní vegetace z důvodu vyššího umístění pařezů nad terénem a konečně také skutečnost, že pařezy poskytují semenům a následně semenáčkům vhodný substrát o několik let dříve nežli ležící kmeny. To může být podle BAČEHO et al. (2011) způsobeno zejména spojením pařezových kořenů s půdou, čímž dochází k rychlejšímu rozkladu, podporovanému umístěním pařezu v podélném směru vůči terénu a rychlejšímu získávání živin z půdy.

Je zřejmé, že mrtvé dřevo hraje v terestrických, ale především v lesních ekosystémech významnou roli. Jednak obohacuje svrchní půdní horizonty živinami, slouží jako dlouhodobá zásobárna C a N, je biotopem mnoha druhů saproxylických organismů, ale také se významně podílí na vodním režimu. Tlející kmeny mají výraznou schopnost zadržovat vodu, ale také mohou zabraňovat jejímu splavování na prudkých svazích. Tím získává srážková voda větší čas na infiltraci do svrchních půdních horizontů a zároveň je zabráněno půdní erozi. Mrtvé dřevo ponechané v limnických ekosystémech, především pak ve vodních tocích může snižovat rychlost proudění vody a poskytuje útočiště pro vodní živočichy a ryby. Velice důležitou úlohu pak mrtvé tlející dřevo hraje v přirozené obnově lesních porostů.

3.3 Mrtvé dřevo a přirozená obnova

Co vlastně je přirozená obnova? Podle KORPELA (1991) se jednoduše jedná o schopnost vytváření lesa vlastní autoreprodukcí. Přirozenou obnovu můžeme dosáhnout buďto cílevědomou pěstební činností anebo se může jednat o zcela spontánní proces ve vývojovém stádiu přírodních a přirozených lesů. Schopnost a úspěšnost uchycení přirozené obnovy závisí na mnoha limitních faktorech. Jednak na semenném roku, resp. jeho intenzitě a intervalům mezi nimi. Bylo prokázáno, že oba dva tyto ukazatelé se ze zvyšující se nadmořskou výškou snižují, což má negativní vliv na produkci semen, která se snížila o cca 100 semen / m² rok⁻¹ na 100 metrech výšky (MENCUCCINI et al. 1995). Dalším limitujícím faktorem jsou klimatické a světelné podmínky. Budeme-li se zabývat přirozenou obnovou horského smrkového lesa, pak smrková semena potřebují pro úspěšné vyklíčení teplotu, která se pohybuje v rozmezí 15-22 °C (KNAPP & SMITH 1982, OHLSON & ZACKRISSON 1992). Tuto teplotu dosahují horské smrkové lesy v průměru 60-100 dní v roce (VACEK & PODRÁZSKÝ 2003). Světelné podmínky jsou do značné míry ovlivněny hustotou zápoje, který omezuje průnik světelného záření do nitra porostu (BRANG 1998; DIACI 2002; DE CHANTAL et al. 2003; BAIER et al. 2007 in ZENÁHLÍKOVÁ et al. 2011). Vzhledem k tomu, že je smrk ztepilý považován za druh stín snášejší, může se poměrně úspěšně obnovovat i pod zápojem mateřského porostu (ILISSON et al. 2007, ZENÁHLÍKOVÁ et al. 2011).

Velice důležitým, i když často opomíjeným či podceňovaným faktorem, který má především v přírodních a přirozených lesích své opodstatnění, nejenom z hlediska přirozené obnovy, ale také z hlediska zvýšení biodiverzity je mrtvé dřevo. Má ponechávání mrtvého dřeva opravdu kladný vliv na přirozenou obnovu a budoucí regeneraci přirozených, ale také hospodářských lesů, ve kterých se uplatňují přírodě blízké hospodářské způsoby? Tuto otázku si již položilo mnoho vědců a badatelů a existuje nespočet publikací, které se tímto problémem zabývají. Např. SVOBODA et al. (2010) ve své publikaci, která se zabývá otázkou přirozeného vývoje a regenerace středoevropských horských smrkových lesů uvádějí, že odstranění mrtvého dřeva z těchto porostů, může významně omezit jejich budoucí přirozenou obnovu. K tomuto poznatku je vedl jejich vlastní výzkum, který prováděli na čtyřech pokusných plochách v přirozeném horském smrkovém lese Šumavy. V závěru své práce doporučují, aby odstraňování umírajících a mrtvých stromů z těchto přirozených lesů bylo vždy

pečlivě zváženo s ohledem na zachování obnovy a biodiverzity těchto lesních ekosystémů. Ke stejnému závěru došli také HARMON & FRANKLIN (1989), kteří zkoumali zmlazení semenáčků na ležících kmenech a na půdě v závislosti na různých faktorech, patogenech, predaci, kompetici a stojaté vodě. Vědci dospěli k závěru, že podstatně více semenáčků přežilo na mrtvém dřevě než na půdním povrchu. K tomu, aby potvrdili nebo naopak vyvrátili závislost zmlazení na přítomnosti stojaté vody, část vzorků, jak v půdním substrátu, tak na mrtvém dřevě umístili také nad povrch půdy. Výsledkem pak bylo zjištění, že přítomnost stojaté vody pravděpodobně není příčinou vyššího zmlazení na mrtvém dřevě. Co se týká patogenů a predátorů, zde HARMON & FRANKLIN (1989) nezaznamenali žádný významný rozdíl. Jako hlavní důvod vyššího počtu zmlazení a přeživších semenáčků na mrtvém dřevě oproti lesní půdě uvedli kompetici. Semenáčky rostoucí na lesní půdě musí vést neustálý konkurenční boj s bylinami a mechy, oproti tomu semenáčky rostoucí na mrtvém dřevě, a tedy výše nad povrchem půdy nejsou postranní vegetací nijak ohrožovány a mohou tedy veškerou energii věnovat svému růstu.

Stěžejním faktorem pro uchycení semenáčků na mrtvém dřevě je jeho struktura, resp. stádium rozkladu. To je ovlivněno určitými faktory, jako např. světelnými a půdními podmínkami daného stanoviště, klimatickými podmínkami dané lokality, druhem dřeviny, ale také saproxylickými organismy, které se významně podílejí na rozkladu mrtvé dřevní hmoty (ZHOU et al. 2007). BAČE et al. (2012) ve svém výzkumu v NP Šumava analyzovali vztahy hustoty zmlazení smrku ztepilého (*Picea abies*) ve fázích semenáčků do výšky 15 cm a nárostů o výšce nad 15 cm na rozkládajících se kmenech v závislosti na stupni rozkladu, průměru kmene, kontaktu se zemí, předpokládané příčiny uhynutí stromu, zakrytí okolní vegetací a přítomností druhů dřevokazných hub. Jsou to právě dřevokazné houby, které významně přispívají k rozkladu dřevní hmoty. BAČE et al. (2012) zjistili, že houby, způsobující bílou hnilobu, především pak rodu *Armillaria* spp. a *Phellinus nigrolimitatus* mají pozitivní vliv na hustotu jak semenáčků, tak nárostů. Naopak přítomnost hub, způsobujících červenou hnilobu, jako např. *Fomitopsis pinicola* mají negativní vliv na hustotu zmlazení. ZIELONKA (2006) se zabýval otázkou, kolik let musí uplynout od čerstvě padlého kmene smrku ztepilého (*Picea abies*) až do jeho úplné dekompozice. Tento jev studoval v přírodních smrkových subalpínských lesích západních Karpat v Polsku, v nadmořské výšce 1200–1300 metrů. Za minimální dobu, potřebnou k úplnému

rozkladu ležícího smrkového kmene stanovil období 70-80 let od jeho smrti, ovšem za předpokladu, že se kmen celou svojí délkou dotýká půdy. Podle ZIELONKY (2006) dochází k nejvyššímu počtu zmlazení na ležících kmenech 30-60 let po jejich smrti, kdy se dřevo nachází ve stádiu rozkladu 4-7 na osmibodové stupnici. Ovšem nevylučuje také jeho dřívější kolonizaci, zvláště pak během druhého desetiletí od smrti stromu. NAKAMURA (1987); HARMON & FRANKLIN (1989) a HOLEKSA (1998) uvádějí, že hustota zmlazení se snižuje na kmenech ve stupni rozkladu 8 na osmibodové stupnici. Podle nich jde o důsledek intenzivní konkurence s ostatními kolonisty z rostlinné říše, většinou cévnatých rostlin a kapradin, které rostou rychleji a semenáčky smrku ztepilého zastíňují. S různými názory na dobu rozpadu kmene přišla celá řada autorů, např. VACEK (1982) uvádí minimální dobu dekompozice smrku ztepilého 25-155 let, RENVALL (1995) naopak 70-200 let. Zřejmě nejdelší doba dekompozice odumřelé dřevní hmoty probíhá podle HARMONA et al. (1986) v boreálních lesích. Ti zkoumali dobu rozpadu dřevin zeravu obrovského (*Thuja plicata*) a douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii*) v boreálních lesích Severní Ameriky. U douglasky tisolisté stanovili dobu dekompozice odumřelé dřevní hmoty na 300 let a u zeravu obrovského dokonce na 1000 let od jejich smrti. Je tedy zřejmé, že doba dekompozice CWD, tedy hrubých dřevěných zbytků je závislá především na druhu dřeviny a výškovém a vegetačním stupni. SIPPOLA & RENVALL (1999) vytvořili pětibodovou stupnici rozkladu mrtvého dřeva, založenou na metodě pronikání špičatého předmětu (nože, hřebu apod.) do dřeva. Podle této stupnice ZIELONKA (2006) určil, že nejvyšší hustota zmlazení smrku ztepilého přichází ve stupni rozkladu 3, kdy je dřevo částečně rozložené (uvnitř nebo zvenku), hřeb lze zarazit do hloubky 3–5 cm a kůra se vyskytuje ve velkých kusech, případně chybí (SIPPOLA & RENVALL 1999).

Jak již bylo uvedeno v kap. 3.1, je pro uchycení a následné vyklíčení semen, zejména rodu *Picea* důležitým faktorem průměr ležícího kmene. JONÁŠOVÁ (2001) uvádí, že pro zmlazení, především v horských smrčinách, které jsou oproti lesům níže položeným prosvětlenější, je důležitým faktorem ponechávání kmenů velkých dimenzí. Ty podle ní poskytují velice vhodné podmínky pro uchycení semen na poměrně velké ploše, která jednak pomaleji tleje, což ostatně potvrzuje také HOLEKSA (2001), anebo RENVALL (1995) a zároveň poskytuje vyklíčeným semenáčkům ochranu před okolní, především travní vegetací. JONÁŠOVÁ (2001)

dále uvádí, že kmeny větších dimenzí udržují vyrovnané teplotní a vlhkostní podmínky, což je pro vyklíčení semen poměrně důležitý faktor. TAKAHASHI et al. (2000) upozorňují na fakt, že pokrytí kmene kůrou může mít významný vliv na mortalitu semenáčků. Přítomnost kůry omezuje vstup patogenních hub do dřeva, čímž zpomaluje jeho rozklad. VACEK (1982) uvádí, že ještě více jak padesát let od smrti stromu lze na částech odumřelého kmene najít místa pokrytá kůrou, bez přítomnosti hub. Pozitivní vliv na zmlazení především smrku ztepilého mohou mít mechy, které jednak udržují na tlejícím kmeni dostatečnou vlhkost a jednak vytvářejí organickou vrstvu s dostatkem živin (HARMON et al. 1986). Například IJIMA et al. (2006) uvádí, že mechorosty vyskytující se na tlejících kmenech jsou prospěšné pro růst semenáčků rodu *Picea*, ovšem nesmí tyto semenáčky předrůst. Naopak úplná absence mechorostů na mrtvém dřevě může negativně ovlivnit uchycení samotných semen (HARMON et al. 1986). Z výše uvedených poznatků vyplývá, že všechny faktory, které ovlivňují vlastnosti mrtvého dřeva s ohledem na biodiverzitu, jsou zásadně ovlivněny mezoklimatickými a mikroklimatickými vlastnostmi daného stanoviště (BAČE 2016). SVOBODA (2006) upozorňuje na skutečnost, že původ odumření stromu, např. houbovými patogeny může významně ovlivnit kvalitativní vlastnosti tlejícího dřeva. Je rozdíl mezi stromem, který byl z důvodu ataku nějakého houbového patogenu pouze oslabený a snáze pak podlehnul působení abiotických činitelů a mezi stromem, který byl houbovými patogeny přímo usmrcen a tlející dřevo bylo vytvářeno již ve formě souší (SVOBODA 2006). Je potřeba si ale uvědomit, že všechny výše uvedené faktory byly zkoumány především ve vyšších polohách, a proto je vhodné je opět v podobných klimatických a biogeografických podmínkách srovnávat s jinými výsledky.

4. Metodika

4.1 Charakteristika zkoumaného území

Zkoumaným územím je Karlovarský kraj s rozlohou 3 315 km², který je rozčleněn do tří okresů, Karlovy Vary, Sokolov a Cheb. Karlovarský kraj se geograficky nachází v západní části České republiky a je součástí rozsáhlé regionálně-geologické jednotky zvané Český masiv (ZAHRADNICKÝ et al. 2004). Severní a západní hranici, tvoří se Spolkovou republikou Německo, východní hranici s Ústeckým a jižní hranici s Plzeňským krajem. Ráz krajiny je převážně pahorkatinný, nejvyšším bodem je krušnohorský Klínovec (1244 m n. m.). Klima odpovídá mírné teplé oblasti s 30 letními dny a 130 dny mrazovými, přičemž průměrná roční teplota se pohybuje nad 6 °C a průměrný roční úhrn srážek je 700 mm. Krušné hory a Slavkovský les pak mají charakter oblasti chladné, s 20 letními dny, 160 dny mrazovými, průměrnou roční teplotou 5 °C a průměrným úhrnem srážek až 1000 mm (ÚHÚL-OPRL 2005). Nejčastějším půdním typem jsou kambizemě, převážně pak kambizemě kyselé, které najdeme především v pahorkatinách a vrchovinách Slavkovského lesa, v podkrušnohorských pánvích, v nižších částech Krušných hor a na jihu Karlovarska. Nejvyšší partie v polohách nad 800 m n. m. pak zaujímají kyselé podzoly a gleje doprovázené organozeměmi, v polohách 600–800 m n. m. se vyskytují kryptopodzoly (ZAHRADNICKÝ et al. 2004). Pestrost fyzicko-geografických podmínek výrazně ovlivňuje charakter vegetačního pokryvu, který je výsledkem jednak jeho spontánního vývoje, resp. posledního glaciálu, kdy docházelo k imigraci rostlinných druhů a jednak antropogenní činností. Lesy Karlovarského kraje pokrývají 42,3 % plochy z celého území a plocha lesních porostů činí 140 611 ha (EAGRI 2016). Původní porosty s poměrně velkým podílem listnáčů byly v minulosti nahrazeny porosty jehličnatými.

4.1.1 Okres Karlovy Vary

Celková rozloha tohoto okresu je 1628 km², na severu hraničí se Spolkovou republikou Německo (SRN), na západě sousedí s okresem Sokolov, na východě s okresy Chomutov a Louny, na jihovýchodě s okresem Plzeň-sever a na jihu s okresem Tachov. Povrch okresu se vyznačuje značnými výškovými rozdíly, které jsou také příčinou velkých klimatických rozdílů. Nejvýše položeným místem je vrchol

Klínovce v Krušných horách (1243,7 m n. m.) s průměrnou roční teplotou 2,7 °C, nejnižší položeným místem je potom hladina řeky Ohře pod obcí Boč (310 m n. m.) s průměrnou roční teplotou přesahující 7°C. Počet mrazových dnů, kdy teplota může dosahovat, až -27 °C se pohybuje mezi 120 a 180 dny, počet letních dnů mezi 10 a 30 dny. V nejvyšších partiích Krušných hor se celoroční úhrn srážek pohybuje v průměru více jak 1100 mm, v nejnižších partiích pak pouhých 600 mm (ZAHRADNICKÝ et al. 2004). Okres Karlovy Vary se pedologicky řadí do regionu kyselých a nasycených kambizemí, v horských polohách přecházejících do podzolů. Na úpatí Krušných hor se pak můžeme setkat s organozemí, rašelinou o mocnosti až 8 metrů, vytvářející zde rozsáhlé komplexy vrchovišť.

Lesy okresu Karlovy Vary jsou součástí přírodní lesní oblasti PLO 1 (Krušné hory), PLO 2 (Podkrušnohorské pánve), PLO 3 (Karlovarská vrchovina) a PLO 4 (Doupovské hory). Lesy zaujímají plochu 63 334,70 ha, což je 40,1 % z celkové plochy okresu (EAGRI 2016). Podíl jehličnatých dřevin je 81 %, z toho tvoří 68 % smrk ztepilý (*Picea abies*), 9 % borovice lesní (*Pinus sylvestris*), a 4 % modřín opadavý (*Larix decidua*). Podíl listnatých dřevin je pouhých 19 %, z nichž tvoří 4 % buk lesní (*Fagus sylvatica*), 3 % javor (*Acer spp.*), 2 % dub (*Quercus spp.*), 2 % jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), 4 % bříza bradavičnatá (*Betula pendula*), 2 % olše (*Alnus spp.*) a 2 % ostatní listnaté dřeviny (ÚHÚL-OPRL 2005). Především z důvodu ochrany pásem zdrojů léčivých a minerálních vod, ale také z důvodu poměrně velkého zastoupení stávajících, ale také nově vznikajících Národních přírodních rezervací, převládají v okresu Karlovy Vary lesy zvláštního určení, jejich výměra činí 32 070,10 ha. Lesy ochranné, s celkovou výměrou 1 616,84 ha jsou tvořeny porosty především ve vyšších polohách Krušných hor na nepříznivých stanovištích. Lesy hospodářské pak zaujímají plochu 29 647,76 ha (EAGRI 2016).

4.1.2 Okres Sokolov

Okres Sokolov je svojí rozlohou 752,8 km² nejmenším okresem Karlovarského kraje. Na severu a severozápadě sousedí se SRN, na východě s okresem Karlovy Vary, na jihu a na západě s okresem Cheb. Území je převážně hornaté, střední část okresu pak leží v kotlině, Sokolovské pánvi. Nejvyšším bodem je Špičák (990,8 m n. m.), nejnižším místem je údolí řeky Ohře mezi Loktem a Doubím (380 m n. m.). Okres Sokolov leží ve dvou klimatických oblastech (QUITT 1971). Do chladné oblasti

řadíme vyšší a horské polohy Krušných hor a Slavkovského lesa, kde se průměrná roční teplota pohybuje okolo 5 °C, do mírně teplé klimatické oblasti pak řadíme Sokolovskou pánev s průměrnou roční teplotou okolo 7°C. Počet mrazových dnů s teplotami klesajícími někdy až k mínus 26 °C je 110–150 za rok. Počet letních dnů 10–40. Dlouhodobé průměrné roční úhrny atmosférických srážek se na celém území okresu pohybují od 600 do 800 mm, v Krušných horách okolo 1000 mm (ZAHRADNICKÝ et al. 2004). Půdní poměry byly a stále jsou silně ovlivněny především těžbou hnědého uhlí a následnou rekultivací vytěžených území, kde se nacházejí převážně degradační antrozemě. Na zbytku území pak převládají kyselé kambizemě, v krušných horách přecházející do podzolů.

Lesy okresu Sokolov jsou součástí PLO 1 (Krušné hory), PLO 2 (Podkrušnohorské pánve) a PLO 3 (Karlovarská vrchovina). Lesnatost okresu je 49,6 %, plocha lesních porostů činní 37 725,06 ha. Na rozdíl od okresu Karlovy Vary zde převládají lesy hospodářské s celkovou plochou 25 022,42 ha, lesy zvláštního určení mají výměru 11 944,46 ha a lesy ochranné 758,18 ha (EAGRI 2016). V současné době zaujímají jehličnaté dřeviny 87 % plochy okresu, z toho smrk ztepilý (*Picea abies*) tvoří 75 %, borovice lesní (*Pinus sylvestris*) 9 %, modřín opadavý (*Larix decidua*) 2 % a ostatní jehličnaté dřeviny 1 %. Do kategorie ostatní můžeme zařadit především introdukované dřeviny použité při rekultivacích výsypek. Listnaté dřeviny zaujímají pouze 13 % plochy okresu, z toho bříza bradavičnatá (*Betula pendula*) 6 %, olše (*Alnus spp.*) 3 % a ostatní listnaté dřeviny 4 % (ÚHÚL-OPRL 2005).

4.1.3 Okres Cheb

Okres Cheb je nejzápadnějším okresem České republiky s rozlohou 933 km². Západní stranou hraničí se SRN, severní a východní stranou sousedí s okresy Sokolov a Karlovy Vary, z jihu pak s okresem Tachov. Území bylo v minulosti ovlivněno především vulkanickou činností a složitou tektonickou strukturou, což se projevuje desítkami vývěrů minerálních pramenů a výronů oxidu uhličitého (ZAHRADNICKÝ et al. 2004). Chebská pánev je seismicky nejaktivnější územím v České republice. Nejvyšším bodem je vrchol Slavkovského lesa Lesný (982,5 m n. m.), nejnižším místem je potom hladina řeky Ohře u Mostova (419 m n. m.). Průměrné roční teploty vzduchu se pohybují v nižších polohách mezi 6–7 °C, ve vyšších, především horských polohách v rozmezí 4–5°C. Počet mrazových dnů, kdy teplota historicky klesla, až na

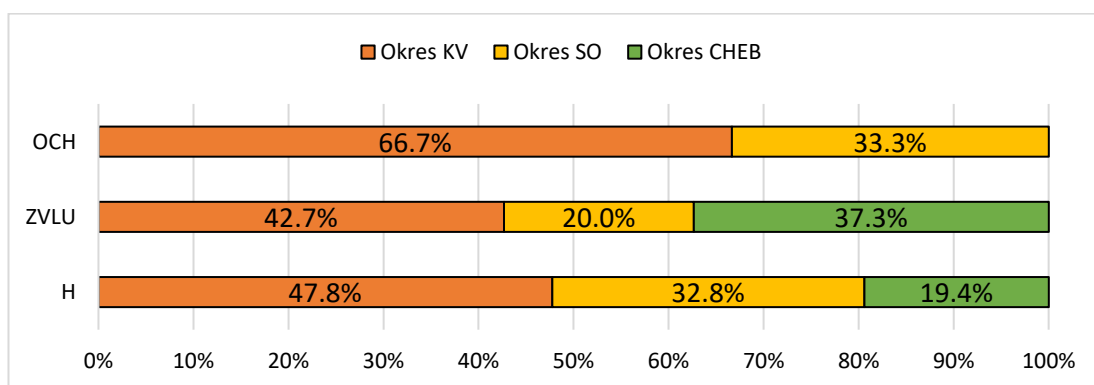
-30 °C se pohybuje mezi 120–160, počet letních dnů mezi 10 a 30. Na většině území spadne v dlouhodobém průměru 600–800 mm atmosférických srážek, ve vyšších polohách Slavkovského lesa a Krušných hor je to potom 800–900 mm srážek za rok. Území okresu náleží do regionu převážně kyselých kambizemí a hydromorfních půd. Ostrůvkovitě se zde nacházejí organozemě, především pak v okolí Františkových Lázní, Kateřiny (Soos) a ve vrcholových partiích Slavkovského lesa (Kladská).

Lesy okresu Cheb jsou součástí PLO 1 (Krušné hory), PLO 2 (Podkrušnohorské pánve), PLO 3 (Karlovarská vrchovina), PLO 6 (Západočeská pahorkatina) a PLO 11 (Český les). Lesy pokrývají 38,9 % z celkové plochy okresu, což činí 39 551,51 ha. Nejvyšší zastoupení zde mají lesy zvláštního určení, které zaujímají plochu 25 822,34 ha. Důvodem je stejně jako v okresu Karlovy Vary ochrana zdrojů léčivých a minerálních vod, dále pak ochrana prvních zón CHKO Slavkovský les a prvních pásem hygienické ochrany vod. Lesy hospodářské zaujímají plochu 13 206,52 ha a lesy ochranné 522,65 ha (EAGRI 2016). Stejně jako v okresu Karlovy Vary a Sokolov zaujímají největší podíl jehličnaté dřeviny se zastoupením 89 %, z toho tvoří smrk ztepilý (*Picea abies*) 72 %, borovice lesní (*Pinus sylvestris*) 15 % a modřín opadavý (*Larix decidua*) 2 %. Listnaté dřeviny se na skladbě podílejí 11 %, z toho buk lesní (*Fagus sylvatica*) 1 %, dub (*Quercus spp.*) 1 %, javor (*Acer spp.*) rovněž 1 %, bříza bradavičnatá (*Betula pendula*) 4 %, olše (*Alnus spp.*) 2 % a ostatní listnaté dřeviny rovněž 2 % (ÚHÚL-OPRL 2005).

4.2 Sběr dat

Sběr dat probíhal po celém Karlovarském kraji na plochách šetřených v rámci projektu Ministerstva zemědělství ČR, „*Sledování stavu a vývoje lesních ekosystémů (SSLEK)*“, což je prozatím neoficiálně již třetí pokračování Národní inventarizace lesů (NIL 3). Návrh na oficiální zahájení třetího pokračování NIL byl předložen garantovi NIL ČR Ministerstvu zemědělství. Ministerstvo tento záměr přijalo a pověřilo v roce 2015 Ústav pro hospodářskou úpravu lesů (ÚHÚL) provedením již výše zmiňovaného projektu (SSLEK) do doby, než bude vyhlášena třetí NIL nařízením vlády. Data byla sbírána ve dvou etapách, jarní sezóně, která probíhala od dubna 2017 do července 2017 a podzimní sezóně, uskutečněné v období od července 2017 do října 2017. Za uvedená období bylo navštíveno celkem 197 inventarizačních ploch, ať již lesních či nelesních pozemků, na kterých byl v rámci interpretačního čtverce ($a = 51$ m) provedený sběr

dat. Některá data byla sbírána s pomocí přístrojového vybavení, viz níže, které bylo použito s laskavým svolením Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů, jmenovitě pana dr. Miloše Kučery. Určitý podíl zkoumaného území ležel také na nelesních pozemcích, v této práci označovaných jako ostatní pozemky. Tyto lokality zahrnovaly většinou ornou nebo jinak kultivovanou zemědělskou půdu, louky, pastviny, remízky, ale také plochy vojenského výcvikového prostoru Hradiště v Doupovských horách. Pro vytvoření určité představy o distribuci mrtvého dřeva na ostatních pozemcích, byl také na těchto plochách změřený a vyhodnocený plošný rozsah ležící odumřelé dřevní hmoty. Jak již bylo uvedeno, primárním úkolem projektu, během kterého vznikala i tato diplomová práce bylo sledování stavu a vývoje lesních ekosystémů, a proto se největší podíl inventarizačních ploch nacházel především na PUPFL, respektive v lesních porostech. Z tohoto důvodu je podíl lesních a ostatních pozemků v rámci Karlovarského kraje samozřejmě značně nevyrovnaný. Lesy v České republice jsou kategorizovány do třech kategorií, lesů hospodářských, lesů zvláštního určení a lesů ochranných. Každá z těchto kategorií nám představuje jiný způsob hospodaření a měla by tak představovat také rozdílný způsob nakládání s odumřelou dřevní hmotou. Proto byla i v této práci kategorizována distribuce mrtvého dřeva do jednotlivých kategorií lesů. Na obr. 5 můžeme vidět podíl zkoumaných ploch v okresech Karlovarského kraje na jednotlivých kategoriích lesa. Výrazně vyšší zastoupení lesů zvláštního určení v okresech Karlovy Vary a Cheb je dáno především větším počtem lokalit se statutem ochrany zdrojů léčivých a minerálních vod, chráněných krajinných oblastí a přírodních rezervací. Plochy v lesích ochranných byly navštívené pouze v okresech Karlovy Vary a Sokolov, v okrese Cheb se plochy na této kategorii lesa nevyskytovaly. Nejnižší podíl zkoumaných ploch v hospodářských lesích byl v okrese Cheb, což je dáno především vyšším zastoupením lesů zvláštního určení.



Obrázek 5 Procentické zastoupení zkoumaných ploch v okresech Karlovarského kraje na pozemcích lesů hospodářských (H), zvláštního určení (ZVLU) a lesů ochranných (OCH).

Pro zjištění distribuce ležícího mrtvého dřeva, resp. plochy, kterou pokrývá, byla na jednotlivých inventarizačních plochách změřena relativní pokryvnost ponechané odumřelé dřevní hmoty, vztažená k interpretačnímu čtverci o rozměrech 51 x 51 m, tedy k celkové ploše jednoho zkoumaného stanoviště o rozloze 2601 m². Plocha odumřelé dřevní hmoty hroubí a nehroubí byla zaměřena dálkovým laserem Forest Pro propojeným s elektronickým kompasem MapStar a terénním počítačem Armor s technologií Field-Map. Identifikace nehroubí byla provedena změřením průměru elektronickou průměrkou na nejsilnějším konci. Za nehroubí byly považovány fragmenty o průměru <7 cm. Všechny fragmenty nehroubí pak byly zaměřeny do jednotlivých polygonů. Celkovým součtem obsahu všech polygonů nehroubí v inventarizačním čtverci byla zjištěna celková plocha nehroubí. Za hroubí byly považovány fragmenty mrtvého dřeva změřené na obou koncích s průměrem na slabším konci ≥ 7 cm. Zaměření polygonů bylo provedené stejně jako u nehroubí. Jednotlivé kmeny byly zaměřeny jako samostatný polygon. Součtem obsahu všech polygonů na příslušném čtverci byla zjištěna celková plocha mrtvého dřeva hroubí a nehroubí. Dále byl změřený sklon daného stanoviště, určena edafická kategorie, byl určený a popsán původ mrtvého dřeva, tzn., zda se jednalo o ponechané těžební zbytky rozdělené na hroubí a nehroubí, ležící zlomy, vývraty, ležící dřevo odumřelé z důvodu napadení stromu podkorním hmyzem, ležící kmeny stromů odumřelých z důvodu kompetice nebo odumřelých z důvodu jejich fyziologického stáří – rozpadu. Všechny získané údaje byly průběžně zapisovány do předem vytvořené tabulky. Vzhledem k tomu, že počítačová technologie Field-Map Data Collector, která byla pro účely sběru dat v této práci použita je vytvořená a primárně určená pro účely SSLEK (NIL), nemohla být nasnímaná data, např. sken interpretačního čtverce se zaměřenou plochou mrtvého dřeva, využita pro účely zpracování této diplomové práce. Stejně tak se v této diplomové práci nebudou objevovat žádné identifikátory, které by mohly vést k identifikaci inventarizační plochy třetí osobou, a to jak na úrovni GPS souřadnic, tak na úrovni označení porostu apod. Proto byly, pro alespoň hrubé rozlišení jednotlivé lokality rozděleny po okresech, případně lesních hospodářských celcích (LHC). Po lokalizaci, zaměření a identifikaci mrtvého dřeva byly následně v rámci interpretačního čtverce vyhledány vhodné ležící kmeny reprezentující podmínky dané lokality, které ovlivňují vlastnosti mrtvého dřeva, především pak jeho rozklad a mají významný vliv na přirozenou obnovu na mrtvém dřevě. Na ležících kmenech byla změřena délka a průměr na obou koncích. Dále byly na ponechaných ležících kmenech

zjišťovány a popisovány následující charakteristiky, které by měli v dostatečné míře prokázat vliv na přítomnost nebo absenci přirozené obnovy.

- **Druh dřeviny:** Přesné určení druhu dřeviny ležícího kmene, v případě již vysokého stádia rozkladu pouze rozlišení jehličnatého a listnatého dřeva.
- **Dotyk kmene se zemí:** Procentické vyhodnocení dotyku kmene se zemí.
Způsob zjištění: odhadem.
 - I – Kmen se dotýká do $\frac{1}{4}$ země (1–25%)
 - II – Kmen se dotýká do $\frac{1}{2}$ země (26–50%)
 - III – Kmen se dotýká do $\frac{3}{4}$ země (51–75%)
 - IV – Kmen se dotýká od $\frac{3}{4}$ země (76–100%)
- **Sklon ležícího kmene:** Výsledkem je odhadnutý úhel podélné osy ležícího kmene vůči vodorovné rovině. Ležící kmeny byly zařazeny na základě sklonu a podle metodiky NIL (ADOLT et al. 2017) do 5 tříd.
 - I – 0 až 10 stupňů
 - II – 11 až 22,5 stupňů
 - III – 23 až 45 stupňů
 - IV – 46 až 67,5 stupňů
 - V – 68 až 90 stupňů
- **Stupeň rozkladu:** Hodnocení na pětibodové stupnici podle SIPPOLA & RENVALL (1999). K určení stupně rozkladu byl použitý ocelový hřeb o délce 200 mm a max. průměru 7 mm.
 - I – Nedávno odumřelý kmen, hřeb lze zarazit minimálně (pouze několik mm), kmen je zcela v kůře, alespoň místy je možno pozorovat živé lýko.
 - II – Dřevo je tvrdé, hřeb lze zarazit do hloubky 1–2 cm, většina kmene v kůře (výjimka může být u kmenů odumřelých následkem lýkožrouta smrkového).
 - III – Dřevo částečně rozložené (uvnitř nebo zvenku), hřeb lze zarazit do hloubky 3–5 cm, kůra se vyskytuje ve velkých kusech nebo už bez kůry
 - IV – Většina dřeva měkká, hřeb lze zarazit celý nebo téměř celý (15–20 cm), vnitřek dřeva může být stále tvrdý, i když vnější část už může být odpadlá.
 - V – Dřevo velmi měkké (při manipulaci se rozpadá), kmen většinou pokryt vegetací.

- **Pokrytí kmene kůrou:** Procentické vyhodnocení plochy kmene, na které se ještě vyskytuje kůra (borka). Způsob zjištění: odhadem.
- **Průměr kmene:** Výsledkem je průměr dvou na sebe kolmých měření ve středové části kmene zaokrouhlený na celé centimetry. K měření byla použita elektronická průměrka Digitech Professional od společnosti Haglöf.
- **Délka kmene:** Výsledkem je celková délka kmene zaokrouhlená na celé metry. K měření bylo použito lesnické pásmo.
- **Pokryvnost mechorostů:** procentické vyhodnocení pokryvnosti mechorostů vůči celkové ploše ležícího kmene. Způsob zjištění: odhadem.
- **Mocnost mechorostů:** Výsledkem je celková mocnost mechorostů vyskytujících se na ležícím kmeni uvedená v milimetrech. K měření byl použitý skládací metr.
- **Přítomnost dřevokazných hub:** vyhledání a determinace plodnic dřevokazných hub vyskytujících se na ležícím kmeni.
- **Typ hniloby:** určení typu hniloby jednak podle přítomnosti plodnic dřevokazných hub a jednak podle barvy rozkládajícího se dřeva.
I – bílá hniloba
II – červená hniloba
- **Zakrytí postranní vegetací:** Procentické vyhodnocení zakrytí plochy kmene postranní vegetací. Způsob zjištění: odhadem.
I – Kmen je zakrytý do $\frac{1}{4}$ (1–25%)
II – Kmen je zakrytý do $\frac{1}{2}$ (26–50%)
III – Kmen je zakrytý do $\frac{3}{4}$ (51–75%)
IV – Kmen je zakrytý od $\frac{3}{4}$ (76–100%)
- **Přítomnost zmlazení:** byl zjištěný počet a druh uchycených semenáčů, včetně jednoletých, byly zaznamenány případní odumřelý jedinci, byla změřena výška a byl odhadnut věk jedinců. Odhad věku byl založen jednak na počtu přeslenů a jednak na počtu jizviček po přeslenech a terminalních pupenech, a to jak na nadzemní, tak i na podzemní části kmínku (Zielonka 2006).

- **Světelné podmínky:** Pro vyhodnocení světelných podmínek byly použity výsledky získané v rámci šetření projektu SSLEK (NIL 3), kdy se procenticky vyhodnocuje pokryvnost patra neboli cloněná plocha. Nad ležícími kmeny s výskytem přirozeného zmlazení byly světelné podmínky vyhodnocovány individuálně, nikoliv plošně.

I – Plocha je cloněná do $\frac{1}{4}$ (1–25%) [++]

II – Plocha je cloněná do $\frac{1}{2}$ (26–50%) [++]

III – Plocha je cloněná do $\frac{3}{4}$ (51–75%) [-]

IV – Plocha je cloněná od $\frac{3}{4}$ (76–100%) [--]

Jednotlivé zkoumané plochy, které byly v rámci sběru dat navštíveny, se nacházely v rozdílném biogeografickém prostředí s různými faktory, jako jsou lesní vegetační stupně, edafické kategorie, svažítost terénu, světelné podmínky. A právě mezi množstvím ležící odumřelé dřevní hmoty a výskytem přirozeného zmlazení na mrtvém dřevě v lesních ekosystémech a těmito environmentálními faktory může existovat určitá závislost. Pro objektivní posouzení závislosti výskytu přirozené obnovy na odumřelé dřevní hmotě bylo ponechané ležící mrtvé dřevo rozdělené podle TAKAHASHIHO (1994) na kmeny o průměru <20 cm a kmeny o průměru ≥ 20 cm.

Vzhledem k tomu, že mezi mrtvé dřevo patří bezpochyby také pařezy (ZHOU et al. 2007), které jsou ve většině hospodářských lesů jejich nedílnou součástí, byla při sběru dat zohledněna jejich přítomnost, ovšem vzhledem k časové náročnosti celé práce, pouze s ohledem na jejich obsazení zmlazením. Tzn., že jednotlivé pařezy nebyly podrobněji měřeny, nebyly počítány, byla pouze zaznamenána jejich přítomnost. Následně byl vybrán jeden reprezentativní vzorek a byly popsány některé, z již výše uvedených charakteristik, konkrétně stupeň rozkladu, pokryvnost a mocnost mechorostů, přítomnost a druh dřevokazných hub, přítomnost a typ hniloby, světelné podmínky a přítomnost zmlazení. Obdobně bylo postupováno také u stojící odumřelé dřevní hmoty ve formě souší, u kterých byl zaznamenán pouze jejich počet na inventarizační ploše.

4.3 Zpracování dat

V terénu byly získané výsledky zapisovány do předem připravené tabulky, která korespondovala s databází vytvořenou v MS Excel, kam byla všechna nasbíraná data průběžně přepisována a později také statisticky vyhodnocena. Byla zjištěna celková

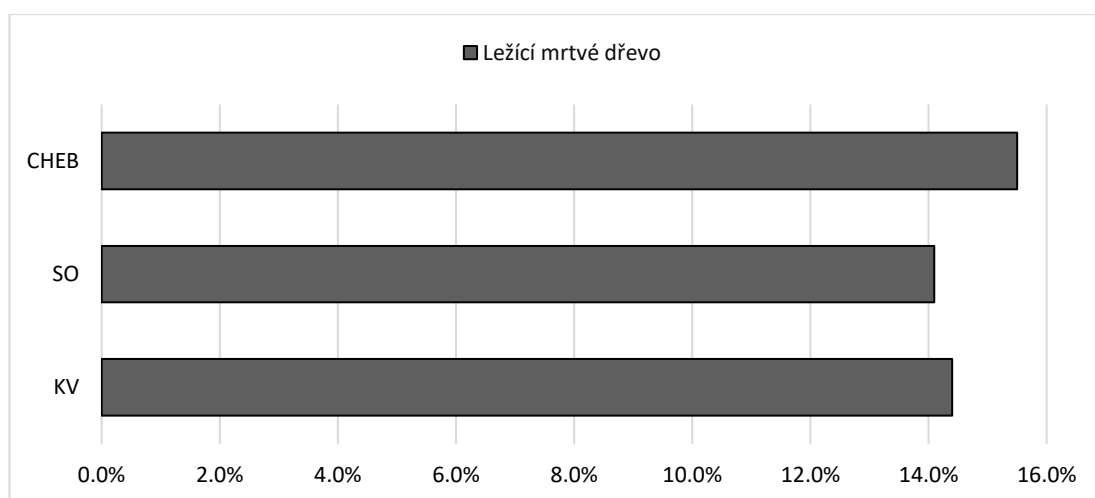
výměra zájmového území jako součin počtu navštívených ploch a výměry jedné plochy, resp. interpretačního čtverce. Dále byla zjištěna celková rozloha plochy s ležící odumřelou dřevní hmotou ve zkoumaném území, jako součet výměr všech změřených polygonů, ve kterých se v interpretačním čtverci nacházelo mrtvé dřevo. Ze získaného výsledku byl následně procenticky a graficky vyjádřený podíl mrtvého dřeva k celkové výměře zkoumaného území. Shodným postupem byla zjištěna také celková výměra lesních pozemků, kategorií lesa, ale také jednotlivých okresů a podílu ponechávané odumřelé dřevní hmoty k celkové ploše jednotlivého atributu. Všechny uvedené atributy byly statisticky vyhodnoceny a graficky vyjádřeny, aby co nejlépe vystihovaly hlavní cíl této diplomové práce, tedy distribuci mrtvého dřeva v lesích Karlovarského kraje. Pro zjištění závislosti mezi ležící odumřelou dřevní hmotou a zmlazením podle jednotlivých environmentálních faktorů byla určena vysvětlující nezávisle proměnná X , která představovala jednotlivé ovlivňující faktory a vysvětlovaná závisle proměnná Y , která představovala podíl ležícího mrtvého dřeva a počet uchycených semenáčků. Pro statistické vyhodnocení závislosti jednotlivých proměnných byla použita regresní analýza. Možná závislost proměnných byla zjišťována metodou nejmenších čtverců, s nastavenou hladinou významnosti $\alpha = 0,05$; $\alpha = 0,01$ a $\alpha = 0,001$ a vyjádřena koeficientem determinace R^2 . K linearizaci vztahu závisle proměnných, představujících počty uchycených semenáčků byla použita logaritmická transformace dat. Byla testována významnost regresního modelu jako celku a zjištěna *p-hodnota*, jako nejmenší hladina významnosti testu, při níž na daných datech ještě zamítneme nulovou hypotézu. Z důvodu většího množství prediktorů byla provedena analýza k posouzení jejich vzájemných vztahů a tyto vztahy byly vyjádřeny korelačním koeficientem R v korelační matici na hladině významnosti 0,01. Pro analýzu vztahů dvou veličin X a Y byly vybrány Spearmanovy korelační koeficienty R_{xy} , které se orientačně používají v případě přítomnosti vybočujících měření nebo nelineárních závislostí, kdy bývají spolehlivější než klasické koeficienty. Spearmanův koeficient korelace popisuje, jak dobře vztah veličin X a Y odpovídá monotónní funkci, která může být, jak již bylo uvedeno samozřejmě nelineární. Statistické modely byly vytvořeny a vyhodnoceny v programu QC.Expert 3.3

5. Výsledky

5.1 Distribuce mrtvého dřeva v Karlovarském kraji

Za období duben až říjen 2017 bylo v Karlovarském kraji navštíveno celkem 197 ploch lesních i nelesních pozemků o celkové výměře 512 397 m². Výměra zkoumaných ploch na pozemcích určených k plnění funkcí lesa (PUPFL) činila 377 145 m² a z celkové rozlohy lesů Karlovarského kraje tvořila podíl 0,03 %. Na všech navštívených plochách byl změřený plošný rozsah ležící odumřelé dřevní hmoty, vztažený vždy k celkové výměře jednoho zkoumaného území. Celkový plošný rozsah ležícího mrtvého dřeva sečtený ze všech zkoumaných ploch jak lesních, tak nelesních pozemků činil 74 753 m². Na PUPFL ležela odumřelá dřevní hmota na ploše 72 022 m² a z celkové rozlohy lesů v Karlovarském kraji tvořila podíl 0,005 %, z toho 0,003 % tvořily těžební zbytky hroubí a nehroubí.

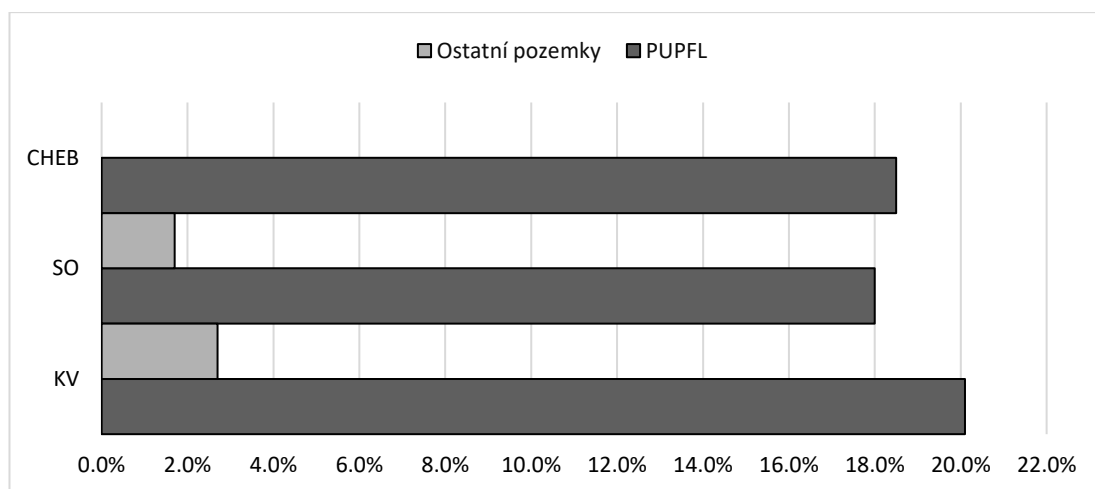
Největší podíl zkoumaných ploch se nacházel okresu Karlovy Vary, kde bylo navštíveno celkem 98 lokalit lesních i nelesních pozemků o výměře 254 898 m². V sousedních okresech byl počet zkoumaných ploch téměř shodný. V okresu Sokolov bylo zkoumáno 50 lokalit o výměře 130 050 m² a v okresu Cheb 49 lokalit o výměře 127 449 m². Plošný podíl ležící odumřelé dřevní hmoty, pro lepší přehlednost graficky znázorněný na obr. 6 tvořil v okresu Karlovy Vary 14,4 %, v okresu Sokolov 14,1 % a v okresu Cheb 15,5 % z celkové rozlohy zkoumaných ploch v jednotlivých okresech.



Obrázek 6 Procentický plošný podíl ležícího mrtvého dřeva na zkoumaných plochách v jednotlivých okresech Karlovarského kraje.

Z celkového součtu rozlohy všech zkoumaných ploch tvořil podíl lesních pozemků 73,6 % a podíl ostatních pozemků 26,4 %. Podíl ležícího mrtvého dřeva na zkoumaných pozemcích určených k plnění funkcí lesa tvořil 19,1 % a na zkoumaných pozemcích ostatních tvořil 2 % z celkové rozlohy všech navštívených ploch. Výrazná diference je způsobena především způsobem využívání jednotlivých druhů pozemků. Pozemky ostatní, kde byl podíl ležícího mrtvého dřeva nejmenší, mají především zemědělské a městské využití a jedná se tudíž převážně o lokality bez přítomnosti dřevin. Značná část těchto pozemků se nacházela rovněž ve vojenském výcvikovém prostoru Hradiště v Doupovských horách, v oblastech s kulturní stepí s porosty křovin.

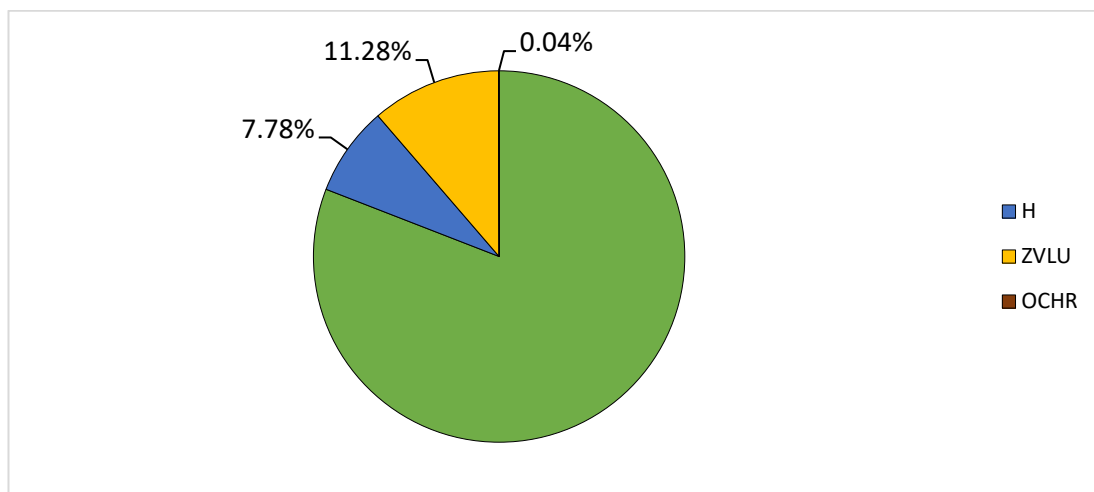
Podíl ležícího mrtvého dřeva v rámci zkoumaných ploch jednotlivých okresů můžeme opět rozdělit na lesní pozemky a na ostatní pozemky. Graf na obr. 7 nám znázorňuje procentický podíl ležící odumřelé dřevní hmoty jak na pozemcích určených k plnění funkcí lesa, tak na pozemcích ostatních jednotlivých okresů. Z celkové rozlohy zkoumaných ploch v lesních porostech okresu Karlovy Vary tvořil podíl plochy ležícího mrtvého dřeva 20,1 %. Podíl 18 % tvořila plocha ležící odumřelé dřevní hmoty v okresu Sokolov a podíl 18,5 % v okresu Cheb. Celkový podíl ležícího mrtvého dřeva v okresu Sokolov a v okresu Cheb je poměrně vyrovnaný. V okresu Karlovy Vary byl podíl ležící odumřelé dřevní hmoty o cca 2 % větší oproti výše uvedeným okresům, což je pravděpodobně dáno především větším podílem zkoumaných ploch v lesních porostech. Podíl odumřelé dřevní hmoty ležící na ostatních pozemcích tvořil v okresu Karlovy Vary 2,7 %, v okresu Sokolov 1,7 % a v okresu Cheb 0 % z celkové rozlohy všech zkoumaných ploch na ostatních pozemcích v rámci Karlovarského kraje.



Obrázek 7 Procentický plošný podíl ležícího mrtvého dřeva na zkoumaných PUPFL (černá barva) a na ostatních pozemcích (šedá barva) v jednotlivých okresech Karlovarského kraje.

Z lesnického pohledu nás ovšem nejvíce zajímá distribuce mrtvého dřeva na pozemcích určených k plnění funkcí lesa, tedy v lesních porostech, kde odumřelá dřevní hmota může plnit různé funkce. Jednak se může podílet na zvyšování biodiverzity, na zlepšování půdních podmínek atd., ale také může mít přímý vliv na výskyt přirozené obnovy. Z tohoto důvodu se další výsledky týkají výhradně distribuce odumřelé dřevní hmoty na PUPFL.

Graf na obr. 8 nám znázorňuje procentický podíl ležícího mrtvého dřeva v lesních porostech lesů hospodářských, lesů zvláštního určení a lesů ochranných na celkové rozloze všech zkoumaných pozemků určených k plnění funkcí lesa, tedy v lesních porostech. V lesích zvláštního určení byl podíl plochy ležící odumřelé dřevní hmoty nejvyšší a tvořil zde 11,28 %, v lesích hospodářských 7,78 % v lesích ochranných byl plošný podíl velice nevýrazný, pouze 0,04 %.

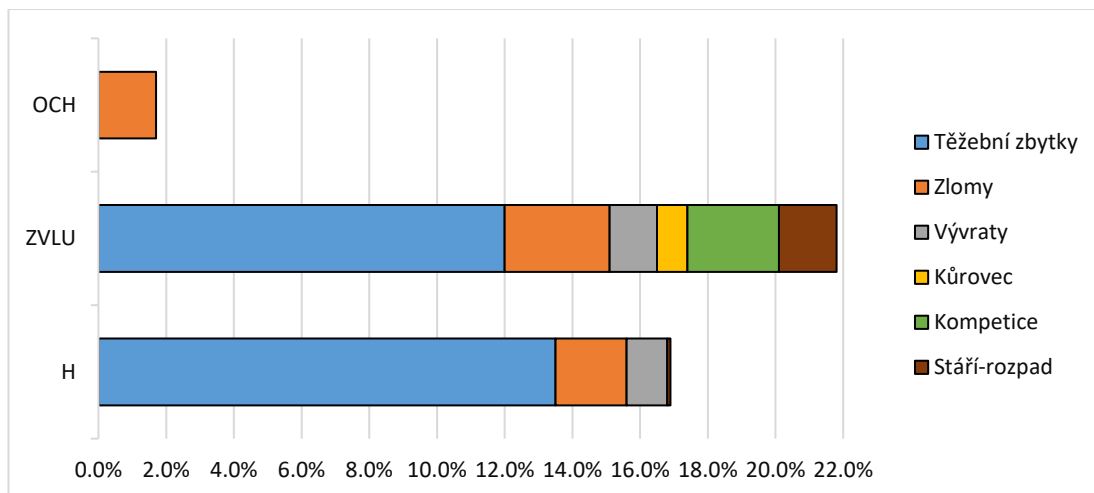


Obrázek 8 Procentický plošný podíl ležícího mrtvého dřeva na zkoumaných plochách v jednotlivých kategoriích lesa.

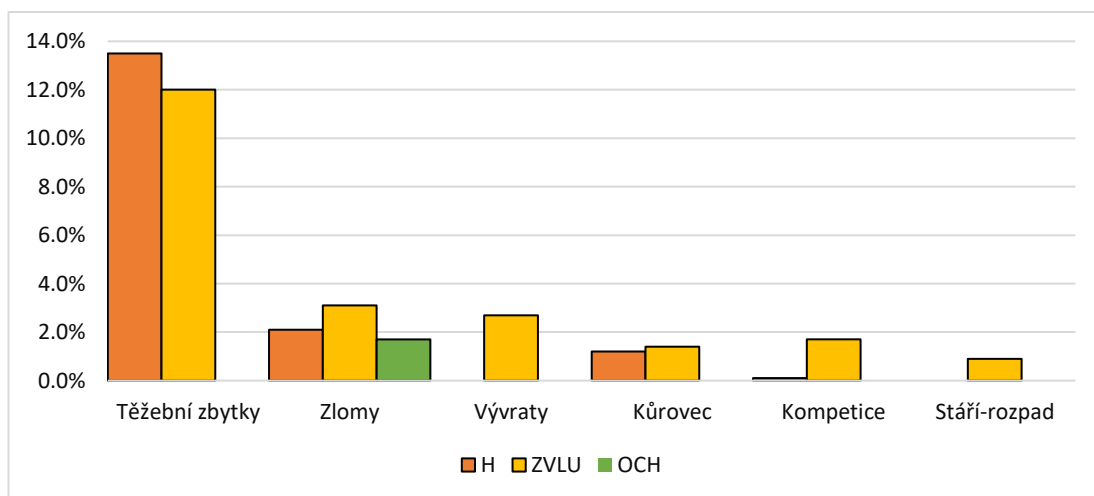
Zajímavé výsledky můžeme vidět na grafickém znázornění procentického podílu jednotlivých forem odumřelé dřevní hmoty na zkoumaných plochách podle jednotlivých kategorií lesa a podle příčiny odumření stromu na obr. 9 a na obr. 10. Odumřelá dřevní hmota byla roztržena do celkem šesti kategorií, na těžební zbytky hroubí + nehroubí, zlomy, vývraty, kůrovcové dřevo, tedy dřevo odumřelé z důvodu napadení podkorním hmyzem, kompetici a fyziologické stáří-rozpad dřeviny.

Z celkové rozlohy zkoumaných ploch v hospodářských lesích tvořily největší podíl 13,5 % těžební zbytky hroubí + nehroubí Zlomy tvořily z celkové rozlohy podíl 2,1 % a vývraty 1,2 %. Kůrovcové dřevo ani mrtvé dřevo z kompetice se na zkoumané ploše v hospodářských lesích nevyskytovalo. V malém zastoupení, pouze 0,1 % zde

ležely fragmenty dřevin odumřelých z důvodu fyziologického stáří, tedy rozpadu stromu, v tomto konkrétním případě vrby jívy (*Salix caprea*). Stojících souší, případně doupných stromů se v hospodářských lesích vyskytovalo opravdu jen velmi málo a na všech zkoumaných plochách jich bylo zaznamenáno pouze šest.



Obrázek 9 Procentický plošný podíl ležícího mrtvého dřeva a jeho jednotlivých forem na zkoumaných plochách v lesích hospodářských, zvláštního určení a ochranných.



Obrázek 10 Procentický plošný podíl ležícího mrtvého dřeva na zkoumaných plochách podle příčiny odumření v závislosti na kategorii lesa.

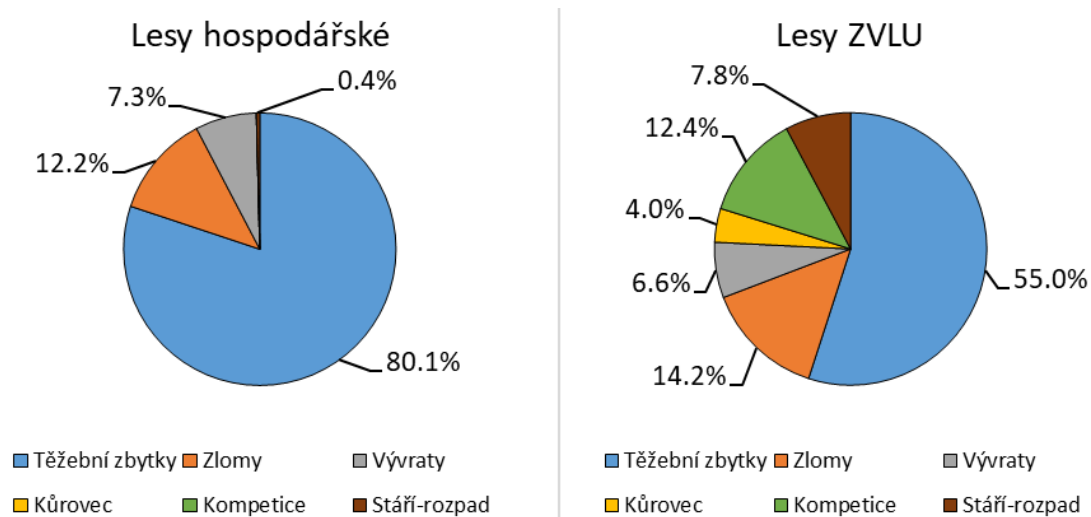
Na celkové rozloze zkoumaných ploch v lesích zvláštního určení se podílely těžební zbytky hroubí + nehroubí 12 %, zlomy 3,1 % a vývraty 1,4 %. Vyskytovalo se zde také kůrovcové dřevo, a to jak ve formě stojících či ležících souší nebo čerstvě napadených stromů, tak ve formě pokácených a ponechaných kmenů. V této práci je hodnoceno pouze ležící mrtvé dřevo, a tak stojící souše nebyly podrobněji měřeny a vyhodnocovány, pouze byl zaznamenán jejich počet v rámci celého zkoumaného území, který čítal celkem 17 odumřelých stromů. Ležící dřevo odumřelé v důsledku

napadení podkorním hmyzem se na celkové rozloze zkoumaných lesů zvláštního určení podílelo 0,9 %. Poměrně velikou plochu zaujímal ležící dřevní hmota dřevin odumřelých z důvodu kompetice, která tvořila 2,7 %, a podíl plochy dřevin odumřelých v důsledku fyziologického stáří tvořil 1,7 %.

Lesy ochranné jsou lesy s mimořádně významnou ekologickou funkcí a měli by především plnit funkci ochrannou (půdoochrannou, klimatickou, hydrickou, ale také např. protilavinovou, vodohospodářskou apod.). Specifikem oproti lesům hospodářským a lesům zvláštního určení je pak výlučná mimoprodukční funkce. Celkové zastoupení lesů ochranných v Karlovarském kraji je velice malé a tvoří pouze 2 % z celkové rozlohy všech lesů tohoto kraje. Plocha zkoumaných lokalit byla přímo úměrná tomuto podílu, a proto v této kategorii byly navštíveny pouze 3 inventarizační plochy o rozloze 7 803 m². Podíl odumřelé dřevní hmoty na této rozloze tvořily pouze zlomy a to 1,7 %. Ostatní formy mrtvého dřeva se na plochách nevyskytovaly.

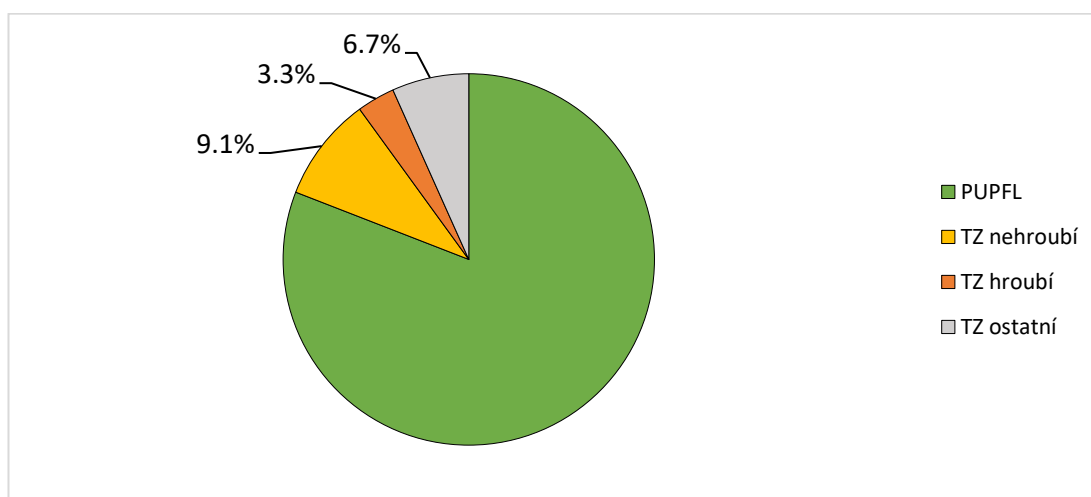
Na celkovém množství ležící odumřelé dřevní hmoty na dané kategorii lesa se v hospodářských lesích podílely 80,1 % těžební zbytky hroubí a nehroubí, 12,2 % zlomy, 7,3 % vývraty a 0,4 % fragmenty přirozeně odumřelých stromů. V lesích zvláštního určení se vyskytovaly všechny formy mrtvého dřeva s podílem 55 % těžebních zbytků hroubí a nehroubí, 14,2 % zlomů, 6,6 % vývratů, 4 % kůrovcového dřeva, 12,4 % stromů odumřelých z důvodu kompetice a 7,8 % stromů odumřelých z důvodů fyziologického stáří, viz grafické znázornění na obr. 11. V lesích ochranných leželo 100 % odumřelé dřevní hmoty ve formě zlomů (není graficky vyjádřeno).

Z výsledků je patrné, že největší podíl ležícího mrtvého dřeva jak v hospodářských lesích, tak v lesích zvláštního určení tvoří ponechané těžební zbytky hroubí a nehroubí. Je tedy zřejmé, že se jedná o nejpodstatnější formu ležící odumřelé dřevní hmoty na pozemcích určených k plnění funkcí lesa.



Obrázek 11 Procentický plošný podíl jednotlivých forem ležícího mrtvého dřeva na zkoumaných plochách v lesích hospodářských a zvláštního určené z celkové plochy odumřelé dřevní hmoty na dané kategorii lesa.

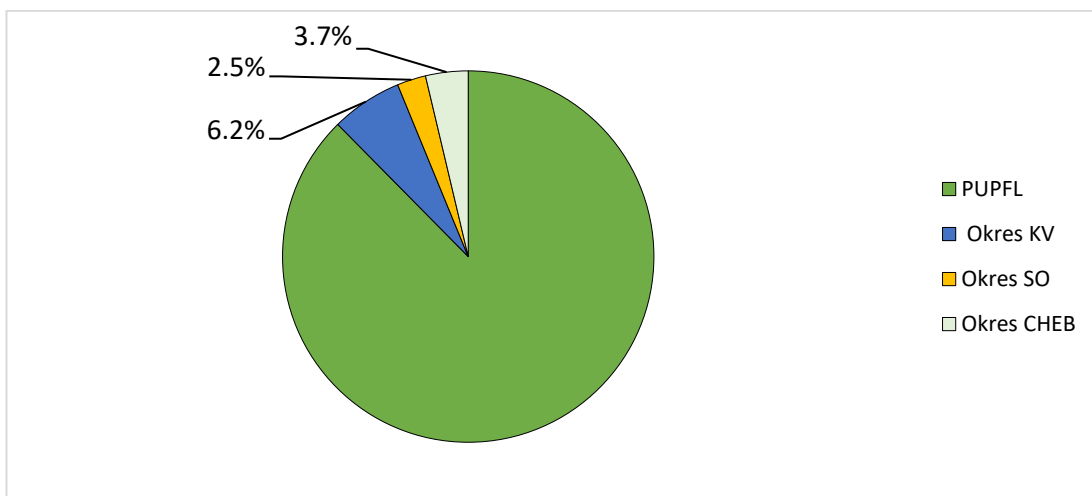
Jak již bylo uvedeno, těžební zbytky tvořily největší podíl odumřelé dřevní hmoty na zkoumaných PUPFL a jsou také pravděpodobně nejvíce ovlivnitelným zdrojem živin v lesních ekosystémech obhospodařovaných lesů a téměř vždy záleží na rozhodnutí lesního hospodáře, zda budou penechány nebo vyklizeny. Důležitým parametrem je forma těžebních zbytků, které dále dělíme na těžební zbytky hroubí a těžební zbytky nehroubí (ZHOU et al. 2007). Plošný podíl, zaujímající ponechané těžební zbytky hroubí a nehroubí na zkoumaných plochách PUPFL tvořil 12,4 %, z toho bylo 9,1 % nehroubí a 3,3 % hroubí, viz grafické znázornění na obr. 12.



Obrázek 12 Procentický plošný podíl těžebních zbytků hroubí a nehroubí ležících na zkoumaných plochách z celkové rozlohy navštívených pozemků určených k plnění funkcí lesa (PUPFL).

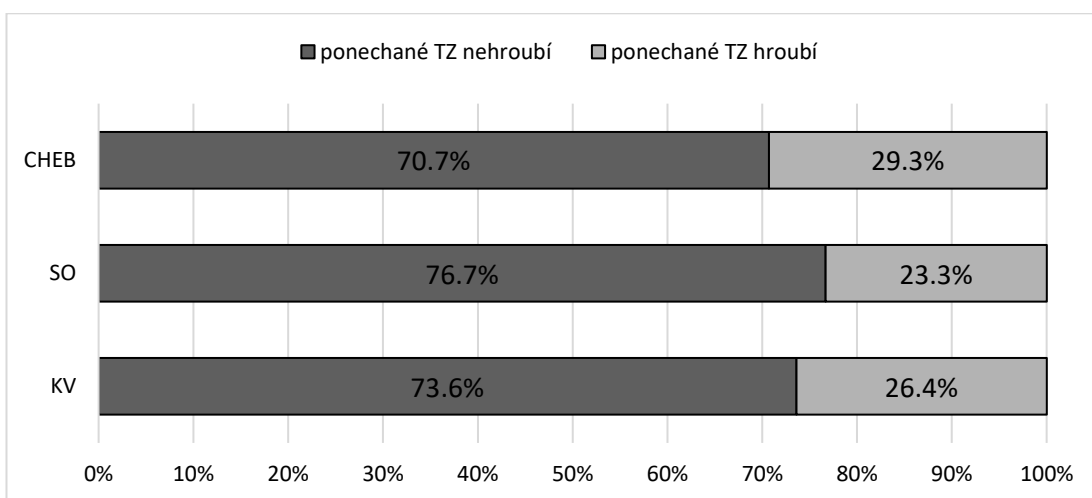
Podíl ponechaných těžebních zbytků hroubí a nehroubí v rámci jednotlivých okresů byl na celkové rozloze zkoumaných PUPFL v rámci Karlovarského kraje

rozdílný, což můžeme vidět na grafickém znázornění na obr. 13. Největší podíl ponechaných těžebních zbytků ležel v okrese Karlovy Vary, kde tato forma mrtvého dřeva tvořila 6,2 %. V okrese Cheb byl podíl 3,7 % a v okrese Sokolov pouze 2,5 %.



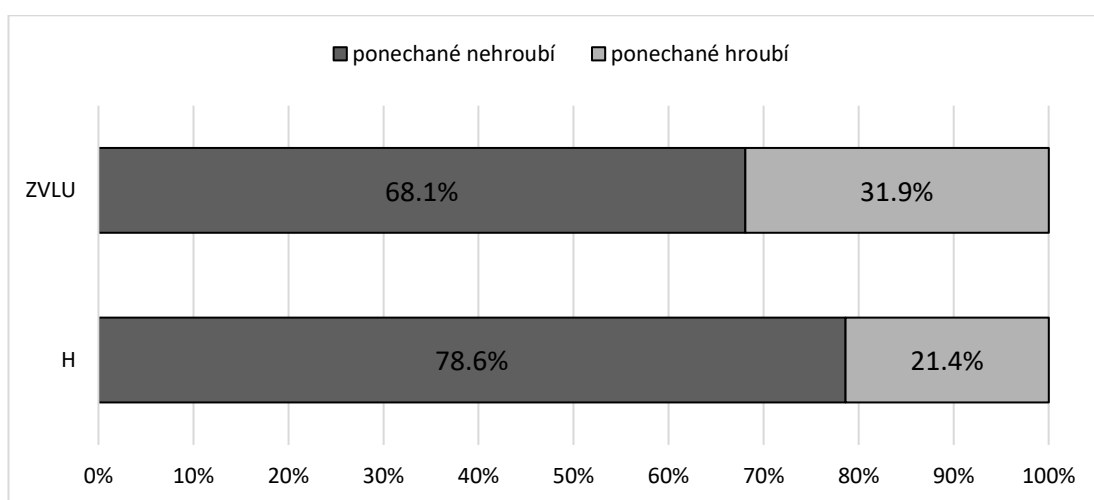
Obrázek 13 Procentický plošný podíl ponechaných těžebních zbytků hroubí + nehroubí na zkoumaných plochách v jednotlivých okresech z celkové rozlohy navštívených PUPFL.

Zastoupení jednotlivých forem těžebních zbytků na zkoumaných plochách ve všech okresech Karlovarského kraje je velice podobné a liší se o max. 6 %. Nejvyšší podíl této odumřelé dřevní hmoty ve formě nehroubí se nacházel v okrese Sokolov, kde tvořil 76,7 % z celkové plochy ponechaných těžebních zbytků v tomto okrese. Podíl hroubí byl naopak nejnižší, a to 23,3 %. V okrese Karlovy Vary tvořil podíl nehroubí 73,6 % a těžební zbytky hroubí podíl 26,4 %. V okrese Cheb tvořil podíl těžebních zbytků nehroubí 70,7 % a podíl hroubí 29,3 %, viz graf na obr. 14.



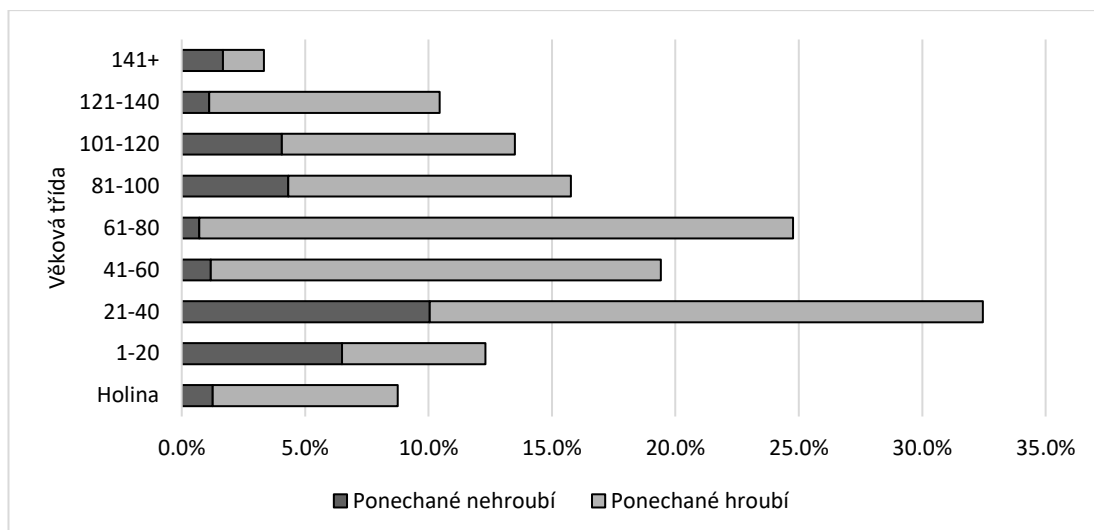
Obrázek 14 Procentický plošný podíl ponechaných těžebních zbytků hroubí a nehroubí na zkoumaných plochách v jednotlivých okresech z celkové rozlohy navštívených PUPFL.

Z uvedených výsledků je patrné, že podíl hroubí a nehroubí z celkové výměry ponechaných těžebních zbytků na zkoumaných plochách v jednotlivých okresech je velice podobný, přičemž silně dominuje forma nehroubí. Ta tvořila v hospodářských lesích z celkové plochy ponechaných těžebních zbytků 78,6 % ve formě především ponechaných větví z těžební činnosti. Těžební zbytky hroubí tvořily většinou ponechané ležící sotimenty v různých délkách s podílem 21,4 %. V lesích zvláštního určení byl podíl nehroubí na celkové ploše těžebních zbytků 68,1 % a podíl hroubí 31,9 %. Forma nehroubí byla podobná, jako v lesích hospodářských, hroubí se většinou vyskytovalo ve formě ponechaných, odvětvených nebo neodvětvených pokácených kmenů, viz grafické znázornění na obr. 15.



Obrázek 15 Procentický plošný podíl ponechaných těžebních zbytků hroubí a nehroubí na zkoumaných plochách v lesích hospodářských a lesích zvláštního určení.

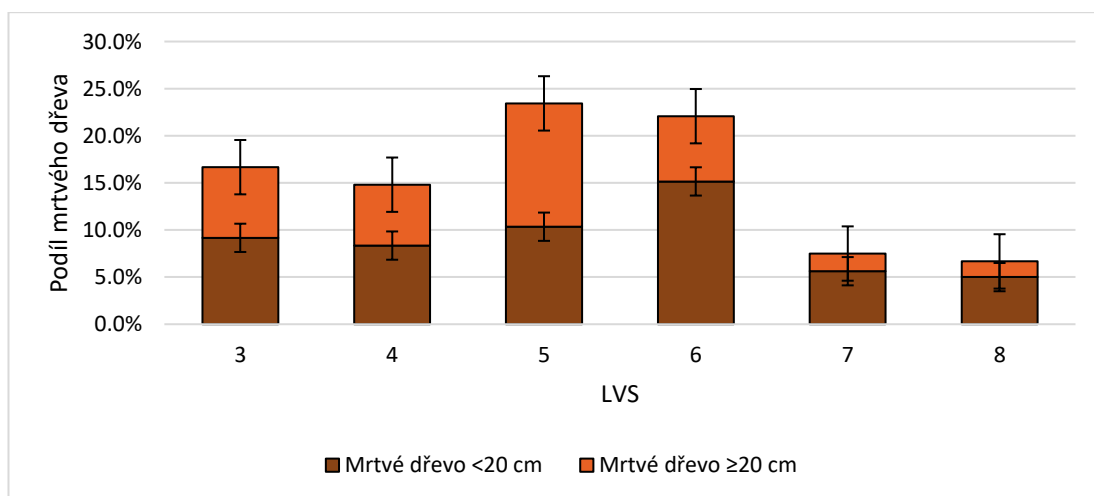
Poslední zajímavou statistickou informací v této kapitole je podíl ležící odumřelé dřevní hmoty na všech zkoumaných PUPFL v rámci celého Karlovarského kraje podle věkových tříd lesních porostů. Na grafickém znázornění na obr. 16 můžeme vidět, že největší zastoupení mrtvého dřeva s převažujícím podílem hroubí leželo ve věkové třídě II, kde se jednalo především o ponechané stromky z výchovných zásahů v tyčkovinách. Ve věkové třídě IV byl podíl ležícího mrtvého dřeva také nezanedbatelný, zde se ovšem většinou jednalo o kombinaci všech forem, tzn. těžebních zbytků silnějších dimenzí, vývrátů, zlomů, ale také o ležící kmeny dřevin odumřelých z důvodu fyziologického stáří. Naopak nejmenší zastoupení mrtvého dřeva se shodným podílem hroubí a nehroubí se nacházelo ve věkové třídě VIII., což jsou porosty starší 140 let. Z výsledků mohou být patrné počátky pozitivního hospodaření s odumřelou dřevní hmotou, především v hospodářských lesích.



Obrázek 16 Procentický plošný podíl ponechávané ležící odumřelé dřevní hmoty na zkoumaných plochách pozemků určených k plnění funkcí lesa v Karlovarském kraji podle věkových tříd lesních porostů.

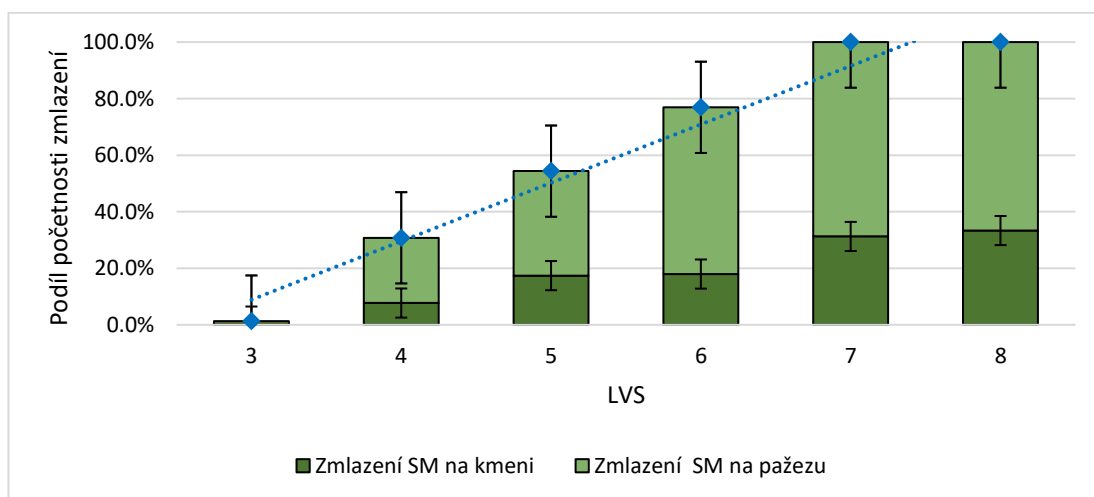
5.2 Vliv faktorů prostředí na mrtvé dřevo a na zmlazení

V grafickém znázornění na obr. 17 můžeme vidět procentický podíl ponechané ležící odumřelé dřevní hmoty v jednotlivých lesních vegetačních stupních (LVS) v rámci všech zkoumaných ploch na pozemcích určených k plnění funkcí lesa, přičemž v prvním, druhém a devátém LVS nebyly lesní porosty zkoumány. Z grafického znázornění je patrné majoritní zastoupení mrtvého dřeva ležícího v pátém LVS, kde dominuje především odumřelá dřevní hmota o průměru ≥ 20 cm. Naopak v šestém LVS mají poměrně významné zastoupení fragmenty ponechaného mrtvého dřeva o průměru < 20 cm. Nejnižší podíl mrtvého dřeva pak ležel v sedmém a osmém lesním vegetačním stupni.



Obrázek 17 Procentický podíl ležícího mrtvého dřeva na zkoumaných plochách v jednotlivých lesních vegetačních stupních v rámci všech zkoumaných ploch v Karlovarském kraji.

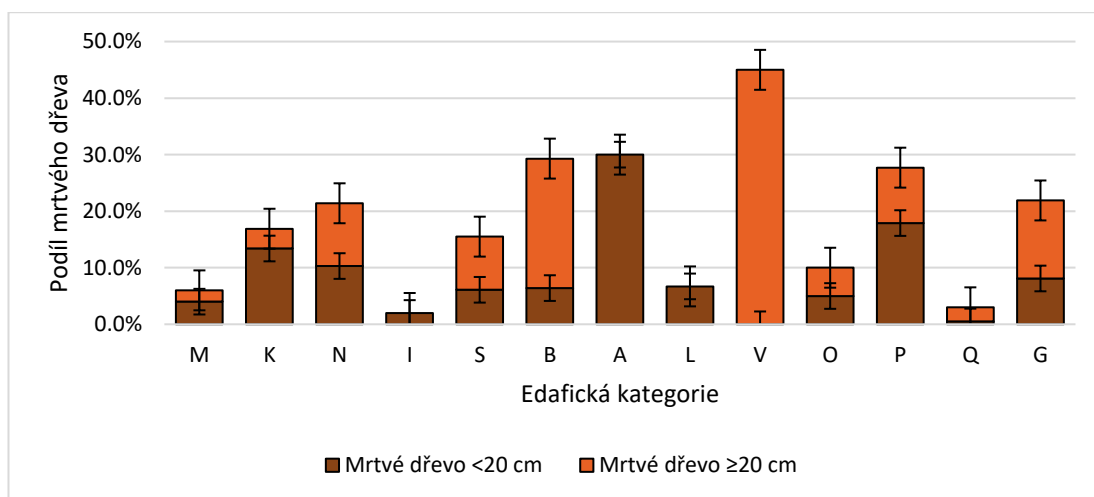
Obrázek 18 graficky znázorňuje procentický podíl početnosti zmlazení jak na ležících kmenech, tak na pařezech, vztažený vždy k celkovému počtu zkoumaných ploch v jednotlivých LVS. Z grafu vyplývá, že se vzrůstajícím lesním vegetačním stupněm exponenciálně narůstá také početnost přirozené obnovy. Největší podíl na tomto růstu má zmlazení na pařezech, přirozená obnova na ponechaných ležících kmenech vždy v rámci dvou vegetačních stupňů spíše stagnuje. Mezi výskytem přirozeného zmlazení na odumřelé dřevní hmotě a vegetační stupňovitostí je statisticky vysoce průkazná kladná závislost, kterou můžeme sledovat na spojnici trendu. Hodnota koeficientu determinace R^2 (0,957) nám vysvětluje téměř 96 % rozptylu závisle proměnné. Model jako celek je na hladině spolehlivosti $\alpha = 0,05$ statisticky významný, protože p-hodnota (0,00069) je menší než nastavená hladina spolehlivosti ($p < \alpha$).



Obrázek 18 Procentický podíl početnosti zmlazení na mrtvém dřevě a na pařezech v jednotlivých lesních vegetačních stupních v rámci všech zkoumaných ploch v Karlovarském kraji a spojnice trendu znázorňující závislost mezi počtem zmlazení a vegetační stupňovitostí.

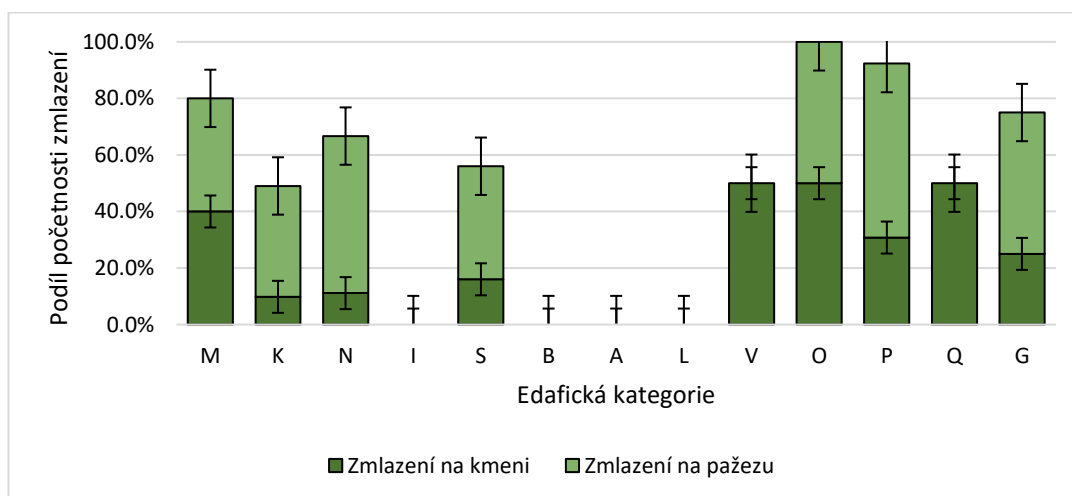
Na obrázku č. 19 můžeme vidět graficky znázorněný procentický podíl ležící odumřelé dřevní hmoty v jednotlivých edafických kategoriích, seřazených podle ekologických řad. Procenticky největší podíl mrtvého dřeva, vztaženo vždy k celkové ploše zaujímající jednotlivou edafickou kategorii, ležel na stanovištích obohacených vodou. Zde dominují vlhká stanoviště na edafické kategorii (V) s jediným zastoupením ležící odumřelé dřevní hmoty o průměru ≥ 20 cm. Poměrně významné zastoupení ležícího mrtvého dřeva okolo 30 % reprezentují kamenitá stanoviště obohacená humusem (A) se stoprocentním zastoupením fragmentů o průměru < 20 cm. Dále stanoviště bohatá (B), s výrazně dominující odumřelou dřevní hmotou o průměru ≥ 20 cm a stanoviště kyselá oglejená (P). Téměř shodné zastoupení mrtvého dřeva

leželo na středně bohatých podmáčených stanovištích (G) a stanovištích chudších, kyselých a kamenitých (N). Na extrémní ekologické řadě xerothermní (X) a skeletovitě (Y), tedy převážně suťových a skalnatých svazích se mrtvé dřevo nevyskytovalo. Vzhledem k tomu, že edafické kategorie nejsou seřazeny podle jednoho gradientu, nedává v tomto případě regresní analýza žádný smysl.



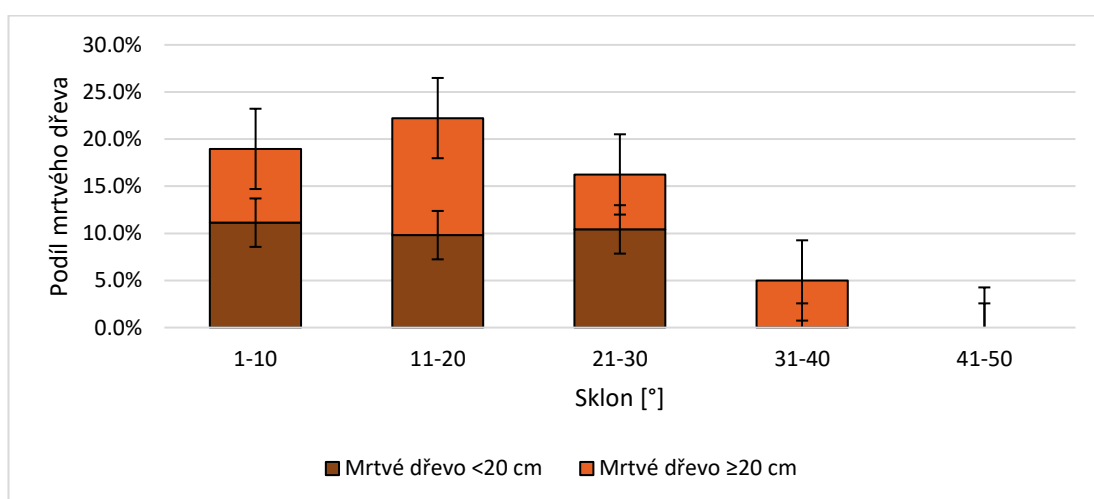
Obrázek 19 Procentický podíl ležícího mrtvého dřeva na jednotlivých edafických kategoriích v rámci všech zkoumaných ploch v Karlovarském kraji.

Přirozené zmlazení se vyskytovalo pouze na ekologické řadě kyselé, částečně živné a dále pak na stanovištích ovlivněných vodou, především na edafické kategorii (O) a edafické kategorii (P), což nám graficky znázorňuje obr. 20. Téměř shodný podíl zmlazení na ležících kmenech vykazují edafické kategorie (V, O a Q), tedy opět stanoviště hydromorfních půd. Z již uvedených důvodů nedává regresní analýza ani v tomto případě žádný smysl.

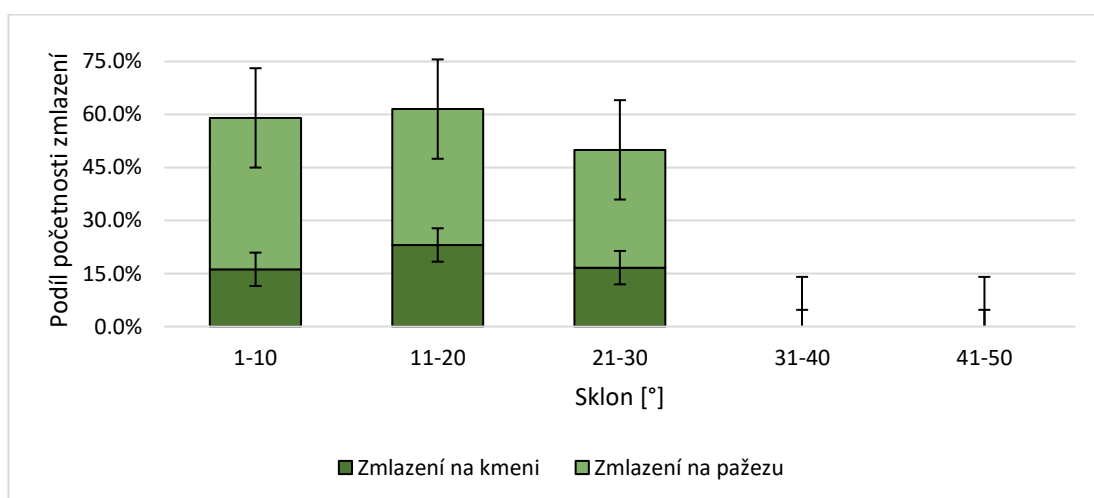


Obrázek 20 Procentický podíl početnosti zmlazení na mrtvém dřevě a na pařezech v jednotlivých edafických kategoriích v rámci všech zkoumaných ploch v Karlovarském kraji.

Mezi rozdílné biogeografické podmínky a environmentální faktory můžeme zařadit také sklon stanoviště. Plochy, které byly v rámci sběru dat navštívené se nacházely na plošinách, v údolích, v horském kopcovitém terénu apod., se sklonem od 0 do 50°. Pro statistické vyhodnocení byly jednotlivé naměřené sklony rozděleny po deseti stupních. Z grafického znázornění na obr. 21 můžeme konstatovat, že největší podíl mrtvého dřeva ležel na stanovištích se sklonem od 11 do 20°, přičemž nejvyšší podíl tvořila odumřelá dřevní hmota o průměru ≥ 20 cm. Naopak nejnižší podíl odumřelé dřevní hmoty se nacházel na plochách se sklonem 31–40°. Na stanovištích se sklonem od 41–50° se ležící mrtvé dřevo nevyskytovalo. Zde je potřeba si ovšem uvědomit, že v zobrazených výsledcích se pravděpodobně odráží skutečnost malého podílu stanovišť se sklonem nad 30°.



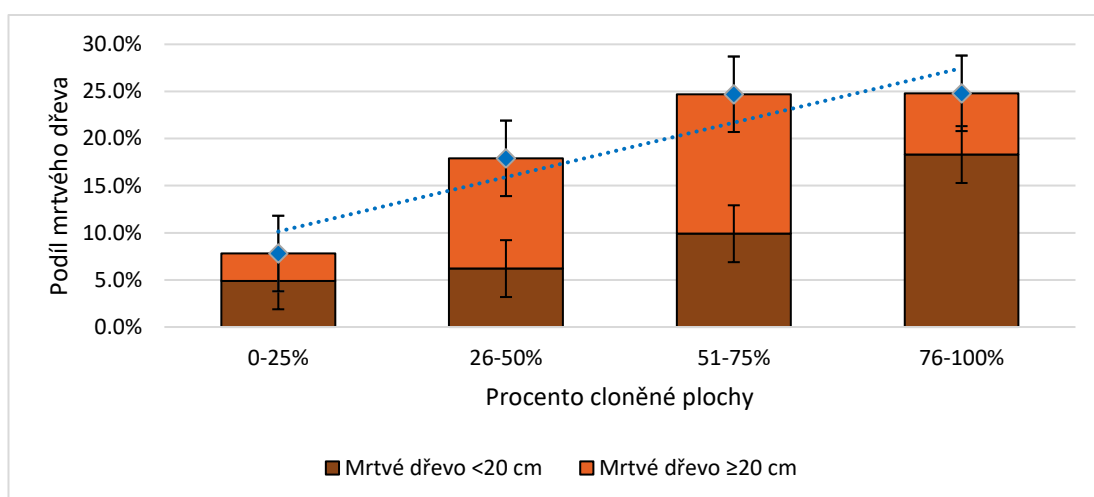
Obrázek 21 Procentický podíl ležícího mrtvého dřeva na stanovištích o různém sklonu v rámci všech zkoumaných ploch v Karlovarském kraji.



Obrázek 22 Procentický podíl početnosti zmlazení na mrtvém dřevě a na pařezech na stanovištích o různém sklonu v rámci všech zkoumaných ploch v Karlovarském kraji.

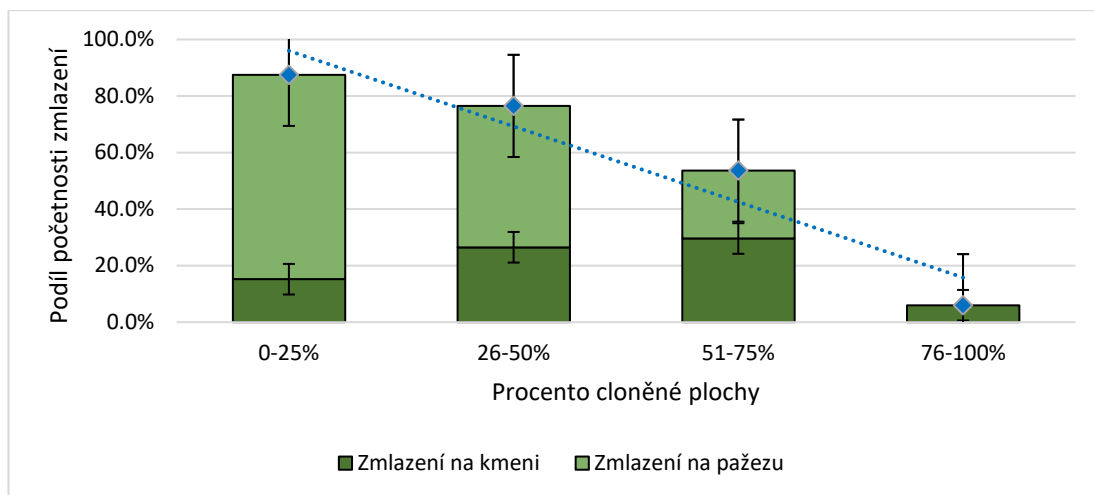
Podíl početnosti přirozené obnovy zmlazující se na ležícím mrtvém dřevě podle sklonu stanoviště nám znázorňuje obr. 22. Téměř shodný podíl zmlazení se vyskytuje na stanovištích se sklonem od 0 do 20°, ale nezanedbatelný podíl zmlazení můžeme vidět také na svazích se sklonem od 21 do 30°.

Světelné podmínky jsou jedním z nedůležitějších faktorů v lesních ekosystémech, které ovlivňují jak makroklimatické, tak mikroklimatické poměry a s nimi řadu dalších důležitých faktorů. Z grafického znázornění na obr. 23 můžeme sledovat statisticky poměrně vysoce průkaznou závislost podílu ležící odumřelé dřevní hmoty na světelných podmínkách stanoviště, kdy se zhoršujícími světelnými podmínkami narůstá podíl ležícího mrtvého dřeva. Hodnota koeficientu determinace R^2 (0,867) nám vysvětluje 87 % rozptylu závisle proměnné. I přes tuto skutečnost byl regresní model na hladině spolehlivosti $\alpha = 0,05$ vyhodnocen jako statisticky nevýznamný, protože p-hodnota (0,06875) je větší než nastavená hladina spolehlivosti ($p > \alpha$).



Obrázek 23 Procentický podíl ležícího mrtvého dřeva na stanovištích s rozdílnými světelnými podmínkami v rámci všech zkoumaných ploch v Karlovarském kraji a spojnice trendu znázorňující závislost mezi podílem mrtvého dřeva a světelnými podmínkami.

Statisticky vysoce průkazný je podíl početnosti přirozeného zmlazení na ležící odumřelé dřevní hmotě v závislosti na světelných podmínkách stanoviště. Na grafickém znázornění obr. 24, ale také na spojnici trendu můžeme tuto závislost sledovat. Se zlepšujícími světelnými podmínkami roste také podíl přirozené obnovy. Hodnota koeficientu determinace R^2 (0,912) nám vysvětluje 91 % rozptylu závisle proměnné. Model jako celek je na hladině spolehlivosti $\alpha = 0,05$ statisticky významný, protože p-hodnota (0,04478) je menší než nastavená hladina spolehlivosti ($p < \alpha$).



Obrázek 24 Procentický podíl početnosti zmlazení na mrtvém dřevě a na pařezech na stanovištích s rozdílnými světelnými podmínkami v rámci všech zkoumaných ploch v Karlovarském kraji a spojnice trendu znázorňující závislost mezi počtem zmlazení a světelnými podmínkami.

5.3 Vliv mikrostanoviště na početnost semenáčků

Kromě již výše uvedených faktorů prostředí existují ještě další faktory, které mohou poměrně významně ovlivnit početnost uchycených semenáčků na jejich mikrostanovištích, tedy na ležících odumřelých kmenech, ale také na pařezech. V tabulce 1 můžeme vidět výsledky jednotlivých jednoduchých regresí, které nám vysvětlují vliv nezávislé proměnné na počet uchycených semenáčků na ležících odumřelých kmenech. Data o počtu uchycených semenáčků byla z důvodu linearizace před regresní analýzou logaritmičsky transformována. Z regresní, ale také z korelační analýzy byla vyloučena proměnná „hniloba“, která byla posuzována pouze na úrovni typu (bílá, hnědá), nikoliv na úrovni škály. Vzhledem k tomu, že zmlazení se na ležící odumřelé dřevní hmotě bez výskytu hniloby nevyskytovalo, byla by analýza závislosti pouze na základě typu hniloby nevypovídající. Regresní ani následná korelační analýza vyjádřená Spearmanovo korelačním koeficientem v tabulce 2, nepotvrdily závislost početnosti uchycených semenáčků na průměru kmene. Korelační analýza nám potvrdila shodné závislosti veličin (X, Y), které byly vyhodnocené jako statisticky významné a vysvětlené v regresní analýze. Všechny statisticky signifikantní veličiny byly hodnocené na hladině významnosti 0,001; 0,01 a 0,05, tzn., že hypotézu o nezávislosti těchto veličin zamítáme právě na této hladině. Výsledky obou analýz jsou interpretovány v rámci hodnocení jednotlivých prediktorů.

Tabulka 1 Výsledky jednoduchých regresí jednotlivých prediktorů. Znaménko plus vysvětluje kladnou závislost, znaménko mínus zápornou závislost.

Nezávisle proměnné vysvětlující variabilitu početnosti zmlazení na kmenech (jednoduchá regresní analýza)				
Vysvětlující proměnná	R²	p-hodnota	Hodnocení modelu	Hodnocení závislosti
Průměr kmene	0.094104	0.125248	Nevýznamný	+
Dotyk kmene se zemí	0.578927	9.29E-06	***	+
Pokrytí kmene kůrou	0.872110	8.65E-12	***	+
Zakrytí postranní vegetací	0.602991	4.639E-06	***	+
Stádium rozkladu	0.515232	4.939E-05	***	+
Světelné podmínky	0.378884	0.000973	***	+
Pokryvnost mechorostů	0.180598	0.031544	*	+
Mocnost mechorostů	0.357967	0.001459	**	+
Významný na hladině spolehlivosti $\alpha = *0,05; **0,01; ***0,001 (p < \alpha)$				

Tabulka 2 Výsledky Spearmanova koeficientu korelace mezi dvěma proměnnými (X, Y)

Spearmanův korelační koeficient vysvětlující závislost mezi proměnnými (X, Y) na kmenech			
Proměnná X	Proměnná Y	R_{xy}	Hodnocení koeficientu
Průměr kmene	Početnost semenáčků	0.334615	Nevýznamný
Dotyk kmene se zemí	Početnost semenáčků	0.767692	***
Pokrytí kmene kůrou	Početnost semenáčků	0.963077	***
Zakrytí postranní vegetací	Početnost semenáčků	0.794615	***
Stádium rozkladu	Početnost semenáčků	0.757692	***
Světelné podmínky	Početnost semenáčků	0.661538	***
Pokryvnost mechorostů	Početnost semenáčků	0.462308	*
Mocnost mechorostů	Početnost semenáčků	0.643077	***
Významný na hladině významnosti *0.05; **0.01; ***0.001			

V tabulce 3 vidíme výsledky jednotlivých jednoduchých regresí, které nám vysvětlují vliv nezávislé proměnné na počet uchycených semenáčků na pařezech. Data o počtu uchycených semenáčků byla z důvodu linearizace před regresní analýzou logaritmičsky transformována. Regresní analýza prokázala, že analyzované faktory statisticky významně ovlivňují mikrostanoviště a tím i početnost uchycených semenáčků na pařezech. Statisticky signifikantní závislost vysvětlující nevyvratitelný vliv na variabilitu zmlazení se prokázala na všech prediktorech. Pro posouzení

vzájemných vztahů proměnných (X, Y) byla opět provedena korelační analýza vyjádřená Spearmanovo korelačním koeficientem v tabulce 4. Korelační analýza potvrdila výsledek regresní analýzy, tedy přímou souvislost mezi početností uchycených semenáčků a jednotlivými ovlivňujícími faktory na pařezech. Výsledky této analýzy jsou interpretovány v rámci hodnocení jednotlivých proměnných.

Tabulka 3 Výsledky jednoduchých regresí jednotlivých prediktorů. Znaménko plus vysvětluje kladnou závislost, znaménko mínus zápornou závislost.

Nezávisle proměnné vysvětlující variabilitu početnosti zmlazení na pařezech (jednoduchá regresní analýza)				
Vysvětlující proměnná	R ²	p-hodnota RM	Hodnocení modelu	Hodnocení závislosti
Stádium rozkladu	0.493615	5.570E-10	***	+
Světelné podmínky	0.136412	0.003992	**	+
Pokryvnost mechorostů	0.131358	0.004788	**	+
Mocnost mechorostů	0.287137	1.222E-05	***	+
Významný na hladině spolehlivosti $\alpha = *0,05; **0.01; ***0.001 (p < \alpha)$				

Tabulka 4 Výsledky Spearmanova koeficientu korelace mezi dvěma proměnnými (X, Y)

Spearmanův korelační koeficient vysvětlující závislost mezi proměnnými (X, Y) na pařezech			
Proměnná X	Proměnná Y	R _{xy}	Hodnocení koeficientu
Stádium rozkladu	Početnost semenáčků	0.738399	***
Světelné podmínky	Početnost semenáčků	0.461251	***
Pokryvnost mechorostů	Početnost semenáčků	0.399182	**
Mocnost mechorostů	Početnost semenáčků	0.581181	***
Významný na hladině významnosti *0.05; **0.01; ***0.001			

Vzhledem k většímu počtu prediktorů, byla provedena Spearmanova korelační analýza vyjadřující na hladině významnosti 0,01 vzájemné vztahy mezi proměnnými na ležících kmenech (tabulka 5) a na pařezech (tabulka 6). Jednotlivé vztahy jsou vyjádřeny koeficienty korelace v korelačních maticích. Z tabulky 5 je patrné, že dotyk kmene se zemí ovlivňuje hned několik dalších faktorů. Pozitivně ovlivňuje například přítomnost kůry na kmeni. Čím více se kmen dotýká země, tím více je ovlivňován půdními podmínkami, především hnilobnými procesy, čímž dochází k opadávání kůry, ale také k rozkladu dřevní hmoty. Výška kmene nad zemí pozitivně ovlivňuje jeho zakrytí okolní vegetací, tzn., že čím výše kmen leží, tím více může konkurovat

tlaku postranní vegetace a tím lepší jsou také světelné podmínky na kmeni. Absence kůry na kmeni zase pozitivně ovlivňuje například rozklad dřeva, nebo pokryvnost a mocnost mechorostů. Rozklad dřevní hmoty pozitivně ovlivňuje růst okolní vegetace, především pak uvolňováním živin do půdy. Okolní vegetace je ale rovněž pozitivně ovlivňována světelnými podmínkami stanoviště. Postranní vegetace pozitivně ovlivňuje mocnost mechorostů, které se vyšším růstem snaží odolávat konkurenčnímu prostředí.

Tabulka 5 Korelační matice vyjadřující odhad vícenásobného korelačního koeficientu r na hladině významnosti 0,01 mezi jednotlivými prediktory ovlivňujícími početnost zmlazení na ležících kmenech. Statisticky významné korelační koeficienty jsou zvýrazněny červeně, černě jsou pak uvedeny statisticky nevýznamné korelační koeficienty.

Proměnná	Ø kmene	Dotyk se zemí	Pokrytí kůrou	Stádium rozkladu	Světelné podmínky	Zakrytí vegetací	Pokryvnost mechů	Mocnost mechů
Ø kmene	1	0.23769	0.26538	0.23846	0.42	0.17385	-0.12769	0.18615
Dotyk se zemí	0.23769	1	0.78308	0.58846	0.59154	0.77308	0.40692	0.43077
Pokrytí kůrou	0.26538	0.78308	1	0.72692	0.59231	0.77385	0.52077	0.60846
Stádium rozkladu	0.23846	0.58846	0.72692	1	0.43692	0.59	0.46846	0.29615
Světelné podmínky	0.42	0.59154	0.59231	0.43692	1	0.68077	0.09231	0.43538
Zakrytí vegetací	0.17385	0.77308	0.77385	0.59	0.68077	1	0.39615	0.63308
Pokryvnost mechů	-0.12769	0.40692	0.52077	0.46846	0.09231	0.39615	1	0.12923
Mocnost mechů	0.18615	0.43077	0.60846	0.29615	0.43538	0.63308	0.12923	1

Korelační matice v tabulce 6 poukazuje na skutečnost, že rozklad pařezů je pozitivně ovlivňován světelnými podmínkami stanoviště. Mocnost mechorostů je pozitivně ovlivňována stupněm rozkladu pařezu. To znamená, že mechorosty pro svůj růst využívají živin, které pařezy při svém rozkladu uvolňují. Příznivé světelné podmínky daného stanoviště pak mají logicky pozitivní vliv na pokrytí pařezů mechorosty.

Tabulka 6 Korelační matice vyjadřující odhad vícenásobného korelačního koeficientu r na hladině významnosti 0,01 mezi jednotlivými prediktory ovlivňujícími početnost zmlazení na pařezech. Statisticky významné korelační koeficienty jsou zvýrazněny červeně, černě jsou pak uvedeny statisticky nevýznamné korelační koeficienty.

Proměnná	Stádium rozkladu	Světelné podmínky	Pokryvnost mechů	Mocnost mechů
Stádium rozkladu	1	0.34588	0.18340	0.37779
Světelné podmínky	0.34588	1	0.38621	0.32566
Pokryvnost mechů	0.18340	0.38621	1	0.31636
Mocnost mechů	0.37779	0.32566	0.31636	1

Tabulka 7 demonstruje výsledky počtu uchycených semenáčků na ležícím odumřelém dřevě v závislosti na průměru kmene, který byl rozdělený podle TAKAHASHIHO (1994) na kmeny o průměru <20 cm a kmeny o průměru ≥ 20 cm. Z tabulky jasně vyplývá, že největší počet semenáčků se vyskytoval na kmenech o průměru ≥ 20 cm s dominantním zastoupením smrku ztepilého. Mezi průměrem ležícího kmene a počtem zmlazení na kmeni byla zjištěna kladná, ale statisticky nevýznamná korelační závislost (0,33). Ta ovšem potvrzuje hypotézu, že čím větší je průměr kmene, tím vyšší je počet uchycených semenáčků na kmeni.

Tabulka 7 Počet a druh semenáčků podle průměru odumřelého kmene

Počet uchycených semenáčků na kmenech [ks]					
Průměr kmene [cm]	SM	BK	JR	BR	Zmlazení celkem
< 20	20	0	1	0	21
≥ 20	274	4	3	2	283
Suma	294	4	4	2	304

Početnost zmlazení na ležícím odumřelém kmeni v závislosti na stupni rozkladu můžeme vidět v tabulce 8. Na celkovém součtu uchycených semenáčků je patrný exponenciální nárůst početnosti se zvyšujícím se stupněm rozkladu, a to jak na ležících kmenech, tak na pařezech. Regresní analýza vysvětluje v průměru 50 % variability zmlazení na ležících kmenech a na pařezech. Tuto souvislost potvrzuje také statisticky významná kladná hodnota korelačního koeficientu (0,76) vypočtená pro ležící kmeny a (0,74) pro pařezy.

Tabulka 8 Počet a druh semenáčků na ležících kmenech a na pařezech podle stupně rozkladu

Počet uchycených semenáčků na kmenech [ks]						Počet uchycených semenáčků na pařezech [ks]					
Stupeň rozkladu podle SIPPOLA & RENVALL (1999)	SM	BK	JR	BR	Zmlazení celkem	SM	BK	JR	BO	BR	Zmlazení celkem
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II	6	0	1	0	7	0	0	0	0	0	0
III	11	0	1	0	12	15	0	0	0	0	15
IV	67	3	1	1	72	55	0	13	0	0	68
V	210	1	1	1	213	322	3	0	2	2	329
Suma	294	4	4	2	304	392	3	13	2	2	412

Významný vliv na rozklad odumřelé dřevní hmoty má hniloba. Tu v praxi rozlišujeme podle zbarvení rozkládajícího se dřeva na hnilobu bílou, kdy je dřevokaznými houbami rozkládám kromě hemicelulózní složky také lignin a hnilobu červenou, někdy také označovanou jako hnědou, kdy je dřevokaznými houbami rozkládaná polysacharidická (celulózní) složka dřeva. Z tabulky 9 vyplývá, že největší počet semenáčků se uchycoval na odumřelé dřevní hmotě s bílou hnilobou, a to jak na ležícím mrtvém dřevě, tak na pařezech.

Tabulka 9 Počet a druh semenáčků na ležících kmenech a na pařezech podle typu hniloby

Počet uchycených semenáčků na kmenech [ks]						Počet uchycených semenáčků na pařezech [ks]					
Hniloba	SM	BK	JR	BR	Zmlazení celkem	SM	BK	JR	BO	BR	Zmlazení celkem
Žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bílá	156	4	3	1	164	243	1	13	2	2	261
Červená	138	0	1	1	140	149	2	0	0	0	151
Suma	294	4	4	2	304	392	3	13	2	2	412

Na rozkladném procesu dřeva v lesních ekosystémech, ale také na typu hniloby, mají největší podíl dřevokazné houby. V tabulce 10 můžeme vidět počet a druh uchycených semenáčků na ležící odumřelé dřevní hmotě a na pařezech s viditelnými determinovanými plodnicemi dřevokazných hub. Největší počet semenáčků byl uchycený na ležících kmenech s výskytem plodnic *Fomitopsis pinicola*, celulózovorní houbou způsobující červenou hnilobu dřeva. Vzácným nálezem pak byla plodnice *Hericium coralloides*, vyskytující se na ležícím rozpadlém kmeni buku lesního s výskytem bukových semenáčků v přestárlé bukové kmenovině ve stádiu rozpadu, nacházející se na území Lázeňských lesů města Karlovy Vary.

Tabulka 10 Počet a druh semenáčků na ležících kmenech a na pařezech podle druhu dřevokazné houby

Druh houby	Počet uchycených semenáčků na kmenech [ks]					Počet uchycených semenáčků na pařezech [ks]					
	SM	BK	JR	BR	Zmlazení celkem	SM	BK	JR	BO	BR	Zmlazení celkem
<i>Fomes fomentarius</i>	4	3	0	1	8	0	0	0	0	0	0
<i>Exidia pythia</i>	12	0	0	0	12	6	0	0	0	0	6
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	6	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
<i>Inonotus radiatus</i>	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Trametes versicolor</i>	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6
<i>Ganoderma carnosum</i>	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5
<i>Hericium coralloides</i>	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Climacocystis borealis</i>	0	0	0	0	0	12	1	0	0	0	13
<i>Flammulina velutipes</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
<i>Fomitopsis pinicola</i>	61	0	0	0	61	9	0	1	0	0	10
<i>Piptoporus betulinus</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Galerina marginata</i>	11	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0
<i>Postia stiptica</i>	3	0	0	0	3	5	0	0	0	0	5
Suma	99	6	1	1	107	45	1	1	0	0	47

Závislost mezi počtem uchycených semenáčků na ležících odumřelých kmenech a na pařezech a mezi pokryvností mechorestů můžeme vidět v tabulce 11. Z celkového počtu zmlazení na vysvětlované proměnné je patrný poměrně značný rozptyl v obsazenosti semenáčků. I přes tuto skutečnost je model regresní analýzy statisticky významný a vysvětluje nám 18 % variability zmlazení. Kladná korelační závislost mezi početností semenáčků a pokryvností mechorestů na ležících kmenech je rovněž statisticky významná (0,46), což potvrzuje hypotézu, že s vyšší pokryvností mechorestů na ležícím kmeni roste také početnost zmlazení. Statisticky významný, i když ne tak vlivný je koeficient determinace (0,13) a korelační koeficient (0,40), vysvětlující početnost zmlazení na pařezech.

Tabulka 11 Počet a druh semenáčků na ležících kmenech a na pařezech podle pokryvnosti mechorestů

Pokryvnost mechorestů [%]	Počet uchycených semenáčků na kmenech [ks]					Počet uchycených semenáčků na pařezech [ks]					
	SM	BK	JR	BR	Zmlazení celkem	SM	BK	JR	BO	BR	Zmlazení celkem
0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8
10	19	3	2	0	24	21	0	0	0	0	21
20	10	0	0	0	10	8	1	0	0	0	9
30	2	0	0	0	2	5	0	0	0	0	5
40	9	0	0	0	9	38	1	1	0	0	40
50	72	0	0	0	72	36	0	0	2	0	38
60	19	0	0	2	21	19	0	0	0	1	20
70	0	0	1	0	1	4	0	0	0	0	4
80	58	0	0	0	58	48	0	1	0	1	50
90	3	0	0	0	3	18	0	11	0	0	29
100	102	1	1	0	104	187	1	0	0	0	188
Suma	294	4	4	2	304	392	3	13	2	2	412

Mocnost mechorostů na odumřelé dřevní hmotě a na pařezech se pohybovala od 0 mm až do 40 mm. Z výsledků, které můžeme pozorovat v tabulce 12, především pak u početnosti uchycených semenáčků je patrné, že s rostoucí mocností mechorostů exponenciálně narůstá početnost zmlazení. Statisticky významné koeficienty determinace v regresní analýze, ale také statisticky významné kladné korelace mezi proměnnými jak na ležících kmenech, tak na pařezech velice silně podporují teorii, že s rostoucí mocností mechů na odumřelé dřevní hmotě narůstá také početnost zmlazení.

Tabulka 12 Počet a druh semenáčků na ležících kmenech a na pařezech podle mocnosti mechorostů

Počet uchycených semenáčků na kmenech [ks]						Počet uchycených semenáčků na pařezech [ks]					
Mocnost mechorostů [mm]	SM	BK	JR	BR	Zmlazení celkem	SM	BK	JR	BO	BR	Zmlazení celkem
0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8
5	11	3	2	0	16	35	1	0	0	0	36
10	19	0	0	0	19	67	1	1	2	0	71
20	57	0	0	2	59	134	1	1	0	2	138
30	77	0	1	0	78	37	0	0	0	0	37
40	130	1	1	0	132	111	0	11	0	0	122
Suma	294	4	4	2	304	392	3	13	2	2	412

Zakrytí ležícího odumřelého kmene postranní vegetací výrazně ovlivňuje stanovištní, především světelné podmínky a tím i počty uchycených semenáčků. Z výsledků v tabulce 13 vyplývá, že zmlazení se vyskytovalo pouze na kmenech, které nebyly ovlivňované postranní vegetací a semenáčky zde měly vhodné podmínky pro odrůstání. Statisticky významná regresní analýza vysvětluje 60 % variability zmlazení na ležících kmenech v závislosti na tlaku okolní vegetace. Statisticky významný a velice silný kladný koeficient korelace (0,79) potvrzuje hypotézu, že čím vhodnější jsou podmínky v okolí mikrostanoviště, tím vyšší je početnost zmlazení.

Tabulka 13 Počet a druh semenáčků podle procenta zakrytí ležícího kmene postranní vegetací

Počet uchycených semenáčků na kmenech [ks]					
Zakrytí kmene vegetací [%]	SM	BK	JR	BR	Zmlazení celkem
0	266	4	4	0	274
1–25	26	0	0	1	27
25–50	2	0	0	1	3
51–75	0	0	0	0	0
76–100	0	0	0	0	0
Suma	294	4	4	2	304

Závislost mezi početností uchycených semenáčků na odumřelé dřevní hmotě a mezi světelnými podmínkami stanoviště byla samostatně vyhodnocena v předchozí kapitole vyhodnocující vliv faktorů prostředí. Podrobnější regresní, a především pak korelační analýza závislosti mezi počtem uchycených semenáčků na ležících kmenech a na pařezech a mezi světelnými podmínkami daného mikrostanoviště prokázaly velice silnou kladnou závislost. Korelační koeficient u ležících kmenů dosáhl hodnoty (0,66) a u pařezů hodnoty (0,46). Výsledky nám potvrzují teorii o důležitosti světelných podmínek, především pak přímého slunečního záření, jakožto významného faktoru silně ovlivňujícího přirozenou obnovu lesních ekosystémů.

Dalším z faktorů významně ovlivňující početnost uchycených semenáčků na ležící odumřelé dřevní hmotě je dotyk ležícího kmene s půdním povrchem. Tento faktor může výrazně ovlivnit nastartování hnilobných procesů, rychlost rozkladu odumřelé dřevní hmoty a uvolňování živin, což může významně ovlivnit početnost zmlazení nejenom na ležícím kmenech, ale také v jeho okolí. Podle výsledků v tabulce 14 se tento argument projevil na dominantním počtu semenáčků uchycených na ležících kmenech, které se minimálně ze 3/4 (76–100%) dotýkaly povrchu půdy. Regresní analýza nám vysvětluje 58 % nevyvratitelného vlivu na variabilitu zmlazení a velice silný koeficient determinace (0,77) tuto souvislost potvrzuje.

Tabulka 14 Počet a druh semenáčků podle procenta dotyku ležícího kmene se zemí

Počet uchycených semenáčků na kmenech [ks]					
Dotyk se zemí [%]	SM	BK	JR	BR	Zmlazení celkem
1–25	13	0	1	0	14
25–50	0	0	1	0	1
51–75	19	0	0	0	19
76–100	262	4	2	2	270
Suma	294	4	4	2	304

Pokrytí odumřelého kmene kůrou může mít zejména na uchycování semenáčků významný vliv. Zvrásněný povrch umožňuje dopadlým semenům se lépe uchytit a zabraňuje jejich sklouznutí nebo odvanutí větrem. Stejný efekt můžeme ovšem pozorovat také na ležících kmenech v silném stádiu rozkladu, jejichž povrch je již částečně rozrušený, navíc se již v těchto kmenech nachází dostatek živin a také vody. Výsledky v tabulce 15 nám tuto teorii potvrzují. Největší počet uchycených

semenáčků se nacházel na kmenech bez přítomnosti kůry, které se nacházely v nejvyšším stádiu rozkladu. Regresní analýza prokázala statisticky velice významnou a ze všech prediktorů největší závislost početnosti zmlazení na tomto faktoru a vysvětluje nám více jak 87 % variability zmlazení. Velice silný korelační koeficient (0,96) nám nevyvratitelně potvrzuje hypotézu, že s přibývajícím plochou kmene s absencí kůry narůstá početnost zmlazení na těchto kmenech.

Tabulka 15 Počet a druh semenáčků podle pokrytí ležícího kmene kůrou

Počet uchycených semenáčků na kmenech [ks]					
Pokrytí kůrou [%]	SM	BK	JR	BR	Zmlazení celkem
0	285	1	2	1	289
10	0	3	0	0	3
70	0	0	0	1	1
80	6	0	0	0	6
90	3	0	2	0	5
100	0	0	0	0	0
Suma	294	4	4	2	304

V tabulce 16 můžeme vidět počet uchycených semenáčků na ležících kmenech podle druhu odumřelé dřeviny. Nejvyšší počet zmlazení se nacházel na ležících kmenech smrku ztepilého, což je ovšem vzhledem k jeho zastoupení v celkovém podílu odumřelé dřevní hmoty, které tvoří 85 % očekávaný trend.

Tabulka 16 Počet a druh semenáčků na ležících kmenech podle druhu odumřelé dřeviny

Počet uchycených semenáčků na kmenech [ks]					
Druh dřeviny	SM	BK	JR	BR	Zmlazení celkem
SM	284	1	2	1	288
BK	0	3	0	0	3
JR	2	0	0	0	2
BR	1	0	0	1	2
OS	0	0	1	0	1
JIV	7	0	1	0	8
Suma	294	4	4	2	304

Posledním faktorem, který by mohl ovlivňovat početnost semenáčků na odumřelé dřevní hmotě je pravděpodobná příčina odumření stromu. V tabulce 17 můžeme vidět, že nejvyšší podíl semenáčků se uchycoval na ležících odumřelých kmenech

ponechaných těžebních zbytků. Téměř shodný počet se zmlazoval na vývratech a poměrně nezanedbatelný počet také na ponechaných, především kmenových zlomech. Na ponechaných kmenech, které odumřely v důsledku napadení podkorním hmyzem, tzv. kůrovcovém dřevě, se uchycené semenáčky nevyskytovaly, a to ani ve formě odumřelých jedinců.

V tabulce 17 můžeme vidět také druh dřevokazné houby, která na jednotlivých fragmentech odumřelé dřevní hmoty dominovala. Jedná se o velice zajímavé výsledky, které nás informují a důležitých skutečnostech. Těžební zbytky, tedy mrtvé dřevo ovlivněné především antropogenní činností byly obsazované převážně lignivorní dřevokaznou houbou *Exidia pythia*. Zlomy, vývraty a kůrovcové dřevo, tedy odumřelou dřevní hmotu ovlivněnou disturbancemi, jak abiotickými, tak biotickými činiteli obsazovala převážně celulózovorní dřevokazná houba *Fomitopsis pinicola*. Dřevní hmotu, odumřelou z důvodu kompetice nebo fyziologického stáří obsazovala především lignivorní dřevokazná houba *Fomes fomentarius*. Z uvedených výsledků je patrné, že určité druhy dřevokazných hub jsou přímo vázané na mrtvé dřevo podle příčiny jeho odumření.

Tabulka 17 Počet a druh semenáčků na ležících kmenech podle původu odumření stromu

Počet uchycených semenáčků na kmenech [ks]						
Příčina odumření stromu	SM	BK	JR	BR	Zmlazení celkem	Druh dominující houby
Těžební zbytky	127	1	1	0	129	<i>Exidia pythia</i>
Zlomy	49	0	0	0	49	<i>Fomitopsis pinicola</i>
Vývraty	111	0	2	1	114	<i>Fomitopsis pinicola</i>
Kůrovec	0	0	0	0	0	<i>Fomitopsis pinicola</i>
Kompetice	0	0	0	1	1	<i>Fomes fomentarius</i>
Rozpad-stáří	7	3	1	0	11	<i>Fomes fomentarius</i>
Suma	294	4	4	2	304	

6. Diskuse

6.1 Distribuce mrtvého dřeva

Karlovarský kraj má ke své rozloze 3 315 km² poměrně vysokou lesnatost, která dosahuje 42,3 %, a lesy pokrývají plochu 1406 km². Z výsledků měření na zkoumaných plochách bylo zjištěno, že odumřelá dřevní hmota, včetně těžebních zbytků hroubí a nehroubí ležící na pozemcích určených k plnění funkcí lesa tvoří podíl 0,005 % z celkové rozlohy lesů Karlovarského kraje. Je ale ponechávána zásoba této lesní biomasy dostatečná, aby udržela koloběh živin v lesních půdách a aby zajistila biodiverzitu lesního ekosystému? Problematikou ponechávání odumřelé dřevní hmoty a jejího možného vlivu na lesní ekosystémy se zabývali např. RAKUŠAN (1998), ANDRŠ (1999), PODRÁZSKÝ (1999), JANČAŘÍK (2000), JANKOVSKÝ et al. (2006), BUREŠ et al. (2009), BAČE & SVOBODA (2014) aj. Například JANČAŘÍK (2000) upozorňuje na důležitost ponechávání odumřelé dřevní hmoty, především v lesích hospodářských pro zachování biodiverzity a zajištění bohaté druhové variability lesních ekosystémů, ovšem po zvážení určitých hledisek. Podle JANČAŘÍKA (2000) by při rozhodování o otázkách ponechání mrtvého dřeva měla být vždy brána v úvahu hlediska biologicko-ekologická, lesnicko-hospodářská, estetická, ekonomická a bezpečnostní. JANKOVSKÝ et al. (2006) ve své studii uvádějí, že objem tlejícího dřeva v hospodářských lesích se v současné době pohybuje od cca 4 do 10 % porostní zásoby, v lesích zvláštního určení je tento objem od 20 do 40 % porostní zásoby. Podle JANKOVSKÉHO et al. (2006) by z hlediska udržení potřebného objemu tlející odumřelé dřevní hmoty v hospodářských lesích bylo výhodnější stanovit počet kmenů, které budou ponechány přirozeným rozkladným procesům na jednotku hektaru nebo na jinou plošnou jednotku než stanovit požadovaný objem kmenů, který by měl být na stejné jednotce ponechán. Podrobnou analýzou zabývající se otázkou využití lesních těžebních zbytků pro energetické účely při zohlednění rizik dopadu na koloběh živin a biodiverzitu se zabývali BUREŠ et al. (2009). Ti zařadili jednotlivá stanoviště podle CHS, SLT a edafických kategorií na stanoviště s přijatelným rizikem, s podmíněně přijatelným rizikem a s rizikem nepřijatelným, kde doporučují ponechávat veškerou odumřelou dřevní hmotu. Výše uvedené požadavky jednotlivých autorů, na základě, kterých by se mělo rozhodovat o ponechávání odumřelé dřevní hmoty, jako je např. zvážení bezpečnostního rizika,

počet stromů na jednotku plochy nebo ponechávání mrtvého dřeva podle stanovištních podmínek můžeme najít v systémech certifikace hospodářských lesů.

K otázce distribuce mrtvého dřeva v lesích Karlovarského kraje lze tedy konstatovat, že nejvyšší zastoupení odumřelé dřevní hmoty, vztaženo k celkové rozloze zkoumaných území PUPFL, která činila bezmála 38 ha, leželo v lesích zvláštního určení, kde pokrývalo plochu o rozloze 4,26 ha s převahou podílu těžebních zbytků hroubí a nehroubí. V lesích hospodářských byl podíl ležícího mrtvého dřeva oproti lesům ZVLU o 5 % nižší a mrtvé dřevo zde pokrývalo plochu o rozloze 2,93 ha, opět s převahou těžebních zbytků hroubí a nehroubí. V lesích ochranných bylo zastoupení ležící odumřelé dřevní hmoty, kterou tvořily pouze zlomy velice nízké, a mrtvé dřevo zde leželo na ploše 0,01 ha. To ovšem může být způsobené malým podílem navštívených ploch na této kategorii. Z výše uvedených výsledků vyplývá, že z celkového zastoupení odumřelé dřevní hmoty ležící na zkoumaných pozemcích dominují ponechané těžební zbytky, z nichž nejvyšší podíl tvoří těžební zbytky nehroubí. Zajímavé výsledky nám přinesly informace o podílu ležící odumřelé dřevní hmoty na pozemcích určených k plnění funkcí lesa v jednotlivých věkových třídách lesních porostů. Z výsledků se dá usuzovat, že na podílu ležící odumřelé dřevní hmoty se pravděpodobně odráží výchova porostů. Zastoupení ležícího mrtvého dřeva narůstá od II. věkové třídy, kdy se porosty nacházejí ve stádiu tyčkovin až tyčovín s převahou těžebních zbytků nehroubí. K výraznému poklesu dochází od V. věkové třídy, tedy od stádia zralé kmenoviny s dominující složkou těžebních zbytků hroubí. Právě v rozsahu těchto období se provádějí výchovné zásahy, jejichž intenzita by měla být největší především v mladších porostech. Naopak nejmenší podíl odumřelé dřevní hmoty ležel ve většinou přestárých dotěžovaných porostech, anebo v porostech s podrostním způsobem hospodaření v poslední domýtné fázi.

Bohužel, do současné doby v České republice neexistuje směrnice, podle které by se dalo vyhodnotit, zda množství ponechávané odumřelé dřevní hmoty v Karlovarském kraji je dostatečné či nikoliv. Hospodaření s mrtvým dřevem tak můžeme porovnat pouze na úrovni doporučujících směrnic, jako jsou systémy certifikace PEFC a FSC, případně s vydanou certifikovanou metodikou „*Management mrtvého dřeva v hospodářských lesích*“, kterou vydali BAČE & SVOBODA (2014). V této metodice především doporučují ponechávání stojících souší a zachování stávajících ležících kmenů, především pak vývrátů, u kterých doporučují ponechávat

delší pahýly, aby nedocházelo ke zpětnému zavírání kořenových koláčů. Kupy a díry po vývratech podle nich vytvářejí další, pro biodiverzitu významná mikrostanoviště. Při sběru dat bylo nalezeno celkem 23 souší, z toho 17 souší v lesích zvláštního určení a 6 souší v lesích hospodářských. Z celkem 31, převážně smrkových vývratů jich 26 jevílo známky hniloby a nacházelo se ve stádiu rozkladu 3–5, to znamená, že se jednalo o ponechané vývraty s otevřenými kořenovými koláči.

Ze všech výše uvedených výsledků je tedy patrné, že snaha lesních hospodářů ponechávat v porostech odumřelou dřevní hmotu k zetlení tady je, ovšem opět vyvstává otázka, zda je toto množství dostatečné, především pak na stanovištích, kde plní důležité ekologické funkce.

6.2 Vliv faktorů prostředí na mrtvé dřevo a na zmlazení

V diplomové práci byla vyhodnocována závislost mezi různými faktory prostředí a ležící odumřelou dřevní hmotou, která se v těchto rozdílných podmínkách nacházela a dále také mezi početností semenáčků uchycených na tomto ležícím mrtvém dřevě. Nejvyšší zastoupení mrtvého dřeva v rámci lesních vegetačních stupňů se nacházelo v 5. a 6. šestém LVS s průměrným převažujícím podílem fragmentů do 20 cm. Naopak v 7. a 8. LVS byl podíl ležící odumřelé dřevní hmoty nejnižší a ležící kmeny o průměru ≥ 20 cm tvořily pouhou jednu třetinu z celkového množství. Paradoxně v 7. a 8. LVS, kde se vyskytoval nejmenší podíl ležícího mrtvého dřeva, byla zaznamenána nejvyšší početnost uchycených semenáčků na ležící odumřelé dřevní hmotě. To znamená, že semenáčky zde obsazovaly téměř každou volnou plochu na ležícím mrtvém dřevě, především pak na pařezech. Na významnost sedmého a osmého lesního vegetačního stupně poukazovali již UHLIAROVÁ et al. (1999) a KINDLMANN et al. (2012). Podle nich zde tlející dřevo tvoří jedinný vhodný substrát pro uchycování a růst semenáčků a tyto dva lesní vegetační stupně označili jako zásadní hranici, kde lze nalézt poměrně ostré rozdíly v půdním prostředí. Obdobné porovnání při vyhodnocování podílu mrtvého dřeva v lesních porostech Krkonoš provedli SCHWARZ et al. (2007). Ti zjistili, že ve 3. až 6. LVS se v 97 % odumřelá dřevní hmota nevyskytovala a ve zbylých 3 % byl její podíl nevýznamný. Naopak v 7. a 8. LVS se nacházelo nejvyšší množství mrtvého dřeva.

Zastoupení ležící odumřelé dřevní hmoty na jednotlivých edafických kategoriích je velice variabilní, ovšem z nasbíraných dat je patrné, že nejvyšší podíl mrtvého dřeva

ležel na podmáčené a vodou obohacené ekologické řadě. Porovnáme-li opět početnost uchycených semenáčků v rámci jednotlivých edafických kategorií v závislosti na ležící odumřelé dřevní hmotě, můžeme konstatovat, že nejvyšší počet semenáčků se uchycoval na mrtvém dřevě, ležícím právě na podmáčené a vodou obohacené ekologické řadě. Také zde je ovšem patrný značný nepoměr podílu mrtvého dřeva k početnosti zmlazení. Podobný nepoměr můžeme vidět také na kyselé ekologické řadě, kde se vyskytoval velice nevýznamný podíl odumřelé dřevní hmoty, ale velice významný podíl početnosti uchycených semenáčků, které obsazovaly především pařezy. Ponechávání mrtvého dřeva na těchto stanovištích je ovšem důležité také z hlediska zachování biodiverzity. Například JUNNINEN et al. (2006) upozorňují na důležitost ponechávání tlejícího dřeva na vhodných stanovištích, aby byl zajištěn vztah mezi odumřelou dřevní hmotou a společenstvy hub, které se na těchto stanovištích nacházejí.

Výsledky závislosti podílu ležící odumřelé dřevní hmoty a počtu uchycených semenáčků na sklonu stanoviště ukazují, že se zvyšujícím se sklonem klesá podíl množství mrtvého dřeva a s ním také počet uchycených semenáčků, a to i na pařezech. Tento trend je ovšem spíše způsobený vyšším počtem navštívených ploch se sklonem do 30° a menším počtem stanovišť se sklonem nad 30°, což ostatně dokazuje také statistické vyhodnocení, které závislost mezi oběma proměnnými neprokázalo. Zajímavé výsledky uvádí MATĚJKA (2013), který zjistil, že horizontální zakřivení reliéfu stanoviště má na biodiverzitu daleko větší vliv než například teplota. Podle něj sklon terénu ovlivňuje především vlhkost (zamokřenost a vysýchavost) půd, což může značně ovlivnit také tlející procesy na mrtvé dřevní hmotě.

Z vyhodnocených výsledků vlivu světelných podmínek na podíl mrtvého dřeva a podíl početnosti zmlazení můžeme konstatovat, že se zhoršujícími se světelnými podmínkami exponenciálně roste podíl mrtvého dřeva, a naopak exponenciálně klesá podíl uchycených semenáčků, což je celkem logické, vzhledem k potřebě semenáčků aktivně fotosyntetizovat. Regresní analýza v tomto případě prokázala statisticky vysoce průkaznou závislost mezi početností uchycených semenáčků a světelnými podmínkami stanoviště. Závislost podílu ležícího mrtvého dřeva na světelných podmínkách stanoviště byla v 87 % prokázána, ale celkově byl model regresní analýzy vyhodnocený jako statisticky nevýznamný. Dekompozice odumřelé dřevní hmoty je ovlivněna řadou faktorů, mezi které můžeme zařadit právě světelné podmínky. Ty jsou

mimo jiné důležité z hlediska zachování biodiverzity a výskytu saproxylického hmyzu, jehož některé druhy jsou vázány vyloženě na osluněné mrtvé dřevo, jako např. kravec měďák (*Chalcophora mariana*), některým jako jsou drátovci nebo larvy potěmníků naopak vyhovuje dřevo zastíněné (JONSELL et al. 1998, JANKOVSKÝ et al. 2006). Světelné podmínky jsou rovněž důležité pro rozvoj plísní a hub, které na odumřelé dřevní hmotě nastartují dekompoziční proces (ZHOU et al. 2007, POUŠKA et al. 2010). Z abiotických činitelů má významný vliv na dekompozici odumřelého dřeva voda a sluneční záření. Ze širokého elektromagnetického spektra slunečního záření je z hlediska zvětrávání dřeva nejúčinnější poměrně úzký pás ultrafialového záření. Tyto paprsky, působící na povrch dřeva, fotochemicky přeměňují lignin na vodorozpustné látky, které jsou následně vymývány vodou z atmosférických srážek (LOKAJ 2010). Bez přítomnosti přímého slunečního záření se tento proces zpomaluje, čímž se samozřejmě zpomaluje také dekompozice mrtvého dřeva. Tím by se mohla vysvětlit jeho dominantní přítomnost ve zhoršených světelných podmínkách.

6.3 Faktory ovlivňující početnost zmlazení na mrtvém dřevě

Pro zjištění závislosti vlivu mikrostanoviště na variabilitu zmlazení byly vybrány faktory, které by mohly tuto variabilitu výrazně ovlivnit. Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, jedním z významných faktorů jsou světelné podmínky na daném stanovišti, to se ovšem týká také daného mikrostanoviště. Světelné podmínky zde mohou být ovlivněné nebo mohou ovlivňovat celou řadou dalších faktorů, jako například okolní vegetaci, rozklad dřevní hmoty nebo mocnost mechorostů. Tyto ovlivněné faktory pak samozřejmě dále ovlivňují faktory jiné. Statistická analýza prokázala poměrně silný vliv světelných podmínek na početnost zmlazení, především na ležících kmenech, které se mnohdy nacházely pod hustým zápojem. Na pařezech, které vznikají snižováním zakmenění a tím i hustoty zápoje se tento vliv projevil méně.

Prokázalo se, že průměr ležícího mrtvého dřeva, jakožto mikrostanoviště přirozeného zmlazení, rovněž výrazně ovlivňuje jeho početnost. TAKAHASHI (1994) při svém výzkumu klíčení a následného růstu semenáčků *Picea glehnii* na tlející dřevní hmotě zjistil, že semenáčky se nejvíce uchycovaly na kmenech o průměru ≥ 20 cm a jejich mortalita byla na těchto kmenech nejnižší. Tuto teorii potvrdili také BAČE et al. (2012). Výsledky v této diplomové práci, které ovšem nejsou statisticky signifikantní, výše uvedené závěry rovněž potvrzují. Více jak 93 % především

smrkových semenáčků se uchytilo a následně přežívalo na tlejících kmenech o průměru ≥ 20 cm.

Významným faktorem v uchycování a klíčení semen a v následném odrůstání semenáčků je bezesporu pokrytí kmene kůrou, pokrytí kmene mechorosty, dotyk kmene se zemí, stupeň rozkladu odumřelé dřevní hmoty a druh hniloby. Podle HARMONA (1989) vede opadávání kůry z tlejících kmenů k mortalitě vysokého počtu zmlazení na *Picea Sitchensis*, kdy semenáčky opadávají společně s kůrou. Tuto teorii podporují také výsledky v této práci. Na kmenech s absencí kůry, se vyskytovalo 95 % semenáčků, které se zde pravděpodobně, vzhledem k jejich věku, uchytily až po jejím opadu. Zbýlých 5% tvořily roční semenáčky uchycené v kůře tlejících kmenů. Někteří autoři ovšem poukazují na významnost pokrytí dřeva kůrou z důvodu druhového bohatství hub a jiných saproxylických organismů (LINDBLAD 1998, HEILMANN-CLAUSEN & CHRISTENSEN 2004). Velice důležitým faktorem, který může významně urychlit dekompozici mrtvého dřeva je dotyk odumřelé dřevní hmoty se zemí. V téměř 90 % se zmlazení nacházelo na kmenech, které se více jak $\frac{3}{4}$ své délky dotýkaly povrchu půdy. MORI et al. (2004), ale také například ZIELONKA (2006) uvádějí, že se zvyšujícím se stupněm rozkladu ležících kmenů se zvyšují také počty uchycených semenáčků, jejichž počet se v průběhu dalších let může vlivem vnitrodruhové konkurence a konkurence okolní vegetace opět snižovat. Tato teorie byla v této diplomové práci rovněž potvrzena. V nejvyšším stádiu rozkladu se na ležících kmenech vyskytovalo 94 % semenáčků a na pařezech 97 % semenáčků, přičemž se zvyšujícím se zakrytím kmene postranní vegetací klesala také početnost uchyceného zmlazení. Významný vliv na variabilitu zmlazení může mít bezesporu pokrytí kmenů mechorosty, které se společně s houbami řadí mezi hlavní saproxylické taxony (POUSKA et al. 2010, ZIELONKA & PIATEK 2004, KUSHNEVSKAYA et al. 2007). Ovšem podle HARMONA (1998), který evidoval pouze malý výskyt zmlazení na stanovištích porostlých mechorosty, má jejich výskyt na uchycování a odrůstání semenáčků negativní vliv. Oproti tomu TAKAHASHI et al. (2000) shledávají přítomnost mechorostů na mrtvém dřevě jako pozitivní faktor, pro zmlazování, ovšem za předpokladu, že porost nebude příliš hustý a vysoký. V této práci bylo statisticky významně prokázáno, že vyšší pokryvnost, ale také mocnost mechorostů pozitivně přispívá k vyšší početnosti semenáčků, jak na ležících kmenech, tak na pařezech.

Zajímavé výsledky můžeme pozorovat na ležících kmenech a na pařezech s různým typem hniloby, který v závislosti na enzymatické výbavě zúčastněných druhů hub dělíme bílou a hnědou (LEPŠOVÁ & MATĚJKA 2010). Na odumřelé dřevní hmotě s absencí hniloby se semenáčky nevyskytovaly, a to ani ve formě odumřelých jedinců. Zmlazováním smrku ztepilého a vlivem hniloby na zmlazení se zabýval například VACEK (1982, 1999), který uvádí, že ležící kmeny s hnědým typem hniloby dávají příznivější podmínky pro uchycování semenáčků než ležící kmeny s bílým typem hniloby. Jako důvod udává vyšší absorpční schopnost dřeva s hnědou hnilobou. Podle RENVALLA (1995) se na smrkovém dřevě vyskytuje daleko více hub způsobujících bílou hnilobu, ovšem houby způsobující hnilobu červenou se daleko více zúčastňují rozkladných procesů. BAČE et al. (2012) uvádějí, že bílá hniloba má pozitivní vliv na hustotu jak semenáčků, tak nárostů, a naopak hniloba červená má na hustotu zmlazení vliv negativní. I přes rozdílné názory některých odborníků můžeme konstatovat, že bílá hniloba měla výrazně pozitivní dopad na početnost zmlazení, a to jak na ležících kmenech, tak na pařezech. Zkoumáno bylo také ovlivnění početnosti zmlazení plodnicemi dřevokazných hub na ležících kmenech. Z výsledků je patrné, že téměř v 60 % byly zmlazením obsazované ležící kmeny s výskytem plodnic *Fomitopsis pinicola*, způsobující červenou hnilobu a ve více jak 11 % plodnicemi *Exidia pythia* způsobující bílou hnilobu. Naopak téměř v 30 % byly zmlazením obsazované pařezy s výskytem plodnic *Climacocystis borealis* způsobující bílou hnilobu a ve více 20 % s výskytem plodnic *Fomitopsis pinicola*, způsobující červenou hnilobu. Tématu hustoty zmlazení a výskytu plodnic se věnovali např. BAČE et al. (2012), kteří uvádějí, že přítomnost hub, způsobujících červenou hnilobu, např. *Fomitopsis pinicola* má negativní vliv na hustotu zmlazení, což se ovšem v našem případě nepotvrdilo. To ostatně dokazují také závěry analýzy závislosti množství zmlazení na pravděpodobné příčině odumření stromu a druhu dřevokazné houby, která strom obsadila. Z těchto výsledků je patrné, že na kmenech odumřelých z důvodu jejich poškození abiotickými nebo biotickými činiteli dominovala houba *Fomitopsis pinicola*. Kmeny odumřelé z důvodu kompetice, nebo svého fyziologického stáří byly ponejvíce obsazované houbou *Fomes fomentarius* a na těžebních zbytcích, tedy odumřelé dřevní hmotě ovlivněné člověkem dominovala houba *Exidia pythia*.

6.4 Doporučení pro praxi

Převážná většina našich hospodářských lesů je certifikovaná, to znamená, že vlastník nebo nájemce spravuje a užívá lesní pozemky v souladu se zásadami trvale udržitelného hospodaření. Lesní hospodář si tedy musí počínat takovým způsobem a v takovém rozsahu, aby udržel biodiverzitu, produktivitu, regeneraci, vitalitu a potenciál lesů plnit, v současné době, ale i v budoucnu, ekologické, ekonomické a sociální funkce nejen na místní, ale i národní a globální úrovni bez negativního dopadu na ostatní ekosystémy (ÚHÚL 2008). V České republice se k certifikaci hospodářských lesů využívají dva systémy. Systém certifikace FSC (Forest Stewardship Council) a certifikace PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification). Obě organizace jsou nezávislé, nevládní a neziskové a jejich společnou vizí je naplnění definice trvale udržitelného hospodaření v lesích. Systém FSC navíc prosazuje přírodě blízké pěstování lesů. Nutno dodat, že pro vlastníky lesů v ČR je tato certifikace dobrovolná, přičemž nejvíce jsou u nás zastoupeny lesy se systémem certifikace PEFC, jejichž rozloha tvoří 70 % z celkové plochy lesů ČR (PEFC 2017). Oba dva systémy certifikace lesů ve svých standardech mimo jiné řeší také otázku ponechávání mrtvého dřeva v lesních ekosystémech, a to nad rámec závazného zákona o lesích. Proč tedy chceme hodnotit dva systémy certifikace, když víze obou organizací má podobný, ne-li shodný cíl? Pomineme-li ekonomickou otázku, případně otázku lesnické politiky, a vrátíme se k tématu ponechávané odumřelé dřevní hmoty, rozdíl je patrný. Předem je ale nutno dodat, že účelem není hodnocení ani upřednostňování některého ze systémů certifikace, pouze porovnání jejich požadavků a srovnání s výsledky této diplomové práce.

Systém certifikace PEFC dává vlastníkům lesů naprosto „volnou ruku“ v otázce množství ponechávaného mrtvého dřeva a opírá se především o zákon 114/1992 Sb. a zákon 289/1995 Sb. Množství mrtvého dřeva je pouze informativně zaznamenáváno v rámci oblastních plánů rozvoje lesů a Národní inventarizace lesů. Technický dokument-standard CFCS 1003:2011 „*Kritéria a indikátory trvale udržitelného hospodaření v lesích*“, v kritériu 4.3 „*Ponechávání mrtvého a odumírajícího dřeva*“ nařizuje vlastníkům lesů certifikovaných dle tohoto systému za účelem zachování a posílení populací organismů vázaných na stárnoucí a mrtvé dřevo ponechávat dle konkrétních podmínek a možností část stromů přirozené druhové skladby v porostu na dožití a do samovolného rozpadu dřevní hmoty, zejména pak obsazovaných doupných

stromů, s ohledem na bezpečnost návštěvníků lesa. Opatření je nutno aplikovat v souladu s potřebami ochrany lesa zejména proti druhům hrožícím kalamitním přemnožením (PEFC ČR 2011). Cílem má být zajištění podílu stárnoucího a mrtvého dřeva v lesních ekosystémech a ponechávání části biomasy po výchovných a těžebních zásazích. Tento standard pouze nedoporučuje odebrání těžebních zbytků v 8. LVS, dále na HS13 a na edafických kategoriích (Q, N, Z, X a Y). Skutečnost, že požadavek na neodebírání těžebních zbytků je pouze doporučující, nikoliv závazný můžeme vidět i z výsledků v této diplomové práci. Právě v osmém lesním vegetačním stupni ležel ze všech zkoumaných ploch nejmenší podíl odumřelé dřevní hmoty. Podíváme-li se na jednotlivé edafické kategorie, z výsledků je patrné, že na kategoriích (X a Y) se odumřelá dřevní hmota nenacházela. Na kategorii (Q), společně s kategorií (I) ležel nejmenší podíl mrtvého dřeva ze všech navštívených a zkoumaných ploch na jednotlivých edafických kategoriích a na kategorii (N) byl podíl mrtvého dřeva průměrný.

System certifikace FSC je v otázkách ponechávání mrtvého dřeva daleko konkrétnější a vymezuje jednak požadavky pro vlastníky lesa do 500 ha a nad 500 ha a jednak požadavky společné pro obě skupiny. V komentovaném českém standardu z roku 2013 (FSC-STD-CZE-03-01-2013), který byl v květnu 2017 aktualizovaný v Principu 6 „*Vliv na životní prostředí*“, v čl. 6.2.5 požaduje ponechávání doupných stromů přirozenému stárnutí až do jejich rozpadu za předpokladu, že neohrožují bezpečnost. V odst. C, čl. 6. 3. 18 tohoto standardu nařizuje vlastníkům lesů nad 500 ha vypracování a dodržování směrnice pro vymezení a ponechávání zlomů, pahýlů, vývrátů, ležících kmenů, stromů s dutinami a vybraných vzrostlých stromů k dožití a zetlení v dospívajících a dospělých porostech, přičemž množství dřeva ponechaného tímto způsobem v budoucnu k zetlení je nejméně 5 stromů z dospívající a dospělé etáže na hektar v dílci (FSC ČR 2013). V čl. 6. 3. 19 nařizuje vlastníkům lesů do 500 ha ponechávat zlomy, pahýly, vývraty, ležící kmeny, stromy s dutinami a vybrané vzrostlé stromy k dožití a zetlení v dospívajících a dospělých porostech. Množství dřeva ponechaného tímto způsobem v budoucnu k zetlení je nejméně 5 stromů z dospívající a dospělé etáže na hektar v dílci (FSC ČR 2013). Standard dále v čl. 6. 3. 20 nařizuje lesnímu hospodáři, v případě, že by ponechání stromů odporovalo bezpečnosti a ochraně zdraví a ochraně lesa vyhledat stromy náhradní. V čl. 6. 3. 21 – 6. 3. 25 se zabývá otázkou ponechávání těžebních zbytků hroubí a klestu, který

zakazuje spalovat s výjimkou klestu napadeného podkorním hmyzem. Klest nařizuje ponechávat na místě nebo ukládat na hromady a pouze v odůvodněných případech povoluje jeho mechanické zpracování. Odvoz těžebních zbytků a klestu připouští pouze na edafických kategoriích B, H, D a S, přičemž odvoz asimilačních orgánů připouští pouze v odůvodněných případech. Dále v čl. 6. 3. 25 nepřipouští využívání pařezů jako náhradu za neponechanou odumřelou dřevní hmotu. Nakonec v čl. 6. 3. 26 zakazuje používání stromové metody právě za účelem, aby nedocházelo k odebírání biomasy z lesních ekosystémů (FSC ČR 2013). Z výsledků této diplomové práce vyplývá, že na edafických kategoriích B a S ležel průměrný až podprůměrný podíl mrtvého dřeva, přičemž těžební zbytky tvořily z tohoto podílu pouhých 5 %. Podíl ponechaných těžebních zbytků na celkovém zastoupení odumřelé dřevní hmoty v hospodářských lesích tvořil 80,1 % a podíl ležících kmenů s průměrem ≥ 20 cm tvořil 40 % z celkového zastoupení mrtvého dřeva, což je 677 m²/ha.

Z výčtu výše uvedených nařízení je jasně patrné, že systém certifikace FSC se daleko podrobněji zabývá otázkou ponechávání odumřelé dřevní hmoty v lesních ekosystémech a v tomto ohledu má nastavená daleko přísnější pravidla než systém certifikace PEFC. Zároveň se tento systém daleko více přibližuje požadavkům jednotlivých autorů, které byly zmíněné v úvodu diskuse. Srovnáme-li opět výsledky této diplomové práce s některými z výše uvedených nařízení, pak se tyto výsledky daleko více přibližují zásadám systému certifikace FSC. Vzhledem k tomu, že převážná část navštívených a zkoumaných ploch se nacházela v lesích certifikovaných systémem PEFC (státní lesy), může na nás tato skutečnost působit dojmem jakoby se v lesních porostech, certifikovaných systémem PEFC hospodařilo s odumřelou dřevní hmotou podle zásad systému certifikace FSC, tedy nad rámec požadavků aktuální certifikace, což je ovšem, z hlediska přínosu pro lesní ekosystémy pozitivní informace.

7. Závěr

Z nasbíraných a vyhodnocených dat je patrné, že na stanovištích s vysokou početností semenáčků uchycených na ležící odumřelé dřevní hmotě se ponechává značný nepoměr této dřevní složky k početnosti zmlazení, především silnějších kmenů, na kterých byl podíl zmlazení nejvyšší. Na těchto stanovištích, které se nacházejí především v 7. a 8. LVS na kyselé a podmáčené ekologické řadě byly zjištěny velice příznivé podmínky pro dekompozici odumřelé dřevní hmoty a pro odrůstání semenáčků, které obsazovaly každou volnou plochu jak na ležících kmenech, tak na pařezech. Téměř na všech zkoumaných plochách byly dominantními mikrostanovišti pro uchycení a následný vývoj především smrkových semenáčků stávající pařezy ve vysokém stádiu rozkladu. V práci byly potvrzeny, nebo naopak vyvráceny některé výsledky jiných autorů z jejich dřívějších výzkumů. Byla potvrzena určitá, i když nikoliv statisticky významná závislost početnosti zmlazení na průměru tlejícího kmene, kdy jako nejvýhodnější mikrostanoviště pro uchycování a následné odrůstání semenáčků se jeví ležící kmeny o průměru ≥ 20 cm. S tímto výsledkem úzce koreluje také analýza závislosti početnosti zmlazení na tlejících kmenech podle pravděpodobné příčiny odumření stromu. Potvrdilo se, že k nejvyššímu uchycování semenáčků dochází na těžebních zbytcích větších dimenzí, na vývratech, ale také na ležících zlomech. Byla potvrzena již známá teorie, že bílá hniloba, pozitivně ovlivňuje početnost zmlazení na odumřelé dřevní hmotě. Naopak nebyla potvrzena proměnlivost početnosti uchycených smrkových semenáčků v rámci jednotlivých stádií rozkladu dřeva, o které se zmiňuje BAČE (2012) ve své disertační práci. Závislost početnosti zmlazení na stádiu rozkladu odumřelé dřevní hmoty byla naopak statisticky vysoce průkazná a nárůst zmlazení měl v rámci jednotlivých stupňů rozkladu exponenciální růst. Bylo potvrzeno, že světelné podmínky výrazně ovlivňují početnost zmlazení na ležícím mrtvém dřevě. Bylo ovšem také zjištěno, že světelné podmínky výrazně ovlivňují podíl ležícího mrtvého dřeva na daném stanovišti. Výsledky přinesly také zjištění, že vysoká hustota a mocnost mechorosů na ležících odumřelých kmenech, ale také na pařezech výrazně pozitivně ovlivňuje početnost semenáčků.

Práce tedy prokázala a potvrdila význam odumřelé dřevní hmoty především jako vhodného mikrostanoviště pro zmlazení v nepříznivých podmínkách prostředí. Na základě výše uvedených zjištění a výsledků by do budoucna bylo velice přínosné, na

těchto stanovištích zvýšit podíl ležícího mrtvého dřeva, především pak velkých dimenzí, jako jsou vývraty, zlomy a kmenové části těžebních zbytků. Vhodná by byla také podpora vyšších pařezů, jakožto náhradních mikrostanovišť především v případě absence nebo malého množství souší, což bylo při sběru dat pro tuto diplomovou práci rovněž prokázáno.

8. Literatura:

ADOLT, R., KUČERA, M., ZAPADLO, J., ANDRLÍK, M., ČECH, Z., COUFAL, J., NECHVÍLE, J. (2017): Pracovní postupy pozemního šetření NIL UHUL/1441/2017/KM, v 2017/ 1 - interní dokument. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad labem.

ALRIKSSON, A., & ERIKSSON, H. M. (1998): Variations in mineral nutrient and C distribution in the soil and vegetation compartments of five temperate tree species in NE Sweden. *Forest Ecology and Management*, 108(3), 261-273.

ANDRŠ, I. (1999): K otázce mrtvého dřeva v lese. *Lesnická práce*, 78, 1999, č. 10, s. 467-468

AUGUSTO, L., RANGER, J., PONETTE, Q., & RAPP, M. (2000): Relationships between forest tree species, stand production and stand nutrient amount. *Annals of Forest Science*, 57(4), 313-324.

BAČE, R., SVOBODA, M., & JANDA, P. (2011): Density and height structure of seedlings in subalpine spruce forests of Central Europe: logs vs. stumps as a favourable substrate. *Silva Fennica*, 45(5), 1065-1078.

BAČE, R., SVOBODA, M., POUŠKA, V., JANDA, P., & ČERVENKA, J. (2012): Natural regeneration in Central-European subalpine spruce forests: Which logs are suitable for seedling recruitment? *Forest Ecology and Management*, 266, 254-262.

BAČE, R. (2012): Přírozená obnova horských smrkových lesů. Disertační práce, dep. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Praha, 112 pp. (in Czech).

BAČE, R., & SVOBODA, M. (2014): Management mrtvého dřeva v hospodářských lesích. URL: http://home.czu.cz/storage/74451_bace_mmd_2014.pdf.

BAIER, R., MEYER, J., & GÖTTLEIN, A. (2007): Regeneration niches of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) saplings in small canopy gaps in mixed mountain forests of the Bavarian Limestone Alps. *European Journal of Forest Research*, 126(1), 11-22.

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

BUBLINEC, E., & ILAVSKÝ, J. (1990): Harvesting of aboveground biomass of trees and its effect on site conditions in forests. *Lesnictví*, 36(11), 887-894.

BUREŠ, M., DOLEŽAL, R., HÁNA, J., KADEŘÁBEK, V., MACKŮ, J., NIKL, M., & ZEMAN, M. (2009): Analýza a výsledná kvantifikace využitelné lesní biomasy s důrazem na těžební zbytky pro energetické účely, při zohlednění rizik vyplývajících z dopadu na půdu, koloběh živin a biologickou rozmanitost. Brno, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů.

DAVIES, Z. G., TYLER, C., STEWART, G. B., & PULLIN, A. S. (2008): Are current management recommendations for saproxylic invertebrates effective? A systematic review. *Biodiversity and conservation*, 17(1), 209-234.

DE CHANTAL, M., LEINONEN, K., KUULUVAINEN, T., & CESCATTI, A. (2003): Early response of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings to an experimental canopy gap in a boreal spruce forest. *Forest Ecology and Management*, 176(1), 321-336.

DIACI, J. (2002): Regeneration dynamics in a Norway spruce plantation on a silver fir-beech forest site in the Slovenian Alps. *Forest Ecology and Management*, 161(1), 27-38.

DOKTOR, J. (1986): Využití biomasy k energetickým účelům. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. 67 s.

FEGER, K. H., RASPE, S., SCHMID, M., & ZÖTTL, H. W. (1991): Verteilung der Elementvorräte in einem schlechtwüchsigen 100jährigen Fichtenbestand auf Buntsandstein. *Forstwissenschaftliches Centralblatt vereinigt mit Tharandter forstliches Jahrbuch*, 110(1), 248-262.

HARMON, M. E., FRANKLIN, J. F., SWANSON, F. J., SOLLINS, P., GREGORY, S. V., LATTIN, J. D., & LIENKAEMPER, G. W. (1986): Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in ecological research*, 15, 133-302.

HARMON, M. E., & FRANKLIN, J. F. (1989): Tree Seedlings on Logs in Picea-Tsuga Forests of Oregon and Washington. *Ecology*, 70(1), 48-59.

HARMON, M. E. (1989): Effects of bark fragmentation on plant succession on conifer logs in the Picea-Tsuga forests of Olympic National Park, Washington. *American Midland Naturalist*, 112-124.

HEILMANN-CLAUSEN, J., & CHRISTENSEN, M. (2004): Does size matter? on the importance of various dead wood fractions for fungal diversity in Danish beech forests. *Forest Ecology and Management*, 201(1), 105-117.

HOLEKSA, J. (2001): Coarse woody debris in a Carpathian subalpine spruce forest. *Forstwissenschaftliches Centralblatt vereinigt mit Tharandter forstliches Jahrbuch*, 120(1-6), 256-270.

IJIMA, H., SHIBUYA, M., SAITO, H., & TAKAHASHI, K. (2006): The water relation of seedlings of *Picea jezoensis* on fallen logs. *Canadian journal of forest research*, 36(3), 664-670.

ILISSON, T., KÖSTER, K., VODDE, F., & JÖGISTE, K. (2007): Regeneration development 4–5 years after a storm in Norway spruce dominated forests, Estonia. *Forest Ecology and Management*, 250(1), 17-24.

JANČAŘÍK V. (2000): Problematika ponechávání odumřelých stromů a dřevní hmoty v lese, *Zprávy lesnického výzkumu* 45, č. 1, str. 18-22

JANKOVSKÝ, L. (2003): Tlející dřevo a dřevní houby v lesích České republiky. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Ostraviensis*. sv. 210, č. 9, s. 89-96.

JANKOVSKÝ, L., TOMŠOVSKÝ, M., BERÁNEK, J., & LIČKA, D. (2006): Analýza postupů ponechávání dřeva k zetlení z hlediska vlivu na biologickou rozmanitost. *Studie MŽP ČR*.

JONÁŠOVÁ, M. (2001): Regenerace horských smrčín na Šumavě po velkoplošném napadení lýkožroutem smrkovým. *Sborník Aktuality šumavského výzkumu*, Srní, 2(4), 2000.

JONSELL, M., WESLIEN, J., & EHNSTRÖM, B. (1998): Substrate requirements of red-listed saproxylic invertebrates in Sweden. *Biodiversity & Conservation*, 7(6), 749-764.

JONSSON, B. G., EKSTRÖM, M., ESSEEN, P. A., GRAFSTRÖM, A., STÅHL, G., & WESTERLUND, B. (2016): Dead wood availability in managed Swedish forests- Policy outcomes and implications for biodiversity. *Forest Ecology and Management*, 376, 174-182.

JUNNINEN, K., SIMILÄ, M., KOUKI, J., & KOTIRANTA, H. (2006): Assemblages of wood-inhabiting fungi along the gradients of succession and naturalness in boreal pine-dominated forests in Fennoscandia. *Ecography*, 29(1), 75-83.

KINDLMANN, P., MATĚJKA, K., & DOLEŽAL, P. (2012): Lesy Šumavy, lýkožrout a ochrana přírody. Univ. Karlova v Praze, Nakl. Karolinum.

KNAPP, A. K., & SMITH, W. K. (1982): Factors influencing understory seedling establishment of Engelmann spruce (*Picea engelmannii*) and subalpine fir (*Abies lasiocarpa*) in southeast Wyoming. *Canadian Journal of Botany*, 60(12), 2753-2761.

KONŠEL, J. (1931): Stručný nástin tvorby a pěstění lesů v biologickém ponětí: [Investice do rozvoje vzdělávání, reg. č.: CZ1.07/2.2.00/15.0084]. Písek: Čs. matice lesnická.

KORPEL, Š. (1991): Pestovanie lesa. Priroda, Bratislava, 472 s.

KRAPFENBAUER, A., & BUCHLEITNER, E. (1981): Holzernte, Biomassen-und Nährstoffaustrag, Nährstoffbilanz eines Fichtenstandes. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*.

KREUTZER, K. (1979): Ökologische Fragen zur Vollbaumernte. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 98(1), 298-308.

KRUYSS, N., FRIES, C., JOHNSON, B. G., LÄMÅS, T., & STÅHL, G. (1999): Wood-inhabiting cryptogams on dead Norway spruce (*Picea abies*) trees in managed Swedish boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 29(2), 178-186.

KUSHNEVSKAYA, H., MIRIN, D., & SHOROHOVA, E. (2007): Patterns of epixylic vegetation on spruce logs in late-successional boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 250(1), 25-33.

LARSSON, A., BJELKE, U., DAHLBERG, A., & SANDSTRÖM, J. (2011): Tillståndet i skogen-rödlistade arter i ett nordiskt perspektiv. *ArtDatabanken rapporter*, 9, 4-13.

LEPŠOVÁ, A. (2001): Ectomycorrhizal system of naturally established Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST) seedlings from different microhabitats-forest floor and coarse woody debris. *Silva Gabreta*, 7, 223-234.

LEPŠOVÁ, A., & MATĚJKA, K. (2010): Tlející dřevo a společenstva makromycet podél výškového gradientu na Šumavě. URL: http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/rep2009_makromyc.pdf.

LINDBLAD, I. (1998): Wood-inhabiting fungi on fallen logs of Norway spruce: relations to forest management and substrate quality. *Nordic journal of Botany*, 18(2), 243-255.

LOKAJ, A. (2010): *Dřevostavby a dřevěné konstrukce*. Brno: Akademické nakladatelství CERM.

MATĚJKA, K. (2013): Klimatické gradienty a modelování lesních vegetačních stupňů v ČR. *Geobiocenologie a její aplikace v lesnictví a krajinářství-Geobiocenologické spisy*, 15, 103-118.

MATERNA, J. (1963): *Výživa a hnojení lesních porostů*. SZN.

MENCUCCINI, M., PIUSSI, P., & SULLI, A. Z. (1995): Thirty years of seed production in a subalpine Norway spruce forest: patterns of temporal and spatial variation. *Forest Ecology and Management*, 76(1-3), 109-125.

MORI, A., MIZUMACHI, E., OSONO, T., & DOI, Y. (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(2-3), 287-297.

NIHLGÅRD, B. (1971): Pedological influence of spruce planted on former beech forest soils in Scania, South Sweden. *Oikos*, 302-314.

OCHODEK, T., KOLONIČNÝ, J., & JANÁSEK, P. (2006): Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy. ISBN, 80, 248-1207.

OHLSON, M., & ZACKRISSON, O. (1992): Tree establishment and microhabitat relationships in north Swedish peatlands. *Canadian Journal of Forest Research*, 22(12), 1869-1877.

OLSSON, B. A., BENGTSSON, J., & LUNDKVIST, H. (1996): Effects of different forest harvest intensities on the pools of exchangeable cations in coniferous forest soils. *Forest Ecology and Management*, 84(1-3), 135-147.

PALVIAINEN, M., FINÉR, L., LAIHO, R., SHORHOVA, E., KAPITSA, E., & VANHA-MAJAMAA, I. (2010): Carbon and nitrogen release from decomposing Scots pine, Norway spruce and silver birch stumps. *Forest Ecology and Management*, 259(3), 390-398.

PODRÁZSKÝ, V. (1996): Fixace oxidu uhličitého v lesních ekosystémech in: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed.): XII. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Velké Bílovice.

PODRÁZSKÝ, V. (1999): Má odumřelé dřevo své místo v lese? *Lesnická práce*, 78, 1999, č. 10, s. 466-467

POUSKA, V., LEPŠ, J., SVOBODA, M., & LEPŠOVÁ, A. (2011): How do log characteristics influence the occurrence of wood fungi in a mountain spruce forest? *Fungal Ecology*, 4(3), 201-209.

QUITT E. (1971): Klimatické oblasti Československa. *Academia, Studia Geographica* 16.

RADU, S. (2006): The ecological role of deadwood in natural forests. *Nature Conservation*, 137-141.

RAKUŠAN, C. (1998): Odumřelé stromy a jejich význam. *Silva Bohemica*, 8(8), 12.

REMEŠ, J., BÍLEK, L., & FULÍN, M. (2015): Vliv zpracování těžebních zbytků a následné mechanické přípravy půdy na chemické vlastnosti půd přirozených borů. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60(2), 138-146.

RENVALL, P. (1995): Community structure and dynamics of wood-rotting Basidiomycetes on decomposing conifer trunks in northern Finland. *Karstenia*, 35, 1-51.

SCHÖNENBERGER, W. (2002): Post windthrow stand regeneration in Swiss mountain forests: the first ten years after the 1990 storm Vivian. *For. Snow Landsc. Res.*, 77(1/2), 61-80.

SCARASCIA-MUGNOZZA, G., BAUER, G. A., PERSSON, H., MATTEUCCI, G., & MASCI, A. (2000): Tree biomass, growth and nutrient pools. *Ecological Studies*, 49-62.

SCHWARZ, O., VACEK, S., KUS, J., & MATĚJKA, K. (2007): Vyhodnocení podílu odumreleho dřeva v lesních porostech bilaterální Biosferické rezervace Krkonose/Karkonosze/Evaluation of the proportion of dead wood in forest stands of the bilateral Biosphere Reserve Krkonose/Karkonosze. *Opera Corcontica*, (44), 415.

SIPPOLA, A. L., & RENVALL, P. (1999): Wood-decomposing fungi and seed-tree cutting: a 40 - year perspective. *Forest Ecology and Management*, 115(2), 183-201.

SMITH JR, C. T., MCCORMACK JR, M. L., HORNBECK, J. W., & MARTIN, C. W. (1986): Nutrient and biomass removals from a red spruce-balsam fir whole-tree harvest. *Canadian Journal of Forest Research*, 16(2), 381-388.

STEVENS, V. (1997): The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in BC forests. British Columbia, Ministry of Forests, Research Program.

STOKLAND, J. N., SIITONEN, J., & JOHNSON, B. G. (2012): Biodiversity in dead wood. Cambridge University Press.

SVODODA, M. (2005): Množství a struktura mrtvého dřeva a jeho význam pro obnovu lesa ve smrkovém horském lese v oblasti rezervace Trojmezna. Zprávy lesnického výzkumu, 50, 33-45.

SVOBODA M. (2006): Mrtvé dřevo—přehled dosavadních poznatků. K. Matějka Průběžná zpráva za řešení projektu 2B06012 Management biodiversity v Krkonoších a na Šumavě v roce, 2006-2011.

SVOBODA, M., FRAVER, S., JANDA, P., BAČE, R., & ZENÁHLÍKOVÁ, J. (2010): Natural development and regeneration of a Central European montane spruce forest. *Forest Ecology and Management*, 260(5), 707-714.

ŠRÁMEK, V., KULHAVÝ, J., VEJPUSTKOVÁ, M., MAXA, M., FADRHOŇSOVÁ, V., NOVOTNÝ, R., & ZÁHORA, J. (2005): Vliv současných depozic dusíku na zvyšování přírůstu a kvalitu výživy smrkových porostů. VÚLHM—závěrečná zpráva projektu NAZV QC1723.

ŠRÁMEK, V., LOMSKÝ, B., & NOVOTNÝ, R. (2009): Hodnocení obsahu a zásoby živin v lesních porostech – literární přehled. Zprávy lesnického výzkumu, 54(4), 307-315.

TAKAHASHI, K. (1994): Effect of size structure, forest floor type and disturbance regime on tree species composition in a coniferous forest in Japan. *Journal of Ecology*, 769-773.

TOMLINSON, G. H. (2003): Acidic deposition, nutrient leaching and forest growth. *Biogeochemistry*, 65(1), 51-81.

UHLIAROVÁ, Š., ŠKRDLA, P., POUSTKA, V., & LEPŠOVÁ, A. (1999): Mrtvá dřevní hmota a její význam pro obnovu lesa. In *Konference Monitoring, výzkum a management ekosystémů NP Šumava* (Vol. 1, No. 2, p. 12).

VACEK, S. (1982): Ekologické aspekty dekompozice biomasy v autochtonních ochranných smrčínách. Zprávy lesnického výzkumu, 27(2), 5-11.

VACEK, S. (1999): Ekologické aspekty dekompozice dřeva v autochtonní smrčině. Význam a funkce odumřelého dřeva v lesních porostech. Sborník příspěvků ze semináře s exkurzí konaného, 8(9), 49-60.

VACEK, S., & PODRÁZSKÝ, V. V. (2003): Forest ecosystems of the Šumava Mts. and their management. *Journal of Forest Science*, 49(7), 291-301.

ZAHRADNICKÝ J., MACKOVČIN P., (eds.) et al. (2004): Plzeňsko a Karlovarsko. In: Mackovčín P. a Sedláček M. (eds.): Chráněná území ČR, svazek XI. – Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, p. 588.

ZENÁHLÍKOVÁ, J., SVOBODA, M., & WILD, J. (2011): Stav a vývoj přirozené obnovy před a jeden rok po odumření stromového patra v horském smrkovém lese na Trojmezí v Národním parku Šumava. *Silva Gabreta*, 17(1), 37-54.

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(1), 63-72.

ZIELONKA, T. (2006): When does dead wood turn into a substrate for spruce replacement? *Journal of Vegetation Science*, 17(6), 739-746.

ZHOU, L., DAI, L. M., GU, H. Y., & ZHONG, L. (2007): Review on the decomposition and influence factors of coarse woody debris in forest ecosystem. *Journal of Forestry research*, 18(1), 48-54.

Internetové zdroje:

BAČE (2016): Mrtvé dřevo klíčem k biodiverzitě lesa [online]. [cit. 18. 11. 2017]. <<http://www.casopis.forumochranyprirody.cz/magazin/analyzy-komentare/mrtve-drevo-klicem-k-biodiverzite-lesa>>

BAČE, R., SVOBODA, M. (2014): Management mrtvého dřeva v hospodářských lesích [online]. [cit. 06. 07. 2017]. <home.czu.cz/storage/74451_bace_mmd_2014.pdf>

EAGRI (2016): Lesní hospodářské plány a osnovy. [online]. [cit. 15. 11. 2017]. <<http://eagri.cz/public/app/uhul/SIL/sil-typ-plochy.cshtml>>

EURONATUR SPEZIEL (2016): Personal Impressions of a Forest Excursion to Romania. Between virgin forest wilderness, rural idyll and forest destruction – Hans D. Knapp [online]. [cit. 03. 07. 2017].

<http://www.saveparadiseforests.eu/wp-content/uploads/2017/02/HansDKnapp_Rom_Report.pdf>

FSC ČR (2013): Komentovaný Český standard FSC pro přirozené lesy a plantáže (FSC-STD-CZE-03-01-2013). Vydání [online]. [cit. 10. 02. 2018].

<http://www.czechfsc.cz/data/Cesky_standard_FSC_2017_web2.pdf>

KUČERA, M., ADOLT, R., KOHN, I., PIŠKYTLOVÁ, P., KRATĚNA, L., FEJFAR, J., ZÁVODSKÝ, J., ČECH, Z. (2016): Výstupy Národní inventarizace lesů uskutečněné v letech 2011-2015. [online]. [cit. 10. 07. 2017].

<http://nil.uhul.cz/data/documents/vysledky_projektu_nil2/mrtve_drivi_lp_rijen_2016.pdf>

NOVOTNÝ, V. (2009): Hodnocení obsahu a zásoby živin v lesních porostech-literární přehled. Reports of Forestry Research. [online]. [cit. 23. 07. 2017].

<http://www.vulhm.cz/sites/file/vydavatelska_cinnost/zpravy_lesnickeho_vyzkumu/zlv_2009_04.pdf#page=68>

PEFC ČR (2011): Kritéria a indikátory trvale udržitelného hospodaření v lesích. CFCS 1003:2011, Vydání 1 [online]. [cit. 09. 02. 2018].

<<http://www.pefc.cz/wp-content/uploads/Standardy-PEFC-CR/Technicke-dokumenty/CFCS%201003:2011%20Krit%C3%A9ria%20a%20indik%C3%A1tory%20trvale%20udr%C5%BEiteln%C3%A9ho%20hospoda%C5%99en%C3%AD%20v%20les%C3%ADch.pdf>>

PEFC (2017): PEFC Global Statistics: SFM & CoC Certification. [online]. [cit. 09. 02. 2018].

<https://www.scribd.com/document/147379606/PEFC-Global-Certificates#fullscreen&from_embed>

PŘÍHODA, J. (2008): Technologie pro zpracování dendromasy – těžebních zbytků. [online]. [cit. 22. 07. 2017].

<<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/technologie-pro-zpracovani-dendromasy-tezebnich-zbytku>>

ÚSTAV PRO HOSPODÁŘSKOU ÚPRAVU LESŮ (2005): Oblastní plány rozvoje lesů. [online]. [cit. 15. 11. 2017].

<<http://www.uhul.cz/ke-stazeni/informace-o-lese/textove-casti>>

ÚSTAV PRO HOSPODÁŘSKOU ÚPRAVU LESŮ (2008): Ministerské konference pro ochranu lesů v Evropě [online]. [cit. 09. 02. 2018].

<http://www.uhul.cz/images/NLP/1Podklady/4_Evropske_souvislosti/Ministerske_konference_pro_web.pdf>