

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Význam zonace Chráněné krajinné oblasti České
středohoří pro zvýšení přítomnosti mrtvého dřeva velkých
rozměrů v lesních porostech**

Bakalářská práce

Adam Hamak

RNDR. Jan Hofmeister, Ph.D.

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Adam Hamak

Lesnictví

Ochrana a pěstování lesních ekosystémů

Název práce

Význam zonace Chráněné krajinné oblasti České středohoří pro zvýšení přítomnosti mrtvého dřeva velkých rozměrů v lesních porostech

Název anglicky

The importance of the zonation of Protected Landscape Area České středohoří to increase the presence of large dead wood in forest stands

Cíle práce

Cílem práce je provést systematickou inventarizaci a popis stojícího a odumřelého mrtvého dřeva velkých rozměrů a jejich bližší popis ve vybrané části chráněné krajinné oblasti zahrnující I. až III. zónu ochrany přírody. S využitím sebraných dat porovnat kvantitativní i kvalitativní parametry mrtvého dřeva s velkým jednotkovým objemem v jednotlivých zónách studované části chráněné krajinné oblasti. Na základě diskuze zjištěných výsledků s odbornou literaturou vyhodnotit význam zonace lesních porostů zvolené chráněné krajinné oblasti a délky trvání platnosti této zonace na zvýšení potenciálu lesních porostů pro výskyt organismů vázaných na mrtvé dřevo velkých rozměrů.

Metodika

1. V úvodu práce bude provedeno shrnutí současných teoretických poznatků o významu mrtvého dřeva pro biodiverzitu temperátních lesů střední Evropy. Zvláštní pozornost bude věnována vlivu lesnického hospodaření na kvantitu a kvalitu mrtvého dřeva v lesních porostech.

2. Terénní sběr dat bude založen na inventarizaci a popisu (stupeň rozkladu, druh dřeviny atd.) stojícího i ležícího mrtvého dřeva větších rozměrů na srovnatelných typech stanovišť v 1. až 3. zóně Chráněné krajinné oblasti Křivoklátsko. Inventarizovány budou všechny stojící mrtvé stromy a pahýly (vyšší než 1,5 m) s výčetní tloušťkou převyšující 40 cm a ležící mrtvé dřevo s výčetní tloušťkou 40 cm na silnějším konci, neboť mrtvé dřevo větších objemů je klíčovou podmínkou pro výskyt vzácných druhů hub, hmyzu i dalších skupin organismů. Souřadnice každého inventarizovaného objektu bude zanesena do mapových podkladů. V souhrnu bude zmapováno nejméně 100 ha lesních porostů.

3. Sebraná data budou analyzována s cílem určit kvalitativní i kvantitativní parametry mrtvého dřeva větších rozměrů v jednotlivých zónách CHKO České středohoří. Výsledky získané analýzou vlastních terénních dat

budou dále diskutovány s dříve publikovanými pracemi a uvedeny do širšího středoevropského kontextu. Na základě toho bude vyhodnocen význam zonace CHKO České středohoří pro přítomnost a kvalitu velkých objektů mrtvého dřeva a případně navržena doporučení pro další management.

Harmonogram vypracování:

Práce bude vypracována v průběhu roku 2022 a 2023.

duben-září 2022: sběr terénních dat, studium doporučené literatury,

říjen-prosinec 2022: digitalizace a základní zpracování terénních dat, rešerše literatury,

prosinec 2022: odevzdání první verze textu/osnovy BP a seznamu nastudované literatury vedoucímu práce, prezentace výsledků BP,

únor/březen 2023 – předložení textu rozpracované BP a konzultace závěrečné fáze přípravy a podoby BP s vedoucím práce.

duben 2023 – odevzdání BP vedoucímu práce.

Doporučený rozsah práce

min. 40 stran

Klíčová slova

biodiverzita, biologické dědictví, mrtvé dřevo, lesní hospodaření

Doporučené zdroje informací

1. Bače R., Svoboda M., 2014. Management mrtvého dřeva v hospodářských lesích. Certifikovaná metodika MZe.
2. Bausch J., et al., 2009. Silviculture for old-growth attributes. *Forest Ecology and Management* 258, 525-537.
3. Grove S.J., 2002. Saproxylic insect ecology and the sustainable management of forests. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 33, 1-23.
4. Kraus D., Krumm F. (eds.), 2013. Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity. European Forest Institute, 284 pp., ISBN: 978-952-5980-06-3
5. Larrieu L., et al., 2018. Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators* 84, 194-207.
6. Lindenmayer D.B., Laurance W.F., 2017. The ecology, distribution, conservation and management of large old trees. *Biological Reviews* 92, 1434-1458.
7. Lindenmayer D.B., 2017. Conserving large old trees as small natural features. *Biological Conservation* 211, 51-59.
8. Sandström J., et al., 2019. Impacts of dead wood manipulation on the biodiversity of temperate and boreal forests. A systematic review. *Journal of Applied Ecology* 56, 1770-1781.
9. Thorn S., et al., 2020. The living dead: acknowledging life after tree death to stop forest degradation. *Frontiers in Ecology and the Environment* 18, 505-512.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

RNDr. Jan Hofmeister, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 25. 4. 2022

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 7. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Význam zonace Chráněné krajinné oblasti České středohoří pro zvýšení přítomnosti mrtvého dřeva velkých rozměrů v lesních porostech" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval RNDr. Janu Hofmeisterovi, Ph.D. za vlídnou pomoc se zpracováním a správnému uchopení tématu mé bakalářské práce, dále také Mgr. Jiřímu Křivánkovi z CHKO České středohoří za poskytnutí lesní hospodářské mapy s legendou k jednotlivým studijním plochám a přiřazení průměrného věku k jednotlivým porostním skupinám.

Význam zonace Chráněné krajinné oblasti České středohoří pro zvýšení přítomnosti mrtvého dřeva velkých rozměrů v lesních porostech

Souhrn

Bakalářská práce pojednává o významu zonace ochrany přírody v CHKO České středohoří. Hlavní důraz je kladen na mrtvé dřevo, které je jedním z nejdůležitějších nositelů biodiverzity ve všech lesních ekosystémech. V rámci této práce bylo provedeno srovnání kvalitativních i kvantitativních znaků a také hektarové zásoby (objemu) objektů mrtvého dřeva v porostech 1. až 3. zóny ochrany v CHKO České středohoří. Inventarizovány byly všechny stojící mrtvé stromy a pahýly (vyšší než 1,5 m) s výčetní tloušťkou převyšující 40 cm a ležící mrtvé dřevo s výčetní tloušťkou převyšující 40 cm na silnějším konci, neboť mrtvé dřevo větších objemů je klíčovou podmínkou pro výskyt vzácných druhů hub, hmyzu i dalších skupin organismů.

Úvodem je formou literární rešerše a také vlastních poznatků provedeno shrnutí současných teoretických poznatků o významu mrtvého dřeva pro biodiverzitu temperátních lesů střední Evropy. Zvláštní pozornost je věnována vlivu lesnického hospodaření na kvalitu a kvantitu mrtvého dřeva v lesních porostech.

V rešeršní části práce je hlavní pozornost věnována samotnému mrtvému dřevu (co to je, jak vzniká, k čemu je dobré, proč je tak důležité apod.), biodiverzitě (co to je, proč je důležitá, jak jí rozdělujeme apod.) a také CHKO Českému středohoří (zonaci, jeho vegetaci, přírodním poměrům apod.), jakožto reprezentativní zkoumané oblasti.

V metodické části je provedeno představení zkoumané oblasti a jednotlivých studijních ploch, popsán postup terénního sběru dat (kvalitativních a kvantitativních vlastností mrtvého dřeva větších rozměrů) a způsob vyhodnocení sebraných dat. Mrtvé dřevo bylo inventarizováno celkem na 103,1 ha plochy lesních porostů, z toho 11,8 ha v 1. zóně ochrany přírody, 33,5 ha ve 2. zóně a 57,8 ha ve 3. zóně.

Největší, ale i přes to poměrně nízká hektarová zásoba objektů mrtvého dřeva splňujících kritické hranice parametrů ze zadání byla podle očekávání zjištěna na studijních plochách v 1. zóně ochrany přírody CHKO (a to 6,2 m³/ha). Na studijní ploše ve 2. zóně ochrany

přírody byla zjištěna zásoba mrtvého dřeva větších rozměrů 1,3 m³/ha a na studijních plochách ve 3. zóně 1,6 m³/ha. Tyto hodnoty jsou jedny z nejměrodatnějších výsledků vlivu zonace CHKO na distribuci mrtvého dřeva větších rozměrů. Nevyšly však podle prvotního očekávání a tak jasně poukazují na proměnlivé hodnoty ostatních výsledků, jako je například hektarová četnost nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů, velikosti ploch bez přítomnosti mrtvého dřeva, výčetní tloušťky a výšky nebo délky nálezů, druhy dřevin nálezů a jejich objem a dalších kvalitativních a kvantitativních výsledků na studijních plochách v rámci jednotlivých zón ochrany přírody CHKO. Většina těchto výsledků vyšla podle očekávání, pouze několik málo výsledků zaznamenalo odchylku od prvotních předpokládaných hodnot.

Dále jsou diskutovány jednotlivé rozdíly ve výsledcích a také faktory, které s největší pravděpodobností zapříčinily mnoho výsledků, které nevyšly podle očekávání (například hektarová zásoba, rozmanitost stupňů rozkladu a hustota distribuce objektů mrtvého dřeva větších rozměrů).

Na základě výsledků v porovnání s odbornými publikacemi byl závěrem vyhodnocen význam zonace CHKO České středohoří pro přítomnost a kvalitu velkých objektů mrtvého dřeva a navržena doporučení pro další management. Na studijních plochách v 1. a 2. zóně ochrany přírody byla zonace CHKO pro přítomnost mrtvého dřeva větších rozměrů vyhodnocena jako významná. Ve 3. zóně ochrany přírody (na jedné ze studijních ploch) bylo podle získaných výsledků navrženo zařazení do lepší ochranné zóny, například 2. nebo 1. zóny ochrany přírody CHKO.

Klíčová slova: biodiverzita, biologické dědictví, mrtvé dřevo, lesní hospodaření

Significance of the zoning of the Protected Landscape Area České středohoří for increasing the presence of large-sized dead wood in forest stands

Summary

The bachelor thesis deals with the importance of nature protection zonation in the Czech Central Highlands Protected Landscape Area. The main focus is on dead wood, which is one of the most important carriers of biodiversity in all forest ecosystems. Within this work, a comparison of qualitative and quantitative features as well as the hectare stock (volume) of dead wood objects in stands of the 1st to 3rd protection zones in the České středohoří protected area was carried out. All standing dead trees and stumps (taller than 1.5 m) with a clearing thickness exceeding 40 cm and lying dead wood with a clearing thickness exceeding 40 cm at the thicker end were inventoried, as dead wood of larger volumes is a key condition for the occurrence of rare species of fungi, insects and other groups of organisms.

In the introduction, a summary of the current theoretical knowledge on the importance of dead wood for the biodiversity of temperate forests in Central Europe is presented in the form of a literature research as well as my own findings. Special attention is paid to the influence of forest management on the quality and quantity of dead wood in forest stands.

In the research part of the thesis, the main attention is paid to deadwood itself (what it is, how it is formed, what it is good for and why it is so important, etc.), biodiversity (what it is, why it is important, how we distribute it, etc.) and also to the Bohemian Central Highlands Protected Landscape Area (zonation, its vegetation, natural conditions, etc.), as a representative study area

The methodological part introduces the study area and the individual study plots, describes the procedure of field data collection (qualitative and quantitative properties of dead wood of larger dimensions) and the method of evaluation of the collected data. Deadwood was inventoried on a total of 103.1 ha of forest area, of which 11.8 ha were in Nature Conservation Zone 1, 33.5 ha in Zone 2 and 57.8 ha in Zone 3.

As expected, the largest, but nevertheless relatively low, hectare stock of dead wood objects meeting the critical limits of the parameters of the Terms of Reference was found in the

study areas in Nature Conservation Zone 1 of the MPA (namely 6.2 m³/ha). Larger deadwood stock was found at 1.3 m³/ha in study plots in the 2nd nature protection zone and 1.6 m³/ha in study plots in the 3rd zone. These values are some of the most meaningful results of the effect of MPA zonation on the distribution of dead wood of larger sizes. However, they did not come out as initially expected and so clearly indicate the variability in other outcomes such as hectare frequency of larger deadwood finds, size of areas with no deadwood present, clearing thickness and height or length of finds, species of deadwood finds and their volume, and other qualitative and quantitative outcomes in the study plots within each MPA conservation zone. Most of these results came out as expected, with only a few results showing deviation from the initial predicted values.

Individual differences in the results are discussed below, as well as the factors that most likely caused many of the results that did not come out as expected (e.g., hectare stock, diversity of decomposition stages, and density distribution of larger deadwood objects).

Based on the results in comparison with professional publications, the significance of the zonation of the Czech Central Highlands Protected Landscape Area for the presence and quality of large deadwood objects is finally evaluated and recommendations for further management are proposed. In the study plots in Conservation Zones 1 and 2, the zonation of the MPA was assessed as significant due to the presence of larger dead wood. In Nature Conservation Zone 3 (one of the study plots), the results suggested that the site should be placed in a better conservation zone, such as Conservation Zone 2 if not Conservation Zone 1 of the MPA.

Keywords: biodiversity, biological heritage, dead wood, forest management

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	3
3	Literární rešerše	4
3.1	Mrtvé dřevo	4
3.1.1	Vznik mrtvého dřeva	4
3.1.2	Mrtvé dřevo v hospodářských a přírodních lesích	5
3.1.3	Vazba mrtvého dřeva na lesní biodiverzitu	6
3.1.4	Mrtvé dřevo „rodičem“ dalších generací dřevin	7
3.1.5	Saproxylická společenstva vázaná na mrtvé dřevo	7
3.1.6	Houby na mrtvém dřevě	9
3.1.7	Vztah mrtvého dřeva a lesní produktivity	11
3.2	Biodiverzita	12
3.2.1	Druhová diverzita	13
3.2.2	Ekosystémová diverzita	13
3.2.3	Prostorové úrovně diverzity (podle Loreau, 2000; Whittaker, 1960)	14
3.2.4	Diverzita v lesích Českého středohoří	14
3.3	Zonace velkoplošně zvláště chráněných území	15
3.4	Chráněná krajinná oblast České středohoří	15
3.4.1	Povrch, pedologické a geologické vlastnosti	17
3.4.2	Vegetace, květena a typická rostlinná společenstva	18
4	Metodika	19
4.1	Zkoumaná oblast a jednotlivé plochy	19
4.2	Sběr dat	20
4.2.1	Nálezy mrtvého dřeva	22
4.2.2	Druhy dřevin	23
4.2.3	Stojící / ležící	23
4.2.4	Stupeň rozkladu	23
4.2.5	Výčetní tloušťka	24
4.2.6	Výška / délka	24
4.2.7	Typy mrtvého dřeva	25
4.3	Postup vyhodnocení sebraných dat	25
4.3.1	Delaunayho triangulace	25
4.3.2	Vzdálenostní matice	27
4.3.3	Statistická analýza dat	27
4.3.4	Výpočet objemu a hektarové zásoby	28

5	Výsledky	29
5.1	I. zóna ochrany přírody CHKO.....	29
5.1.1	Nálezy mrtvého dřeva a jednotlivé studijní plochy	29
5.1.2	Druhy dřevin nálezů mrtvého dřeva	29
5.1.3	Nálezy mrtvého dřeva stojící / ležící	30
5.1.4	Stupeň rozkladu nálezů mrtvého dřeva	30
5.1.5	Výčetní tloušťka nálezů mrtvého dřeva.....	30
5.1.6	Výška / délka nálezů mrtvého dřeva	30
5.1.7	Typy nálezů mrtvého dřeva	30
5.1.8	Delaunayho triangulace nálezů mrtvého dřeva	31
5.1.9	Vzdálenostní matice nálezů mrtvého dřeva.....	31
5.1.10	Objem a hektarová zásoba mrtvého dřeva	33
5.2	II. zóna ochrany přírody CHKO	33
5.2.1	Nálezy mrtvého dřeva a jednotlivé studijní plochy	33
5.2.2	Druhy dřevin nálezů mrtvého dřeva	33
5.2.3	Nálezy mrtvého dřeva stojící / ležící	34
5.2.4	Stupeň rozkladu nálezů mrtvého dřeva	34
5.2.5	Výčetní tloušťka nálezů mrtvého dřeva.....	35
5.2.6	Výška / délka nálezů mrtvého dřeva	35
5.2.7	Typy nálezů mrtvého dřeva	35
5.2.8	Delaunayho triangulace nálezů mrtvého dřeva	36
5.2.9	Vzdálenostní matice nálezů mrtvého dřeva.....	36
5.2.10	Objem a hektarová zásoba mrtvého dřeva	37
5.3	III. zóna ochrany přírody CHKO	38
5.3.1	Nálezy mrtvého dřeva a jednotlivé studijní plochy	38
5.3.2	Druhy dřevin nálezů mrtvého dřeva	38
5.3.3	Nálezy mrtvého dřeva stojící / ležící	39
5.3.4	Stupeň rozkladu nálezů mrtvého dřeva	39
5.3.5	Výčetní tloušťka nálezů mrtvého dřeva.....	39
5.3.6	Výška / délka nálezů mrtvého dřeva	39
5.3.7	Typy nálezů mrtvého dřeva	40
5.3.8	Delaunayho triangulace nálezů mrtvého dřeva	40
5.3.9	Vzdálenostní matice nálezů mrtvého dřeva.....	41
5.3.10	Objem a hektarová zásoba mrtvého dřeva	42
5.4	Srovnání jednotlivých zón ochrany přírody.....	43
5.4.1	Nálezy mrtvého dřeva a jednotlivé studijní plochy	43
5.4.2	Druhy dřevin nálezů mrtvého dřeva	44
5.4.3	Nálezy mrtvého dřeva stojící / ležící	45

5.4.4	Stupeň rozkladu nálezů mrtvého dřeva	46
5.4.5	Výčetní tloušťka nálezů mrtvého dřeva.....	47
5.4.6	Výška / délka nálezů mrtvého dřeva	48
5.4.7	Typy nálezů mrtvého dřeva	50
5.4.8	Delaunayho triangulace nálezů mrtvého dřeva	51
5.4.9	Vzdálenostní matice nálezů mrtvého dřeva.....	52
5.4.10	Objem a hektarová zásoba mrtvého dřeva	53
6	Diskuze.....	55
6.1	Význam zonace CHKO pro distribuci mrtvého dřeva.....	55
6.2	Lesní hospodaření s ohledem na biodiverzitu	58
6.2.1	Ponechání skupinky stromů k dožití (podle Bače, 2016).....	59
7	Závěr	60
8	Literatura	62
8.1	Zákony	68
9	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	69
10	Samostatné přílohy	70

1 Úvod

Většina lesů v České republice má multifunkční charakter. Zajišťuje jak produkci dřeva, tak funkce mimoprodukční, mezi které patří například funkce ochrany biologické rozmanitosti, vodocharanná, půdoochranná, klimatická nebo rekreační. Lesní porosty s pestrou druhovou skladbou dřevin a diverzitou mají vyšší schopnost naplňovat všechny ekosystémové funkce lesa, jak ukazují nejnovější výzkumy (Gamfeldt, 2013). Obecně je tedy při lesním hospodaření důležité dbát na ochranu biodiverzity, která je důležitá pro dlouhodobé zachování multifunkčních lesů.

Lesní porosty jsou kromě stromů tvořeny souborem mnoha dalších rostlinných a živočišných organismů, které určují celkovou biodiverzitu naší planety nebo určité lokality. Nejzákladnějším a neopominutelným nositelem biodiverzity v ekosystému je právě mrtvé dřevo – jeho výskyt, produkce a přítomnost. Na mrtvé dřevo je totiž vázána více než čtvrtina druhů lesních organismů (Grove, 2002). Termínem mrtvé dřevo rozumíme jakékoliv formy stojící či ležící dřevní hmoty, které jsou výsledkem odumření stromů, či jejich částí. Může se jednat například o suché stojící stromy – souše, pahýly, suché větve a větvičky, pařezy, vývraty, fragmentované dřevo ale i ostatní ležící a stojící dřevní hmotu, kterou mají na svědomí různé biotické nebo abiotické vlivy. Na objem mrtvého dřeva v daném lesním ekosystému má vliv mnoho faktorů – jsou to např.: celková produktivita daného stanoviště, diverzita a skladba dřevin, klimatické podmínky, přírodní a lesní disturbance, stáří porostu a/nebo stadium vývoje lesa a také intervence a zásahy člověka do lesního přirozeného chodu v lesích označovaných jako hospodářské.

V přírodních opadavých temperátních lesích střední Evropy mrtvé dřevo většinou čítá 5-30 % zásoby porostu. To odpovídá zhruba 40 až 200 m³/ha (Kučera, 2016; Dudley, 2005). Přírodní bučiny například v průměru čítají kolem 136 m³/ha mrtvého dřeva (Dudley, 2005). Po silné přírodní disturbanci se však hodnota zásoby mrtvého dřeva může vyšplhat až na 700 m³/ha (Bače, 2016). V lesích hospodářských se objem mrtvého dřeva většinou k takovýmto hodnotám ani zdaleka nepřibližuje.

Podle národní inventarizace lesů dosahuje v České republice celkový objem mrtvého dřeva 69,2 milionů m³ s kůrou (Kučera, 2016). Průměrný hektarový objem je 24,8 m³ mrtvého dřeva s kůrou (Kučera, 2016).

Způsob lesnického hospodaření na dané lokalitě má mimo jiné obrovský vliv na kvantitu a kvalitu mrtvého dřeva v lesních porostech. Nejzákladnějším novodobým trendem je částečné

ponechávání odumřelé dřevní hmoty v porostech k samovolnému zetlení. Ještě v nedávné minulosti bylo totiž něco takového zcela nepřijatelné. Nyní se již na mrtvé dřevo v lesích nahlíží ze zcela jiného úhlu, bohužel to však legislativa se zákony a prováděcími předpisy ještě úplně nereflektuje (viz např. povinnost kácení sterilních kůrovcových souší v rámci kalamitní těžby). Už se nejedná pouze o překážku v lesním hospodaření, kterou je třeba z porostů odstranit, ale o důležitý lesnicko-ekologický prvek, obohacující ekosystémy jako celek a výrazně přispívající k lesní biodiverzitě, který zkrátka do lesa patří a je jeho přirozenou součástí (Bujoczek, 2021). Takto je o mrtvém dřevě potřeba smýšlet i do budoucna a vrátit tento trend zachování mrtvého dřeva v porostech do mysli všech vlastníků jakýchkoli typů lesa.

2 Cíl práce

Cílem práce je provést systematickou inventarizaci a popis stojícího a odumřelého mrtvého dřeva velkých rozměrů a jejich bližší popis ve vybrané části Chráněné krajinné oblasti České středohoří zahrnující I. až III. zónu ochrany přírody. S využitím sebraných dat porovnat kvantitativní i kvalitativní parametry mrtvého dřeva s velkým jednotkovým objemem v jednotlivých zónách studované části chráněné krajinné oblasti.

Cílem práce je na základě diskuze zjištěných výsledků s odbornou literaturou vyhodnotit význam zonace lesních porostů zvolené chráněné krajinné oblasti a délky trvání platnosti této zonace na zvýšení potenciálu lesních porostů pro výskyt organismů vázaných na mrtvé dřevo velkých rozměrů.

3 Literární rešerše

3.1 Mrtvé dřevo

Mrtvé dřevo je důležitým prvkem lesů jak pro biologickou rozmanitost, tak pro funkce ekosystému a má významný dopad na stabilitu a kontinuitu lesa (Thorn, 2020). Mrtvé dřevo, ať už ležící nebo stojící je samo o sobě stanovištěm vzácných druhů lišejníků, mechorostů, hub, bakterií, nižších i vyšších rostlin, bezobratlých živočichů, drobných obratlovců, ptáků a savců (Grove, 2002; Bače, 2016).

Objem mrtvého dřeva je taktéž významný pro ukládání uhlíku. Mrtvé dřevo také podporuje celkovou vyšší biodiverzitu lesních porostů – např.: saproxylické organismy v primárních starých lesích oproti obhospodařovaným lesním porostům, kde objem jak padlého ležícího, tak stojícího mrtvého dřeva a souší není tak velký (Hofmeister, 2015).

3.1.1 Vznik mrtvého dřeva

Tento termín se v literatuře objevuje jen zřídka (Lofroth, 1998). Označuje proces odumírání stromu, pád stromu, a jeho rozklad v zalesněném ekosystému. Proces začíná živými a zdravými stromy a končí začleněním do organického půdního horizontu a/nebo do vodního prostředí (Harmon, 1986).

V lesích, které jsou narušeny přírodními disturbancemi se nakonec většina stromů stane mrtvým dřevem; ty, které zemřou a zůstanou stát, se stávají součástí stojící mrtvé složky lesa. Příčiny úmrtnosti u živých stromů jsou různé a pravděpodobně jde o kombinaci mnoha faktorů. Míra úmrtnosti je obvykle druhově specifická a je extrémně variabilní kvůli mnoha kauzálním činitelům a různým podmínkám na stanovišti. Uvádí se, že úmrtnost je vyšší na lokalitách s vysokou produktivitou než na lokalitách s nízkou produktivitou. Často jsou činitelé úmrtnosti ovlivňující stromy na různých místech velmi odlišní (Greenwood, 2017).

Přeměna lesů ze starých porostů na obhospodařované porosty také zkracuje věk dožití stromů ze staletí na desetiletí, čímž se snižuje velikost a stáří stromů ponechaných v lese. Toto snížení drasticky snižuje množství, velikost a kvalitu mrtvých a odumírajících stromů dostupných pro budoucnost. Velké padlé stromy jsou považovány za jedinečné, kritické součásti lesních ekosystémů (Maser, 1979). V počátcích těžby lesů však bylo mrtvé dřevo považováno za překážku opětovného zalesňování a přístupu nejen k potokům. V minulosti byly velké kusy mrtvého dřeva (CWD) běžně odstraňovány ve snaze omezit zásobu paliva (a tím

minimalizovat lesní požáry) a usnadnit opětovnou výsadbu. Také kvůli pomalé rychlosti rozpadu velkých kusů mrtvého dřeva nebyla dobře pochopena jejich role v koloběhu živin, a tudíž jejich význam.

Objekty mrtvého dřeva velkých rozměrů se do ekosystému dostávají buď přímo odumíráním a okamžitým pádem živých stromů (např. při svržení stromu větrem), nebo odumíráním stromů a případným pádem stojícího odumřelého materiálu. Stejně jako u stojících mrtvých stromů existuje variabilita v množství, velikosti, druzích a stupně rozkladu velkých kusů mrtvého dřeva. Množství mrtvého dřeva v jakémkoliv porostu je funkcí činitelů úmrtnosti, podmínek na stanovišti, expozice a rychlosti rozpadu. Biomasa velkých objektů mrtvého dřeva v některých jehličnatých ekosystémech může převyšovat celkovou biomasu mnoha listnatých ekosystémů. Klasifikace rozpadu pro velké kusy mrtvého dřeva byla popsána Maserem a kol. (1988). Celkový objem nebo biomasa mrtvého dřeva se liší podle ekologických podmínek na stanovišti (Lofroth, 1998).

3.1.2 Mrtvé dřevo v hospodářských a přírodních lesích

Faktory, jako jsou druhová skladba lesa, klimatické podmínky, vývojové stadium porostu a/nebo stáří lesa, celková produktivita, režim přírodních disturbancí atd. mají všechny významný vliv na celkový objem mrtvého dřeva v lesích hospodářských i přírodních (Franklin, 1987). Tyto faktory totiž mají úzkou vazbu na životní cyklus stromů jako takových, po jejichž odumření vzniká mrtvé dřevo.

V přírodních temperátních lesích střední Evropy může objem mrtvého dřeva přirozeně dosahovat až 250 m³ na hektar lesní plochy (Hahn, 2004). V hospodářských lesích se objem mrtvého dřeva odvíjí od historie a nynějšího způsobu hospodaření na daném místě. V případě, že se na daném místě v lese hospodaří krátce, mohou se v lese vyskytovat pozůstatky mrtvého dřeva (hlavně padlých kmenů) z dob před hospodařením, které zvyšují celkový objem mrtvého dřeva (Stokland, 2012). Je obecně známo, že objem mrtvého dřeva v lesích hospodářských lesích je podstatně menší než v lesích přírodních, a to hlavně v důsledku pravidelné těžby. Jakmile stromy v těchto lesích dosáhnou mýtního věku (věk, ve kterém se nevytváří žádná nová dřevní hmota, trend přírůstu výšky a tloušťky téměř stagnuje a je také náchylnější k různým chorobám a napadení škůdci) nebo požadovaných rozměrů, následuje jejich pokácení a vývoz pryč z porostu na místa, kde jsou dále zpracovávány pro různé potřeby odběratelů. S takovým způsobem hospodaření je možné ponechání pouze velmi malého množství mrtvého dříví, většinou pouze formou nízkých pařezů a klestu. Výskyt souší a padlých kmenů (vývratů apod.)

v hospodářských lesích je tímto zcela eliminován (Kruys, 1999). V hospodářských lesích objem mrtvého dřeva Evropských boreálních a nížinných lesů kolísá v rozmezí 10-80 m³ s kůrou na hektar lesní plochy, v lesích jehličnatých je to pak 20-30 m³ s kůrou na hektar (Müller, 2010). Mrtvé dřevo v hospodářských lesích má také oproti lesům přírodním menší variabilitu stupňů rozkladu a dimenzí. Důležitý pro variabilitu mrtvého dřeva je také způsob jeho vzniku, který ovlivňuje vznik různých forem tlejícího dříví různých dimenzí, jako například pařezy, větve a klest, stojící souše a ležící kmeny a jejich části, které mohou být stanovištěm různých saproxylických druhů organismů (Stokland, 2012). V hospodářských lesích dále také dochází k absenci kusů mrtvého dřeva vzniklého přirozenou cestou přírodními procesy, které právě preferuje mnoho druhů lesních organismů (Nieto, 2010).

Za nejefektivnější a klíčové opatření v hospodářských porostech se považuje ponechání skupinky stromů k dožití. Tyto stromy by měly být ponechány na okrajích obnovovaných ploch, kde postupně zestárnou a odumřou. Stanou se z nich stojící souše nebo vývraty a později přirozeně tlející dřevo neboli kmen ve fázi rozkladu (Bače, 2016). Primárně by se měli ponechávat k dožití stromy nejstarší, mohutné, silné, již odumírající s různými dutinami (doupné stromy) a ty, které již nesou části mrtvého dřeva (mající odumřelé některé ze stromových částí). Tyto stromy sami o sobě také zároveň představují ekologická mikrostaniště pro mnoho specifických rostlinných a živočišných druhů vázaných na dřevo, podporují tak biodiverzitu a označujeme je termínem „biotopové stromy“ (Müller, 2010).

3.1.3 Vazba mrtvého dřeva na lesní biodiverzitu

Velké množství výzkumů v posledních desetiletích prokázalo úzkou ekologickou vazbu mrtvého dřeva v lesích na biodiverzitu (Seibold, 2015). Mrtvé dřevo, včetně jeho úlomků, spadlých jemných a hrubých dřevěných úlomků a mrtvé dřevo přímo připojeno k stojícím živým a zdravým stromům představuje stanoviště samo o sobě, a poskytuje domov pro tisíce na dřevě závislých (saproxylických či lignikolních) druhů.

Mrtvé dřevo je též nedílnou součástí různých funkcí ekosystému, jako například regenerace a obnovy lesa po disturbanci a také uhlíkového, živinového a hydrologického cyklu v lese.

Intenzifikace lesního hospodaření výrazně snížila množství a rozmanitost mrtvého dřeva a umírajících stromů po celém světě, což má za následek ztráty a vymírání některých saproxylických druhů. Velké množství mrtvého dřeva se vyskytuje v mladých lesních porostech po přírodních disturbancích i ve starších lesích v důsledku přirozené dynamiky lesa.

V lesích hospodářských narušují přirozenou dynamiku mrtvého probírky a těžby, a to po několik desetiletí po jejich provedení. Dokonce i lesní rezervace, které byly dříve využívány pro produkci dřeva, než začaly být chráněné, mohou mít nízký celkový objem mrtvého dřeva. Například ve švédských lesních rezervacích je průměrný objem mrtvého dřeva pouze 24 m³/ha, což je hluboko pod průměrnými přírodními hodnotami 80-120 m³/ha (Sandström, 2019). V České republice dosahuje střední objem mrtvého dříví na hektar porostní půdy 24,8 m³/ha s kůrou (Kučera, 2016).

Současný nedostatek mrtvého dřeva v mnoha lesních ekosystémech naznačuje, že k podpoře biologické biodiverzity mohou být zapotřebí lesnické zásahy zaměřené na rychlé zvýšení množství mrtvého dřeva. K takovým lidským intervencím, které jsou postupně stále častější, patří například vytváření vysokých pařezů, zanechání těžebních zbytků v porostu, jako například klest, koruny stromů, klády a dřevní úlomky (Sandström, 2019).

3.1.4 Mrtvé dřevo „rodičem“ dalších generací dřevin

Mrtvé dřevo může být samo o sobě substrátem pro semenáčky různých druhů dřevin. Poskytují si tak vlastní mikrostanoviště svého druhu, ve kterém dochází k jejich opakovanému zmlazení. Udržují si tak dominantní postavení ve společenstvu (Bellingham, 2006). V některých typech lesních porostů je zmlazení určitých druhů dřevin stoprocentně závislé na mrtvém dřevě (Narukawa, 2002). V některých případech semenáčky obsazují pouze mrtvé dřevo (primárně ležící mrtvé kmeny) svého vlastního druhu (Hofgaard, 1993), jindy mohou „paraziticky“ osidlovat primárně mrtvé dřevo ostatních druhů dřevin (Harmon, 1989).

3.1.5 Saproxylická společenstva vázaná na mrtvé dřevo

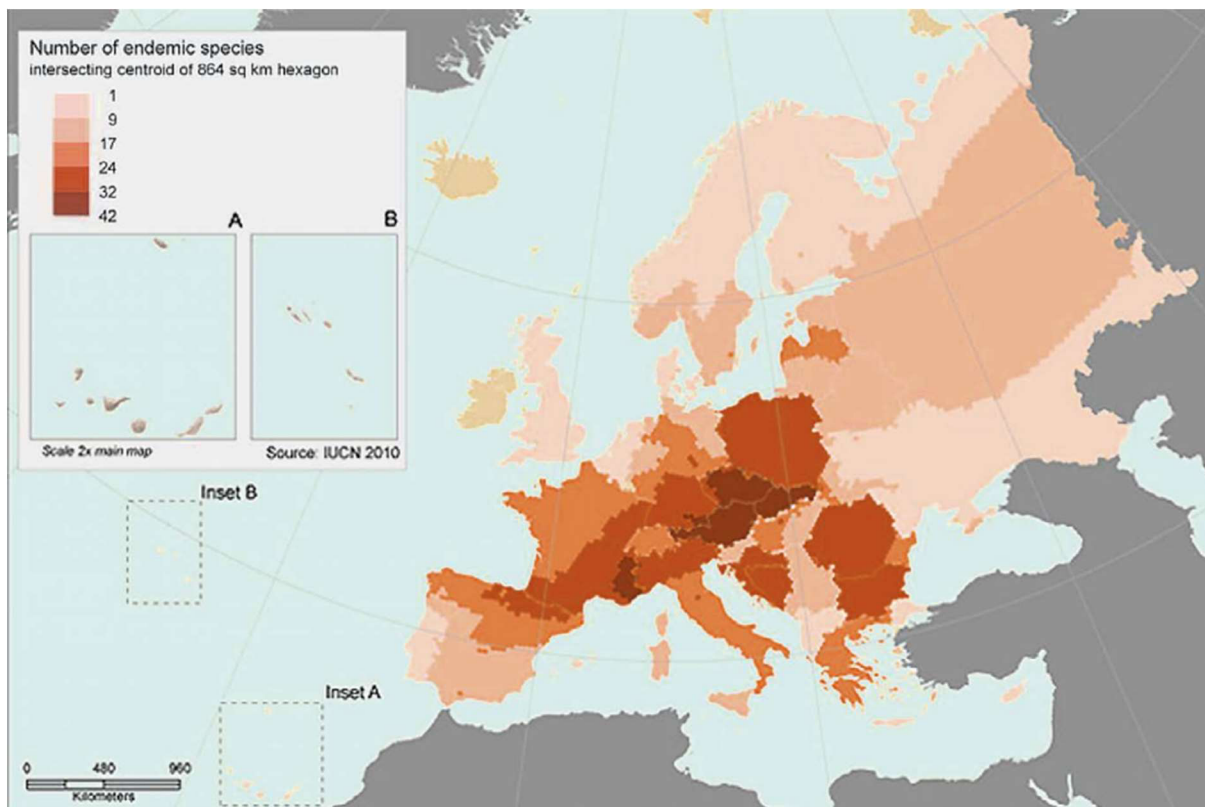
Mezi nejznámější obyvatelé mrtvého dřeva patří kůrovci (*Scolytinae*) (Zach, 1998). Drtivá většina z nich jsou druhy floeofágními neboli lýkožravými. Mezi čistě saproxylické druhy (druhy, které jsou potravně nebo stanovištně vázány nějakou částí životního cyklu na dřevní pletiva stromů) hmyzu patří některé druhy z čeledi tesaříkovitých (*Cerambycidae*) a krascovitých (*Buprestidae*), kteří hlavně xylofágní neboli dřevožraví. Dále také existují brouci druhu xylomycetofágního. Ty se specialují na požíraní dřeva, které je napadeno různými houbovými patogeny. Jsou to například lesanovití (*Lymexylidae*) a drtníci (*Xyleborus*). Dále jsou to druhy mycetofágní, které požírají plodnice hub, jejich výtrusy či mycelium na dřevě. Sem patří například určité druhy z čeledí hubokazovitých (*Ciidae*) nebo potěmnikovitých (*Tenebrionidae*). Obyvateli mrtvého dřeva však mohou být po určitou část svého životního

cyklu i predátoři. Ti se živí lovem živé kořisti, která může obývat právě mrtvé dřevo. Sem patří například určité druhy z čeledí drabčíkovitých (*Staphylinidae*), lesknáčkovitých (*Nitidulidae*) nebo pestrokrovečnickovitých (*Cleridae*). Dále to jsou také všežraví oportunisté, kteří nepohrdnou jakoukoli vhodnou momentální potravní nabídkou. Za oportunisty můžeme dle jejich chování považovat i některé druhy z čeledí kovaříkovitých (*Elateridae*) nebo lesákovitých (*Cucujidae*) (Doležalová, 2010).

Tyto druhy považujeme za saproxylofágní neboli saproxylické brouky. Jsou to tedy takové druhy, které se živí a požírají odumírající nebo již odumřelé části dřeva, dřevo napadené houbovými patogeny, nebo samotné saproxylické organismy, jako jsou například houby, jejich plodnice, mycelium a ostatní druhy hmyzu. Saproxylické druhy vyhledávají svá stanoviště jak v nadzemních částech stromu, tak i v pařezech, kořenech a také v tlejícím a trouchnivém dřevě, ve kterém se líhnou larvy například nosorožků (*Oryctes*) nebo roháčů (*Lucanus*) (Schlaghamerský, 2000).

Mnoho druhů označovaných jako saproxylické druhy nebo společenstva patří mezi ohrožené živočichy v celé Evropě. Hmyz nejen že využívá mrtvé dřevo jako úkryt a stanoviště, ale také ho dokáže vytvářet (Buckland, 1993). Tento hmyz je hojně označován za škůdce, i když poněkud neprávem (Doležalová, 2010). Za škůdce je běžně považován nápor hmyzu na smrkové monokultury, které se však u nás vyskytují přirozeně jen na menší výměře horských lesů. Jako primární škůdce dřevin můžeme označit pouze druhy, které jsou schopny po napadení živého a zdravého stromu ho usmrtit. Avšak i takové druhy jsou z přírodovědeckého hlediska považovány za zcela přirozené, které naopak splňují kritéria pro označení za klíčové druhy, hlavně v roli udržení biodiverzity v lesích (např. *Ips typographus*) (Müller, 2008). Daleko hojnější důvod odumření živého stromu představují abiotické faktory (např. vítr, sucho, vlhko, slunce) nebo také samotný věk stromu (Buckland, 1993).

Ponechání mrtvého dřeva v lesích je potřeba v rámci chráněných, ale i běžných hospodářských lesů zakomponovat do lesních hospodářských plánů a osnov. Po přírodních disturbancích je ekologicky příznivé a vhodné mrtvé dřevo (zlomy, vývraty apod.) ponechat v porostech. Dále také ponechání těžebních zbytků mrtvého dřeva (padlé a pokácené ekonomicky bezcenné kusy dřevní hmoty, vysoké pařezy, klest apod.) (Doležalová, 2010).



Obrázek 1: Evropské rozšíření endemických saproxylických brouků (zdroj: Nieto & Alexander 2010)

3.1.6 Houby na mrtvém dřevě

Houby jsou hlavními činiteli hniloby dřeva na stanovištích a zpřístupňují dřevní hmotu pro většinu dalších organismů žijících v mrtvém dřevě (Boddy, 2001). Jinými slovy tyto saproxylické houby fungují jako základní druhy v lesních ekosystémech, protože kolonizují mrtvé dřevo a starají se o jeho rozklad, což usnadňuje pozdější kolonizaci ostatními druhy (např. saproxylickými brouky). Dřevní houby jsou tedy dalšími organismy, které hrají důležitou roli ve zdraví lesů, prosperitě, biodiverzitě a také v samotném cyklu vzniku a rozkladu mrtvého dřeva (Ódor, 2006). Fáze rozkladu mrtvého dřeva je vnímána jako nejdůležitější proměnná pro pochopení složení houbového společenstva na tlejícím dřevě (Renvall, 1995). Vlastnosti mrtvého dřeva, jako jsou např. druh dřeviny, mikroklimatické podmínky, příčina smrti stromu, původní pozice odumřelého dřeva na stromě apod., jsou klíčové a ovlivňují druhové složení na mrtvém dřevě. Na celkovou bohatost druhů dřevních hub má také velký vliv, zda se jedná o les čistě listnatý, jehličnatý, smíšený nebo dokonce monokulturu. Stejně jako u dalších saproxylických organismů, na dřevní houby může mít velký dopad lesní hospodaření. Mnoho druhů saproxylických hub je totiž vázáno pouze na specifického hostitele, nebo pouze jeho část (např. kořenová část, kmenová část apod.).

Společenstva saproxylických hub se při procesu rozkladu dřeva neustále mění a transformují. Způsoby, jakými je mrtvé dřevo rozkládané se velmi liší mezi druhy dřevin, okolními biotopy, historií lesního hospodaření a mnoha dalších faktorů. Tento proces však velmi závisí právě na struktuře a složení společenstva saproxylických hub (Kubartová, 2015). Různé druhy saproxylických hub totiž fungují na bázi různých enzymatických schopností a jsou klasifikovány podle specifických substrátů, které tráví, a také typu výsledné hniloby (Moose, 2019). Houbové hniloby se primárně dělí na tři typy, a to na bílou, hnědou a měkkou hnilobu. Obecně, bílou hnilobu mají na svědomí houby, které dokážou mimo celulózu a hemicelulózu zpracovat i lignin, hnědou hnilobu mají na svědomí houby, které tráví hemicelulózu a měkkou hnilobu houby, které mají enzymy pro rozklad celulózy (Rajala, 2015). Rozkladem dřevní hmoty získávají houby potřebné živiny v jejich vývojovém cyklu. Biodiverzita ektomykorhizních hub v lesních půdách je popisována ve vztahu k zdravotnímu stavu lesních ekosystémů (Stevens, 1997). Ačkoli přímý vztah mezi zhoršeným zdravotním stavem lesních ekosystémů a sníženou ektomykorhizní aktivitou nebyl prokázán, zdravé lesní porosty obvykle vykazují vyšší druhovou rozmanitost ektomykorhizních hub v rámci lesních půd (Svoboda, 2007).

V případě studijních ploch vytyčených pro inventarizaci mrtvého dřeva v CHKO České středohoří byly druhy dřevin celkem rozmanité, s příměsí listnatých i jehličnatých dřevin. Na to se váže i celková bohatost druhů hub nalezených na objektech mrtvého dřeva větších rozměrů při terénním sběru. Druhy, které byly nalezeny při terénním sběru dat jsou např. březovník obecný (*Piptoporus betulinus*), troudnatec kopytovitý (*Fomes fomentarius*), síťkovec dubový (*Daedalea quercina*), síťkovec trojbarvý (*Daedaleopsis tricolor*), penízovka sametonohá (*Flammulina velutipes*), černorosol uťatý (*Exindia truncata*) apod.



Obrázek 2: Penízovka sametonohá (*Flammulina velutipes*) na mrtvém dřevě (pařezu) vyfotografovaná na jedné ze zkoumaných ploch při terénním sběru dat (zdroj: autor)

3.1.7 Vztah mrtvého dřeva a lesní produktivity

Mrtvá dřevní hmota může v závislosti a za pomoci klimatických podmínek, typu stanoviště a stavu lesního ekosystému ovlivnit produktivitu lesních porostů. Mrtvá dřevní hmota ovlivňuje například množství organické hmoty v půdě, množství a kvalitu organismů podílejících se na rozkladu organické hmoty, půdní vlhkost (v suchých periodách může mrtvé dřevo sloužit jako útočiště pro půdní organismy) apod. Mrtvé dřevo také poskytuje biotop symbiotickým a dusík vázajícím bakteriím, je významným zdrojem živin pro lesní ekosystém

a důležitým substrátem pro obnovu lesních dřevin. Dále také mrtvé dřevo ovlivňuje půdní procesy jako např. okyselování půd nebo podzolizace (Svoboda, 2007).

3.2 Biodiverzita

Tento termín pochází z ochranné biologie. Jedná se o spojení fráze „biologická rozmanitost“ do jednoho slova (Maclaurin, 2008).

Na biologickou rozmanitost je třeba nahlížet z mnoha různých úhlů pohledu. Prvním takovým pohledem může být celková perspektiva evolučního času neboli evoluce mnoha různých druhů z jednoho společného předka. Dalším způsobem, jak nahlížet na biodiverzitu, je charakteristika přírodních společenstev, tedy počet druhů organismů v určitých podmínkách. Přírozená společenstva mají proto každé svou charakteristickou biodiverzitu, a to jak z hlediska počtu druhů, tak i jejich složení. Dalším pohledem na biologickou rozmanitost je globální. Zatímco je v současnosti celosvětově popsáno řádově 1,4 milionu druhů, o celkovém počtu druhů popsaných i nepopsaných se odborníci dohadují. Současné odhady se pohybují od 10 do 100 milionů druhů. Lze to rozebrat a podívat se na určité segmenty globálních součtů, jako je diverzita vyšších rostlin, počet druhů nebo vyjádření jako samotná hmotnost (biomasa). Stupeň znalostí o biodiverzitě se liší jak podle lokality, tak podle taxonu neboli klasifikační skupiny organismů (Lovejoy, 1994). Dalším způsobem, jak přemýšlet o biodiverzitě, je podle míst, kde se koncentruje nejvíce druhů (tzv. „hot-spots“). Nejznámější koncentrace druhů většiny taxonomických skupin je samozřejmě v tropických deštných lesích, které se nacházejí poblíž rovníku. Tyto lesy obsahují více než 50 % všech známých druhů taxonomických skupin. Charakteristickým vzorem biodiverzity je obecný nárůst počtu druhů, čím se zkoumaný ekosystém nachází blíže u rovníku (MacArthur, 1984). Toto je vzorec, který se opakuje u mnoha skupin organismů, ale samozřejmě ne u všech (Maclaurin, 2008).

Mnohé z temperátních lesů střední Evropy jsou dnes již dávno pryč kvůli lidské činnosti a některé evropské typy lesů patří k nejohroženějším ekosystémům na světě. Nejnovější odhady jsou takové, že pouze 0,2 % střeoevropských listnatých lesů zůstává v relativně přirozeném stavu (Hannah, 1995), díky čemuž jsou tyto lesy a druhy v nich žijící stejně ohroženy jako často diskutované ohrožené ekosystémy, jako je tropický deštný prales. Tím pádem je v těchto lesích ekosystémech také velmi ohroženo zachování biodiverzity na větších hodnotách (Bengtsson, 2000).

Biodiverzitu jako takovou dělíme do tří základních sekcí, a to na genetickou, druhovou a ekosystémovou (Zouhar, 2000).

3.2.1 Druhová diverzita

Druhová diverzita nese informaci o rozmanitosti druhů na konkrétním stanovišti nebo geografické oblasti. Hodnotí také vztahy mezi druhy v důsledku jejich fylogenetické vzdálenosti (MacArthur, 1965). Druhová bohatost společenstva záleží na mnoha faktorech, lze je však rozdělit na dva typy (Zouhar, 2000).

Prvním typem jsou geografické faktory. Tyto faktory zahrnují hlavně informace o zeměpisné šířce, nadmořské výšce a ve vodním prostředí také o hloubce. Tyto faktory mají jistou korelační vazbu s biodiverzitou, i přes to, že zde působí i mnoho dalších faktorů, jako je např. množství slunečního záření a množství a charakter vodních srážek. Lze tedy obecně říci, že směrem k rovníku narůstá druhová rozmanitost, zvláště pak v tropickém podnebném pásu, a to i se zvyšující se nadmořskou výškou. Proměnlivost podnebí, produktivita prostředí a pravděpodobné stáří ekosystému lze zařadit také mezi tyto faktory prvního typu.

Druhým typem jsou biotické faktory. Mezi ně řadíme vlastně veškeré biologické vlastnosti společenstva, které mají vliv jak na biodiverzitu, tak i na strukturu vlastního společenstva. Pod tyto faktory spadá zejména míra predace, mortalita, sukcesní stadium společenstva a také rozsah kompetice (jako např. symbióza apod.) (Zouhar, 2000).

Například druhová diverzita dřevin, z nichž každá dřevina může vykazovat různou zranitelnost vůči různým zdrojům úmrtnosti, slouží jako důležitý ukazatel pro diverzitu mrtvého dřeva (Holzwarth, 2013). Taxony závislé na mrtvém dřevě jsou spojeny s četnými mikrohabitaty, jako jsou například mrtvé větve (Seibold, 2018) nebo dutiny (Müller, 2014), které poskytuje postupné odumírání velkých starých stromů, které jsou často označovány za tzv. veteránské stromy. Do parametrů veteránského stromu však můžou dorůst a dospět pouze určité druhy dřevin, a tak mrtvé dřevo některých druhů dřevin vykazuje větší hodnotu biodiverzity než mrtvé dřevo jiných druhů dřevin (Thorn, 2020).

3.2.2 Ekosystémová diverzita

Ekosystémová diverzita se váže na rozmanitosti společenstev a biotopů. Vztahuje se také k vzájemným vztahům organismů a abiotického prostředí. Uvnitř ekosystému tak může vznikat spletitá síť vztahů. Ta se skládá z jednotlivých vztahů mezi organismy, jako jsou např. predace,

konkurence, parazitismus, symbióza apod. a také ze vztahů organismů k prostředí, jako jsou např. adaptace a habituace (Zouhar, 2000). Tyto vzájemné interakce mezi druhy a prostředí vytváří uspořádání společenstev charakteristické pro určitá stanoviště nebo regiony. Ekosystémová rozmanitost závisí také na geodiverzitě (tj. rozmanitost geologického podloží), důležitá je také evoluce druhů (Magurran, 1988).

3.2.3 Prostorové úrovně diverzity (podle Loreau, 2000; Whittaker, 1960)

Diverzitu rozdělujeme na 3 prostorové úrovně, a to na „alfa“, „beta“ a „gama“ diverzitu.

Alfadiverzita je rozmanitost druhů lokálních společenstev, přičemž počet druhů je zaznamenáván v rámci určité plochy vzorku neboli biocenózy (například v jednotkách ha nebo km²) nebo přirozeně v rámci stanoviště.

Betadiverzita je změna v druhovém složení mezi lokalitami a společenstvy, například změna druhového složení mezi jehličnatým a listnatým lesem, nebo mezi dvěma mapovacími kvadráty. Vyjadřuje vlastně stupeň nepodobnosti (rozsah diference) jednotlivých vzorků (biocenóz) z protilehlých konců gradientu.

Gamadiverzita je v podstatě „alfa“ diverzita na velké škále mapovacího území. Odkazuje na úplnou druhovou bohatost velkých geografických celků. Skládá se zároveň z „alfa“ i „beta“ prvků diverzity.

3.2.4 Diverzita v lesích Českého středohoří

V Českém středohoří se protíná vegetace kontinentální, středoevropská a také subatlantická. Celkově je celý region velmi druhově rozmanitý. Velkou pozornost botaniků si však vyžádala hlavně stepní společenstva.

V případě lesních společenstev se v Českém středohoří můžeme setkat s následujícími syntaxonomickými jednotkami – asociace: hrachorová doubrava, teplomilná bazofilní doubrava, černýšová dubohabřina, lipová bučina s lípou velkolistou, bučina s kyčelnicí devítilistou, acidofilní biková doubrava, březová doubrava s dominancí dubu letního, druhově bohatá doubrava apod (Klika, 1951). Dále také dle aktuálního pojetí klasifikace podle Katalogu biotopů ČR se v Českém středohoří nacházejí křoviny skal a drolin s rybízem alpským (typicky vyvinuté na Milešovce), v nižších polohách vysokostébelné trávníky skalních terás, pohyblivé sutě kyselých hornin, skalní vegetace s kostřavou sivou (*Festuca pallens*), úzkolisté suché trávníky, širokolisté suché trávníky, acidofilní suché trávníky, bazofilní vegetace efemér

a sukulentů, teplomilné doubravy a středoevropské bazifilní teplomilné doubravy (Chytrý, 2010).

3.3 Zonace velkoplošně zvláště chráněných území

Takzvaná zonace je jedním z hlavních nástrojů ochrany přírody velkoplošných zvláště chráněných území, jako jsou Národní parky a Chráněné krajinné oblasti. Chráněné krajinné oblasti definuje základní předpis o ochraně přírody (zákon 114/1992 Sb. v § 25). Předpis určuje, že hospodářské využívání těchto území se provádí podle zón odstupňované ochrany tak, aby se udržoval a zlepšoval jejich přírodní stav a byly zachovány a vytvářeny optimální ekologické funkce těchto území. Rekreační využití je přípustné, pokud nepoškozuje přírodní hodnoty chráněných krajinných oblastí. K bližšímu určení způsobu ochrany přírody chráněných krajinných oblastí se vymezují zpravidla 4, nejméně však 3 zóny odstupňované ochrany přírody; první zóna má nejpřísnější režim ochrany. Podrobnější režim zón ochrany přírody chráněných krajinných oblastí upravuje právní předpis, kterým se chráněná krajinná oblast vyhláší. Vymezení a změny jednotlivých zón ochrany přírody stanoví Ministerstvo životního prostředí vyhláškou.

Nejdůslednější a nejpřísnější postupy v režimu ochrany jsou zákonem o ochraně přírody a krajiny (114/1992 Sb., ve znění pozdějších předpisů) stanoveny pro první zónu ochrany přírody. To mohou být například oblasti, ve kterých se vyskytují vzácné, ohrožené a popř. endemické druhy rostlin nebo živočichů, případně vzácné biotopy se vzácnými druhy. Ve druhé a třetí zóně ochrany přírody již metody a způsoby ochrany nebudou tak přísně, jako v zóně první. Bližší charakteristiku a režim zonace upravuje obecně závazný právní předpis, kterým se velkoplošně zvláště chráněné území vyhláší. Konečné rozhodnutí o tom, co a v jaké míře bude na území chráněno by vždy mělo být podloženo odbornými poznatky o skutečném stavu poměrů na území (Matějka, 2013).

3.4 Chráněná krajinná oblast České středohoří

České středohoří se nachází v severozápadní části České republiky, v Ústeckém kraji (viz Obrázek 3). Jedná se o oblast, která vznikla vulkanickou činností.

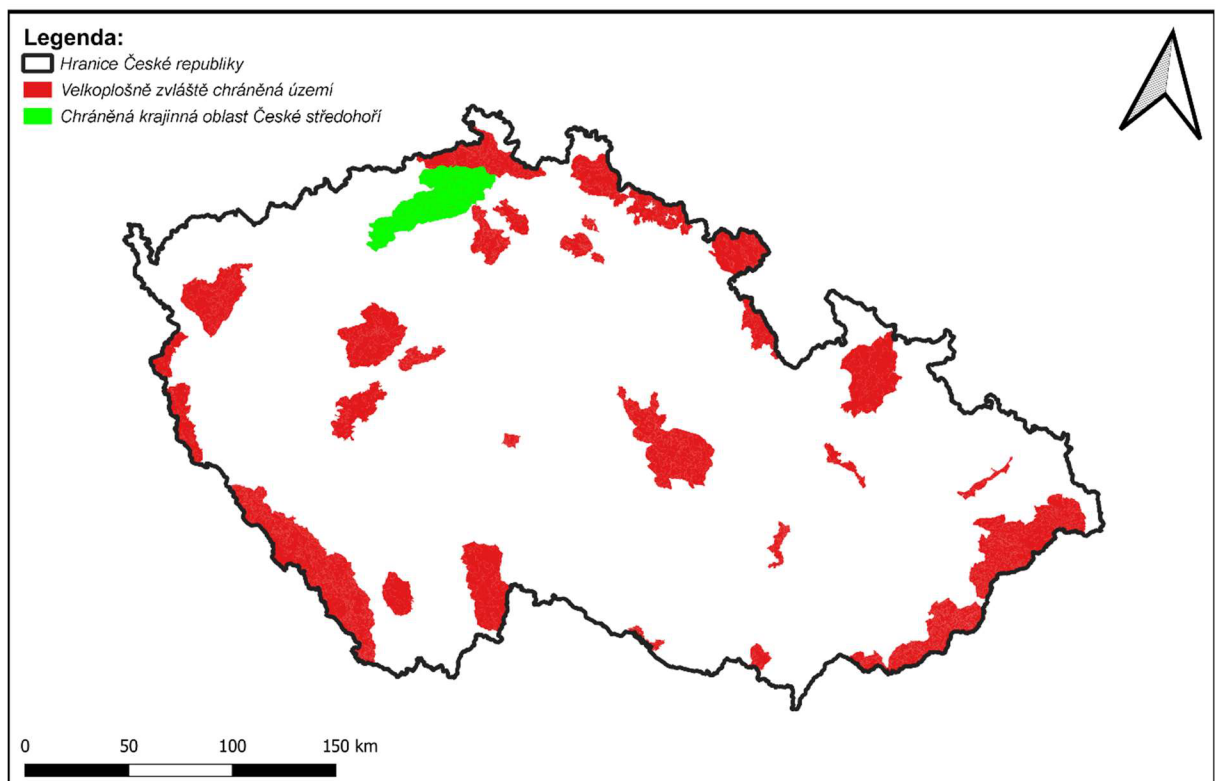
České středohoří se rozkládá napříč severozápadními Čechami, v Ústeckém kraji. Celá oblast vznikla vulkanickou činností. Z horopisného hlediska patří do Podkrušnohorské oblasti, která je součástí Krušnohorské subprovincie (David, 2005). České středohoří se nachází

v nadmořských výškách mezi 121,9 m n. m. (hladina Labe v Děčíně) a 837 m n. m. (vrchol Milešovky), na přechodu termofytika a mezofytika. V celém regionu Českého středohoří se vyskytují tedy spíše teplomilně založené druhy rostlin a lesní vegetace.

České středohoří má rozlohu 1256km² a zhruba 84 % tohoto území zaujímá Chráněná krajinná oblast České středohoří, s rozlohou 1064 km² (Kinský, 2006).

Chráněná krajinná oblast neboli CHKO je označení v českém jazyce pro velkoplošně chráněné území v oblasti ochrany přírody nižšího stupně ochrany, než jaký platí pro národní parky. České CHKO definuje zákon (114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny) jako rozsáhlé území s harmonicky utvářenou krajinou, charakteristicky vyvinutým reliéfem, významným podílem přirozených ekosystémů lesních a trvalých travních porostů, případně s dochovanými památkami historického osídlení. Rozsáhlým územím se v tomto případě podle zákona považuje území větší než 40 km² (Pešout, 2015).

Velkoplošně chráněné území - Česká republika



Obrázek 3: Velkoplošně chráněná území na mapě České republiky (zdroj: autor)

České středohoří je regionem zcela unikátních a rozmanitých přírodních poměrů. Například flóra v tomto regionu patří k druhově nejbohatším v Čechách (David, 2005).

I přes menší procento zalesnění je zde lesní vegetace převážně zastoupena bučinami, javory, duby, břízami a habry, na suťovištích se můžeme setkat s hojnými populacemi mechů a lišejníků, na travnatých a prosluněných stráních má domov stepní a lesostepní květena, jako např. divizny, kavyly, koniklece. Napříč celým Českém středohořím jsou typické louky s velkými rozlohami. Biologická druhová diverzita v tomto regionu se však zvýšila také zásluhou člověka – založením ovocných sadů a regionálních vinic (hlavně na Litoměřicku) (Kinský, 2006).

Lesní fauna naproti tomu kvůli malé výměře lesních ploch není tak druhově bohatá. Vyskytuje se zde například zvěř srnčí, zajíci, jezevci a rozmanité druhové zastoupení zde má hmyz (brouci a motýli), mimo jiné také díky mrtvému dřevu, které má v CHKO četné zastoupení. Široké zastoupení zde mají také ptačí druhy, které využívají dutiny doupných stromů (Kinský, 2006).

V případě saproxylických druhů se můžeme v CHKO České středohoří setkat s druhy z čeledi střevlíkovitých (*Carabidae*), vrubounovitých (*Scarabaeidae*), nebo také s roháči (*Lucanus*), jejichž larvy se líhnou v tlejícím dřevě. Na hoře Oblík (509 m n. m.), kde je vyhlášena Národní přírodní rezervace Oblík se také dokonce nachází endemit *Parazuphium chevrolati rebli* z čeledi střevlíkovitých. Tyto druhy je potřeba podpořit zvýšením objemu a kvality mrtvého dřeva napříč celému regionu CHKO České středohoří. Dále je také CHKO českým centrem biodiverzity čeledi majkovitých (*Meloidae*), ze které zde byl potvrzen výskyt 4 druhů.

3.4.1 Povrch, pedologické a geologické vlastnosti

Povrch regionu je velmi pestrý a členitý. Oblast je charakteristická plošně významným podílem vulkanitů, které jsou převážně horninového charakteru s nadstandartní minerální silou (Vavříček, 2000).

Na jihozápadní straně regionu jsou běžné krátké hřebeny a kopce s kuželovitými a kupovitými tvary. Nejnižším vrcholem regionu je Bílá hora (280 m n. m.) a nejvyšší horou je Milešovka (837 m n. m.), na jejímž vrcholu se nachází Meteorologická observatoř Milešovka. Severovýchodní strana regionu již nemá tak členitý reliéf jako strana jihozápadní, a převažují zde zvlněné plošiny. Ojedinele se můžeme v regionu setkat i s krasovými jevy (Kinský, 2006).

Všechny snadno přístupné a méně svažité pozemky s úživnými půdami (vzniklými zvětráváním na živiny bohatých čedičových hornin či ukládáním sedimentů) jsou využívány

pro intenzivní zemědělství. Tyto sedimenty mohou mít různou minerální sílu nízké až velmi vysoké bonity. Postupně se na území vyvinuly převážně kambické půdy s variabilní příměsí skeletu a varetou trofnosti. Dále mají velmi hojný výskyt rankery a rankerové subtypy. Na stanovištích, kde převažuje jílovitá frakce křídových sedimentů vznikly hydricky ovlivněné půdy, které většinou nesou vysoký trofnostní náboj (Vavříček, 2000).

3.4.2 Vegetace, květena a typická rostlinná společenstva

České středohoří patří k oblastem, které mají největší diverzitu flóry a vegetace na území České republiky. Mají to na svědomí specifické přírodní podmínky a také osídlení oblasti člověkem již v dobách středního paleolitu.

České středohoří jako geomorfologický celek je podle lesnicko-typologického klasifikačního systému Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem zařazen do Přírodní lesní oblasti 5. V této Přírodní lesní oblasti převažuje 3. lesní vegetační stupeň, tedy dubobukový, který má zde zastoupení k 50 % (Štěrbá, 2015).

Oblast se nachází na přechodu termofytika a mezofytika. Celkově však převažují termofyty (tedy teplomilné druhy rostlin) nad mezofyty (Skalický, 1988). Celkové procento lesnatosti regionu není nijak velké, většina krajiny je zemědělsky využívaná a intenzivně obdělávaná. Převažují spíše stepní společenstva (Moravec, 1995). V regionu byl zaznamenán výskyt celkově 105 zvláště chráněných druhů rostlin (podle § 56 odst. 1 a 2 zákona č. 114/1992 Sb.).

Na drtivé většině prozkoumaného území převažují černýšové dubohabřiny s Černýšem hajním (*Melympytum nemorosum*) a lípodubové porosty (2. a 3. zóna CHKO). Prozkoumaná část 1. zóny CHKO pak spadá do květnatých bučin a jedlin, přesněji do lipové bučiny s lípou velkolistou (*Tilia platyphyllos*), viz mapový portál PLADIAS.

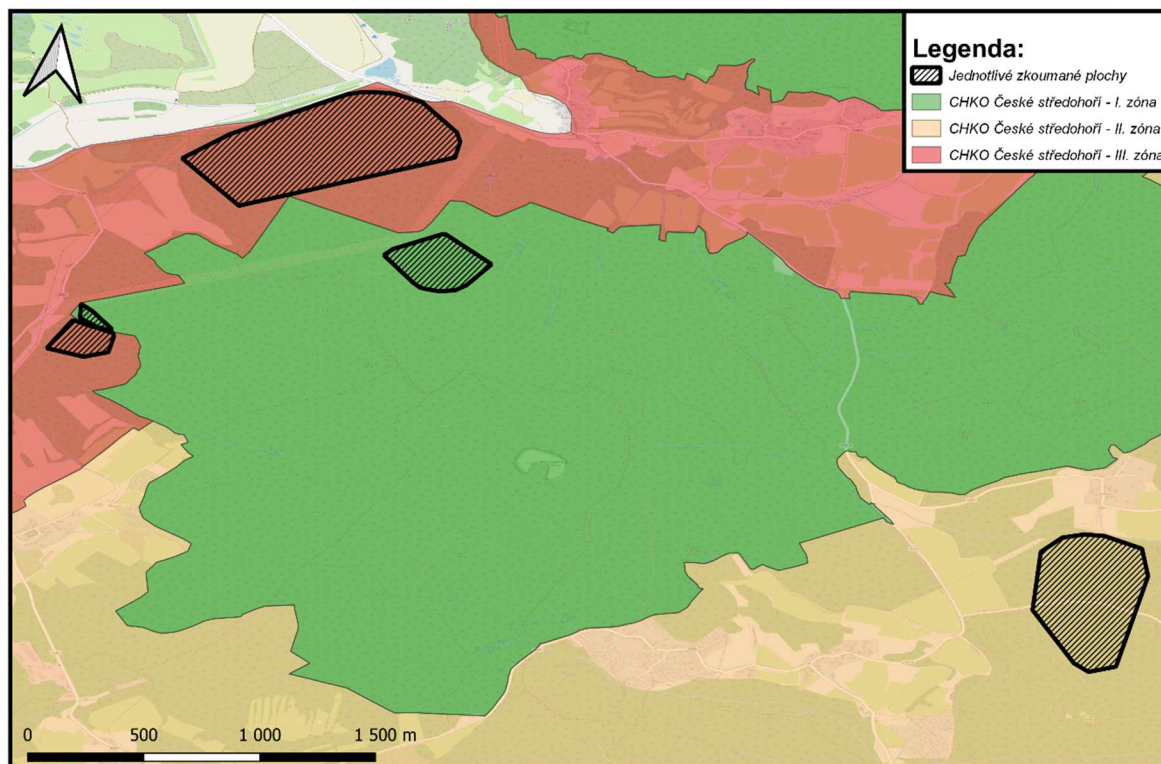
4 Metodika

4.1 Zkoumaná oblast a jednotlivé plochy

Studované plochy se nacházejí v České republice, v Ústeckém kraji, v okrese Teplice a Litoměřice. Celá zkoumaná oblast je součástí Chráněné krajinné oblasti České středohoří. CHKO České středohoří je zařazeno UHÚLem do 5. Přírodní lesní oblasti. Převažuje zde 3. lesní vegetační stupeň (dubobukový), který má v oblasti zastoupení kolem 50 %. Z fytogeografického hlediska se CHKO nachází na přechodu mezi termofytikem a mezofytikem.

Celkem bylo inventarizováno mrtvé dřevo v 5 výzkumných plochách. Dvě plochy se nacházely v 3. zóně ochrany přírody CHKO, dvě plochy v 1. zóně ochrany přírody CHKO a jedna plocha v 2. zóně ochrany přírody CHKO. Rozdělení zkoumané oblasti ve 3. zóně do dvou výzkumných ploch vedlo k vyzorování kontrastu rozšíření mrtvého dřeva větších rozměrů i ve stejné zóně ochrany přírody. Sběr dat jsem provedl osobně, případně ve dvojici. Velikost jednotlivých ploch a počet nálezů jsou tedy omezena časovou náročností při sběru dat.

CHKO České středohoří - jednotlivé zkoumané plochy

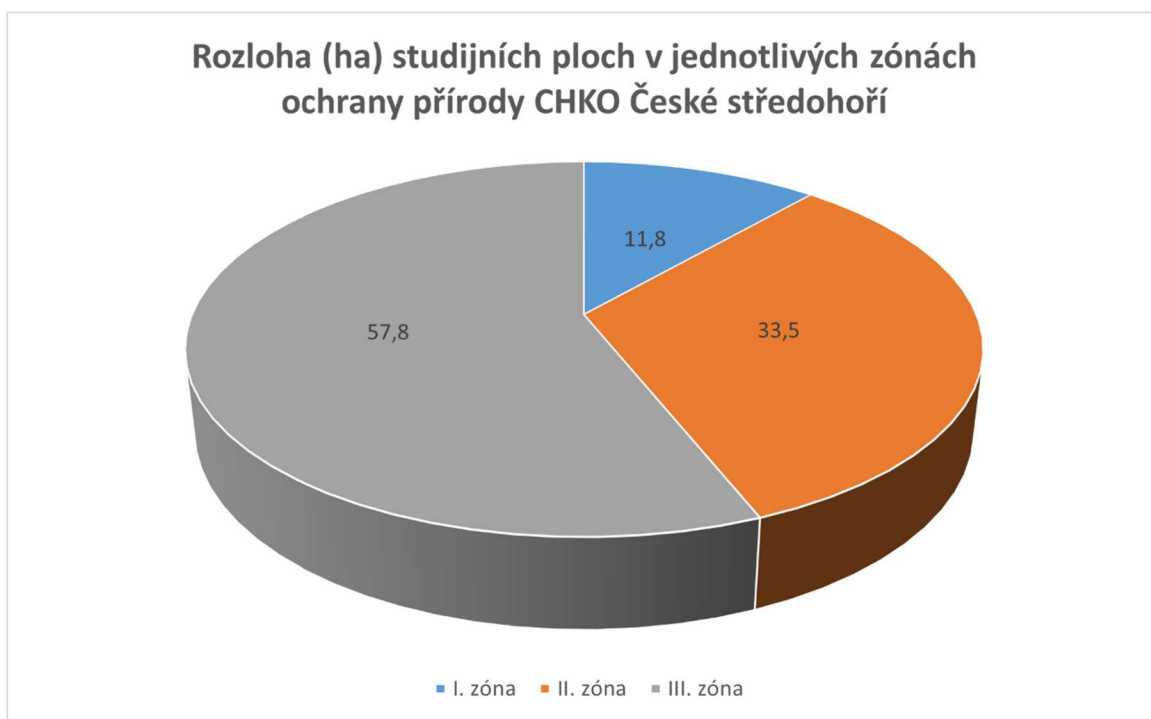


Obrázek 4: Zkoumané plochy zaneseny do mapových podkladů pomocí softwaru QGIS (zdroj: autor)

V případě mé bakalářské práce byly jednotlivé plochy vyznačeny do mapových podkladů až po ukončení terénního sběru. Snaha byla totiž taková, aby v každé zóně byl alespoň podobný počet nálezů. Jednotlivé studijní plochy tedy po sléze tvořila až samotné obvody triangulačních sítí nálezů mrtvého dřeva v jednotlivých zónách.

Plochy v 1. a 3. zóně ochrany přírody CHKO se nacházejí na severovýchodě od vesnice Mukov, která je částí obce Hrobčice a na jihozápadě od vesnice Štěpánov, která je částí obce Lukov. Plocha v 2. zóně ochrany přírody se nachází severně od Solanské hory (637,7 m n. m.) a jižně od malé vesnice Lhota, která je částí města Třebenice (viz Obrázek 4).

Celková rozloha prozkoumaného terénu při terénním sběru dat byla 103,05 ha, z toho I. zóna ochrany přírody CHKO byla 11,79 ha, II. zóna 33,5 ha, III. zóna 57,77 ha (viz Obrázek 5).



Obrázek 5: Rozloha studijních ploch ve výšečovém grafu (zdroj: autor)

4.2 Sběr dat

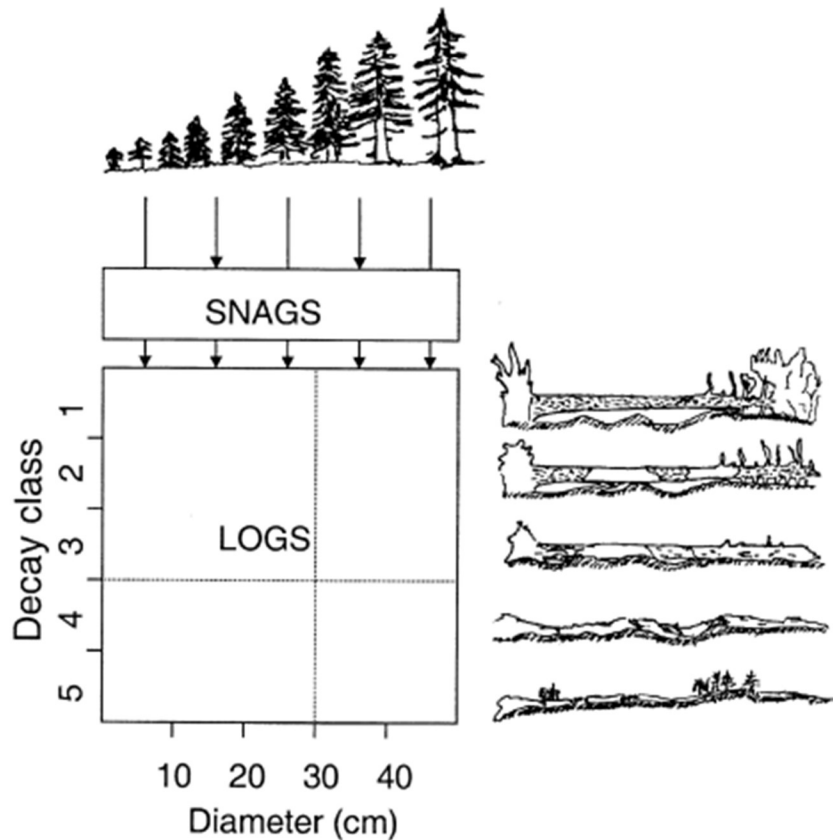
Tento terénní sběr dat byl založen na inventarizaci a popisu stojícího a ležícího mrtvého dřeva větších rozměrů na srovnatelných typech stanovišť v 1. až 3. zóně CHKO České středohoří. Inventarizovány byly všechny stojící mrtvé stromy a pahýly (vyšší než 1,5 m) s výčetní tloušťkou převyšující 40 cm a ležící mrtvé dřevo (delší než 1,5m) s výčetní tloušťkou

40 cm na silnějším konci, neboť mrtvé dřevo větších objemů je klíčovou podmínkou pro výskyt vzácných druhů hub, hmyzu i dalších skupin organismů.

Výjimka byla udělena pro břizu bělokorou a modřín opadavý, jejichž minimální kritická výčetní tloušťka byla snížena na 30 cm. Tyto dřeviny se v rámci zkoumaných ploch hojně vyskytovaly, většina však nedosahovala tlouštěk přesahujících 40 cm. Zároveň však je mrtvé dřevo těchto dřevin důležitým mikrostanovištěm pro specifické saproxylické druhy organismů.

Jednotlivé kusy mrtvého dřeva musely být zprvu v porostu nalezeny postupným prochozením vymezených polygonů tak, aby žádné stojící ani ležící mrtvé dřevo větších rozměrů nemohlo uniknout pozornosti. Dále bylo ověřeno, za pomoci lesnické průměrky a mobilní aplikace měření, která mi velmi pomohla v měření výšky stojících mrtvých stromů, pahýlů a souší, zda nalezený objekt mrtvého dřeva má nadkritickou velikost a má být zaznamenán. Pokud nalezený kus mrtvého dřeva splňoval tyto požadavky na minimální výčetní tloušťku a minimální délku/výšku, byla jeho výška nebo délka a výčetní tloušťka zaznamenána do terénního zápisníku. Dále byl pomocí zapíchnutí kolíku od stanu do dřeva určen jeho stupeň rozkladu (na stupnici 1-5, dle Stokland, 2001). Pokud to stupeň rozkladu dovoľoval, byl dále identifikován druh dřeviny nalezeného kusu mrtvého dřeva, pokud to nedovoľoval, bylo určeno, zda se jedná o listnatou dřevinu či jehličnatou. Pomocí mobilní GPS byly do terénního zápisníku dále poznamenány souřadnice nalezených kusů mrtvého dřeva, se kterými se bude dále pracovat v mapových podkladech pomocí softwaru QGIS. Dále bylo také do terénního zápisníku poznamenáno, zda se jedná o kus mrtvého dřeva stojící (S) nebo ležící (L), pořadové číslo nálezu a také poznámka, o jaký druh mrtvého dřeva se jednalo (např. souše, vývraty, pahýly, výřezy apod.).

Rozrůzněnost stupňů rozkladu u mrtvého dřeva v porostu má také významný vliv na druhovou biodiverzitu. Některé saproxylické druhy totiž preferují specifickou fázi rozkladu dřevní hmoty více než ty ostatní, nebo se vyskytují pouze v určitém stupni rozkladu (Horák, 2012). Stupeň rozkladu byl určován na číselné stupnici 1-5, kde 5 = nejvíce zetlelé mrtvé dřevo v nejpozdější fázi rozkladu, často již jen troud, 1 = nejméně zetlelé mrtvé dřevo v nejranější fázi rozkladu (viz Obrázek 6), často čerstvě odumřelé kusy (Stokland, 2001).



Obrázek 6: Profil velkých kusů mrtvého dřeva rozdělen do jednotlivých stupňů rozkladu jako výsledek růstu a odumírání stromů a následnému rozkladu na mrtvé dřevní částice (zdroj: Stokland, 2001)

4.2.1 Nálezy mrtvého dřeva

Veškeré zjištěné parametry a atributy nálezů mrtvého dřeva byly při terénním sběru dat zaznamenávány do terénního zápisníku, pomocí kterého byla vytvořena tabulka v softwaru Excel a následně bodový shapefile s jednotlivými atributy do softwaru QGIS.

Pomocí souřadnic jednotlivých nálezů mrtvého dřeva byl vytvořen bodový shapefile do softwaru QGIS reprezentující místa nálezů. Pomocí geoprocessingové funkce „intersect“ (průnik, protnutí) byla vrstva nálezů za pomoci shapefile zóny velkoplošně chráněných území rozdělena do tří vrstev podle jednotlivých zón ochrany přírody v CHKO České středohoří. Do atributové tabulky vrstvy nálezů byly následně přidávány další nasbíraná data (atributy).

Výsledek četností nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů v jednotlivých zónách ochrany přírody CHKO byl následně doplněn o hektarovou četnost nálezů. Ta byla jednoduše vypočítána v softwaru Excel vydělením počtu kusů nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů na jednotlivých studijních plochách rozlohou těchto jednotlivých ploch v hektarech.

4.2.2 Druhy dřevin

Pokud to stupeň rozkladu nálezu mrtvého dřeva dovozoval, bylo v terénu určeno, o jaký druh dřeviny se jedná. Pokud bylo již dřevo moc zetlelé k bližšímu určení, bylo alespoň určeno, zda se jedná o dřevo z dřeviny jehličnaté nebo listnaté. K bližšímu určování dřevin mi velmi pomohla mobilní aplikace PlantNet, kde se dá například podle fotky borky, jehlic, listu, plodu nebo celkového habitusu určit procentuální podobnost nebo shoda s různými druhy dřevin.

Podle souřadnic nálezů, získaných pomocí mobilní GPS byla vytvořena bodová vrstva (neboli shapefile) s jednotlivými nálezy. Do atributové tabulky shapefile byly přidány jednotlivé atributy nálezů mrtvého dřeva. Jedním z atributů je právě druh dřeviny nálezu. Jako podkladová mapa byla použita OpenStreetMap Standart, kterou poskytuje samotný QGIS. Dále byla stažena a přidána z webu UHÚL vrstva zonace velkoplošně zvláště chráněných území, která obsahuje zonaci všech Národních parků a Chráněných krajinných oblastí v ČR. Pomocí symbologie byla vrstva nálezů kategorizována do několika tříd podle druhů dřevin všech nálezů. Výsledkem je mapový výstup s legendou reflektující různorodost druhů dřevin nálezů mrtvého dřeva.

4.2.3 Stojící / ležící

Při terénním sběru bylo zaevidováno, zda se jedná o nález ležícího mrtvého dřeva (L) nebo stojícího (S). Tato informace byla v QGISu přidána jako atribut k shapefile nálezů podobně, jako u druhů dřevin. Následně byla vrstva pomocí symbologie kategorizována do dvou tříd – stojící (S) a ležící (L). Za pomocí podkladové mapy OpenStreetMap Standart a shapefile zonace velkoplošně chráněných území byl vytvořen mapový výstup reflektující polohu nálezů mrtvého dřeva. Jednotlivé atributy také byly evidovány v souboru Microsoftu Excelu, kde byly následně vytvářeny grafy k různým atributům.

4.2.4 Stupeň rozkladu

Na stupnici 1-5 byl zjištěn stupeň rozkladu nálezů. K tomu byla použita metoda zapíchnutí stanového kolíku do nálezu a podle toho, jak byla dřevní hmota měkká a s jakou vyvinutou silou a jak hluboko kolík vnikl do dřeva bylo rozhodnuto, o jaký stupeň rozkladu se jedná (podle Stokland, 2001). První stupeň rozkladu je ten v nejranější fázi po odumření dřeva, pátý stupeň je ten v nejzazší fázi rozkladu, tedy již zcela zetlelý a ztrouchnivělý kus. Tato informace byla také přidána jako atribut v QGISu a Excelu do tabulky k jednotlivým nálezům

mrtvého dřeva. Pomocí symbologie vrstvy nálezů byl shapefile rozkategorizován do pěti tříd (stupně 1-5) a následně byl vytvořen mapový výstup odrážející rozrůzněnost stádia rozkladu jednotlivých nálezů při terénním sběru na výzkumných plochách.

4.2.5 Výčetní tloušťka

Tloušťka byla měřena u stojících nálezů v DBH (to je výška v úrovni prsou neboli 1,3 m nad zemí) a u ležících ve vzdálenosti 1,3 m od silnějšího konce za pomoci lesnické průměrky a zaokrouhlena na celé centimetry. Zadání bakalářské práce bylo takové, že výčetní tloušťka nálezů musí převyšovat alespoň 40 cm, jinak nález nebude zaevidován. Při zpracovávání dat byla výčetní tloušťka v QGISu přidána jako atribut k shapefilu nálezů mrtvého dřeva. Pomocí odstupňované symbologie shapefilu nálezů mrtvého dřeva vzniklo podle výčetní tloušťky nálezů 6 tříd. První třída zahrnuje nálezy s nejmenší výčetní tloušťkou a šestá třída naopak ty nálezy s největší výčetní tloušťkou. Byl vytvořen mapový výstup odrážející rozrůzněnost výčetní tloušťky jednotlivých nálezů při terénním sběru na výzkumných plochách.

Pro úzkou vazbu s výčetní tloušťkou byla do výsledků přidána ještě informace o průměrném věku lesa na studijních plochách. Tento věk byl zjištěn pomocí sepsání jednotlivých porostních skupin překrývajících jednotlivé studijní plochy z porostní mapy CHKO České středohoří. Následně byl k jednotlivým skupinám přiřazen pomocí hospodářské knihy CHKO České středohoří věk, rozloha v hektarech a také dominantní druh dřeviny. V softwaru excel byl následně pomocí vzorce vypočítán průměrný věk porostů na studijních plochách v jednotlivých zónách ochrany přírody CHKO České středohoří vážený plochou jednotlivých porostních skupin.

4.2.6 Výška / délka

Výška u stojících nálezů mrtvého dřeva a délku u ležících nálezů byly měřeny v celých metrech za pomoci mobilní aplikace Měření, která používá fotoaparát a následnému pohybu mobilního telefonu z bodu A do bodu B k celkem přesnému změření vzdálenosti. U ležících a špatně přístupných nálezů mrtvého dřeva byla občas také použita metoda krokování, ta však není tak přesná, tudíž byla používána minimálně. Zadáno bylo, že u stojících nálezů mrtvého dřeva musejí výška a u ležících nálezů délka převyšovat 1,5 m.

Pomocí odstupňované symbologie vrstvy nálezů pomocí atributu výška/délka vzniklo 5 klasifikačních tříd. První třída začínala v 1,5 m a zahrnovala nálezy mrtvého dřeva, které měli ty nejmenší výšky a délky. Pátá třída naopak zahrnovala nejvyšší a nejdelsí nálezy. Byl

vytvořen mapový výstup odrážející rozrůzněnost výšky a délky jednotlivých nálezů při terénním sběru na výzkumných plochách.

4.2.7 Typy mrtvého dřeva

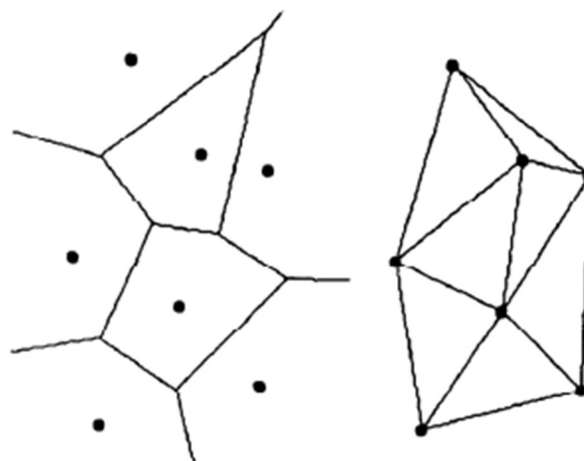
Typ nálezů mrtvého dřeva byl při terénním sběru slovně popsán do poznámky v terénním zápisníku. Typy mrtvého dřeva se dělí podle toho, zda se jedná o stojící nebo ležící mrtvé dřevo. U stojících nálezů to byly například souše a pahýly a u ležících to byly například vývraty, výřezy, polomy od hlavního kmene a tlející dřevo. Typ mrtvého dřeva byl zanesen jako atribut do tabulky shapefilu nálezů mrtvého dřeva v QGISu. Následně byla pomocí atributu typ vrstva nálezů kategorizována do 19 tříd. Byl vytvořen mapový výstup reflektující rozrůzněnost typů nálezů mrtvého dřeva při terénním sběru na výzkumných plochách.

4.3 Postup vyhodnocení sebraných dat

Pro vyhodnocení prostorové distribuce sebraných dat byl používán software QGIS, kde byly tvořeny mapové výstupy založené na určitých attributech mrtvého dřeva a také mapové výstupy studijních ploch a zkoumaného území. Využit byl také program Microsoft Excel, kde byly vytvářeny grafy a použity jednotlivé nástroje a funkce programu, jako jsou například kontingenční tabulky, SUMA, COUNTIF apod.

4.3.1 Delaunayho triangulace

Delaunayho triangulace je nejčastěji používána v oblasti geoinformačních systémů (GIS). Oproti ostatním druhům triangulací se totiž výsledné trojúhelníky nejvíce blíží rovnostranným trojúhelníkům. Delaunayho triangulace je blíže příbuzná k Dirichletově mozaikování (anglicky Dirichlet tessellation) množiny bodů, které rozdělí body unikátní množinou polygonů, které se nazývají Thiessenovy polygony, nebo také Voroniový diagramy. Thiessenovy polygony ohradí všechny body oblastí, ve které jsou všechny místa bližší k danému bodu než k jinému bodu z dané množiny bodů.



A Voronoi diagram and the corresponding Delaunay triangulation.

Obrázek 7: Vznik Delaunayho triangulace z Voronoiho diagramu (zdroj: Chew, 1987)

V praxi nám tedy Delaunayho triangulace z bodové vrstvy vytvoří vrstvu trojúhelníkových polygonů. Vrcholy těchto trojúhelníků tvoří samotné body z rodičovské bodové vrstvy (v našem případě tedy shapefile nálezů mrtvého dřeva) (viz Obrázek 7). Použijeme-li tedy v QGISu geometrickou funkci s názvem Delaunayho triangulace pro bodovou vrstvu nálezů mrtvého dřeva v jednotlivých zónách ochrany přírody, vznikne nám spojitá síť trojúhelníků. Z této vzniklé polygonové vrstvy trojúhelníků následně můžeme vyčíst hned několik výsledků.

Spočítáme-li si v atributové tabulce rozlohu jednotlivých trojúhelníků a následně vypočítáme sumu všech výsledků, vyjde nám celková výměra jednotlivých studijních ploch.

Dále také pro lepší vizualizaci pomocí úpravy symbologie vrstvy Delaunayho triangulace v QGISu nastavíme odstupňování do osmi tříd podle atributu s rozlohou jednotlivých trojúhelníků. Vytvoříme tak mapový výstup, který graficky znázorňuje na barevné škále různé velké prostoje nálezů mrtvého dřeva na jednotlivých zkoumaných plochách. Dále také můžeme zjistit, jaké jsou na studijních plochách v jednotlivých zónách ochrany přírody největší a nejmenší prostoje (plošná rozloha) bez přítomnosti kusů mrtvého dřeva větších rozměrů splňujících zadání bakalářské práce.

Pro co nejpřesnější získané výsledky byly ještě před tvorbou vrstvy Delaunayho triangulace odstraněny body nálezů mrtvého dřeva ve všech zónách, které jsou výrazněji vzdáleny od ohniska ostatních nálezů.

Následně byla také pomocí vrstvy Delalaunayho triangulace vytvořena vrstva samotných studijních ploch, a to pomocí funkce „dissolve“ (rozpustit), která nám síť jednotlivých trojúhelníků rozpojí do jednotných polygonů vytvářejících jak vnější hranici samotné triangulace, tak i studijních ploch, ve kterých se nachází ohnisko většiny nálezů mrtvého dřeva.

4.3.2 Vzdálenostní matice

Matice vzdáleností je v matematice, matematické informatice, a především v teorii grafů čtvercová matice (dvourozměrné pole) obsahující vzdálenosti mezi dvojicemi prvků množiny. Podle potřeby může mít vzdálenost používaná v této matici různé významy a může, ale nemusí být metrikou.

Při použití tohoto vektorového analytického nástroje v softwaru QGIS na bodový shapefile s nálezy mrtvého dřeva nám analýza vypočítá vzdálenosti mezi jednotlivými objekty mrtvého dřeva větších rozměrů. V našem případě byla v analýze použito pouze pět nejbližších cílových bodů (nálezů mrtvého dřeva) pro eliminaci nadbytečného počtu výsledků. Výsledkem analýzy je bodový shapefile nálezů mrtvého dřeva, v jehož atributové tabulce jsou vypočítány vzdálenosti mezi body (v metrech).

Za pomoci kontingenčních tabulek v softwaru Excel, do kterých si vložíme zkopírované vzdálenosti z atributové tabulky vrstvy vzdálenostní matice tak můžeme touto cestou zjistit hned několik výsledků. Výsledky mohou být například jaký je největší, nejmenší a také průměrná liniová vzdálenost mezi jednotlivými nejbližšími body (nálezy mrtvého dřeva splňující zadání bakalářské práce). Stejný postup můžeme následně použít i pro samostatné studijní plochy v jednotlivých zónách ochrany přírody CHKO.

K těmto výsledkům se dopravujeme za pomoci funkcí kontingenčních tabulek v Microsoftu Excelu. Hodnoty rozlohy jednotlivých polygonů z atributové tabulky jednoduše zkopírujeme a vložíme do Excelu. Vytvoříme kontingenční tabulku a dále pracujeme podle potřeby.

4.3.3 Statistická analýza dat

Významnost nasbíraných dat je nakonec určena pomocí jednoduchého statistického Kruskal-Wallisova testu, nazývaného také jako Kruskalův-Wallisův H test nebo jednofaktorová neparametrická ANOVA (analýza variace) v programu R. Tento test je rozšířením Mannova-Whitneyova testu pro více než 2 pozorování.

Do testu byly zahrnuty rozlohy Delaunayho triangulací v jednotlivých zónách ochrany přírody CHKO, jakožto jeden z hlavních ukazatelů významnosti zonace v důsledku různě husté distribuce mrtvého dřeva ve všech zónách.

4.3.4 Výpočet objemu a hektarové zásoby

Pomocí atributů výčetní tloušťky, délky nebo výšky a druhu dřeviny byly za pomoci dřevařských online kalkulaček vypočítány objemy jednotlivých nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů. Byla použita kubírovací kalkulačka podle Huberova vzorce pro nálezy mrtvého dřeva typů: výřez, pahýl, troud apod. a kalkulačka výpočtu objemu stojícího stromu pro nálezy typu souš, vývrát apod. Do kubírovací kalkulačky byly vstupními údaji druh dřeviny, průměr uprostřed sekce s kůrou v centimetrech (ten byl dopočítám pomocí normální sbíhavosti kmene – 1 cm na 1 m délky) a délka sekce (nálezu) v metrech.

Všechny výsledné hodnoty objemů nálezů byly jeden po druhém ručně pomocí dřevařských kalkulaček vypočítány a následně zapsány do atributové tabulky vrstvy nálezů mrtvého dřeva v softwaru QGIS. Jednotlivé atributy byly zkopírovány a vloženy do prázdného sešitu v softwaru Excel, kde bylo s daty objemů následně pracováno dle potřeby.

Byla vypočítána celková zásoba mrtvého dřeva větších rozměrů na studijních plochách. Dále také byla vypočítána zásoba mrtvého dřeva větších rozměrů v jednotlivých zónách ochrany přírody CHKO v rámci studijních ploch. Pomocí údaje o výměrách jednotlivých studijních ploch také byla vypočítána hektarová zásoba mrtvého dřeva v jednotlivých zónách ochrany přírody CHKO. Dále také byly vypočítány celkové objemy nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů čtyř na studijních plochách nejrozšířenějších druhů dřevin – břízy bělokoré (*Betula pendula*), smrku ztepilého (*Picea abies*), modřinu opadavého (*Larix decidua*) a dubu zimního (*Quercus petraea*).

Veškeré výsledné hodnoty objemů a zásoby jsou uváděny v m³ nebo m³/ha bez kůry. U listnatých nálezů mrtvého dřeva v pozdějších fázích rozkladu, u kterých nebylo možné blíže určit druh dřeviny byl počítán objem jako u dubu zimního (*Quercus petraea*), jakožto u jedné z nejvíce rozšířených listnatých dřevin v rámci studijních ploch. U jehličnatých nálezů mrtvého dřeva v pozdějších fázích rozkladu, u kterých nebylo možné blíže určit druh dřeviny byl počítán objem jako u smrku ztepilého (*Picea abies*), jakožto u jedné z nejvíce rozšířených jehličnatých dřevin v rámci studijních ploch.

5 Výsledky

5.1 I. zóna ochrany přírody CHKO

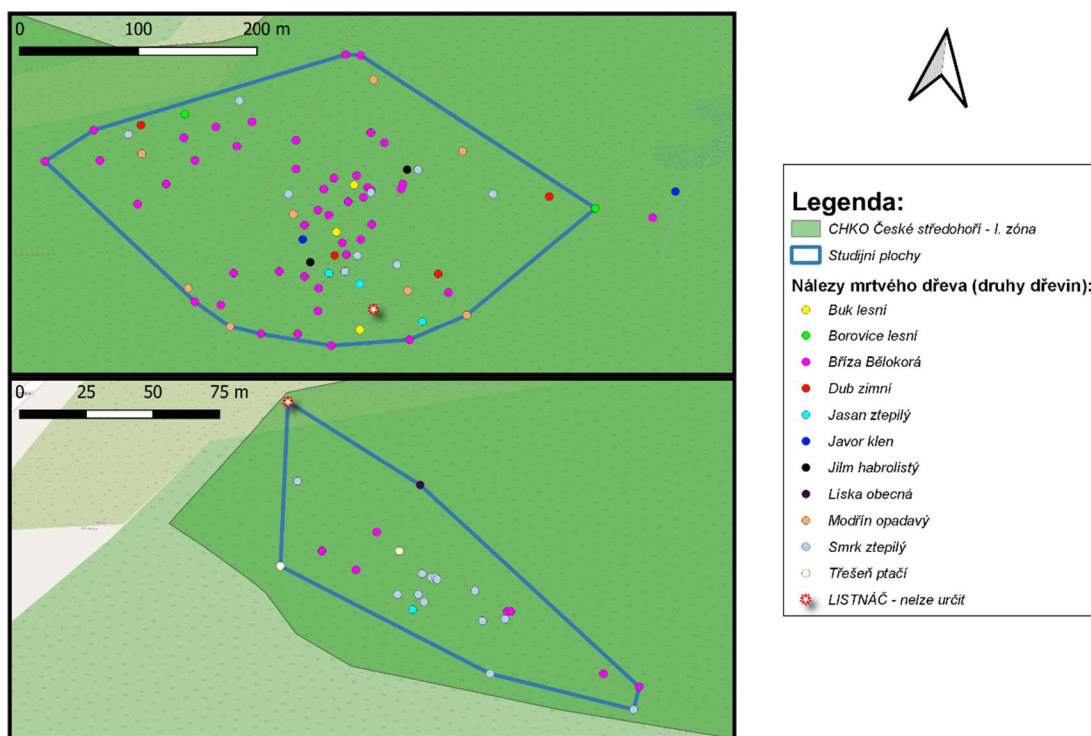
5.1.1 Nálezy mrtvého dřeva a jednotlivé studijní plochy

Studijní plochy v 1. zóně ochrany přírody mají dohromady výměru 11,8 ha, z toho větší plocha (situována více na východ) má rozlohu 10,8 ha a menší (situována více na západ) má rozlohu 1 ha. V 1. zóně ochrany přírody CHKO bylo inventarizováno celkem 106 kusů mrtvého dřeva větších rozměrů (viz Příloha 1). Hektarová četnost nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů je v průměru 9,0 ks/ha (viz Příloha 2).

5.1.2 Druhy dřevin nálezů mrtvého dřeva

V 1. zóně ochrany přírody byla dominantní dřevinou mezi nálezy mrtvého dřeva bříza bělokorá (*Betula pendula*) a také smrk ztepilý (*Picea abies*) (viz Obrázek 8). Bříza zde byla inventarizována s četností 52 kusů nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů. Smrk zde byl inventarizován s četností 21 kusů nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů.

I. zóna CHKO ČS - Druhy dřevin mrtvého dřeva



Zdroj podkladové mapy: OSM Standard (QGIS)

Obrázek 8: Mapový výstup se zobrazením druhů dřevin jednotlivých nálezů mrtvého dřeva v rámci studijních ploch v 1. zóně ochrany přírody CHKO (zdroj: autor)

5.1.3 Nálezy mrtvého dřeva stojící / ležící

Na výzkumných plochách v 1. zóně ochrany přírody je poměr stojících nálezů mrtvého dřeva ku ležícím 43:51, což je 45,7 % stojícího a 54,3 % ležícího mrtvého dřeva (viz Příloha 3).

5.1.4 Stupeň rozkladu nálezů mrtvého dřeva

Na výzkumných plochách v 1. zóně ochrany bylo z celkového počtu 106 objektů mrtvého dřeva inventarizováno 71 kusů mrtvého dřeva větších rozměrů v 1. stupni rozkladu, 25 kusů ve 2. stupni rozkladu, 3 kusy ve 3. stupni rozkladu, 6 kusů ve 4. stupni rozkladu a 1 kus v 5. stupni rozkladu (viz Příloha 4). Mrtvé dřevo v 1. stupni rozkladu tedy představovalo 67 % z celkového počtu nálezů mrtvého dřeva v 1. zóně ochrany přírody.

5.1.5 Výčetní tloušťka nálezů mrtvého dřeva

Na výzkumných plochách v 1. zóně ochrany byla u nálezů mrtvého dřeva naměřena největší výčetní tloušťka 77 cm. Jednalo se o souš smrku ztepilého (*Picea abies*) s výškou 22 m a stupněm rozkladu 1. Průměrná tloušťka na těchto plochách byla 40,8 cm (viz Příloha 5). Na studijních plochách v 1. zóně ochrany přírody byl vypočítán pomocí hospodářské knihy CHKO průměrný věk porostu na 83 let.

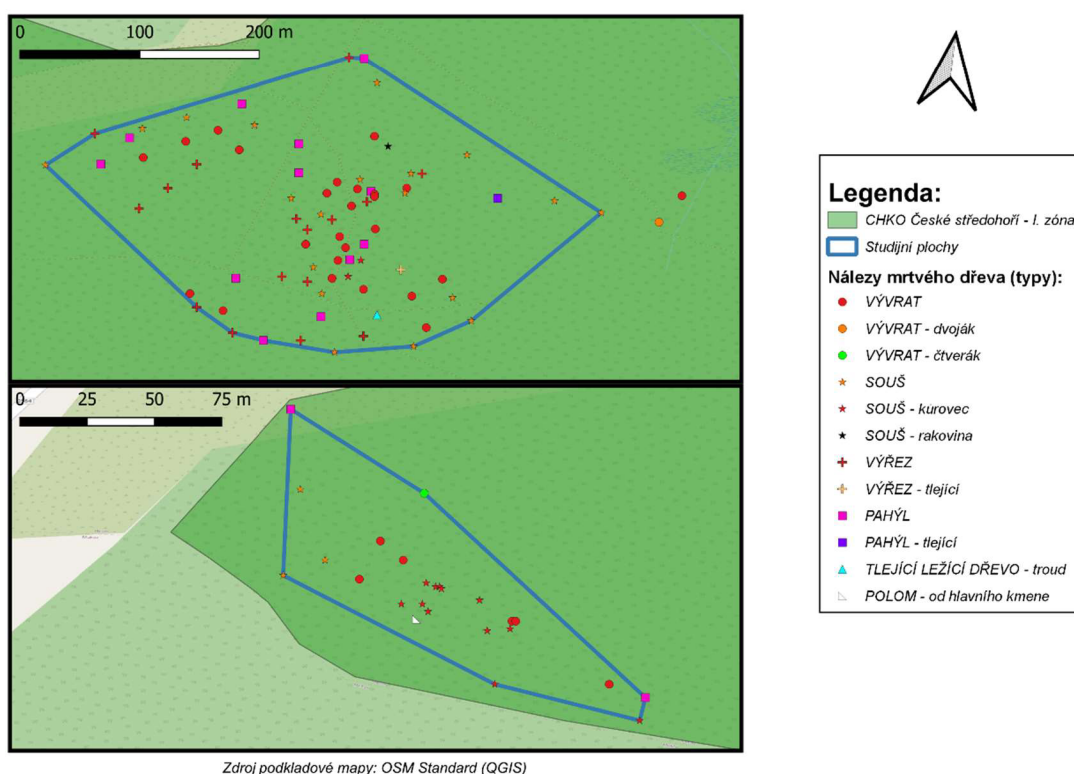
5.1.6 Výška / délka nálezů mrtvého dřeva

Na výzkumných plochách v 1. zóně ochrany byla u nálezů mrtvého dřeva naměřena největší výška 25 m. Jednalo se o kůrovcovou souš smrku ztepilého (*Picea abies*) s výčetní tloušťkou 70 cm a stupněm rozkladu 4. Průměrná výška/délka na těchto plochách byla 11,7 m (viz Příloha 6).

5.1.7 Typy nálezů mrtvého dřeva

Na výzkumných plochách v 1. zóně ochrany přírody CHKO převažovali hlavně vývraty, na menší ploše (situované více na západ) pak byly ještě hojně rozšířené kůrovcové souše a na větší ploše (situované více na východ) také pahýly a „VÝŘEZY“ (viz Obrázek 9).

I. zóna CHKO ČS - Typy mrtvého dřeva



Obrázek 9: Mapový výstup se zobrazením typů jednotlivých nálezů mrtvého dřeva v rámci studijních ploch v 1. zóně ochrany přírody CHKO (zdroj: autor)

5.1.8 Delaunayho triangulace nálezů mrtvého dřeva

Na výzkumných plochách v 1. zóně ochrany přírody měl největší trojúhelník Delaunayho triangulace rozlohu 5194 m², tedy 0,5 ha a nejmenší trojúhelník měl rozlohu 1 m² (viz Příloha 7). Znamená to tedy, že největší prostoj bez mrtvého dřeva na těchto plochách představoval fragment těchto ploch o velikosti 0,5 ha, naopak nejmenší prostoj bez mrtvého dřeva (tedy fragment terénu v rámci studijních ploch, kde se nálezy mrtvého dřeva větších rozměrů naakumulovaly na malou plochu) čítal rozlohu 1 m².

Počet trojúhelníkových polygonů v Delaunayho triangulacích je 183.

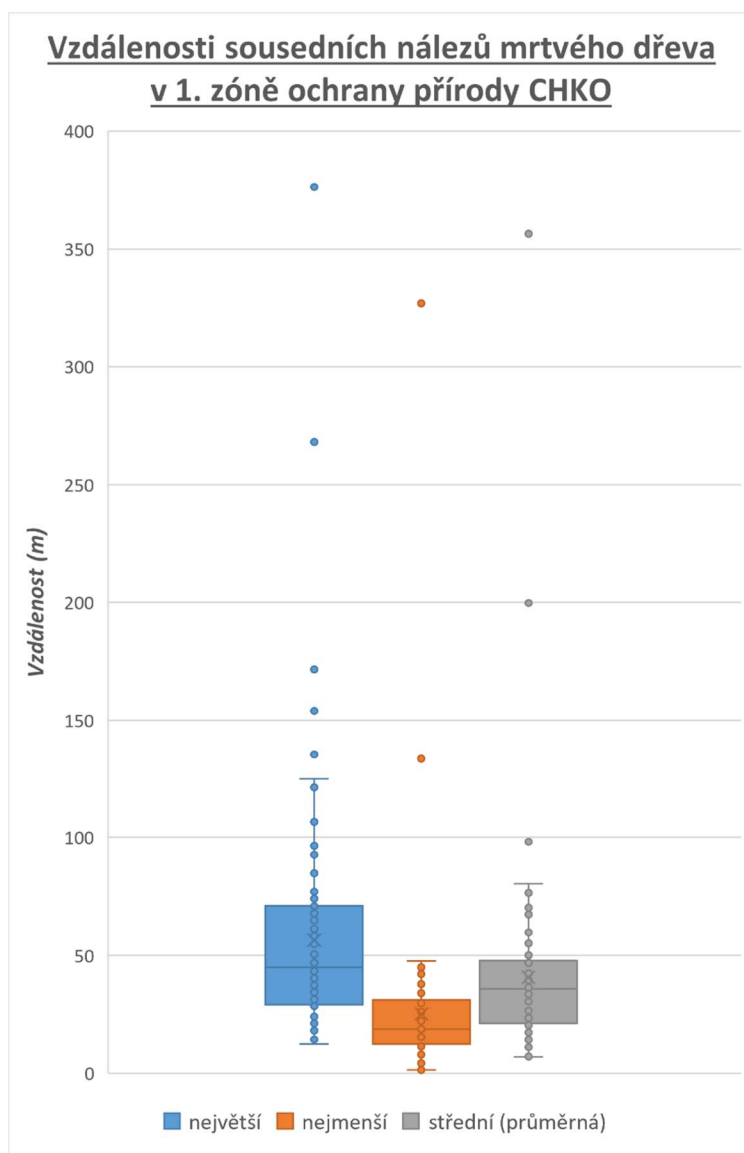
5.1.9 Vzdálenostní matice nálezů mrtvého dřeva

Na výzkumných plochách v 1. zóně ochrany přírody byla průměrná největší vzdálenost dvou sousedních nálezů 56,39 m, průměrná nejmenší vzdálenost dvou sousedních nálezů 25,01 m a průměrná střední vzdálenost 40,62 m (viz Obrázek 10).

Celková největší vzdušná liniová vzdálenost dvou sousedních nálezů mrtvého dřeva byla 376,26 m. Celková nejmenší vzdušná liniová vzdálenost dvou sousedních nálezů mrtvého dřeva byla 1,32 m.

V tomto případě byly do analýzy započteny i nálezy, které se nacházely mimo hlavní ohniska nálezů (vytyčené studijní plochy) pro srovnání kontrastu mezi největšími a nejmenšími vzdálenostmi dvou sousedních nálezů mrtvého dřeva.

Jak již před analýzou bylo předpokládáno, vzdálenosti mezi dvěma sousedními objekty mrtvého dřeva větších rozměrů jsou ze všech zón ochrany přírody nejmenší. To poukazuje na největší hustotu výskytu (distribuce) objektů mrtvého dřeva větších rozměrů z celého zkoumaného území.



Obrázek 10: Krabicový graf vzdáleností mezi dvěma sousedními nálezy mrtvého dřeva v rámci studijních ploch v 1. zóně ochrany přírody CHKO (zdroj: autor)

5.1.10 Objem a hektarová zásoba mrtvého dřeva

Na těchto studijních plochách byl celkový objem inventarizovaných objektů mrtvého dřeva větších rozměrů byl vypočítán pomocí dřevařských kalkulaček na 72,7 m³ bez kůry. Studijní plochy v této zóně ochrany měly dohromady výměru 11,8 ha. Z toho byla vypočítána hektarová zásoba nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů (pouze kusů převyšující kritické hodnoty, viz zadání bakalářské práce) na 6,2 m³/ha (viz Příloha 8).

5.2 II. zóna ochrany přírody CHKO

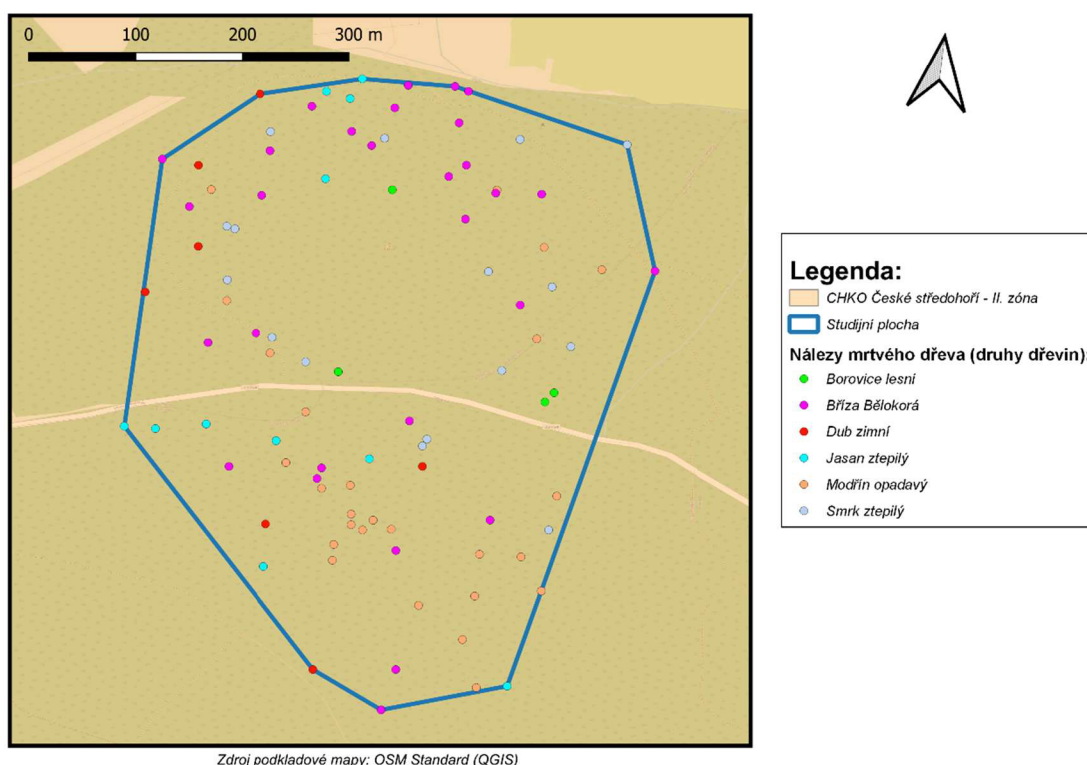
5.2.1 Nálezy mrtvého dřeva a jednotlivé studijní plochy

Studijní plocha v 2. zóně ochrany přírody má výměru 33,5 ha. Ve 2. zóně ochrany přírody CHKO bylo inventarizováno celkem 94 kusů mrtvého dřeva větších rozměrů (viz Příloha 1). Hektarová četnost nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů je v průměru 2,8 ks/ha (viz Příloha 2).

5.2.2 Druhy dřevin nálezů mrtvého dřeva

Ve 2. zóně ochrany přírody byla dominantní dřevinou mezi nálezy mrtvého dřeva bříza bělokorá (*Betula pendula*) a také modřín opadavý (*Larix decidua*) (viz Obrázek 11). Bříza zde byla inventarizována s četností 29 kusů nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů. Modřín zde byl inventarizován s četností 27 kusů nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů.

II. zóna CHKO ČS - Druhy dřevin mrtvého dřeva



Obrázek 11: Mapový výstup se zobrazením druhů dřevin jednotlivých nálezů mrtvého dřeva v rámci studijních ploch v 2. zóně ochrany přírody CHKO (zdroj: autor)

5.2.3 Nálezy mrtvého dřeva stojící / ležící

Na výzkumné ploše v 2. zóně ochrany přírody je poměr stojících nálezů mrtvého dřeva ku ležícím 30:64, což je 31,9 % stojícího a 68,1 % ležícího mrtvého dřeva (viz Příloha 3).

5.2.4 Stupeň rozkladu nálezů mrtvého dřeva

Na výzkumné ploše ve 2. zóně ochrany bylo z celkového počtu 94 objektů mrtvého dřeva inventarizováno 56 kusů mrtvého dřeva větších rozměrů v 1. stupni rozkladu, 31 kusů ve 2. stupni rozkladu, 5 kusů ve 3. stupni rozkladu, 2 kusy ve 4. stupni rozkladu. V 5. stupni rozkladu nebyl zaznamenán žádný nálezy mrtvého dřeva splňující ostatní parametry ze zadání bakalářské práce (viz Příloha 4). Mrtvé dřevo v 1. stupni rozkladu tedy představovalo 59,6 % z celkového počtu nálezů mrtvého dřeva ve 2. zóně ochrany přírody.

5.2.5 Výčetní tloušťka nálezů mrtvého dřeva

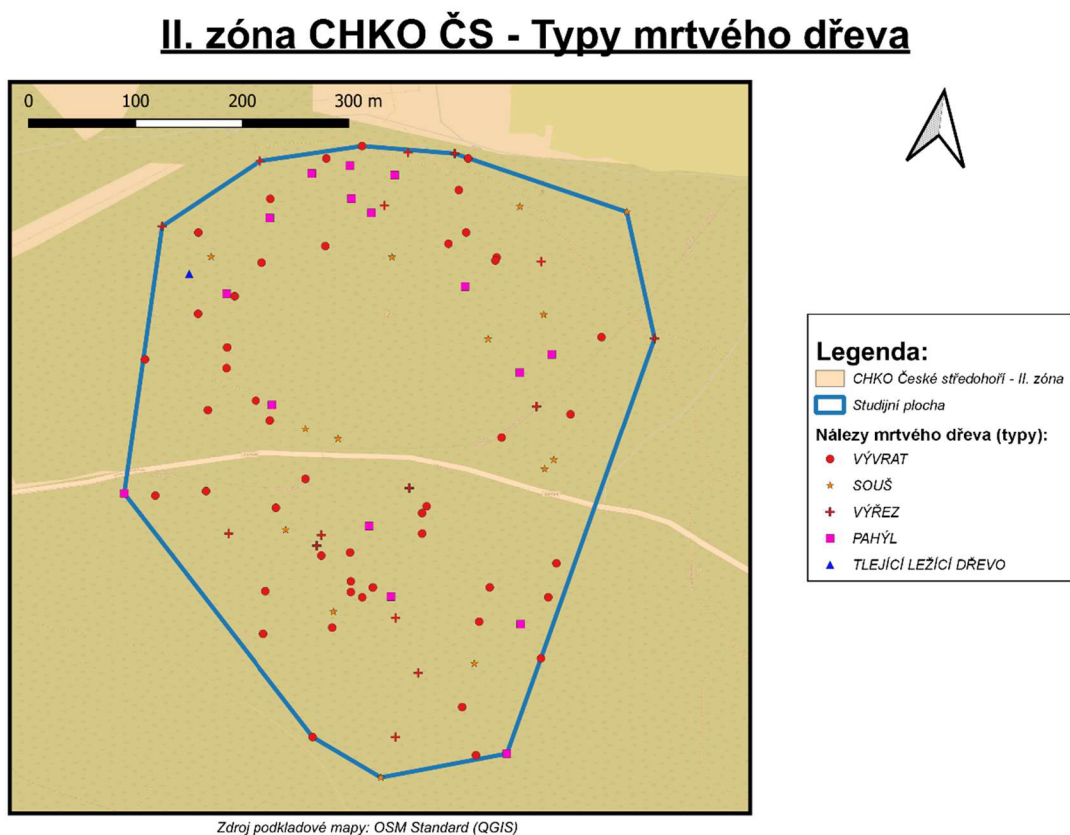
Na výzkumné ploše ve 2. zóně ochrany byla u nálezů mrtvého dřeva naměřena největší výčetní tloušťka 56 cm. Jednalo se o souš smrku ztepilého (*Picea abies*) s výškou 16 m a stupněm rozkladu 1. Průměrná tloušťka na této ploše byla 38,5 cm (viz Příloha 5). Na studijní ploše ve 2. zóně ochrany přírody byl vypočítán pomocí hospodářské knihy CHKO průměrný věk porostu na 70 let.

5.2.6 Výška / délka nálezů mrtvého dřeva

Na výzkumné ploše ve 2. zóně ochrany byla u nálezů mrtvého dřeva naměřena největší výška 21 m. Jednalo se o souš borovice lesní (*Pinus sylvestris*) s výčetní tloušťkou 45 cm a stupněm rozkladu 1. Průměrná výška/délka na této ploše byla 9,6 m (viz Příloha 6).

5.2.7 Typy nálezů mrtvého dřeva

Na výzkumné ploše ve 2. zóně ochrany přírody CHKO převažovali hlavně vývraty. Hojnější výskyt zde měly také pahýly (viz Obrázek 12).



Obrázek 12: Mapový výstup se zobrazením typů jednotlivých nálezů mrtvého dřeva v rámci studijní plochy v 2. zóně ochrany přírody CHKO (zdroj: autor)

5.2.8 Delaunayho triangulace nálezů mrtvého dřeva

Na výzkumné ploše ve 2. zóně ochrany přírody měl největší trojúhelník Delaunayho triangulace rozlohu 15059 m², tedy 1,5 ha a nejmenší trojúhelník měl rozlohu 45 m² (viz Příloha 7). Znamená to tedy, že největší prostoj bez mrtvého dřeva na této ploše představoval fragment této plochy o velikosti 1,5 ha, naopak nejmenší prostoj bez mrtvého dřeva (tedy fragment terénu v rámci studijních ploch, kde se nálezy mrtvého dřeva větších rozměrů naakumulovaly na malou plochu) čítal rozlohu 45 m².

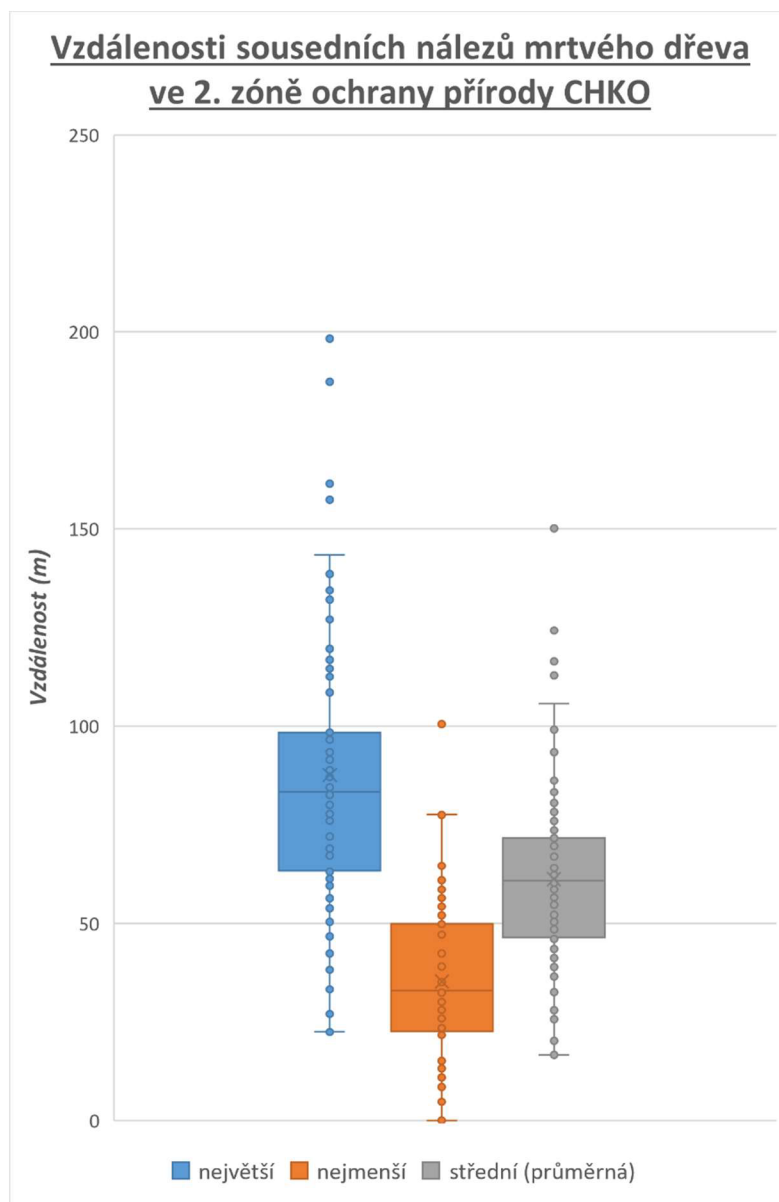
Počet trojúhelníkových polygonů v Delaunayho triangulaci je 173.

5.2.9 Vzdálenostní matice nálezů mrtvého dřeva

Na výzkumné ploše ve 2. zóně ochrany přírody byla průměrná největší vzdálenost dvou sousedních nálezů 87,56 m, průměrná nejmenší vzdálenost dvou sousedních nálezů 35,19 m a průměrná střední vzdálenost 61,18 m (viz Obrázek 13).

Celková největší vzdušná liniová vzdálenost dvou sousedních nálezů mrtvého dřeva byla 198,18 m. Celková nejmenší vzdušná liniová vzdálenost dvou sousedních nálezů mrtvého dřeva byla menší než 1 m.

Jak již před analýzou bylo předpokládáno, vzdálenosti mezi dvěma sousedními objekty mrtvého dřeva větších rozměrů jsou větší, než v 1. zóně ochrany přírody ale menší než ve 3. zóně ochrany přírody. Jediná odchylka byla vyzorována u průměrné nejmenší vzdálenosti dvou sousedních objektů mrtvého dřeva větších rozměrů, která byla větší než ve 3. zóně ochrany přírody CHKO.



Obrázek 13: Krabicový graf vzdáleností mezi dvěma sousedními nálezy mrtvého dřeva v rámci studijní plochy ve 2. zóně ochrany přírody CHKO (zdroj: autor)

5.2.10 Objem a hektarová zásoba mrtvého dřeva

Na této studijní ploše byl celkový objem inventarizovaných objektů mrtvého dřeva větších rozměrů byl vypočítán pomocí dřevařských kalkulaček na 43,4 m³ bez kůry. Studijní plocha v této zóně ochrany měla výměru 33,5 ha. Z toho byla vypočítána hektarová zásoba nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů (pouze kusů převyšující kritické hodnoty, viz zadání bakalářské práce) na 1,3 m³/ha (viz Příloha 8).

5.3 III. zóna ochrany přírody CHKO

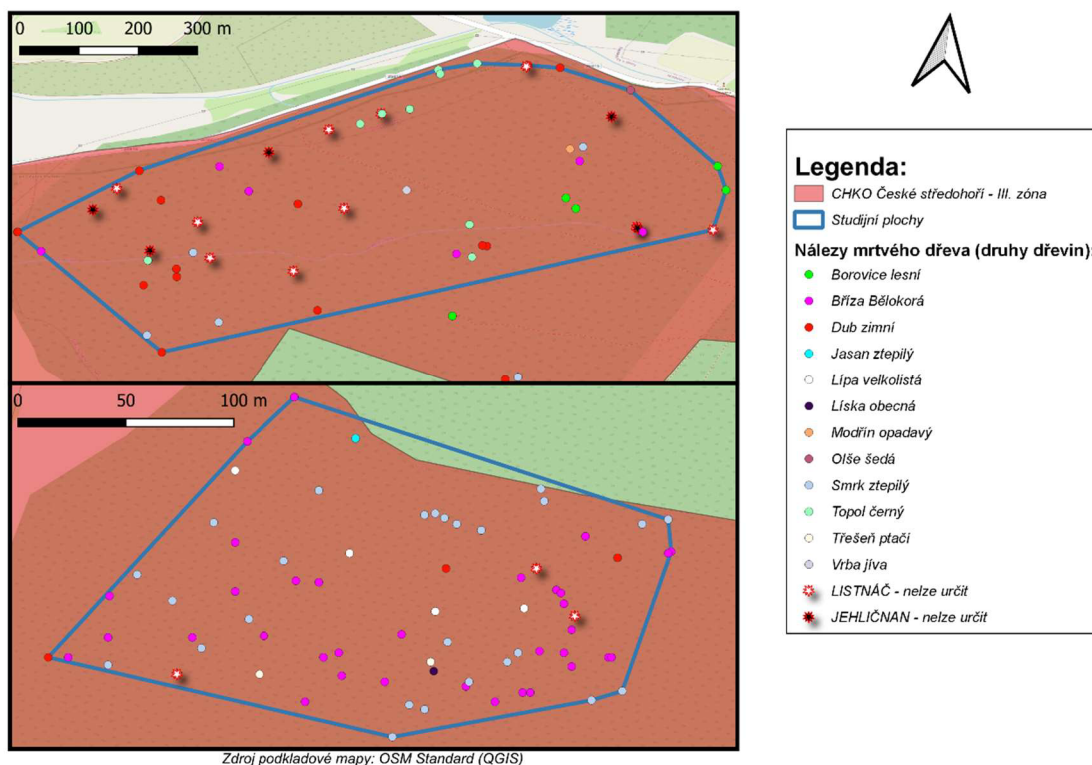
5.3.1 Nálezy mrtvého dřeva a jednotlivé studijní plochy

Studijní plochy ve 3. zóně ochrany přírody mají dohromady výměru 57,8 ha, z toho větší plocha (situovaná více na sever) má rozlohu 53,3 ha a menší plocha (situovaná více na jih) má rozlohu 4,5 ha. Ve 3. zóně ochrany přírody CHKO bylo inventarizováno celkem 137 kusů mrtvého dřeva větších rozměrů (viz Příloha 1). Hektarová četnost nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů je v průměru 2,4 ks/ha (viz Příloha 2).

5.3.2 Druhy dřevin nálezů mrtvého dřeva

Ve 3. zóně ochrany přírody byla dominantní dřevinou mezi nálezy mrtvého dřeva bříza bělokorá (*Betula pendula*), smrk ztepilý (*Picea abies*) a také dub zimní (*Quercus petraea*) (viz Obrázek 14). Bříza zde byla inventarizována s četností 40 kusů nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů. Smrk zde byl inventarizován s četností 31 kusů nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů. Dub zde byl inventarizován s četností 18 kusů nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů.

III. zóna CHKO ČS - Druhy dřevin mrtvého dřeva



Obrázek 14: Mapový výstup se zobrazením druhů dřevin jednotlivých nálezů mrtvého dřeva v rámci studijních ploch ve 3. zóně ochrany přírody CHKO (zdroj: autor)

5.3.3 Nálezy mrtvého dřeva stojící / ležící

Na výzkumných plochách v 3. zóně ochrany přírody je poměr stojících nálezů mrtvého dřeva ku ležícím 57:80, což je 41,6 % stojícího a 58,4 % ležícího mrtvého dřeva (viz Příloha 3).

5.3.4 Stupeň rozkladu nálezů mrtvého dřeva

Na výzkumných plochách ve 3. zóně ochrany bylo z celkového počtu 137 objektů mrtvého dřeva inventarizováno 92 kusů mrtvého dřeva větších rozměrů v 1. stupni rozkladu, 27 kusů ve 2. stupni rozkladu, 14 kusů ve 3. stupni rozkladu, 4 kusy ve 4. stupni rozkladu. V 5. stupni rozkladu nebyl zaznamenán žádný nález mrtvého dřeva splňující ostatní parametry ze zadání bakalářské práce (viz Příloha 4). Mrtvé dřevo v 1. stupni rozkladu tedy představovalo 67,2 % z celkového počtu nálezů mrtvého dřeva ve 3. zóně ochrany přírody.

5.3.5 Výčetní tloušťka nálezů mrtvého dřeva

Na výzkumných plochách ve 3. zóně ochrany byla u nálezu mrtvého dřeva naměřena největší výčetní tloušťka 140 cm. Jednalo se o vývrat srostlé lípy velkolisté (*Tilia platyphyllos*) složené z šesti kmenů s výškou 18 m a stupněm rozkladu 1. Tento nález mrtvého dřeva byl měřen jako jeden objekt. Průměrná tloušťka na těchto plochách byla 42,6 cm (viz Příloha 5). Na studijních plochách ve 3. zóně ochrany přírody byl vypočítán pomocí hospodářské knihy CHKO průměrný věk porostu na 70 let.

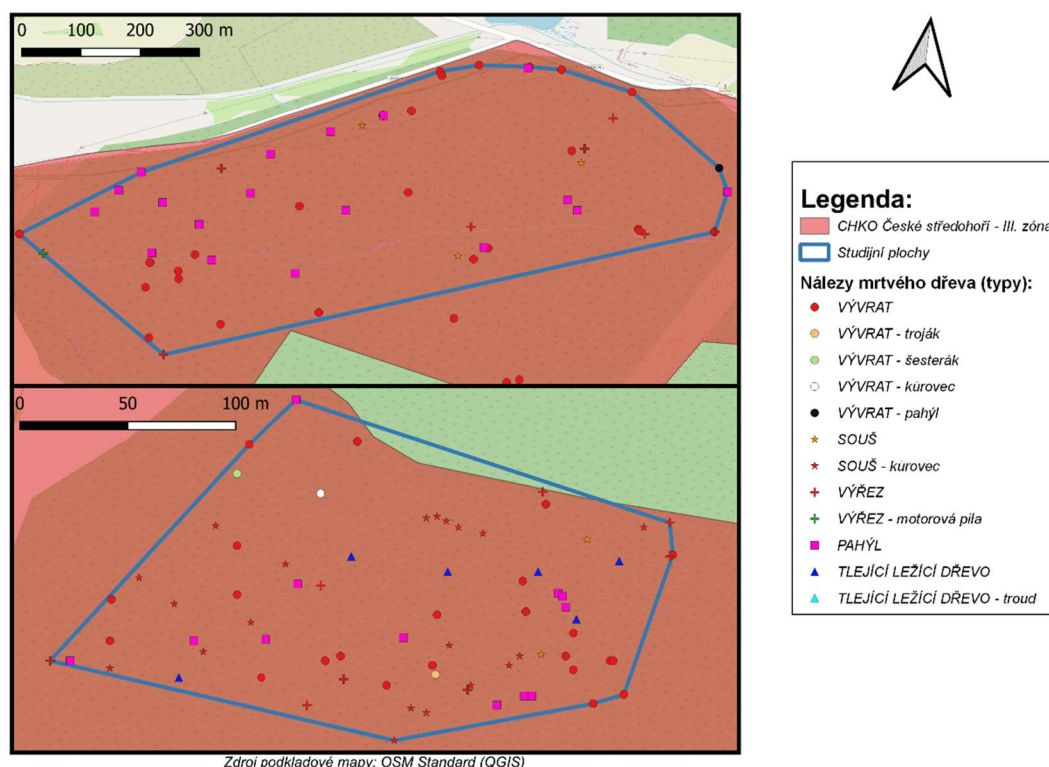
5.3.6 Výška / délka nálezů mrtvého dřeva

Na výzkumných plochách ve 3. zóně ochrany byla u nálezu mrtvého dřeva naměřena největší výška 24 m. Jednalo se o kůrovcovou souš smrku ztepilého (*Picea abies*) s výčetní tloušťkou 56 cm a stupněm rozkladu 1. Průměrná výška/délka na těchto plochách byla 10,5 m (viz Příloha 6).

5.3.7 Typy nálezů mrtvého dřeva

Na výzkumných plochách ve 3. zóně ochrany přírody CHKO převažovali hlavně pahýly a vývraty, na menší ploše (situované více na jih) pak byly ještě hojně rozšířené kůrovcové souše (viz Obrázek 15).

III. zóna CHKO ČS - Typy mrtvého dřeva



Obrázek 15: Mapový výstup se zobrazením typů jednotlivých nálezů mrtvého dřeva v rámci studijních ploch ve 3. zóně ochrany přírody CHKO (zdroj: autor)

5.3.8 Delaunayho triangulace nálezů mrtvého dřeva

Na výzkumných plochách v 1. zóně ochrany přírody měl největší trojúhelník Delaunayho triangulace rozlohu 35084 m², tedy 3,5 ha a nejmenší trojúhelník měl rozlohu menší než 1 m² (viz Příloha 7). Znamená to tedy, že největší prostoj bez mrtvého dřeva na těchto plochách představoval fragment těchto ploch o velikosti 3,5 ha, naopak nejmenší prostoj bez mrtvého dřeva (tedy fragment terénu v rámci studijních ploch, kde se nálezy mrtvého dřeva větších rozměrů naakumulovaly na malou plochu) čítal rozlohu menší než 1 m².

Počet trojúhelníkových polygonů v Delaunayho triangulacích je 243.

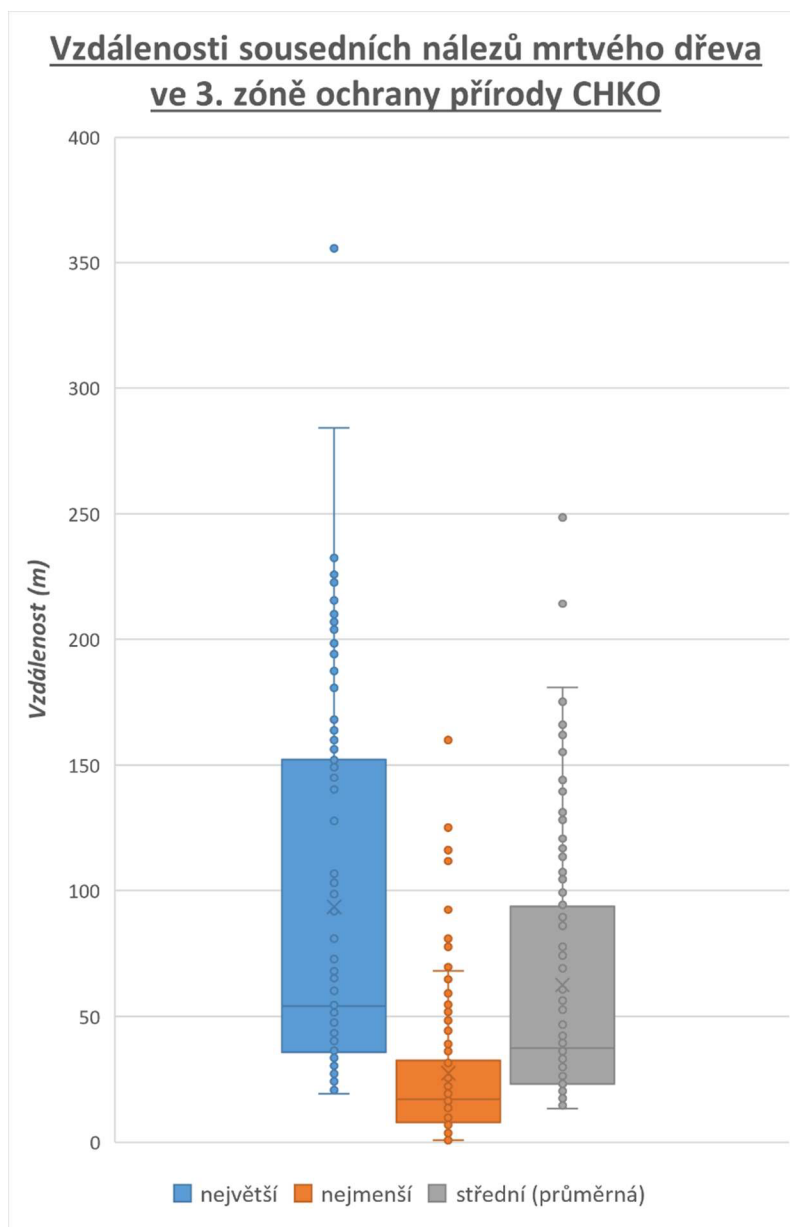
5.3.9 Vzdálenostní matice nálezů mrtvého dřeva

Na výzkumných plochách ve 3. zóně ochrany přírody byla průměrná největší vzdálenost dvou sousedních nálezů 93,58 m, průměrná nejmenší vzdálenost dvou sousedních nálezů 27,38 m a průměrná střední vzdálenost 62,55 m (viz Obrázek 16).

Celková největší vzdušná liniová vzdálenost dvou sousedních nálezů mrtvého dřeva byla 355,78 m. Celková nejmenší vzdušná liniová vzdálenost dvou sousedních nálezů mrtvého dřeva byla menší než 1 m.

V tomto případě byly do analýzy započteny i nálezy, které se nacházely mimo hlavní ohniska nálezů (vytyčené studijní plochy) pro srovnání kontrastu mezi největšími a nejmenšími vzdálenostmi dvou sousedních nálezů mrtvého dřeva.

Jak již před analýzou bylo předpokládáno, vzdálenosti mezi dvěma sousedními objekty mrtvého dřeva větších rozměrů jsou ze všech zón ochrany přírody největší. To poukazuje na nejmenší hustotu výskytu (distribuce) objektů mrtvého dřeva větších rozměrů z celého zkoumaného území.



Obrázek 16: Krabicový graf vzdáleností mezi dvěma sousedními nálezy mrtvého dřeva v rámci studijních ploch ve 3. zóně ochrany přírody CHKO (zdroj: autor)

5.3.10 Objem a hektarová zásoba mrtvého dřeva

Na těchto studijních plochách byl celkový objem inventarizovaných objektů mrtvého dřeva větších rozměrů byl vypočítán pomocí dřevařských kalkulaček na 90,5 m³ bez kůry. Studijní plochy v této zóně ochrany měly dohromady výměru 57,8 ha. Z toho byla vypočítána hektarová zásoba nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů (pouze kusů převyšující kritické hodnoty, viz zadání bakalářské práce) na 1,6 m³/ha (viz Příloha 8). Překvapivě měly studijní plochy ve 3. zóně ochrany přírody větší hektarovou zásobu mrtvého dřeva větších rozměrů, než tomu bylo na studijní ploše ve 2. zóně ochrany přírody, a to přesně o 0,3 m³/ha. Tento výsledek

znovu poukazuje na menší studijní plochu (situovanou více na jih), na které byla hustota i velikosti nálezů mrtvého dřeva velmi podobná studijním plochám v 1. zóně ochrany přírody CHKO.

5.4 Srovnání jednotlivých zón ochrany přírody

5.4.1 Nálezy mrtvého dřeva a jednotlivé studijní plochy

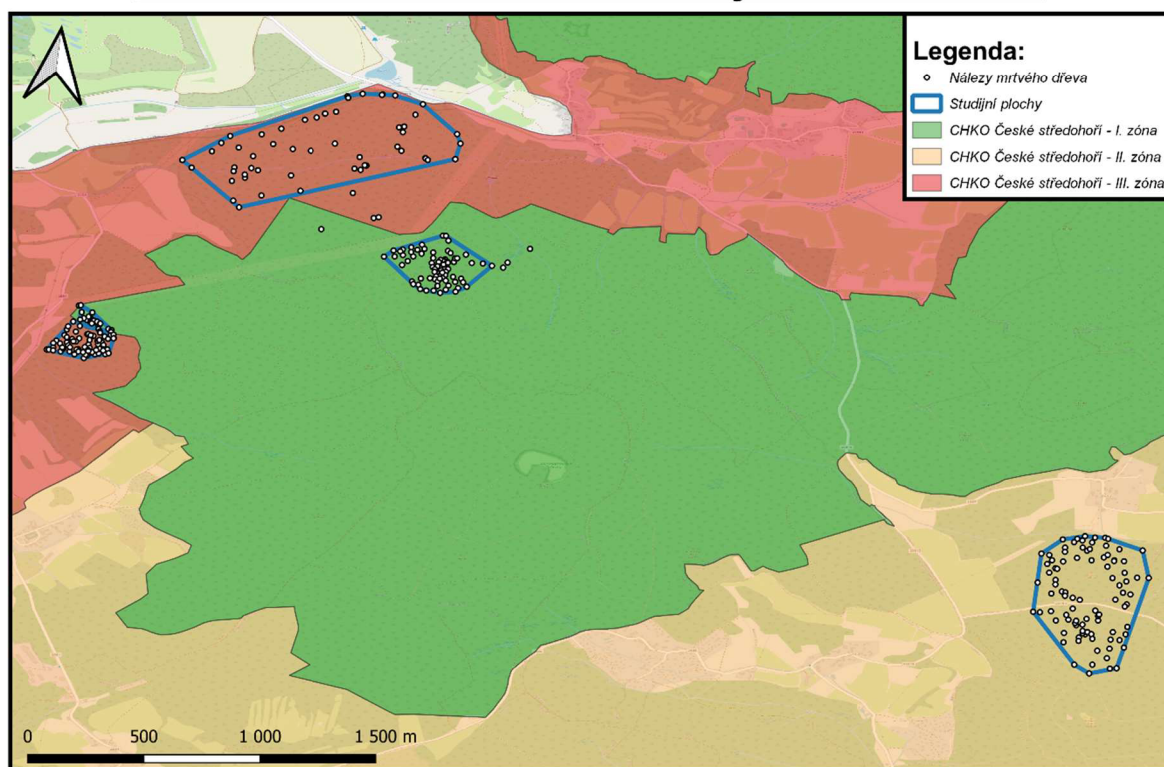
Celkově bylo nalezeno 337 kusů mrtvého dřeva odpovídajících zadání bakalářské práce (tedy kusů s výčetní tloušťkou větší než 40 cm, u břízy a modřínu větší než 30 cm a výškou nebo délkou větší než 1,5 m). K tomuto počtu nálezů bylo zapotřebí prozkoumat celkem 103,05 ha lesní plochy v terénu (viz Obrázek 17).

Studijní plochy ve 3. zóně ochrany přírody mají dohromady výměru 57,8 ha, z toho větší plocha (situovaná více na sever) má rozlohu 53,3 ha a menší plocha (situovaná více na jih) má rozlohu 4,5 ha. Studijní plocha v 2. zóně ochrany přírody má výměru 33,5 ha. Studijní plochy v 1. zóně ochrany přírody mají dohromady výměru 11,8 ha, z toho větší plocha (situována více na východ) má rozlohu 10,8 ha a menší (situována více na západ) má rozlohu 1 ha.

Od 1. po 3. zónu ochrany přírody postupně narůstaly hektary výměry studijních ploch, ale počet nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů se nijak výrazně neměnil (viz Příloha 1).

Hektarová četnost nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů byla podle očekávání největší v 1. zóně ochrany přírody CHKO a nejmenší ve 3. zóně ochrany přírody CHKO. Mezi 2. a 3. zónou ochrany přírody však byl očekáván mnohem znatelnější rozdíl ve výsledné hodnotě (viz Příloha 2).

CHKO České středohoří - nálezy mrtvého dřeva

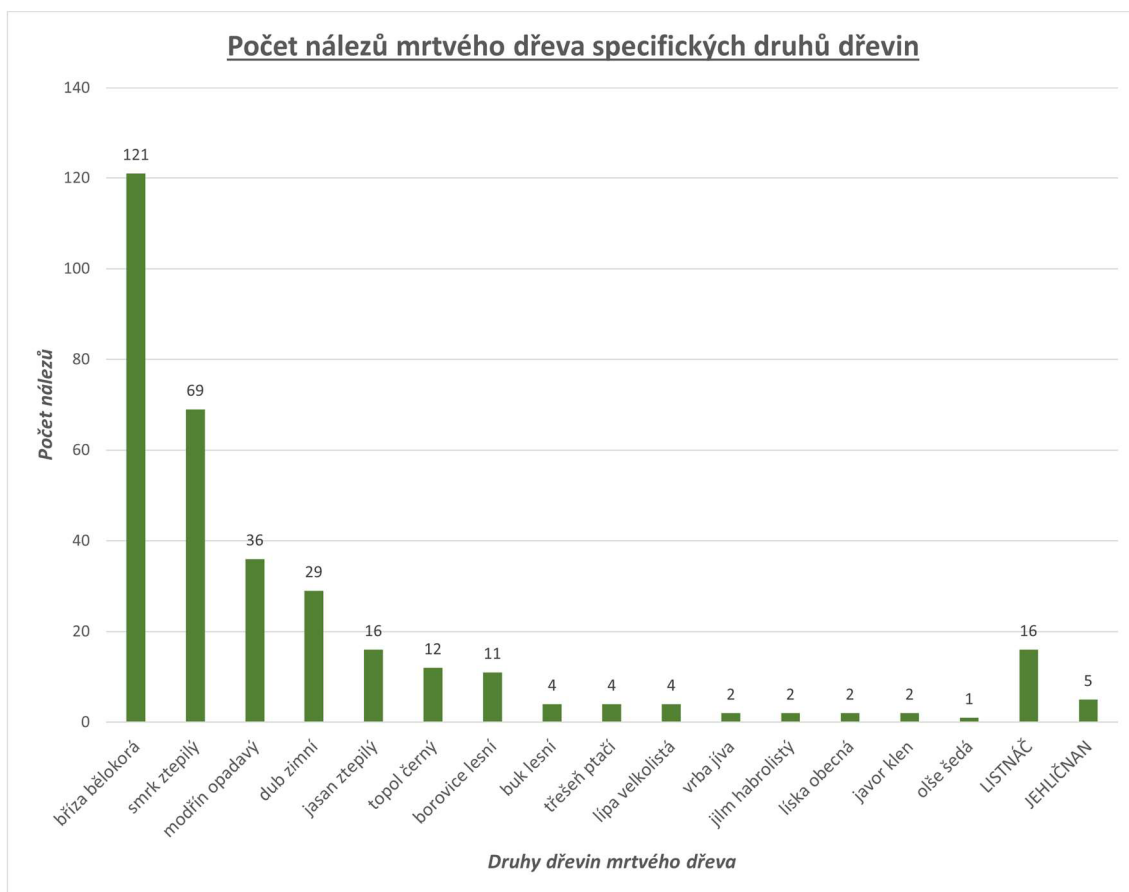


Obrázek 17: Mapový výstup jednotlivých nálezů mrtvého dřeva pomocí softwaru QGIS (zdroj: autor)

5.4.2 Druhy dřevin nálezů mrtvého dřeva

Při terénním sběru bylo zjištěno mrtvé dřevo celkem 15 druhů dřevin (viz Obrázek XYZ). Byly to buk lesní (*Fagus sylvatica*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*), bříza bělokorá (*Betula pendula*), dub zimní (*Quercus petraea*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), jilm habrolistý (*Ulmus minor*), lípa velkolistá (*Tilia platyphyllos*), líska obecná (*Corylus avellana*), modřín opadavý (*Larix decidua*), olše šedá (*Alnus incana*), smrk ztepilý (*Picea abies*), topol černý (*Populus nigra*), třešeň ptačí (*Prunus avium*) a Vrba jíva (*Salix caprea*).

Dominantními dřevinami mezi nálezy mrtvého dřeva byla hlavně bříza bělokorá (*Betula pendula*) a také smrk ztepilý (*Picea abies*) (viz Obrázek 18), a to hlavně kvůli uchycení náletové populace břízy v 1. zóně ochrany přírody CHKO a kůrovcovému poškození smrků na mnoha místech v rámci studijních ploch.



Obrázek 18: Sloupcový graf celkového počtu nálezů mrtvého dřeva jednotlivých druhů dřevin (zdroj: autor)

5.4.3 Nálezy mrtvého dřeva stojící / ležící

Při terénním sběru byly nálezy mrtvého dřeva rozděleny do dvou skupin – skupina stojících nálezů a skupina ležících nálezů. Celkový počet nálezů stojícího mrtvého dřeva je 137 kusů, ležícího mrtvého dřeva 200 kusů (viz Obrázek 19), což je 40,7 % stojícího mrtvého dřeva a 59,3 % ležícího mrtvého dřeva.

Lze tedy konstatovat, že minimálně v blízkosti výzkumných ploch v CHKO České středohoří napříč všemi zónami ochrany přírody bude převažovat ležící mrtvé dřevo nad stojícím.



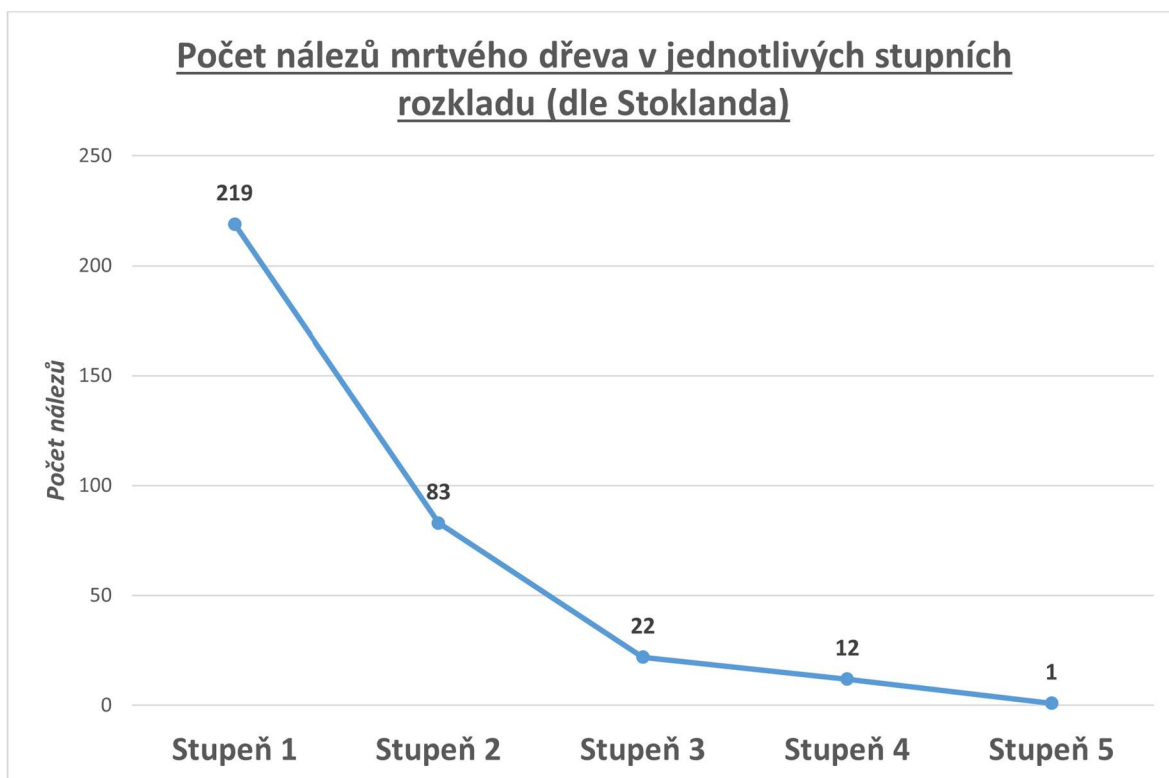
Obrázek 19: Výšečový graf celkového počtu stojících a ležících nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů (zdroj: autor)

5.4.4 Stupeň rozkladu nálezů mrtvého dřeva

Při terénním sběru dat bylo inventarizováno z celkového počtu 337 objektů mrtvého dřeva větších rozměrů nejvíce kusů mrtvého dřeva v prvním stupni rozkladu, a to 219 kusů. S narůstajícím stupněm rozkladu počet nálezů mrtvého dřeva klesal. Ve druhém stupni to bylo 83 kusů nálezů, ve třetím stupni 22 kusů nálezů, ve čtvrtém stupni 12 kusů nálezů a v pátém stupni rozkladu už pouze jeden kus mrtvého dřeva (viz Obrázek 20). To je tedy 65 % nálezů mrtvého dřeva v 1. stupni rozkladu, 24,6 % nálezů v 2. stupni rozkladu, 6,5 % nálezů ve 3. stupni rozkladu, 3,6 % nálezů ve 4. stupni rozkladu a 0,3 % nálezů v 5. stupni rozkladu.

Lze tedy konstatovat, že minimálně v blízkosti výzkumných ploch v CHKO České středohoří převažuje mladé mrtvé dřevo, tedy mrtvé dřevo v raných fázích rozkladu nad starším mrtvým dřevem v pozdějších fázích rozkladu.

Jediná studijní plocha, kde se „hojněji“ vyskytuje mrtvé dřevo v pozdějších fázích rozkladu je plocha v první zóně ochrany přírody CHKO, kde se vyskytovalo 6 kusů mrtvého dřeva ve 4. stupni rozkladu a jeden nález v 5. stupni rozkladu (viz Příloha 4). Jednalo se o ležící tlející kus troudu listnaté dřeviny, jejíž druh nebylo možné určit.



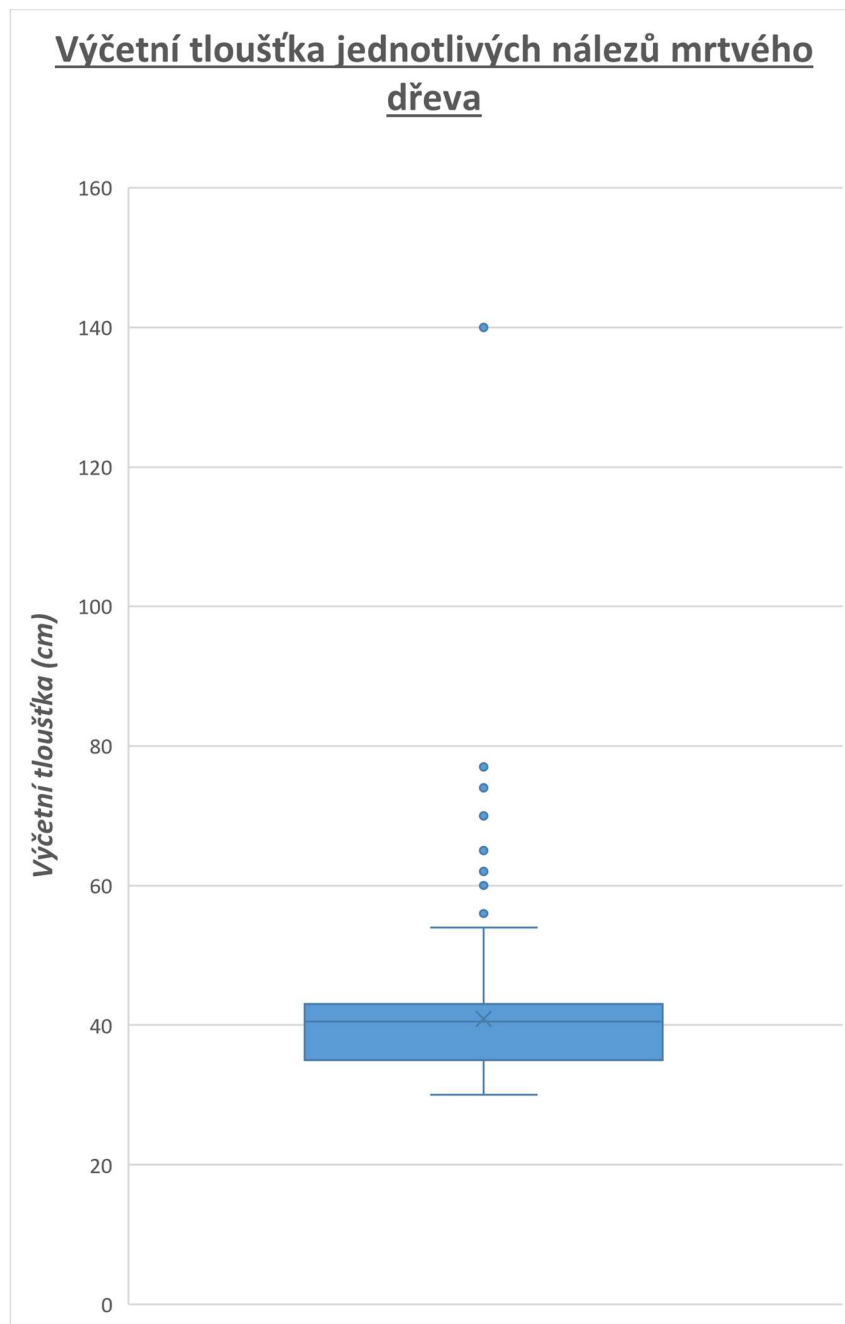
Obrázek 20: Spojnicový graf celkového počtu nálezů mrtvého dřeva v jednotlivých stupních rozkladu podle Stoklandovi stupnice pro vizualizaci klesajícího trendu nálezů se stoupajícím stupněm rozkladu (zdroj: autor)

5.4.5 Výčetní tloušťka nálezů mrtvého dřeva

Z grafu (viz Obrázek 21) je patrné, že většina nálezů mrtvého dřeva oscilovala kolem kritické hranice výčetní tloušťky. U břízy bělokoré a modřínu opadavého je tato hranice nastavena na 30 cm a u ostatních dřevin na 40 cm. Pouze u mála objektů byla zjištěna a naměřena tloušťka výrazně větší, než představuje kritická hranice.

Maximální výčetní tloušťka nálezu mrtvého dřeva byla 140 cm, která byla naměřena v 3. zóně ochrany přírody u vývratu srostlého stromu lípy velkolisté (*Tilia platyphyllos*), který se skládal z šesti kmenů této dřeviny.

Nálezy mrtvého dřeva, které výrazněji převyšovaly kritickou hodnotu výčetní tloušťky se nacházely zejména na studijních plochách v 1. zóně ochrany přírody CHKO (viz Příloha 5) a pak také na menší studijní ploše (situované více na jih) ve 3. zóně ochrany přírody CHKO. U této specifické plochy byla vyzorována jistá podobnost s 1. zónou ochrany přírody u více výsledků (např. v četnosti nálezů a hustotě distribuce mrtvého dřeva).



Obrázek 21: Krabicový graf výčetních tlouštěk jednotlivých nálezů mrtvého dřeva (zdroj: autor)

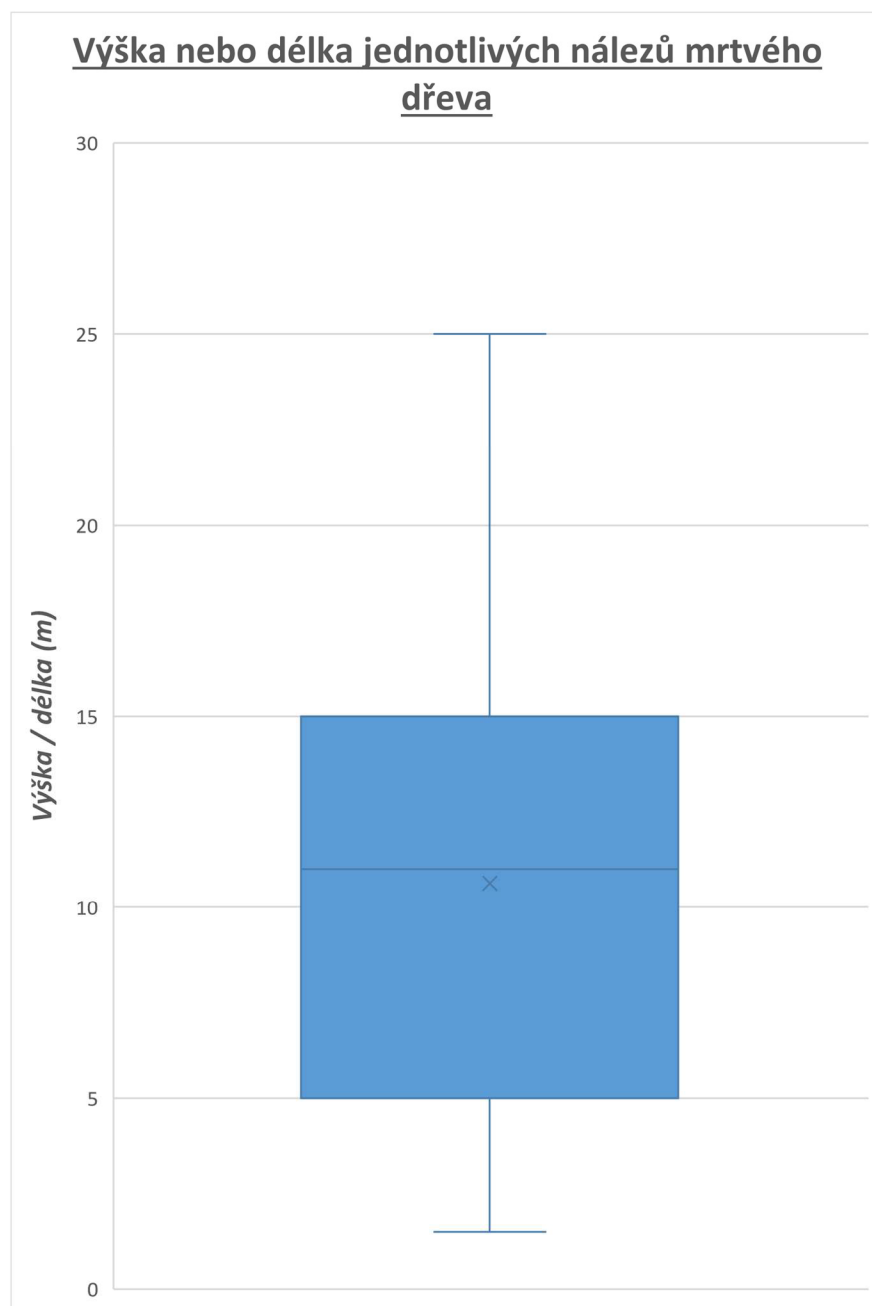
5.4.6 Výška / délka nálezů mrtvého dřeva

Naměřené hodnoty výšek a délek u nálezů mrtvého dřeva byly mnohem různorodější, než tomu bylo u výčetní tlouštěk. To bylo dáno také rozmanitými typy nálezů mrtvého dřeva, které mají mimo jiné obrovský vliv na druhovou biodiverzitu prostředí. Ležící nálezy v pozdějších fázích a stupních rozkladu většinou byly menších rozměrů, co se délky tyče, nebo také byly rozpadlé na několik menších částí nespĺňujících kritické hodnoty délky nebo tloušťky ze zadání bakalářské práce. Stojící objekty mrtvého dřeva byly většinou typu souš nebo pahýl, které

většinou dosahovaly větších hodnot, co se výšky týče. Hojně rozšířené však byly i stojící vyšší pařezy, které oscilovaly od 0,5 – 2 m. Pro účely bakalářské práce však byly zaznamenány pouze pařezy vyšší než 1,5 m, a to jako pahýly.

Nejvyšší kus mrtvého dřeva byl naměřen u stojící kůrovcové souše smrku ztepilého na studijní ploše v 1. zóně ochrany přírody CHKO. Souš měla výšku 25 m (viz Obrázek 22).

Nálezy mrtvého dřeva, které výrazněji převyšovaly kritickou hodnotu výšky nebo délky se nacházely hlavně na studijních plochách v 1. zóně ochrany přírody CHKO (viz Příloha 6).



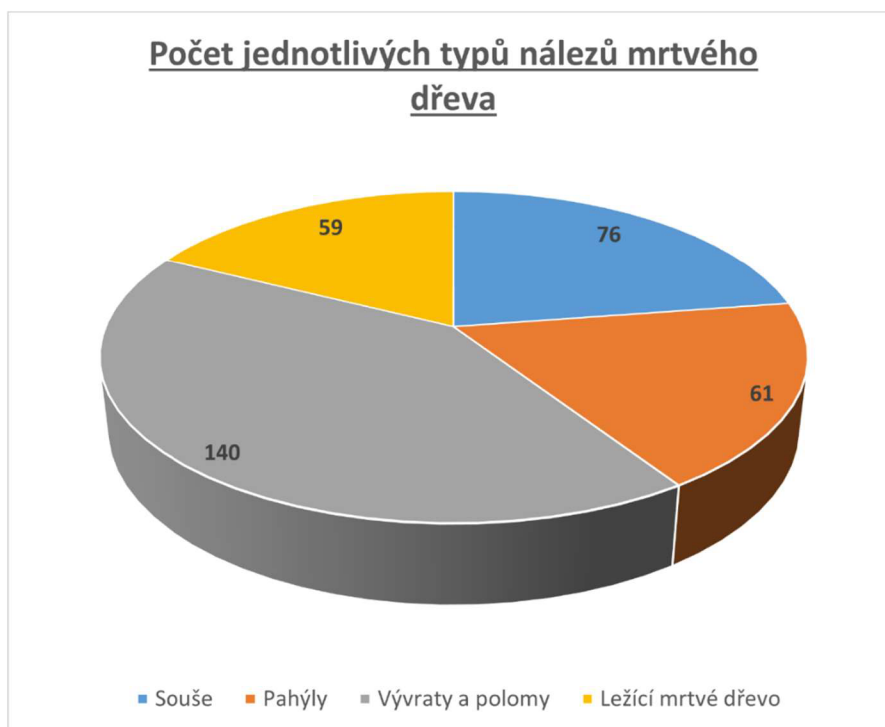
Obrázek 22: Krabicový graf výšek u stojících a délek u ležících nálezů mrtvého dřeva (zdroj: autor)

5.4.7 Typy nálezů mrtvého dřeva

Typy a umístění mrtvého dřeva mají úzkou vazbu na druhovou diverzitu. Kůrovci například preferují ležící dřevo (stromy), jejichž kořeny již nejsou propojeny s půdou, nebo jsou propojeny pouze z nepatrné části (například při vývratech). Strom tak ztrácí obranyschopnost, transpirační proud ztratí funkce příjmu vody a živin a dřevo je více vyschlé.

Celkově převažovaly nálezy mrtvého dřeva typu „VÝVRAT“. Jedná se o ležící strom shozený z jeho přirozené stojící polohy různými abiotickým či biotickými činiteli, nebo jejich kombinací. Celkově bylo inventarizováno 140 kusů vývratů splňujících zadání bakalářské práce. Tento počet obsahoval vývraty různých subtypů (viz Obrázky 9, 12, 15), jako byly například vyvrácené dvojáky (strom s dvěma srostlými kmeny), vyvrácené souše po kůrovcovém poškození apod. Dále to bylo 61 kusů pahýlů, 76 kusů souší a 59 kusů ležícího mrtvého dřeva, do kterého se počítaly veškeré nálezy, které neměly celý kmen od kořene po korunu vcelku. V legendě u mapových výstupů (viz Obrázky 9, 12, 25) jsou tyto ležící fragmenty mrtvých stromů raných fází rozkladu označeny jako „VÝŘEZY“ a pozdějších fází rozkladu jako „TLEJÍCÍ LEŽÍCÍ DŘEVO“.

Vývratů a polomů bylo tedy 41,7 % (140 kusů) z celkového počtu nálezů mrtvého dřeva, souší 22,6 % (76 kusů), pahýlů 18,2 % (61 kusů) a ležícího mrtvého dřeva 17,6 % (59 kusů) (viz Obrázek 23).



Obrázek 23: Výšečový graf celkového počtu jednotlivých typů nálezů mrtvého dřeva (zdroj: autor)

5.4.8 Delaunayho triangulace nálezů mrtvého dřeva

Delaunayho triangulace nám vytváří trojúhelníkové polygony mezi bodovou vrstvou nálezů mrtvého dřeva, v rámci jednotlivých studijních ploch.

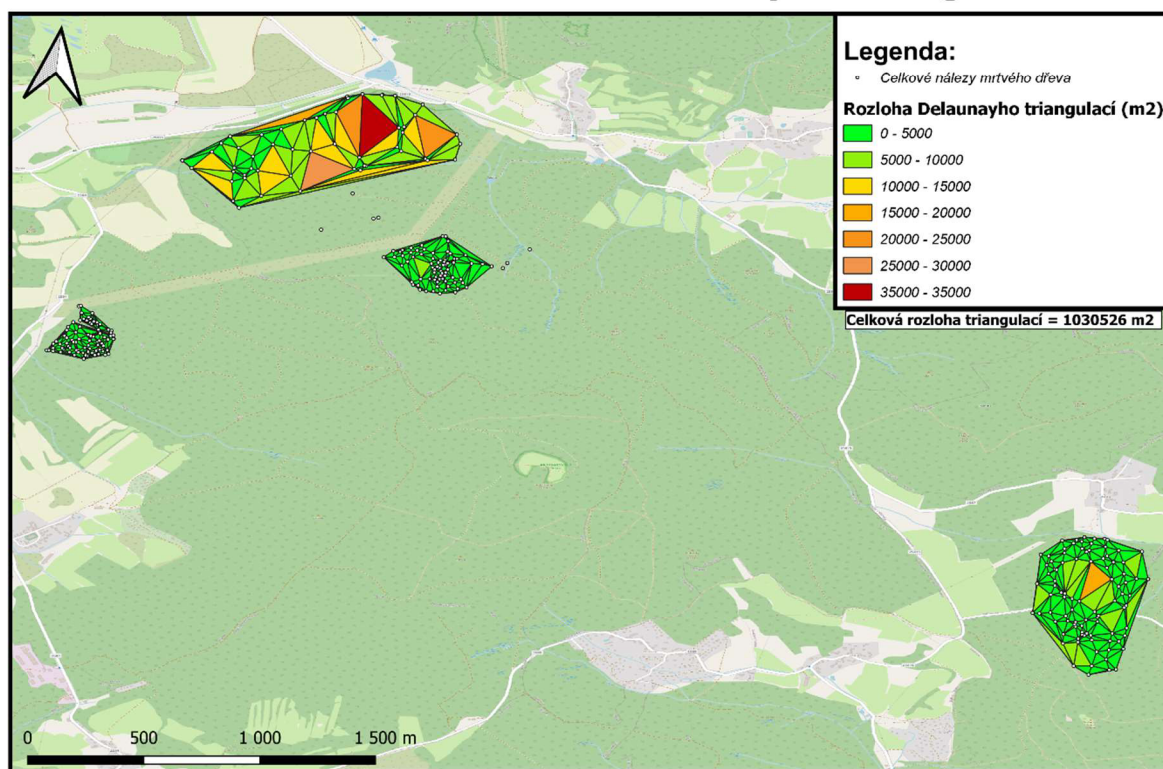
Celková rozloha Delaunayho triangulací ve všech zónách ochrany přírody CHKO představovala plochu o výměře 1030526 m², tedy 103 ha.

Největší zjištěný prostoj v terénu ve všech studijních plochách, kde nebyl nalezen kus mrtvého dřeva odpovídající zadání bakalářské práce, se nacházel na studijní ploše ve 3. zóně ochrany přírody CHKO. Tento fragment studijní plochy s absencí mrtvého dřeva větších rozměrů čítal rozlohu 35084 m², tedy 3,5 ha (viz Obrázek 24 a Příloha 7). Naopak nejmenší plochy bez mrtvého dřeva se nacházely v místě, kde byly nalezeny čtyři objekty mrtvého dřeva větších rozměrů odpovídajících zadání bakalářské práce hned vedle sebe. Jednalo se o tři nálezy mrtvého dřeva různých rozměrů topolu černého (*Populus nigra*) a jednoho nálezu ležícího mrtvého dřeva ve 3. stupni rozkladu, jehož dřevinný druh nebyl určen (jednalo se o listnatou dřevinu). Tyto dva fragmenty studijní plochy s hustou distribucí nálezů mrtvého dřeva čítaly každý rozlohu menší, než 1 m².

Počet jednotlivých trojúhelníků v triangulacích se odvíjí od počtu vrcholových bodů. V našem případě jsou těmito vrcholovými body samotné body nálezů mrtvého dřeva. Celkový počet trojúhelníkových polygonů v Delaunayho triangulacích se vyšplhal na 599.

Pomocí Kruskal-Wallisova testu (o dvou stupních volnosti a hladině významnosti $\alpha = 0,001$) provedeného v statistickém softwaru R byly tyto výsledky Delaunayho triangulace vyhodnoceny jako statisticky významné, jinými slovy má podle testu zonace na území studijních ploch ve všech zónách ochrany statistický význam.

CHKO České středohoří - Delaunayho triangulace



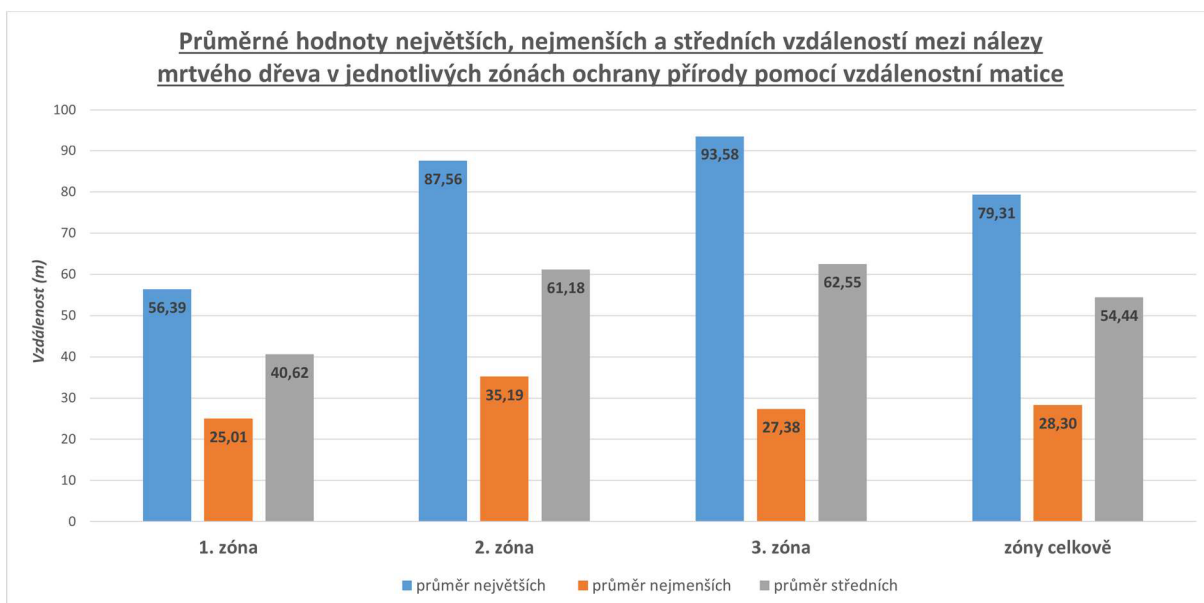
Obrázek 24: Mapový výstup se zobrazením rozlohy jednotlivých trojúhelníků v Delaunayho triangulaci vytvořené pomocí nálezů mrtvého dřeva v rámci studijních ploch (zdroj: autor)

5.4.9 Vzdálenostní matice nálezů mrtvého dřeva

Vzdálenostní matice nám vypočítává liniovou vzdálenost bodu (nálezu mrtvého dřeva) od dalších pěti od něj nejbližších bodů (nálezů mrtvého dřeva).

Vzdálenostní matice bere v potaz vzdálenosti pěti nejbližších nálezů mrtvého dřeva od jednoho vstupního nálezu. Tímto způsobem následně analyzujeme u každého nálezu nejmenší, největší a průměrnou (v tomto případě označovanou jako střední) vzdálenost od sousedního nálezu mrtvého dřeva.

Celková průměrná největší vzdálenost dvou sousedních nálezů mrtvého dřeva v rámci všech ochranných zón na zkoumaném území v CHKO byla 79,31 m. Celková průměrná nejmenší vzdálenost dvou sousedních nálezů mrtvého dřeva v rámci všech ochranných zón na zkoumaném území v CHKO byla 28,3 m. Celková průměrná střední vzdálenost dvou sousedních nálezů mrtvého dřeva v rámci všech ochranných zón na zkoumaném území v CHKO byla 54,44 m (viz Obrázek 25).

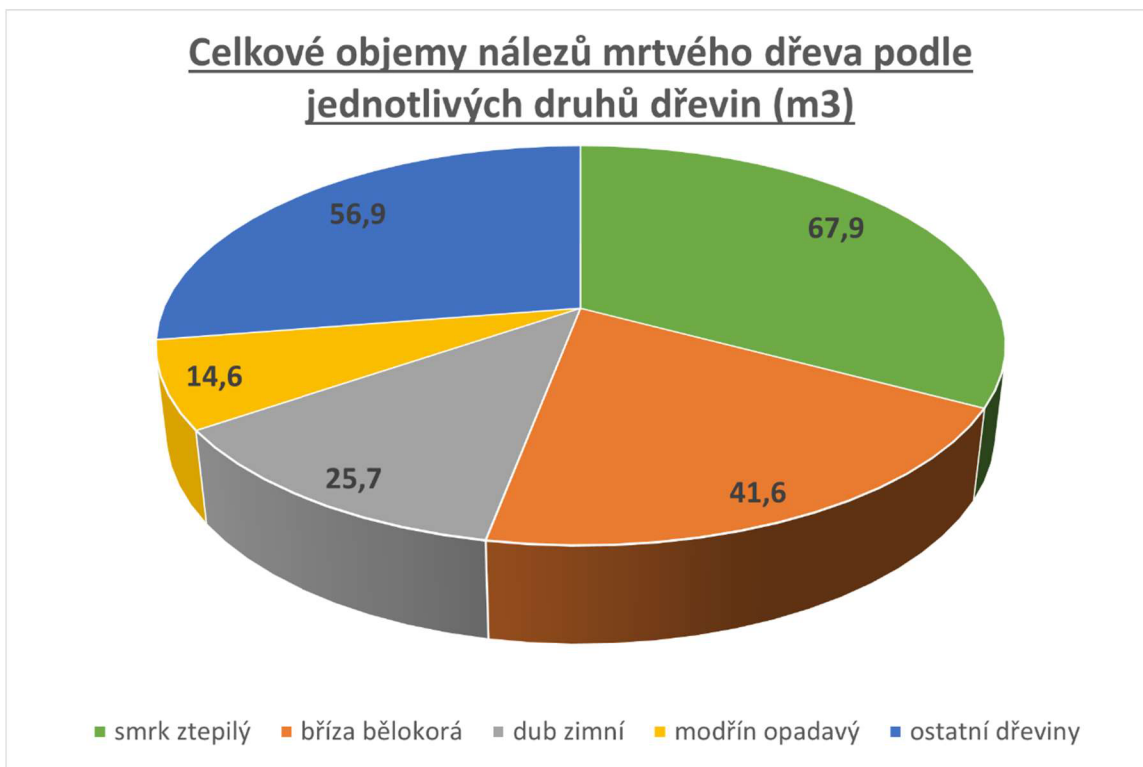


Obrázek 25: Sloupcový graf průměrných hodnot největších, nejmenších a středních vzdáleností mezi dvěma sousedními nálezy mrtvého dřeva (zdroj: autor)

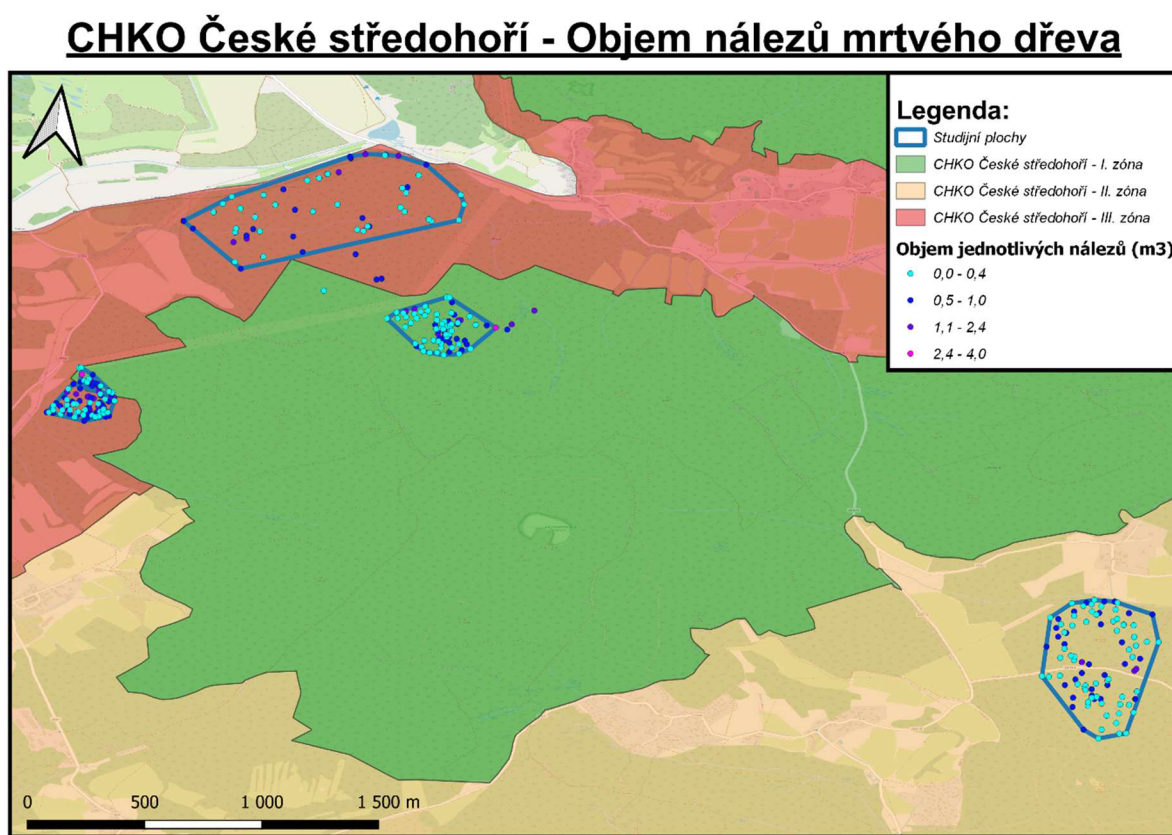
5.4.10 Objem a hektarová zásoba mrtvého dřeva

Celkový výsledný hrubý objem všech inventarizovaných objektů mrtvého dřeva větších rozměrů byl vypočítán pomocí dřevařských kalkulaček na 206,6 m³ bez kůry. Tři nálezy mrtvého dřeva s největším objemem se nacházely na studijních plochách v 1. zóně ochrany přírody CHKO (viz Obrázek 27). Jednalo se o tři smrkové souše a nejmenší z nich měla výčetní tloušťku 70 m a výšku 25 m, dohromady s hodnotou objemu 10,86 m³.

Nejdominantnějšími dřevinami byly jak v porostech, tak i mezi nálezy mrtvého dřeva větších rozměrů hlavně břiza bělokorá (*Betula pendula*), smrk ztepilý (*Picea abies*), modřín opadavý (*Larix decidua*) a dub zimní (*Quercus petraea*). Celkový objem nálezů mrtvého dřeva břízy byl pomocí dřevařských kalkulaček vypočítán na 41,6 m³, celkový objem nálezů mrtvého dřeva smrku na 67,9 m³, celkový objem nálezů mrtvého dřeva modřínu na 14,6 m³ a celkový objem nálezů mrtvého dřeva dubu na 25,7 m³ (viz Obrázek 26).



Obrázek 26: Výšečový graf celkových objemů nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů podle dominantních druhů dřevin (zdroj: autor)



Obrázek 27: Mapový výstup se zobrazením objemů jednotlivých nálezů mrtvého dřeva v rámci zkoumaného území (zdroj: autor)

6 Diskuze

6.1 Význam zonace CHKO pro distribuci mrtvého dřeva

Z většiny výsledků vyplývá, že co do počtu, objemu, distribuce, diverzity typů apod. mrtvého dřeva je na tom z ekologického pohledu (potenciálu pro zachování biodiverzity) nejlépe 1. zóna ochrany přírody CHKO, jak již bylo předpokládáno. Byl zde nalezen téměř stejný počet (106 kusů) objektů mrtvého dřeva splňujících zadání bakalářské práce, a to pouze na ploše o celkové výměře 11,8 ha. Dominantní dřevinou mezi nálezy byla bříza bělokora (*Betula pendula*) a smrk ztepilý (*Picea abies*). Podle hospodářské knihy CHKO České středohoří je v drtivé většině této plochy dominantní dřevinou právě smrk (v rozmezí 36–106 let), bříza (v rozmezí 45–96 let) a v části plochy také dub zimní (v rozmezí 46–71 let). Celkový průměrný věk porostu na studijních plochách v 1. zóně ochrany přírody CHKO byl podle hospodářské knihy CHKO České středohoří vypočítán na 83 let. Na studijních plochách v 1. zóně ochrany přírody se také jako na jediných běžněji (přesto stále málo) nacházelo mrtvé dřevo v pozdějších stupních rozkladu. To poukazuje na vyšší diverzitu rozkladu mrtvého dřeva, která je předpokladem druhově bohatých společenstev saproxylických organismů. Jak již bylo zmíněno, některé saproxylické druhy se vyskytují nebo preferují pouze určité stupně rozkladu mrtvého dřeva (Horák, 2012). Na menší studijní ploše (situované více na západ) se také hojně vyskytovaly neodtěžené smrkové kůrovcové souše ponechané v porostu k přirozenému zetlení. To poukazuje na volnější způsob lesního hospodaření, který je sám o sobě ekologicky šetrnější a snaží se o zachování co největší biodiverzity a přirozených přírodních pochodů. V případě Delaunayho triangulace vyšly v 1. zóně ochrany přírody v porovnání s ostatními zónami nejmenší průměrné i maximální hodnoty rozloh jednotlivých trojúhelníků. Největší „díra“ v porostu bez přítomnosti mrtvého dřeva byla vypočítána na 5194 m², tedy 0,5 ha. To poukazuje na dobrou a rovnoměrnou distribuci mrtvého dřeva větších rozměrů na těchto studijních plochách. Průměrná vzdálenost dvou objektů mrtvého dřeva větších rozměrů je podle vzdálenostní matice 25,01 m. To je opět podle očekávání méně než u ostatních zón ochrany přírody. Hektarová zásoba mrtvého dřeva větších rozměrů byla vypočítána na 6,2 m³/ha. To je drasticky větší hodnota než u zbylých dvou zón ochrany přírody CHKO.

V případě 2. a 3. zóny ochrany nebyly rozdíly ve většině výsledků nijak jednoznačné v ekologický prospěch 2. zóny ochrany přírody. Ke splynutí výsledků také mohla dopomoci menší studijní ploška (situována více na jih) ve 3. zóně ochrany přírody CHKO. U této menší plochy, jak již bylo zmíněno ve výsledcích, byla vyzorována u mnoha výsledků jistá podobnost s 1. zónou ochrany přírody CHKO. Těmito výsledky byla například velmi podobná druhová skladba nálezů a hustota distribuce mrtvého dřeva. I přesto, že měla tato menší plocha výměru pouhých 4,5 ha, s celkovými výsledky ve 3. zóně ochrany přírody to výrazně zahýbalo. Větší studijní plocha (situována více na sever) ve 3. zóně ochrany měla celkovou výměru 53,3 ha, ale nálezy objektů mrtvého dřeva větších rozměrů zde byly mnohem vzácnější. To mohlo být také z části důsledkem mnoha oplocenek a také Lukovského potoka, které představovaly překážku v plynulém a systematickém sběru dat. V místech těchto oplocenek, často systému mnoha sousedících oplocenek následně pomocí Delaunayho triangulace vznikaly ty největší trojúhelníky, tedy místa bez přítomnosti mrtvého dřeva větších rozměrů. V těchto místech vznikla „díra“ bez přítomnosti mrtvého dřeva větších rozměrů o rozloze 35084 m², tedy 3,5 ha. Ve 2. zóně byla pro porovnání největší „díra“ bez přítomnosti mrtvého dřeva větších rozměrů o rozloze 15059 m², tedy 1,5 ha.

Ve 2. zóně bylo na studijní ploše o rozloze 33,5 ha zinventarizováno celkem 94 objektů mrtvého dřeva větších rozměrů, ve 3. zóně to bylo 137 objektů na plochách s celkovou rozlohou téměř jedenkrát tak velké (57,8 ha). Dominantními dřevinami mezi nálezy mrtvého dřeva ve 2. zóně ochrany přírody byla bříza bělokora (*Betula pendula*) a modřín opadavý (*Larix decidua*). Podle hospodářské knihy CHKO České středohoří je v drtivé většině této plochy dominantní dřevinou dub zimní (v rozmezí 46–106 let), dub letní (v rozmezí 36–91 let) a v části plochy také modřín (ve věku 60 let). Celkový průměrný věk porostu na studijní ploše ve 2. zóně ochrany přírody CHKO byl podle hospodářské knihy CHKO České středohoří vypočítán na 70 let. Dominantními dřevinami mezi nálezy mrtvého dřeva ve 3. zóně ochrany přírody byla bříza bělokora (*Betula pendula*), smrk ztepilý (*Picea abies*) a také dub zimní (*Quercus petraea*). Podle hospodářské knihy CHKO České středohoří je v drtivé většině této plochy dominantní dřevinou dub zimní (v rozmezí 51–101 let), bříza (v rozmezí 56–106 let) a také modřín (v rozmezí 53–86 let). Celkový průměrný věk porostu na studijních plochách ve 3. zóně ochrany přírody CHKO byl podle hospodářské knihy CHKO České středohoří vypočítán na 70 let. To poukazuje na velmi podobnou věkovou strukturu těchto dvou porostů. Podobně jako v 1. zóně ochrany přírody se ve 3. zóně hojně vyskytovaly na menší studijní ploše (situované více na jih) neodstraněné kůrovcové souše ponechané v porostu volně k zetlení. Průměrná vzdálenost dvou

objektů mrtvého dřeva větších rozměrů ve 2. zóně ochrany přírody je podle vzdálenostní matice 35,19 m, ve 3. zóně to je „pouze“ 27,38 m. Tyto výsledné hodnoty jsou velmi překvapující a nesplňující očekávání. Předpokládala se totiž menší vzdálenost ve 2. zóně, než ve 3. zóně a zároveň celkově větší průměrná vzdálenost dvou objektů mrtvého dřeva ve 3. zóně ochrany. To znovu může být způsobeno menší studijní plochou ve 3. zóně ochrany, jejíž hustota objektů mrtvého dřeva větších rozměrů měla spíše charakter 1. zóny ochrany přírody, a snižuje tak průměrnou vzdálenost dvou sousedních objektů mrtvého dřeva větších rozměrů. Hektarová zásoba mrtvého dřeva větších rozměrů byla ve 2. zóně ochrany přírody vypočítána na 1,3 m³/ha, ve 3. zóně na 1,6 m³/ha. Překvapivým výsledkem byla větší hektarová zásoba mrtvého dřeva větších rozměrů ve 3. zóně, než ve 2. zóně ochrany přírody CHKO. Tyto hodnoty hektarové zásoby zdaleka nedosahovaly hodnot podle Národní inventarizace lesů. Ta uvádí, že střední objem mrtvého dříví na hektar porostní půdy je 24,8 m³/ha s kůrou (Kučera, 2016). Podle očekávání se nejbližší této průměrné hodnotě přiblížila 1. zóna ochrany přírody CHKO. Nejvyšší podíl na celkovém objemu mrtvého dříví má ležící mrtvé hroubí (34,8 %) a ležící nehroubí (30,2 %), podíl souší a pařezů na celkovém objemu je podobný (18,1 % a 16,9 %) (Kučera, 2016). V našem případě mělo ležící mrtvé hroubí dřevo podíl na celkovém objemu mrtvého dříví (206,6 m³) 54,3 %, souše měly podíl 36,3 % a pařezy (do kterých byly započítány pahýly) měly podíl 9,4 %. Musíme však brát v potaz, že v našem případě bylo inventarizováno pouze mrtvé dřevo splňující určité minimální rozměry (viz zadání bakalářské práce), a tak nám například z výčtu automaticky vypadlo ležící mrtvé dřevo nehroubí, které má výčetní tloušťku menší, než 7 cm (jedná se o spadané větve, klest, tyčkoviny apod.).

Ze získaných výsledků je patrné, že prostorová distribuce mrtvého dřeva větších rozměrů je ovlivněna zonací CHKO. Zřetelně vyšší výskyt (i celkový objem) mrtvého dřeva větších rozměrů byl zjištěn v 1. zóně ochrany přírody, zatímco výskyt (i objem) mrtvého dřeva větších rozměrů ve 2. a 3. zóně ochrany byl srovnatelný. Průměrný objem mrtvého dřeva větších rozměrů byl nízký ve všech zónách ochrany, s nejvyšší hodnotou 6,2 m³/ha v 1. zóně. V porostech s takto nízkou zásobou mrtvého dřeva větších rozměrů nelze očekávat ideální podmínky pro trvalé přežívání populací náročnějších (vzácnějších) saproxylických druhů organismů (houby, bezobratlí živočichové atd.) (Haeler, 2021). Z jednotlivých tříd rozkladu mrtvého dřeva (1-5) byly na výzkumných plochách nejvíce zastoupeny třídy 1 a 2 a nejvíce chyběla třída 4 a 5. Tyto výsledky naznačují, že dynamika mrtvé dřevní hmoty byla v této oblasti v minulosti pravděpodobně narušena sanitární těžbou stromů. V přírodních lesních

ekosystémech, kde dynamika mrtvého dřeva nebyla narušena těžbou je nejvíce zastoupeným stupněm rozkladu třída 3 (Harmon, 1986).

Můj názor dle výsledků je takový, že minimálně v oblasti studijních ploch ve 2. a 3. zóně ochrany přírody má zonace do dvou separátních zón minimální význam. Navrhoval bych minimálně v místě menší studijní (situované více na jih) plochy ve 3. zóně ochrany přírody zrušit 3. zónu a tuto oblast zahrnout minimálně do 2. zóny, ne-li do 1. zóny ochrany přírody, nebo naopak 2. zónu v místě studijní plochy pro celkovou podobnost se 3. zónou změnit plošně na 3. zónu ochrany přírody. V 1. zóně ochrany přírody hektarový objem mrtvého dřeva také nebyl nijak zázračný. To ale mohlo být způsobeno velikostí studijních ploch, na kterých byla inventarizace mrtvého dřeva provedena (Holeksa, 2001). Dále má také na zásobu mrtvého dřeva obrovský vliv vývojové stadium lesa, ve kterém se daný porost nachází (Saniga, 2001). Na studijních plochách v 1. zóně ochrany přírody se nachází smíšený různověký les o průměrném věku 83 let, ve 2. a 3. zóně různověký les o průměrném věku 70 let, tudíž lze ve všech případech očekávat snížený počet objektů mrtvého dřeva větších rozměrů. Podle výsledků NIL v ČR drtivou část objemu mrtvého dřeva představuje slabá dřevní hmota v mladých porostech a také mrtvé dřevo nehroubí, které má výčetní tloušťku do 7 cm. Podle ostatních výsledků této bakalářské práce (hustota nálezů, stupně rozkladu apod.) je zařazení do první zóny ochrany na těchto studijních plochách adekvátní. V rámci těchto porostů bych se snažil prosadit ještě větší snahu o zvýšení celkového objemu mrtvého dřeva větších rozměrů, a hlavně pak také starých odumřelých stromů, neboť ty jsou samy o sobě kriticky ohroženým mikrostanovištěm mnoha druhů saproxylických organismů (Horák, 2012). To můžeme docílit například ponecháním předem vytipované skupinky stromů k dožití, což je jedna z nejefektivnějších opatření ke zvýšení množství mrtvého dřeva (Bače, 2016), viz dále.

6.2 Lesní hospodaření s ohledem na biodiverzitu

Se stále zvyšujícím se významem a zájmem o ostatní funkce lesa by se do přístupu k přírodě blízkému hospodaření (hlavně lesního hospodaření) měla zakomponovat problematika týkající se zachování biodiverzity a mrtvého dřeva. Zatímco v mnoha zemích Evropy se již tato problematika začala dávno řešit, v České republice jsme stále na začátku k správnému celoplošnému uchopení tohoto problému a jeho vrytí do podvědomí vlastníků lesů. Je za potřebí se držet všech postupů při lesním hospodaření, které povedou ke zvýšení množství mrtvého dřeva, starých (doupných) stromů a následně také biodiverzity v českých

lesích (Svoboda, 2007). Zde se navrhuje hned jedno možné řešení, a to omezit pasečné hospodaření a snažit se více zapojit přírodní procesy do lesního managementu (Ferkl, 2017).

Postupy v lesním hospodaření by se měly přizpůsobovat typu vlastnictví lesa (lesy státní versus soukromé) a také hlavnímu cíli managementu (hospodářské lesy, lesy ochranné a lesy zvláštního určení). Lesům, které jsou v režimu ochrany přírody (CHKO, NP apod.) nebo spadají do sítě NATURA by měla v této problematice být věnována zvláštní pozornost, jelikož jsou zrcadlem biodiverzity našich českých lesních ekosystémů (Svoboda, 2007).

6.2.1 Ponechání skupinky stromů k dožití (podle Bače, 2016)

Tato snaha o zachování starých stromů v lesích, později k samovolnému zetlení je jedním z klíčových opatření pro zachování biodiverzity. Stromy se ponechávají na okrajích obnovovaných ploch, kde postupně dospějí do fáze veteránských stromů a následně do fáze stojící souše a později přirozeně se rozkládajícího a tlejícího kmene. Skupinka stromů vybrána k dožití by měla být umístěná prioritně v místě vyššího osvětlení (a to trvalého) a také trvalé otevřenosti nebo rozvolněnosti prostředí (ideálně mezi porostem a bezlesím). Měly by se ponechávat spíše poblíž okrajů obnovovaných ploch tak, aby nedocházelo ke ztrátám na produkci a kvalitě nových obnovovaných porostů. Prioritně by měly být vybírány nejstarší a nejsilnější stromy, nejlépe doupné (s dutinami) a také jedinci nesoucí části mrtvého dřeva (již z části odumřelé a tlející). Stromy mající drtivou většinu těchto vlastností pozitivně ovlivňujících biodiverzitu jsou označovány za tzv. biotopové stromy (Bouget, 2014).

Tato metoda se považuje za jednu z nejefektivnější a nejšetrnějších, je totiž přírodě přirozená. Ve srovnání s ponecháváním rozptýlených jedinců uprostřed obnovovaných ploch má tato metoda skupinek výrazně menší negativní vliv na produkci a kvalitu následného porostu. Je také prokázáno, že metoda koncentrace mrtvého dřeva na vytipovaných místech je lepší pro biodiverzitu než roztroušený výskyt. Touto metodou také nijak výrazněji neovlivňujeme přístupnost porostu dopravně-těžebními operacím (ve smyslu tvorby překážky) a také do lesů nevnášíme žádné umělé prvky (je tak zachován přirozený vývoj). Ze studií také vyplývá, že stojící mrtvé dřevo je biotopem pro více druhů saproxylických organismů, než ležící mrtvé dřevo (Bouget, 2012). Tato metoda také podporuje mykorhizu, která má celkově pozitivní vliv na obnovu lesních porostů (budoucího porostu) (Kraus, 2013) a také je skupinka lépe vystavena oslunění, což je jeden z nejvýznamnějších faktorů v podpoře biodiverzity.

7 Závěr

- V průběhu této bakalářské práce byly sledovány kvalitativní a kvantitativní charakteristiky mrtvého dřeva větších rozměrů v CHKO České středohoří. Dřevinná skladba, stupeň rozkladu, dimenze (stojící nebo ležící), výčetní tloušťka, výška nebo délka, typy, zásoba i velikosti ploch bez přítomnosti mrtvého dřeva na studijních plochách byly proměnlivé.
- První zóna ochrany přírody CHKO je dle výsledků nejlépe zásobená mrtvým dřevem větších rozměrů a zonace zde má význam. Jsou zde minimální plochy bez přítomnosti mrtvého dřeva, druhová skladba je dostačující, stupeň rozkladu mrtvého dřeva je ze všech zón nejrozmanitější a zásoba objektů odpovídajících zadání bakalářské práce byla vypočítána na 6,2 m³/ha.
- Druhá a třetí zóna ochrany přírody vystupují v průměru s velmi podobnými výsledky. U některých hodnot výsledky dokonce překvapivě hovoří v ekologický prospěch 3. zóny ochrany CHKO. Jedním z nejdůležitějších výsledků je hektarová zásoba mrtvého dřeva. Ta je pro lesní ekosystémy směrodatná, jelikož sumarizuje veškerý objem mrtvé dřevní hmoty (v našem případě pouze mrtvé dřevo větších rozměrů, odpovídajících zadání bakalářské práce) na hektar lesní plochy a poukazuje tak na množství mrtvého dřeva, které je k dispozici pro udržení biodiverzity v rámci 1 ha lesního ekosystému. Ve 2. zóně ochrany přírody byla v rámci jediné studijní plochy hektarová zásoba mrtvého dřeva větších rozměrů 1,3 m³/ha, ve 3. zóně v rámci studijních ploch paradoxně 1,6 m³/ha, tedy bylo zde v průměru o 0,3 m³ více mrtvého dřeva větších rozměrů na 1 ha porostní plochy. Naopak plochy bez přítomnosti mrtvého dřeva větších rozměrů byly podle očekávání jednoznačně větší ve 3. zóně ochrany přírody. V tomto případě byly tyto výsledky velikostí ploch bez přítomnosti mrtvého dřeva větších rozměrů na jednotlivých studijních plochách v rámci jednotlivých zón ochrany přírody vyhodnoceny jako statisticky velmi významné.
- Výsledky hektarové zásoby, rozmanitosti stupňů rozkladu a také hustoty distribuce mrtvého dřeva (vzdálenostní matice) rozhodně nevyšly podle očekávání. Tyto výsledky mohou mít hned několik příčin. Jednou z nich je rozhodně poměrně rozdílná druhová skladba dřevin na jednotlivých studijních plochách. Dále to mohou být také

rozdílné stanovištní podmínky. Ve 3. zóně ochrany jsme také mohli sledovat velmi neočekávané rozdíly ve výsledcích mezi větší studijní plochou (situovanou více na sever) a mezi menší plochou (situovanou více na jih), která měla mnohem lepší celkovou distribuci mrtvého dřeva a mnoho výsledků zde reprezentovaly hodnoty hodně blízké sousedním plochám v 1. zóně ochrany přírody. Větší studijní plocha ve 3. zóně ochrany přírody naproti tomu vykazovala největší plochy bez přítomnosti mrtvého dřeva větších rozměrů, obsahovala totiž mnoho oplocenek (kde dochází ke zmlazování a výchově porostu) a také pár holin, které vznikly pravděpodobně v důsledku kůrovcového žíru a kůrovcové souše s mrtvým dřevem byly v těchto místech z porostu odvezeny.

- Podle získaných výsledků se nabízí řešení menší studijní plochu ve 3. zóně ochrany přírody CHKO (situovanou více na jih) a pravděpodobně i sousední části lesa v těchto místech spadajících do 3. zóny ochrany přírody CHKO zařadit do 2., ne-li do 1. zóny ochrany přírody. V těchto místech lesa totiž nemá zonace CHKO České středohoří žádný systematický význam pro přítomnost a kvalitu velkých objektů mrtvého dřeva, na ostatních studijních plochách ve všech zónách ochrany byla zonace CHKO pro přítomnost mrtvého dřeva větších rozměrů vyhodnocena jako významná.
- Mrtvé dřevo je přirozenou a důležitou součástí lesních ekosystémů. Poskytuje biotop a útočiště mnoha saproxylickým druhům organismů, tím pádem také zvyšuje a dlouhodobě udržuje biodiverzitu v lesních ekosystémech, funguje jako zásobárna uhlíku a také slouží jako substrát pro obnovu nové generace dřeva (semenáčky). Poznatky týkající se dynamiky mrtvé dřevní hmoty jsou však v našich podmínkách velmi chudé. Tato problematika, která je směrodatná pro distribuci mrtvého dřeva a biodiverzitu lesních ekosystémů si rozhodně zaslouhuje hlubší výzkum a více studií, které se budou zaměřovat především na procesy a dynamiku mrtvého dřeva, a ne pouze na kvalitativní a kvantitativní charakteristiky mrtvého dřeva.

8 Literatura

- BAČE, Radek a Miroslav SVOBODA, 2016. *Management mrtvého dřeva v hospodářských lesích: certifikovaná metodika*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-118-5.
- BELLINGHAM, P. J. a S. J. RICHARDSON, 2006. Tree seedling growth and survival over 6 years across different microsites in a temperate rain forest. *Canadian Journal of Forest Research*. **36**(4), 910-918. ISSN 0045-5067. Dostupné z: doi:10.1139/x05-308
- BENGTSSON, Jan, Sven G NILSSON, Alain FRANC a Paolo MENOZZI, 2000. Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. *Forest Ecology and Management*. **132**(1), 39-50. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/S0378-1127(00)00378-9
- BODDY, Lynne, 2001. Fungal Community Ecology and Wood Decomposition Processes in Angiosperms: From Standing Tree to Complete Decay of Coarse Woody Debris. *Ecological Bulletins*. **49**, 43-56. Dostupné z: doi:http://www.jstor.org/stable/20113263
- BOUGET, Christophe, Laurent LARRIEU a Antoine BRIN, 2014. Key features for saproxylic beetle diversity derived from rapid habitat assessment in temperate forests. *Ecological Indicators*. **36**, 656-664. ISSN 1470160X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecolind.2013.09.031
- BOUGET, CHRISTOPHE, BENOIT NUSILLARD, XAVIER PINEAU a CHARLES RICOU, 2012. Effect of deadwood position on saproxylic beetles in temperate forests and conservation interest of oak snags. *Insect Conservation and Diversity*. **5**(4), 264-278. ISSN 1752458X. Dostupné z: doi:10.1111/j.1752-4598.2011.00160.x
- BUCKLAND, Paul Christopher a MH DINNIN, 1993. Holocene woodlands, the fossil insect evidence. Dead wood matters. *The ecology and conservation of saproxylic invertebrates in Britain*. **7**(1), 6-20.
- BUJOCZEK, Leszek, Małgorzata BUJOCZEK a Stanisław ZIEBA, 2021. How much, why and where? Deadwood in forest ecosystems: The case of Poland. *Ecological Indicators*. **121**. ISSN 1470160X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecolind.2020.107027
- DAVID, Petr, Věra DOBROVOLNÁ a Vladimír SOUKUP, 2005. *České středohoří - východ*. Praha: S & D. Průvodce po Čechách, Moravě, Slezsku. ISBN 80-86899-04-7.
- DOLEŽALOVÁ, Klára a Jakub HORÁK, 2010. Společenstva bezobratlých vázaná na mrtvé dřevo. *Lesnická práce*. **9**(593/25), 24-25.
- DUDLEY, Nigel, Stephanie MANSOURIAN a Daniel VALLAURI, 2005. Forest Landscape Restoration in Context. *Forest Restoration in Landscapes*. New York: Springer-Verlag, 3-7. ISBN 0-387-25525-7. Dostupné z: doi:10.1007/0-387-29112-1_1

- FERKL, Vladislav, 2017. Nepasečné hospodaření v lesích a ochrana přírody. *Ochrana přírody*. **5**, 32-35.
- GAMFELDT, Lars, Tord SNÄLL, Robert BAGCHI, et al., 2013. Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. *Nature Communications*. **2013**(1340). ISSN 2041-1723. Dostupné z: doi:10.1038/ncomms2328
- GREENWOOD, Sarah, Paloma RUIZ-BENITO, Jordi MARTÍNEZ-VILALTA, et al., 2017. Tree mortality across biomes is promoted by drought intensity, lower wood density and higher specific leaf area. *Ecology Letters*. **20**(4), 539-553. ISSN 1461023X. Dostupné z: doi:10.1111/ele.12748
- GROVE, Simon J., 2002. Saproxylic Insect Ecology and the Sustainable Management of Forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*. **33**(1), 1-23. ISSN 0066-4162. Dostupné z: doi:10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150507
- HAELER, Elena, Ariel BERGAMINI, Stefan BLASER, et al., 2021. Saproxylic species are linked to the amount and isolation of dead wood across spatial scales in a beech forest. *Landscape Ecology*. **36**(1), 89-104. ISSN 0921-2973. Dostupné z: doi:10.1007/s10980-020-01115-4
- HAHN, Katrine a Morten CHRISTENSEN, 2004. 2. DYNAMICS OF DEAD WOOD IN EUROPEAN BEECH FOR-ESTS IN RELATION TO NATURAL DISTURBANCES. *Natural disturbances dynamics as component of ecosystem management planning*. **22**(5), 5-8.
- HANNAH, Lee, John L. CARR a Ali LANKERANI, 1995. Human disturbance and natural habitat: a biome level analysis of a global data set. *Biodiversity and Conservation*. **4**(2), 128-155. ISSN 0960-3115. Dostupné z: doi:10.1007/BF00137781
- HARMON, Mark E. a Jerry F. FRANKLIN, 1989. Tree Seedlings on Logs in Picea-Tsuga Forests of Oregon and Washington. *Ecology*. **70**(1), 48-59. ISSN 00129658. Dostupné z: doi:10.2307/1938411
- HARMON, M.E., J.F. FRANKLIN, F.J. SWANSON, et al., 1986. Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems. *Advances in Ecological Research*. Elsevier, 1986, **1986**(15), 133-302. Advances in Ecological Research. ISBN 9780120139156. Dostupné z: doi:10.1016/S0065-2504(08)60121-X
- HOFGAARD, Annika, 1993. Structure and regeneration patterns in a virgin Picea abies forest in northern Sweden. *Journal of Vegetation Science*. **4**(5), 601-608. ISSN 11009233. Dostupné z: doi:10.2307/3236125
- HOFMEISTER, Jeňýk, Jan HOŠEK, Marek BRABEC, et al., 2015. Value of old forest attributes related to cryptogam species richness in temperate forests: A quantitative assessment. *Ecological Indicators*. **57**, 497-504. ISSN 1470160X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecolind.2015.05.015

- HOLEKSA, Jan, 2001. Coarse woody debris in a Carpathian subalpine spruce forest. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*. **120**(1-6), 256-270. ISSN 0015-8003. Dostupné z: doi:10.1007/BF02796097
- HOLZWARTH, Frederic, Anja KAHL, Jürgen BAUHHUS, Christian WIRTH a Pieter ZUIDEMA, 2013. Many ways to die - partitioning tree mortality dynamics in a near-natural mixed deciduous forest. *Journal of Ecology*. **101**(1), 220-230. ISSN 00220477. Dostupné z: doi:10.1111/1365-2745.12015
- HORÁK, Jakub, 2012. Stanovištní činitele ovlivňující rozšíření brouků vázaných na mrtvé dřevo. *Živa*. **6**, 294-299.
- HUGHES, A. Randall, Brian D. INOUE, Marc T. J. JOHNSON, Nora UNDERWOOD a Mark VELLEND, 2008. Ecological consequences of genetic diversity. *Ecology letters*. **11**, 609-623. Dostupné z: doi:10.1111/j.1461-0248.2008.01179.x
- CHEW, L. P., 1987. Constrained Delaunay triangulations. *Proceedings of the third annual symposium on Computational geometry - SCG '87*. New York, New York, USA: ACM Press, 1987, 215-222. ISBN 0897912314. Dostupné z: doi:10.1145/41958.41981
- CHYTRÝ, Milan, 2010. *Katalog biotopů České republiky: Habitat catalogue of the Czech Republic*. 2. vyd. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. ISBN 978-80-87457-03-0.
- KINSKÝ, Jiří, Pavel MORAVEC a Vlastislav VLAČIHA, 2006. *Chráněná krajinná oblast České středohoří: Protected landscape area České středohoří = Landschaftsschutzgebiet České středohoří : průvodce po maloplošných chráněných územích*. 3., upr. vyd. Litoměřice: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Správa CHKO České středohoří. ISBN 80-87051-07-6.
- KLIKA, Jaromír, 1951. *Fytcenologická studie lesních společenstev Českého Středohoří. (Phytozonologische Studie der Waldgesellschaften im Bohmischen Mittelgebirge)*. 2. Praha: Rozprava České akademie věd a umění. Třída II.
- KRAUS, Daniel a Frank KRUMM, 2013. Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity. *European Forest Institute*. **284 pp.**, 74-81.
- KRUYS, Nicholas a Bengt Gunnar JONSSON, 1999. Fine woody debris is important for species richness on logs in managed boreal spruce forests of northern Sweden. *Canadian Journal of Forest Research*. **29**(8), 1295-1299. ISSN 0045-5067. Dostupné z: doi:10.1139/x99-106
- KUBARTOVÁ, Ariana, Elisabet OTTOSSON a Jan STENLID, 2015. Linking fungal communities to wood density loss after 12 years of log decay. *FEMS Microbiology Ecology*. **91**(5), 1-11. ISSN 1574-6941. Dostupné z: doi:10.1093/femsec/fiv032
- KUČERA, Miloš, Radim ADOLT, Ivo KOHN, Klára PIŠKYTLOVÁ, Lukáš KRATĚNA, Jiří FEJFAR, Jiří ZÁVODSKÝ a Zbyněk ČECH, 2016. Výstupy národní

inventarizace lesů uskutečněné v letech 2011-2015: 10. Mrtvé dříví. *Lesnická práce*. **95**(2).

- LOFROTH, Eric, 1998. The Dead Wood Cycle. In: VOLLER, Joan a Scott HARRISON. *Conservation Biology Principles for Forested Landscapes*. 1. Vancouver: UBC Press, s. 185-209. ISBN 0774806303.
- LOREAU, Michel, 2000. Are communities saturated? On the relationship between alpha, beta and gamma diversity. *Ecology Letters*. **3**(2), 73-76. ISSN 1461-023X. Dostupné z: doi:10.1046/j.1461-0248.2000.00127.x
- LOVEJOY, Thomas E., 1994. The quantification of biodiversity: an esoteric quest or a vital component of sustainable development?. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. **345**(1311), 81-87. ISSN 0962-8436. Dostupné z: doi:10.1098/rstb.1994.0089
- MACARTHUR, Robert H., 1984. *Geographical ecology: patterns in the distribution of species*. 1. Princeton: Princeton University Press. ISBN 0691083533.
- MACARTHUR, ROBERT H., 1965. PATTERNS OF SPECIES DIVERSITY. *Biological Reviews*. **40**(4), 510-533. ISSN 1464-7931. Dostupné z: doi:10.1111/j.1469-185X.1965.tb00815.x
- MAGURRAN, Anne E., 1988. *Ecological diversity and its measurement*. 1. Princeton: Princeton university press. ISBN 9780412383304.
- MASER, Chris, Ralph ANDERSON, Kermit CROMACK, Jerry WILLIAMS a Robert MARTIN, 1979. Dead and Down Woody Material. In: THOMAS, Jack. *Wildlife Habitats in Managed Forests: the Blue Mountains of Oregon and Washington*. No. 553. Washington D.C.: U.S. Government Printing Office, s. 78-95. ISBN 79600038.
- MATĚJKA, Karel, Jakub HRUŠKA a Pavel KINDLMANN, 2013. Jak má vypadat smysluplná zonace národního parku Šumava?. *Živa*. **5**, 96-100.
- MOOSE, Ryan A., Dmitry SCHIGEL, Lucas J. KIRBY a Maria SHUMSKAYA, 2019. Dead wood fungi in North America: an insight into research and conservation potential. *Nature Conservation* [online]. **32**, 1-17 [cit. 2023-02-17]. ISSN 1314-3301. Dostupné z: doi:10.3897/natureconservation.32.30875
- MORAVEC, Jaroslav a Emilie BALÁTOVÁ-TULÁČKOVÁ, 1995. *Rostlinná společenstva České Republiky a jejich ohrožení*. 2. Litoměřice: Československá botanická společnost. ISBN 9788090082762.
- MÜLLER, J., A. JARZABEK-MÜLLER, H. BUSSLER a M. M. GOSSNER, 2014. Hollow beech trees identified as keystone structures for saproxylic beetles by analyses of functional and phylogenetic diversity. *Animal Conservation*. **17**(2), 154-162. ISSN 13679430. Dostupné z: doi:10.1111/acv.12075
- MÜLLER, Jörg, Heinz BUSSLER, Martin GOSSNER, Thomas RETTELBACH a Peter DUELLI, 2008. The European spruce bark beetle *Ips typographus* in a national

- park: from pest to keystone species. *Biodiversity and Conservation*. **17**(12), 2979-3001. ISSN 0960-3115. Dostupné z: doi:10.1007/s10531-008-9409-1
- MÜLLER, Jörg a Rita BÜTLER, 2010. A review of habitat thresholds for dead wood: a baseline for management recommendations in European forests. *European Journal of Forest Research*. **129**(6), 981-992. ISSN 1612-4669. Dostupné z: doi:10.1007/s10342-010-0400-5
- NARUKAWA, Y. a S. YAMAMOTO, 2002. Effects of dwarf bamboo (*Sasa* sp.) and forest floor microsites on conifer seedling recruitment in a subalpine forest, Japan. *Forest Ecology and Management*. **163**(1-3), 61-70. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/S0378-1127(01)00527-8
- NIETO, Ana a Keith N.A. ALEXANDER, 2010. The status and conservation of saproxylic beetles in Europe. *Cuadernos de biodiversidad*. **1**(33), 3-10. ISSN 1575-5495. Dostupné z: doi:10.14198/cdbio.2010.33.01
- ÓDOR, P., J. HEILMANN-CLAUSEN, M. CHRISTENSEN, et al., 2006. Diversity of dead wood inhabiting fungi and bryophytes in semi-natural beech forests in Europe. *Biological Conservation* [online]. **131**(1), 58-71 [cit. 2023-02-16]. ISSN 00063207. Dostupné z: doi:10.1016/j.biocon.2006.02.004
- PEŠOUT, Pavel, 2015. Soustava chráněných krajinných oblastí České republiky před dokončením?. *Živa*. **4**(192), 192-196.
- RAJALA, Tiina, Tero TUOMIVIRTA, Taina PENNANEN a Raisa MÄKIPÄÄ, 2015. Habitat models of wood-inhabiting fungi along a decay gradient of Norway spruce logs. *Fungal Ecology*. **18**, 48-55. ISSN 17545048. Dostupné z: doi:10.1016/j.funeco.2015.08.007
- REED, David H. a Richard FRANKHAM, 2003. Correlation between Fitness and Genetic Diversity. *Conservation Biology*. **17**(1), 230-237. ISSN 0888-8892. Dostupné z: doi:10.1046/j.1523-1739.2003.01236.x
- RENVALL, Pertti, 1995. Community structure and dynamics of wood-rotting Basidiomycetes on decomposing conifer trunks in northern Finland. *Karstenia*. **35**, 1-51.
- SANDSTRÖM, Jennie, Claes BERNES, Kaisa JUNNINEN, Asko LÖHMUS, Ellen MACDONALD, Jörg MÜLLER, Bengt Gunnar JONSSON a Sharif MUKUL, 2019. Impacts of dead wood manipulation on the biodiversity of temperate and boreal forests. A systematic review. *Journal of Applied Ecology*. **56**(7), 1770-1781. ISSN 0021-8901. Dostupné z: doi:10.1111/1365-2664.13395
- SANIGA, Milan a J. P. SCHUETZ, 2001. Dynamics of changes in dead wood share in selected beech virgin forests within their development cycle. *Journal of Forest Science*. **12**(47), 557-565. ISSN 12124834.
- SEIBOLD, Sebastian, Claus BÄSSLER, Roland BRANDL, Martin M. GOSSNER, Simon THORN, Michael D. ULYSHEN a Jörg MÜLLER, 2015. Experimental studies of dead-wood biodiversity — A review identifying global gaps in knowledge.

- Biological Conservation*. **2015**(191), 139-149. ISSN 00063207. Dostupné z: doi:10.1016/j.biocon.2015.06.006
- SEIBOLD, Sebastian, Jonas HAGGE, Jörg MÜLLER, Axel GRUPPE, Roland BRANDL, Claus BÄSSLER a Simon THORN, 2018. Experiments with dead wood reveal the importance of dead branches in the canopy for saproxylic beetle conservation. *Forest Ecology and Management*. **409**, 564-570. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2017.11.052
- SCHLAGHAMERSKÝ, Jiří, 2000. *The Saproxylic beetles (Coleoptera) and ants (Formicidae) of Central European hardwood floodplain forests*. 1. Brno: Masaryk University. Folia Facultatis scientiarum naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis. ISBN 80-210-2471-2.
- SCHROEDER, L. Martin a Ake LINDELOW, 2002. Attacks on living spruce trees by the bark beetle *Ips typographus* (Col. Scolytidae) following a storm-felling: a comparison between stands with and without removal of wind-felled trees. *Agricultural and Forest Entomology*. **4**(1), 47-56. ISSN 1461-9555. Dostupné z: doi:10.1046/j.1461-9563.2002.00122.x
- SKALICKÝ, Vladimír, 1988. Regionálně fytogeografické členění. *Květena České socialistické republiky*. **1**(1), 103-121.
- STEVENS, Victoria, 1997. The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in B.C. forests. *B.C. Work. Pap.* **30**.
- STOKLAND, Jogeir N., 2001. The Coarse Woody Debris Profile: An Archive of Recent Forest History and an Important Biodiversity Indicator. *Ecological Bulletins*. **49**, 71-83. Dostupné z: doi:http://www.jstor.org/stable/20113265
- STOKLAND, Jogeir N., Juha SIITONEN a Bengt Gunnar JONSSON, 2012. *Biodiversity in Dead Wood*. 1. New York: Cambridge University Press. ISBN 9780521717038.
- SVOBODA, Miroslav, MATĚJKA, Karel, ed., 2007. Mrtvé dřevo—přehled dosavadních poznatků: Průběžná zpráva za řešení projektu 2B06012. *Management biodiversity v Krkonoších a na Šumavě v roce 2006*. 1-25.
- ŠTĚRBA, Tadeáš, 2015. VEGETACE ČESKÉHO STŘEDOHOŘÍ. *Biodiverzita lesů ČR*. **1**(1), 26-29.
- THORN, Simon, Sebastian SEIBOLD, Alexandro B LEVERKUS, et al., 2020. The living dead: acknowledging life after tree death to stop forest degradation. *Frontiers in Ecology and the Environment*. **18**(9), 505-512. ISSN 1540-9295. Dostupné z: doi:10.1002/fee.2252
- THORN, Simon, Sebastian SEIBOLD, Alexandro B LEVERKUS, et al., 2020. The living dead: acknowledging life after tree death to stop forest degradation. *Frontiers in Ecology and the Environment*. **18**(9), 505-512. ISSN 1540-9295. Dostupné z: doi:10.1002/fee.2252

- VACEK, Stanislav, Zdeněk VACEK, Lukáš BÍLEK, Pavla HEJCMANOVÁ, Václav ŠTÍCHA a Jiří REMEŠ, 2014. The dynamics and structure of dead wood in natural spruce-beech forest stand – a 40 year case study in the Krkonoše National Park. *Dendrobiology*. **2015**(73), 21-32. Dostupné z: doi:<http://dx.doi.org/10.12657/denbio.073.003>
- VAVŘÍČEK, Dušan a Jan PECHÁČEK, 2000. PEDOLOGICKÁ ROZMANITOST CHKO ČESKÉ STŘEDOHŘÍ. *Biodiverzita lesů ČR*. **1**(1), 18-25.
- WHITTAKER, R. H., 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*. **30**(3), 279-338. ISSN 0012-9615. Dostupné z: doi:10.2307/1943563
- ZACH, Peter a Milada HOLECOVÁ, 1998. SAPROXYLICKÉ CHROBÁKY (COLEOPTERA) V PŘÍRODNOM A HOSPODÁRSKOM LESE: ODCHYTY DO NÁRAZOVÝCH LAPAČOV. *Folia faunistica Slovaca*. **3**(1), 97-106.
- ZOUHAR, Václav, 2000. BIODIVERZITA A ROZMANITOST KRAJINY. *Biodiverzita lesů ČR*. **1**(1), 1-7.

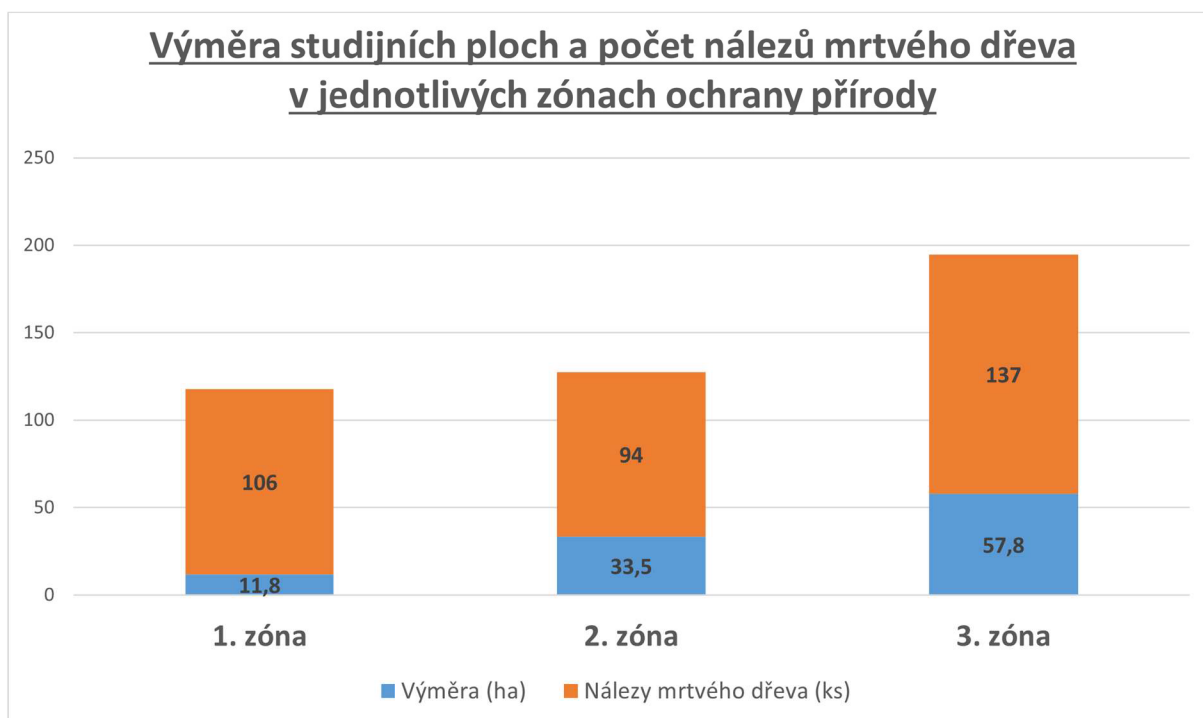
8.1 Zákony

- ČESKO. Zákon č. 114 ze dne 25. března 1992 České národní rady ochraně přírody a krajiny. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1992, částka 28. Dostupný z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-114>.

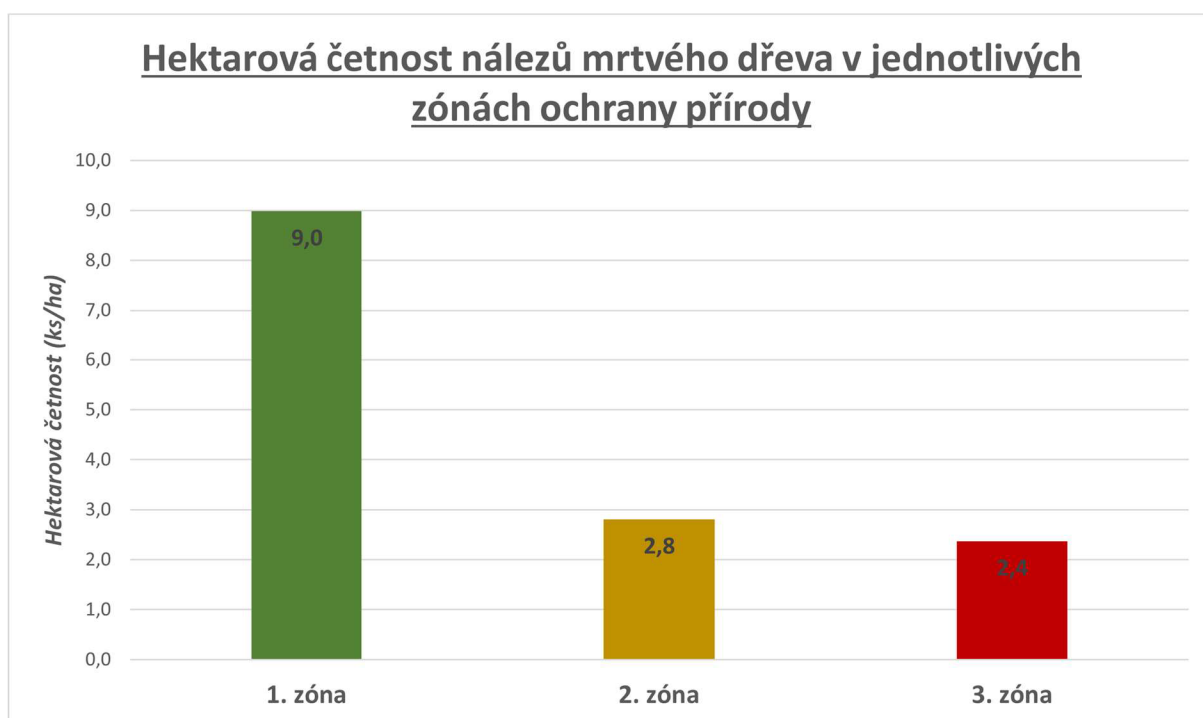
9 Seznam použitých zkratek a symbolů

např.	například
atd.	a tak dále
apod.	a podobně
tzv.	takzvaný/takzvaně/takzvanou
tj.	to je
popř.	popřípadě
mil.	milion/milionů
ČR	Česká republika
CHKO	Chráněná krajinná oblast
NP	Národní park
PLA	Protected Landscape Area
DBH	Diameter at breast height
CWD	Coarse woody debris
UHÚL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů
m ²	metr čtvereční
m ³	metr krychlový
ha	hektar
ks	kusů/kusy

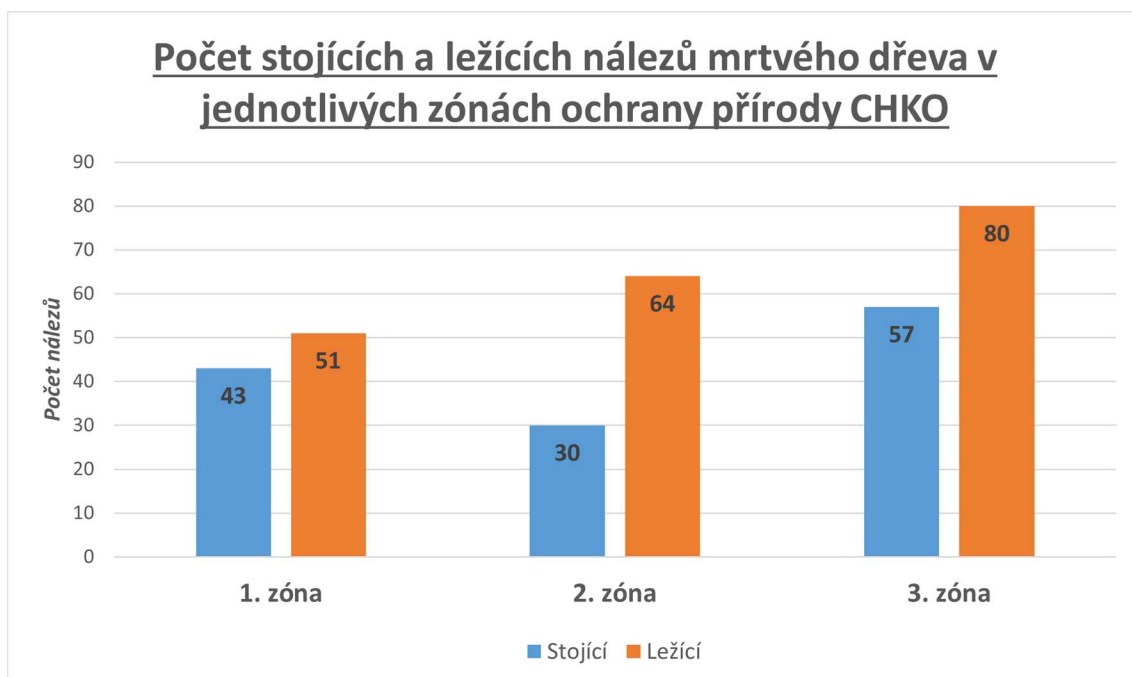
10 Samostatné přílohy



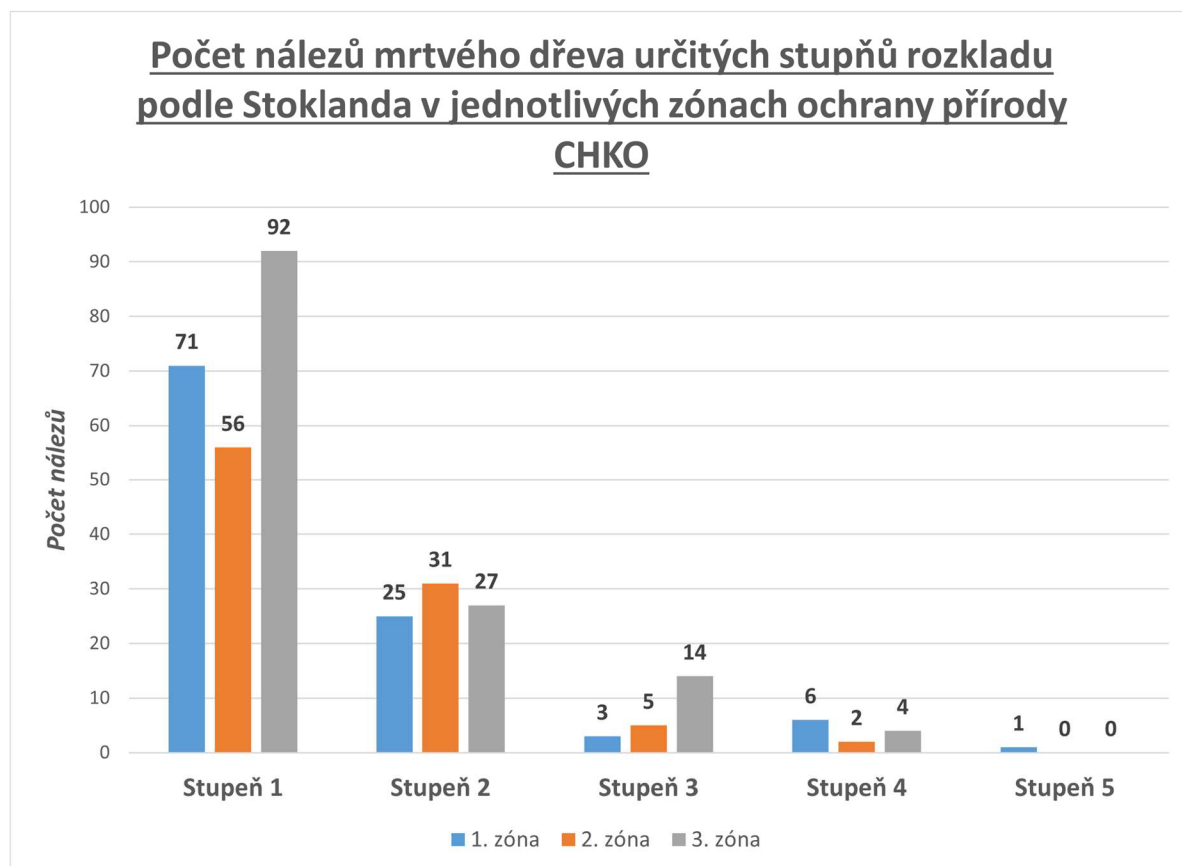
Příloha 1: Skládaný sloupcový graf výměry studijních ploch a počtu nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů v jednotlivých zónách ochrany přírody CHKO (zdroj: autor)



Příloha 2: Sloupcový graf hektarové četnosti nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů v jednotlivých zónách ochrany přírody CHKO (zdroj: autor)

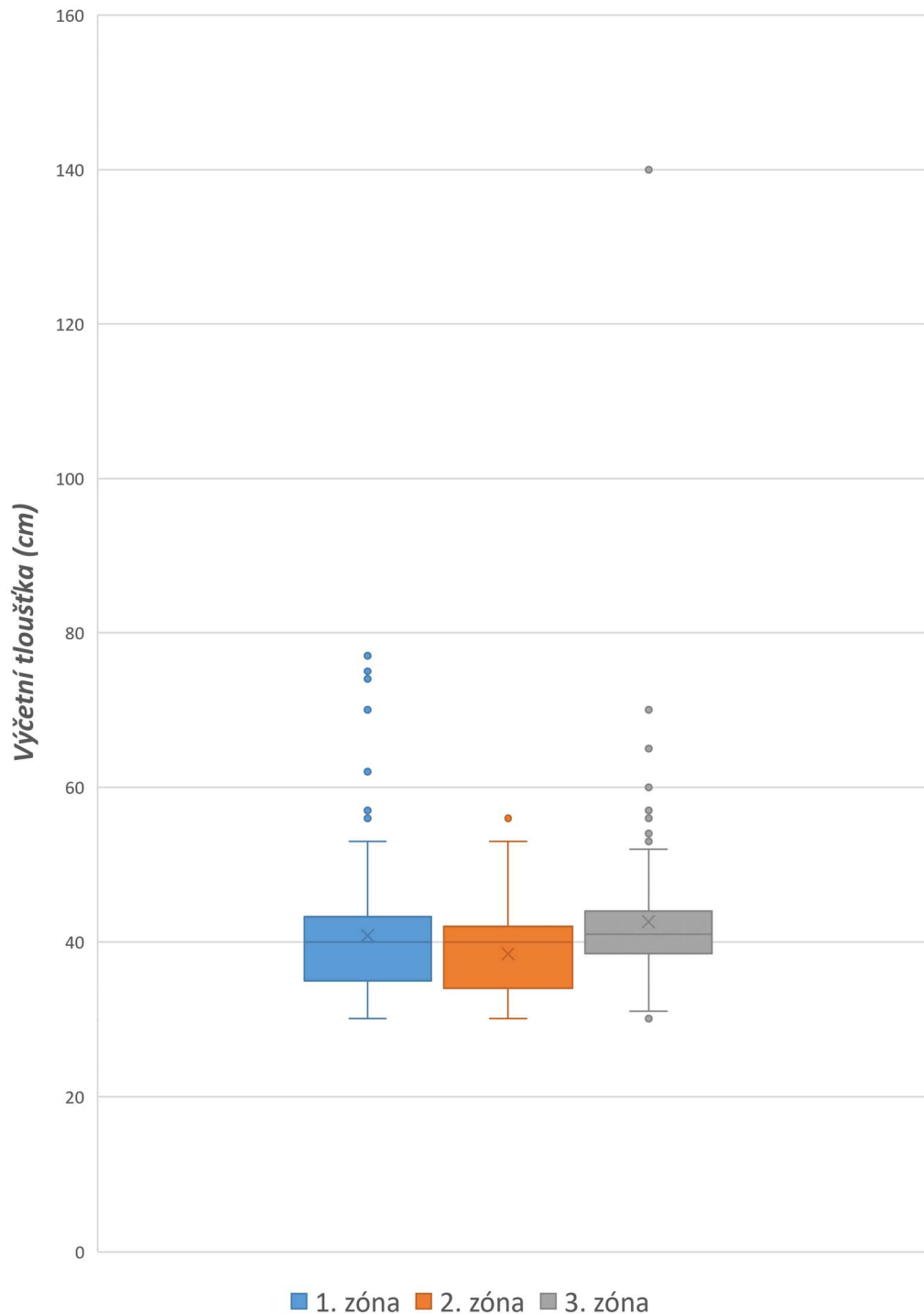


Příloha 3: Sloupcový graf počtu stojících a ležících nálezů mrtvého dřeva v rámci jednotlivých studijních ploch v jednotlivých zónách ochrany přírody CHKO (zdroj: autor)



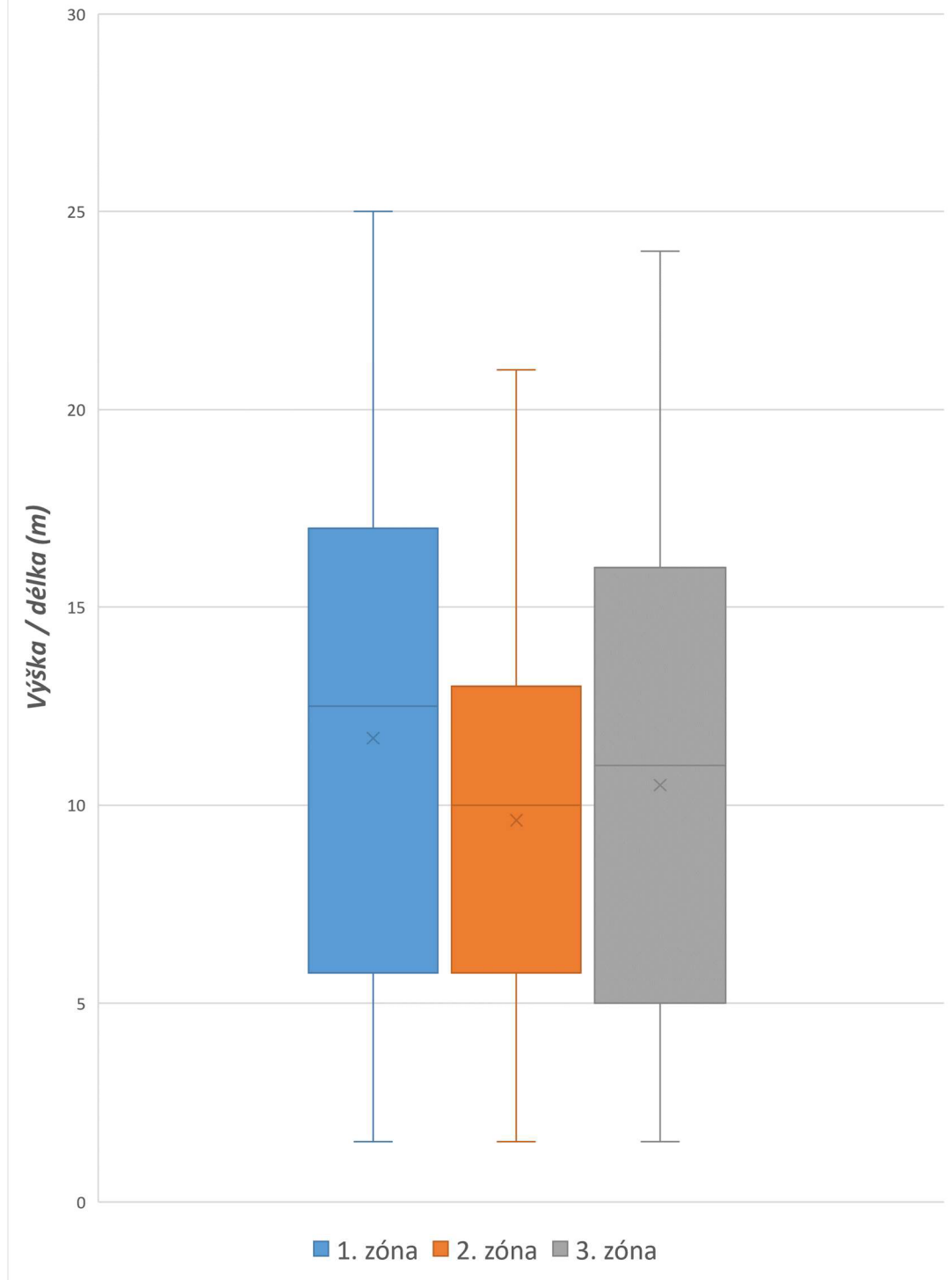
Příloha 4: Sloupcový graf počtu nálezů mrtvého dřeva v určitých stupních rozkladu podle Stoklandovi stupnice v jednotlivých zónách ochrany přírody CHKO (zdroj: autor)

Výčetní tloušťka nálezů mrtvého dřeva v jednotlivých zónách ochrany přírody CHKO



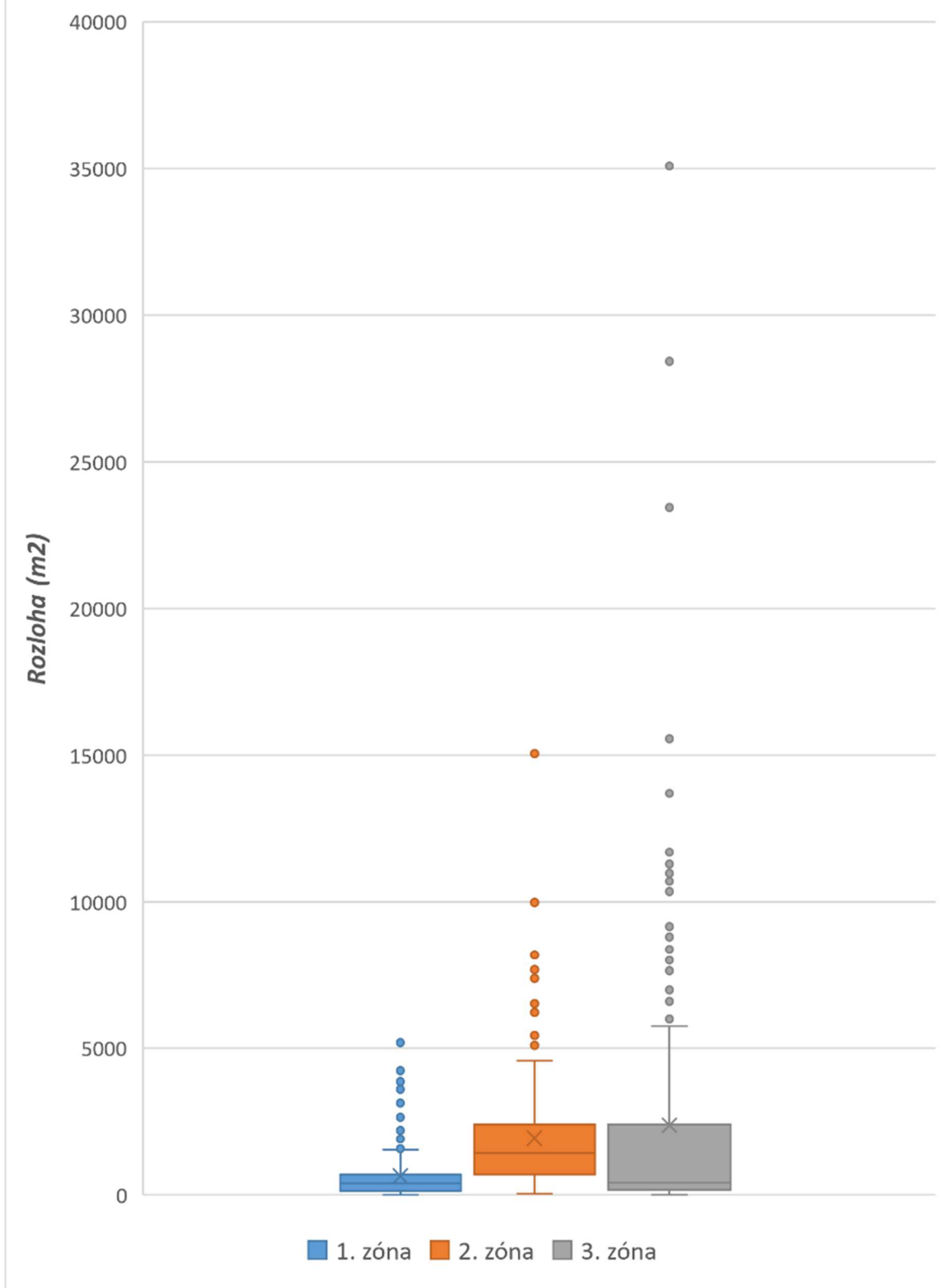
Příloha 5: Krabicový graf výčetních tlouštěk nálezů mrtvého dřeva v jednotlivých zónách ochrany přírody v rámci studijních ploch (zdroj: autor)

Výška nebo délka nálezů mrtvého dřeva v jednotlivých zónách ochrany přírody CHKO

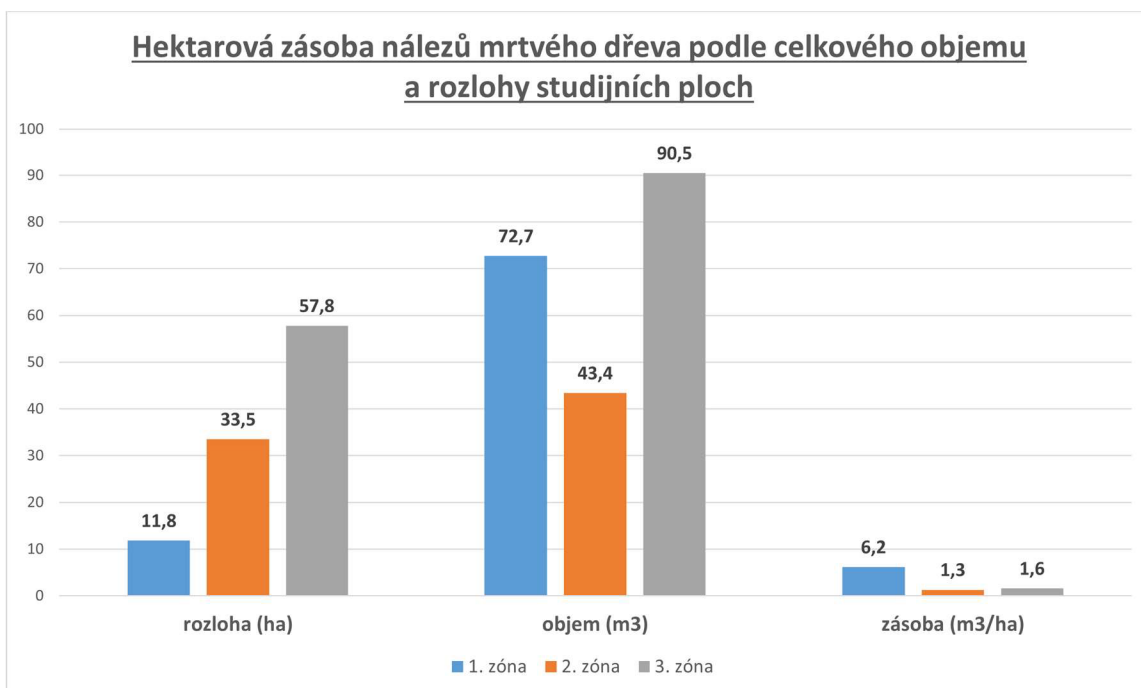


Příloha 6: Krabicový graf výšek u stojících a dělek u ležících nálezů mrtvého dřeva v jednotlivých zónách ochrany přírody v rámci studijních ploch (zdroj: autor)

CHKO České středohoří - rozloha jednotlivých triangulací



Příloha 7: Krabicový graf rozlohy jednotlivých trojúhelníků v Delaunayho triangulaci vytvořené pomocí nálezů mrtvého dřeva v jednotlivých zónách ochrany přírody v rámci studijních ploch (zdroj: autor)



Příloha 8: Sloupcový graf hektarové zásoby nálezů mrtvého dřeva vycházející z celkových objemů nálezů mrtvého dřeva větších rozměrů a výměry studijních ploch v rámci jednotlivých ochranných zón CHKO (zdroj: autor)