

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra ekologie lesa



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Věková struktura horského lesa v severozápadní části
CHKO Šumava – analýza archivních materiálů**

Lorenc Petr

Ing. Vojtěch Čada, Ph.D.

2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Věková struktura horského lesa v severozápadní části CHKO Šumava – analýza archivních materiálů vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil, a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 5. 4. 2024

Poděkování:

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Vojtěchovi Čadovi Ph.D. za ochotu, trpělivost a odborné vedení této bakalářské práce.

Věková struktura horského lesa v severozápadní části CHKO Šumava – analýza archivních materiálů

Souhrn

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou věkové struktury horského lesa v severozápadní části Chráněné krajinné oblasti Šumava (dále CHKO Šumava) s využitím archivních materiálů. Popisuje horské smrčiny, vývojové cykly a disturbance, ať už biotické nebo abiotické. Cílem práce je prostřednictvím analýzy historických záznamů a mapových dat získat vhled do historického vývoje lesních porostů v oblasti Jezerní hory a Ostrého. Dále se věnuje analýze archivních materiálů, zejména historických lesních hospodářských plánů z 19. století, s důrazem na identifikaci změn ve věkové struktuře lesních porostů. Výsledky věkové struktury ukázaly, že porosty ve studované oblasti byly nevyrovnané. Porosty s největší rozlohou vznikaly okolo roku 1780 a 1820. Tyto výsledky byly dále srovnány s výsledky dendrochronologických analýz na studovaném území a porosty se s určitými plochami shodovaly a s jinými odlišovaly. Zjistilo se, že porost v daném období procházel disturbancemi, věková struktura byla nevyrovnaná a po porovnání dat z archivní porostní mapy s letokruhovou analýzou se data do určité míry shodovaly. Tato práce přispívá k lepšímu porozumění historického vývoje lesních ekosystémů v CHKO Šumava.

Klíčová slova: režim disturbancí, smrk ztepilý, dynamika smrčín, věková struktura

Age structure of the mountain forest in the north-western part of CHKO Šumava – analysis of archival documents

Summary

This bachelor thesis deals with the analysis of the age structure of the mountain forest in the north-western part of the Šumava Protected Landscape Area (Šumava Protected Landscape Area) using archival materials. It describes mountain spruce forests, development cycles and disturbances, both biotic and abiotic. The aim of the thesis is to gain insight into the historical development of forest stands in the area of Jezerní hora and Ostrý through the analysis of historical records and map data. It also analyses archival materials, especially historical forest management plans from the 19th century, with an emphasis on identifying changes in the age structure of forest stands. The results of the age structure showed that the stands in the study area were uneven. The stands with the largest area were established around 1780 and 1820. These results were further compared with the results of dendrochronological analyses in the study area and the stands were consistent with some areas and different with others. It was found that the stand was undergoing disturbance during the period, the age structure was erratic and when the data from the archival stand map was compared with the vintage analysis, the data agreed to some extent. This work contributes to a better understanding of the historical development of forest ecosystems in the Šumava Protected Landscape Area.

Keywords: Disturbance regime, Norway spruce, spruce dynamics, age structure

Obsah

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | Úvod..... | 7 |
| 2 | Cíl práce..... | 8 |
| 3 | Literární rešerše | 9 |
| 3.1 | Smrk ztepilý | 9 |
| 3.1.1 | Rozšíření..... | 10 |
| 3.1.2 | Ekologie..... | 11 |
| 3.1.3 | Využití..... | 12 |
| 3.2 | Horský smrkový les..... | 13 |
| 3.3 | Dynamika horských smrkových lesů..... | 13 |
| 3.3.1 | Vývojové cykly lesa | 13 |
| 3.4 | Disturbance..... | 16 |
| 3.4.1 | Biotické disturbance | 17 |
| 3.4.1.1 | Lýkožrout smrkový | 17 |
| 3.4.1.2 | Disturbance způsobené zvěří | 20 |
| 3.4.2 | Abiotické disturbance | 20 |
| 3.4.2.1 | Disturbance způsobené požáry | 20 |
| 3.4.2.2 | Disturbance způsobené větrem | 22 |
| 3.4.2.3 | Ostatní abiotické disturbance | 23 |
| 3.4.3 | Osídlení Šumavy..... | 23 |
| 3.4.4 | Dějiny Železnorudska | 24 |
| 4 | Metodika | 26 |
| 4.1 | Charakteristika území Šumavy | 26 |
| 4.2 | Popis studovaného území | 26 |
| 4.3 | Sběr dat | 28 |
| 5 | Výsledky | 30 |
| 5.1 | Věková struktura podle porostní mapy | 30 |
| 5.2 | Porovnání věku z porostní mapy a dendrochronologické analýzy | 31 |
| 6 | Diskuse | 34 |
| 7 | Závěr | 36 |
| 8 | Literatura..... | 37 |

1 Úvod

Lesní ekosystémy představují klíčový prvek biodiverzity a ekologické stability v krajině. Jejich struktura a dynamika jsou ovlivňovány širokou škálou faktorů, včetně lidské aktivity, přírodních procesů i klimatických změn. V rámci České republiky patří CHKO Šumava mezi oblasti s významnými lesními ekosystémy, které si získaly pozornost vědeckého výzkumu i ochránářských organizací.

Tato bakalářská práce se zaměřuje na analýzu věkové struktury a dynamiky horského smrkového lesa v severozápadní části CHKO Šumava s využitím archivních materiálů. Cílem práce je prostřednictvím historických záznamů a mapových dat získat vhled do historického vývoje lesních porostů v dané oblasti. Specificky se zaměřím na identifikaci změn ve věkové struktuře lesa v průběhu času a analýzu možných faktorů, které tyto změny ovlivnily. Výzkum se zaměřoval především na lesní porosty smrku ztepilého (*Picea abies*), což je jedna z nejhojněji rozšířených jehličnatých dřevin v lesích České republiky. Tato dřevina představuje významnou část lesních porostů ve střední Evropě.

Jedním z klíčových aspektů k pochopení dynamiky lesních ekosystémů je studium věkové struktury lesních porostů, které odráží historii lesa, jeho historické vlivy a současné ekologické podmínky. V posledních desetiletích se zvýšil zájem o studium historických změn v lesních ekosystémech, a to zejména v souvislosti s diskusemi o lesních managementových strategiích a adaptaci lesních ekosystémů na klimatické změny.

Práce představí literární rešerši a metodiku analýzy archivních materiálů a zhodnotí přínosy a omezení tohoto přístupu ke studiu věkové struktury lesa. Výsledky této analýzy mohou sloužit jako základ pro formulaci strategií udržitelného lesního hospodaření a ochrany biodiverzity v CHKO Šumava. Dále mohou poskytnout podněty pro další výzkum v oblasti historie lesních ekosystémů.

2 Cíl práce

Hlavním cílem práce je shrnout dosavadní vědecké znalosti o dynamice a historii horských lesů ve střední Evropě. V kontextu těchto znalostí bude dalším cílem provést systematickou analýzu věkové struktury horského lesa v severozápadní části chráněné krajinné oblasti Šumava v oblasti Jezerní hory a Ostrého. Zejména budou použity staré porostní mapy a hospodářské plány z 19. století. Věk porostních skupin bude pro konkrétní lokalitu převeden do digitální podoby v programu ArcGIS a následně bude vyhodnocena věková struktura lokality. Výsledky budou srovnány s výsledky dendrochronologických analýz.

3 Literární rešerše

3.1 Smrk ztepilý

Smrk ztepilý (*Picea abies*), který pochází z řádu borovicotvaré (Pinales), čeledi borovicovité (Pinaceae) a rodu smrk (*Picea*) je nejdůležitější a nejvýznamnější hospodářskou dřevinou střední a severní Evropy. Sází se dosti i mimo svůj přirozený habitat (Musil, 2003). V České republice je zastoupení smrku ztepilého přibližně 49%. Strom dorůstá velkých rozměrů, má souvislý kmen a pravidelné přeslenité větvení. Stáří může být 350-650 let a výška kmene může dosáhnout až 50 metrů. Průměr kmene nabude až 1,5 metru v průměru. Většina smrků je štíhlého a kuželovitého tvaru s korunou, jejíž tvar závisí na typu prostředí, kde strom roste. Větvení bývá proměnlivé (Úradníček et al., 1998).

Jehlice smrku jsou čtyřhranné, zašpičatělé a přibližně 1-3 centimetry dlouhé. Jehlice jsou rozmístěny kolem větví v husté spirále. Toto uspořádání poskytuje stromu charakteristický vzhled a pomáhá mu maximalizovat absorpci světla. Barva jehlic je charakteristicky tmavě zelená a v průběhu času můžou jehlice vytvářet jemný lesk. Jehlice smrku ztepilého jsou obvykle stále zelené, neopadávají a vydrží přibližně 6-9 let (Musil, 2003). Smrk kvete během dubna až května. Samčí šištice jsou rozmístěny po celé koruně paždí jehlic loňských větví, jsou menší a červené, po rozkvětu žluté. Samičí šištice jsou v horní části koruny na loňských větvích, jejich barva je zelená nebo červená a stojí vzpřímeně. Plody jsou převislé, válcové, nerozpadavé šišky. Šišky nabývají na velikosti 10-12 centimetrů a opadávají druhým rokem. Tvar šupin na šišce se velmi liší – od zaoblených přes uťaté po špičaté se zvlněnými okraji. Semena jsou tmavě hnědá, vejcovitá s blanitým křídlem, které je snadno oddělitelné. Plodnost smrku v porostech bývá obvykle okolo 60 let. Plodné roky se opakují po 4-5 letech. (Úradníček et al., 1998).

Smrk ztepilý je považován za druh s plochým kořenovým systémem, který je slaběji ukotven v půdě a z našich stromů je proto nejnáchylnější na bořivé větry. Nejlabilnější bývají monokultury smrku na podmáčené půdě. Největší vliv na tvorbu kořenového systému mají půdní podmínky, zejména obsah kyslíku v půdním vzduchu. Smrkové kořeny se vyhýbají vrstvám chudým na kyslík. Dalším faktorem ovlivňujícím kořenový systém je dostupnost živin, bohatší půdy mají hustší kořenový systém. Avšak dosah a délka kořenů je větší na chudých půdách, obdobná situace platí i na suchých půdách (Musil, 2003).

3.1.1 Rozšíření

Smrk je dřevina s velkou ekovalencí a proto zaujímá rozsáhlý euroasijský areál. Jeho vertikální rozšíření se mění v závislosti na zeměpisné šířce. Na severu Evropy roste v nížinách a pahorkatinách, ve střední Evropě byl smrk původně převážně horskou dřevinou. Jeho areál rozšíření se však postupně vlivem hospodaření výrazně zvětšil (Tjoelker et al., 2007). Smrk ztepilý je považován za původní druh ve střední a severní Evropě, kde dosahuje hranice lesa, která bývá mezi 1300-1500 m. n. m. Smrk roste v různých výškových stupních, jeho optimální výška pro růst se uvádí mezi 600-1000 m. n. m. Areál rozšíření zahrnuje zejména Skandinávii, střední Evropu, východní Evropu a Balkánský poloostrov. Ze severovýchodní Evropy přesahuje i do Asie. V dnešní době se areál smrku rozděluje na dvě oblasti, a to oblast Středoevropsko-balkánskou a oblast Severoevropskou.

Středoevropsko-balkánská oblast je převážně ve vyšších nadmořských výškách, vyskytuje se v jednotlivých pohořích a podle nich se dělí na čtyři části (Úradníček et al., 1998). Jsou to Hercynsko-karpatská podoblast, kam spadá i území ČR, Alpská podoblast, Dinárská podoblast, Rodopská podoblast – tam spadá Bulharsko.

Severoevropská (Skandinávsko-ruská) oblast je území, které je mnohem větší než oblast Středoevropsko-balkánská v rámci plochy. Rozdíl mezi těmito plochami je především souvislejší výskyt smrku a nižší průměrná nadmořská výška. Nacházejí se tu hlavně pahorkatiny a rozsáhlé nížiny. Smrk se jen zřídka vyskytuje ve vyšších skandinávských pohořích. Obrovská území ruské části sv. Evropy jsou hlavními plochami rozšíření smrku. Dále se na území Ruska smrk ztepilý mísí se smrkem sibiřským, na nějž plynule navazuje. Na severovýchodě na pomyslné čáře v okolí města Petrohrad končí areál „čistého“ smrku ztepilého a začíná hybridní zóna se smrkem sibiřským. Severní hranice rozšíření smrku je hranicí chladu. Přesněji řečeno: záleží na minimální délce vegetační doby, což je 2-2,5 měsíce, při které se může smrk ještě rozmnožovat a vegetovat (Musil, 2003).

V České republice je smrk hlavní dřevinou oreofytika, kde se vyskytují horské smrčiny. Nejvýše roste smrk na Sněžce. Dále ho najdeme na všech našich pohořích, jako je například Šumava, Krkonoše, Krušné hory. Roste také na vnitrozemních pohořích, kde je spíše jako příměs, než jako dominantní dřevina. V teplých úvalech velkých řek a Moravy smrk nenajdeme a nenajdeme ho ani v Českém středohoří (Úradníček et al., 1998).

Současné zastoupení smrku je několikanásobné zvýšené od přirozeného. Toto zastoupení vznikalo postupně asi od první poloviny 19. století, kdy se smrk stal nejčastěji vysazovanou

dřevinou v hospodářských lesích pro jeho rychlost růstu a technické vlastnosti dřeva (Musil, 2003).

3.1.2 Ekologie

Smrk je hodnocen jako dřevina, která je schopna prosperovat v polostínu, zejména v mladším věku, do výšky přibližně 1 m. V této době je mnohem více tolerantní vůči stínu, což umožňuje obnovu pod porostem. Při hospodaření je vhodné postupně uvolňovat nově vzniklý porost, protože náhlé osvětlení dospělých jedinců může způsobit korní spálu. Je výrazně náročný na půdní vlhkost, protože má povrchový kořenový systém. Prospěšné jsou pro něj rovnoměrně vlhká stanoviště, což je zvláště důležité pro mladé smrky (Holcup 2013).

Vegetace s dominancí smrku výrazně ovlivňuje proces tvorby půdy prostřednictvím svého kyselého opadu, což vede k tvorbě silných vrstev hrubého humusu a dlouhodobě k podzolizaci. Tento jev výrazně omezuje přísun živin pro všechny druhy rostlin na daném stanovišti, což vede ke snížení produkce jak smrku, tak i ostatních rostlin. Tato nevýhoda v podobě omezení produkčního potenciálu stanoviště však poskytuje smrku významnou konkurenční výhodu oproti rostlinám, které nemohou přežít takový pokles dostupnosti živin (Slávik, 2004).

Smrk nevytváří výmladky a má omezenou schopnost kořenit z řízků. Nicméně za příhodných podmínek je schopen vegetativního rozmnožování, konkrétně pomocí procesu nazývaného hřížení. V ideálních podmínkách, kdy se spodní zelené větve přirozeně dotýkají země nebo jsou nízké větve zatíženy třeba sněhem, sesuvem kamenů nebo jiným způsobem přitlačeny k zemi, může dojít k jejich zakořenění. Tento jev se vyskytuje nezávisle na nadmořské výšce, ale u jedinců poblíž horní hranice lesa a na kamenitých sutích je pozorován častěji. Tímto způsobem mohou vzniknout kolonie hříženců (Musil, 2003).

Pokud jde o nároky na půdu a geologické podloží, smrk není zvláště náročný. Je schopen přežít i na kyselých rašelinách a chudých křemičitých půdách, avšak na těchto místech roste s obtížemi. Nejlépe se mu daří na svěžích hlinitopísčitých půdách. Smrk je odolný vůči nízkým teplotám, s výjimkou pozdních jarních mrazů v mládí. Vysoké teploty a nízká relativní vlhkost vzduchu mu nesvědčí. Je adaptován na krátkou vegetační dobu, což znamená, že preferuje chladné a krátké léto. Také je citlivý na průmyslové emise, což se projevovalo ve druhé polovině 20. století úhynem porostů, zejména v oblasti Krušných a Jizerských hor. Z těchto důvodů není vhodný pro výsadbu v městských parcích (Úradníček et al., 1998).

3.1.3 Využití

Jde o naši klíčovou hospodářskou dřevinu, která hraje klíčovou roli v dřevařském průmyslu. Především se zpracovává jako řezivo, pro výrobu papíru, a také jako palivo. Nachází využití v oblasti stavebnictví, truhlářství a nástrojářství. Kvalitní smrky z vybraných oblastí jsou zpracovávány na rezonanční dřevo pro výrobu hudebních nástrojů. V minulosti byly upřednostňovány kmeny s vlnkovanými letokruhy pro výrobu ozvučných dřev. V oblasti zahradnictví hraje významnou roli pro roubování smrku stříbrného. V současné době jsou smrkové mlaziny hlavním zdrojem vánočních stromků. Smrk může být rovněž využíván ve stříhaných plotech a často byl vysazován například podél železničních tratí. Pyskyřice smrku se dříve zpracovávala k výrobě kalafuny, terpentýnu a bednářské smoly. Loupaná kůra hrála klíčovou roli jako surovina pro výrobu třísla. (Úradníček et al., 1998).

3.2 Horský smrkový les

Horské smrkové lesy v České republice zabírají přibližně 150 tisíc hektarů, převážně v 8. lesním vegetačním stupni. Šumava má i evropský význam jako jediné pohoří s rozsáhlými oblastmi horských smrčín přirozeného charakteru, přestože se zde historicky hospodařilo. (Bláha & Košťál, 2010).

Prostorová organizace horského smrkového lesa je výsledkem různých faktorů, přičemž významnou roli hrají disturbance a jejich režimy s různou silou, frekvencí a intenzitou. V horských smrčinách střední Evropy jsou klíčovými působiteli zejména vítr a gradace podkorního hmyzu, které vzájemně interagují. Historie disturbancí pak formuje věkovou strukturu stromů, a tím i celkovou strukturu porostů. Na strukturu porostů dále působí klimatické a fyziografické podmínky, přičemž klíčovými klimatickými faktory ovlivňujícími růst smrku jsou teplota a srážky. Například v porostech na horní hranici lesa dochází k úpravě výšky a objemu stromů v reakci na extrémní klimatické podmínky. To se projevuje shlukováním stromů a snížením hustoty porostu. Půdní podmínky nehrají tak zásadní roli oproti teplotě a srážkám (Havira, 2016).

3.3 Dynamika horských smrkových lesů

Na přelomu 20. a 21. století došlo k zásadní změně paradigmatu o dynamice přirozených smrkových lesů. Dřívější představa popisovala přírodní les jako samo regulující se a vysoce stabilní entitu, přičemž disturbance byly považovány za vnější události narušující rovnováhu a iniciovaly sukcesi směřující k ustálenému klimaxu. Tato teorie byla přehodnocena, když bylo zjištěno, že druhová, věková a prostorová struktura lesa jsou formovány různými typy narušení a že existují typy krajiny, které nemusí dosahovat rovnovážného stavu právě v důsledku těchto disturbancí, dokonce ani na velkých plochách (Čada et al., 2013). Horské smrkové lesy vynikají svou dlouhou životností a neustále se opakujícími dlouhými vývojovými fázemi, stádii a cykly. Celkový vývojový cyklus se v závislosti na nadmořské výšce a místních podmínkách pohybuje v rozmezí od 300 do 400 let. Struktura těchto lesů se značně liší v závislosti na nadmořské výšce (Korpel, 1991).

3.3.1 Vývojové cykly lesa

Postupné kolonizování všech holých oblastí planety rostlinami přispívá k vytváření fytocenóz. Existují dva základní druhy těchto míst. První typ představují oblasti, kde rostliny nikdy nebyly přítomny a nejsou zde ani semena uložená v půdě či zbytky rostlin. Tyto oblasti

vznikají především v důsledku vulkanické činnosti nebo po ústupu ledovce. Na těchto místech začíná primární sukcese. Druhý typ zahrnuje sekundárně obnažená místa, kde byly rostliny zničeny disturbancí, ale v půdě zůstala zásoba semen a rostlinných zbytků. Když se tyto lokality opětovně kolonizují rostlinami, nazýváme tento proces sekundární sukcesí. Ekosystémy v počáteční fázi sukcese, které se formují po různých disturbancích nebo částečných zásazích do porostů, jsou charakterizovány rozmanitostí druhů, procesů a struktur. Tyto ekosystémy často obsahují bohaté biologické dědictví, včetně organismů a organicky odvozených struktur, jako jsou dřevní zbytky. Toto dědictví a rostlinná společenstva přispívají po narušení k zachování a podpoře vysoké druhové rozmanitosti, včetně mnoha druhů typických pro počáteční fázi sukcese, jako jsou určité druhy hub a hmyzu. Raná fáze sukcese je jediným obdobím, kdy koruny stromů nejsou dominantní, což dává prostor pro růst bylin a keřů, navíc se zvyšuje strukturální a prostorová složitost. Různé druhy narušení mají významný vliv na biologické dědictví, což ovlivňuje jak fyzikální, tak biologické podmínky a následně i průběh sukcesního procesu. Některé managementové praktiky, jako je těžba dřeva v počáteční fázi sukcese a hustá výsadba stromů, mohou ovlivnit bohatství těchto ekosystémů a délku trvání jejich počáteční fáze (Swanson, 2010).

Se sukcesí a disturbancemi souvisí vývojové cykly lesa, a to malý a velký vývojový cyklus. Malý vývojový cyklus se vyznačuje tím, že se odehrává během procesu obnovy lesa. Nová generace stromů vzniká pod již vzrostlým mateřským porostem a postupem času nahrazuje tento porost (Podrázský, 1999).

Podle Korpela (1989) se určují tři vývojová stádia malého vývojového cyklu a jsou jimi stádium dorůstání, optima a rozkladu.

Ve stádiu dorůstání mladé stromy, zejména ty nejmladší, efektivně využívají své schopnosti růstu, což se projevuje nárůstem celkové porostní zásoby. Stromy v nižší a střední vrstvě rostou v hustém zápoji. Když vzniknou prázdná místa v důsledku odumření silných stromů, jsou rychle vyplněna novými jedinci. Celkově je porost charakterizován vysokou vitalitou a stromy v horní etáži mají minimální úmrtnost. Tato fáze je vyznačena vysokou rozmanitostí dendrometrických parametrů jako jsou výška, tloušťka a rozložení stromů na ploše. Postupem času se rozdílly ve výškách porostu a věkové různorodosti vyrovnají, což představuje přechod do další fáze vývoje (Korpel, 1989). Další fáze je stádium optima. Zde stromy dosahují maximálního objemu, ale růst ve výšce stagnuje a objemový přírůstek výrazně klesá. Porost má vyrovnanou výšku, avšak tloušťky stromů jsou rozmanité a liší se také věkem. Hustota stromů na ploše je nízká. Zároveň se zvyšuje úmrtnost stromů, přičemž nejvíce zastoupeny jsou stromy s největšími tloušťkovými rozměry. Toto stádium je zvláště citlivé na

disturbance, zejména kvůli malé variabilitě ve výšce. Větrné disturbance mohou vyvolat dominový efekt. Ke konci této fáze dochází k procesu stárnutí porostu, jednotlivé stromy začínají odumírat a začíná fáze obnovy (Hladík et al., 1993). Stromy postupně odumírají, zvyšuje se počet jedinců a porostní zásoba dramaticky klesá. Většina starých stromů je vyvrácena především působením větru a sněhové pokrývky, a jen málo z nich odumírá nastojato. Odumřelé dřevo těchto stromů vytváří podmínky pro novou generaci stromů, protože na chudých půdách poskytuje tlející dřevo potřebné živiny pro růst. Dochází k souvislé obnově klimaxových dřevin, přičemž v případě disturbancí na velké ploše může nejprve dojít k osídlení plochy přípravným lesním porostem (Hladík et al., 1993; Korpel, 1989).

Druhý cyklus, známý též jako velký vývojový cyklus (Košulič, 2010), vyžaduje výskyt disturbancí s velkými silami a rozsahem. Tyto disturbance vedou ke vzniku rozsáhlých holých ploch, které jsou rychle osidlovány světlomilnými a rychle rostoucími dřevinami. Patří mezi ně zejména různé druhy břízy, jeřábů a topolů. Zmíněné dřeviny se označují jako pionýrské. Tato fáze je nazývána přípravným lesem. Tyto přípravné dřeviny jsou charakterizovány častou a bohatou produkcí semen, kratší životností a širokými letokruhy, což znamená velké roční přírůsty. Následuje etapa přechodného lesa, během níž postupně přibývají do spodní vrstvy dřeviny, které byly přítomny v předchozím období klimaxového lesa. V této fázi dochází k většímu zápoji. Uvedené dřeviny jsou schopny tolerovat stín nebo polostín, a to především buk, smrk a jedle. V počáteční fázi potřebují ochranu od pionýrských dřevin, mají hustší letokruhy a menší přírůsty. Postupem času tyto dlouhověké dřeviny přerůstají pionýrské, které nesnesou stín a postupně odumírají. Kvůli hustému zápoji klimaxových dřevin se pak pionýrské dřeviny nejsou schopny zmlazovat a vytvořit nový porost. Tímto procesem se opět vytváří vrcholová neboli klimaxová fáze lesa, charakteristická svou strukturou a ne stejnověkými porosty. Toto stádium je výsledkem fylogenetického vývoje lesního ekosystému. (Frelich, 2002; Korpel, 1989)

V horských smrkových lesích ve střední Evropě se obvykle nenachází procesy a znaky spojené s velkým vývojovým cyklem, i když se zde vyskytují ničivé disturbance. Bylo prokázáno, že uvedené lesy mohou udržet stabilitu i po rozpadu stromového patra, pokud jsou ponechány samovolnému vývoji. Smrk se totiž v některých fázích vývoje porostu chová jako pionýrská dřevina a není omezen pouze na roli klimaxového druhu. Dokáže rychle kolonizovat mezery v porostech, které vznikly po disturbancích, a za vhodných podmínek prochází relativně rychlým vývojem. (Kindlmann et al., 2012).

3.4 Disturbance

Různé typy ekosystémů v horských oblastech, se vyznačují vysokou biodiverzitou, ale také prostorovou a časovou dynamikou. V těchto ekosystémech je možné pozorovat dynamiku, která je především důsledkem působení disturbancí a následných procesů obnovy, což souvisí s vývojovými cykly lesa. V horských ekosystémech, a zejména v lesních porostech, tak disturbance hrají významnou roli. Jsou to procesy, které ovlivňují strukturu, vývoj a dynamiku lesů ve střední Evropě, ale i na celém světě. Tyto procesy jsou označovány v odborném kontextu termínem disturbance (Čada, 2020). Zmíněné disturbance jsou přítomny ve všech typech lesů, ať už se jedná o tropické, mírné nebo boreální lesy. Nicméně každý lesní typ je natolik unikátní, že se liší i velikost a intenzita disturbancí (Holeksa, 2016).

Velké oblasti lesů mírného pásu, kde v horských oblastech střední Evropy roste smrk ztepilý, zažily významné disturbance způsobené větrnými bouřemi, včetně Vivianu a Wiebke v roce 1990, Lothara v roce 1999 a Kyrilla v roce 2007. Tyto narušení vedly k výskytu kůrovce, zejména druhu *Ips typographus*, v oblastech lesů poškozených větrem. To mělo za následek rozsáhlé poškození stromů v přírodních rezervacích, kde nebyla prováděna likvidace napadeného dřeva. Zatímco takhle velká narušení byla dříve považována za nepřirozené v dynamice horských smrkových lesů ve střední Evropě, vyvstaly otázky týkající se jejich historického rozpětí a jejich budoucích dopadů na lesy (Brůna, 2013).

Bouře byly významnou příčinou poškození lesů v Evropě, zejména v horských oblastech, ale jejich přirozená role a relevance pro vývoj lesů byla dříve podceňována kvůli vlivu lidské činnosti na dynamiku lesů. Předpoklady z let minulých uváděly, že disturbance mají pouze negativní dopad na lesní porosty a způsobují jen škodu. Dlouho se proto mělo za to, že maloplošná dynamika mezer je jediným typem disturbancí ovlivňujících strukturu lesa, přičemž velkoplošné nebo intenzivní události nebyly považovány za přirozenou součást dynamiky lesa. Disturbance avšak ovlivňují strukturu lesního ekosystému, distribuci stromů, druhovou diverzitu, a také cyklus živin a ukládání uhlíku (Spinu, 2020). Nedávný výzkum upozornil na význam velkých narušení v různých typech lesů v této oblasti, přestože porozumění jejich dynamice zůstává omezené. Zdokumentování předešlých disturbancí pomocí historických záznamů, archivních spisů nebo pomocí letokruhové analýzy, poskytují cenné poznatky o narušeních na krajinné úrovni (Brůna, 2013).

Zmíněné disturbance jsou identifikovány pomocí základních charakteristik, jako je například frekvence, která udává četnost opakování disturbancí. Dále velikost, což je rozloha postižené oblasti. Intenzita, která ukazuje míru energie disturbance. V případě požáru se

intenzita udává jako míra tepelné energie uvolněná na jednotku plochy za určitý čas. Často je intenzita plamene spojována s jeho závažností. Severita neboli závažnost, která zaznamenává množství uhynulé vegetace v důsledku účinků disturbance. A nakonec sezonalita, což je část roku, kdy disturbance nastane. Na základě těchto vlastností lze rozlišit různé typy disturbance. Od slabých, místních a často se opakujících, které mohou poškodit pouze jediný strom. Až po ty velké, s dlouhým cyklem, které mohou náhle a zásadně změnit celý lesní ekosystém (Seidl, 2011). Disturbance malého rozsahu eliminují pouze menší části porostu, a to buď v podrostu, v zápoji nebo obou těchto částech. Odumírání stromů tak probíhá nepravidelně na různých částech plochy. Tyto disturbance mohou vzniknout zejména vlivem větru, což vede k vytvoření náhodných mezer, nebo například díky ohni, výběrové těžbě a postupným umíráním jednotlivých stromů. Větší plochy ovlivňují disturbance středního rozsahu, avšak uvedené disturbance nejsou úplně zničující pro vegetaci. Přežívají vzrostlé stromy nebo semenáčky, ale dochází k eliminaci stromů v zápoji a podrostu. Jedním z příkladů může být silný vítr, který odstraní stromy v zápoji, zatímco semenáčky v podrostu zůstávají nedotčeny. Ještě existují disturbance velkého rozsahu, které zdecimují naprostou většinu vegetace. Pro představu může jít třeba o výbuch sopky a následný požár (Frelich, 2002).

Disturbance jsou navzájem propojeny, příkladem může být vichřice, která bývá častým předvojem kůrovcové kalamity. V případě častějších mírných nebo středních disturbance přispívá tato dynamika k vytváření heterogenní struktury, což následně přináší rozmanitější a stabilnější lesní porost. Ze zmíněných důvodů je výzkum lesů a porozumění jejich historickému vývoji důležité pro předvídání, jak se budou lesy v budoucnosti rozvíjet. Tyto znalosti by nám mohly poskytnout důležité informace pro adekvátní přístup k hospodaření v lesních ekosystémech v souladu s očekávanými vývojovými scénáři (Čada et al. 2016).

3.4.1 Biotické disturbance

3.4.1.1 Lýkožrout smrkový

Disturbance zaviněné hmyzem mají velký vliv na dynamiku lesů v západní a střední Evropě (Kulakowski et al., 2004).

Podle vyhlášky Ministerstva zemědělství České republiky č. 101/1996 Sb. jsou nejvýznamnějšími tzv. kalamitními škůdci „bekyně mniška (*Lymantria monacha*), lýkožrout smrkový (*Ips typographus*), lýkožrout lesklý (*Pityogenes chalcographus*), obaleč modřínový (*Zeiraphera diniana*), ploskohřbetky (rod *Cephalcia*) a klikoroh borový (*Hylobius abietis*).“

Dle Frelicha (2002) lze rozdělit hmyz živící se na stromech podle toho, čím se živí. První kategorie zahrnuje druhy, které ohrožují lýko stromů. Sem patří hmyz z čeledi kůrovcovitých. Druhá skupina cílí na dřevo stromu, jenž už byl napadený nebo oslabený jiným druhem hmyzu nebo jinými faktory. Do této kategorie patří především brouci z čeledi tesaříkovitých (Cerambycidae) a křascovitých (Buprestidae) (Muller et al., 2008). Třetí skupina zahrnuje defoliátory, mezi něž patří motýli (Lepidoptera), zejména z čeledi obalečovití (Tortricidae) a bekyněvití (Limantriidae). Tyto druhy konzumují asimilační orgány stromů. Tento proces nemusí nutně vést k odumření stromu, pokud již strom není zatížen jinými formami stresu (Frelich, 2002).

Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*) představuje přirozeného škůdce lesa, který se vyskytuje na jehličnatých stromech, především v smrkových porostech. Zmíněný brouk, který patří do řádu brouci (Coleoptera) a čeledi kůrovcovití (Scolytidae) se v posledních desetiletích stal jedním z nejznepokojivějších biotických škůdců vůbec. Jde o primárního škůdce, který za normálních podmínek preferuje napadání starých, poškozených a oslabených stromů. Avšak, při výrazném rozmnožení, kdy nachází dostatek vhodného materiálu pro další množení, může napadat i zdravé stromy (Skuhravý 2002). Od 17. století existují záznamy o rozsáhlých narušeních způsobených lýkožroutem smrkovým a jeho přemnožením. Tato situace zvláště nacházela vhodné podmínky ve smrkových monokulturách, které postupně nahradily či změnilly původní smíšené lesy, což bylo patrné zejména v průběhu dvacátého století. V 21. století se vyskytly kůrovcové kalamity, například po orkánu Kyril v roce 2007 (Šantrůčková et al. 2010).

Lýkožrout smrkový prochází čtyřmi fázemi vývoje. Vajíčka, která mají oválný tvar a lesklý povrch, měří od 0,5 do 1 mm. Z vajíček se líhne larva, která má rohlíčkovitý tvar, bílé nebo krémové zbarvení a dosahuje velikosti kolem 2 mm. Nejstarší stádium larvy dosahuje velikosti od 5 do 7 mm. Poslední larvální stádium se kuklí, přičemž velikost kukly je kolem 5 mm. Na kukle jsou již patrné morfologické znaky dospělého jako jsou nohy, křídla a hlava. Po vylíhnutí se dospělec jeví bílý a postupně získává na vzduchu hnědou barvu, přičemž mladý brouk vyniká zlatou nebo světle hnědou barvou. Postupem času brouk tmavne. Starý brouk je tmavě hnědý až černý (Zumr 1995).

Lýkožrout smrkový preferuje smrky, které jsou oslabené různými faktory, jako třeba stromy v polomech, stromy postižené suchem nebo napadené různými druhy hub. Má tendenci vyhledávat starší a vzrostlejší smrky. V oblastech s polomem se rychle vyvíjí a rozmnožuje, což mu umožňuje vytvořit novou rozsáhlou populaci. Tento proces je posílen tím, že stromy v

polomech nemají efektivní obranné mechanismy proti napadení, což opět vede k rychlému vytvoření nového potomstva (Wermelinger, 2004).

V našem středoevropském prostředí má lýkožrout smrkový obvykle dvě generace za rok, především v nižších nadmořských výškách. Ve vyšších nadmořských výškách se pak obvykle objevuje jen jedna nová generace. Při příznivých povětrnostních podmínkách a teplém průběhu počasí může dojít k nárůstu počtu generací o jednu. Teplota má zásadní vliv, protože rojení začíná pouze v dnech, kdy průměrná teplota dosahuje nebo přesahuje 16 °C. Rojení je proces, během kterého dochází k hromadnému vylétání dospělých brouků z mateřských stromů do okolního prostředí za účelem hledání nových stromů k vylíhnutí nových generací (Zahradník, 2004).

Sameček lýkožrouta začíná proces rojení tím, že se zavrtá a po 1–2 dnech vyhlodá v kůře stromu snubní komůrku. Místo, kde provedl závrt, je na padlém kmeni patrné jako hnědavá drť. Pokud překonají obranné reakce napadeného stromu, samečci lákají do každé snubní komůrky 2 až 3 samičky prostřednictvím vylučování agregačních feromonů. Po spáření samička začne vertikálně hlodat matečnou chodbu a do zářezů po obou stranách naklade přibližně 60 vajíček, která obloží drť. Celý proces hlodání matečné chodby a kladení vajíček trvá zhruba 7–10 dní (Zahradník, 2004). Z vylíhlých vajíček se vyvinou larvy, které hloubí postranní chodbičky. Nakonec vytvářejí tzv. kukelnou komůrku. Po kuklení v komůrce vylézá dospělý brouk.

Během jednoho dne se brouci mohou rozletět až do vzdálenosti 750 metrů. Kromě toho jsou brouci schopni letět vně lesa až na vzdálenost osmi kilometrů. Na jaře se vyrojí první generace brouků (Skuhravý, 2002).

Během zimního období se brouci ukrývají pod kůrou stojících nebo padlých stromů, popřípadě v hrabance. Odstranění popadaných a napadených kmenů z lesa je důležité, aby se zabránilo přemnožení. Bohužel, s odstraněním tohoto dřeva však mizí i přirozené prostředí pro mnoho dalších organismů (Hedgren & Schroeder, 2004).

Prevenčí před lýkožroutem je systematické vyhledávání, označování, evidování a zejména včasné zpracování stromů napadených kůrovcem a dalším dřevokazným hmyzem po celý rok. S důrazem na kompletní zpracování a odvoz nebo likvidaci kůrovcového dříví během zimního období. Za normálních podmínek je ještě důležité včas odstraňovat veškerý materiál, který by mohl sloužit k rozmnožování lýkožrouta smrkového, včetně vytěženého dříví, polomů a výrazně oslabených stromů, a to před začátkem rojení. Pokud není možné včas odstranit dřevo z lesa, které je atraktivní pro lýkožrouta, lze jej využít jako lapáky, které se odstraní po napadení, nebo otrávené lapáky. Ke snížení hustoty populace lýkožrouta se využívají stromové lapáky, feromonové lapače, otrávené lapáky a další, méně tradiční metody (Zahradník, 2004).

Lapáky jsou zdravé, poražené a odvětvené smrky, které jsou překryté větvemi, což brání rychlému vysychání. Po napadení se z lesa odstraní. Otrávené lapáky jsou trojnožky postavené z polen smrku a jsou pokryty vhodným insekticidem. Na jejich vrcholu je připevněn feromonový odpařovač, který láká kůrovce. Další opatřením je feromonový lapač, který slouží k zachycení dospělců pomocí pastí, a také je vybaven feromonovým odpařovačem uvnitř (Skuhravý, 2002).

3.4.1.2 Disturbance způsobené zvěří

V Evropě způsobují největší škody především jelenovití, konkrétně jelen lesní (*Cervus elaphus*). V zimě, kdy je nedostatek potravy, se živí semenáčky dřevin, zatímco v létě se pasou na bylinách. Srnec obecný se živí nejrůznějšími bylinami a často okusuje mladé stromky. Disturbance způsobené savci, jako jsou ohryzy, okusy a loupání, sice nevedou k usmrcení dospělých jedinců stromů, ale zvěř může jedince stresovat i několik desetiletí, popřípadě zavinit úhyn jedince. Vliv savců může ovlivnit budoucí druhové složení porostu prostřednictvím selekce určitých druhů dřevin a zároveň brzdit zarůstání holin (Leclerc, 2021). Za zmínku také stojí bobr evropský.

3.4.2 Abiotické disturbance

3.4.2.1 Disturbance způsobené požáry

Přístup k vnímání požárů prošel během vývoje lidstva několika změnami. Až do konce 19. století bylo na některých místech běžné, že lidé úmyslně zakládaly a kontrolovaly požáry, jako součástí hospodaření. Kontrolované vypalování lesů a křovin sloužilo k udržování ploch určených pro pastvu dobytka. Vypalování mělo navíc pozitivní efekt na půdu, protože ji obohacovala o cenné minerály, což bylo výhodné pro růst žádaných travin (Conedera et al., 2007).

Disturbance způsobené požáry mají významný vliv například na jehličnaté lesy v severní Evropě a severní Americe, kde se stávají jedním z prvků obnovy. Požár spálí druhy dřevin, které si vzájemně konkurují, a zároveň vytvoří prostor pro rostliny, jejichž obnova je přímo spojena s ohněm. Požáry zvýhodňují druhy, které jsou lépe přizpůsobené ohni, například díky tlustší borce. V určitých lesních porostech není obnova možná bez působení požáru, protože semena dřevin jsou uzavřena v pevných obalech, které musí být narušeny pro úspěšné klíčení (Šantrůčková et al., 2010). V pralesech má přítomnost ohně význam pro udržení světlomilných

dřevin, které by jinak byly vytlačeny. Po požáru začíná na holinách proces přirozené sukcese, kdy se první obnovují borovice nebo listnaté druhy jako osika, jíva nebo bříza. (Míchal, 1992).

Požár lze definovat různými způsoby, nejvíce se používá takzvaná severita požáru. Tato charakteristika vyjadřuje míru dopadu požáru na ekosystém z hlediska úmrtnosti vegetace a úbytku organického materiálu (Keeley, 2009). Dalšími charakteristikami mohou být intenzita, rozloha, typ a rychlost postupu. Intenzita požáru vyjadřuje množství energie uvolněné ohněm a závisí na rychlosti šíření přední hrany požáru, množství spáleného paliva na jednotku plochy a teplotě hoření (Archibald et al., 2013).

Lesní požáry v Evropě jsou nejčastěji způsobeny lidskou činností. Zásah bleskem představuje hlavní přírodní zdroj. Oproti tomu existují i méně časté způsoby, jako například sopečné erupce. V listnatých lesích jsou nejvhodnější podmínky pro vznik požáru na jaře před olistěním a na podzim po opadu listů. V mírném pásu bývá největší sucho v létě. Vítr a slunce vysuší půdu, větve a klesti většinou poslouží jako palivo. V listnatých lesích jsou korunové požáry poměrně neobvyklé, obzvláště v porovnání s jehličnatými lesy, a to především kvůli vyššímu obsahu vody v listech (Frelich, 2002). V době vzniku požáru existují různé faktory, které ovlivňují jeho rozsah a intenzitu. Jsou to faktory jako například síla a velikost větru a rozhodující je také teplota a množství srážek. Těžko uhasitelné a kontrolovatelné jsou pro člověka požáry, které vznikají v obdobích sucha. Takové požáry mohou být velmi rozsáhlé a plameny mohou dosahovat až 30 metrů. Zastavit zmíněný požár pomůže pouze déšť nebo sníh. Dalšími faktory, které ovlivňují sílu požáru, jsou topografické podmínky, sklon svahu, schopnost půdy zadržovat vodu, složení paliva a charakter vegetace (Frelich, 2002).

V lesních ekosystémech můžeme rozlišit tři typy požárů, které se odlišují podle patra, které postihnou. Jedná se o požáry podzemní, pozemní a korunové.

Podzemní požár se nenápadně šíří skrze vrstvu opadu a jeho palivem jsou kořeny, zahrabané dřevní zbytky a rozkládající se organický materiál. Spodní hranice tohoto typu požáru je stanovena dosažením úrovně minerálního podkladu nebo zvýšením půdní vlhkosti nad míru, kterou může postupující požár kompenzovat. Detekce tohoto typu požáru je často založena na zpozorování kouře, který proniká zasaženou půdní vrstvou. Bez toho může podzemní požár klidně hořet v podrostu, nepozorován, po několik měsíců, což může vést k pomalé expanzi a dosažení významného rozsahu.

Pozemní požár zasahuje les od úrovně čerstvého opadu až po mladé stromky a keře. Charakterizuje ho vyšší intenzita, takže oheň může spálit i velké ležící kmeny. Plameny avšak nesaahají až do korun stromového patra.

Při korunovém požáru hoří, jak již název napovídá, koruny stromů. Tento typ požáru bývá způsoben bleskem nebo častěji vzniká rozšířením pozemního požáru. K tomu může dojít buď "vyšplháním" plamenů do korun přes hořlavý povrch kmene dospělých stromů, nebo přes nízko zavětvené stromy. Jakmile oheň dosáhne koruny, může se začít šířit přes blízké větve sousedních stromů. Často se vyskytuje kombinace několika typů lesních požárů (Frelich, 2002).

3.4.2.2 Disturbance způsobené větrem

Na větrné polomy se příliš často pohlíží jako na výjimečný, katastrofický jev, a nikoli jako na přírodní disturbanci, která se opakuje a má často závažný dopad na lesy a která ovlivňuje procesy v ekosystémech. Větrné proudy mají například vliv na transpiraci stromů, lámání suchých větví a tvarování korun. V listech vytvářejí mikrotrhliny a narušují laminu, což nakonec vede k odumírání a opadu listů. I přesto, že vítr patří k běžným prvkům v ekosystému lesa, existují situace, kdy může způsobit významné škody na stromech nebo dokonce vést k rozvrácení celého porostu. Pokud tedy vítr rozvrátí porost nazýváme ho disturbancí (Mitchell, 2013).

Stromy mohou pod vlivem větru utrpět různé formy poškození, jako třeba zlomení v koruně, v kmenu nebo může být strom úplně vyvrácen. Rozsah poškození a schopnost stromu odolat síle větru mohou být ovlivněny různými faktory, mezi něž patří i typ půdního stanoviště. Například zamokřené půdy nebo půdy písčité mohou pouze omezeně udržet kořenový systém stromů (Dunham a Cameron 2000). Sklon svahu také hraje důležitou roli. Kromě toho síla větru, vitalita stromu, velikost a tvar koruny, hustota porostu a historie disturbancí mají vliv na to, do jaké míry vítr porost ovlivní (Peterson 2000).

Disturbance, ač způsobují destrukci části lesního porostu, tak paradoxně vedou k vytváření nových struktur v lese. Vývraty stromů významně narušují půdu v oblasti kořenového systému, míchají organické a minerální půdní vrstvy, což vede k lepšímu provzdušnění a zlepšení podmínek pro klíčení nových semenáčků. Okolí vývratu poté poskytuje optimální prostředí pro osídlení různými bylinnými i dřevinnými druhy, které by jinde neměly možnost vyrůst. Takže se zvyšuje celková diverzita lesního ekosystému (Jonášová, 2013).

Rozdělení větrných bouří poskytl Frelich (2002), který rozlišuje tři základní typy.

Jako první zmíním bouři s přímou linií, která zahrnuje fenomény známé jako downburst a microburst. Hlavním rozdílem mezi nimi je převážně velikost, přičemž downburst mívá rozměry od několika set metrů až po několik kilometrů, zatímco microburst je obvykle menší, s rozměry v řádu desítek metrů. Tyto jevy se vyznačují sestupem chladného a hustého vzduchu,

který zrychluje směrem dolů, až narazí do zemského povrchu a rozptýlí se do všech směrů. Nejsilnější downbursty mohou dosahovat 180–250 km h. Trvání těchto jevů obvykle osciluje mezi 5 až 10 minutami, přičemž jedna bouře může generovat několik takových incidentů. Tvar oblastí postižených těmito jevy je často oválný, protáhlý ve směru pohybu bouře.

Další typ bouře je tornádo, což je rotující válcovitý sloupec vzduchu o průměrné šířce 100–220 m, ale může mít i šířku až 2 km. Tornáda se řadí do stupňů F0 až F5 na Fujitově škále, což odpovídá rychlostem větru od 114 do 511 km h. Pouze 3 % tornád dosahuje stupně F4. Tyto meteorologické jevy se vyskytují především v oblastech mírného pásma, přičemž nejčastěji se objevují ve vnitrozemí Severní Ameriky. Na rozdíl od větrů s přímou linií, které často způsobují lineární struktury poškození, mají tornáda tendenci způsobovat rozptýlené škody, kde jsou stromy popadané různými směry.

Posledním typem je vichřice, která má nižší intenzitu ve srovnání s tornády a bouřemi s přímou linií, ale na rozdíl od nich pokrývá mnohem větší plochu, často dosahující až milionů kilometrů čtverečních. Nicméně většinou se jedná o plochy od 1 do 10 hektarů.

3.4.2.3 Ostatní abiotické disturbance

Mezi další abiotické disturbance patří laviny, záplavy, sesuvy půdy, zasolení půdy a výrazné fluktuace hladiny povrchových i podpovrchových vod. Laviny jsou nejčastější na svazích se sklonem 30° - 50° a hladkým povrchem. Jejich výskyt závisí na podmínkách počasí a charakteru sněhu. Laviny se dělí na pravidelné, které jsou součástí ekologických podmínek, a náhodné, které jsou neočekávané a mají destruktivní účinky, a jsou tak zařazeny mezi disturbance. Sesuvy půdy jsou hlavní příčinou úhynu více stromů převážně v tropických horských lesích (Freund, 2021)

3.4.3 Osídlení Šumavy

Archeologické nálezy poukazují na osídlení Šumavy člověkem již době pozdního paleolitu, mladší doby kamenné, mladší doby bronzové a starší doby železné. Například ve starší době bronzové došlo k posunu osídlení hlouběji do šumavského podhůří, především podél toku řeky Vltavy a Volyňky. Od počátku mladší doby železné se v jižních a jihozápadních Čechách objevili Keltové. Mezi jejich nejznámější sídla z té doby patří především Věнец u Lčovic, Sedlo u Albrechtic a Obří hrad u Kašperských Hor. V období prvních čtyř století našeho letopočtu, kdy keltskou vládu nahradily germánské kmeny, jsou v Pošumaví archeologické nálezy výjimečné. Jsou zde pouze některé ojedinělé nálezy římských mincí a keramiky, které

naznačují pravděpodobné existující obchodní vztahy. Teprve s příchodem Slovanů, kteří se v Pootaví usadili na přelomu 7. a 8. století, začíná souvislé osídlení šumavského podhůří. Lze říci, že na konci prvního tisíciletí bylo šumavské podhůří již relativně hustě osídleno. Důležitou roli při osidlování krajiny sehrály také obchodní stezky, okolo kterých se koncentrovaly osady s výhodnými obchodními podmínkami. Tyto osady se později transformovaly ve významná města. Jednou z nejznámějších obchodních tras byla Zlatá stezka, o které existují záznamy již od počátku 11. století (Anděra et al., 2003).

Šlechtická hospodářská aktivita měla vliv na osidlování hor. První přišla kolonizace sklářská, která od 14. do 18. století šířila Šumavou toulavou těžbou, což vedlo ke zjednodušení druhové rozmanitosti. Vzniklé sklárny zde mělo ideální podmínky pro svůj rozvoj díky dostatku křemene a dřeva. V té době měla nezemědělská výroba a obchod na Šumavě větší podíl na hospodářství než zemědělské aktivity. Vzhledem k nepříznivým klimatickým podmínkám bylo zemědělství spíše vedlejším způsobem obživy. Hlavními zdroji obživy se stalo hornictví, hutnictví, sklářství, dřevařství. V 16. století došlo k oživení těžby drahých kovů, zejména stříbra (Hory Matky Boží), a začala se rozvíjet těžba železné rudy (Anděra et al., 2003).

Lidé, kteří rýžovali písek pro získání plíškového zlata ze šumavských bystřin, se postupně přeměnili prospektory, kteří v hloubi pralesů objevovali nejen drahé kovy a rudy, ale také bohatá naleziště křemene a místy vápence. Hlavně však objevovali velké množství zásob dřeva. Znalosti a zkušenosti, že dřevo lze přetvořit mířiváním na topivo s vysokou výhřevností, vedly na Šumavě k další etapě kolonizace, která se nazývá dřevařská.

Dřevařská kolonizace, která byla spíše průzkumná, začala koncem 18. století. V 19. století byly pralesy rozčleňovány na menší celky, a následně pravidelně mýceny pruhovými holosečemi po spádnících shora dolů nebo od východu k západu. Při tom nahrazovala pestré druhové směsi dřevin a podrost keřů hmotově sice bohatším, jenže ke škodlivým vlivům receptivnějším smrkem (Jelínek, 2005).

3.4.4 Dějiny Železnorudska

V prvních staletích existence českého státu byly veškeré pozemky v okolí dnešní Železné rudy součástí rozsáhlého lesního pásma, které připomínalo prales. Tento lesní pás byl důležitý pro obranu země a táhl se podél západní hranice země. Avšak majetky zde postupně začaly mizet v důsledku darování a zástav, což vedlo k jejich postupnému zmenšování. V průběhu 11. století začala do tohoto území pronikat kolonizace ze západu, která přinesla postupné osidlování oblasti. Docházelo tak ke vzniku samostatných panství a statků. Od poloviny 13. století tudy

vedla obchodní stezka z bavorského města Světlá přes Pancíř a Můstek ke Klatovům (Ministr, 1965).

Železná Ruda byla původně osadou hornickou, založenou v 16. století při bohatých ložiskách hnědele. Roku 1542 náležel statek Rudský Pavlu Kozkovi a roku 1569 Jiřímu, hraběti z Gutenštejnu, jenž dal hamr a důl do nájmu kupcům Konrádovi Geislerovi a Melicharu Fiedlerovi z Pasova, kteří obnovili těžbu železné rudy na území. Tyto rodiny zde vybudovaly železářny, sklářskou pec a pilu. Teprve ve druhé polovině 16. století začalo být toto území intenzivněji osidlováno a vznikaly zde královské vesnice, později pak svobodné rychty, kterých bylo celkem osm. S rostoucí výrobou skla se zvyšoval i počet pracovníků. Osady sklářů postupně rostly do větších vesnic, kde byl k dispozici obchod, hostinec a vodní mlýn, který byl často spojený s pilou na vodní pohon. (Jelínek, 2005).

Hrabě Jindřich Nothaft z Wernecku si roku 1624 si vyžádal povolení k zakládání skláren a osad. Začala vznikat celá řada nových sklářských hutí, například v Debrníku, Ferdinandovském údolí, na Hofmankách, v Gerlově Huti, na Starém Brunstu, pod Čertovým jezerem, na Hůrce, na Zadních Šmauzích a v Alžbětíně. Sklářny vyžadovaly od lesů větší zdroje než železářství. Tyto sklárny vznikaly na místech, kde předtím nedocházelo k žádné těžbě, a to z důvodu dostatku dřeva. Každá sklárna dostala větší kus lesa pro holosečnou těžbu. Po vykácení lesů došlo ke zrušení skláren, které byly pak následně přemístěny na jiná místa (Ministr, 1965).

Roku 1772 přešel velkostatek Železná Ruda koupí na Jana Jiřího Hafenbrädla, který rozšířil svůj majetek o území Špičáku. V roce 1852 pak statek rodina Hafelbrädlů prodala Karlu z Hohenzollernů za 250 000 zlatých, jehož rod ho dále rozšířil o Jezerní les, Ostrý les a Nový les (Sofron, 1971).

Velkostatek si poté prošel větrnou kalamitou z roku 1868, avšak ta měla menší rozsah než událost z roku 1870. Při zmíněné druhé události došlo v panství Železná Ruda k rozsáhlé větrné kalamitě, po které následovala masivní gradace kůrovce, která přetrvala až do roku 1876. To vedlo k úplnému rozvrácení lesního hospodářství (Ministr, 1965). V roce 1933 byla na území vyhlášena rezervace, v níž bylo zakázáno provádět těžbu nebo zpracovávat padlé stromy. Hlavním cílem byla ochrana unikátních karů a jezer (Sofron, 1971). V roce 1923 rod Hohenzollernů převedl majetek do vlastnictví československého státu a od roku 1963 se stalo součástí Chráněné krajinné oblasti Šumava (Anděra et al., 2003)

4 Metodika

4.1 Charakteristika území Šumavy

Studovaná lokalita se nachází v lesním hospodářském celku (dále LHC) Železná Ruda, které tvoří jednu ze dvou částí Lesní správy (dále LS) Železná Ruda. Druhou částí je LHC Sušice. LHC Železná Ruda má historický původ v několika majetkových celcích, včetně panství Železná Ruda, statků Hůrka a Debrník. Menší část LHC tvoří bývalé panství Bystřice a území Královského Hvozdu.

Klimatická oblast území zahrnuje severní a severovýchodní svahy a přilehlé části Šumavského podhůří. Podle klimatického členění patří většina Šumavy do chladné oblasti středoevropského středohorského klimatu. Celkově má klima Šumavy přechodný charakter mezi oceánským (přímořským) a kontinentálním (vnitrozemským) podnebím, což se projevuje malými ročními teplotními výkyvy a poměrně vysokými srážkami, které jsou rovnoměrně rozloženy během roku (Anděra et al., 2003). Počasí na Šumavě je závislé na nadmořské výšce. Průměrné roční teploty kolísají od 3° C (1300 m. n. m.) do 6° Celsia (ve výšce 750 m. n. m.). Ve vegetačním období je to od 10° C do 11° C. Teploty se od průměru mohou lišit v některých specifických lokalitách. Jsou to některé lesní a údolní oblasti s inverzním charakterem.

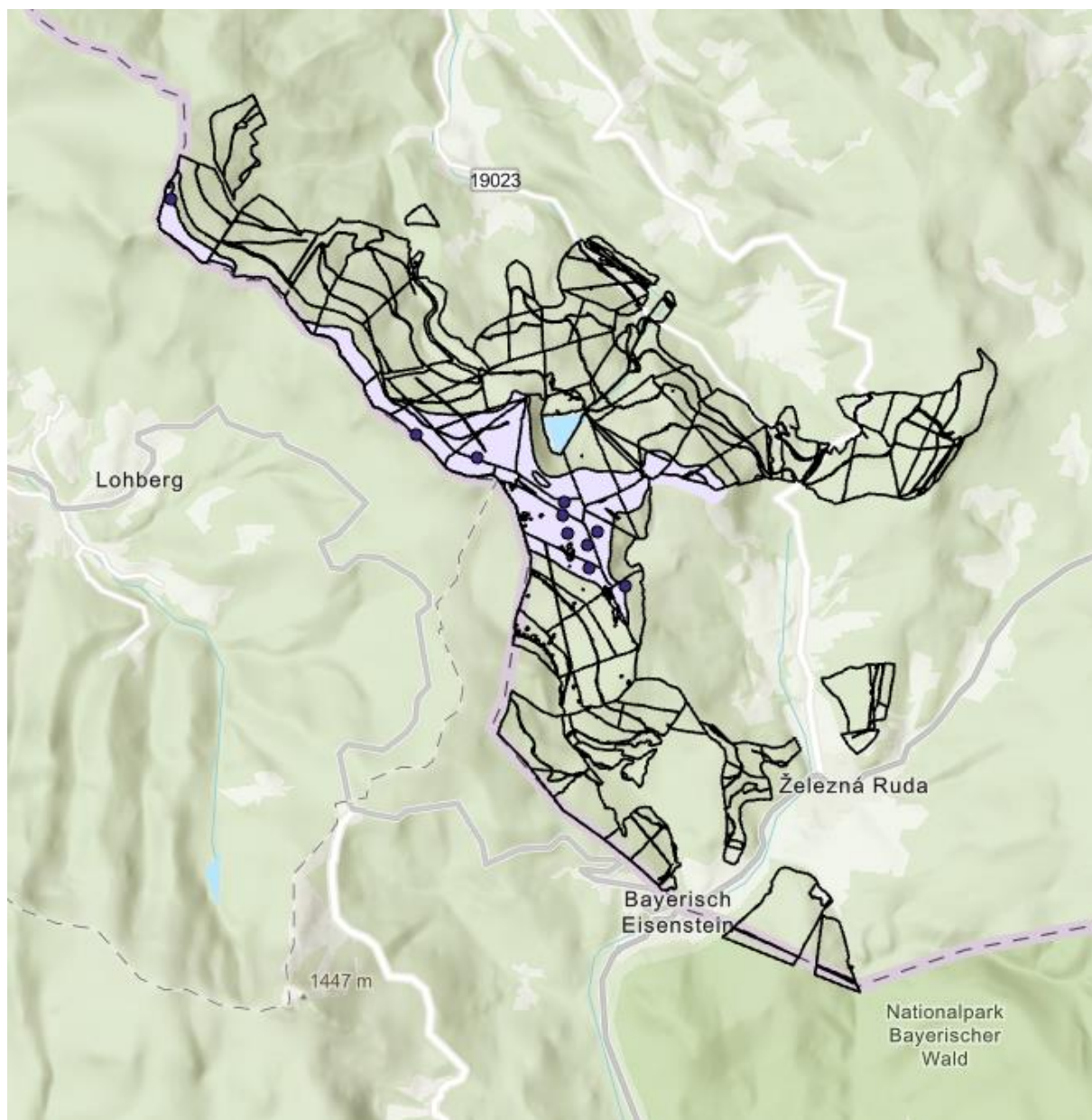
Šumava náleží do moldanubika ve studované oblasti se nachází jednotka Královského hvozdu. Z půdního hlediska jsou na Šumavě hlavně půdy hnědé, které s přibývajícím nadmořskou výškou stávají kyselejšími, až se postupně stanou podzoly (Anděra et al., 2003).

4.2 Popis studovaného území

Studované území se nachází na severozápadní části CHKO Šumava. Je to plocha mezi Železnou rudou a horou Ostrý. Z jedné strany je ohraničena státní hranicí s Německem a z druhé silnicí číslo 190 vedoucí z obce Hamry do města Železná ruda. V tomto území se nachází několik zajímavostí – jako například NPR Černé a Čertovo jezero, NPR Bílá strž, Jezerní hora nebo třeba hora Svaroh. Přes zmiňované území se rozprostírá lesní hospodářský celek (LHC) Železná Ruda, které tvoří jednu ze dvou částí Lesní správy (LS) Železná Ruda.



Obr. č. 1: Zobrazení Národního parku Šumava (tmavě zelená) a CHKO Šumava (světle zelená)



Obr. č. 2: Studovaná oblast zobrazená na mapě, fialová barva ukazuje území nad 1150 m. n. a modré tečky jsou zkoumané plochy z výzkumu Čady a spol. (2016)

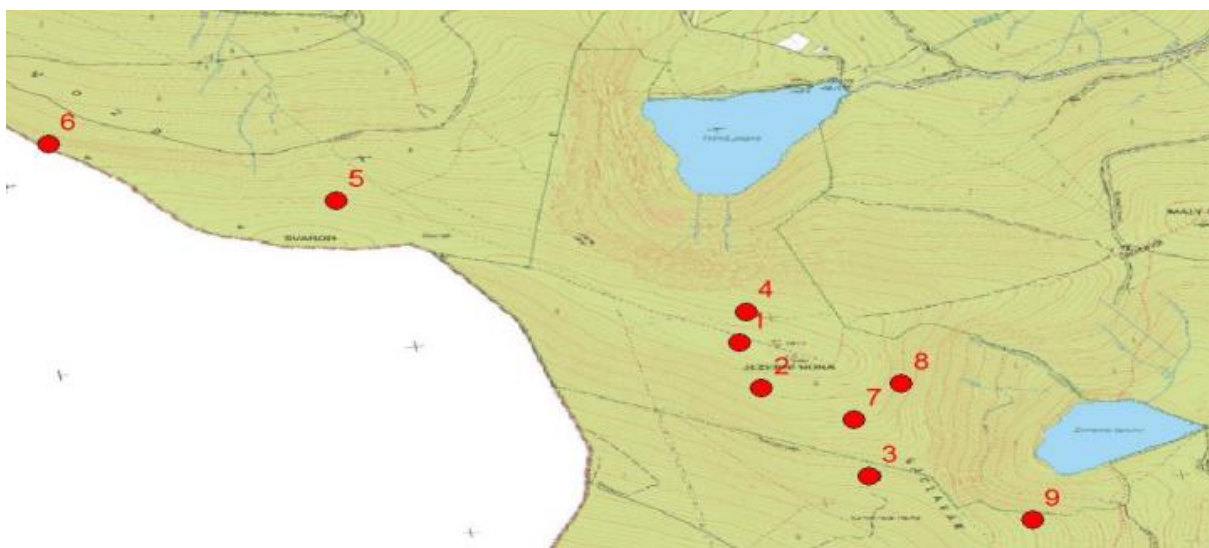


Obr. č. 3: Porostní mapa studované oblasti z roku 1876

4.3 Sběr dat

Informace o lesích studované oblasti byly získány ve státním oblastním archivu v Plzni, pracovišti Klášter. Data jsem bral z archivních lesnických map od roku 1866, starší mapy nebyly nalezeny. Dále jsem si vypůjčil taxační knihy, které se pohybovaly okolo let 1890. Vše zmíněné bylo ofocené, aby se s tím mohlo dále pracovat. Mapy byly převedené do geografického informačního systému. Do GISu jsem použil lesnickou mapu z roku 1876. Lesy České republiky poskytly obrysovou mapu území ve formátu shapefile. Dále jsem provedl úpravu obrysově mapy, aby se hranice polygonů shodovaly s polygony na mapě z roku 1876.

Po úpravě obrysové mapy, byly podle mapy z roku 1876 a taxačních knih z roku 1890 zadány věky porostů do náležících polygonů v programu GIS. Poté jsem spočítal rozlohu jednotlivých území a vzniklou tabulku převedl do programu Microsoft Excel. V Excelu jsem data dále zpracovával do grafů podle věku a rozlohy. Sečetl jsem rozlohy u stejných věků, z toho vytvořil sloupcové grafy, které ukazovaly věkovou strukturu porostu v roce 1876. Z práce Čady et al. (2016), byly převzaty výsledky dendrochronologické analýzy, zájmové plochy a grafy s výsledky ze kterých jsem určil věk, kdy proběhlo nejsilnější uvolnění na zájmové ploše a studované území, které se nacházelo v nadmořské výšce nad 1150 metrů. Pro každou plochu jsem dostal graf, který znázorňoval historii disturbancí na zkoumané ploše. Na každé ploše jsem tedy určil desetiletí, kdy proběhla nejsilnější disturbance a zapsal ho do tabulky s roky vzniku porostů z archivní mapy z roku 1876. Poté jsem svoji plochu v GISu ohraničil podle zmíněné výšky, abych mohl porovnat svoje výsledky s výsledky studie Čady et al. (2016). Další zpracování proběhlo v Excelu, kde jsem vytvořil graf věkové struktury na území nad 1150 m. n. m. Dále jsem určil podobnost svých výsledků a výsledků ze zájmových ploch práce Čady et al. (2016).

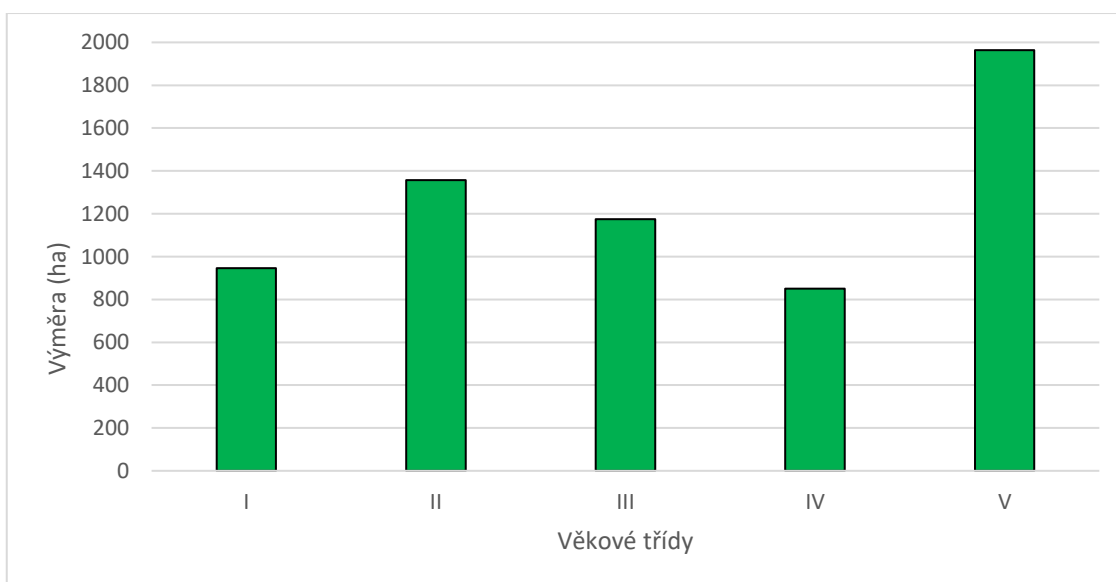


Obr. č. 4: Umístění výzkumných ploch ze studie Čada et al. (2016)

5 Výsledky

5.1 Věková struktura podle porostní mapy

Na základě věků získaných z porostní mapy z roku 1876 jsem porost rozčlenil do pěti věkových tříd, což je znázorněno na grafu č.1. Nejstarší věková třída, tedy pátá, má zároveň i největší rozlohu oproti ostatním věkovým třídám. Zbylé věkové třídy jsou rozlohou zhruba poloviční kromě druhé věkové třídy. Z grafu lze vidět, že věková struktura je nevyrovnaná. Rozmezí věkových tříd: I. věková třída je v rozmezí 0-20 let, II. je v rozmezí 20-40 let, III. je v rozmezí 40-60 let, IV. je v rozmezí 60-80 let a V. je v rozmezí 80-100 let.



Graf č. 1: Rozloha lesních porostů v jednotlivých věkových třídách v období 1876 na Velkostatku Železná Ruda

Dle grafu č. 2 je znázorněna věková struktura porostu s použitím kalendářních let. Dominantní je desetiletí od roku 1780, které zabírá největší rozlohu. Další důležité desetiletí je od roku 1820, kdy vznikl porost s druhou nejvyšší rozlohou. Od roku 1840 rozloha postupně stoupá a věk klesá.



Graf č. 2: Věková struktura lesních porostů v jednotlivých desetiletích na Velkostatku Železná Ruda na základě mapy z roku 1876.

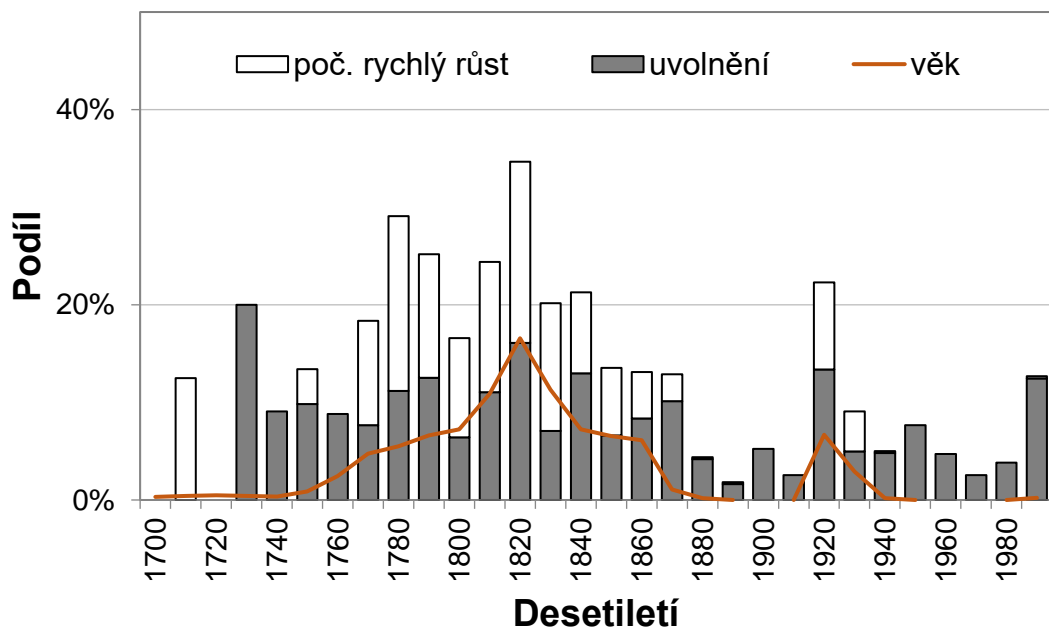
5.2 Porovnání věku z porostní mapy a dendrochronologické analýzy

Vzhledem k tomu, že dendrochronologický výzkum Čady et al. (2016) probíhal v nadmořské výšce 1150 metrů a výše, byla dále vytvořena věková struktura pouze pro oblast nad 1150 m. n. m. Podle grafu č. 3 vznikaly zkoumané porosty nejčastěji v desetiletí od roku 1780 a 1820. Tato skutečnost se liší s výsledky získanými na celém území, kde bylo dominantní hlavně desetiletí od roku 1780, zatímco na ploše nad 1150 m. n. m. je to desetiletí od roku 1820. Desetiletí od roku 1840 se také výrazně liší na území nad 1150 m. n. m. od celého území.



Graf č. 3: Rozloha lesních porostů v jednotlivých desetiletích na území nad 1150 m. n. m. na Velkostatku Železná Ruda

Graf č. 4 Z grafu je vidět, že období mezi lety 1820-1830 vykazovalo nejsilnější disturbance za celé měřené období. Rozsáhlá disturbance odstranila přibližně 35 % populace v celé vybrané oblasti a vyvrcholila v okolo roku 1820.



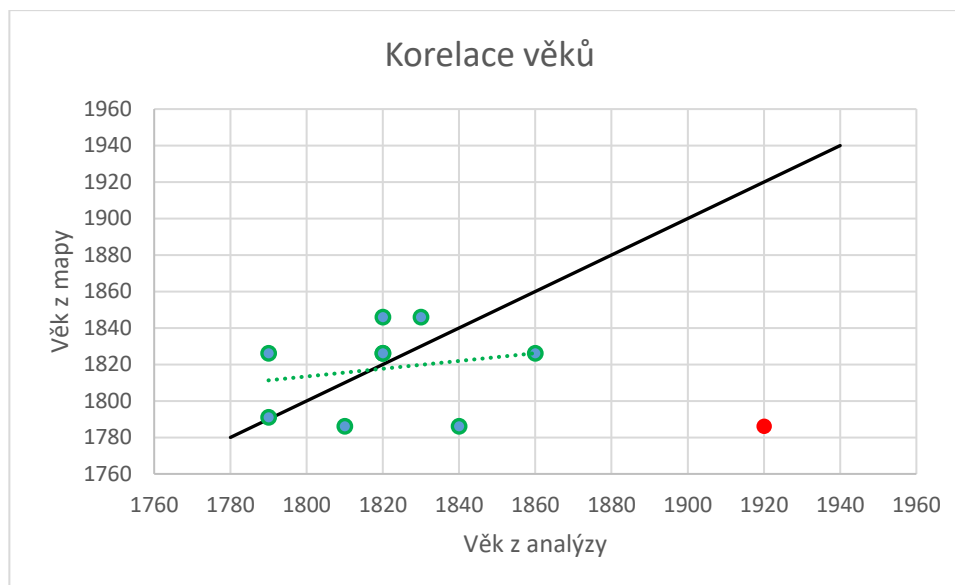
Graf č. 4: Historie disturbancí a věková struktura lesa v oblasti Jezerní hory a Ostrého na základě dendrochronologické analýzy, kde výška sloupce je počáteční rychlý růst a uvolnění, které udává závažnost narušení v procentech (Čada et al., 2016).

V tabulce č. 1 jsou vidět zkoumané plochy a desetiletí ze zkoumaných ploch, které jsem převzal z dendrochronologického výzkumu Čady et al. (2016). Desetiletí na každé ploše znázorňuje, kdy na zkoumané ploše proběhla nejsilnější disturbance. Ve třetím sloupečku jsou roky vzniku porostů z lesnické mapy, které se nalézají na zkoumaných plochách.

| Zkoumané plochy | věk z dendrochronologické analýzy | věk z mapy |
|-----------------|-----------------------------------|------------|
| ost1 | 1830 | 1846 |
| jez1 | 1860 | 1826 |
| jez2 | 1820 | 1826 |
| jez3 | 1810 | 1786 |
| jez4 | 1790 | 1791 |
| jez5 | 1790 | 1826 |
| jez6 | 1820 | 1846 |
| jez7 | 1820 | 1826 |
| jez8 | 1840 | 1786 |
| jez9 | 1920 | 1786 |

Tab. č. 1: Porovnání stáří porostu z porostní mapy a věkem zjištěným dendrochronologickou analýzou na zkoumaných plochách

S tabulkou č. 1 souvisí graf č. 5, který ukazuje jak roky se z porostní mapy podobají s roky naměřenými dendrochronologickou analýzou. Graf tedy ukazuje, že tři body mají téměř shodné věky určené podle tab. č.1 a grafu č. 5 a zbylé věky se liší. Na určitých plochách se liší až o několik desetiletí.



Graf č. 5: Podobnost věků z porostů na území nad 1150 m. n. Věk zjištěný z porostní mapy (osa y), věk z dendrochronologické analýzy (osa x). Zelené body jsou znázorněné věky, které byly naměřeny na studovaných plochách dendrochronologickou analýzou s věky porostů získaných z mapy. Černá čára znázorňuje, kde by se body měly nalézat, pokud by se věky mezi sebou shodovaly. Červený bod je plocha 9, na které byl změřen věk, ale v době tvoření porostní mapy, porost neexistoval.

6 Diskuse

Analýza věkové struktury horského lesa v severozápadní části CHKO Šumava na základě archivních materiálů poskytuje důležité poznatky o historickém vývoji lesních ekosystémů v tomto regionu. Výsledky této studie naznačují několik klíčových faktorů, které ovlivňovaly věkovou strukturu lesa a formovaly jeho charakter. Prvním důležitým zjištěním je, že v průběhu času docházelo ke změnám ve věkové struktuře lesního porostu. Na grafu 2 lze vidět, že věková struktura porostu je nevyrovnaná a největší rozlohu mají porosty, které vznikly okolo roku 1780 a 1820 odpovídají tedy III. a V. věkové třídě. Porosty, které vznikly okolo roku 1780, zabíraly přibližně 26% zkoumaného území a porosty, jejichž vznik se datuje kolem roku 1820, zabíraly 16% rozlohy území. S těmito výsledky se shoduje i výzkum Brůny (2013), který zjistil, že věková struktura lesů před disturbancemi v letech 1868-1870 byla nevyvážená.

Dále je třeba zvážit, do jaké míry se v dynamice lesa odráží hospodářské činnosti prováděné před zkoumaným obdobím. Až do konce 18. století se v regionu neprováděla intenzivní těžba dřeva, což bylo způsobeno nízkým počtem obyvatel a relativní nepřístupností.

Ve druhé polovině 18. století totiž tato oblast představovala jeden z největších zbytků přirozeného lesa ve střední Evropě. Od doby těsně před koncem 18. století až do první poloviny 19. století se však lesy začaly těžit a v jiných částech Šumavy byly budovány kanály pro dopravu dřeva, které umožnily intenzivnější lesnickou těžbu tím, že umožnily dopravu kmenů z hor (Brůna, 2013).

Dalším faktorem, který ovlivňoval věkovou strukturu porostu, by mohla být přirozená dynamika lesního ekosystému. Disturbance hrají ve vývoji porostu důležitou roli. V našich porostech je nejčastější formou narušení vítr, se kterým souvisí rozmnožení lýkožrouta smrkového, jež při přemnožení napadá i zdravé stromy. Právě kvůli disturbancím dostaly porosty prostor pro růst. Graf č. 2 ukazuje, že se porost po roce 1820 vykazuje propad v rozloze. To nasvědčuje tomu, že se v porostu stalo nějaké rozsáhlé narušení. Okolo roku 1830 se porost obnovil. S tímto tvrzením souvisí i graf č. 4, který ukazuje letokruhovou analýzu z výzkumu Čady et al. (2016) s tím, že mezi lety 1780-1820 probíhaly v porostu rozsáhlé disturbance. Narušení dosáhla vrcholu ve 20. letech 19. století (Čada, 2016), což se shoduje i s výsledky věkové struktury z lesnických map. Větší disturbance se ještě objevily v roce 1920. Podle Čady a spol. (2013) docházelo k rozsáhlým lesním disturbancím na Šumavě – přibližně jednou až dvakrát za sto let.

Dále byl v rámci mé práce porovnán věk z dendrochronologické analýzy a věk z porostní mapy z roku 1876. Na třech plochách se věky téměř shodovaly, na ostatních se mírně lišily a na třech plochách byl rozdíl velký. Rozdíl může být způsoben lidským faktorem, třeba špatným odhadem věku porostu. Lesní porost, na kterém se nachází plocha 9, v době tvorby mapy ještě nevznikl.

Je důležité zdůraznit, že analýza archivních materiálů poskytuje pouze omezený pohled na historickou věkovou strukturu lesa. Nelze zanedbat možnost chybného odhadu věku porostu v době tvoření porostní mapy.

7 Závěr

Tato bakalářská práce poskytuje pohled na věkovou strukturu horských smrkových lesů v severozápadní části chráněné krajinné oblasti Šumava. Za pomoci analýzy historických lesnických map, jsem byl schopen zjistit, že věková struktura lesních porostů smrku ztepilého (*Picea abies*) v oblasti Jezerní hory a Ostrého v roce 1876 byla velmi rozmanitá, viz graf č. 1 a 2., což svědčí o komplexní historii a dynamice přírodního prostředí v této oblasti.

Převahu měly hlavně staré lesy, které vznikly okolo roku 1780. Dalším významným rokem, kdy vznikaly lesní porosty byl rok 1820. Po roce 1820 začala v porostu obnova, což svědčí o tom, že v tomto desetiletí vrcholila disturbance. Od roku 1840 porost nabýval na rozloze, ale věk stromů klesal. Při porovnání svých výsledků a výsledků výzkumu Čady et al. (2016) jsem zjistil, že věky porostů se na třech plochách shodovaly. Na dvou plochách se věk liší v řádu desítek let, což může být způsobeno například špatným zařazením porostu do věkové třídy.

V neposlední řadě analýza archivních materiálů ukázala svůj význam jako užitečný nástroj pro výzkum v oblasti historického vývoje horských smrkových lesů a lesů celkově.

8 Literatura

ANDĚRA, M a P ZAVŘEL, 2003. Šumava – příroda, historie, život. 1. Baset. ISBN 978-80-7340-021-7.

ARCHIBALD, S, C LEHMANN, J GÓMEZ-DANS a R BRADSTOCK, 2013. Defining pyromes and global syndromes of fire regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 110(16), 6442-6447.

BLÁHA, J. a L. KOŠŤÁL, 2010. Horské smrčiny – vodní prameny i střecha naší země. *Hnutí duha*.

BRŮNA, J., J. WILD, M. SVOBODA, M. HEURICH a J. MÜLLEROVÁ, 2013. Impacts and underlying factors of landscape-scale, historical disturbance of mountain forest identified using archival documents. *Forest Ecology and Management* [online]. 305, 294-306 [cit. 2024-04-05]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2013.06.017

CONEDERA, Marco, Stefano VASSERE, Christophe NEFF, Manfred MEURER a Patrik KREBS, 2007. Using toponymy to reconstruct past land use: a case study of ‘brüsáda’ (burn) in southern Switzerland. *Journal of Historical Geography* [online]. 33(4), 729-748 [cit. 2024-04-05]. ISSN 03057488. Dostupné z: doi:10.1016/j.jhg.2006.11.002

ČADA, Vojtěch, 2013. Dynamika horských smrčín na Šumavě. *Živa: časopis pro biologickou práci*. Praha: Academia, 61(5), 213-216. ISSN 0044-4812.

ČADA, Vojtěch, Robert C. MORRISSEY, Zuzana MICHALOVÁ, Radek BAČE, Pavel JANDA a Miroslav SVOBODA, 2016. Frequent severe natural disturbances and non-equilibrium landscape dynamics shaped the mountain spruce forest in central Europe. *Forest Ecology and Management* [online]. 363, 169-178 [cit. 2024-04-05]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2015.12.023

ČADA, Vojtěch, Volodymyr TROTSIUK, Pavel JANDA, et al., 2020. Quantifying natural disturbances using a large-scale dendrochronological reconstruction to guide forest management. *Ecological Applications* [online]. 30(8) [cit. 2024-04-05]. ISSN 1051-0761. Dostupné z: doi:10.1002/eap.2189

DUNHAM, Roger A a Andrew D CAMERON, 2000. Crown, stem and wood properties of wind-damaged and undamaged Sitka spruce. *Forest Ecology and Management* [online]. 135(1-3), 73-81 [cit. 2024-04-05]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/S0378-1127(00)00299-1

FRELICH, Lee E., 2002. *Forest Dynamics and Disturbance Regimes* [online]. New York: Cambridge University Press [cit. 2024-04-05]. ISBN 9780521650823. Dostupné z: doi:10.1017/CBO9780511542046

FREUND, Cathryn A., Kasey E. CLARK, James F. CURRAN, Gregory P. ASNER a Miles R. SILMAN, 2021. Landslide age, elevation and residual vegetation determine tropical montane forest canopy recovery and biomass accumulation after landslide disturbances in the Peruvian Andes. *Journal of Ecology* [online]. 109(10), 3555-3571 [cit. 2024-04-05]. ISSN 0022-0477. Dostupné z: doi:10.1111/1365-2745.13737

HAVIRA, Miroslav, Vojtěch ČADA a Miroslav SVOBODA, 2016. Struktura přirozené horské smrčiny v závislosti na věku, nadmořské výšce a expozici: Structure of the natural mountain spruce forest in relation to age, altitude and aspect. *Zprávy lesnického výzkumu: vědecký recenzovaný časopis*. Praha – Zbraslav nad Vltavou: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Jíloviště-Strnady, 61(3), 159-167. ISSN 0322-9688.

HEDGREN, Per Olof a Leif Martin SCHROEDER, 2004. Reproductive success of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) and occurrence of associated species: a comparison between standing beetle-killed trees and cut trees. *Forest Ecology and Management* [online]. 203(1-3), 241-250 [cit. 2024-04-05]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2004.07.055

HLADÍK, M. a ŠKORPEL, 1993. *Hospodárenie v lesoch horských oblastí: Pro posl. lesn. fak.* Praha: Vysoká škola zemědělská. Publikace Matice lesnické.

HOLEKSA, Jan, Tomasz ZIELONKA, Magdalena ŻYWIEC a Peter FLEISCHER, 2016. Identifying the disturbance history over a large area of larch–spruce mountain forest in Central Europe. *Forest Ecology and Management* [online]. 361, 318-327 [cit. 2024-04-05]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2015.11.031

HOLKUP, J. *Lesnická botanika*, 2013. 1. Vyšší odborná škola lesnická a Střední lesnická škola Bedřicha Schwarzenberga Písek

JONÁŠOVÁ EDWARDS, Magda, 2013. Přírodní disturbance - klíčový faktor obnovy horských smrčín. *Živa: časopis pro biologickou práci*. Praha: Academia, 61(5), 216-219. ISSN 0044-4812.

KEELEY, Jon E., 2009. Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire* [online]. 18(1) [cit. 2024-04-05]. ISSN 1049-8001. Dostupné z: doi:10.1071/WF07049

KORPEL, Štefan, 1989. *Pralesy Slovenska*. Bratislava: VEDA - vyd.SAV. ISBN 80-224-0031-9.

KORPEL, Štefan, 1991. *Pestovanie lesa*. Bratislava: Príroda. Lesníctvo. ISBN 80-07-00428-9.

KOŠULIČ, Milan, 2010. *Cesta k přírodě blízkému hospodářskému lesu*. Brno: FSC Česká republika – Forest Stewardship Council. ISBN 978-80-254-6434-2.

KULAKOWSKI, Dominik; BEBI, Peter, 2004. Range of variability of unmanaged subalpine forests. In: *Forum für Wissen*.

LECLERC, Marc-Antoine F., Lori D. DANIELS a Allan L. CARROLL, 2021. Managing Wildlife Habitat: Complex Interactions With Biotic and Abiotic Disturbances. *Frontiers in Ecology and Evolution* [online]. 2021-4-1, 9 [cit. 2024-04-05]. ISSN 2296-701X. Dostupné z: doi:10.3389/fevo.2021.613371

LINDENMAYER D., BURTON P., FRANKLIN J, 2008. *Salvage Logging and it's Ecological Consequences*. Island Press. Washington D. C.. 246 s

MINISTR J, 1965. Historický průzkum LHC Železná Ruda. ÚHUL Zvolen.

MITCHELL, S. J., 2013. Wind as a natural disturbance agent in forests: a synthesis. *Forestry* [online]. 2013-03-13, 86(2), 147-157 [cit. 2024-04-05]. ISSN 0015-752X. Dostupné z: doi:10.1093/forestry/cps058

MÍCHAL, Igor. 1983. Dynamika přírodního lesa I - VI. *Živa*. 31, (1):8-13.(2):4851.(3):85-88.(4)128-133.(5):163-168.(6):233-238. ISSN 00444812.

MÍCHAL, Igor. 1992. Obnova ekologické stability lesů. Vyd. 1. Praha: Academia. ISBN 8085368234.

MUSIL, Ivan, Jan HAMERNÍK a Gabriela LEUGNEROVÁ, 2003. *Lesnická dendrologie 1: jehličnaté dřeviny : přehled nahosemenných (i výtrusných) dřevin*. Praha: Česká zemědělská univerzita. ISBN 80-213-0992-x.

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* [online]. 17(12), 2979-3001 [cit. 2024-04-05]. ISSN 0960-3115. Dostupné z: doi:10.1007/s10531-008-9409-1

PODRÁZSKÝ V., 1999. *Ekologie lesa: Dynamika a management lesních ekosystémů I*, Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.

PETERSON, Chris J, 2000. Catastrophic wind damage to North American forests and the potential impact of climate change. *Science of The Total Environment* [online]. 262(3), 287-311 [cit. 2024-04-05]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/S0048-9697(00)00529-5

SEIDL R., M. SCHELHAAS, M. LEXER. Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe. *Global change biology*. 2011, 17(9), 2842-2852.

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

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

SOFRON, Jaromír, 1971. Černé a Čertovo jezero, státní přírodní rezervace. Plzeň: Krajské středisko státní památkové péče a ochrany přírody.

SPÎNU, Andreea Petronela, Ion Catălin PETRIȚAN, Martin MIKOLÁŠ, Pavel JANDA, Ondřej VOSTAREK, Vojtěch ČADA a Miroslav SVOBODA, 2020. Moderate- to High-Severity Disturbances Shaped the Structure of Primary *Picea Abies* (L.) Karst. Forest in the Southern Carpathians. *Forests* [online]. 11(12) [cit. 2024-04-05]. ISSN 1999-4907. Dostupné z: doi:10.3390/f11121315

SVOBODA, Miroslav, 2008. Efekt disturbancí na dynamiku horského lesa s převahou smrku ve střední Evropě. *Ochrana přírody: časopis státní ochrany přírody*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 63(1), 31-33. ISSN 1210-258X.

SWANSON, Mark E, Jerry F FRANKLIN, Robert L BESCHTA, Charles M CRISAFULLI, Dominick A DELLASALA, Richard L HUTTO, David B LINDENMAYER a Frederick J SWANSON, 2010. The forgotten stage of forest succession: early-successional ecosystems on forest sites. *Frontiers in Ecology and the Environment* [online]. 9(2), 117-125 [cit. 2024-04-05]. ISSN 1540-9295. Dostupné z: doi:10.1890/090157

ŠANTRŮČKOVÁ, Hana a Jaroslav VRBA, 2010. Co vyprávějí šumavské smrčiny: průvodce lesními ekosystémy Šumavy. Vimperk: Správa Národního parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava. ISBN 978-80-87257-04-3.

TJOELKER, Mark G., Adam BORATYŃSKI a Władysław BUGAŁA, ed., 2007. *Biology and ecology of Norway spruce*. Dordrecht: Springer – Verlag. Forestry Sciences. ISBN 1-4020-4840-8.

ÚRADNÍČEK, Luboš a Jindřich CHMELAR, 1998. *Dendrologie lesnická*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-162-8.

VACEK, Stanislav, 2003. Horské lesy České republiky. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky. ISBN 80-7084-239-3.

WERMELINGER, Beat, 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*—a review of recent research. *Forest Ecology and Management* [online]. 202(1-3), 67-82 [cit. 2024-04-05]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2004.07.018

ZAHRADNÍK, Jiří, 2004. Hmyz. Ilustroval František SEVERA. [Praha]: Aventinum. ISBN 80-86858-01-4.

ZUMR, Václav, 1995. Lýkožrout smrkový-biologie, prevence a metody boje. Písek: Matice lesnická. ISBN 80-900043-2-9.

Vyhláška č. 101/1996 Sb. - Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se stanoví podrobnosti o opatřeních k ochraně lesa a vzor služebního odznaku a vzor průkazu lesní strážce, dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1996-101>

.