

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesa



**Analýza postupu přirozené obnovy smíšeného porostu ve vybrané části
LS Železná Ruda**

Diplomová práce

Autor: Bc. Hudlička Lukáš

Vedoucí práce: prof. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Lukáš Hudlička

Lesní inženýrství

Název práce

Analýza postupu přirozené obnovy smíšeného porostu ve vybrané části LS Železná Ruda

Název anglicky

Analysis of the Process of Natural Regeneration of Mixed Stand in a Selected Part of the Železná Ruda Forest District

Cíle práce

Cílem práce je provést podrobnou analýzu postupu obnovy smíšeného porostu se zastoupením smrku ztepilého, jedle bělokoré a buku lesního. Cílem práce je přinést nové poznatky o vlivu světelných podmínek na odrůstání přirozené obnovy jednotlivých zde rostoucích dřevin a o vlivu prořezávání porostu na přirůst stromů horní etáže. Základem práce bude důkladná literární rešerše této problematiky. Součástí práce bude návrh na další postup obnovy i zobecnění poznatků pro širší území.

Metodika

Rozbor problematiky přirozené obnovy lesa s důrazem na smíšené porosty vyšších poloh.

Obnovení dvou trvalých výzkumných ploch (TVP 50 x 50 m) na vybrané části LS Železná Ruda (lokality Špičák).

Provedení a vyhodnocení biometrických měření stromů horní etáže (d1,3, h, hk) a odvození produkčních parametrů (zásoba, výčetní kruhová základna).

Odběr vývrtů z min. 20 stromů z každé TVP a provedení přírůstové analýzy.

Analýza světelných poměrů na síti monitorovacích ploch (5 x 5 m) pro analýzu přirozené obnovy metodou analýzy hemisférických fotografií (software WinsCanopy).

Statistická analýza vlivu světelných podmínek na hustotu, druhové složení a růst přirozené obnovy.

Analýza vlivu uvolnění stromů horní etáže na jejich radiální přirůst.

Návrh dalšího postupu obnovy

Harmonogram:

Obnova trvalých výzkumných ploch (6/2022)

Pořízení hemisférických fotografií na monitorovacích plochách (9/2022)

Provedení biometrických měření na TVP (10/2022)

Odběry a analýzy vývrtů (11/2022)

Analýza světelných podmínek (12/2022)

Literární rešerše (12/2022)

Statistické analýzy (1/2023)

Předložení první verze manuskriptu (2/2023)

Finální verze práce (4/2023)



Doporučený rozsah práce

Min. 50 stran textu

Klíčová slova

světlené podmínky, druhová skladba, růst dřevin, světlostní přírůst, pěstební management, stanovištní podmínky,

Doporučené zdroje informací

- ČATER, M.; JURIJ, DIACI. Divergent response of European beech, silver fir and Norway spruce advance regeneration to increased light levels following natural disturbance: Forest Ecology and Management [online], 2017. 399. 206-212 s. [cit. 2021-04-13]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2017.05.042
- DĂNESCU, A.; KOHNLE, U.; BAUHIUS, J.; WEISKITTEL, A.; ALBRECHT, Alex T. Long-term development of natural regeneration in irregular, mixed stands of silver fir and Norway spruce: Forest Ecology and Management [online], 2018. 430. 105-116 s. [cit. 2021-04-13]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2018.07.055
- DOBROWOLSKA, D.; BONONA, A.; KLUMPP, R. Ecology and silviculture of silver fir (*Abies alba* Mill.): a review: Journal of Forest Research, 2017. 22(6). 326-335 s. ISSN 1341-6979.
- KUČERAVÁ, B., DOBROVOLNÝ, L., REMEŠ, J., 2013: Responses of *Abies alba* seedlings to different site conditions in *Picea abies* plantations. Dendrobiology, 69: 49-58.
- REMEŠ, J. Pěstební postupy podporující obnovu a pěstování jedle bělokoré. Jedle dřevina roku 2019: sborník příspěvků. Kostelec nad Černými lesy: Česká lesnická společnost, z. s. 2019. 36-45 s. ISBN 978-80-02-02874-1.
- STANICIOIU, Petru T.; O'HARA, Kevin L. Regeneration growth in different light environments of mixed species, multiaged, mountainous forests of Romania: European Journal of Forest Research. 125 [online], 2006. 151-162 s. [cit. 2021-04-13]. ISSN 1612-4669. Dostupné z: doi:10.1007/s10342-005-0069-3
- VACEK, Z., VACEK, S., BÍLEK, L., KRÁL, J., REMEŠ, J., BULUŠEK, D., KRÁLÍČEK, I. Ungulate impact on Natural Regeneration in Spruce-Beech-Fir Stands in Černý důl Nature Reserve in the Orlické Hory Mountains, Case Study from Central Sudetes. FORESTS, 2014. 5(11): 2929-2946. ISSN: 1999-4907.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 1. 4. 2022

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 31. 8. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 20. 03. 2023

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Analýza postupu přirozené obnovy smíšeného porostu ve vybrané části LS Železná Ruda vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Jiřího Remeše Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V..... dne.....

Podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu prof. Ing. Jiřímu Remešovi Ph.D. za ochotu při konzultacích mé diplomové práce a panu Ing. Petru Najmanovi za možnost provádět výzkum v porostu pod jeho správou. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině a přítelkyni za podporu při studiu.

Analýza postupu přirozené obnovy smíšeného porostu ve vybrané části LS Železná Ruda

Abstrakt

Tato diplomová práce pojednává o postupech přirozené obnovy smíšeného porostu zastoupeným smrkem ztepilým, jedlí bělokorou a bukem lesním. Cílem práce bylo prozkoumat proces zmlazování a získat poznatky o vlivu světelných podmínek na růst přirozené obnovy a o vlivu prořezávání na růst horní etáže. Práce vychází z literární rešerše k dané problematice. Součástí diplomové práce je i obnova dvou trvale výzkumných ploch, na kterých probíhala v roce 2020 analýza přirozené obnovy. Dále se na plochách analyzovala horní etáž, kde se posuzovaly vývrty získané za pomoci Presslerova nebozezu, výčetní tloušťka, výška jedinců, délka korun a světelné podmínky na každé monitorovací ploše (5 x 5 m). Z výsledků této práce se nepotvrdil vliv světelných podmínek na množství a zastoupení jedle a buku na obou TVP. U četnosti jeřábu a smrku se potvrdil vliv světelných podmínek pouze na TVP 1. Potvrdil se však vliv světelných podmínek na odrůstání dominantních jedinců jedle a smrku. Na TVP 2 se také se zvyšujícím se přístupem světla projevil klesající trend zastoupení jedle, buku a překvapivě jeřábu. V juvenilní fázi by mělo být pro podporu jedle přibližně 10 % otevřenosti zápoje, zatímco v pokročilé fázi je pro odrůstání zvěři a buření vhodné přibližně 20 % otevřenosti zápoje.

Klíčová slova: světelné podmínky, druhová skladba, růst dřevin, světlostní přírůst, pěstební management, stanovištní podmínky.

Analysis of the process of natural regeneration of mixed stand in a selected part of LS Železná Ruda

Abstract

This thesis deals with the natural regeneration of a mixed stand of Norway spruce, Silver fir and beech. The aim of the thesis was to investigate the process of rejuvenation and to gain knowledge about the effect of light conditions on the growth of natural regeneration and the effect of thinning on the growth of the upper stage. The work is based on a literature search on the subject. The thesis also includes the restoration of two permanent research plots where natural regeneration analysis was carried out in 2020. In addition, the plots were analyzed for the upper storey, where the borings obtained using Pressler's auger were assessed, as well as the shoot thickness, height of individuals, canopy length and light conditions in each monitoring plot (5x5 m). From the results of this work, there was no evidence of an effect of light conditions on the abundance and representation of fir and beech on either TVP. For the abundance of cranes and spruce, the effect of light conditions was confirmed only on TVP 1. However, the effect of light conditions on the growth of dominant individuals of fir and spruce was confirmed. TVP 2 also showed a decreasing trend in the abundance of fir, beech and, surprisingly, crane with increasing light availability. In the juvenile phase, approximately 10% patch openness should be used to support fir, while in the advanced phase, approximately 20% patch openness is for suitable protection from game and weed.

Key words: lighting conditions, species composition, tree growth, light inkrement, growing management, posting conditions.

Obsah

1. Úvod	13
2. Cíle práce	14
3. Rozbor problematiky	14
3.1. Přirozený vývoj hercynské směsi	14
3.2. Smrk ztepilý	15
3.3. Buk lesní	16
3.4. Jedle bělokorá	16
3.5. Vliv abiotických složek prostředí na lesní ekosystém	18
3.6. Přirozená obnova	19
3.6.1. Zásady přirozené obnovy	19
3.6.2. Fáze přirozené obnovy	20
3.6.3. Výhody a nevýhody	20
3.6.4. Vývoj přirozené obnovy	21
3.7. Vegetační stupňovitost	22
3.8. Ochrana kultur	23
3.8.1. Ochrana kultur proti buřeni	23
3.8.2. Ochrana kultur proti zvěři	23
3.10. Tvorba smíšených lesů	24
3.11. Hospodářské způsoby	26
3.11.1. Podrostní hospodářský způsob	26
3.11.2. Násečný hospodářský způsob	28
3.11.3. Holosečný hospodářský způsob	28
3.11.4. Výběrný hospodářský způsob	29
3.13. Klimatická změna	30
4. Metodika	31
4.1. Přírodní lesní oblast 13- Šumava	32
4.2. Lesní správa Železná Ruda	32
4.3. Zájmové území	33
4.4. Sběr dat	34
4.4.1. Analýza přirozené obnovy	34
4.4.2. Analýza horní etáže	34
4.4.3. Analýza světelných podmínek	35
5. Výsledky a diskuze	35
5.1. Parametry přirozené obnovy	35

5.2. Parametry horní etáže	41
5.3. Dendrochronologie	44
5.4. Vliv světla na přirozenou obnovu	52
5.4.2. Dominantní jedinci	53
6. Závěr	55
7. Seznam literatury	57

Seznam obrázků

Obrázek 1: Výšková struktura na TVP 1.....	36
Obrázek 2: Zastoupení jedle a smrku ve výškových třídách na TVP 1.....	37
Obrázek 3: Výšková struktura na TVP 2.....	39
Obrázek 4: Zastoupení jedle a smrku ve výškových třídách na TVP 2.....	40
Obrázek 5: Vliv výčetní tloušťky na přírůst kruhové základny	42
Obrázek 6: Krabicový graf délky korun jedle a smrku.	43
Obrázek 7: Vliv délky koruny na tloušťkový přírůst jedle bělokoré.....	43
Obrázek 8: Vliv délky koruny na tloušťkový přírůst smrku ztepilého.....	43
Obrázek 9: Tloušťkový růst smrku a jedle.....	45
Obrázek 10: Korelace RWI dřevin na srážky a teploty v jednotlivých měsících.....	46
Obrázek 11: Vliv teploty na přírůst jedle bělokoré za období 1990-2022	48
Obrázek 12: Průběh přírůstu jedle a teploty v letech 1989-2022	48
Obrázek 13: Vliv srážek na přírůst jedle bělokoré za období 1990-2022	49
Obrázek 14: Průběh přírůstu jedle a srážek v letech 1975-2022.....	49
Obrázek 15: Vliv teploty na přírůst smrku ztepilého za období 1990-2022	50
Obrázek 16: Průběh přírůstu smrku a teploty v letech 1989-2022.....	50
Obrázek 17: Vliv srážek na přírůst smrku ztepilého za období 1990-2022	51
Obrázek 18: Průběh přírůstu smrku a srážek v letech 1975-2022.....	51
Obrázek 19: Vliv LDF na přírůst. LDF posunutý o 3 roky zpět.	52
Obrázek 20: Vliv otevřenosti zápoje na index apikální dominance na TVP 1	54
Obrázek 21: Vliv otevřenosti zápoje na index apikální dominance na TVP 2	55

Seznam tabulek

Tabulka 1: Vývoj přirozené obnovy v České republice od roku 2000 (MZe, 2022).....	21
Tabulka 2: Počet jedinců ve výškových třídách na TVP 1	37
Tabulka 3: Počet jedinců ve výškových třídách na TVP 2	40
Tabulka 4: Přehledová tabulka korelace otevřenosti zápoje s jednotlivými daty. Statisticky významné hodnoty na hladině významnosti 0,05 jsou vyznačeny tučně červeně.....	54

Seznam zkratek

LVS – lesní vegetační stupeň

SM – Smrk ztepilý

JD – Jedle bělokorá

BK – Buk lesní

JR – Jeřáb ptačí

PLO – přírodní lesní oblast

LS – lesní správa

HZ – hospodářský způsob

RWI – index šířky letokruhu

LDF – Langův dešťový faktor

1. Úvod

Smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) H. Karst.), jedle bělokorá (*Abies alba* Mill.) a buk lesní (*Fagus sylvatica* L.) jsou původní dřeviny na území ČR. Z těchto dřevin byl přirozeně nejvíce rozšířen buk, dále jedle a nejméně přirozených lokalit má na území ČR smrk. V současné době, kdy se zhoršují klimatické podmínky kvůli klimatické změně, je nutné zredukovat zastoupení smrku a podpořit buk společně s jedlí. Zastoupení buku a jedle kvůli preferenci smrkových monokultur rapidně kleslo. Jelikož je smrk špatně nahraditelná dřevina, vzhledem k produkci a využitelnosti dřeva, je zapotřebí udržovat zastoupení smrku na takové úrovni, aby se neohrozila stabilita a odolnost lesního ekosystému. Proto by měl být smrk pěstován ve smíšených lesích, a ne v monokulturách, jak tomu je na některých lokalitách dodnes. Dále by se měl smrk vysazovat na stanovištích jemu příznivých, zejména s ohledem na vegetační stupňovitost a zásobenost půdy vodou.

Smíšené lesy jsou vhodné na ca 90 % lesních pozemků v České republice. I přes tento potenciál je zakládání a pěstování smíšených lesů náročná věc. Proto je účelné věnovat se této problematice, neboť smíšené lesy jsou budoucnost lesního hospodářství. Při obnově smíšeného lesa je zapotřebí si uvědomit, že každá dřevina má odlišný rytmus růstu. Proto je v hercynské směsi vhodné obnovovat nejdříve jedli, poté buk a nakonec smrk. Při přirozené obnově se tento náskok pro jedli vytvoří menším narušením korunového zápoje, neboť jedle je více tolerantní k zástínu a nemá v hustším zápoji takovou konkurenci.

Čím dál tím více se v lesnické, ale i nelesnické společnosti hovoří o přírodě blízkém hospodaření. To spočívá především v maximálním využívání přirozených procesů při tvorbě lesních porostů. Přirozená obnova zachovává původní populace dřevin, zachovává genetickou diverzitu a lépe se přizpůsobuje mikrostanovištním poměrům porostu. Jako nejvíce vhodné hospodářské způsoby pro přírodě blízké hospodaření se jeví výběrný les a poté podrostní. Holosečný a násečný HZ se pro přírodě blízké hospodaření jeví jako nevyhovující, neboť při nich vznikají holiny, které negativně ovlivňují mikrostanoviště porostu. Nevhodné mikrostanovištní podmínky mohou zhoršit růst obnovy anebo jí úplně vyloučit.

2. Cíle práce

Cílem této diplomové práce je prozkoumat proces zmlazování dřevin v lesním porostu tvořeném smrkem ztepilým, jedlí bělokorou a bukem lesním. Cílem je získat nové poznatky o vlivu světelných podmínek na růst přirozené obnovy a o vlivu prořezávání na růst vzrostlých stromů. Práce bude vycházet z rozsáhlého přehledu literatury k dané problematice. Cílem této práce je také návrh dalších obnovních opatření, které lze aplikovat na širším území.

3. Rozbor problematiky

3.1. Přirozený vývoj hercynské směsi

Malý vývojový cyklus přírodního lesa má tři stádia. Stádium optima, které je charakterizováno malým počtem stromů větších výčetních tloušťek a tvorbou výškově vyrovnaných porostů s tloušťkovou a věkovou diferenciací. Dále následuje stádium rozpadu, ve kterém staré stromy rychle odumírají a vytváří se tak vhodné podmínky pro novou generaci. V tomto stádiu se začíná porost zmlazovat. Posledním stádiem je dorůstání, to je charakterizováno vertikálním zápojem, a tedy velkou tloušťkovou a výškovou diferenciací. Stará generace stromů je ve fázi dožívání. (Podrázský, 2014)

Hercynskou směs tvoří tři nejvíce zastoupené dřeviny ve střední Evropě, a to je jedle, buk a smrk (Ficko et al., 2011). Přirozeně se takový smíšený porost obnovuje dlouhou dobu a celý vývojový cyklus trvá 350-400 let. Takto dlouhý cyklus je dán životností jedle, která je z těchto tří dřevin nejdéle životaschopná. U smrku je doba života 300-350 let a u buku 200-250 let. Jelikož buk je z těchto tří dřevin nejvíce krátkověký, může jeho vývojový cyklus za život jedle, popřípadě smrku proběhnout dvakrát. To znamená, že v takových přirozených lesích je velká variabilita a může se během jednoho obnovního cyklu lišit zastoupení a zásoba porostu. Stádium optima je každých 220-260 let, přitom zastoupení ovlivňuje dobu trvání tohoto stádia. Pokud je velké zastoupení buku, optimum se zkracuje. Naopak pokud je velké zastoupení smrku, tak se optimum prodlužuje a vytváří se tak i výrazný horizontální zápoj. Průměrná zásoba přírodních porostů hercynské směsi je 600-900 m³/ha. Obnovní cyklus probíhá výhradně pod clonou mateřského porostu, kde se jedle a smrk obnovují v menších skupinkách a buk na větších plochách (Podrázský, 2014).

3.2. Smrk ztepilý

Smrk ztepilý (*Picea abies*) je 30-50 m vysoký strom, který má průběžný kmen. Oproti jedli má špičatou korunu až do vysokého věku. Bezprostředně pod terminálním pupenem jednoletého výhonu jsou shluky postranních pupenů, které vyrůstají v silné postranní výhony. To vede k charakteristickému růstovému tvaru smrků, zejména v juvenilní fázi, s pravidelně uspořádanými větvemi v patrech a zřetelně kratšími bočními výhony mezi nimi. Výhon je zcela založen v pupenu a vyrůstá v květnu, nejprve obvykle boční výhony, poté vrcholový výhon (Aas, 2017).

Smrk ztepilý je dřevinou horských poloh (Vacek et al., 2018), kde utváří horní hranici lesa (Vacek et al., 2020). Přírodní smrčiny se na našem území vyskytují v nadmořských výškách nad 1000 m n. m. a porosty smíšené, především s bukem a jedlí, vznikají v nadmořských výškách 700-1000 m n. m. Jedním z hlavních faktorů pro přirozený výskyt smrku ztepilého je nadmořská výška, ta ovšem není jediným kritériem, dalšími důležitými aspekty jsou studené kontinentální klima a vyšší přísun vody. V mládí je smrk ztepilý schopen snášet zastínění, a to až do 4 % relativního ozáření (Vacek et al., 2018). Je tedy středně odolný vůči stínu, ale méně odolný než jedle a buk (Stancioiu, O'Hara, 2006). Schopnost snášet zástin je ovlivněno také stanovištěm, kde na bohatších stanovištích dokáže smrk lépe snášet zástin než na chudších stanovištích. Z hlediska živin není smrk náročný na obsah živin, ale při nedostatku se snižuje jeho přírůst. Naopak na velmi bohatých stanovištích je smrk ohrožený hnilobou kořenovníkem vrstevnatým (*Heterobasidion annosum* Fr.) a václavkou obecnou (*Armillaria mellea* Vahl.) (Vacek et al., 2018).

Areál smrku ztepilého má těžiště ve Skandinávii a severní částí Evropy až po Sibiř. Je významnou součástí boreálních jehličnatých lesů (Dyderski et al., 2018). Přirozeně se také nachází ve střední, jižní a jihovýchodní Evropě. Ve střední Evropě je výskyt omezen pouze na horské polohy. Vertikální rozšíření je v Alpách na hranici stromové linie ve výšce asi 2 200 m n. m. a 2 300 m n. m., v Bavorském lese ve výšce 1 400 m n. m. a v Krušných horách asi 1 200 m n. m. Ojediněle se nachází v nižších nadmořských výškách pouze na zvláštních stanovištích, např. na extrémně chladném místě nebo na živinami chudých, zamokřených půdách se silnou vrstvou humusu. Zejména na vlhkých a neprovzdušněných půdách vytváří smrk mělký, deskovitý kořenový systém (Aas, 2017). Současné zastoupení smrku ztepilého v České republice je 48,1 %, doporučené je 28,3 % a přirozené zastoupení je 11,2 % (MZe, 2022).

3.3. Buk lesní

Buk lesní (*Fagus sylvatica*) je 35-40 metrů vysoký strom s výčetní tloušťkou až 150 cm a s objemem až 30 m³. Dožívá se 200-400 let. Má srdcovitý kořenový systém, který je velmi odolný vůči vývratům. Je po tisu a jedli nejvíce tolerantní domácí dřevinou na zastínění. Dobře roste na čerstvě vlhkých, provzdušněných a minerálně bohatých půdách. Naopak nevhodná stanoviště jsou půdy zamokřené a uléhavé (Musil, Möllerová, 2005). Je to dřevina oceánického klimatu a stejně jako jedle trpí pozdními mrazy na otevřených plochách. Semenné roky u buku jsou nepravidelné. Množství semen je ovlivněno počasím minulého roku, a to srážkami a teplotou. Při vysokých teplotách v letních měsících a srážkovým deficitem je bohatší úroda semen. Semena buku jsou často konzumována zvěří (Vacek et al., 2018).

Buk je ekonomicky jedna z nejvýznamnějších listnatých dřevin. Dříve se bukové dřevo využívalo k výrobě dřevěného uhlí, dnes se využívá zejména v dýhárenském a nábytkářském průmyslu (Musil, Möllerová, 2005).

Areál buku lesního se rozkládá téměř po celé střední, západní a jižní Evropě. Severní část areálu sahá až na jih Švédska. Východní hranice areálu ukončuje úpatí Karpatského oblouku, kde navazuje na areál buku východního (*Fagus orientalis*) (Musil, Möllerová, 2005). Na území České republiky je buk lesní zastoupen 9,3 %, doporučuje se 22,5 % a přirozené zastoupení je přibližně 40,2 % (MZe, 2022).

3.4. Jedle bělokorá

Jedle bělokorá (*Abies alba*) je v českých lesích velmi prospěšnou dřevinou díky své schopnosti zlepšovat půdní podmínky a zpevňovat lesní ekosystém (Podrázský et al., 2019). Vyznačuje se vysokou adaptabilitou a odolností, zejména v reakci na stresové faktory jako je defoliace, a v tomto ohledu předčí smrk. Navíc v době, kdy svět čelí přetrvávajícím klimatickým změnám, jde o perspektivní stabilizační dřevinu, která hraje klíčovou roli v lesních ekosystémech nejen v České republice, ale v celé střední Evropě (Vacek S., Vacek Z., 2019). Jedle bělokorá se dožívá 500-600 let, což z ní činí strom, který může žít velmi dlouho (Dobrowolska et al., 2017). Za příznivých okolností může dorůst až do výšky 60 metrů (Remeš, 2019; Dobrowolska et al., 2017) a tloušťky dvou metrů. Tyto jedinci mohou dosahovat objemů až 45 m³ (Podrázský, 2014).

Jedle je druh stromu, kterému se daří v oblastech s mírnými zimami a stabilními teplotami (oceánické klima). Běžně se vyskytuje na stanovištích s půdou bohatou na

živiny a dává přednost vlhčímu prostředí, ale neroste dobře v oblastech se stojatou vodou. V oblastech s těžšími uléhavými půdami ve středních a vyšších polohách, se jedli nevyrovná žádný jiný druh dřeviny (Remeš, 2019; Bercha, 2006). Přesto, že je na půdní podmínky velmi náročná, nemá specifické požadavky na geologický podklad. Jedinou výjimkou jsou mělké půdy na vápenci, kterým se vyhýbá (Uhlířová, Kapitola, 2004). Jedle je v mládí velmi citlivá na pozdní mrazy a náhlé ozáření sluncem. Přesto je schopna odolat teplotám až $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Remeš, 2022). Jedle nejlépe roste na místech s vysokou vlhkostí vzduchu a nízkým pohybem vzduchu (Remeš, 2019; Bercha, 2006), pro optimální růst vyžaduje roční úhrn srážek 700-1800 mm (Dobrowolska, Bolibok, 2019). Tyto podmínky se obvykle nacházejí v nadmořských výškách nad 600 m. n. m. (Vacek, S. et al., 2018). V nižších nadmořských výškách je pro jedli omezujícím faktorem sucho a současně vysoké teploty (Remeš, 2022). Oproti tomu jedle ve vyšších nadmořských výškách nad 1200 m jsou náchylné k nízkým teplotám (Vacek, S. et al., 2018). Jedle je v raných fázích růstu po tisu nejvíce stín snášející domácí dřevina (Bercha, 2006). Velká tolerance k zástínu jedli umožňuje přežít v podúrovni, kde relativní úroveň difuzního záření klesá i pod 5 %, čímž pomáhá zvyšovat biodiverzitu lesních ekosystémů (Remeš, 2022). Tato dřevina je schopna účinně konkurovat jiným druhům dřevin a tato schopnost spolu s dlouhou životností umožňuje koexistovat s jinými druhy ve smíšených porostech. Jednou z takových směsí je hercynská směs, která se skládá z buku, smrku, jedle a v některých oblastech se prolíná s javorem klenem (Bercha, 2006). Další výhodnou vlastností jedle je zvyšování stability porostu, čehož je schopná díky svému kůlovitému kořenu, který směřuje hluboko do půdy a jedli tak v půdě ukotví. Tato schopnost se jeví jako přínosná při zpevňování porostů na vodou ovlivněných stanovištích (Remeš, 2022).

Jedle bělokorá se vyskytuje od Pyrenejí až po Normandii. Na východ sahá do Alp a Karpat. V jižních oblastech roste také v Itálii, Bulharsku a Řecku (Dobrowolska et al., 2017). Rozšíření jedle je obdobné jako u smrku, s tím rozdílem, že jedle není přítomna v severské oblasti a místo toho se táhne dále na západ a jih (Remeš, 2022). Z hlediska nadmořské výšky roste jedle od 500 do 2000 m n. m. (Dobrowolska et al., 2017). Nejvyšší výskyt byl zaznamenán v Pyrenejích (900-2100 m. n. m.), kde společně s borovicí utváří horní hranici lesa (Remeš, 2022). Ve státech jako je Francie, Ukrajina a Polsko se jedle běžně vyskytuje i v nížinách (Dobrowolska et al., 2017). V České republice se vyskytuje po celém území s výjimkou teplých pahorkatin a úvalů řek. Nejnižší výskyt byl evidován na Křivoklátsku (300 m. n. m.) a naopak nejvýše roste na Šumavě (1300 m. n. m.) (Remeš,

2022). Na našem území je jedle bělokorá zastoupená 1,2 %, přitom její přirozené zastoupení je 19,8 % (MZe, 2022). Prudký pokles zastoupení byl způsoben holosečným hospodařením, zhoršením kvality ovzduší a preferencí smrku při výsadbě (Uhlířová, Kapitola, 2004). V ČR se doporučuje zvýšit zastoupení jedle bělokoré na 7,6 % (MZe, 2022).

3.5. Vliv abiotických složek prostředí na lesní ekosystém

Sluneční záření je zásadní zdroj energie pro většinu abiotických i biotických procesů. Záření rozdělujeme na ultrafialové (UV), fotosynteticky aktivní záření (FAR), infračervené (IR) a dlouhovlnné. Nejvíce se vyskytuje záření IR 50-79 %, dále FAR má zastoupení 21-46 %, které je zásadní pro produkci lesního ekosystému. UV záření má nejmenší zastoupením, a to 0-4 %. Dopad slunečního záření na zemský povrch ovlivňuje průchod přes atmosféru Země. Sluneční záření, které dopadá na zemský povrch, nazýváme globálním zářením a rozdělujeme jej na přímé a difuzní záření. Dále se záření může odrážet od zemského povrchu nebo tepelně vyzařovat. Difuzní záření je rostlinami využíváno v celém jeho rozsahu, zatímco přímé záření s velkou intenzitou může rostlinám spíše škodit. Korunová vrstva porostu zásadně mění záření a radiační bilanci. Část záření se odráží nebo je pohlcována biomasou. Zbytek záření proniká přes listy. V rámci porostu se tedy vytváří jedinečný světelný režim. Bukové, smrkové a jedlové porosty mohou zachytit 60-98 % množství světla. Na záření lesního ekosystému má vliv druhová skladba, věk a hustota porostu.

Teplota je ovlivňována světelným režimem, druhovým složením, hustotou porostu, věkem a strukturou porostu. Má vliv na transpiraci, asimilaci a respiraci rostlin. Teplotní režim má účinek na rozšíření vegetace na celém zemském povrchu a tvoří tak různé biotopy. Hlavním ukazatelem je délka vegetační doby, která je charakterizována počtem dní, kdy je průměrná denní teplota větší než 10 °C. Pro lesní ekosystém je nutné alespoň 1 měsíc vegetační doby, zatímco listnatý opadavý les vyžaduje alespoň 4 měsíce vegetační doby. Při obnově na holé ploše je pro některé citlivější dřeviny limitujícím faktorem extrémní počasí, jako jsou časná a pozdní mrazy. Nejméně jsou vůči extrémním teplotním podmínkám odolná raná vývojová stadia (semenáčky), naopak více rezistentní jsou pionýrské dřeviny.

Obsah vodní páry ve vzduchu se označuje jako vzdušná vlhkost. Do značné míry určuje podmínky pro odpařování a následnou kondenzaci vody ze vzduchu. Vlhkost vzduchu úzce souvisí s teplotou vzduchu. Změna teplot během dne mění působení

vzdušné vlhkosti při stejném nasycení. Rozdílné teploty mohou způsobit, že má vzdušná vlhkost někdy zvlhčující a jindy výsušný charakter. Vlhkost vzduchu ovlivňuje fyziologické procesy rostlin tedy transpiraci, fotosyntézu a respiraci. V lesním ekosystému je významným aspektem ovlivňujícím vlhkost hustota porostu a druhová struktura. (Podrázský, 2014)

Pod pojmem vítr rozumíme horizontální proudění vzduchu, které je zapříčiněno změnou tlaku. Proudění větru se pohybuje z místa, kde je tlak vyšší, k místu, kde je tlak nižší. Lesní porost utlumuje proudění vzduchu, a tak snižuje povrchový výpar a zvyšuje vzdušnou a půdní vlhkost (Podrázský, 2014). Ve směru proudění převládajících větrů dochází ke škodám na lesních porostech, jako jsou vývraty, zlomy apod. Náchylné jsou především stejnorodé a stejnověké smrkové porosty. Vítr má však i pozitivní účinky na lesní ekosystém, jako je opylování (anemogamie) a rozšiřování semen (anemochorie) (Hrudová, 2011; Podrázský, 2014).

Voda je nepostradatelná pro existenci rostlin, má význam pro fotosyntézu a termoregulaci (Hrudová, 2011). Srážky dělíme na vertikální a horizontální. Pro lesní porost je vedle úhrnu srážek také důležité rozložení srážek během roku a intenzita srážek. Vertikální srážky jako je sníh a déšť jsou významnější než srážky horizontální (Podrázský, 2014). Těžký mokrý sníh může způsobit mechanické poškození větví nebo kmenové části. Působení zatížení může být umocněno silným větrem (Uhlířová, Kapitola, 2004). Horizontální srážky, jako je například mlha, jsou důležitější ve vyšších nadmořských výškách. Horizontální srážky působí také negativně, a to především námrazou (Podrázský, 2014).

3.6. Přírozená obnova

3.6.1. Zásady přírozené obnovy

Pro zajištění přírozené obnovy je třeba dodržovat určité zásady. Patří mezi ně kvalitní porosty, průběh počasí, příznivé mikroklima, vhodné půdní podmínky a vhodné povětrnostní podmínky v době opadu semen až po přežívání semenáčků. Kromě toho musí nastat semenný rok.

Prosvětlení porostu může zvýšit hojnost semen, zlepšit mikroklima a půdní podmínky (Vacek et al., 2018; Mauer, 2009), ale musí se provádět postupně, aby nedošlo k zabuřnění, které by mohlo vyloučit přírozenou obnovu (Mauer, 2009). Velkou intenzitou obnovního zásahu můžeme dosáhnout rychlejšího růstu jedle, ale může to také

způsobit obnovu jiných druhů dřevin, což může vést k vytlačení jedle. Proto je třeba pomalé prosvětlování udržet do doby, než budou mít jedle dostatečný výškový předstih (Kantor et al., 2018).

3.6.2. Fáze přirozené obnovy

Pro vyhodnocení procesu přirozené regenerace je třeba definovat tři různé fáze. První fázi označujeme jako předčasnou, je charakterizována absencí příznivých podmínek v porostu, což sice může vést ke vzniku semenáčků, kteří ale nakonec odumírají. Druhá fáze, označovaná jako optimální fáze, se vyznačuje přítomností příznivých podmínek v porostu, které nabízejí semenáčkům vhodné podmínky pro přežití a odrůstání. Třetí fáze, označovaná jako promeškaná, se vyznačuje nepříznivými podmínkami pro vznik přirozené obnovy díky zabuření plochy (Vacek et al., 2018).

Přirozenou obnovu formou clonné seče můžeme rozdělit na 4 fáze:

První fáze, tzv. přípravná fáze, zahrnuje sledování kvality jedinců, těžbu méně kvalitních stromů, úpravu druhové skladby, podporu výsevu semen a přípravu půdy (Bušina, Hrdina, 2016). S rozvolňováním porostu se mění klima porostu, což vede ke zlepšení přísunu srážek a tepla do lesní půdy a tím se zlepšují povrchové vrstvy humus (Kantor, 2018). Druhá fáze, nazývaná semenná, zahrnuje rovnoměrnou těžbu celé plochy během semenného roku s ohledem na růstové podmínky. Doporučuje se také příprava půdy narušením, aby se zlepšila klíčivost semen. Třetí fáze, označovaná jako fáze prosvětlování, má za cíl podpořit růst semenáčků, ale při těžbě může dojít ke značné škodě na stromcích. Čtvrtá fáze, nazývaná fáze domýtná, zahrnuje domýcení porostů po zajištění obnovy, což znamená značné škody na stromcích (Bušina, Hrdina, 2016). Proto se doporučuje provést tuto fázi v době, kdy je obnova pokryta sněhem. (Kantor, 2018)

3.6.3. Výhody a nevýhody

Hlavní výhodou přirozené obnovy je zachování původních populací a genetické rozmanitosti. Jedinci vzniklí tímto procesem jsou lépe adaptováni na stávající mikrostaništní podmínky. Na rozdíl od výsadby se při přirozené obnově nepoškozuje kořenový systém. Jejím výsledkem jsou hustší a dobře vyvinuté porosty s přirozenou rozrůzněností, která snižuje náklady na výchovu porostů a výsadbu. Při větším počtu sazenic navíc nevznikají významné škody zvěří (Vacek et al., 2018). Mauer (2009) mimo výše zmíněné výhody uvádí také jako výhodu přirozené obnovy v trvalém krytí půdy porostem, což je nejvíce ceněno na zamokřených a mrazových lokalitách.

Nevýhodou přirozené obnovy jsou vysoké nároky na zvolený obnovní postup, kdy je nutné respektovat optimální ekologické nároky obnovovaných dřevin. Při přirozené obnově není možné zlepšit genofond ani druhovou a prostorovou strukturu. Nevýhodou je také to, že se váže na semenné roky (Mauer, 2009). Jedle mají semenné roky jednou za 4-6 let, ale mezi semennými roky může být období, kdy je úroda semen nízká. Slabší semenná úroda může být pro přirozenou obnovu i výhodná, protože během produktivního semenného roku vzniká velké množství semenáčků, což může vést k problému se samo-
proředováním stejnověkových hustých náletů. Kromě toho nemusí být obnova rovnoměrně rozložena, což vede ke vzniku mezer, které je třeba zalesnit (Vacek et al., 2018).

3.6.4. Vývoj přirozené obnovy

V roce 2021 byl nárůst obnovovaných porostů oproti roku 2020 o 9 504 ha. To zapříčinily především nahodilé těžby. V roce 2021 se v rámci celé České republiky obnovilo 49 790 ha, z toho bylo přirozeně obnoveno 9 111 ha (18,3 %). V Národním parku Šumava se např. přirozeně obnovilo 79 % porostů se zastoupením 99 % smrku. Zbýlé procento zaujímají jedle, buk a jeřáb. Při umělé obnově se nejvíce preferuje jedle bělokorá (66,5 %), buk lesní (23,6 %) a javor klen (9,6 %). (MZe, 2022)

Tabulka 1: Vývoj přirozené obnovy v České republice od roku 2000 (MZe, 2022)

Rok	2000	2010	2015	2019	2020	2021
Umělá obnova (ha)	21 867	21 859	18 797	28 670	33 671	40 676
Přirozená obnova (ha)	3 422	5 127	4 749	5 224	6 615	9 111
Celkem	25 309	26 986	23 546	33 894	40 286	49 790
% přirozené obnovy	13,5	19,0	20,2	15,4	16,4	18,3

3.7. Vegetační stupňovitost

Lesní vegetační stupně jsou klimaxové biocenózy determinovány vegetací na určité lokalitě, podmíněny makroklimatem a mezoklimatem v měnicích se nadmořských výškách (Mikita et al., 2014).

Růst jedle v různých vegetačních stupních.

3. Dubo-bukový

Klimaxové bučiny s příměsí dubu. V tomto LVS má jedle těžiště na půdách střídavě vlhkých a podmáčených, ale kvůli vlhkosti vzduchu nedokáže využít maximální růst a nepřerůstá úroveň ostatních dřevin (Žárník, Holuša, 2005).

4. Bukový

Ve 4. LVS je rozšíření jedle ovlivňováno bukem, který je zde v optimu. Na vodou ovlivněných půdách se výskyt jedle pohybuje kolem 40 %, naopak na suchých půdách se jedle téměř neobjevuje (Košulič, 2010).

5. Jedlo-bukový

Stejně tak jako ve 4. LVS jedle roste na všech půdách kromě (hydrických) suchých. Má zde své optimum, předrůstá buk o 10-15 metrů a společně se smrkem tvoří hlavní úroveň porostů (Žárník, Holuša, 2005).

6. Smrko-bukový

Tento LVS se také jmenuje smrko-jedlo-bukový a na některých stanovištích jsou tyto tři dřeviny vyrovnanými konkurenty.

7. Buko-smrkový

Tento vegetační stupeň není z hlediska vitality a plodnosti pro jedli příliš vhodný. Výskyt na vodou ovlivněných půdách se pohybuje kolem 10-30 %. (Košulič, 2010) V 7. LVS může smrkové stejnorodé porosty na vodou neovlivněných půdách přimístit buk a na vodou ovlivněných půdách jedle. (Bušina, Hrdina, 2016)

8. Smrkový

Jedle by zde měla tvořit porosty společně se smrkem nejlépe na rozhraní mezi 7. a 8. LVS. Jedle v tomto LVS dosahuje výšky 20-25 m (Žárník, Holuša, 2005). S výskytem jedle v 8. LSV souhlasí i Černý (2007), i když řada odborných publikací uvádí, že se vyskytuje pouze do 7. LVS.

Ve 4. až 7. LVS se nachází optimální podmínky pro růst smíšených porostů buku, jedle a smrku (hercynská směs). Zastoupení dřevin je závislé na půdních a klimatických

podmínkách. Smrk má své produkční optimum v 5. až 6. LVS, roste na všech stanovištích. Buk má své optimum ve 4. LVS na neovlivněných stanovištích s dostatkem živin a vápníku. Na chudých stanovištích tvoří důležitou meliorační funkci. Jedle má své optimum v 5. LVS na stanovištích svěžích. Na vodou ovlivněných stanovištích tvoří důležitou stabilizační funkci. Do tohoto smíšení je také vhodná příměs javoru klenů a jilmu horského, především ve vyšších polohách. Douglaska díky své vysoké produkci a stabilitě může tvořit přimíšení v 5. LVS (Bušina, Hrdina, 2016).

3.8. Ochrana kultur

3.8.1. Ochrana kultur proti buření

Díky narušení zápoje se dostává světlo k půdě, což umožňuje růst nejen přirozené obnovy, ale také růst konkurenční buřeny. Díky zabuřením porostu může selhat přirozená obnova (Dyderski et al., 2018) a obnova porostu se dostává do proměškané fáze (Vacek et al., 2018). V horských polohách negativně ovlivňuje obnovu porostu husté porosty *Rubus* spp., které omezují možnost přeměny čistých smrkových porostů na porosty smíšené (Berger et al., 2004). Buřena má i své pozitiva, která spočívají v ochraně obnovy před okusem zvěří a měněním mikroklimatu (stín, vlhkost a teplota vzduchu). Těchto pozitivních účinků buřeny docílíme tím, že neposečeme buřenu u země, ale na úrovni terminálního pupenu. Růst buřeny závisí na množství světla a bohatosti stanoviště. Platí, že na bohatších stanovištích je buřena více a s větší agresivitou než na chudých stanovištích. Pro ochranu obnovy je vhodné minimalizovat růst buřeny tím, že s první prosvětlovací fází obnovy počkáme na semenný rok. Dále můžeme obnovu chránit mechanicky, chemicky anebo technicky. Mechanický princip spočívá ve vyžínání, ošlapávání a mulčování. Chemický princip spočívá v používání herbicidů. Ochrana proti buření se v horských lesích provádí v červenci a srpnu. Nejzávažnějším druhem buřeny jsou třtiny. Druhy jako borůvky a vřesy není nutné ožínat (Mauer, 2009).

3.8.2. Ochrana kultur proti zvěři

Nadměrný počet zvěře ohrožuje početnost a zdravotní stav přirozené obnovy. Jelikož je jedle jedna z nejvíce pro zvěř vyhledávanou dřevinou má velké problémy při obnově. Atraktivní je především pro srnčí zvěř (Simončič et al., 2019). Mezi další zvěři vyhledávanou dřevinou patří jeřáb ptačí a javor klen, méně atraktivní jsou smrk a buk (Dyderski et al., 2018; Čermák, 2006). Škody okusem vznikají nejvíce v zimě, a to na čerstvě zalesněných sazenicích. Zvěř více poškozuje uměle zalesněné stromky než

stromky z přirozené obnovy, to může být zapříčiněno tím, že stromky čerstvě vysazené mají odlišnou chuť než stromky, které rostou na lokalitě déle. Dále jsou více poškozovány podzimní výsadby než jarní. Platí, že čím menší má dřevina zastoupení, tím je více poškozována, a proto je potřeba takové dřeviny chránit. Pro minimalizování škod se uvádí zastoupení alespoň 30 %. Horské lesy, kde je vyšší počet jelení zvěře, jsou více ohroženy než porosty v nížinách (Vacek, 2014). Při ochraně kultury proti zvěři můžeme postupovat buďto cestou biologickou, chemickou, mechanickou anebo biotechnickou. Mezi biologické způsoby se řadí například výsadba okusových sazenic, pro kterou jsou vhodné druhy jako osika, olše nebo bříza. Mechanickou obranou se rozumí výstavba oplocenek nebo individuální ovazy, které chrání proti loupání. Při stavbě oplocenky je důležitá zejména její výška, pro jelení zvěř by měla výška dosahovat 2,2 m a pro srnčí stačí 1,5 m. Chemická obrana spočívá v aplikaci repelentů, které zvěř odpuzují a snižují chutnost dřevin. Tvorba přezimovacích obůrek a zvyšování úživnosti honitby patří mezi biotechnické způsoby ochrany (Forst et al., 1985). Zabránit zvěři v poškozování může také přítomnost bylinného patra, kde jsou některé druhy jako je jahodník obecný nebo šťavel kyselý, které jsou atraktivnější než mnohé dřeviny (Simončič et al., 2019). Množství zvěře by mělo být na únosném stavu, aby nebylo ohroženo životní prostředí jak na straně myslivosti, tak na straně lesnictví (Sloup, 2007).

3.10. Tvorba smíšených lesů

V minulosti byl smrk ztepilý obnovován holosečným způsobem, díky tomu jsou na spoustě lokalitách místo smíšených lesů smrkové stejnověkové monokultury. Smrkové monokultury se zaváděly díky vysoké produkci a nízkým nákladům. Tyto smrkové monokultury mají dnes velký problém, a to je klimatická změna, proto se tyto porosty začínají opět přetvářet na smíšené porosty s větším zastoupením listnatých dřevin, a to především bukem lesním. Smíšené porosty mají mnoho pozitiv, kterými jsou například: vyšší produkce a biodiverzita a větší stabilita (Vacek et al., 2021). Smíšené porosty umožňují růst stromů různých velikostí. Taková vertikální strukturace umožňuje přežívání menších jedinců, díky tomu, že více světla prostupuje k půdě (Pretzsch, Schütze, 2016). Vertikální strukturace ovlivňuje strukturu a velikost korun, které úzce souvisí s produkcí a šířením semen. (Pretzsch, 2019). Je tedy patrné, že přirozené obnově se více daří ve smíšených porostech (Albrecht et al., 2012). Růst stínomilných dřevin, jako je jedle v podúrovni, může zvyšovat produkci. Přirozená obnova smrku je vhodná na stanovištích, kde hrozí eroze půdy a vysychání. Předpokladem je kvalitní mateřský

porost. Přirozené obnově smrku se dobře daří na kyselých stanovištích, kde není velká konkurence buřeně. Z hlediska hospodářských způsobů je vhodné použít podrovní nebo násečný HZ. Pro přirozenou obnovu buku a jedle se nejvíce hodí maloplošné skupinovitě clonné seče. Geneticky vhodný mateřský porost je hlavní zásadou přirozené obnovy bukových porostů. Buk se velmi dobře zmlazuje. Přirozená obnova jedle by měla být pod clonou mateřského porostu. Používat skupinové anebo pruhové clonné seče. Vhodné je obnovu prostorově oddělit od dřevin rychleji rostoucích a postupně odkacovat mateřský porost, aby si jedle pomalu zvykali na světlo. Vhodné je vytvořit výškově strukturovaný porost. (Bušina, Hrdina, 2016)

Na území České republiky se odhaduje, že až 90 % lesních pozemků je vhodných pro smíšené lesy. Zakládání smíšených lesů je velmi náročná disciplína. Smíšené lesy mohou vzniknout přirozenou obnovou smíšeného lesa, ale také dvou nesmíšených lesů vedle sebe. Další možnost vzniku smíšeného lesa je kombinovanou obnovou, kdy se v mezerách přirozené obnovy vysadí jiné dřeviny. Jde především o meliorační a zpevňující dřeviny, do kterých patří například buk a jedle. Poslední možností tvorby smíšených lesů je umělou obnovou, kdy se různé dřeviny vysazují do hloučků anebo skupin. Jde především o smíšení buku se smrkem. Smíšené porosty smrku, jedle a buku (tzv. hercynská směs) se zakládají v menších mezerách mateřského porostu, kdy mateřský porost chrání obnovu před mrazem nebo velkým osluněním. Stinné dřeviny jako je jedle a buk by měly být obnovovány v předstihu, a to buď přirozenou cestou, nebo výsadbou (Vacek et al., 2018).

Pro tvorbu smíšeného lesa musíme brát v potaz ekologické nároky dřevin. Vysazovat dřeviny, popřípadě jejich ekotypy na jejich optimální stanoviště. Způsob tvorby směsí dřevin záleží mimo jiné i na jejich tempu růstu. Smrk, jedle a buk mají jiné tempo růstu, které záleží mimo jiné i na stanovišti. Pro zdárnou obnovu všech tří dřevin je proto vhodné dát jedli jakožto nejpomalejší dřevině dostatečný náskok, následně začneme obnovovat buk a jako poslední smrk. Přičemž náskok jednotlivých dřevin by měl být alespoň 4 roky (Mauer, 2009). Bušina, Hrdina (2016) uvádí odstup obnovy jedle od buku 5-10 let a odstup obnovy buku od smrku až 10-15 let. Stancioiu, O'Hara (2006) uvádí, že rychlost růstu jedle, buku a smrku může být stejná na lokalitách s více narušeným zápojem za předpokladu, že se již obnova vyskytuje. Pokud není přítomná přirozená obnova buku a jedle, tak při otevření zápoje bude mít konkurenční výhodu smrk. Otevřené podmínky tak mohou bránit přirozené obnově jedle a buku. Brunner, Huss

(1994) uvádějí, že stejné tempo růstu těchto dřevin lze dosáhnout ve středně otevřených lokalitách. Na lokalitě s velmi nízkým narušením zápoje smrk předrůstá buk a v otevřených lokalitách roste jedle pomaleji než smrk a buk. Toto tvrzení podporuje Rozenbergar et al., (2007), který uvádí, že jedli v otevřeném zápoji s velkým množstvím difuzního a přímého světla buk potlačuje. Dále uvádí, že vhodná velikost mezery pro obnovu jedle, kde může konkurovat ostatním dřevinám, je 0,03-0,11 ha.

3.11. Hospodářské způsoby

Hospodářské způsoby jsou definovány vyhláškou č. 298/2018 Sb.:

1. podrostní, při němž obnova lesních porostů probíhá pod ochranou těženého porostu
2. násečný, při němž obnova lesních porostů probíhá na souvislé vytěžené ploše, jejíž šíře nepřekročí průměrnou výšku těženého porostu, popřípadě i pod ochranou přilehlého porostu
3. holosečný, při němž obnova lesních porostů probíhá na souvislé vytěžené ploše, širší než průměrná výška těženého porostu
4. výběrný, při němž těžba za účelem obnovy a výchovy lesních porostů není časově a prostorově rozlišena a uskutečňuje se výběrem jednotlivých stromů nebo skupin stromů na ploše porostu

3.11.1. Podrostní hospodářský způsob

Při podrostním HZ obnova probíhá na zacloněné ploše před celkovým smýcením porostu. Po dobu obnovní doby jsou porosty vertikálně rozrůzněné. Rozděluje se na formu clonnou a formu skupinovitě clonnou. Při clonné formě se zpravidla prosvětlují porosty 2-4 fázemi na velkých plochách. Výsledkem jsou pak převážně stejnověké porosty, zatímco při skupinovitě clonné formě se obnova provádí po dlouhou dobu a uplatňují se kvalitativní výběry jednotlivých stromů. Vznikají tedy výrazně nestejnověké porosty. Tato forma podrostního hospodářského způsobu se přibližuje skupinovitě výběrnému hospodářskému způsobu. (Poleno, 1999)

Vacek, Podrázský (2006) uvádí pět forem podrostního hospodářského způsobu, kterými jsou: velkoplošná clonná seč, okrajová clonná seč, pruhová clonná seč, skupinovitá clonná seč a pomístně skupinovitá clonná seč.

Velkoplošná clonná seč spočívá v pravidelném prosvětlování, kdy se po zajištění náletů rychle porost domýtí. Zpravidla se rozděluje na čtyři seče: seč přípravná, semenná, prosvětlovací, domýtná. Hlavní předností této formy je zajištění přirozené obnovy na velké ploše v jednom semenném roce. Tento způsob je vhodný pro obnovu buku lesního, protože má dlouhou periodicitu semenných let. Nevýhodou je vznik stejnověkových, nesmíšených porostů a při nezdaru hrozí zabuřeněním plochy. (Vacek et al., 2018)

Při okrajové clonné seči se postupuje od kraje porostu pomocí výše zmíněných sečí. Seče jsou vedeny v pruzích, a tak nevznikají velké stejnověkové porosty. Tato seč je ale nevhodná pro obnovu stinných dřevin, jako je buk a jedle, protože je to velmi pomalý postup.

Pruhová clonná seč je modifikací okrajové clonné seče s rozdílem, že se porost rozdělí na více pracovních polí, v kterých se pracuje souběžně. Vzniká tak rychlejší postup obnovy a je tedy už vhodný pro jedli a buk. (Vacek, Podrázský, 2006) Při této obnově se začíná na okraji porostu a postupuje se v pásích proti směru převládajících větrů. Tyto pásy by neměly být větší než dvojnásobek výšky obnovovaného porostu. V průběhu semenného roku je první pás rozvolněn za účelem semenné fáze, zároveň se v druhém pásu provede seč přípravná. Poté se první pás uvolní současně se semennou sečí ve druhém pásu a přípravnou sečí ve třetím pásu. Proces obnovy pak pokračuje sečí domýtnou v prvním pásu, uvolňovací sečí ve druhém pásu, sečí semennou ve třetím pásu a přípravnou sečí ve čtvrtém pásu. (Kantor, 2018)

Pokud je porost tvořený jen jednou dřevinou, je možné použít skupinovitou clonnou seč, která spočívá v rozdělení porostu na tzv. kotlíky do kterých se vnášejí stinné dřeviny jako je buk a jedle. Vznikají tak porosty smíšené a různověké. Kotlíky se umísťují tak, aby se v pokročilé fázi spojily a tvořily žebro porostu. Po úplném uvolnění se pokračuje další fází po obvodu kotlíku. (Vacek, Podrázský, 2006) Pro obnovu jedle se navrhuje používat postupy vyvinuté uvnitř porostu, jako je nepravidelná skupinová clonná seč, která je charakterizována pomalejším postupem obnovy. (Kantor, 2018)

Modifikací skupinovité clonné seče je pomístně skupinovitá clonná seč, která se liší v nepravidelnosti zásahů. Díky výběrným principům vznikají velmi diferencované skupiny s rozdílnou hustotou a obnovou. Nevýhodou této seče je velmi dlouhá obnovní doba. Výsledkem této seče je les velmi podobný výběrnému lesu s rozdílem, že chybí střední věková vrstva. (Vacek, Podrázský, 2006)

3.11.2. Násečný hospodářský způsob

Legislativa umožňuje při násečném hospodářském způsobu vznik holiny, která má šířku maximálně na jednu výšku porostu. (Vacek et al., 2018) Tento HZ umožňuje jak obnovu stinných, tak světlomilných dřevin. Obnova probíhá jak na holé ploše, tak pod ochranou mateřského porostu. Postupně se okraj posouvá směrem do porostu, kdy je rychlost tohoto posunu závislá na tom, jestli je zdárná obnova a také na celkové výši těžby. Pruh holoseče může být však nahrazen pomístnou skupinovitou clonnou sečí. Postup sečí by měl být proti převládajícím větrům. Proto by se mělo postupovat od východu k západu, popřípadě od severu k jihu. (Vacek, Podrázský, 2006) Vacek et al., (2018) uvádí, že postup od severu je nejvhodnější pro stinné dřeviny. Opačné vedení sečí od jihu k severu není vhodné, protože by byla porostní stěna trvale osluněna. Vedení od západu k východu je také nevhodné, protože dochází k otevření porostní stěny a může dojít k porušení větrem anebo k vysušení půdy. Tento HZ vytváří dobře diferencované podmínky v porostech. Variabilita se může dále měnit rychlostí postupu obnovy a různým stupněm rozvolnění vnitřního okraje. Nevýhodou tohoto způsobu je velmi rychlá obnova, která nemusí vyhovovat citlivým dřevinám jako je buk a jedle.

Pro obnovu herycenské směsi byla vytvořena modifikace násečného hospodářského způsobu (obrubná seč). Postup obnovy by měl být 2-3 m za rok. Kombinuje se tedy okrajová seč holá a nedokonalá seč clonná. Tato seč má pouze tři fáze: skupinovitě uvolnění v 2-3m širokém pruhu, další uvolnění a začátek uvolňování v dalším pruhu a poslední fáze spočívá v domýcení prvního pruhu, uvolněním druhého pruhu a přípravě třetího pruhu. Postup by měl být veden od severu k jihu. Tento způsob je vhodný na bohatých stanovištích s ročním úhrnem srážek 800 mm. (Vacek, Podrázský, 2006)

3.11.3. Holosečný hospodářský způsob

Hospodářský způsob holosečný spočívá ve vytěžení porostu a následné obnově. Vznikají přitom porosty jednoetážové. (Poleno, 1999) Holosečný hospodářský způsob nemá tolik sečí jako podrostní. Je ale nutné vylišit maloplošnou a velkoplošnou formu. Maloplošná forma by neměla být větší než 1 ha s maximální šířkou na dvě výšky těžného porostu a na exponovaných stanovištích nesmí šířka přesáhnout průměrnou výšku těžného porostu. Výjimku mají hospodářské soubory 13 (přirozené borové stanoviště) a 19 (přirozené lužní stanoviště), které mohou mít velikost holé seče až 2 ha a bez omezení šířky. Další výjimkou jsou nepřístupné horské svahy, jejichž délka je větší než 250 m. Na

těchto svazích je povolena holá seč do velikosti 2 ha. Holosečný způsob se začal provádět koncem 18. století, kdy se většinou listnaté porosty přeměnily na porosty borové, následně smrkové. Stal se nejdůležitějším hospodářským způsobem. Spočívá ve vytěžení části nebo celého porostu v jednom nebo více sečích v krátkém intervalu. Plocha lesa tím ztrácí charakter lesa. Výrazně se tak mění světlostní a teplotní režim. Se světlostním režimem se také mění dlouhovlnné vyzařování, které ovlivňuje mikroklimatické podmínky. Na holé ploše kvůli absenci mateřského porostu mohou teploty přes den dosahovat extrémních hodnot. Opačně je tomu v noci, kdy dochází k výrazně menším teplotám na holé ploše než uvnitř porostu. To může být limitující pro některé citlivé dřeviny. Z důvodu odstranění mateřského porostu dochází k nižší evapotranspiraci, a tím se snižuje vzdušná vlhkost. Dalším problémem je intercepce a transpirace srážkové vody, která se musí při absenci vegetace vsakovat do půdy nebo povrchově odtékat, a tak mohou vznikat eroze půdy. (Vacek, Podrázský, 2006)

3.11.4. Výběrný hospodářský způsob

Ve výběrném způsobu se zaměřujeme na jeden strom, popřípadě skupinu stromů. Stromová forma je striktně orientovaná pouze na jeden strom. Skupinovitá forma se zaměřuje na skupiny, které jsou věkově rozrůzněné maximálně o 40 let. (Poleno, 1999) Výběr spočívá na celé ploše ve velmi krátkém časovém rozestupu. Ideální výběrný les je charakterizovaný tím, že jsou na malé ploše zastoupeny všechny věkové stupně (Vacek, Podrázský, 2006), na celé ploše probíhá přirozená obnova a jde zde možnost nepřetržité těžby. (Vacek et al., 2018) Podmínkou pro výběrný les je vhodná dřevinná skladba (stinné dřeviny), především jedle, a vhodné klimatické podmínky, především dostatečný úhrn srážek (více než 1000 mm). Výběrný les má vysokou produktivitu a stabilitu. Kulminace přírůstu však nastává mnohem později než v lese pasečném. Výběrný les má tedy nižší objemovou produkci než pasečný les, avšak hodnotová produkce je mnohem vyšší než u lesa pasečného. Výhodou výběrného lesa jsou: zastoupení všech tloušťkových tříd, trvalá roční těžba i na malých výměřích, díky vysokému zastoupení tlustého dřeva se zvyšuje hodnotová produkce, vysoká stabilita. Nevýhodou výběrného lesa jsou: vysoké nároky na znalosti lesníků, náročnější těžba a vyklizování, potřeba dokonalého rozčlenění porostů, nevhodnost pro slunné dřeviny. (Vacek, Podrázský, 2006) Základním nástrojem pro hospodářskou úpravu ve výběrném lese je celkový běžný přírůst, porostní zásoba a tloušťková struktura. (Poleno, 1999)

3.13. Klimatická změna

Změna klimatu se projevuje některými nepříznivými důsledky, jako je sucho, mrazy, nedostatek srážek nebo zvýšení průměrné teploty, což zásadně ovlivňuje lesní ekosystémy (Dobrowolská et al., 2017; Ficko et al., 2011). Ve starším a mladším Atlantiku (5500-2500 př.nl.) byly teploty i srážky vyšší, než je tomu dnes. V těchto dobách převládaly smíšené doubravy. Z tohoto poznatku se může odvodit druhové složení našich lesů při možné změně klimatu. V nížinách až v pahorkatinách na vlhčích stanovištích by mohl být dominantní dub letní. Na sušších stanovištích by pak mohl dub letní nahradit dub zimní. Teplejší, oceánické klima by mohlo umožnit rozšíření dřevin citlivé na mrazy, jako je například jedle. Mohlo by tak dojít k vysokému nárůstu zastoupení jedle a buku (Kupka, 2002). Očekávané změny teplot a srážek mohou ovlivnit růst, vitalitu a rozšíření všech tří druhů dřevin hodnocených v této práci (SM, JD, BK).

Biodiverzita je často považována za klíčovou vlastnost podporující odolnost lesního ekosystému vůči extrémním suchům (Bottero et al., 2021). Jedle obecně vykazuje vyšší odolnost vůči suchu než smrk a buk (Bosela et al., 2018; Frank et al., 2017). Je tomu tak díky hlubokému kořenovému systému. Odumírání jedle na sucho je zapříčiněno napadením parazitickými houbami, které zapříčiňují odumírání kořenů (Elling et al., 2009). Oproti tomu se jedle déle zotavuje z velkého sucha než smrk (Bottero et al., 2021). Optimální srážky jsou pro jedli přibližně 750 mm/rok (Kupka, 2002) a pro buk jsou mezi 800-1000 mm (Míkita et al., 2014). Jedle při malém snížení srážek vykazovala vyšší přírůst, to může být zapříčiněno vyššími teplotami, naopak tomu bylo u smrku, který vykazoval při malém stresu ze sucha menší přírůst. Při velkém snížení srážek vykazovaly obě dřeviny menší přírůst, přičemž smrk vykazoval větší zmenšení přírůstu (Bottero et al., 2021).

Existují náznaky, že jedle bělokorá by mohla být pro budoucí evropské klima vhodnější, protože během středního holocénu dobře rostla v teplejších podmínkách, než jaké jsou dnes. Růst jedle se potenciálně zvýší v teplejším klimatu, zejména pokud povede k mírnějším zimním a jarním podmínkám, zatímco smrk bude pravděpodobně v teplejších a sušších podmínkách trpět, což povede ke snížení produkce dřeva, a to zejména v nižších nadmořských výškách (Bottero et al., 2021). Očekává se, že smrk ztratí velké části svého současného areálu v nížinách a expanduje do vyšších poloh v horách. Ve středních nadmořských výškách bude mít velkou konkurenci buku, u kterého se také předpokládá rozšíření jeho rozsahu směrem do vyšších nadmořských výšek. To by mohlo budoucí

areál výskytu smrku zúžit (Frank et al., 2017). Čermák (2006) uvádí, že v roce 1990 bylo na území České republiky 37 % lokalit vhodných pro růst smrku. Na rok 2040 se předpokládá, že vhodná stanoviště pro smrk klesnou na 12 % a v roce 2060 na pouhých 5 %. Naopak rozloha vhodná pro dub vzroste, a to až na 91-96 % (Mikita et al., 2014).

Smrk ztepilý je náchylný na větrné kalamity, letní sucha způsobená klimatickými změnami a následně kůrovcovou kalamitou. Proto se jako vhodné jeví používat druhy více odolné, jako je například buk a jedle (Lindner et al., 2014). Smrk je vysoce produktivní dřevina a při jeho nahrazení se musí tato produkce kompenzovat. Douglaska tisolistá má vyšší produkční potenciál a vyšší odolnost vůči suchu než smrk, proto by mohla douglaska na některých lokalitách a za určitých podmínek nahradit vysoké zastoupení smrku. Douglaska by však neměla přesáhnout v porostu více jak 20 % zastoupení, aby se neprojevovalo invazivní chování (Remeš, 2020).

Očekává se, že se klimatické podmínky ve střední Evropě v letech 2051–2080 oproti druhé polovině 20. století (1951–2000) výrazně změní. Průměrné letní teploty vzrostou o 1,3 až 2,7 °C a letní srážky se sníží až o 25 % (Lindner et al., 2014). Vyšší průměrná teplota bude mít za následek zvýšení evaporace, což povede k rychlejšímu ztrátám vody v půdě (Trnka et al., 2015). Odolné lesy jsou jedním z klíčů, jak těmto změnám čelit. Lesnictví má navíc velký potenciál zmírňovat dopady změny klimatu ukládáním uhlíku v lesních ekosystémech (Vitali et al., 2017). Cílem většiny strategií na zmírnění negativních dopadů klimatické změny je zlepšit tok genů (neboli migraci) a evoluční adaptaci. Dále je třeba zvážit zavedení nebo podporu náhradních druhů, jako je douglaska, jako náhradu smrku anebo duby jako náhradu buku (Frank et al., 2017) anebo snížit hustotu porostů, čímž se zvýší dostupnost vody pro ponechané stromy (Bottero et al., 2021). Jedli je vhodné preferovat ve vyšších nadmořských výškách. Doporučuje se nenahrazovat monokultury monokulturami, ale spíše pěstovat lesy smíšené, které mají lepší produkci, stabilitu (Bottero et al., 2021; Vitali et al., 2017) a jsou odolnější vůči biotickým a abiotickým rizikům (Yousefpour et al., 2010).

4. Metodika

V roce 2020 byly v zájmové lokalitě vytvořeny dvě výzkumné plochy o rozměrech 50x50 metrů (2500 m²), a to v místech s výskytem přirozeného zmlazení jedle bělokoré. *První plocha byla založena v části, kde se nacházeli menší jedinci obnovy. Druhá plocha byla založena tam, kde se již vyskytovali odrostlejší jedinci. V každé z těchto*

výzkumných ploch byla vytvořena síť monitorovacích ploch o velikosti 5x5 metrů (25 m²). Celkem bylo založeno 200 monitorovacích plošek, které se v rozích vymezily dřevěnými kolíky. Kolíky se pro lepší rozpoznání označily výraznou barvou (Hudlička, 2021). V roce 2022 proběhla kontrola trvale výzkumných ploch a případná oprava monitorovacích plošek.

4.1. Přírodní lesní oblast 13- Šumava

PLO 13 má rozlohu 211 302 ha a její lesnatost je 66,4 %. Na Šumavě jsou častá prameniště a rašeliniště a prochází jí dvě rozvodí, a to Severního moře a Černého moře. Z hlediska hydrologie jsou důležité také ledovcová jezera. Nejčastější horniny jsou svory, ruly, pararuly, žuly a granodiority. Půdy neovlivněné vodou jsou zastoupeny přibližně na 70 % plochy území. Nejčastěji se vyskytujícími půdními typy jsou kryptopodzol a kambizem. Na půdách ovlivněných vodou jsou nejčastějšími půdními typy gleje, pseudogleje a organozemě. V PLO 13 jsou zastoupeny všechny ekologické řady. Dominuje řada kyselá (50,2 %), dále má větší význam řada obohacená vodou (11,4 %), řada oglejená a podmáčená (8,7 %), dále řada obohacená humusem (3,5 %) a řada extrémní (1,9 %).

V PLO Šumava můžeme počítat s tím, že se v souvislosti s probíhajícími klimatickými změnami bude zastoupení smrku do budoucna snižovat, což umožní vznik prostoru pro jiné dřeviny. Díky tomu, že je zastoupení smrku ztepilého lehce přes 80 %, vzniká velké ohrožení porostů. Na tuto problematiku reagují rámcové směrnice hospodaření, které zdůrazňují zvýšení zastoupení listnatých dřevin a jedle. Dále zdůrazňují maximální využití přirozené obnovy původních dřevin. Je nutné také počítat s rozšiřováním buku do 8. LVS. V 5. až 7. LVS bude docházet ke zvyšování zastoupení jedle a buku. Na Šumavě jsou zastoupeny lesní vegetační stupně od 5. do 9. LVS. Nejvíce zastoupený je 6. LVS (56,5 %) a 7. LVS (29,2 %) (Hudlička, 2021).

4.2. Lesní správa Železná Ruda

V 16. století narušilo původní prales železářství, výroba dřevěného uhlí a v 17. století sklářství. Po těžbě se musely nechat výstavky v porostu, a to převážně buky, které neměly v té době příliš velké upotřebení. Obnova porostů se nechala na přírodě až od začátku 19. století, kdy se začaly porosty obnovovat uměle. V této době se už věnuje větší pozornost jedli a buku. Dřevinná skladba k roku 1818 byla ve starých porostech tvořena převážně smrkem, bukem a jedlí. V mladších porostech už byla převaha smrku. Koncem

19. století byla obnova převážně přirozená. V dnešní době je nejvíce zastoupený smrk (81 %), borovice (5 %), jedle (4 %), buk (4 %), olše (2 %) a modřín s břizou (2 %). (Hudlička, 2021).

LS-Železná Ruda obhospodařuje 15 579 ha lesní půdy, které jsou majetkem státu. Lesní správa se rozděluje do jedenácti revírů. Největší část LS se nachází v přírodní lesní oblasti 13 (88 %), zbylá část se nachází v přírodní lesní oblasti 12 (12 %). Nachází se zde velké zastoupení lesů ochranných (5,8 %) a lesů zvláštního určení (20,1 %). Nejvíce území zabírá Chráněná krajinná oblast Šumava (70 %). Nejnižším bodem LS je obec Čepice (445 m n. m.). Nejvyšším bodem je Jezerní hora (1343 m n. m.) Střední nadmořská výška LS Železná Ruda je 893 m n. m. Průměrná roční teplota se pohybuje mezi 4-7 °C a průměrné roční srážky činí 600-1200 mm. Tvoří ji převážně biotické pararuly, svorové ruly a svory. (ÚHÚL, 2001) Maximální celková výše těžeb za decennium je na LS Železná Ruda 679 000 m³ b.k., což odpovídá průměrné roční těžbě 9,02 m³/ha. Minimální rozsah výchovných zásahů do 40 let činí na decennium 864,95 ha. Z toho 337,83 ha prořezávek a 527,12 ha probírek. Pro rok 2020 činí celková výše těžeb 101 000 m³, z toho je 90 000 m³ nahodilých. Nahodilé těžby jsou jak kůrovcové, tak živelné. Z toho vyplývají používané hospodářské způsoby. Při nahodilých těžbách vznikají často holoseče, které je nutno zalesnit. Zbývající těžba je mýtní úmyslná, při které se používá hospodářský způsob násečný, zejména pro jedli bělokorou, která se již v porostu obnovuje. Při násečném HZ se používá nejčastěji clonná seč. Přirozená obnova probíhá na 27,2 ha a umělá na 61,84 ha, což také svědčí o velké míře nahodilých těžeb. V roce 2021 je naplánovaná těžba o velikosti 119 000 m³ a počítá se se snížením nahodilých těžeb, a tudíž s větší přirozenou obnovou (Hudlička, 2021).

4.3. Zájmové území

Zájmové území se nachází v porostu 116 A 13/01. Dílec leží na severním svahu v nadmořské výšce 860-970 m n. m. Porost má rozlohu 18,08 ha a nachází se v něm dvě etáže. Spodní etáž se rozkládá na 3,62 ha. Má 16 let, její dřevinná skladba je SM (60 %), JD (30 %), BK (5 %), JR (5 %). Horní etáž je ve věku 135 let, její dřevinná skladba je SM (65 %), JD (20 %), BK (15 %). Porost je zařazen do ochranného pásma D - nízká úroveň znečištění imisemi. Genetická klasifikace je u smrku a buku C a u jedle B. Zásoba porostu je 486 m³/ha. Geologickým podložím je na zkusných plochách svor. Lesní typ je 6S1 (svěží smrková bučina), který se v přírodní lesní oblasti Šumava rozkládá na ploše 7645 ha. Roční úhrn srážek je 1276 mm (Hudlička, 2021).

4.4. Sběr dat

4.4.1. Analýza přirozené obnovy

V roce 2020 se v rámci bakalářské práce Hudlička (2021) zjišťoval počet jedinců obnovy na každé monitorovací ploše (5x5m) Jedinci byli rozděleni do výškových tříd. Dále byl v každé monitorovací ploše změřen alespoň jeden dominantní jedinec, především jedle a smrky. Měřily se u nich tyto údaje: výška, výška koruny, průměr kořenového krčku, délka terminálního pupenu, přírůst za 3 roky a délka třetí nejvyšší laterální větve. Dále se vypočítal i dominantních jedinců index apikální dominance jako poměr mezi přírůstem za 3 roky a délkou laterální větve.

4.4.2. Analýza horní etáže

Dále se v rámci bakalářské práce zjišťovaly údaje o horní etáži, kde se *každý jedinec s výčetní tloušťkou (d1,3) nad 7 cm označil číslem, kde spodní hrana čísla označuje výšku 1,3 metrů nad zemí. Následně byl u každého takto označeného jedince změřen obvod pomocí pásma s přesností na milimetry. Tento údaj byl následně převeden na výčetní tloušťku. Pomocí výškoměru Vertex byly změřeny výšky všech stromů.* (Hudlička,2021) V rámci šetření diplomové práce byly pořízeny vývrty pomocí přírůstového Presslerova nebozezu (Haglöf Mora-Coretax). Celkem se na obou plochách vyvrtalo 18 vzorků jedle bělokoré a 23 vzorků smrku ztepilého. Vývrty byly odebírány v prsní výšce 1,3 m. Pro odběr vývrtů se vybraly stromy úrovnové, podle Kraftovy klasifikace. (Kraft, 1884) Vývrtané vzorky byly obroušeny a následně byly na měřicím stole LINTAB, společně s binokulární lupou, změřeny roční přírůstky s přesností na 0,01 mm. Roční přírůstky byly zaznamenávány v softwaru TsapWin (Rinntech). Jelikož je roční tloušťkový přírůst závislý na věku, velikosti koruny a poloze koruny, je třeba se tohoto vlivu zbavit při posuzování s klimatem. (Fritts, 1976) Data se tedy detrendovala a převedla na bezrozměrný index šířky letokruhu RWI (ring width index). Tyto indexy byly zprůměrovány za každý rok a dále se posuzovaly s klimatickými údaji získanými z meteorologické stanice Hojsova Stráž (867 m n. m.) Posuzovala se průměrná roční teplota, průměrná teplota ve vegetačním období (duben-září), úhrn srážek za celý rok a úhrn srážek za vegetační období (duben-září). Následně byly z klimatických údajů a RWI vytvořeny grafy. Z jednotlivých přírůstů byla také vytvořena popisná statistika (směrodatná odchylka, průměr, počet vzorků, minimální a maximální hodnota). Dále se vytvořil v programu DendroClim vliv přírůstu (RWI) na teplotu a srážky. (Biondi, Waikul, 2004) Data se posuzovala od května minulého roku až po září současného roku.

Celkem se posuzovaly hodnoty od roku 1990 do roku 2022. Z výsledků byl vytvořen graf, který uvádí pouze hodnoty odpovídající hladině významnosti $p < 0,05$. Pro posouzení, zda jsou korelace statisticky významné, se použil v programu RStudio Pearsonův korelační koeficient (cor.test). Pro porovnání mezi středními hodnotami se použil Welch Two Sample t-test.

4.4.3. Analýza světelných podmínek

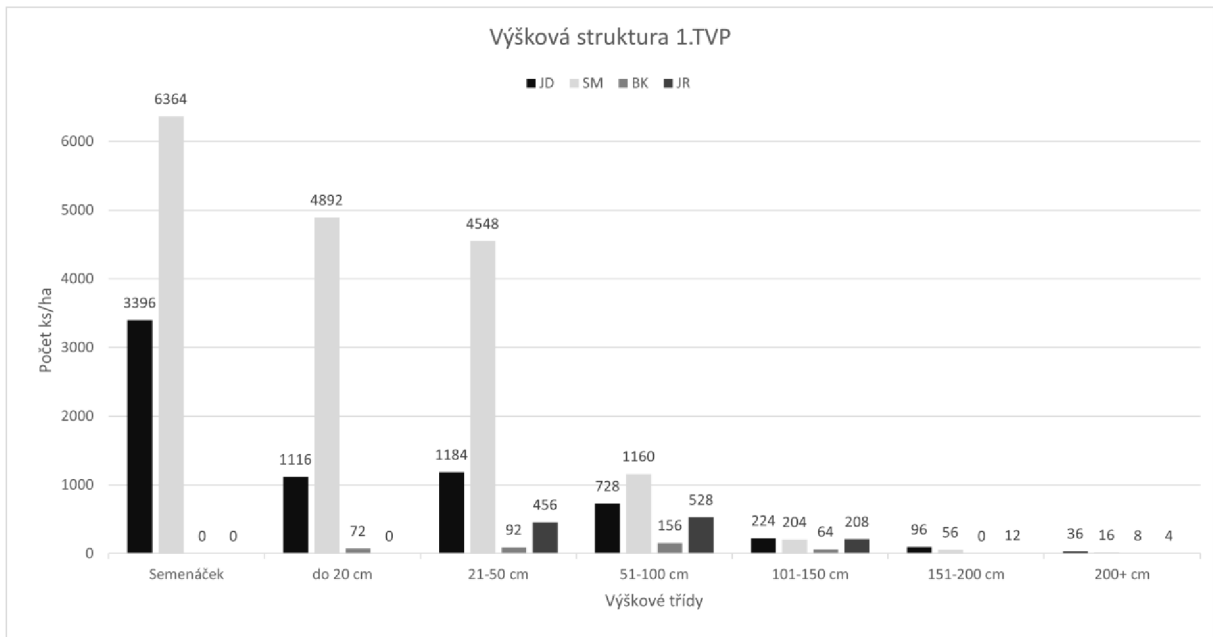
Na každé monitorovací ploše (5x5 m) se zjišťovaly světelné podmínky pomocí fotoaparátu s objektivem rybího oka. Fotoaparát se umístil na stativ uprostřed každé plochy, vždy směrem na sever. Hemisférické fotografie byly dále zpracovávány v softwaru Lightanalyzer. Pro posouzení, zda otevřenost zápoje koreluje s parametry přirozené obnovy byl v Rstudiu použit Pearsonův korelační koeficient (cor.test). Jednotlivé korelace s p-hodnotou byly zapsány do přehledné tabulky.

5. Výsledky a diskuze

5.1. Parametry přirozené obnovy

Celkový počet jedinců na 1. TVP je 6 405 ks, v přepočtu na hektar to je 25 620 ks. Při analýze byly zjištěny 4 druhy dřevin se zastoupením SM 67 %, JD 26 %, BK 2 % a JR 5 %. Výškové členění obnovy dokládá, že nejčetnější je 1. výšková třída (semenačky), kde se nachází 9 760 jedinců na hektar. V dalších výškových třídách četnost klesá. Ve druhé výškové třídě je 6 080 ks/ha a je zde dominantní smrk se zastoupením 80 %. Ve třetí výškové třídě je 6 280 ks/ha. V této třídě již pomalu klesá zastoupení smrku na 72 %. Ve čtvrté třídě se nachází pouze 2 572 ks/ha se zastoupením SM 45 %, JD 28 %, BK 6 % a JR 21 %. V páté třídě je již zastoupení jedle (32 %) a je vyšší než zastoupení smrku (29 %) a v přepočtu na hektar se zde nachází 700 jedinců. V šesté výškové třídě je již jedle dominantní se zastoupením 59 %, zatímco smrk má zastoupení 34 %, jeřáb 7 % a buk se v této výškové třídě vůbec nevyskytoval. V nejvyšší třídě (200+ cm) bylo zjištěno pouze 64 jedinců na hektar a i zde byla jedle dominantní s 56 %, dále smrk 25 %, buk 13 % a nejméně byl zastoupen jeřáb 6 % (obrázek č. 1, tabulka č. 2).

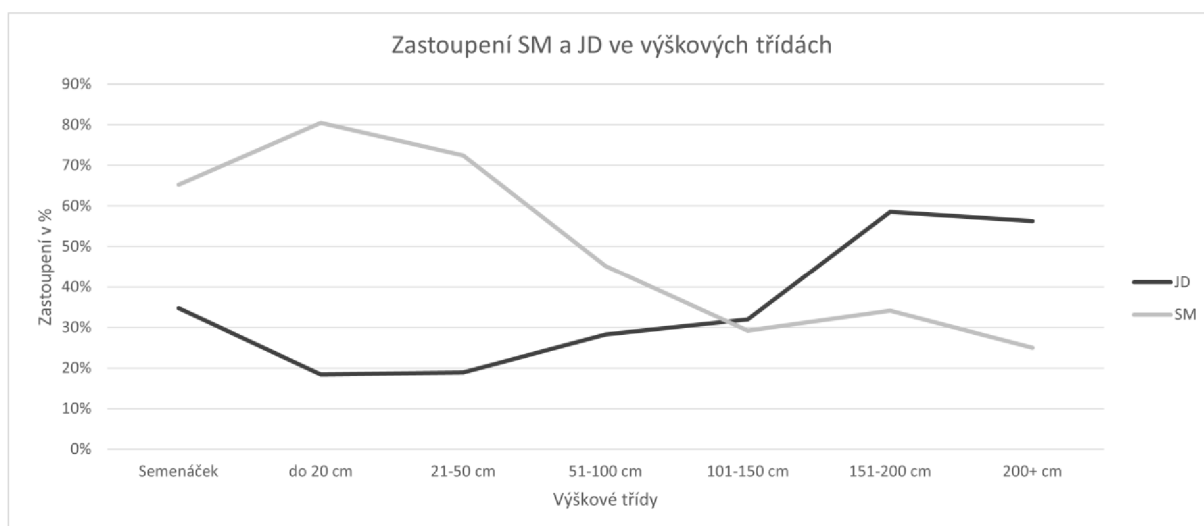
Ačkoli je na této zkusné ploše celkově větší zastoupení smrku, lze říci, že obnova porostu jde pro podporu jedle správným směrem díky vyššímu zastoupení jedle v odrostlejší obnově vyšší než 101 cm (obrázek č.2).



Obrázek 1: Výšková struktura na TVP 1

Tabulka 2: Počet jedinců ve výškových třídách na TVP 1

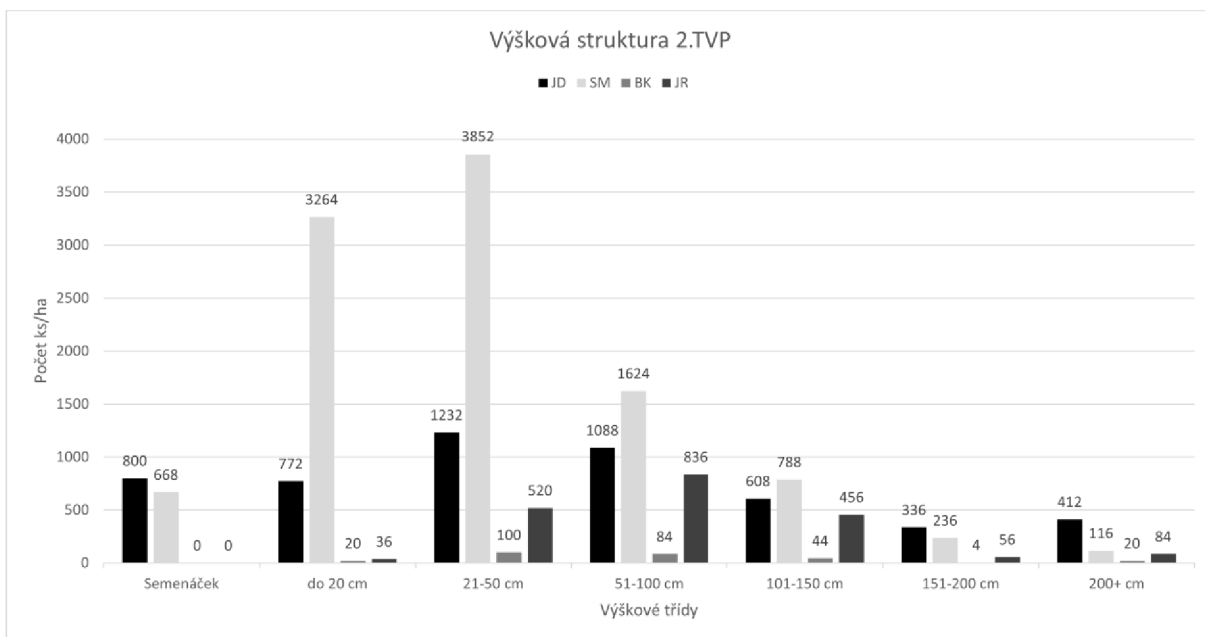
1.TVP		Dřevina				Celkem
Výškové třídy	Počet kusů	JD	SM	BK	JR	
Semenáček	ks/TVP	849	1591	-	-	2440
	ks/ha	3396	6364	-	-	9760
	zastoupení	35%	65%	-	-	100%
do 20 cm	ks/TVP	279	1223	18	-	1520
	ks/ha	1116	4892	72	-	6080
	zastoupení	18%	80%	1%	-	100%
21-50 cm	ks/TVP	296	1137	23	114	1570
	ks/ha	1184	4548	92	456	6280
	zastoupení	19%	72%	1%	7%	100%
51-100 cm	ks/TVP	182	290	39	132	643
	ks/ha	728	1160	156	528	2572
	zastoupení	28%	45%	6%	21%	100%
101-150 cm	ks/TVP	56	51	16	52	175
	ks/ha	224	204	64	208	700
	zastoupení	32%	29%	9%	30%	100%
151-200 cm	ks/TVP	24	14	-	3	41
	ks/ha	96	56	-	12	164
	zastoupení	59%	34%	-	7%	100%
200+ cm	ks/TVP	9	4	2	1	16
	ks/ha	36	16	8	4	64
	zastoupení	56%	25%	13%	6%	100%
Celkový počet na TVP		1695	4310	98	302	6405
Celkový počet na ha		6780	17240	392	1208	25620
Celkové zastoupení		26%	67%	2%	5%	100%



Obrázek 2: Zastoupení jedle a smrku ve výškových třídách na TVP 1

Celkový počet jedinců na 2. TVP je 4 514 ks. V přepočtu na hektar je to 18 056 ks. Tak jako na 1. TVP se zde nachází stejné dřeviny s celkovým zastoupením SM (58 %), JD (29 %), JR (11 %) a nejméně je zastoupený BK (2 %). Oproti první ploše je zde větší zastoupení jeřábu a jedle na úkor zastoupení smrku, které je zde nižší o 9 %. Semenáčky jsou zde v počtu 1 468 ks/ha a vyskytují se zde pouze jedle (54 %) a smrk (46 %). Ve druhé výškové třídě se již počty zvýšily na 4 092 ks/ha a nejvíce dominantní dřevina je smrk se zastoupením 80 %, dále jedle s 19 % a vtroušený jeřáb s 1 %. Ve třetí třídě se nachází největší počet obnovy, a to 5 704 ks/ha. Smrk je zde opět dominantní (68 %), dále je zde nejvíce zastoupena jedle (22 %) a jeřáb (9 %). Buk se zde vyskytuje pouze se zastoupením 2 %. Ve čtvrté třídě již počty jedinců ubývají, nachází se zde 3 632 ks/ha. Zastoupení smrku zde kleslo na 45 %. Na druhou stranu zastoupení jedle se zvýšilo na 30 % a jeřábu na 23 %. Buk má opět zastoupení pouze 2 %. V páté výškové třídě dochází opět ke snížení počtu jedinců a to na 1 896 ks/ha. Zastoupení dřevin je podobné jako u čtvrté výškové třídy s rozdílem, že jedle posílila zastoupení o 2 % a jeřáb o 1 %. Oproti smrku, který opět snížil zastoupení a to o 3 %. V šesté i sedmé výškové třídě se nachází 632 ks/ha. Jedle zvýšila své zastoupení nejprve na 53 % a v poslední třídě má zastoupení již 65 %. Zastoupení smrku kleslo na 37 % a v sedmé třídě je již zastoupen pouze z 18 %. Buk v poslední třídě zvýšil zastoupení na 3 % a jeřáb na 13 % (obrázek č. 3, tabulka č.3).

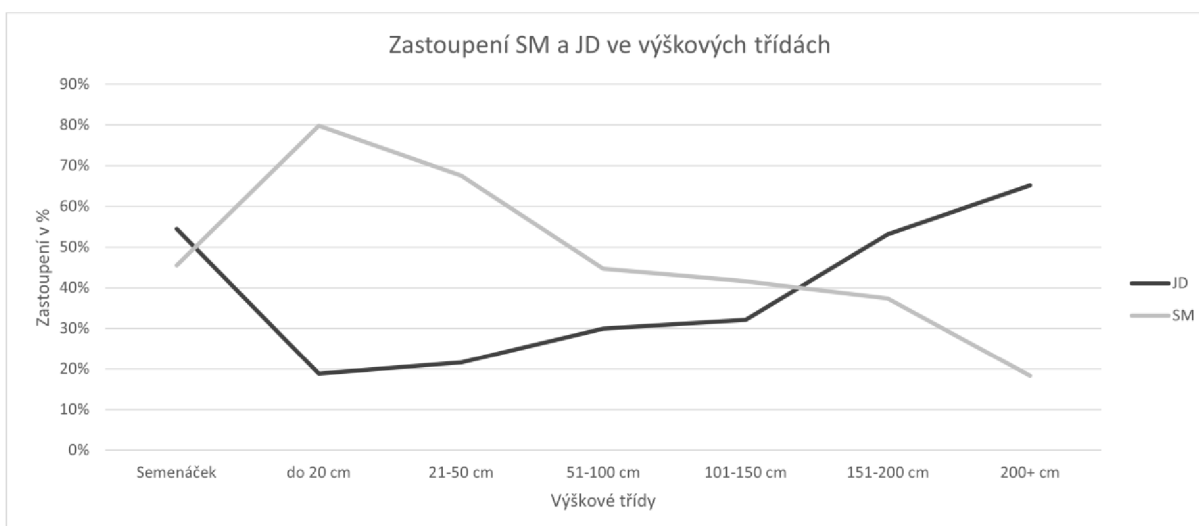
Tak jako na první ploše má jedle se zvyšující se výškou vyšší zastoupení. (obrázek č. 4) To opět představuje vhodný postup obnovy pro podporu jedle. Jeřáb má zde vyšší zastoupení než na první ploše, to může vysvětlovat dřívější vyšší prolomení zápoje. Zajímavé je, že jedle má větší zastoupení ve výškové třídě semenáčků. To lze vysvětlit sekundárním zastíněním odrostlejší obnovy, která zvýhodňuje jedli před smrkem. Další zajímavostí je nízký počet buku na obou plochách. Je možné, že porosty byly nejdříve velmi málo prosvětleny a jedle tak měla konkurenční výhodu. Následně proběhlo větší uvolnění, pravděpodobně nahodilou těžbou, které zase zvýhodnilo smrk. Nízký počet můžeme také vysvětlit absencí semenného roku, který je u buku nepravidelný (Vacek et al., 2018). Kučeravá, Remeš, (2014) uvádí, že nedostatečná přirozená obnova buku může souviset s dlouhým intervalem semenných roků, nedostatečným připravením na fruktifikaci a sežráním semen zvěří. Také poškození zvěří může snížit zastoupení buku, na obou lokalitách byly poškozeny 4 % buků. Buk byl tak po jedli nejvíce poškozován.



Obrázek 3: Výšková struktura na TVP 2

Tabulka 3: Počet jedinců ve výškových třídách na TVP 2

2.TVP		Dřevina				Celkem
Výškové třídy	Počet kusů	JD	SM	BK	JR	
Semenáček	ks/TVP	200	167	-	-	367
	ks/ha	800	668	-	-	1468
	zastoupení	54%	46%	-	-	100%
do 20 cm	ks/TVP	193	816	5	9	1023
	ks/ha	772	3264	20	36	4092
	zastoupení	19%	80%	0%	1%	100%
21-50 cm	ks/TVP	308	963	25	130	1426
	ks/ha	1232	3852	100	520	5704
	zastoupení	22%	68%	2%	9%	100%
51-100 cm	ks/TVP	272	406	21	209	908
	ks/ha	1088	1624	84	836	3632
	zastoupení	30%	45%	2%	23%	100%
101-150 cm	ks/TVP	152	197	11	114	474
	ks/ha	608	788	44	456	1896
	zastoupení	32%	42%	2%	24%	100%
151-200 cm	ks/TVP	84	59	1	14	158
	ks/ha	336	236	4	56	632
	zastoupení	53%	37%	1%	9%	100%
200+ cm	ks/TVP	103	29	5	21	158
	ks/ha	412	116	20	84	632
	zastoupení	65%	18%	3%	13%	100%
Celkový počet na TVP		1312	2637	68	497	4514
Celkový počet na ha		5248	10548	272	1988	18056
Celkové zastoupení		29%	58%	2%	11%	100%



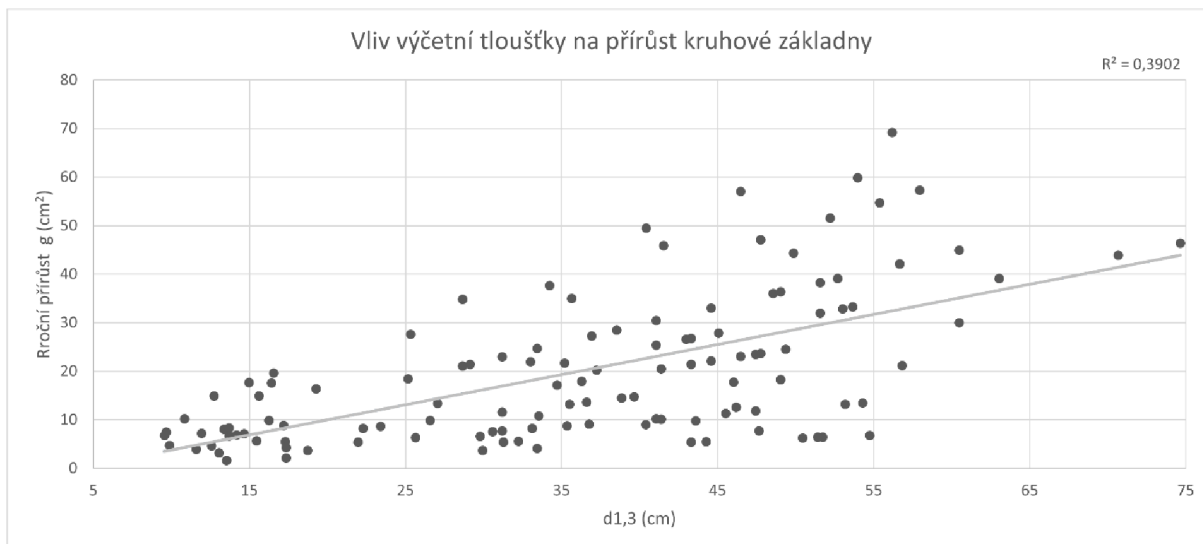
Obrázek 4: Zastoupení jedle a smrku ve výškových třídách na TVP 2

5.2. Parametry horní etáže

Z bakalářské práce byla analýzou horní etáže zjištěna přítomnost tří dřevin (SM, JD a BK). Celkem na obou trvalých zkusných plochách bylo zjištěno 278 ks/ha se zastoupením jedle 53 %, smrku 30 % a buku 17 %. Hektarová zásoba je 345,7 m³. Na 1. TVP je nejvíce zastoupena jedle (46 %), dále smrk (40 %) a nejméně zastoupený je buk (14 %). Buk na této ploše dosahuje menších výšek než smrk a jedle. Celkem se na této výzkumné ploše vyskytuje 288 ks/ha se zakmeněním 0,9 a výčetní kruhová základna je 36,7 m²/ha. Na druhé trvale výzkumné ploše je opět nejvíce zastoupena jedle (60 %), dále buk (21 %) a nejméně zastoupený je zde smrk (19 %). Celkem se na této ploše vyskytuje 268 jedinců na hektar se zakmeněním 0,7 a výčetní kruhová základna je 27,2 m²/ha. Stancioiu, O'Hara (2006) uvádí pro kruhovou základnu v rozmezí 20-35 m²/ha ideální růst všech tří dřevin. Při kruhové základně menší než 20 m²/ha má již smrk tendenci předrůstat jedli a buk. Naopak při kruhové základně větší než 30 m²/ha vykazují jedle a buky vyšší růst oproti smrkům.

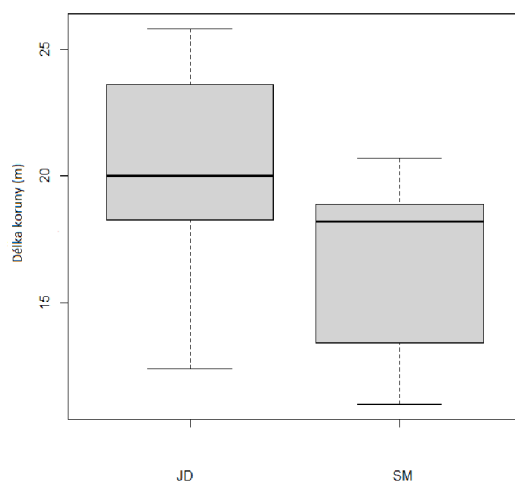
Na této ploše je již pokročilá obnova jedle, která překročila hranici 7 cm výčetní tloušťky, a tak ovlivnila zastoupení. Díky tomu se statisticky potvrdilo, že jedle na této ploše má menší tloušťky než smrk. Dále se statisticky potvrdil rozdíl ve výškách, kdy smrk vykazoval větší výšky než jedle a buk.

Z rozdílu mezi měřením výčetní tloušťky v roce 2020 a 2022 se zaznamenal přírůst na kruhové základně v průměru 20,1 cm². Běžný roční přírůst kruhové základny je tedy 10,05 cm². Z obrázku č. 5 je patrné, že s přibývajícím výčetním tloušťkou stromy zvyšují přírůst kruhové základny. Korelace mezi daty je 0,625 a koeficient determinace je 0,3902. Na hladině významnosti 0,05 lze zamítnout hypotézu, že výčetní tloušťka nemá vliv na přírůst kruhové základny (p-value = 1.913e-14). Vzhledem k dřevinám byla největší korelace u buku (0,738), dále u smrku (0,728) a nejméně korelovala jedle (0,643). Lze tedy říci, že přírůst jedle není tolik ovlivněn výčetní tloušťkou jako buk a smrk.

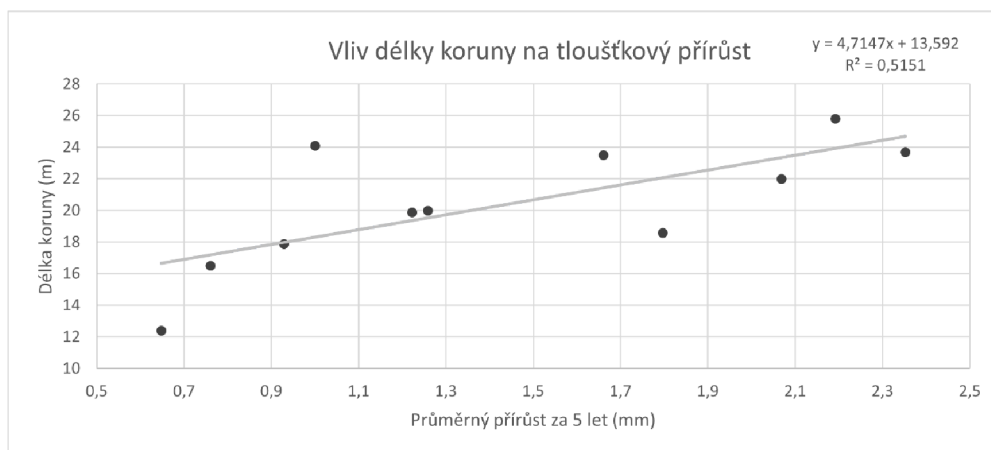


Obrázek 5: Vliv výčetní tloušťky na přírůst kruhové základny

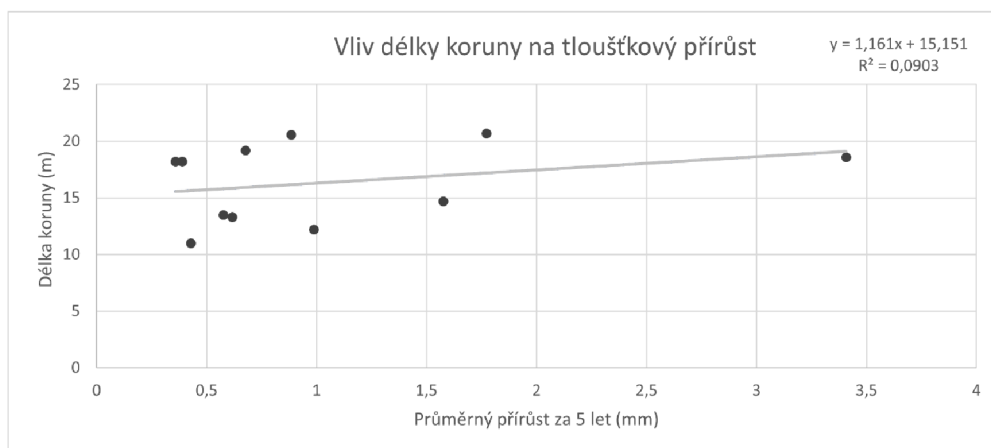
Jedle měla v průměru 20,4 m dlouhou korunu (69 % kmene). Smrk měl průměrně 16,4 m dlouhou korunu (53 % kmene). Lze konstatovat, že jedle vytváří delší koruny než smrk (p-value= 0.02014, Welch Two Sample t-test, obrázek č. 6). Směrodatná odchylka výšky koruny byla u jedle 3,8 m a u smrku 3,3 m. U jedle byla zjištěna pozitivní korelace mezi délkou koruny a tloušťkovým přírůstem (0.718 a u smrku pouze 0.3). Přírůst jedle je pozitivně ovlivňován délkou koruny (p-value= 0.01288), nulovou hypotézu, že délka koruny nemá vliv na přírůst, na hladině významnosti 0,05 zamítám. To potvrzuje i Dobrowolska et al., (2017), která uvádí, že jedle s delší korunou může dosahovat až o 50 % vyšší přírůst. Zatímco u smrku nulovou hypotézu na hladině významnosti 0,05 potvrzují (p-value = 0.3694). Přírůst smrku tedy není významně ovlivněn délkou koruny. Z obrázku č. 7 a č. 8 je patrné, že s přibývajícím délkou koruny se zvyšuje tloušťkový přírůst, a to více u jedle než u smrku.



Obrázek 6: Krabicový graf délky korun jedle a smrku.



Obrázek 7: Vliv délky koruny na tloušťkový přírůst jedle bělokoré.



Obrázek 8: Vliv délky koruny na tloušťkový přírůst smrku ztepilého.

5.3. Dendrochronologie

Úhrn srážek se na lokalitě pohybuje okolo 1120 mm (700 mm ve vegetačním období). Průměrná roční teplota se pohybuje kolem 7,1 °C (12,7 °C ve vegetačním období). Průměrný věk měřených stromů je 113 let (nejstarší měřený strom byla jedle stará 141let). Průměrný věk u jedle je 115 let a u smrku 110 let. Průměrný roční přírůst u smrku je 1,66 mm. Podobný přírůst má jedle, která má průměrný roční přírůst 1,6 mm. Směrodatná odchylka RWI byla 0,161 u smrku a 0,208 u jedle. Jedle má tedy více nestabilní růst. Jedle zvýšila růst od roku 1990 o 11,5 %, u smrku naproti tomu přírůst klesl o 0,5 %. Zatímco za posledních 50 let ve srovnání s předešlými 50 lety jedle snížila přírůst o 8,5 % a smrk pouze o 2,7 %. Snížení přírůstu u jedle je ovlivněn především znečištěním ovzduší v 70 a 80 letech 20. století.

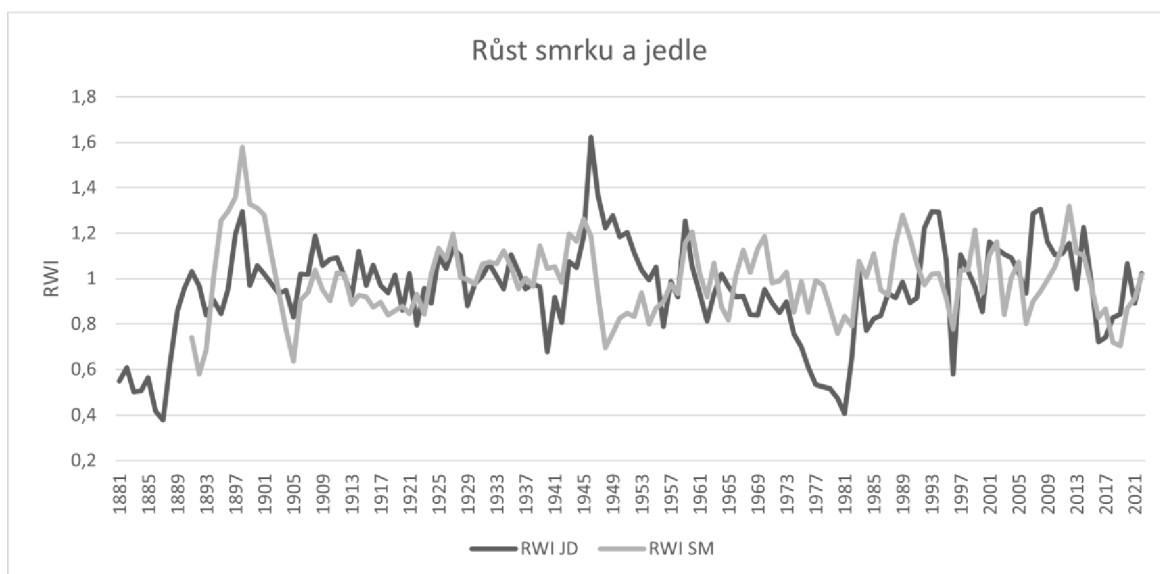
Vysoký pokles přírůstu zaznamenala jedle mezi lety 1973-1982 především díky znečištění ovzduší emisemi SO₂, viz obrázek č. 9. Na tento pokles poukazuje i studie z Krkonoš s rozdílem, že autoři uvádějí pokles přírůstu v letech 1980-1991 (Vacek et al., 2021), zatímco studie z Bavorska poukazuje na snížení přírůstu díky emisím od 70. let 20. století až po rok 1982 (Elling et al., 2009). Smrk na znečištění reagoval o 4 roky déle s výrazně nižším propadem na přírůst než jedle. Lze tedy říci, že je jedle citlivější na toto znečištění, což se shoduje i s jinými autory (např. Elling et al., 2009). Navíc se ke znečištění ovzduší přidalo v roce 1982 sucho ve vegetačním období, kdy byl úhrn srážek ve vegetačním období o 30 % menší než dlouhodobý průměr. Králíček et al., (2017) uvádí, že škody způsobené znečištěním ovzduší jsou se zvyšující se nadmořskou výškou větší.

Jedle se smrkem začaly vykazovat snižování přírůstu v roce 1995, viz obrázek č. 9. V tomto roce byl přírůst 1,08 RWI pro jedli a 0,91 RWI pro smrk. Následně v roce 1996 se přírůsty dále snižovaly. Pro jedli byl v tomto roce přírůst 0,58 RWI a pro smrk 0,78 RWI. V roce 1997 došlo opět ke stabilizaci přírůstu. Toto snížení přírůstu má pravděpodobně za následek kůrovcová kalamita, která proběhla na území Šumavy v letech 1992-1996. Jedle reagovala na tuto kalamitu více než smrk. Obě dřeviny reagovaly nejvíce až poslední rok kalamity, tedy v roce 1996, kdy se pravděpodobně ke kůrovcové kalamitě jako faktor snižující přírůst přidaly pozdní mrazy. Průměrná teplota v tomto roce byla pouhých 5 °C (o 30 % méně než průměrná teplota, nejnižší teplota od roku 1975) a průměrné teploty naměřené v lednu až květnu byly 1 °C nižší oproti průměru 3,6 °C. Také Vacek et al., (2021) uvádí ve svých datech pokles kvůli kůrovcové kalamitě

v letech 1993-1996 a velkým škodám v důsledku pozdních mrazů. To může vysvětlovat, proč jedle reagovala silněji než smrk, jelikož je jedle velmi citlivá na pozdní mrazy (Vacek et al., 2018). Pozdní mrazy se podle údajů vyskytovaly ještě v roce 2006, 2010, 2013 a 2021, kdy byly průměrné teploty v lednu až květnu nižší o 1,2-2,4 °C oproti dlouhodobému průměru. V těchto všech letech zaznamenala jedle snížení přírůstu. Smrk v těchto letech zaznamenal ztrátu na přírůstu pouze v letech 2006 a 2013. Jedle se zvyšujícím rozdílem mezi průměrnými teplotami snižovala svůj přírůst. Kvůli klimatické změně se snížil výskyt námrazy, což podpoří konkurenceschopnost jedle, ale i buku ve srovnání se smrkem (Králíček et al., 2017).

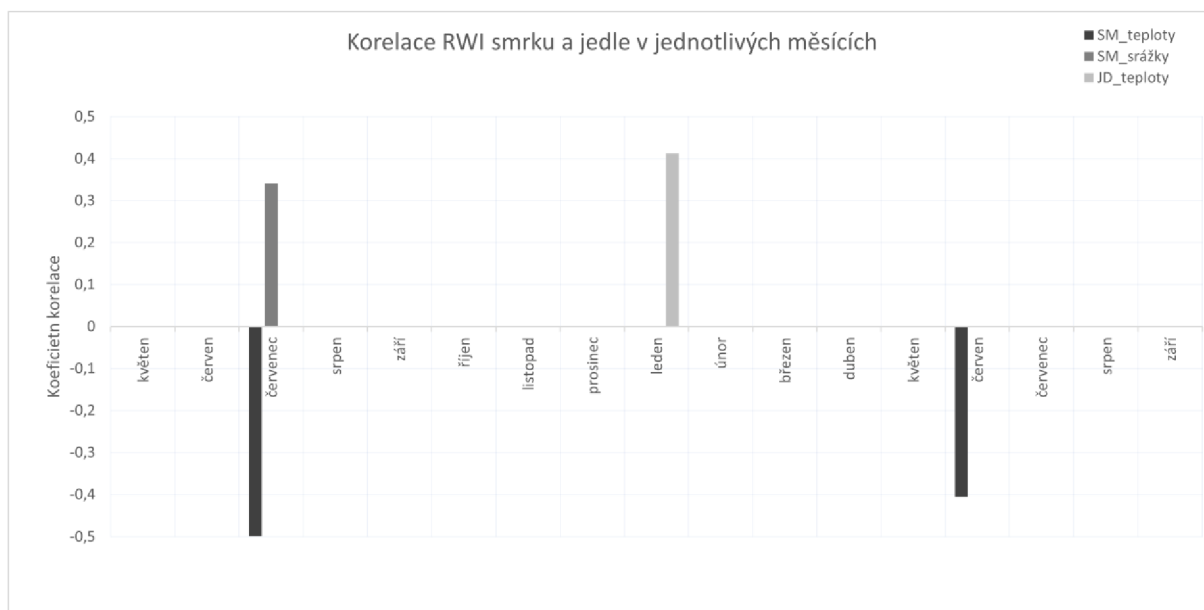
Z obrázku č. 9 je patrné, že v roce 2015 v důsledku extrémních such se začal opět snižovat přírůst obou dřevin. Jedle snížila přírůst o 19 % a smrk o 12 %. V dalším roce se přírůst jedle snížil o dalších 27 % a u smrku o 14 %. Smrk snižoval svůj přírůst až do roku 2019, kromě roku 2017, kdy se u smrku zaznamenalo zvýšení o 4,7 %. Toto snížení může ovlivňovat také současná kůrovcová kalamita.

Jedle negativně korelovala s letními srážkami (-0,109), s jarními a zimními srážkami korelovala pozitivně (na jaře 0,014, v zimě 0,033). Srážky v letních měsících (červen-srpen) negativně ovlivňují růst jedle a ovlivňují její růst více než srážky zimní a jarní. Toto tvrzení potvrzuje (Bosela et al., 2016), který uvádí, že jedle je na území České republiky více ovlivněna letními srážkami než jedle z balkánské populace, která je zase více citlivá na srážky na začátku vegetačního období.



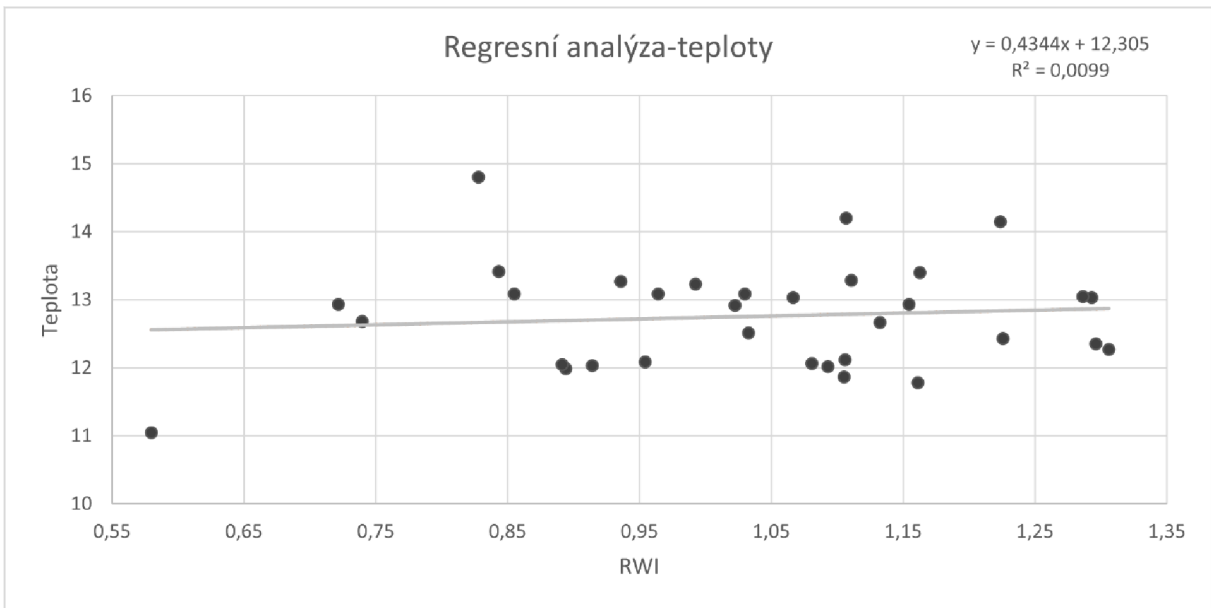
Obrázek 9: Tloušťkový růst smrku a jedle

Z obrázku č. 10 je patrné, že teploty negativně korelují s radiálním přírůstem smrku. V červenci minulého roku je korelace (-0,498) a v červnu současného roku (-0,406), zatímco přírůst jedle významně koreluje v lednu současného roku (0,412). Co se týče srážek, tak významně pozitivně korelují pouze se smrkem, a to v červenci minulého roku (0,341). Vliv počasí z předešlého roku také potvrzuje ve své práci Latreille et al., (2017). Výsledky naznačují, že smrk ztepilý bude ohrožován především nárůstem letních teplot, zatímco jedle jimi nebyla za posledních 32 let významně zužována. Srážky měly ve srovnání s teplotami menší vliv na přírůst. To lze přisoudit tomu, že na trvale výzkumných plochách je dostatek podzemní vody. Mazza et al., (2014) uvádí, že reakce jedle na klimatické faktory závisí na geografických faktorech, jako je poloha a nadmořská výška. Dále uvádí, že na jižní expozici jsou stromy více stresovány nedostatkem vody, především v letních měsících. TVP jsou na severní expozici, může to tak vysvětlovat menší vliv srážek na přírůst. Dalším důvodem, proč jinak citlivá jedle na klima nejeví na těchto TVP významné reakce na klima je hospodaření v lesích. Mazza et al., (2014) uvádí, že je jedle více odolná vůči klimatickým faktorům ve smíšených rozrůzněných porostech.

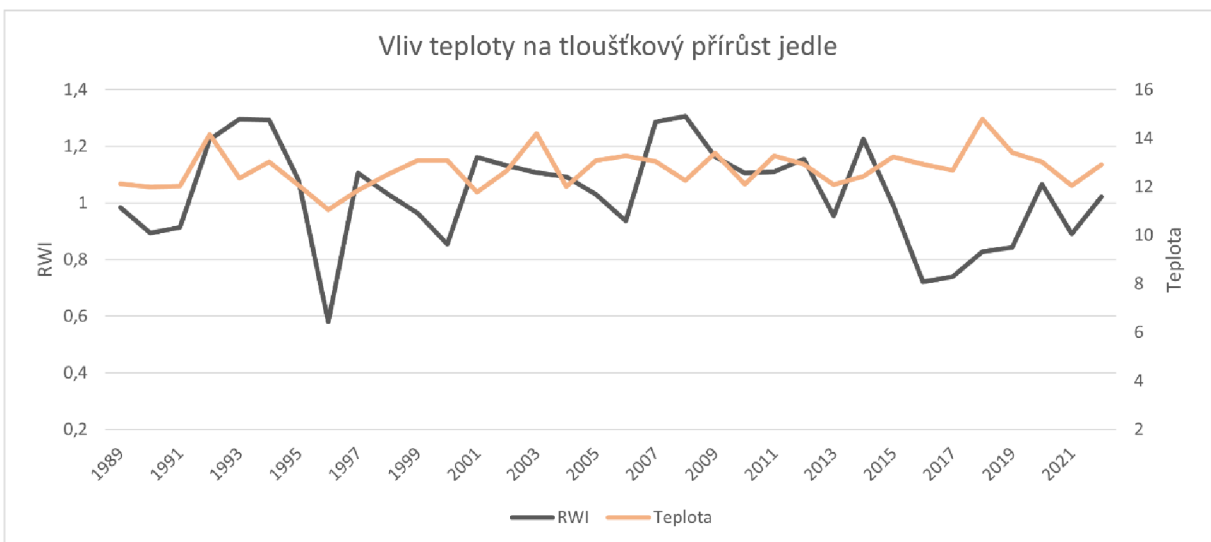


Obrázek 10: Korelace RWI dřevin na srážky a teploty v jednotlivých měsících

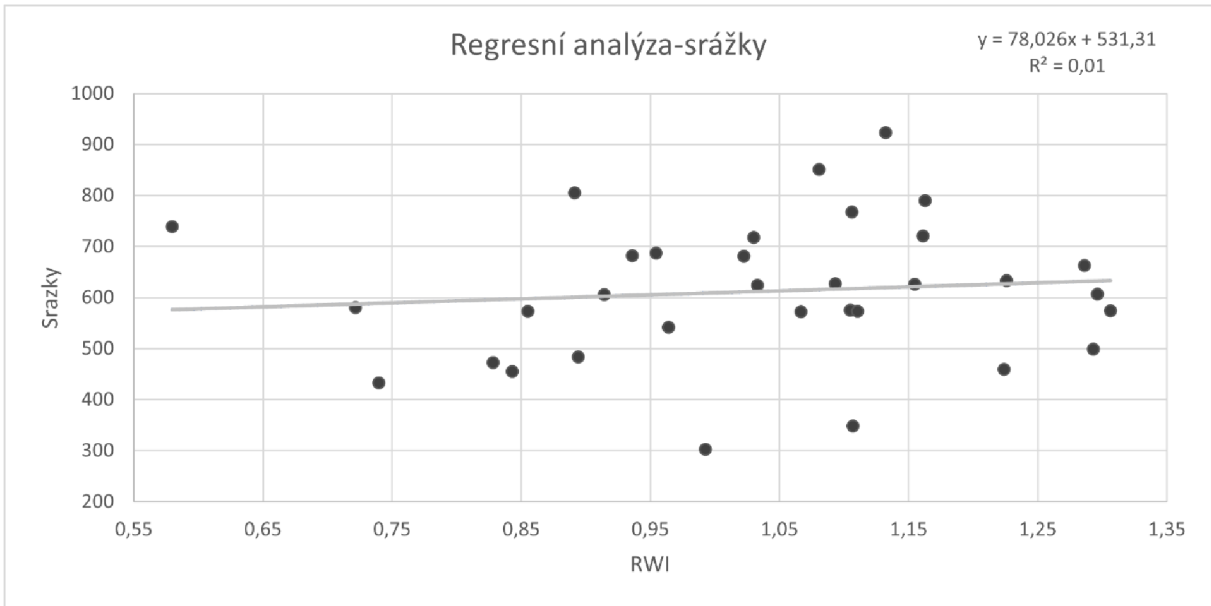
Celkový vliv počasí ve vegetačním období za období 1990-2022 je vidět na obrázcích č. 11, 13, 15 a 17. Dále lze na obrázcích č. 12, 14, 16 a 18 vidět průběh přírůstu a klimatu v jednotlivých letech. Přírůst jedle bělokoré se zvyšuje jak s přibývajícím teplotou, tak s přibývajícím srážkami. Zatímco přírůst smrku pozitivně ovlivňuje pouze vyšší úhrn srážek a při vyšších teplotách je přírůst menší, koeficienty determinace (R^2) jsou v modelech pro jedli velmi nízké. Pro srážky je koeficient 0,01 a pro teploty dokonce 0,0099. Z tohoto výsledku lze vyvodit, že jedle na těchto plochách nebyla významně ovlivněna srážkami ani teplotami, ačkoli trend lze z modelu vidět. U smrku byly koeficienty determinace o něco větší. Pro srážky byl koeficient 0,0496 a pro teploty 0,0798. Lze tedy říci, že smrk na těchto plochách byl více ovlivněn klimatickými faktory než jedle. Zajímavý je výsledek, že smrk s rostoucí teplotou snižuje svůj přírůst. Lze tedy předpokládat, že v nastávající klimatické změně bude mít smrk na této ploše do budoucna problémy. Mikita et al., (2014) předpokládá, že v PLO-13 se za následujících 20 let zvýší průměrná teplota o 1,5-2 °C a v dalších 20 letech očekává zvýšení až o 2-2,5 °C. Z toho lze vyvodit, že na této ploše by mohl mít smrk větší problémy než jedle a buk, ty budou konkurenceschopnější.



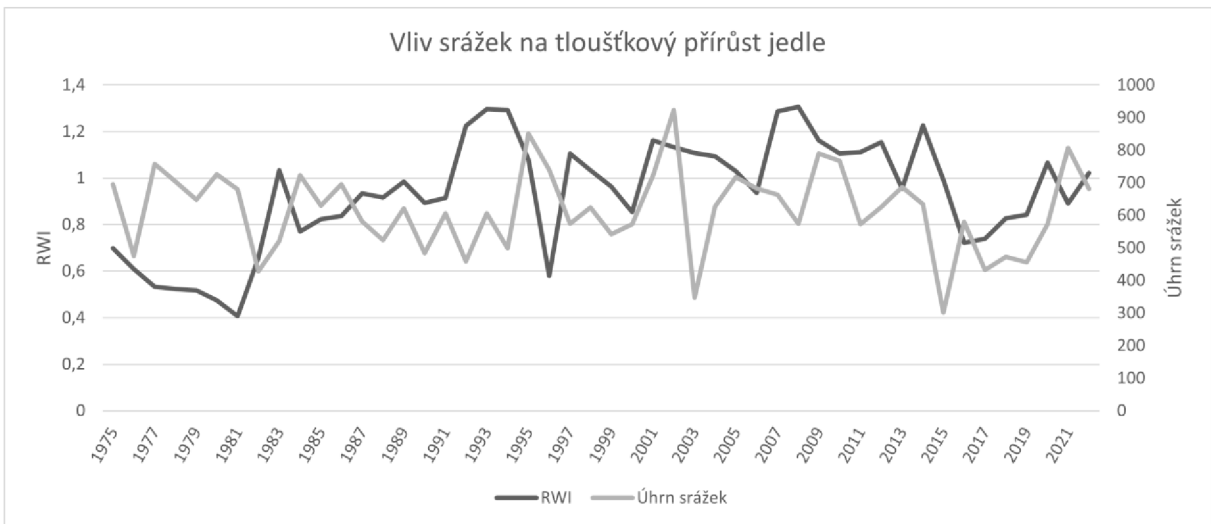
Obrázek 11: Vliv teploty na přírůst jedle bělokoré za období 1990-2022



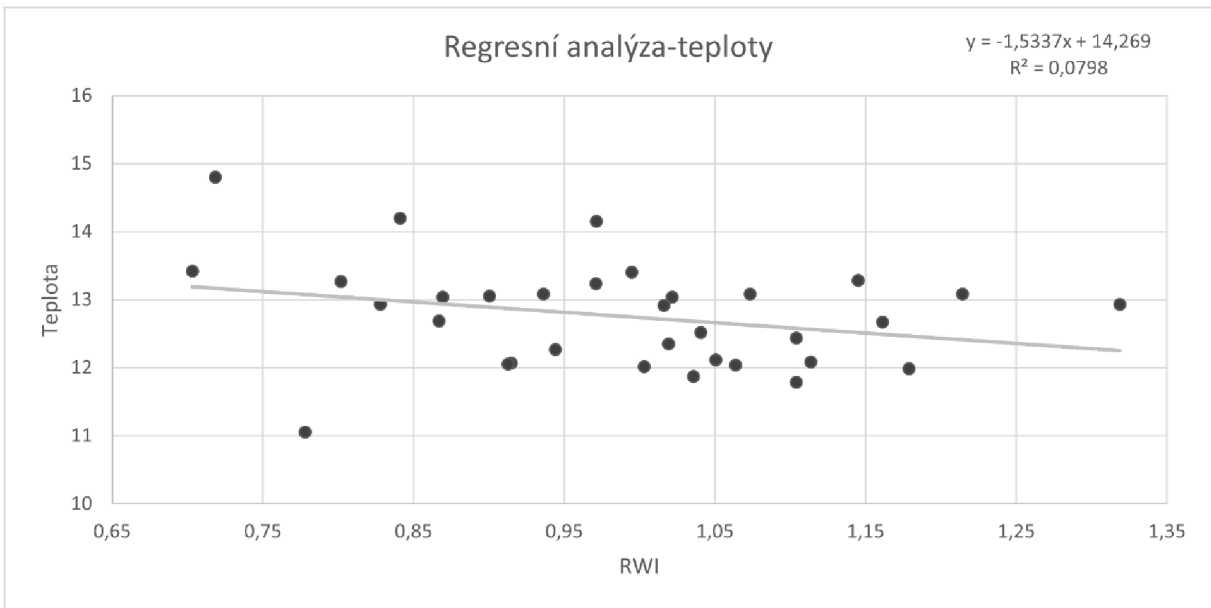
Obrázek 12: Průběh přírůstu jedle a teploty v letech 1989-2022



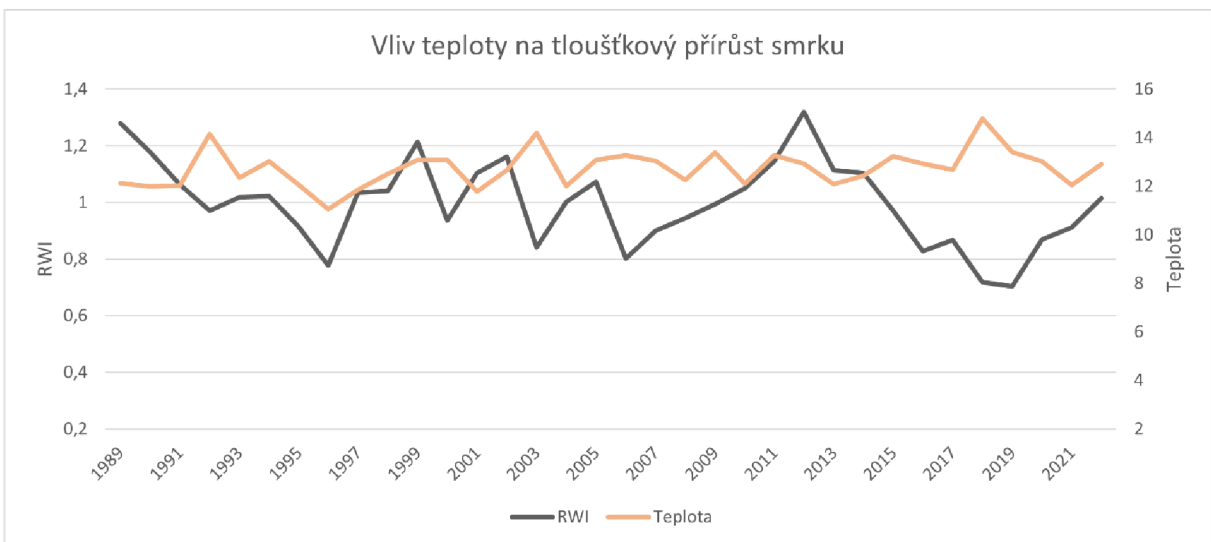
Obrázek 13: Vliv srážek na přírůst jedle bělokoré za období 1990-2022



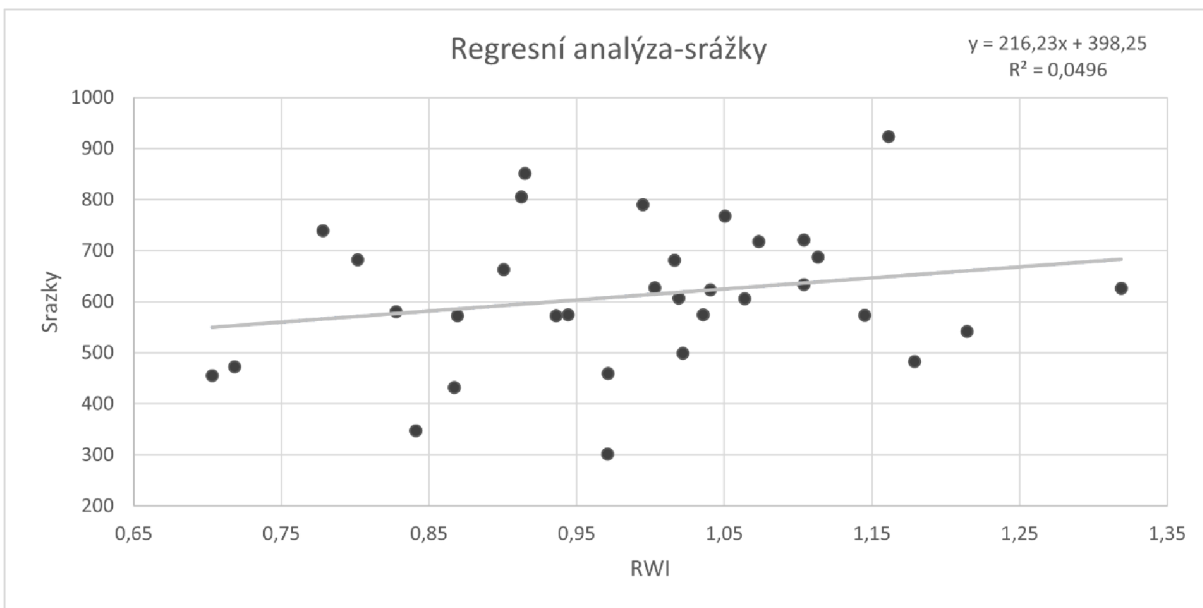
Obrázek 14: Průběh přírůstu jedle a srážky v letech 1975-2022



Obrázek 15: Vliv teploty na přírůst smrku zteplého za období 1990-2022



Obrázek 16: Průběh přírůstu smrku a teploty v letech 1989-2022



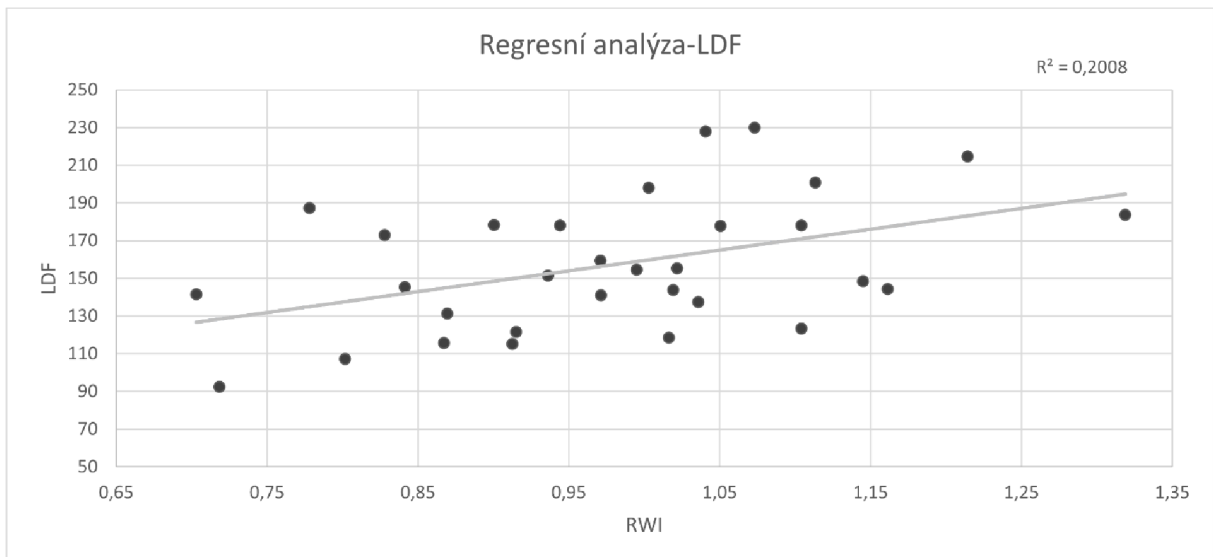
Obrázek 17: Vliv srážek na přírůst smrku ztepilého za období 1990-2022



Obrázek 18: Průběh přírůstu smrku a srážek v letech 1975-2022

Podílem průměrných ročních srážek a průměrných teplot dosáhneme Langova deštného faktoru (LDF). Průměrný LDF je na lokalitě 157,4. Honsová (2007) uvádí kritickou hodnotu pro suchou lokalitu 70. Nejmenší vypočítaný faktor (92,4) byl v roce 2015, kdy panovalo velké sucho. Zatímco nejvyšší faktor (230) byl v roce 2002. Langův faktor nebyl statisticky významně korelován s přírůstem dřevin (p -value = 0,7118). Nulovou hypotézu, že LDF nemá vliv na přírůst na hladině významnosti 0,05 potvrzujeme. Korelace u jedle byla 0,07 a u smrku 0,157. Přírůsty jedle nejvíce korelovaly (0,332) s LDF posunutým o 2 roky dozadu. Ačkoli je zde vyšší korelace, musíme nulovou

hypotézu, že LDF nemá vliv na přírůst, potvrdit na hladině významnosti 0,05. (p -value = 0,0682). Přírůsty smrku nejvíce korelovaly (0,449) s LDF posunutým o 3 roky dozadu. P -value je 0,01286 a lze zamítnout nulovou hypotézu, že LDF nemá vliv na přírůst. Z těchto výsledků lze vyvodit, že pouze smrk je ovlivněn LDF. Z obrázku č. 19 je patrné, že s přibývajícím LDF roste přírůst smrku. To znamená, že roste lépe s přibývajícimi srážkami a nižšími teplotami. Tento výsledek se ztotožňuje s výsledkem výše.



Obrázek 19: Vliv LDF na přírůst smrku. LDF posunutý o 3 roky zpět.

5.4. Vliv světla na přirozenou obnovu

Na TVP 1 je průměrná otevřenost zápoje 10,7 %, zatímco na TVP 2 je průměrná otevřenost zápoje 22,7 %. Z tabulky č. 4 je patrné, že na 1. TVP se zvyšující otevřeností zápoje roste počet všech druhů. Zatímco s přibývajícící otevřeností zápoje se snižuje zastoupení jedle, buku a jeřábu. Statisticky významné jsou pouze počty smrků a jeřábů. Lze tedy říci, že otevřenost zápoje má vliv pouze na počty těchto dvou druhů dřevin. To potvrzuje, že smrk a jeřáb jsou více náročné na světlo. To, že smrk roste lépe na otevřených plochách, dokazují výsledky z mnoha prací (např. Stancioiu, O'Hara, 2006). Na 2. TVP se zvyšující otevřeností zápoje klesaly jak počty, tak zastoupení jedle, buku a jeřábu. Na snižování počtu jedlových stromků s přibývajícící otevřeností zápoje poukazuje Rozenbergar et al., (2007). Naopak smrk se zvyšující otevřeností zvyšoval jak počty, tak zastoupení. Tyto výsledky však nejsou statisticky významné. To, že otevřenost zápoje nemá vliv na přirozenou obnovu může do jisté míry vysvětlit Rozenbergar et al., (2007), který uvádí, že množství přirozené obnovy a složení dřevin nelze jednoduše vysvětlit

pouze za použití světelných podmínek v určitých částech porostu, protože na obnovu má vliv i mnoho jiných faktorů, jako je například půdní vlhkost, vegetace a narušení půdy. Bastl (2020) dospěl k podobným výsledkům, kdy množství světla nesouvisí s počtem přirozené obnovy. Domnívá se, že je to ovlivněno pokročilou obnovou, která je již delší dobu pod intenzivnějším ozářením. To by však odpovídalo pouze na 2. TVP, která má zakmenění 7.

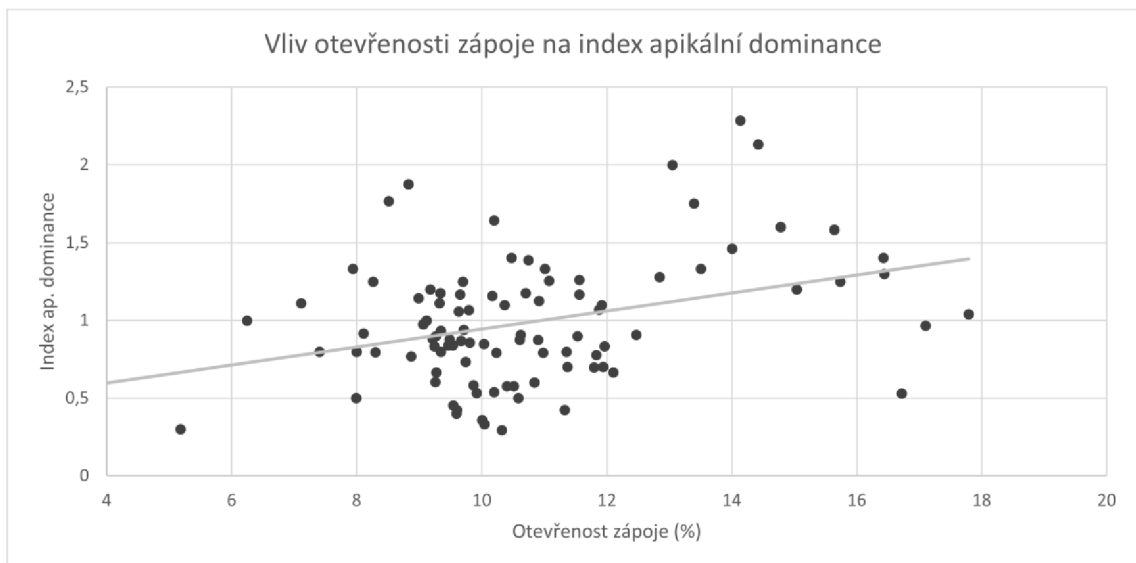
5.4.2. Dominantní jedinci

Dále je z tabulky č. 4 patrný vliv otevřenosti zápoje na růst dominantních jedinců 1. TVP. Nejvíce koreloval přírůst za poslední 3 roky (0,467). Nejméně koreloval průměr kořenového krčku (0,280). Všechny výsledky byly statisticky významné a lze říci, že na hladině významnosti 0,05 zamítáme nulovou hypotézu. Tedy s přibývajícím otevřeností roste výška dominantního jedince, délka koruny, průměr kořenového krčku, přírůst, přírůst za 3 roky a délka laterální větve. Také Bastl (2020) uvádí ve své práci, že s přibývajícím intenzitou difuzního světla se zvyšuje výška, výškový přírůst, délka laterální větve a výška koruny. Co se týče 2. TVP, i zde byly všechny korelace pozitivní. Nejvíce koreloval s otevřeností zápoje průměr kořenového krčku (0,357) a nejméně výškový přírůst (0,071). Statisticky významná byla pouze výška dominantního jedince, průměr kořenového krčku a délka laterální větve. U těchto výsledků lze tedy zamítnout nulovou hypotézu. Otevřenost zápoje má tedy vliv na výšku dominantního jedince, průměr krčku a délku laterální větve.

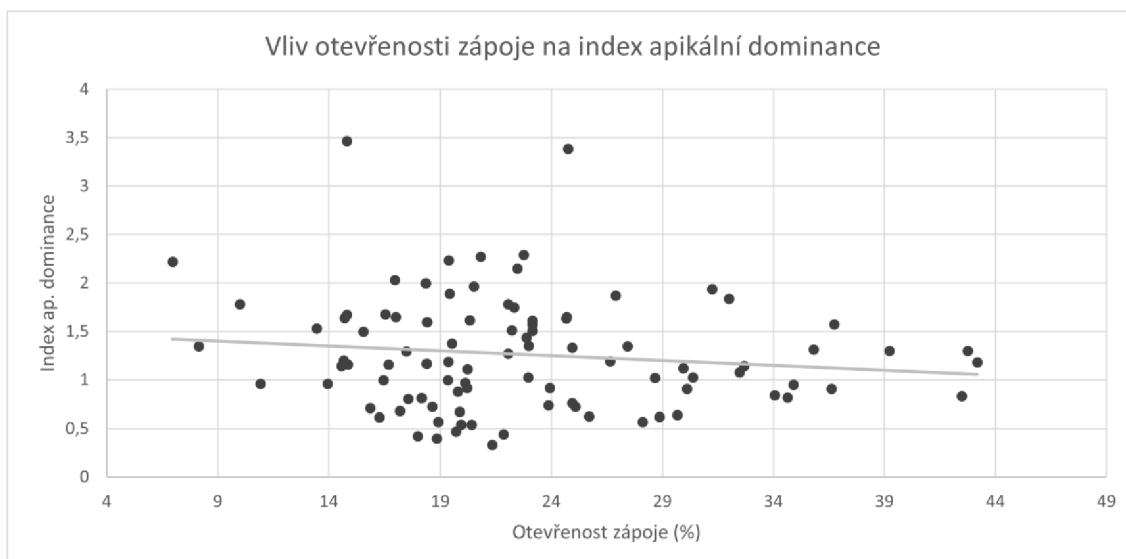
Index apikální dominance na 1. TVP vyšel 1,1 a lze tedy říci, že dominantní jedinci mají uspokojivé světelné podmínky. Na 2. TVP vyšel index 1,3, což poukazuje na to, že na této ploše mají jedinci lepší světelné podmínky pro růst než na 1. TVP. Z obrázku č. 20 je patrné, že na 1. TVP se se zvyšující otevřeností zápoje zvyšuje apikální dominance. Tento výsledek je na hladině významnosti 0,05 signifikantní. Lze tedy říci, že na této ploše s přibývajícím otevřeností rostou stromky lépe. Zatímco na 2. TVP (viz obrázek č. 21) je negativní vliv, otevřenosti zápoje na index apikální dominance. Tento výsledek však není statisticky významný.

Tabulka 4: Přehledová tabulka korelace otevřenosti zápoje s jednotlivými daty. Statisticky významné hodnoty na hladině významnosti 0,05 jsou vyznačeny tučně červeně

	1.TVP		2.TVP	
	cor	p-value	cor	p-value
Počet jedle	0,109	0,28470	-0,014	0,89000
Zastoupení jedle	-0,158	0,12000	-0,096	0,35600
Počet smrku	0,236	0,01908	0,090	0,39060
Zastoupení smrku	0,152	0,13410	0,180	0,08250
Počet buku	0,029	0,78610	-0,063	0,54820
Zastoupení buku	-0,013	0,89890	-0,024	0,81720
Počet jeřábu	0,279	0,01022	-0,076	0,46590
Zastoupení jeřábu	-0,004	0,96840	-0,130	0,21100
Výška dominantního jedince	0,283	0,00476	0,276	0,00707
Výška koruny	0,354	0,00035	0,181	0,08007
Průměr kořenového krčku	0,280	0,00528	0,357	0,00042
Výškový přírůst	0,418	0,00002	0,088	0,39910
Výškový přírůst za 3 roky	0,467	1,246e-06)	0,071	0,49540
Délka laterální větve	0,316	0,00152	0,251	0,01473



Obrázek 20: Vliv otevřenosti zápoje na index apikální dominance na TVP 1



Obrázek 21: Vliv otevřenosti zápoje na index apikální dominance na TVP 2

6. Závěr

Jedle bělokora (*Abies alba*), buk lesní (*Fagus sylvatica*) a smrk ztepilý (*Picea abies*) jsou třemi původními dřevinami na území České republiky, které formují hercynskou směs. Smíšené lesy jsou oproti stejnorodým stabilnější a vyznačují se vyšší druhovou variabilitou. Rozdíl oproti monokulturním porostům je také v produkci, která ve smíšených porostech dosahuje vyšších hodnot. Také vertikální strukturace je v takovém lese vyšší, díky čemuž má přirozená obnova lepší podmínky pro růst.

Postupnou klimatickou změnou bude docházet ke změně teplot a úhrnu srážek a očekává se, že dřeviny budou snižovat růst a vitalitu. Jedle pozitivně reagovala jak na zvyšování teplot, tak na zvyšování srážek. Smrk pozitivně reagoval na zvyšování srážek, ale na zvyšování teplot reagoval negativně. Tyto výsledky se však statisticky nepotvrdily. Statisticky významně se potvrdilo, že teploty v červenci minulého roku a v červnu současného roku negativně ovlivňují přírůst smrku, zatímco teploty v lednu ovlivňují přírůst jedle. Zásadní pro růst smrku je také úhrn srážek v červenci minulého roku.

Výčetní tloušťka pozitivně ovlivňuje přírůst kruhové základny, a to nejvíce buku, dále smrku a nejméně jedle. Na druhou stranu se u jedle projevil pozitivní vliv délky koruny na tloušťkový přírůst. Jedle a smrky vykazují nerovnoměrný přírůst, ten je ovlivněn především kalamitami, extrémními teplotami (pozdní mrazy) a u jedle v 80.-90. letech 20. století imisemi.

Na první ploše stoupaly počty stromů se zvyšujícím se prolomením zápoje. Statisticky se to však potvrdilo pouze u četnosti smrku a jeřábu. Na druhé ploše už klesaly počty jedle, buku a jeřábu s otevřeností zápoje. Naopak u smrku rostla početnost se zvyšujícím se přístupem světla. Na této ploše byly všechny výsledky statisticky nevýznamné. Ačkoli světelné podmínky nebyly statisticky významné, lze při pohledu na výškovou strukturu konstatovat, že postup obnovy porostu jde správným směrem, protože na obou výzkumných plochách je větší zastoupení jedle ve vyšších výškových třídách. Na TVP 1 s přibývajícím otevřeností zápoje roste výška dominantního jedince, výška koruny, průměr kořenového krčku, přírůst, přírůst za 3 roky a délka laterální větve. Na TVP 2 s přibývajícím světlem roste výška dominantního jedince, průměr kořenového krčku a délka laterální větve. Dominantní jedinci mají však podle indexu apikální dominance lepší podmínky na TVP 2.

Pro vhodný postup obnovy jedle doporučuji začít porost prosvětlovat velmi pomalu, aby měla jedle náskok před smrkem. Postupně bych porosty prosvětloval více, protože stromky mají s přibývajícím výškou vyšší nároky na světlo. Současně tak mohou rychleji odrůstat zvěři a buřeni. Z výsledků je patrné, že pokud se obnova nachází v pokročilejší fázi, je možnost prosvětlovat porost intenzivněji, což ukazuje TVP 2. Na druhou stranu je také vidět, že pokud se obnova nachází v juvenilní fázi, je nutné postupovat pomaleji (otevřenost zápoje maximálně 10 %), aby jedle dostala konkurenční výhodu před smrkem. Je tedy nutné obnovovat jedli pod mateřským porostem za velmi malého snížení zakmenění. Proto je vhodné použít podrostní, výběrný a násečný HZ. Při podrostním hospodaření je pro obnovu těchto dřevin nejlepším postupem pruhová clonná seč, při které se porost obnovuje na více pracovních polích. Další vhodnou sečí je pomístně skupinovitá seč, při které vzniká les značně podobný výběrnému, ovšem za předpokladu velmi dlouhé obnovní doby. Co se týče násečného hospodaření, je pro obnovu těchto dřevin vhodné použít obrubnou seč. Vzhledem k tomu, že jsou všechny tři dřeviny stinné, nabízí se možnost použití výběrného hospodaření. Pokud chceme obnovovat všechny tři dřeviny, je zapotřebí nechat jedli náskok před bukem a smrkem, jelikož vliv světelných podmínek nevyšel statisticky významný. Doporučoval bych se věnovat této problematice delší dobu, aby se skutečně ukázalo, že množství světla má vliv na obnovu.

7. Seznam literatury

AAS, G. *Die Fichte (Picea abies): Verwandtschaft, Morphologie und Ökologie*. LWF Wissen [online]. 2017, 2017(80), 13-19 [cit. 2023-02-22]. ISSN 2198-106X. Dostupné z: <https://eref.uni-bayreuth.de/id/eprint/39780/>

ALBRECHT, A.; HANEWINKEL, M.; BAUHUS J.; KOHNLE, U. *How does silviculture affect storm damage in forests of south-western Germany? Results from empirical modeling based on long-term observations*. European Journal of Forest Research [online]. 2012, 131(1), 229-247 [cit. 2023-03-01]. ISSN 1612-4669. Dostupné z: doi:10.1007/s10342-010-0432-x

BASTL, J. *Optimalizace pěstebních postupů uplatňovaných pro zvýšení zastoupení jedle bělokoré (Abies alba Mill.) ve vybrané části PLO 6 (LS Plasy, LS Stříbro)*. Diplomová práce ČZU v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská. Katedra pěstování lesa. Vedoucí práce Jiří Remeš. 2020. 95 s.

BERGER, T., W.; SUN, B.; GLATZEL, G. *Soil seed banks of pure spruce (Picea abies) and adjacent mixed species stands*. Plant and Soil [online]. 2004, 264(1/2), 53-67 [cit. 2023-03-05]. ISSN 0032-079X. Dostupné z: doi:10.1023/B:PLSO.0000047753.36424.41

BERCHA, J. *Konference jedle bělokorá-2005*. Lesnická práce. Kostelec nad Černými lesy: Čs. matice lesnická, 2006. roč. 85. č. 1. 10-11 s. ISSN 0322-9254.

BOSELA, M.; POPA, I.; GÖMÖRY, D. et al. *Effects of post-glacial phylogeny and genetic diversity on the growth variability and climate sensitivity of European silver fir*. Journal of Ecology [online]. 2016, 104(3), 716-724 [cit. 2023-02-09]. ISSN 00220477. Dostupné z: doi:10.1111/1365-2745.12561

BOTTERO, A.; FORRESTER, D.I.; CAILLERET, M. et al. *Growth resistance and resilience of mixed silver fir and Norway spruce forests in central Europe: Contrasting responses to mild and severe droughts*. Global Change Biology [online]. 2021, 27(18), 4403-4419 [cit. 2023-02-09]. ISSN 1354-1013. Dostupné z: doi:10.1111/gcb.15737

BRUNNER, A.; HUSS, J. *Die Entwicklung von Bergmischwaldkulturen in den Chiemgauer Alpen*. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 1994, 113.3-4: 194-203.)

BUŠINA, F.; HRDINA, V. *Pěstování lesů: učební texty*. Písek, 2016. 201 s.

ČERMÁK, P. *Okus přirozené obnovy jedle*. Lesnická práce. Kostelec nad Černými lesy: Čs. matice lesnická, 2006. roč. 85. č. 1. 14-15 s. ISSN 0322-9254.

ČERNÝ, D.: *Jedle bělokorá kolem horní hranice výskytu*. Lesnická práce, 2/86, Kostelec nad Černými lesy: Čs. matice lesnická, 2007, 68 s. ISSN 0322-9254

DĂNESCU, A.; KOHNLE, U.; BAUHUS, J.; WEISKITTEL, A.; ALBRECHT, Alex T. *Long-term development of natural regeneration in irregular, mixed stands of silver fir and Norway spruce*: Forest Ecology and Management [online], 2018. 430. 105-116 s. [cit. 2023-03-13]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2018.07.055

BIONDI, F.; WAIKUL, K. *DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies*. Computers & Geosciences [online]. 2004, 30(3), 303-311 [cit. 2023-03-29]. ISSN 00983004. Dostupné z: doi:10.1016/j.cageo.2003.11.004

DOBROWOLSKA, Dorota, Andrej BONČINA a Raphael KLUMPP. *Ecology and silviculture of silver fir (Abies alba Mill.): a review*. Journal of Forest Research [online]. 2017, 22(6), 326-335 [cit. 2023-02-09]. ISSN 1341-6979. Dostupné z: doi:10.1080/13416979.2017.1386021

DOBROWOLSKA, D.; BOLIBOK, L. *Is climate the key factor limiting the natural regeneration of silver fir beyond the northeastern border of its distribution range*: Forest Ecology and Management, 2019. 439. 105-121 s.

DUŠEK, J.; NOVÁK, D. *Výchova porostů jedle bělokoré-review*. Zprávy lesnického výzkumu. 2021.66.3:176-187.

DYDERSKI, M. K.; GAZDA, A.; HACHUŁKA, M. et al. *Impacts of soil conditions and light availability on natural regeneration of Norway spruce Picea abies (L.) H. Karst. in low-elevation mountain forests*. Annals of Forest Science [online]. 2018, 75(4) [cit. 2023-02-28]. ISSN 1286-4560. Dostupné z: doi:10.1007/s13595-018-0775-x

ELLING, W.; DITTMAR, CH.; PFAFFELMOSER, K.; RÖTZER, T. *Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of silver fir (Abies alba Mill.) in Southern Germany*. Forest Ecology and Management [online].

2009, 257(4), 1175-1187 [cit. 2023-02-09]. ISSN 03781127. Dostupné z:
doi:10.1016/j.foreco.2008.10.014

FICKO, A.; POLJANEC, A.; BONCINA, A. *Do changes in spatial distribution, structure and abundance of silver fir (Abies alba Mill.) indicate its decline?*. Forest Ecology and Management [online]. 2011, 261(4), 844-854 [cit. 2023-02-09]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2010.12.014

FORST, P.; CABAN, J.; MICHALÍK, P.; HENDRYCH, V.; ZEŽULA, A. *Ochrana lesů a přírodního prostředí*. Státní zemědělské nakladatelství, 1985. 409 s.

FRANK, A.; HOWE, G.T.; SPERISEN, CH.; BRANG, P.; CLAIR, J.B.St.; SCHMATZ, D.R.; HEIRI, C. *Risk of genetic maladaptation due to climate change in three major European tree species*. Global Change Biology [online]. 2017, 23(12), 5358-5371 [cit. 2023-02-09]. ISSN 13541013. Dostupné z: doi:10.1111/gcb.13802
FRITTS, H. *Tree rings and climate*. Academic press inc. (London), 1976. ISBN 012268450-8.

HRUDOVÁ, E. *Abionozologie pro rostlinolékaře* [online]. mendelu.cz, MZLU Brno, 2011 [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_sklad/frvs/hrudova/

HONSOVÁ, D. *Langův dešťový faktor*. In: Příroda.cz [online]. 2007, 29.května [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: Langův dešťový faktor

HUDLIČKA, L. *Pěstební postupy pro obnovu jedle bělokoré (Abies alba Mill.) na vybrané části Lesní správy Železná Ruda*. Praha, 2021. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita. Fakulta lesnická a dřevařská. Katedra pěstování lesa. Vedoucí práce Jiří Remeš.

KANTOR, P.; BUŠINA F.; KNOTT R. *Postavení douglasky tisolisté (Pseudotsuga menziesii /MIRB./ FRANCO) a její přirozená obnova na Školním polesí Hůrky středních lesnických škol Písek*. Zprávy lesnického výzkumu, 2010. 55(4). 251-263 s.

KANTOR, P.; VRŠKA, T.; DOBROVOLNÝ, L.; NOVÁK, J. *Pěstění lesů skriptu-učební text*, [2018]. 153 s.

KOŠULIČ, M.: *Cesta k přírodě blízkému hospodářskému lesu*, FSC Česká republika, 2010, 449 s, ISBN – 978-80-254-6434-2

KRAFT, G. *Beiträge zur lehre von den durchforstungen, schlagstellungen und lichtungshieben*. Klindworth, 1884.

KRÁLÍČEK, I.; VACEK, Z.; VACEK, S.; REMEŠ, J.; BULUŠEK, D.; KRÁL, J.; ŠTEFANČÍK, I.; PUTALOVÁ, T. *Dynamics and structure of mountain autochthonous spruce-beech forests: impact of hilltop phenomenon, air pollutants and climate*. *Dendrobiology* [online]. 2017, 77, 119-137 [cit. 2023-03-05]. ISSN 16411307. Dostupné z: doi:10.12657/denbio.077.010

KUČERAVÁ, B.; DOBROVOLNÝ, L.; REMEŠ, J. *Responses of Abies alba seedlings to different site conditions in Picea abies plantations*. *Dendrobiology* [online]. 2012, 69, 49-58 [cit. 2023-03-05]. ISSN 16411307. Dostupné z: doi:10.12657/denbio.069.006

KUČERAVÁ, B.; REMEŠ, J. *Inventarizace a potenciál využití vtroušených jedinců buku lesního a dubu letního při přeměně druhové skladby smrkových monokultur Národního parku České Švýcarsko*. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2014, 59.2: 109-116.

KUPKA, I. *Vliv možných klimatických změn na zastoupení dřevin v našich lesích*. *Lesnická práce* [online]. 2002, 2002(1/02) [cit. 2023-02-24]. Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-81-2002/lesnicka-prace-c-1-02/vliv-moznych-klimatickych-zmen-na-zastoupeni-drevin-v-nasich-lesich?fbclid=IwAR2CTCMqqrGoLHczP5zwe8RcSQgMo7HBhAeGvXNEbiNxmGi1rJRI0b0j910>

LINDNER, M.; FITZGERALD, J.B.; ZIMMERMANN, N.E.; et al. *Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management?*. *Journal of Environmental Management* [online]. 2014, 146, 69-83 [cit. 2023-03-14]. ISSN 03014797. Dostupné z: doi:10.1016/j.jenvman.2014.07.030

MAUER, O. *Zakládání lesů I*. Mendelova zemědělská univerzita v Brně, 2009

MAZZA, G.; GALLUCCI, V.; MANETTI, M., CH.; URBINATI, C. *Climate-growth relationships of silver fir (Abies alba Mill.) in marginal populations of Central Italy*. *Dendrochronologia* [online]. 2014, 32(3), 181-190 [cit. 2023-03-29]. ISSN 11257865. Dostupné z: doi:10.1016/j.dendro.2014.04.004

MIKITA, T.; ČERMÁK, P.; TRNKA, M.; JUREČKA, F. *Modelování podmínek pro přestování smrku, buku a dubu*. [online]. 2014 [cit. 2023-02-24]. Dostupné z: https://www.frameadapt.cz/coajdfadlf/uploads/2015/07/1-3_Modelovani_podminek_pro_pestovani_SM_BK_DB.pdf?fbclid=IwAR1SFURN9yXI4OxzcGWIUQfNWJl-AHRUvMcpT_z3kJWN9Le1CuKTE_wK9kM. Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně.

MUSIL, I.; MÖLLEROVÁ, J. *Lesnická dendrologie*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2005. ISBN 80-213-1367-6.

MYŠKOVÁ, T. *Analýza dlouhodobé růstové dynamiky horských smrkových (Picea abies) porostů na gradientu nadmořské výšky v Nizkých Tatrách*. České Budějovice, 2013. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Jiří Doležal.

MZe. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství v České republice v roce 2021* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2022 [cit. 2023-02-26]. ISBN 978-80-7434-669-9.

PODRÁZSKÝ, V. *Základy ekologie lesa*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2014. ISBN 978-80-213-2515-9.

PODRÁZSKÝ, V.; MONDEK, J.; MAUER, O. *Meliorační a zpevňující funkce jedle bělokoré*. Jedle dřevina roku 2019: sborník příspěvků. Kostelec nad Černými lesy: Česká lesnická společnost, z. s. 2019. 29-35 s. ISBN 978-80-02-02874-1.

POLENO, Z. *Způsoby hospodaření ve vysokokmenném lese- I*. Lesnická práce [online]. 1999, 78(1999)(5/99) [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-78-1999/lesnicka-prace-c-5-99/zpusoby-hospodareni-ve-vysokokmennem-lese-i>

PRETZSCH, H. *The Effect of Tree Crown Allometry on Community Dynamics in Mixed-Species Stands versus Monocultures. A Review and Perspectives for Modeling and Silvicultural Regulation*. Forests [online]. 2019, 10(9) [cit. 2023-03-03]. ISSN 1999-4907. Dostupné z: doi:10.3390/f10090810

PRETZSCH, H.; SCHÜTZE, G. *Effect of tree species mixing on the size structure, density, and yield of forest stands*. European Journal of Forest Research [online]. 2016, 135(1), 1-22 [cit. 2023-03-01]. ISSN 1612-4669. Dostupné z: doi:10.1007/s10342-015-0913-z

REMEŠ, J. *Pěstební postupy podporující obnovu a pěstování jedle bělokoré*. Jedle dřevina roku 2019: sborník příspěvků. Kostelec nad Černými lesy: Česká lesnická společnost, z. s. 2019. 36-45 s. ISBN 978-80-02-02874-1.

REMEŠ, J.; PULKRAB, K.; BÍLEK, L.; PODRÁZSKÝ, V. *Economic and Production Effect of Tree Species Change as a Result of Adaptation to Climate Change*. Forests [online]. 2020, 11(4) [cit. 2023-02-09]. ISSN 1999-4907. Dostupné z: doi:10.3390/f11040431

REMEŠ, J. *Perspektivy pěstování Jedle bělokoré v době klimatické změny*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2022.

ROZENBERGAR, D.; MIKAC, S.; ANIC, I. a DIACI, J. *Gap regeneration patterns in relationship to light heterogeneity in two old-growth beech fir forest reserves in South East Europe*. Forestry [online]. 2007, 80(4), 431-443 [cit. 2023-02-28]. ISSN 0015-752X. Dostupné z: doi:10.1093/forestry/cpm037

SIMONČIČ, T.; BONČINA, A.; JARNI, K.; KLOPČIČ, M.; MORGAN, J. *Assessment of the long-term impact of deer on understory vegetation in mixed temperate forests*: Journal of Vegetation Science, 2019. 30(1). 108-120 s. ISSN 1100-9233.

SLOUP, M. *Škody zvěří na lesních porostech*. Lesnická práce. Kostelec nad Černými lesy: Čs. matice lesnická, 2007. roč. 86. č. 12. 16-19 s. ISSN 0322-9254.

STANCIOIU, P. T.; O'HARA, K.L. *Regeneration growth in different light environments of mixed species, multiaged, mountainous forests of Romania*. European Journal of Forest Research [online]. 2006, 125(2), 151-162 [cit. 2023-02-09]. ISSN 1612-4669. Dostupné z: doi:10.1007/s10342-005-0069-3

TRNKA, M., R. BRÁZDIL, M. MOŽNÝ, et al. *Soil moisture trends in the Czech Republic between 1961 and 2012*. International Journal of Climatology [online]. 2015, 35(13), 3733-3747 [cit. 2023-02-24]. ISSN 08998418. Dostupné z: doi:10.1002/joc.4242

UHLÍŘOVÁ, H.; KAPITOLA, P. *Poškození lesních dřevin*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2004. ISBN 80-86386-56-2.

ÚHÚL Brandýs nad Labem. *Oblastní plán rozvoje lesů. Přírodní lesní oblast 13 – Šumava. Textová část*, 2001–2020. 548 s.

VACEK, S.; PODRÁZSKÝ, V. *Přírodě blízké lesní hospodářství v podmínkách střední Evropy*. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta lesnická a environmentální Katedra pěstování lesů, 2006. ISBN 80-213-161-X.

VACEK, Z.; VACEK, S.; BÍLEK, L.; KRÁL, J.; REMEŠ, J.; BULUŠEK, D.; KRÁLÍČEK, I. *Ungulate Impact on Natural Regeneration in Spruce-Beech-Fir Stands in Černý důl Nature Reserve in the Orlické Hory Mountains, Case Study from Central Sudetes. Forests* [online]. 2014, 5(11), 2929-2946 [cit. 2023-02-09]. ISSN 1999-4907. Dostupné z: doi:10.3390/f5112929

VACEK, S.; REMEŠ, J.; VACEK, Z.; BÍLEK, L.; ŠTEFANČÍK, I.; BALÁŠ, M.; PODRÁZSKÝ, V. *Pěstování lesů*. ČZU v Praze, 2018. 391 s. ISBN 978-80-213-2891-4.

VACEK, S.; VACEK, Z. *Zdravotní stav, vitalita a růst jedle bělokoré v měnicích se podmínkách prostředí*. Jedle dřevina roku 2019: sborník příspěvků. Kostelec nad Černými lesy: Česká lesnická společnost, z. s. 2019. 23-28 s. ISBN 978--80-02-02874-1

VACEK, Z.; VACEK, S.; BÍLEK, L.; BALÁŠ, M. *Základy pěstování lesů*. V Praze: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2020. ISBN 978-80-213-3043-6.

VACEK, Z.; PROKŮPKOVÁ, A.; VACEK, S.; BULUŠEK, D.; ŠIMŮNEK, V.; HÁJEK, V.; KRÁLÍČEK, I. *Mixed vs. monospecific mountain forests in response to climate change: structural and growth perspectives of Norway spruce and European beech*. *Forest Ecology and Management* [online]. 2021, 488 [cit. 2023-03-03]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2021.119019

Vyhláška č. 298/2018 Sb. Ze dne ze dne 11. prosince 2018 o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2018. s. 5050. Dostupný z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-298>

VITALI, V.; BÜNTGEN, U.; BAUHUS, J. *Silver fir and Douglas fir are more tolerant to extreme droughts than Norway spruce in south-western Germany*. *Global Change*

Biology [online]. 2017, 23(12), 5108-5119 [cit. 2023-02-09]. ISSN 13541013.

Dostupné z: doi:10.1111/gcb.13774

YOUSSEFPOUR, R.; HANEWINKEL, M.; LE MOGUÉDEC, G. *Evaluating the Suitability of Management Strategies of Pure Norway Spruce Forests in the Black Forest Area of Southwest Germany for Adaptation to or Mitigation of Climate Change.*

Environmental Management [online]. 2010, 45(2), 387-402 [cit. 2023-02-09]. ISSN 0364-152X. Dostupné z: doi:10.1007/s00267-009-9409-2

ŽÁRNÍK, M.; HOLUŠA, O. *Jedle bělokorá (Abies alba) v lesnicko-typologických vegetačních stupních Českého masivu, Západních a Východních Karpat.* In:

NEUHÖFEROVÁ, P. *Jedle bělokorá - 2005: European silver fir - 2005: sborník referátů: Srní, 31.10.-1.11.2005. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2005, s. 83-90. ISBN 80-213-1396-x.*