Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů

Analýza přirozené obnovy vybraných porostů v národní přírodní rezervaci Voděradské bučiny

Diplomová práce

Autor: Bc. Tereza Humlová

Vedoucí práce: doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Tereza Humlová

Lesní inženýrství
Lesní inženýrství

Název práce

Analýza přirozené obnovy vybraných porostů v národní přírodní rezervaci Voděradské bučiny

Název anglicky

Analysis of Natural Regeneration of Selected Forest Stands in National Nature Reserve Voděradské bučiny

---

Cíle práce

Cílem práce je stanovit hustotu a kvalitu přirozeného zmlazení buku v závislosti na různém stupni rozvolnění porostu v rámci clonného obnovního postupu. Dále pak na základě těchto informací stanovit optimální hospodářský postup pro dané podmínky.

Metodika

1. Studium odborné literatury (termín září 2020)

2. Obnova trvalých zkusných ploch, zjištění základních dendrometrických veličin jedinců přirozené obnovy a kvalitativní posouzení vybraných znaků (termín listopad 2020)

3. Statistické zpracování naměřených dat (termín leden 2020)

4. Vyhodnocení výsledků (termín únor 2021)

5. Doporučení nejvhodnějšího způsobu přirozené obnovy buku jako inspirace pro přírodě blízké způsoby hospodaření pro obdobné přírodní podmínky (termín březen 2021)

Doporučený rozsah práce

minimálně 50 normovaných stran textu bez příloh

Klíčová slova

Buk lesní, zakmenění, porostní struktura, přirozený vývoj, clonná obnova

---

Doporučené zdroje informací

Bílek L. , Remeš J. , Zahradník D. 2009: Natural regeneration of senescent even-aged beech (Fagus sylvatica L.) stands under the conditions of Central Bohemia. Journal of Forest Science 55 (4):145 – 155.

Bílek L., Remeš J., Zahradník D. 2011: Managed vs. unmanaged. Structure of beech forest stands (Fagus sylvatica L.) after 50 years of development, Central Bohemia. Forest Systems 20(1):122–138.

Čvančara R., Samek V. 1959: Rozbor přirozeného zmlazení buku v hospodářsky zralých porostech rezervace Voděradské bučiny. Sbor. ČSAZV, Lesnictví. 2:139-156.

Jaloviar P., Sedmáková D., Pittner J., Danková L.J.C., Kucbel S., Sedmák R., Saniga M. 2020: Gap structure and regeneration in the mixed old-growth forests of national nature reserve Sitno, Slovakia. Forests 11(1).

Modrý M., Hubený D., Rejšek K. 2004: Differential response of naturally regenerated European shade tolerant tree species to soil type and light availability. Forest Ecology and Management 188:185–195.

Schütz J.P. 2002: Silvicultural tools to develop irregular and diverse forest structures. Forestry 75:327–337.

Swagrzyk J., Szewczyk J., Bodziarczyk J., 2001: Dynamics of seedling bank in beech forest: results of a 10-year study on germination, growth and survival. Forest Ecology and Management. 141:237 250.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 7. 7. 2020

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 10. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 06. 04. 2021

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Analýza přirozené obnovy vybraných porostů v národní přírodní rezervaci Voděradské bučiny vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Lukáše Bílka, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze dne ……..

…….

Tereza Humlová

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu této diplomové práce doc. Ing. Lukáši Bílkovi Ph.D. za cenné rady, připomínky a pomoc během konzultací a celé tvorby této práce. Stejně tak bych ráda poděkovala Ing. Rostislavu Lindovi za pomoc při vyhodnocení výsledků a Ing. Jakubu Brichtovi za korekturu práce.

Dále bych ráda poděkovala mému spolužákovi Bc. Ondřeji Panochovi za pomoc během sběru dat a jejich následného vyhodnocení.

Také velmi děkuji své rodině za podporu během celého studia.

Abstrakt:

V souvislosti se zvyšujícím se tlakem na odborné i laické veřejnosti směrem k diverzifikaci dřevin v lesních porostech, současně také na systematické snižování nákladů na obnovu lesa, je ve tomto kontextu téma přirozené obnovy čím dál více skloňované. Právě využit přirozené obnovy je vysloveně žádoucí v porostech takřka všech lesních dřevin s vhodnou genetickou informací, speciálně je pak výrazně doporučovaný pro obnovu buku. Pro iniciaci a odrůstání přirozené obnovy je podstatné dodržení několika podmínek a zásad, zásadní je pak v tomto ohledu načasování a intenzita sečí. Cílem této práce bylo stanovit parametry hustoty přirozené obnovy a kvality těchto jedinců. Cílem práce bylo také doporučit vhodný postup rozvolňování mateřských porostů v podmínkách NPR Voděradské bučiny.

Na základě výsledků této práce lze potvrdit významný vliv stupně rozvolnění mateřského porostu na parametry přirozené obnovy. Vhodný stupeň snížení zakmenění mateřského porostu v rámci první fázi clonné seče se pak pohybuje v rozmezí 0,6–0,7 v roce následujícím po semenném roce. Následné další snižování zakmenění je pak důležité pro podporu přirozené obnovy zvýšeným množstvím pronikajícího světla. Rovněž bylo zjištěno, že nejkvalitnější jedinci obnovy se 17 let po semenném roce nalézají v porostu se zakmeněním 0,5, naopak v porostu se zakmeněním 1,18 se přirozená obnova vyskytuje pouze ve velmi malém množství. Nejvyšší hustota obnovy se pak nachází na ploše se zakmeněním 0,65. Hustota obnovy v porostu se zakmeněním 0,5 je však příliš vysoká a dochází k častým růstovým deformacím. Nezbytná je proto také včasná další výchova pro dosažení nejkvalitnější obnovy.

Summary:

In the context of increasing pressure from the professional and lay public towards the diversification of woodland in forest stands, as well as on the systematic reduction of the costs of forest restoration, the subject of natural renewal is becoming increasingly low. The use of natural regeneration is then specifically desirable in the stands of almost all forest trees with appropriate genetic information, especially it is highly recommended for the restoration of beech. Compliance with several conditions and principles is essential for the initiation and growth of natural regeneration, and timing and intensity are crucial in this respect. The aim of this work was to determinate the parameters of the density of natural regeneration and the quality of these

individuals. The aim of this work was also to recommend an appropriate procedure for the release of mother stands in the conditions of the NPR Voděradské bučiny.

Based on the result of this work, a significant impact of the degree of unleashing of maternal stand on the parameters of natural regeneration can be confirmed. The appropriate degree of reduction in the mater stand in the first phase of the aperture mowing ranges from 0,6–0,7 in the year following the mast year. Subsequent further reduction of curvature is then important in order to promote natural regeneration by increasing the amount of penetrating light. It was also found that the best quality of the regenerations were found in the stand with stand density at 0,5 17 years after the mast year, while in stand with stand density at 1,18 natural regeneration occurs only in very small quantities. The highest regeneration density is then found in stand with stand density 0,65. However, the regeneration density in stand with density 0,5 is too high and there are frequent growth distortions. Early further education therefore also necessary to achieve the highest quality regeneration.

Klíčová slova:

Buk lesní, zakmenění, porostní struktura, přirozený vývoj, clonná obnova

Key words:

European beech, stand density, stand structure, natural development, shelterwood cutting systém

OBSAH:

1 ÚVOD 16
2 CÍL PRÁCE 18
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED 19
3.1 Buk lesní *(Fagus sylvatica L.)* 19
3.1.1 Základní charakteristika 19
3.1.2 Ekologické nároky 20
3.1.2.1 Teplota, délka vegetační sezony 20
3.1.2.2 Voda 21
3.1.2.3 Půda 22
3.1.3 Rozšíření buku 23
3.1.4 Struktura přirozených porostů a jejich vývojové cykly 25
3.2 Přirozená obnova buku lesního 27
3.2.1 Výskyt semenných let 28
3.2.2 Produkce semen, klíčení a přežívání semenáčků 31
3.2.3 Vliv světla a půdy 33
3.2.4 Obnova v porostních mezerách (Gap fáze vývojového cyklu) 41
3.3 Clonný obnovní postup 48
3.3.1 Velkoplošná clonná seč 49
3.3.2 Maloplošná clonná seč 50
3.3.2.1 Okrajová clonná seč 50
3.3.2.2 Pruhová seč clonná 51
3.3.2.3 Skupinovitá seč clonná 51
3.3.2.4 Pomístně skupinovitá clonná seč 51
3.4 Školní lesní podnik v Kostelci nad Černými lesy 52
3.4.1 Historie hospodaření 53
3.4.2 Současné hospodaření 53
3.4.3 Stanovištní a růstové poměry 54
3.5 Národní přírodní rezervace Voděradské bučiny 55
3.5.1 Geografické a klimatické podmínky 57
3.5.2 Geologie a půdní podmínky 58
3.5.3 Ochrana přírody 59
3.5.3.1 Dle zřizovacího předpisu 59
3.5.3.2 Současné hlavní předměty ochrany 60
3.5.3.3 Cíl ochrany 60
3.5.3.4 Zvláště chráněné druhy na území NPR 61

3.5.4 Ostatní aktivity a využití území NPR Voděradské bučiny 61
3.5.5 Historie antropogenního ovlivnění oblasti 62
3.5.6 Základní údaje o lesích 65
3.5.7 Původnost dřevin v NPR Voděradské bučiny 66
3.5.7.1 Buk lesní 66
3.5.7.2 Smrk ztepilý 66
3.5.7.3 Jedle bělokorá 67
3.5.7.4 Dub zimní, letní 67
3.5.7.5 Modřín evropský 67
3.5.8 Zonace Národní přírodní rezervace Voděradské bučiny 68
3.5.9 Dosavadní hospodaření 69
4 METODIKA 71
4.1 Charakteristika studijní oblasti a trvalých zkusných ploch 71
4.2 Sběr dat 71
4.3 Analýza dat 73
4.3.1 Struktura mateřského porostu 73
4.3.2 Přirozená obnova 75
5 VÝSLEDKY 76
5.1 Struktura mateřského porostu 76
5.1.1 Základní porostní charakteristiky 76
5.1.2 Tloušťková struktura na jednotlivých TVP 77
5.1.3 Výšková struktura jednotlivých TVP 78
5.2 Přirozená obnova 79
5.2.1 Počet jedinců 79
5.2.2 Základní charakteristiky 80
5.2.3 Výšková struktura 81
5.2.4 Tloušťková struktura 83
5.2.5 Šířka koruny 84
5.2.6 Pěstební hodnota 86
6 DISKUZE 87
6.1 Struktura mateřského porostu 87
6.2 Přirozená obnova 88
7 ZÁVĚR A DOPORUČENÍ PRO LESNICKOU PRAXI 91
8 SEZNAM LITERATURY 93
9 PŘÍLOHY 104

SEZNAM TABULEK:

Tabulka 1: Průměrné hodnoty zkoumaných klimatických faktorů; Zdroj: (Overgaard, 2007); upraveno. 29
Tabulka 2: Výskyt semenných let a průměrné intervaly mezi nimi v odlišných časových periodách a provinciích Švédska; Zdroj: (Overgaard, 2007); přeloženo. ...30
Tabulka 3: Průměrné charakteristiky semenáčků tří druhů v různých světelných podmínkách; Zdroj: (Van Hees, 2003); upraveno. 37
Tabulka 4: Současné předměty ochrany NPR Voděradské bučiny; Zdroj: (AOPK, 2010a); upraveno. 60
Tabulka 5: Vývoj zastoupení dřevin v porostech NPR Voděradské bučiny; Zdroj: (Bílek, 2013); upraveno. 64
Tabulka 6: Porovnání přirozené a současní druhové skladby; Zdroj: (AOPK, 2010a); upraveno.....66
Tabulka 7: Základní charakteristika trvalých zkusných ploch (TVP), rok 2020.....71
Tabulka 8: Porostní charakteristiky jednotlivých TVP rok 2009; Zdroj: (Bílek, 2009); upraveno.....76
Tabulka 9: Porostní charakteristiky jednotlivých TVP rok 2020. 76
Tabulka 10: Základní charakteristiky obnovy na jednotlivých plochách; rok 2020...80
Tabulka 11: Průměrné charakteristiky pro všechny plochy; rok 2020 81
Tabulka 12: Přehled počtu jedinců daných tříd pěstební kvality na jednotlivých plochách a celkový počet jedinců v daných třídách; rok 2020. 86

SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek 1: Rozšíření buku lesního na území ČR; Zdroj: (Vašut, 2021) 24
Obrázek 2: Areál rozšíření buku lesního; Zdroj: (EUFORGEN, 2009) ;upraveno....24
Obrázek 3: Malý vývojový cyklus na příkladu smrkového lesa; Zdroj; (Míchal, 1992). 26
Obrázek 4: Různé formy clonné obnovy; Zdroj (Peřina, 1964); upraveno.....51
Obrázek 5: Obnova pomístně skupinovitou clonnou sečí; Zdroj: (Dengler, 1994); upraveno. 52
Obrázek 6: Lokalizace území Národní přírodní rezervace Voděradské bučiny; Zdroj: (AOPK, 2010). 56
Obrázek 7: Historické rozdělení NPR Voděradské bučiny do 14 revírů; Zdroj: (AOPK, 2010b). 65
Obrázek 8: Zonace NPR Voděradské bučiny; Zdroj: (AOPK, 2010). 69

SEZNAM GRAFŮ:

Graf 1: Křivka vyjadřující tloušťkovou strukturu porostů lesní rezervace Kyjov jednotlivých letech; Zdroj: (Korpeľ, 1995).....25
Graf 2: Průběh opadu bukvic v jednotlivých obdobích sledování (plocha 12 m2); Zdroj: (Saniga, 2009).....33
Graf 3: Vztah mezi relativní intenzitou záření a ročním výškovým přírůstem pod zápojem a v mezerách; Zdroj: (Collet, 2001). 37
Graf 4: Průměrná specifická délka jemných kořenů. (světlé sloupce = hodnoty na přímém slunci, šedé v zástinu); Zdroj: (Van Hees, 2003). 38
Graf 5: Poměr kořeny /nadzemní část (bílá kolečka = na přímém slunci, černá v zástinu); Zdroj: (Van Hees, 2003). 38
Graf 6: Závislost mezi stupněm rozvolnění zápoje a množstvím jedinců na ploše (černě regosoly, bíle kambisoly); Zdroj: (Modrý, 2004). 40
Graf 7: Vztah mezi rozvolněností zápoje a výškou přirozené obnovy (a) – regosoly, (b) – kambisoly; Zdroj: (Modrý, 2004). 41
Graf 8: Vztah mezi intenzitou pronikajícího difuzního (FDIF) a přímého (FDIR) záření a velikosti porostní mezery; Zdroj: (Dusan, 2007). 44
Graf 9: Vztah mezi výškou obnovy a vzdálenosti od porostní mezery; Zdroj (Stiers, 2019). 44
Graf 10: Hustota jedinců obnovy buku, jedle a ostatních dřevin. A – malé semenáčky; B – větší semenáčky; C – odrostky; Zdroj: (Orman, 2021).....45
Graf 11: Množství malých semenáčků v závislosti na orientaci v mezeře; Zdroj: (Orman, 2021).....45
Graf 12: Hustota jedinců přirozené obnovy buku lesního v závislosti na typu a ošetření plochy; Zdroj: (Lin, 2014). 46
Graf 13: Průměr jedinců přirozené obnovy v závislosti na typu a ošetření plochy; Zdroj: (Lin, 2014). 47
Graf 14: Výška jedinců přirozené obnovy v závislosti na typu a ošetření plochy; Zdroj: (Lin, 2014). 47
Graf 15: Současná druhová skladba na území ŠLP; Zdroj: (Remeš, 2015); upraveno. 55

Graf 16: Porovnání tloušťkové struktury jednotlivých TVP, rok 2020. 77
Graf 17: Porovnání výškové struktury jednotlivých TVP, rok 2020. 78
Graf 18: Celkový počet jedinců na zkusných ploškách (125,56 m^2). 79
Graf 19: Celkový počet jedinců přepočtený na hektar, rok 2020. 80
Graf 20: Výšková struktura přirozené obnovy; rok 2020 82
Graf 21: Výška obnovy pro jednotlivé TVP; rok 2020; rozdílné indexy vyjadřují statisticky významné rozdíly. 82
Graf 22: Tloušťková struktura přirozené obnovy; rok 2020. 83
Graf 23: Tloušťka obnovy na jednotlivých TVP, rok 2020; Rozdílné indexy vyjadřují statisticky významné odlišnosti. 84
Graf 24: Šířka koruny přirozené obnovy; rok 2020. 85
Graf 25: Šířky koruny na jednotlivých TVP, rok 2020; rozdílné indexy vyjadřují statisticky významné odlišnosti. 85
Graf 26: Zastoupení tříd pěstební hodnoty v % na jednotlivých plochách; rok 2020. 86

1 ÚVOD

Buk lesní je na území České republiky aktuálně třetí nejrozšířenější dřevinou a současně nejvíce zastoupenou dřevinou listnatou. Po smrku je také aktuálně druhou nejvyužívanější dřevinou při obnově lesa. Náklady na obnovu lesa však v posledních letech rostou, v důsledku toho jsou pak kladeny stále vyšší požadavky na využívání přirozené obnovy v maximální možné míře (Ministerstvo zemědělství, 2020). U buku je pak přirozená obnova hospodářsky velmi efektivní a často také ekologicky žádoucí (Úradníček, 2009; Peters, 1997). V současné době pak nároky na využívání přirozené obnovy ještě vzrůstají. Přirozená obnova je nicméně zásadním a nenahraditelným prvkem podrostního hospodářského způsobu (Poleno, 2009; Vacek, 2018).

Pro úspěch přirozené obnovy je nevyhnutelné splnění několika základních podmínek, zejména se jedná o vhodnou časovou a prostorovou harmonizaci (Poleno, 2009). Velmi důležitá je přítomnost a rozmístění dostatečného počtu semenných jedinců a stejně tak momenty jejich semenných let, rovněž vhodný stav klíčního podloží, příznivé mikroklima a v neposlední řadě vhodné klimatické podmínky (Korpeľ, 1991). Tyto podmínky jsou v přírodních lesích zajišťovány pomocí přirozených procesů (disturbancí), při kterých dochází k narušení mateřského porostu v různých podobách a intenzitách (Kulakowski, 2017; Seidl, 2014; Schelhaas, 2003). Čím menší je plocha těchto rušivých událostí, a naopak vyšší frekvence, tím vyšší je pak stupeň horizontální a vertikální diferenciace lesních porostů (Korpeľ, 1995). Zmíněné přirozené disturbance však lze v rámci lesnického managementu napodobit právě těžbou, v tomto případě clonnými sečemi, díky kterým tak dochází k vytvoření příhodných podmínek pro iniciaci přirozené obnovy (Vacek, 2018). Takto lze ovlivnit především světelný režim pod mateřským porostem, jež představuje jednu ze základních podmínek úspěšného odrůstání jedinců přirozené obnovy (Feldmann, 2018; Collet, 2001).

V kontextu tématu vytváření vhodných podmínek pro vzejití semenáčků pod krytem mateřského porostu, je naprosto nezbytné další studium hospodářských postupů pro dosažení optimálního časového uspořádání a intenzity prováděných zásahů. V souvislosti s touto problematikou bylo provedeno již několik studií

zabývajících se vhodnými podmínkami pro úspěšnost přirozené obnovy, a sice z hlediska světla, půdy, dostupné vody a dalších faktorů.

Problematice popisu a navrhování vhodných postupů podrostního hospodaření se věnuje i předložená diplomová práce, a to především s ohledem na vhodný stupeň rozvolnění mateřského porostu vzhledem k hustotě a kvalitě přirozené obnovy.

2 CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo stanovit hustotu a kvalitu jedinců přirozené obnovy buku v závislosti na různém stupni rozvolnění porostu v rámci clonného obnovního postupu. Dále pak na základě těchto informací stanovit optimální hospodářský způsob pro dané podmínky.

Hlavní cílem byl vyhodnocení kvality a hustoty přirozené obnovy v závislosti na rozvolnění mateřského porostu. Tyto parametry byly vyhodnocovány na základě počtu jedinců zmlazení, jejich výšky, výčetní tloušťky šířky koruny a pěstební hodnoty. Rozvolnění mateřského porostu pak bylo hodnoceno na základě zakmenění.

Dílčím cílem pak bylo na základě výsledků vyhodnocení stanovení optimálního hospodářského způsobu pro dané podmínky v NPR Voděradské bučiny

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Buk lesní *(Fagus sylvatica L.)*

3.1.1 Základní charakteristika

Buk lesní je dřevina charakteristická rovným, štíhlým, válcovitým kmenem dorůstajícím 40–50 m výšky a výčetní tloušťky až 1,5 m. Borka kmene je nápadně hladká, tenká zřídka rozpukaná, většinou šedé barvy. V případě solitérního jedince má jeho koruna kulovitý tvar. U jedinců rostoucích v zápoji je pak tvar koruny metlovitý (Úradníček, 2009; Divíšek, 2010).

Nejstarší jedinci buku se mohou dožívat 200–400 let. Maximální dosažený objem kmene pak může dosahovat až 25–30 m^3. Kmen je v ideálních podmínkách až do koruny průběžný a větve odstávají v ostrém úhlu. Letorosty jsou červenohnědé, zprohýbané, bělavě pýřité, později lysé. Pupeny mají hnědou barvu, jsou odstávající, dvouřadě střídavé, štíhle vřetenovité a ostře zašpičatělé s bělavými šupinami (Úradníček, 2009).

Listy buku jsou na letorostu umístěny střídavě, mají eliptický tvar a jsou 5–10 cm dlouhé, jsou celokrajné s lehce zvlněnými okraji, na bázi zaokrouhlené až klínovité, na konci pak zašpičatělé. Především v jarním období jsou bukové listy v paždí žilek a na jejich okrajích dlouze bělavě pýřité. Pokud se listy nacházejí v zastíněné části koruny, jsou do široka rozložené s tenkou čepelí, listy vystavené slunci jsou pevné s čepelí zdviženou směrem k okraji. Velmi nápadné je zbarvení listů na podzim, kdy jsou nejdříve žluté, později červené a nakonec tmavohnědé (Úradníček, 2009).

Samčí květy nalézáme v paždí listů, kde rostou v dlouze stopkatých nících svazečcích, samičí květy pak po dvou v červenavé číšce, jež je zevně porostlá chlupatými, později dřevnatícími výrůstky. Jedná se o dřevinu jednodomou jejíž plodem jsou trojboké nažky (bukvice). Bukvice jsou po dvou uzavřeny v dřevnaté číšce, otvírající se čtyřmi chlopněmi. Fruktifikace jedinců rostoucích na volném prostranství nastává mezi 20. a 40. rokem života. Semenné roky se pak objevují v nepravidelných intervalech, nejčastěji v rozmezí 5 a 10 let. Plody jsou jedlé díky,

proto často dochází k jejich přenosu ptáky a hlodavci (Úradníček, 2009; Divíšek, 2010).

Kořenový systém buku má srdčitý tvar, z mohutného uzlu kořenů pod povrchem jsou tak vyháněny všemi směry další silné kořeny (Slodičák, 2007). Díky takové stavbě kořenoví bývají buky v půdě velmi dobře zakotveny. Na živných půdách je zakořenění velmi mělké, avšak s velmi intenzivním prokořeněním svrchní vrstvy půdy. Výmladnost buku je minimální (Divíšek, 2010; Úradníček, 2009).

Velkým problémem při obnově buku jsou časté škody způsobené zvěří, díky čemuž je nutno nejen umělé výsadby, ale často i přirozenou obnovu aktivně chránit (Úradníček, 2009).

3.1.2 Ekologické nároky

Buk je dřevinou oceánického až suboceánického klimatu. Vyžaduje roční úhrn srážek v rozmezí 800–1000 mm. Tato dřevina je považována za typicky stín snášející, proto běžně vytváří čisté bučiny i o několika etážích, neboť i potlačení jedinci se v podrostu udrží dlouhou dobu. Díky schopnosti tolerovat zástin je buk na vhodných stanovištích schopen vytlačovat ostatní dřeviny, což umožňuje vznik čistých bučin (Úradníček, 2009; Divíšek, 2010).

3.1.2.1 Teplota, délka vegetační sezony

Právě teplota je nejdůležitějším prvkem vymezení areálu rozšíření buku. Nejen, že teplota udává samotnou existenci buku na dané lokalitě, ale významně ovlivňuje také vitalitu jedinců a úspěšnost kvetení. Pokud jsou na stanovišti vhodné vláhové podmínky, dochází v souvislosti se vzrůstající teplotou také k prodlužování vegetační sezony buku (dochází k dřívějšímu rašení, ale doba opadu listí zůstává téměř nezměněna) (Bílek, 2013).

V nížinách Evropy se vegetační sezona prodlužuje směrem od severu k jihu. Peters, (1997) uvádí rozdíl v délce vegetační sezony mezi Švédskem a Německem, kdy ve na jihu Švédska je délka vegetační sezony 140 dní a na severu Německa je prodloužena již na 170 dní. Délka vegetační sezony však nepředstavuje limitující faktor rozšíření buku, neboť na horním limitu nadmořských výšek buku lesního

v Bosně a Hercegovině ve výšce 1800 m n. m. je délka vegetační sezóny pouze 100 dní. (Bílek, 2013). Buk je schopen odolávat teplotám hluboko pod bodem mrazu, a to až do hodnoty -35 °C, rizikem jsou však pozdní jarní mrazy především v oblastech s dostatečně vysokými letními teplotami a vlhkostí. V takovém případě dochází při teplotě -2,0–-2,5 °C k poškozování mladých listů, odumírání semenáčků a ke ztrátám na produkci semen (Peters, 1997).

3.1.2.2 Voda

Ačkoliv buk v některých případech dokáže reagovat na vodní deficit, rozhodně nepatří mezi druhy tolerující sucho (Fotelli, 2009).

Na lokalitách, s nedostatkem srážek se buk vůbec nevyskytuje. V jižní Evropě ho pak můžeme nalézt pouze na lokalitách s dostatkem srážek, častými mlhami a nízkou pravděpodobností sucha, většinou v horských oblastech. Například na Apeninském poloostrově je buk běžný pouze v nadmořských výškách přes 1000 m n. m., v Řecku pak dokonce ve výškách nad 1300 m n. m (Svoboda, 1955).

Peters, (1997) zmiňuje význam vlhkých Atlantických větrů vanoucích na jihozápadní hranici rozšíření buku. Tyto větry mají velký význam z hlediska vlhkosti. Vláhový deficit se ukázal jako hlavní činitel ovlivňující výskyt buku v nižších nadmořských výškách. Omezení suchem lze charakterizovat poklesem kavitace a ztrátou hydraulické vodivosti, v případě, že vodní potenciál poklesne na hodnotu -1,9 MPa. Dále pak dochází k redukci primární produkce a ekosystémové respirace, a to v případě, že obsah volné půdní vody klesne pod 40 % pro redukci primární produkce a pod 20 % pro redukci ekosystémové respirace (Bolte, 2007).

Mund (2010) v průběhu 5 ti let zkoumal detaily fyziologických efektů ve starém smíšeném listnatém lese. Les byl tvořen jedinci buku lesního, jasanu ztepilého a javoru klenu. Výsledkem bylo zjištění, že roční přírůst je u buku podpořen teplejším obdobím jara, u jasanu je pak přírůst podpořen vyšším úhrnem srážek během června a u javoru nebyly nalezeny žádní signifikantní souvislosti mezi změnami počasí a intenzitou přírůstu. Pokud klesne hodnota volně dostupné vody v půdě na hodnotu 60 % z průměrné hodnoty v období od května do července, dochází v průběhu roku k silnému snížení přírůstu, a to u všech druhů (Mund, 2010). Meier 2008 se zabýval

vlivem genetické stavby na schopnost odpovědi buku na stres suchem ve čtyřech populacích v různých regionech s různým ročním úhrnem srážek v rozmezí 520–970 mm. V období sucha byl objem kořenů snížen přibližně o 30–40 % v důsledku snížení životnosti jemných kořenových vláken přibližně o 50 %. Došlo také přibližně k 10–ti násobnému snížení celkového přírůstu kořenové hmoty (Meier, 2008).

Odpověď bukových semenáčků na stres způsobený suchem během letních měsíců je reprezentována primárně zkracováním délky života kořenů, přičemž struktura kořenového systému zůstává nezměněna. Jemné kořenové vlášení buku vykazuje značnou fenotypovou plasticitu, ale genetická variabilita má pouze malý význam (Meier, 2008).

3.1.2.3 Půda

Buk vykazuje velmi vysokou ekologickou plasticitu vůči půdním preferencím, jejichž pH se pohybuje v rozmezí hodnot 3,5–7, jedná se tak o půdy kyselé až slabě zásadité. Ideální humusovou formou je mull (případně mor). V podmínkách střední Evropy buk preferuje půdy s průměrným obsahem vody i živin. Nejčastějšími půdami, které buk obsazuje jsou pak hlinité jíly až hlinité písky, (kambisoly, luvisoly, podzoly a leptosoly) (Bílek, 2013). Nejkvalitnější bučiny nalézáme na dobrých humózních půdách s vysokým obsahem vápníku. Pokud na daném stanovišti dochází ke zhoršování klimatických podmínek pak buk zároveň zvyšuje nároky na půdu (Úradníček, 2009; Divíšek, 2010).

Velmi důležitou vlastností půd, na nichž se buk vyskytuje, je právě přítomnost vody, a to především v letním období, kdy jsou srážky nepravidelné nebo dnes již také nedostačující. Buky nenalézáme na pseudoglejích ani na půdách, s nedostatkem živin a vody v hloubce méně než 20 cm (Otto, 1994). Z výběru tuzemských listnatých dřevin má buk společně s dubem opad s vůbec nejpomalejší dekompozicí, která může trvat až 3 roky. Paradoxně může buk také způsobit vyšší kyselost a podzolizaci, tedy na půdách na půdách s vysokou akumulací humusu (Peters, 1997).

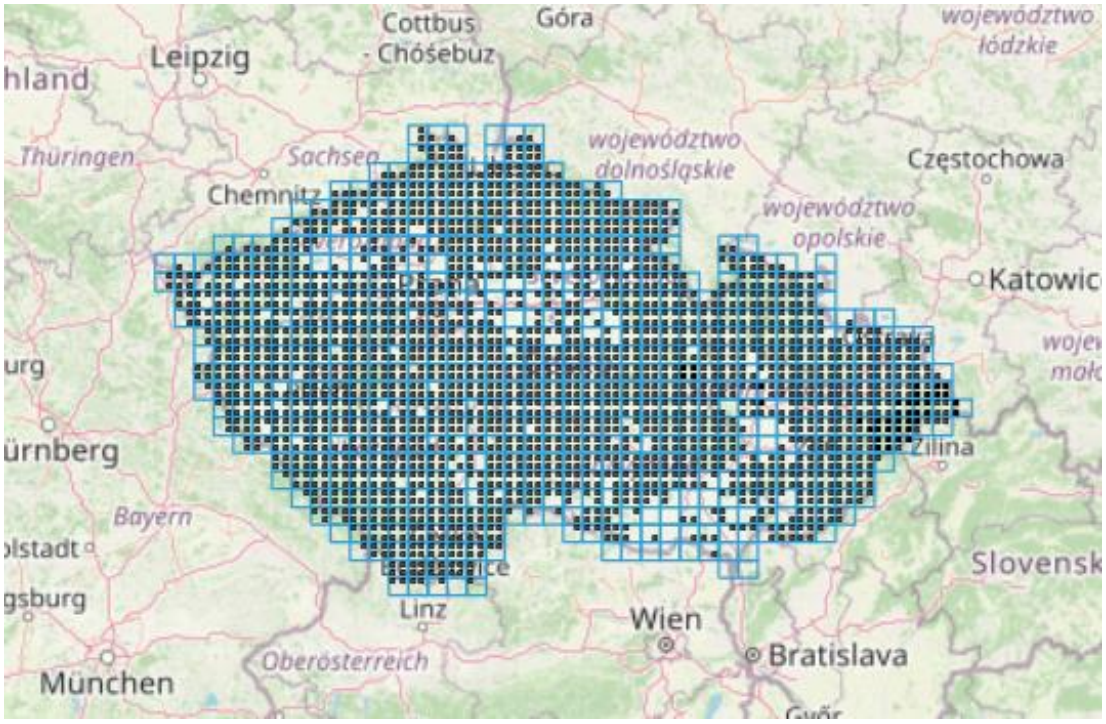
Velmi důležitým faktorem je vztah buku s houbovými organismy, v tomto případě pak přítomnost ektomykorhizy. V mezernatých porostech dochází k výrazné redukci ektomykorhizy a dynamiky jemného kořenového vlášení v porovnání s porosty

s hustým zápojem (Grebenc, 2009). Tato redukce poukazuje na efekt managementových opatření a vysokou důležitost udržení a další ochrany přirozených lesů pro konzervaci půdní biodiverzity, rovněž pak jako genetických zdrojů (Bílek, 2013).

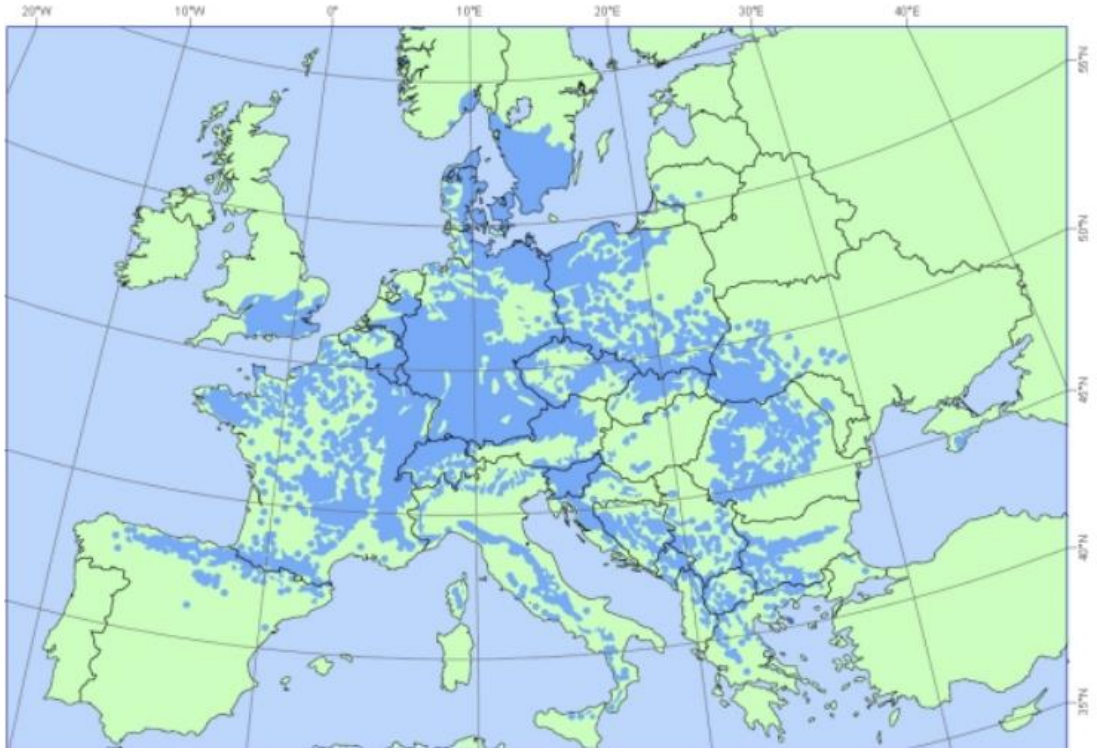
3.1.3 Rozšíření buku

Buk je dřevinou výhradně evropského areálu. Těžiště jeho rozšíření se nalézá v západní, střední a jihovýchodní části evropského kontinentu. V rámci ČR se buk vyskytuje prakticky na celém území, neboť ČR leží v centru jeho areálu. Nalézáme ho ve všech středohorských a horských oblastech karpatské i hercynské části ČR, a to přes mezofytikum, oreofytikum a zřídka také v termofytiku. V podmínkách ČR pak buk své optimum nachází ve 4. vegetačním stupni (400–800 m n. m.). Na spodní hranici jeho rozšíření se přirozeně mísí s dubem, a při horní hranici pak s jedlí (Divíšek, 2010; Úradníček, 2009).

Do Evropy se buk rozšířil z oblasti Podunají, konkrétně z balkánského refugia. Na území ČR lze najít známky o výskytu buku již z období atlantiku. Následně došlo k expanzi listnatých dřevin, kdy probíhalo přesouvání vegetačního pásu *Fagus–Abies* od jihozápadu. Největší nárůst zastoupení buku nastal v období epiatlantiku až subatlantiku, kdy bylo jeh jeho podíl na ploše zdejších lesů nejvyšší a areál rozšíření byl formován do dnešní podoby. Následně došlo k ovlivnění jeho zastoupení činností člověka a v 19. a 20. století docházelo k výraznému poklesu jeho zastoupení, kdy byl buk nahrazován smrkem, borovicí a také modřínem. (Divíšek, 2010; Úradníček, 2009). Během posledních dvou decenií došlo k výrazné změně a buk se stal druhou nejvyužívanější dřevinou v obnově lesa, kdy jeho podíl v roce 2019 představoval 25 % všech vysazených jedinců (Ministerstvo zemědělství, 2020).



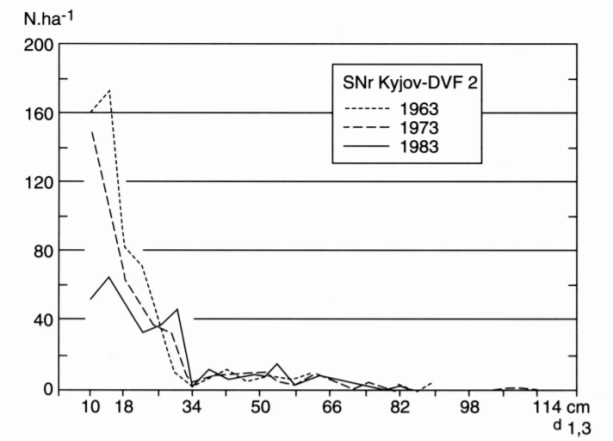
Obrázek 1: Rozšíření buku lesního na území ČR; Zdroj: (Vašut, 2021).



Obrázek 2: Areál rozšíření buku lesního; Zdroj: (EUFORGEN, 2009);upraveno.

3.1.4 Struktura přirozených porostů a jejich vývojové cykly

V obecném pojetí lze říci, že přirozené nebo přírodě blízké lesy jsou charakterizovány vysokou mírou heterogenity, prostorovou variabilitou, vysokou mírou mrtvého dřeva přítomného v porostu, vysokým věkem hlavního porostu, a především tloušťkovou strukturou připomínající křivku ve tvaru obráceného J (*viz. Graf 1*) (Vacek, 2018).



Graf 1: Křivka vyjadřující tloušťkovou strukturu porostů lesní rezervace Kyjov jednotlivých letech; Zdroj: (Korpeľ, 1995).

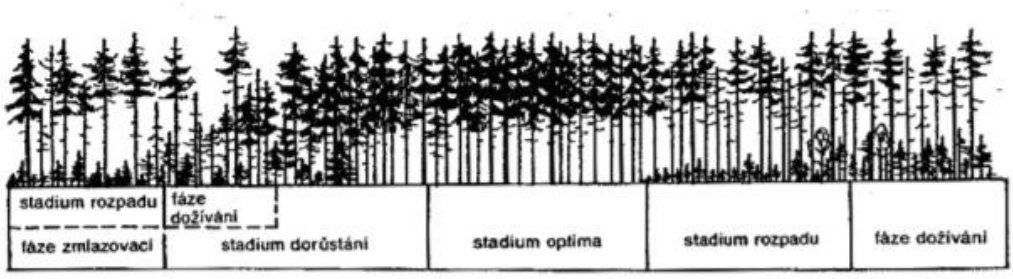
Dynamika přirozených lesů je utvářena přirozenými rušivými událostmi (disturbancemi), a to jak velkoplošnými, tak maloplošnými. Velkoplošné disturbance v tomto kontextu rozvrací lesní porosty typicky v rámci velkého vývojového cyklu lesa. Maloplošné disturbance naopak úzce souvisí s malým vývojovým cyklem způsobující věkovou i prostorovou heterogenitu lesního ekosystému (Korpeľ, 1995; Standovár, 2003). Bukové porosty pak spojujeme zejména s malým vývojovým cyklem *(viz. Obrázek. 6.)*, který zajišťuje stálost klimaxového lesa. Malý vývojový cyklus dělíme do 3 samostatných fází (stádií): stadium rozpadu, dorůstání a optima. Tato stádia jsou zřetelně odlišena svými strukturálními parametry. Tento cyklus lze také přirovnat ke „Gap“ a „Kohort“ dynamice (Korpeľ, 1995)

Během fáze rozpadu dochází k postupnému odumírání jednotlivých stromů a dochází k rozvolnění a prosvětlení mateřského porostu. Díky vzniklým mezerám se mění mikrostanovištní podmínky tak, že je možná iniciace přirozené obnovy v podůrovni mateřského porostu (Jaworski, 2002). Takto je pak v rozvolněných

částech porostu vytvářena skupinovitá obnova. Přímá konkurence v porostu pak s rostoucím věkem vede k pravidelnému rozmístění jedinců (Vacek, 2018). Druhová skladba a struktura budoucích porostů je tak do značné míry ovlivněna rychlostí vzniku a velikostí mezer (Zahradník, 2010).

Stádium dorůstání se vyznačuje vysokým množstvím mrtvého dřeva. Během vývoje porostu postupně dochází ke snižování objemu akumulovaného mrtvého dřeva. Rovněž začíná fungovat výrazná redukce počtu jedinců obnovy v porostu (Vacek, 2018). Standovár (2003) uvádí, že ve stádiu tyčkoviny je v přirozených bukových porostech vlivem autoredukce odstraněno 82–98 % jedinců buku. Tvoří se zde stupňovitý až vertikální zápoj. Porosty v tomto stadiu disponují nejvyšší tloušťkovou, prostorovou a tloušťkovou variabilitou (Jaworski, 2002).

Stádium optima je charakteristické nízkým počtem stromů, ztrátou vrstevnatosti a pravidelným uspořádáním. Ojediněle dochází k předčasné mortalitě nejsilnějších jedinců. Homogenizace porostů je od stadia dorůstání do stadia optima jedním ze základních principů vývoje přírodního lesa. Na konci stádia optima dochází postupně k přirozenému odumírání jedinců maximálního fyzického věku. Porost se tak dostává opět do stadia rozpadu (Rugani, 2013; Vacek, 2018; Korpeľ, 1995).



Obrázek 3: Malý vývojový cyklus na příkladu smrkového lesa; Zdroj; (Míchal, 1992).

Malý vývojový cyklus lze popsat také jako „Gap“ a „Kohort“ dynamiku. „Gap“, respektive jako dynamiku porostních mezer, kdy dochází k odumření jednoho nebo několika dominantních jedinců hlavního porostu. „Gap“ je definována jako mezera v zápoji porostu nižším než 2/3 porostu hlavního (Drößler, 2012). „Kohort“ dynamika se oproti „Gap“ dynamice odehrává na větší ploše a v delším časovém intervalu (Angelstam, 2004).

Commarmot, (2005) porovnávala strukturu přirozeného lesa oproti struktuře lesa obhospodařovaného. Výsledky ukazují velmi nevyrovnanou věkovou strukturu přirozeného lesa v porovnání s typickou strukturou dvouetážového lesa obhospodařovaného. Dalšími parametry, ve kterých byly nalezeny výrazné rozdíly, reprezentovala výčetní kruhová základna, objem stojícího dřeva a zakmenění. Všechny zmíněné veličiny dosahovaly vyšších hodnot v přirozeném lese než v lese ovlivněném lesnickým managementem. Nejvíce rozdílným parametrem byl v tomto případě objem mrtvého dřeva nacházejícího se na ploše lesa, jehož hodnoty byly 14–krát vyšší v přirozením lese než v lese hospodářském.

Parametrem, u kterého naopak nebyl zaznamenán výrazný rozdíl byla maximální výška porostu. Také hustota přirozené obnovy na obou plochách byla dostačující. Na základě výsledků této lze také tvrdit, že dynamiku přirozených lesů, lze v lesích obhospodařovaných přírodě blízkým způsobem napodobit maloplošnými obnovními postupy či jednotlivou umělou selekcí stromů (Commarmot, 2005).

3.2 Přirozená obnova buku lesního

Právě obnovní postupy zaměřené k podpoře či iniciaci přirozené obnovy, jsou v rámci pěstování bukových porostů doporučovány jakožto účinné a nenákladné metody jejich managementu (Vacek, 2018; Bílek, 2009). S ohledem na ekologické preference buku, je tak jeho přirozená obnova schopna dynamického růstu také v již zmíněných starých částečně rozvolněných porostech. Dalším benefitem přirozené obnovy buku je jeho schopnost vytváření víceetážových porostů právě jejím prostřednictvím (Madsen, 1995). Takové porosty jsou pak odolné vůči působení abiotických a biotických činitelů, rovněž zde dochází také ke zlepšování půdních podmínek a vodní bilance (Vacek, 2015a; Modrý, 2004).

Buk patří mezi stín snášející dřeviny, rovněž produkuje velké množství semen v nepravidelně se opakujících semenných letech (Vacek, 2015a; Vacek, 2018). Nutno však podotknout, že vysoká produkce semen během jednoho roku negativně ovlivňuje jejich produkci v roce následujícím. Frekvence semenných let a úspěšnost založení nového porostu je silně ovlivněna stanovištními a klimatickými poměr (Standovár, 2003). Hustota semenáčků, stejně jako jejich rozmístění je pak silně ovlivňováno rozpadem hlavního stromového patra. V přirozených bukových porostech má

rozmístění semenáčků hloučkovitý charakter, kopírující porostní mezery (Agestam, 2003). Přirozená obnova buku je na velkých otevřených plochách často negativně ovlivňována pozdními mrazy a vysokou konkurencí buřeně (Bílek, 2009; Madsen, 1995).

Různé faktory ovlivňující úspěšnost přirozené obnovy, se v poslední době staly předmětem řady vědeckých studií, zejména se pak jedná o případy právě stínomilných dřevin. Zápoj mateřského porostu, skladba a hustota přízemní vegetace a individuální vlastnosti jednotlivých druhů hrají zásadní roli v procesu přirozené obnovy porostů. Obecně platí, že semenáčky rostoucí pod silným zápojem pozitivně reagují na zvýšenou přístupnost světla, nicméně stejně tak semenáčky sdílí prostředí společně s přízemní vegetací, která může výrazně omezovat jejich vývoj (Modrý, 2004).

I přes výše zmíněné předpoklady úspěšné přirozené obnovy je pro lesní hospodáře velmi těžkým úkolem dosažení bukového nárostu vysoké kvality (Vacek, 2018). Náročnost udržení kvalitních nárostů je ještě o to vyšší na půdách s nedostatečným obsahem bází (Madsen, 1995). V posledních deceniích došlo k výraznému zvýšení nároků na kvalitu bukového dřeva, což vede také ke zvyšování nároků na kvalitu bukových mlazin. V takových výchovnách porostech je bezpodmínečně nutná zejména jejich vysoká hustota (Vacek, 2015a; Vacek, 2018).

3.2.1 Výskyt semenných let

Buk je charakteristický periodickou produkcí semen. Fruktifikace může být zahájena již ve věku 40–50 let, v porostech s vyšším zápojem může být počátek fruktifikace posunut až do věku 60–80 let (Standovár, 2003).

Semenné roky jsou nepravidelné, po bohatém semenném roce naopak přichází období, kdy je produkce semen velmi nízká (Peters, 1997). Na stanovištích ekologického optima buku pak pozorujeme častější a pravidelnější výskyt semenných let než na stanovištích, které pro pěstování buku nejsou optimální (Vacek, 2018). Zajímavostí je častější proces kvetení buku na východní hranici jeho rozšíření, v porovnání s kvetením buku v podmínkách např. západní Evropy. Tato skutečnost však v rámci východního areálu buku nevede ke zvýšení frekvence semenných let (Standovár, 2003; Overgaard, 2007).

Různé studie (Standovár, 2003; Bílek, 2013; Overgaard, 2007) se zabývalo vlivem klimatických faktorů ovlivňujících parametry fruktifikace. Z výsledků těchto studií vyplývá, že na úspěšnost fruktifikace mají vliv jak biotické, tak meteorologické faktory. Dle Standovára, (2003) bylo nejlepší fruktifikace dosaženo, pokud se průměrná teplota pohybovala v rozmezí 15–25 °C a relativní hodnota neklesla pod 26–33 %.

Övegaard, (2007) se zabýval frekvencí výskytu semenných let ve Švédsku v průběhu posledních 30 ti let. Výsledkem bylo zjištění, že výskyt semenného roku je silně ovlivněn teplotami a množstvím srážek v roce bezprostředně předcházejícím semennému roku. Během 30 ti let se vyskytlo celkem 14 semenných let, přičemž u 12 ti z nich byly teploty v červenci předchozího roku vyšší než dlouhodobý průměr a u 11 ti z nich byly červencové srážky nižší než dlouhodobý průměr.

Průměrná teplota během července roku následovaného semenným rokem pak byla nejméně 15.8 °C po dobu minimálně 16 dní, s maximální teplotou přesahující 20°C. Během těchto 30 ti let se také vyskytlo několik případů, kdy po roce s vysokými průměrnými teplotami nenásledoval semenný rok. V těchto případech však byl semenným rokem rok s vysokými průměrnými teplotami (Standovár, 2003; Overgaard, 2007). Faktory negativně ovlivňující produkci semen jsou pak deštivé počasí, nízké teploty a noční mrazy v průběhu kvetení a vytváření semen (Peters, 1997).

Tabulka 1: Průměrné hodnoty zkoumaných klimatických faktorů; Zdroj: (Overgaard, 2007); upraveno.

	Teplota *(°C)*			**Měsíční srážky *(mm)***	
	Průměrná	Počet dní s max. teplotou >20 °C	Suma maximálních teplot >20 °C	Srážky v měsíci	Červen – Září
Květen	10,9	5,5	12	45	
Červen	14,2	11	35	65	
Červenec	16,4	18	65	71	65
Srpen	16,1	16,4	58	60	
Září	12,2	3,2	7	71	

Semenné roky buku se dle Svobody, (1955) opakují každých 5–10 let, ovšem na toto téma byla v posledních desetiletích prováděna řada dalších studií, které toto tvrzení spíše vyvrací.

Hilton, (2003) zabýval frekvencí semenných let v severní Evropě v průběhu posledních dvou století. Data pro studii byla sbírána ze studií prováděných v Německu, Dánsku, Nizozemí, Anglii a Švédsku od roku 1800 do roku 1998. V Německu byl zjištěn průměrný výskyt semenného roku každých 9–10 let s minimálním rozestupem 2 let a maximálním odstupem dvou semenných roků 21 let. Pro Skandinávii byla průměrná frekvence semenných let 2–3 roky, pro Anglii pak 5 let (Hilton, 2003).

Studie Overgaarda (2007) během 33 let trvání odhalila celkem 14 semenných let s průměrným intervalem 2,5 roku *(viz. Tabulka 2)*, což představuje významný rozdíl od intervalu semenných let v Německu, který je dle Hiltona, (2003) průměrně 9–10 let.

Tabulka 2: Výskyt semenných let a průměrné intervaly mezi nimi v odlišných časových periodách a provinciích Švédska; Zdroj: (Overgaard, 2007); přeloženo.

Provincie	**Halland**			**Scania**	**Jižní Švédsko**		
Období	1687–1711	1753–1795	1895–1929	1895–1929	1926–1964	1974–2006	
Semenné roky	1687	1753	1897	1897	1926	1974	1995
	1690	1758	1906	1904	1933	1976	1998
	1698	1760	1909	1909	1944	1983	2000
	1702	1765	1915	1915	1954	1986	2002
	1707	1767	1918	1918	1956	1987	2004
	1711	1776	1926	1921	1960	1989	2006
		1789		1924	1964	1992	
		1795		1926		1993	
Průměrný interval	4,8	6	5,8	4,1	5,7	2,5	

Naopak dle výzkumu v Rumunsku lze tvrdit, že semenné roky buku jsou v těchto podmínkách vysloveně nepravidelné, a to nejčastěji v rozmezí 3–4 a 6–8 let (Standovár, 2003). V Maďarsku se pak silný semenný rok vyskytuje každých 14 let, rok s průměrnou produkcí každých 7 let a slabý semenný rok každé 3–4 roky (Standovár, 2003).

3.2.2 Produkce semen, klíčení a přežívání semenáčků

Obecně platí, že klíčení semen buku je velmi problematické. Vzhledem k absenci chemické obrany buku před houbovými patogeny a rovněž špatné schopnosti zotavení semen po poškození, je pro úspěšné vzejití semenáčků nutná vysoká hustota semen. Dalším důležitým faktorem je také podíl prázdných a parazitovaných semen. Tento podíl je obecně nižší v semenných letech s vyšší úrodou, než v semenných letech s úrodou nižší (Šindelář, 1993). Klíčení semen buku probíhá v období od dubna do května (Standovár, 2003).

Semenáčky buku jsou schopny operativně reagovat na změny množství dostupné vody, živin a světla. Pokud je dostatečný přísun světla (13 % plného slunečního záření), vody a živin, vykazují semenáčky až čtyřikrát rychlejší odrůstání (Madsen, 1995). Také v porostech s omezeným osluněním povrchu můžeme naleznout velké množství semenáčků, v tomto případě však většina z těchto jedinců odumře během první vegetační sezony. Mortalitu semenáčků buku během první sezony pak způsobují také houbové patogeny, žír mšic, krátké periody sucha a tepla během zimy a pozdní jarní mrazy (Bílek, 2013).

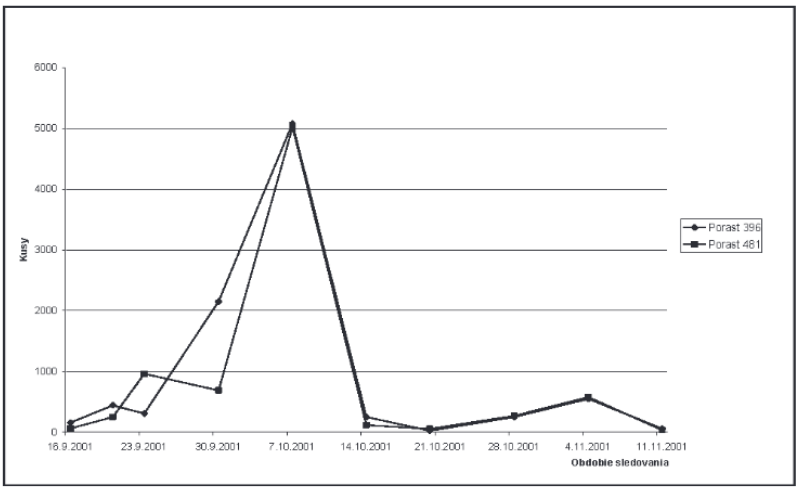
Množství produkovaných semen a jejich klíčivost se stala předmětem několika studií probíhajících v různých částech Evropy. V případě Overgaarda, (2007) se počet semen na jeden hektar pohyboval v rozmezí 1,1–10,1 milionu. V průměru pak během semenných let spadlo 5,3 milionu semen na hektar. K odlišným výsledkům došel Bílek, (2009), který studoval produkci semen na dvou různých zkusných plochách s odlišným vlivem mateřského porostu, kdy na každé bylo založeno množství ploch o rozměrech 25x25 cm.

Na ploše pod zápojem mateřského porostu byla zjištěná hustota semen 624 ks na jeden metr čtvereční. Druhá plocha se nacházela taktéž pod mateřským porostem, ale v blízkosti provedené holoseče. Na této ploše dosáhla hustota semen nacházejících se na jednom metru čtverečním 901 ks. Nejvíce semen bylo v obou porostech nalezeno v blízkosti jejich hranice a počet klesal se zvyšující se vzdáleností od této hranice. Za zmínku stojí také vzdálenost od mateřského porostu, ve které byla nalezena semena, až 40 m (Bílek, 2009).

Bílek, (2009), se zabýval také podílem prázdných semen a jejich klíčivostí. Na ploše pod zápojem mateřského porostu byl zjištěný podíl prázdných semen 17 % a klíčivost pouze 6,8 %, oproti tomu na ploše v blízkosti holé seče představovala prázdná semena 18,8 %. Na téměř polovině ze založených ploch se v semenáčky vyvinulo pouze 0–2,5 % semen počátečního opadu. V průměru přežilo první rok (od dubna do listopadu) 44 % jedinců, což představuje významný rozdíl v porovnání s výsledky Szwagrzyka, (2001) z let 1996 a 1993, kdy vyklíčilo 59 a 58 %. V závěru vegetační sezony se pak v semenáčky vyvinulo 2,36 % z celkového počtu plných semen (Bílek, 2009).

Korpel, (1978) a Saniga, (1994) došli ke shodnému množství semen na 1 m^2 a to 399 ks. Ve studii Korpela, (1978) z celkového počtu semen vyklíčilo 18,7 % (Korpeľ, 1978). Saniga, (1994) sledoval množství semen a podíl plných semen v různých částech roku. V období do 25. září spadlo 465,3 kg/ha a podíl plných semen byl 53 %. V následujícím období do 20 října spadlo 321,3 kg/ha a plná semena tvořila 71 %. V posledním období do 31. října spadlo 274,5 kg/ha a podíl plných semen byl 65 % (Saniga, 1994).

Saniga, 2009 ve své další studii založil ve dvou porostech na Slovensku celkem 6 zkusných ploch s různým stupněm clonění v porostech s různými podmínkami. V porostu s nepříznivými podmínkami, byly stupně clonění 91 %, 80 % a 65 %. Produkce semen na těchto plochách dosahovala hodnot 1 961,74 kg/ha (814 ks/m^2), 2 067,78 kg/ha (858 ks/m^2) a 1 556,86 kg/ha (646 ks/m^2). Průměrně tedy v tomto porostu spadlo 1 862,12 kg/ha (773 ks/m^2). Porost s lepšími podmínkami byl reprezentován plochami se stupněm clonění 95 %, 75 %, 70 %. Celkem na těchto plochách spadlo 1 479,74 kg/ha (614 ks/m^2), 1 889,44 kg/ha (784 ks/m^2) a 1 472,51 kg/ha (611 ks/m^2). Průměrně tak v tomto porostu spadlo 1 613,89 kg/ha (670 ks/m^2). Celkem spadlo 7 730 000 resp. 6 700 000 ks/ha. Nejvíce semen spadlo v období do 7. října a to 87,5 resp. 86,5 % *(viz. Graf 3)*. Nejvíce semen spadlo vždy v prvním říjnovém týdnu, a to 423 resp. 418 ks/m^2. Podíl plných semen dosahoval 87; 87 resp. 87,4 % a 85,6; 85,7 resp. 86,4 % (Saniga, 2009).



Graf 2: Průběh opadu bukvic v jednotlivých obdobích sledování (plocha 12 m2); Zdroj: (Saniga, 2009).

Klíčivost semen v jednotlivých porostech dosahovala 61 % a 63 %. Reálně však vyklíčilo průměrně pouze 2,46 % a 22,97 %. Mortalita během prvního roku života se pohybovala v mezi 8 % na ploše s clonou 95 % až 41 % na ploše s clonou 91 %. V tomto případě se projevil negativní vliv ekologických podmínek v jednotlivých porostech (Saniga, 2009).

Pravděpodobnost přežití semenáčků narůstá s jejich věkem. Nejvyšší podíl odumřelých jedinců se tak nachází mezi jednoročními semenáčky, které po vyklíčení přežily první zimu (Barna, 2011). Saniga (2009) uvádí nejhorší výsledky v přežívání semenáčků v podmínkách návrší se stupněm clonění 91 %, na kterém teplé větry a suchá léta způsobily úhyn všech semenáčků v roce následujícím po vyklíčení. Korpel (1978) uvádí, že první zimu přežije v průměru 36 % jedinců, zimu následující pak 29 % a třetí zimu (tedy čtyřleté semenáčky) 21 % z celkového počtu vyklíčených jedinců. Podobné výsledky byly prezentovány ve studii Veselého (1992), kdy první rok přežilo 10–30 %, druhý rok 6–26 % a třetí rok (čtyřleté semenáčky) 1–20 % (Veselý, 1992; Korpeľ, 1978).

3.2.3 Vliv světla a půdy

Snášenlivost buku vůči zastínění hraje klíčovou roli také v procesu odrůstání jeho semenáčků, které tak mohou přežívat i ve velmi omezených podmínkách. Tato vlastnost však negativně ovlivňuje odolnost vůči hmyzím škůdcům a jiným škodlivým faktorům (Van Hees, 2003). Dle studie Colleta (2001), má však nízká potřeba

světelného požitku pouze minimální efekt na prvotní přežití a růst semenáčků. Rovněž však může nízká úroveň sluneční radiace být limitujícím faktorem pro růst a přežívání semenáčků, a tak ovlivnit budoucí kompozici porostů (Madsen, 1995).

Proměnlivost růstu semenáčků v různých světelných podmínkách velice komplikuje predikci budoucí druhové kompozice a struktury porostu. Tento problém se projevuje především v situacích, kdy dominanci v daném porostu sdílí několik stínomilných dřevin. V tomto případě se pozice hlavní dřeviny velmi snadno přenáší z jednoho druhu na druhý, a to během několika po sobě následujících let (Szwagrzyk, 2001).

Schopnost semenáčků stínomilných druhů odrůstat po hustým zápojem mateřského porostu je také velmi důležitá během odrůstání buřeni, jenž citlivěji reaguje na přímé sluneční světlo než přítomní jedinci přirozené obnovy (Welander, 1998; Modrý, 2004).

Experimentální studie v kontrolovaných podmínkách prokázaly, že minimální množství slunečního záření potřebného pro přežití bukových semenáčků, se pohybuje okolo podílu 1 % z celkové sluneční radiace. Tato hodnota byla v několik případech naměřena i ve studii Szwagrzyka, (2001). Ve skutečných přírodních podmínkách se však bukové semenáčky v podmínkách takového zástinu nevyskytují, a to vzhledem k ostatním limitujícím faktorům, jakými je dostupnost vody a živin. Další výzkumy v porostech s přirozenou obnovou ukazují, že bukové semenáčky mohou přežít při hodnotách slunečního záření přibližně 3–5 %, ale i silně potlačené semenáčky vykazují rapidní výškový i tloušťkový přírůst jako reakci na uvolnění zápoje, mohou tak hrát podstatnou roli v regeneraci porostu (Modrý, 2004). Ještě semenáčky ve věku 12 let jsou stále schopny znovu nastartovat aktivní růst po rozvolnění zápoje (Collet, 2001). Na druhou stranu zvýšená radiace může vést ke zvýšené konkurenci v boji o přítomné zdroje, což mívá za následek snížení hustoty a kvality přirozené obnovy (Collet, 2002).

Peters (1997) odhadl hranici 50 % zápoje porostu jako optimální podmínky pro vývoj přirozené obnovy. Naopak při hustotě zápoje 75 % často dochází k útlumu výškového přírůstu, jedinci jsou však schopni ještě značnou dobu přežívat tyto stinné podmínky.

Práce Swagrzyka (2001) posuzovala parametry semenných bank na čtyřech plochách s různou intenzitou osvětlení. Osvětlení plochy se na jednotlivých lokalitách pohybovala okolo 3; 4; 9 a 15 %. Na ploše s nejnižší intenzitou slunečního záření (3 %) nebyla formována semenná banka, na ploše s intenzitou 4 % pak byla vytvořena semenná banka silně nestálá, objevující se a mizící v průběhu několika let. Pouze na plochách s relativním ozářením 9 a 15 % byla akumulována pravá semenná banka, takový výsledek ovlivnila zejména přítomnost porostních mezer, nacházejících se v blízkosti výzkumných ploch. Tyto výsledky prezentují fakt, že v rámci pěstování stín tolerujících dřevin, je nutné dbát na přítomnost porostních mezer pro zajištění dostatečně husté a kvalitní obnovy. I na plochách s nejnižší možnou intenzitou osvětlení pohybující se kolem 1 % se množství přeživších semenáčků po první sezóně pohybovalo nad 10 % což je v souladu s výše zmíněným zjištění, že i takto nízká intenzita osvětlení umožňuje přežívání semenáčků druhů s velkými semeny jako je buk (Szwagrzyk, 2001).

Gradient světelných podmínek, ve kterých se semenáčky vyskytují, je širší pro přímé než právě pro difuzní světlo. Bukové semenáčky běžně vyrůstají v podmínkách 4,4–47 % přímého světla a 1,9–37,8 % difuzního světla. Nelze však doložit vliv relativního procentuálního osvětlení na štíhlostní koeficient odrostků. Přímé i difusní světlo má nicméně často negativní vliv na plochu a délku koruny (Orman, 2021).

Několika různými studiemi (Collet, 2002; Welander, 1998; Van Hees, 2003), bylo potvrzeno, že semenáčky rostoucí v podmínkách s nízkou intenzitou světla redukují svůj růst a vykazují nižší poměry: průměr/výška, kořeny/výhony a větve/kmen. Je také prokázáno, že potlačené semenáčky vykazují značné anatomické a morfologické odlišnosti od semenáčků nepotlačených. Pozorované rozdíly v poměru kořenového systému a nadzemní části pak odrážejí právě ekologické nároky buku. Například rychle rostoucí a zároveň stín netolerující dřevina, jakou je bříza bělokorá *(Betula pendula)* má poměr kořenového systému a nadzemní části nejnižší, a to jak v podmínkách zastíněných, tak nezastíněných. Naopak pomalu rostoucí stín tolerující buk vykazoval tento poměr nejvyšší, a to jak ve stinných, tak světlých podmínkách (Collet, 2002). Velmi důležitým faktem je také informace o tom, že výška semenáčků společně s délkou terminálních výhonů je silněji ovlivňována množstvím světla během

předchozího roku než úrovní světla v roce sledování. (Welander, 1998; Van Hees, 2003).

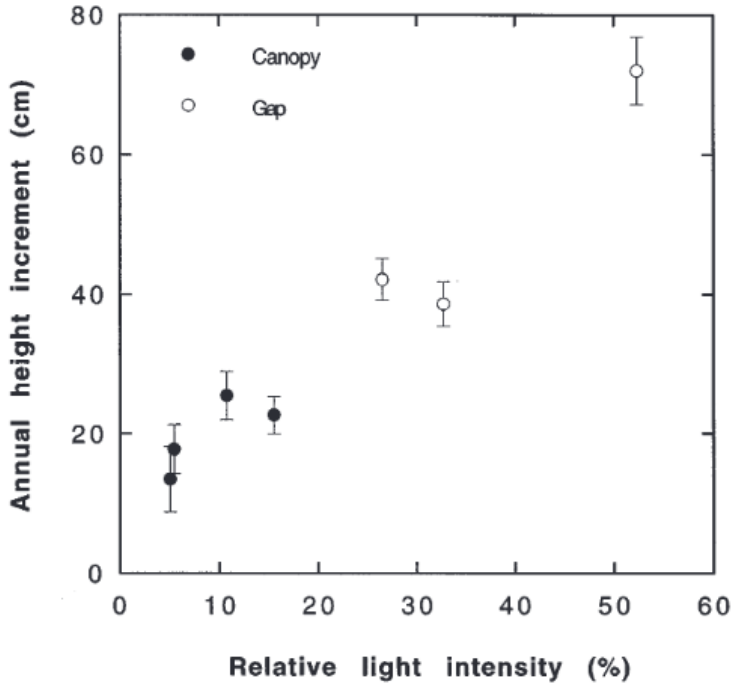
Ve studii Welandera (1998) bylo provedeno porovnání dubových a bukových semenáčků, při němž bylo prokázáno, že v porostech s různým stupněm rozvolnění byl růst dubových semenáčků více redukován než růst semenáčků bukových. Neukázalo se ovšem že nízká intenzita osvětlení je příčinou nízkého podílu přeživších dubových semenáčků během prvních dvou let. Zdá se také, že jednoleté semenáčky dubu i buku jsou velmi dobře adaptovány na nízké osvětlení.

Společně se snižující se intenzitou osvětlení dochází během prvního roku existence jedince k redukci přírůstu kořenového systému a terminálních výhonů. V případě buku je vyšší kumulace sušiny patrná právě v jeho nadzemní části než jeho kořenoví, a to v různých světelných podmínkách. U dubu je tomu naopak, což poukazuje na vyšší adaptaci buku na nižší intenzitu osvětlení během prvního roku života. (Welander, 1998).

V porovnání se silně světlomilnou dřevinou jako je bříza dosahuje buk v počátečních fázích růstu menší výšky, průměru kořenového systému, biomasy listů, nadzemní části, pařezu, celkové biomasy kořenů, biomasy hrubých i jemných kořenů, a to bez ohledu na intenzitu osvětlení. V porovnání s břízou vytváří buk až o 44 % větší biomasu kořenů, zastínění pak tuto hodnotu snižuje o 20 %. Tyto parametry byly studovány u semenáčků vypěstovaných ve školce s různým stupněm zastínění *(viz. Tabulka 6; Grafy 4 a 5)* (Van Hees, 2003).

Průměrný výškový a tloušťkový přírůst semenáčků v přirozených podmínkách pod zástinem mateřského porostu se pohybuje na hodnotách 1,2 cm a 0,18 mm. Nejvyšší výškový přírůst vykazují bukové odrostky při nízké intenzitě osvětlení. Naopak se vzrůstajícím množstvím difuzního světla dochází k lehkému zrychlení výškového přírůstu. Po rozvolnění zápoje dojde během prvního roku k tloušťkovému přírůstu, vykazujícímu značné meziroční rozdíly ve vztahu ke klimatickým podmínkám. Oproti tomu výškový přírůst se nezvyšuje okamžitě po uvolnění zápoje, ale vzrůstá pravidelně v průběhu následujících let (Collet, 2001; Orman, 2021). V práci Colleta (2001) dosahoval po čtyřech letech od uvolnění zápoje (15 % relativního osvětlení) výškový a tloušťkový přírůst 9,5 cm a 0,49 mm v porostních mezerách a 3,8

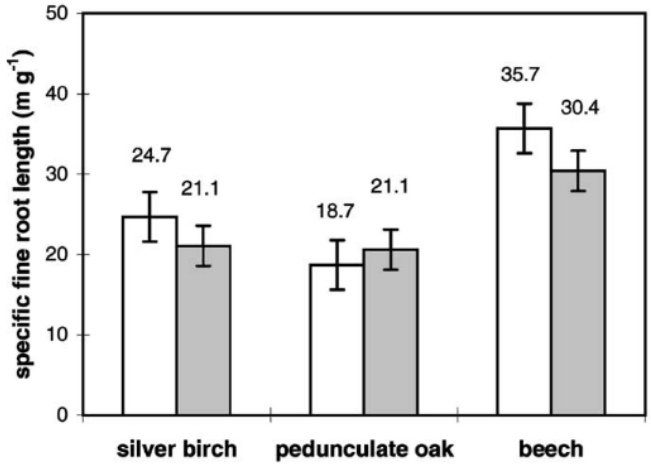
cm a 0,21 mm pod rozvolněným zápojem. Dynamika růstu semenáčků v tomto případě nebyla nijak ovlivněna jejich věkem. Zvýšený tloušťkový a výškový přírůst je pozitivně spojen s množstvím dostupné vody v půdě po rozvolnění zápoje (Collet, 2001).



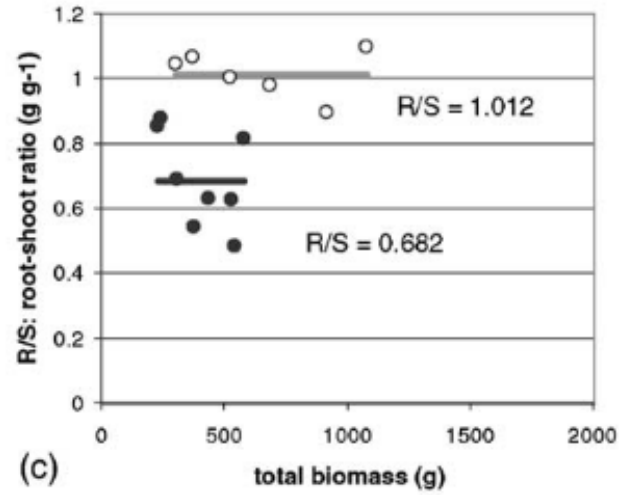
Graf 3: Vztah mezi relativní intenzitou záření a ročním výškovým přírůstem pod zápojem a v mezerách; Zdroj: (Collet, 2001).

Tabulka 3: Průměrné charakteristiky semenáčků tří druhů v různých světelných podmínkách; Zdroj: (Van Hees, 2003); upraveno.

	Bříza bělokorá		**Dub letní**		**Buk lesní**	
	Zástin	Plné osvětlení	Zástin	Plné osvětlení	Zástin	Plné osvětlení
Výška *(cm)*	327	319	194	162	188	171
Průměr kořenového systému *(mm)*	31	37	24	25	22	24
Nadzemní biomasa *(g)*	784	884	351	398	246	324
Biomasa kořenů *(g)*	269	431	179	321	161	325
Biomasa listů *(g)*	207	189	93	132	56	86
Biomasa pařezu *(g)*	81	112	55	86	48	72
Biomasa hrubých kořenů *(g)*	79	119	45	89	39	89
Biomasa jemných kořenů *(g)*	109	209	80	145	75	164



Graf 4: Průměrná specifická délka jemných kořenů. (světlé sloupce = hodnoty na přímém slunci, šedé v zástinu); Zdroj: (Van Hees, 2003).



Graf 5: Poměr kořeny /nadzemní část (bílá kolečka = na přímém slunci, černá v zástinu); Zdroj: (Van Hees, 2003).

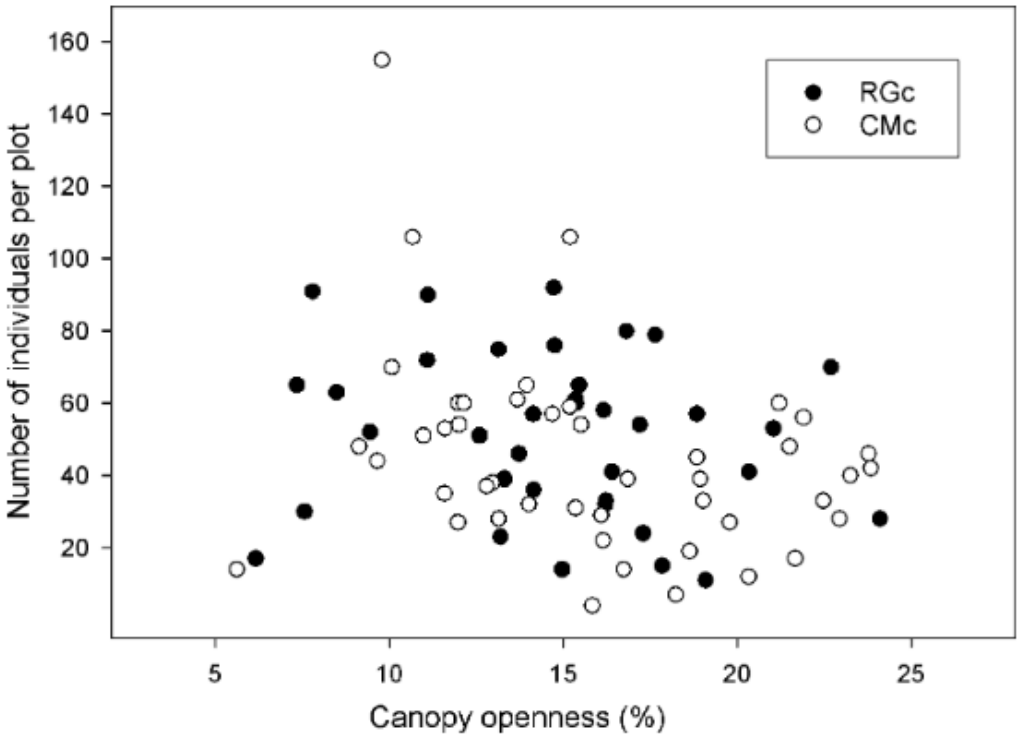
Z celkové biomasy bukových semenáčků rostoucích na přímém slunci představovala biomasa jejich kořenů 50,0 %, u jedinců rostoucích v zástinu tato hodnota byla 41.Vztah mezi nadzemní a podzemní částí buku lze popsat také jako funkční závislost mezi listy a jemnými kořeny. Tyto vazby se s ohledem na jednotlivé dřeviny velmi liší, mohou pak mít nezanedbatelný vliv na velikost rostliny a další růstové parametry. V případě, že je limitujícím zdrojem světlo, dochází u buku k vyšší kumulaci biomasy do nadzemní části než do kořenů. Tento poměr mezi nadzemní a podzemní částí rostliny následně ovlivňuje příjem uhlíku a živin. V zástinu je u buku příjem uhlíku na jednotku biomasy listů nižší než na přímém slunci. Pro zachování rovnováhy mezi uhlíkem a dalšími živinami musí tedy být více biomasy nahromaděno

v listech a méně v kořenovém systému, čímž dojde ke zvýšení příjmu uhlíku vzhledem k příjmu dalších živin kořenovým systémem (Van Hees, 2003).

Szwagrzyk (2001) uvádí, že výskyt semenáčků je téměř nezávislý na relativní intenzitě osvětlení, ale přežívání během prvního roku s intenzitou světla přeci jen slabě koreluje. Dlouhodobé přežití semenáčů v jeho studii bylo nízké, nicméně velmi silně korelovalo s relativním osvětlením.

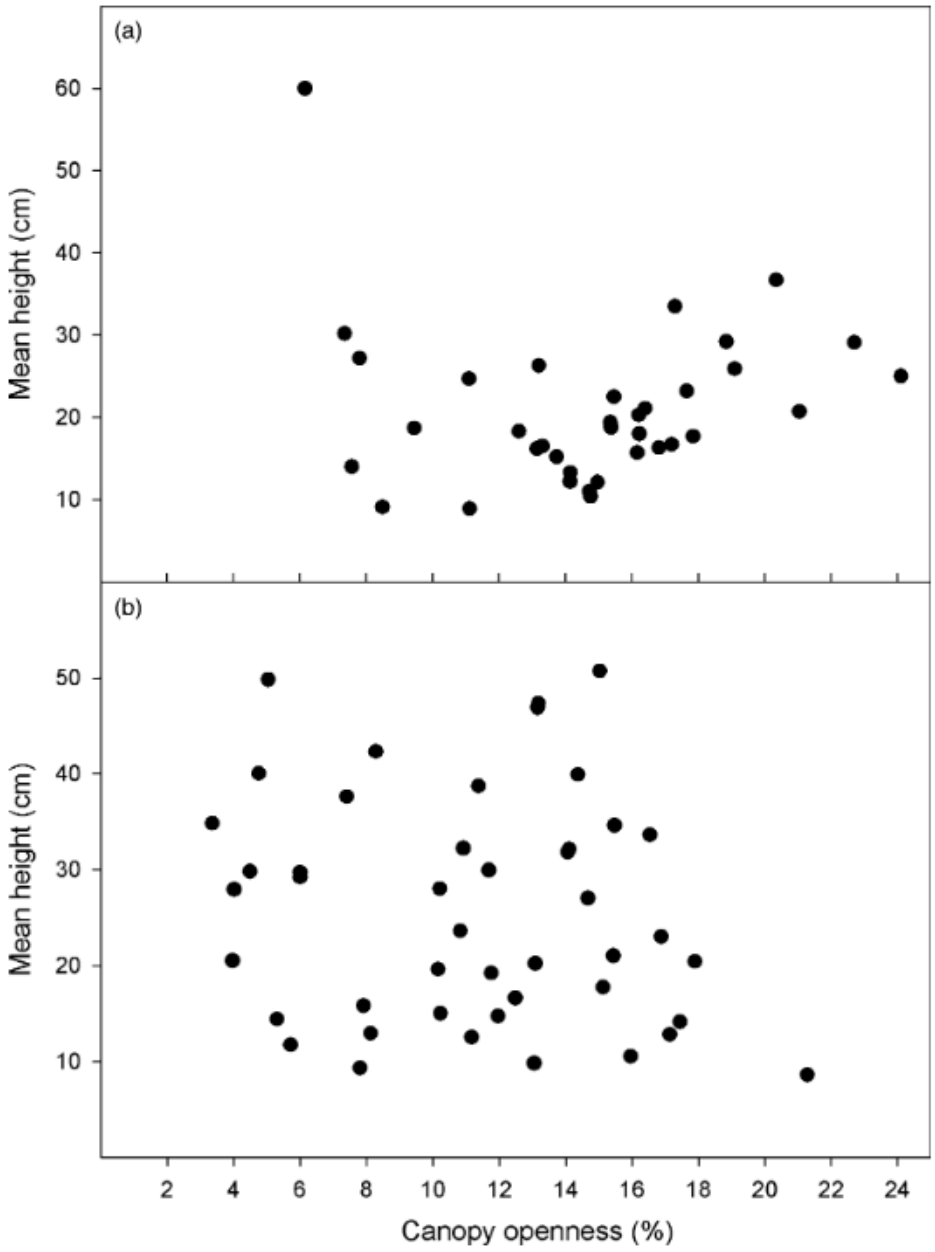
Velmi důležitým prvkem pro iniciální stádia klíčení jsou energetické zásoby uložené v semenech. Tyto rezervy jsou velmi významné zejména v případě dubu, patrný vliv však mají také na odrůstání bukových semenáčků. (Welander, 1998). Pokud během dvou po sobě jdoucích let dojde k výrazné negativní změně světelných podmínek, může dojít ke snížení objemu sušiny listů i kmínků bukových semenáčků (Welander, 1998).

Dalším zásadním faktorem parametrů přirozené obnovy jsou půdní podmínky. Modrý (2004), odhalil pouze minimální rozdíly na stanovištích kambisolů (14 ks/m^2) a regosolů (16,2 ks/m^2) (*viz. Graf 6)*. Naopak byl objeven výrazný rozdíl velikosti jedinců obnovy na zmíněných typech půd: na kambisolech jedinci obnovy průměrně dosahují výšky 25,7 cm, na regosolech pak pouze 20,9 cm *(viz. Graf 7)*. (Modrý, 2004).



Graf 6: Závislost mezi stupněm rozvolnění zápoje a množstvím jedinců na ploše (černě regosoly, bíle kambisoly); Zdroj: (Modrý, 2004).

V případě kambisolů nelze prokázat vztah mezi hustotou zápoje a velikostí jedinců naopak na regosolech je tento vztah významný. Průměrný pokryv bylinnou vegetací se mezi půdními typy příliš neliší, je však prokázán významný vliv hustoty zápoje na hustotu bylinné vegetace. V případě druhů vyskytujících se na jednotlivých půdách buk silně dominuje na kambisolech, naopak na regosolech je dominující dřevinou javor. Analýzy prokazují, že tloušťkový přírůst buku je na regosolech v porovnání s kambisoly zpomalen. Dalším poznatkem je pozitivní vztah mezi výškou přirozené obnovy a množstvím světla pouze na regosolech, což potvrzuje důležitost dostatečného prosvětlení porostu na živinami chudých stanovištích (Modrý, 2004).



Graf 7: Vztah mezi rozvolněností zápoje a výškou přirozené obnovy (a) – regosoly, (b) – kambisoly; Zdroj: (Modrý, 2004).

3.2.4 Obnova v porostních mezerách (Gap fáze vývojového cyklu)

Dle informací zmíněných v *Kapitole 3.4.3*, můžeme říci, že přirozená obnova v porostech stínomilných dřevin závisí na několika faktorech: produkce semen a jejich šíření; klíčení a schopnost přežívání semenáčků; místní podmínky, zápoj mateřského

porostu či na konkurenci přízemní bylinné vegetace (Szwagrzyk, 2001; Madsen, 1995; Bílek, 2013; Stiers, 2019; Diaci, 2012).

Zásadním faktorem pro existenci přirozené obnovy je také množství dostupného světla. Vzhledem k tomuto parametru, jsou určující právě změny hustoty zápoje (Stiers, 2019). Distribuce světla je jedním z klíčových abiotických faktorů, neboť neovlivňuje přirozenou obnovu pouze naturálně, ale dostupnost světla je také možné snadno upravit lesnickými zásahy. Vytváření porostních mezer různých velikostí je tak jedním z racionálních lesnických nástrojů, jak účinně regulovat množství dostupného světla v porostu s cílem kontroly druhového složení a vývoje přirozené obnovy. (Muscolo, 2014; Feldmann, 2018). Zvýšením ozářenosti povrchu půdy dochází v porostních mezerách k rychlejší mineralizaci a nitrifikaci. Urychlení tohoto procesu obecně odůvodňujeme zejména menším množstvím bukového opadu, a naopak větším objemem biomasy bylin v půdě, tedy příznivějším poměrem C/N (Bílek, 2013).

Vznik mezer ve starých bukových porostech je ovlivněn souhrou režimu disturbancí porostních mezer, místních podmínek a historie porostu. Přežití dostatečného množství semenáčků a odrostků buku a dalších stín tolerujících dřevin pak často hraje hlavní roli v zacelení mezery (Diaci, 2012). Porostní mezery se v průběhu času dynamicky mění. Jsou progresivně uzavírány horizontálním přírůstem stromů těsně sousedících s danou mezerou nebo vertikálním přírůstem mladých jedinců vyrůstajících ve vzniklých mezerách (Feldmann, 2018; Muscolo, 2014). Malé mezery jsou zaceleny během několika let, naopak velké mezery se často dále rozrůstají vlivem odumírání sousedních stromů (Diaci, 2012). Tyto procesy pak vedou k neustálým změnám v dostupnosti světla pro spodní etáže porostu a jedince obnovy (Stiers, 2019).

Literatura uvádí několik různých definic porostní mezery. Některé prameny porostní mezeru popisují jako polygon přímo pod místem rozvolnění zápoje bez známek vertikálního rozšíření (Runkle, 1982). Dále se porostní mezerou může rozumět otevřený zápoj porostu, a to minimálně do výšky dvou metrů nad zemí (Brokaw, 1982). Používaným termínem je také „rozšířená mezera“, kterou necharakterizuje pouze aktuální již existující mezera, ale také polygon vytvořený propojením kmenů stromů ohraničujících tuto mezeru (Runkle, 1982). Poslední zmíněný pojem možná nejlépe

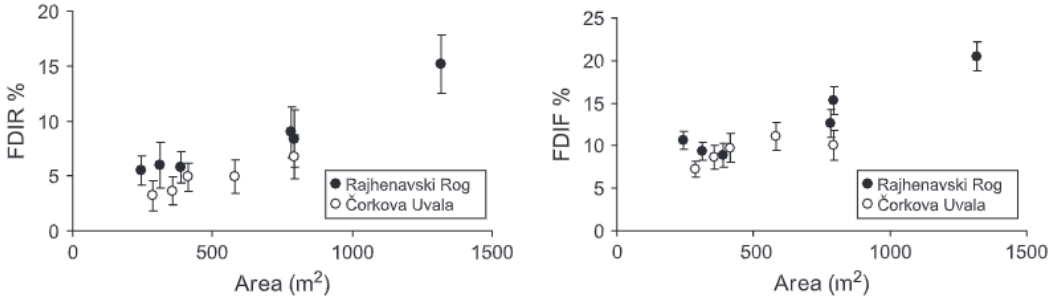
vystihuje význam porostní mezery, neboť zahrnuje oblast lesa, která je stále ovlivněna vznikem mezery například v množství dostupného světla (Stiers, 2019).

Světelný režim na povrchu mezery a v jejím přilehlém okolí není ovlivňován pouze tvarem a velikostí mezery, ale také architekturou korun sousedících stromů, jejich pozicí na okraji mezery s ohledem na světové strany a geografickým umístěním mezery (Canham, 1990). V porostech, které se nachází ve vyšších severních zeměpisných šířkách je obnova na severním okraji mezery podporována vyšší celkovou sumou dostupného světla v průběhu dne. Z tohoto důvodu se značně liší střed rozmístění přirozené obnovy od středu porostní mezery. Centrum rozmístění přirozené obnovy se ve většině případů nachází severněji v porovnání se středem plochy (Schliemann, 2011; Stiers, 2019). Tento rozdíl v prostorovém rozmístění obnovy Stiers (2019) definoval odlišnými vzdálenostmi: 7,92 m mezi středem mezery a středem rozmístění obnovy, a 10,07 m mezi středem mezery a rozmístěním nejvyšších jedinců. V tomto kontextu pak malé semenáčky reagují pouze na umístění uvnitř mezery. Velikost mezery a vzdálenost od její hranice má největší vliv na výšku semenáčků a odrostků Tento fakt následně ukazuje, že další růst obnovy směrem k následujícím výškovým stádiím je možný pouze ve větších porostních mezerách a na plochách více vzdálených od hranice porostu (Orman, 2021).

Stiers (2019) pozoroval dynamiku porostních mezer na celkem 16 bukových plochách rozmístěných mezi Ukrajinou, Slovenskem a Německem. Celkem bylo v porostech zaměřeno 36 porostních mezer, pro něž byl zaměřen jejich rozsah a ostatní charakteristiky. Velikost mezer se pohybovala od 85,76 m^2 a 439,98 m^2, jejich průměrná velkost pak činila 234,31 m^2. Pouze čtyři mezery svými rozměry přesahovaly 400 m^2.

Dusan (2007) do svého pozorování na území lesních rezervací Chorvatska a Slovinska zahrnul 4 porostní mezery o velikosti 700–2000 m^2 a dalších 7 mezer o rozměrech 200–500 m^2. Průměrná velikost mezery v porostech Slovinska dosahovala 640 m^2 v porostech na území Chorvatska pak 487 m^2. Tato studie dokázala, že jednoleté a zároveň menší semenáčky buku se častěji vyskytují pod plným zápojem nebo v blízkosti hranice porostní mezery s nižší intenzitou prostupujícího difuzního

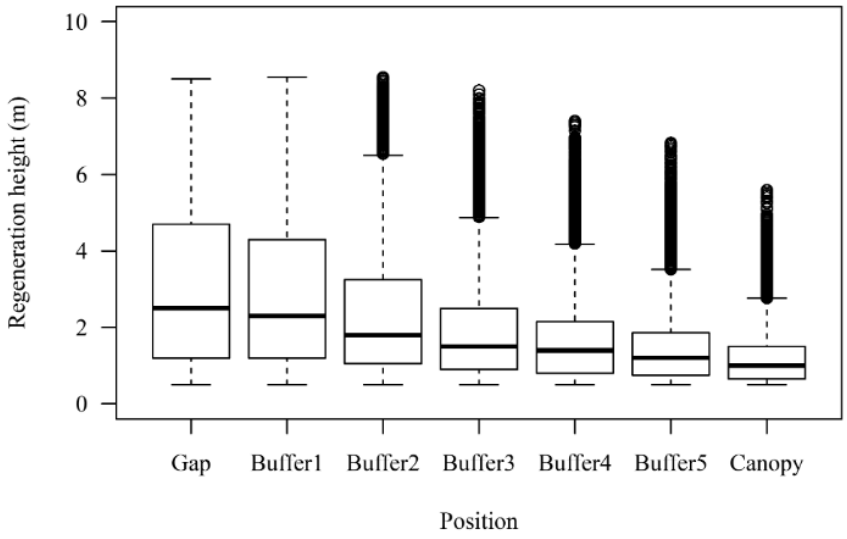
a přímého světla. Starší semenáčky se naopak častěji na stanovištích s vyšším množstvím difuzního i přímého světla, kde rovněž vykazují vyšší výškový přírůst.



Graf 8: Vztah mezi intenzitou pronikajícího difuzního (FDIF) a přímého (FDIR) záření a velikosti porostní mezery; Zdroj: (Dusan, 2007).

Ve všech druzích zmíněných mezer jsou hodnoty pronikajícího přímého i difuzního záření velmi nízké a pohybují se maximálně na hodnotě 18 a 23 %. Tyto hodnoty se pak zvyšují zároveň se zvyšující se velikostí mezery (Dusan, 2007).

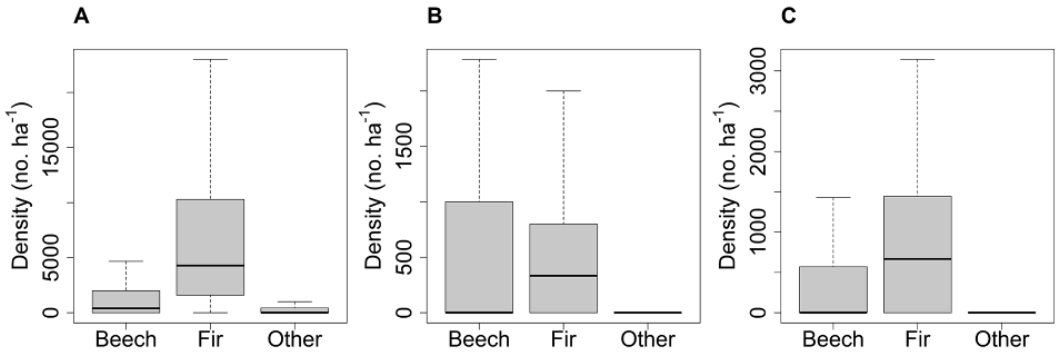
Vztah mezi velikostí porostní mezery a výslednou plochou přirozené obnovy není prokazatelně významný. Průměrná výška přirozené obnovy klesá se zvyšující se vzdáleností od porostní mezery (Stiers, 2019). Stiers (2019) rovněž vytyčil 5 navazujících 1 m širokých zón v různých vzdálenostech od porostní mezery, v nichž sledoval výšku přirozené obnovy.



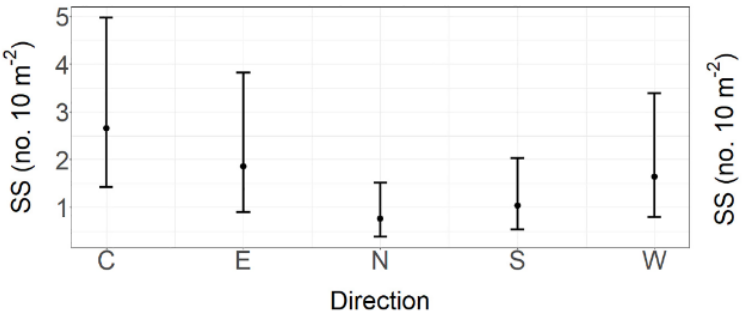
Graf 9: Vztah mezi výškou obnovy a vzdálenosti od porostní mezery; Zdroj (Stiers, 2019).

Z *Grafu 9* je patrný klesající trend výšky jedinců obnovy se zvyšující se vzdáleností od porostní mezery. K nejnižšímu poklesu průměrné výšky dochází mezi zónami 1–3 a k nejvyššímu naopak mezi zónou 5 a jedinci pod plným zápojem sousedního porostu (Stiers, 2019).

Orman (2021) zaznamenal porostní mezery v rozmezí 21 m^2 až 397 m^2 s průměrnou rozlohou 104 m^2. Ve všech případech byla hustota obnovy buku nižší než hustota obnovy jedle (*Graf 10)*. Malé semenáčky buku byly ovlivněny pouze orientací, kdy nejvyšší hustota se vyskytuje na plochách ve středu mezer a ve směru východ západ. Na plochách severně nebo jižně od středu mezery je hustota jedinců podstatně nižší (*Graf 11)*.

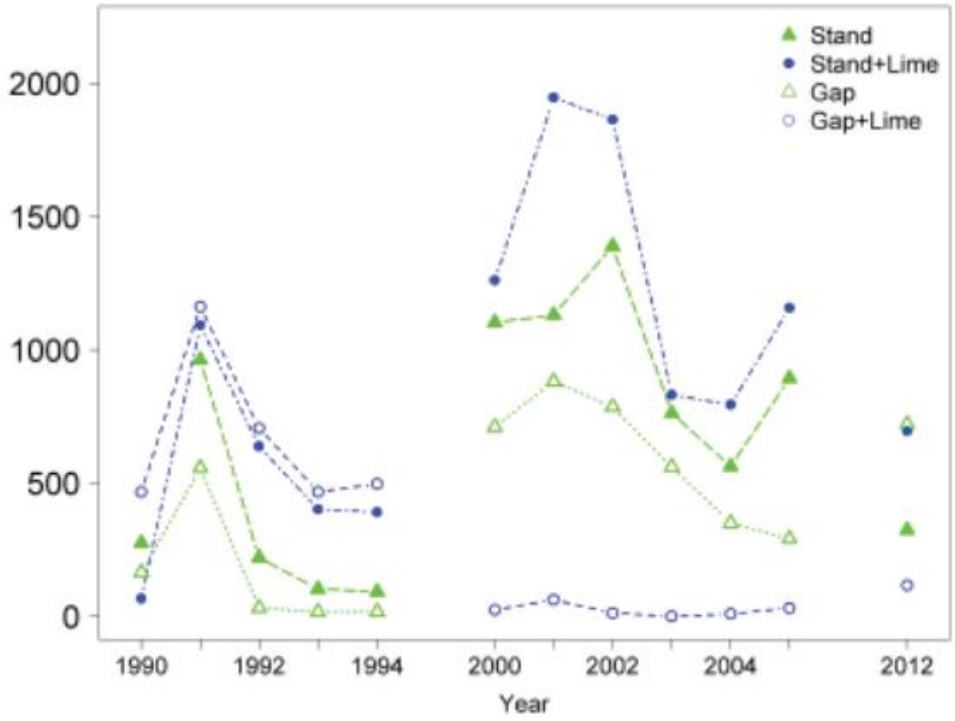


Graf 10: Hustota jedinců obnovy buku, jedle a ostatních dřevin. A – malé semenáčky; B – větší semenáčky; C – odrostky; Zdroj: (Orman, 2021).



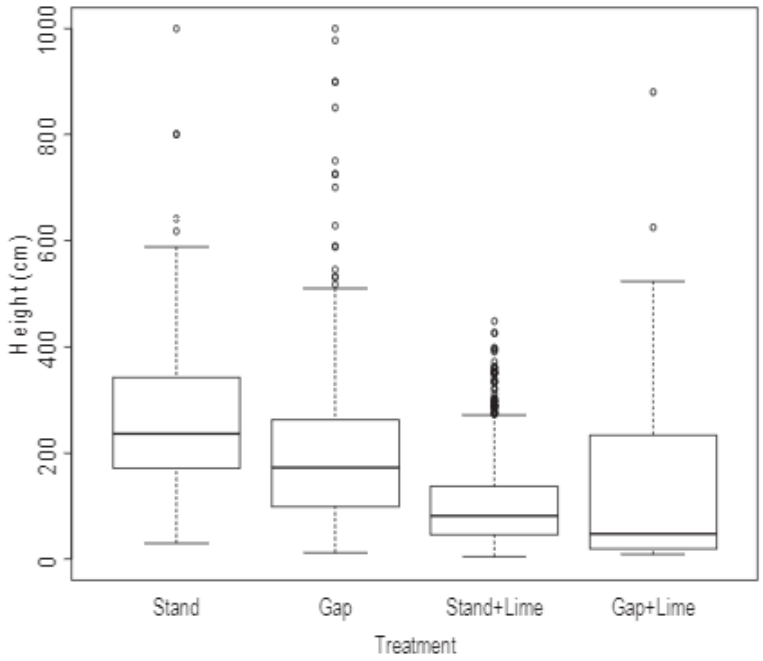
Graf 11: Množství malých semenáčků v závislosti na orientaci v mezeře; Zdroj: (Orman, 2021).

Lin (2014) uvádí rozdíly mezi hustotou a dendrometrickými veličinami přirozené obnovy mezi kontrolními porosty, porosty ošetřenými vápnem, porostními mezerami a mezerami ošetřenými vápnem. Závěry této studie jsou následující (*viz. Graf 12)*: nejvyšší hustota přirozené obnovy se vyskytuje v nevápněných mezerách (721 ks/ m^2) následně v povápněném porostu (695 ks/m^2), nevápněném porostu (324 ks/m^2) a nejnižší hustota je v povápněných mezerách (117 ks/m^2).

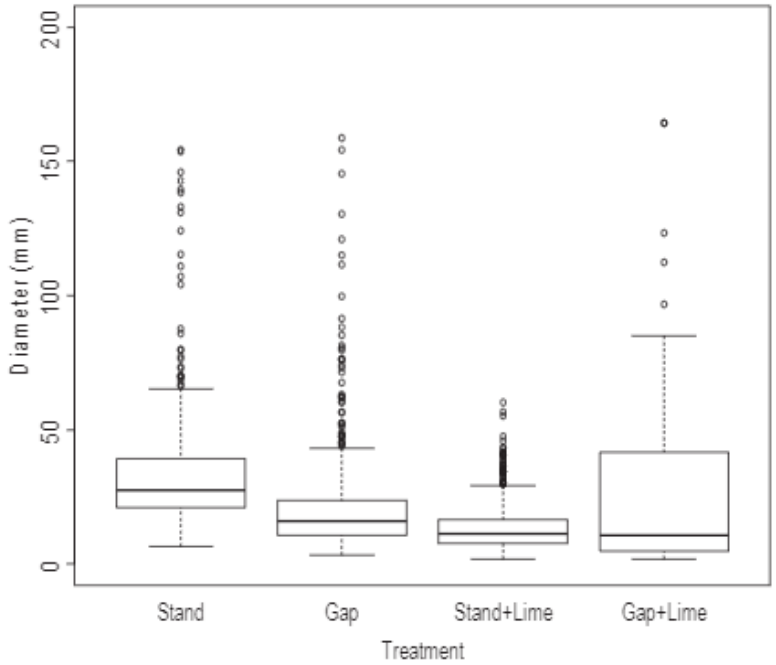


Graf 12: Hustota jedinců přirozené obnovy buku lesního v závislosti na typu a ošetření plochy; Zdroj: (Lin, 2014).

Výšková struktura jedinců se značně liší v závislosti na typu plochy a jejím ošetření. Nejvyšší jedinci jsou nalézáni v nevápněných porostech, kde mají také nejvyšší tloušťku. Naopak nejnižších průměrných hodnot dosahují jedinci v povápněných mezerách (Lin, 2014).



Graf 13: Průměr jedinců přirozené obnovy v závislosti na typu a ošetření plochy; Zdroj: (Lin, 2014).



Graf 14: Výška jedinců přirozené obnovy v závislosti na typu a ošetření plochy; Zdroj: (Lin, 2014).

3.3 Clonný obnovní postup

Clonná seč představuje právě přírodě blízký způsob obnovy lesních porostů. Nový porost tak vzniká pod ochranou (clonou) mateřského porostu (Korpeľ, 1991). Podstatou metody clonných sečí je postupné snižování porostního zápoje (zakmenění) s cílem vytvoření optimálních podmínek pro produkci semen, klíčení a další vývoj náletu a následně nárostu (Clonná seč, 2021).

Podobností seče clonné a holé, je plošný rozsah zásahu, kdy v obou případech do procesu obnovy vstupuje zpravidla celý. Velkým rozdílem však je skutečnost, že v případě využití clonné seče mateřský porost není vytěžen najednou, ale jsou z něj vytěženy pouze jednotlivé stromy nebo jejich skupiny, a to během dlouhé obnovní doby, trvající i několik desítek let. Tímto způsobem lze obnovovat celé porosty nebo dokonce celá oddělení. Na ploše porostu dochází během obnovy k postupnému, stále intenzivnějšímu rozvolňování zápoje. Na konci obnovní doby je pak mateřský porost zcela dotěžen. V některých případech se přistupuje také k ponechávání semenných výstavků či stromů na dožití Tento obnovní postup je využíván především v porostech stínomilných dřevin, a to zejména v bukových, jedlových a smrkových porostech (Vacek, 2018; Poleno, 2009). Nicméně lze clonnou seč použít i v případě různých smíšení, ale dokonce také v borových porostech (Brichta, 2020). V rámci podrostního hospodaření v porostech světlomilných dřevin je ale třeba rychlejší uvolňování zápoje. (Vacek, 2018; Poleno, 2009).

Výhodou clonného obnovního postupu je ochrana semenáčků mateřským porostem v nejcitlivější fázi jejich vývoje před nadměrným působením slunečního záření, silného větru, a především pozdních mrazů (Vacek, 2015b). Ponechaný mateřský porost umožňuje pouze omezené pronikání slunečního záření, díky tomuto částečnému zastínění je eliminován růst přízemní vegetace, a naopak podpořena konkurenceschopnost semenáčků. Nutno však zmínit, že zastínění buřeně je velmi účinné především s ohledem na dřeviny stín snášející, neboť světlomilné dřeviny zpravidla tolerují pouze mírný zástin (Otto, 1994). Jedinci vyvíjející se pod clonou vytvářejí tenké větve, což vede při pomalém dotěžování mateřského porostu k vývinu kvalitních jedinců bez dalších výrazných nákladů na pěstební péči (Poleno, 2009; Poleno, 2007; Vacek, 2018).

Oproti výše zmíněným pozitivům krytu mateřského porostu má však tento obnovní postup rovněž svá negativa, v tomto kontextu se jedná především o nutnost velmi dlouhé obnovení doby. Během těžby a následného vyklizování dříví dochází také k poškozování následného podrostu. Těmto technologickým poškozováním lze předcházet pouze systematickou prací, která je však často velmi nákladná. Stejně tak je možné škodám na podrostu předejít důkladnou přípravu pracoviště, včetně dostatečného množství vyklizovacích linek (Poleno, 2007).

Obecně pak clonné seče navíc dělíme dle jejich plošného rozsahu, a to na velkoplošné a maloplošné clonné seče (Poleno, 2009).

3.3.1 Velkoplošná clonná seč

Při volbě tohoto postupu jsou obnovovány celé porosty, dílce, a v některých případech až celá oddělení současně. Základním principem velkoplošné clonné seče je pravidelné prosvětlování a sledování přirozené obnovy dosažené během jednoho semenného roku. Využití tohoto způsobu obnovy se váže především k bukovým porostům. V případě, že se v porostu nachází nálet, je mateřský porost poměrně rychle dotěžen v několika málo po sobě jdoucích sečích s rovnoměrným výběrem mateřských stromů po celé ploše. Rychlý postup je aplikován s ohledem na snížení škod způsobených těžbou a vyklizováním dříví (Poleno, 2007; Vacek, 2018).

V případě využití běžného způsobu provedení clonné seče jsou postupně realizovány celkem 4 po sobě jdoucí seče (Poleno, 2009; Týml, 2017):

- Během **seče přípravné** dochází k odstraňování méně kvalitních jedinců mateřského porostu s cílem podpory parametrů korun ponechaných stromů, podpory semenění a přípravy půdy pro nálety (mineralizace povrchového humusu). Dále také dochází k odstranění druhů dřevin nevhodných k obnově.
- **Seč semenná** je prováděna v semenném roce, a to v době po opadu semene (podzim). Tato fáze je charakteristická rovnoměrným prosvětlením celé plochy se snížením zakmenění na hodnotu 0,6–0,7 dle aktuálního stavu porostu. Je nutné brát v úvahu také růstové podmínky a podmínky prostředí (pozdní mrazy, buřeň a množství potřebného světla pro vývoj náletu během prvních let apod.).

- **Seč prosvětlovací** (uvolňovací) je prováděna s časovým odstupem minimálně dvou let s cílem podpory již vzniklého náletu. Tento zásah je vhodný provádět ještě za přítomnosti sněhu, nikoli však v silných mrazech.
  Tato seč může být provedena i dvakrát během jednoho decennia.
- Poslední fází clonné obnovy je pak **seč domýtná**, během níž dochází k dotěžení a následnému vyklizení zbývajícího mateřského porostu nad již zajištěnými jedinci obnovy. V rámci dotěžení mateřského porostu je možné rovněž ponechat na ploše semenné stromy či stromy na dožití.

V případech, kdy mají stromy 1. a 2. stromové třídy před začátkem obnovy dostatečně kvalitní koruny a je možná dostatečná fruktifikace, může být vynechána přípravná seč, a obnovu lze zahájit až sečí semennou. Obnovní doba se pohybuje v intervalu 30–40 let a je ovlivněna několika faktory. Jedním z těchto faktorů je přítomnost náletu ještě před začátkem samotné obnovy porostu, tento nálet se nejčastěji objevuje v porostních mezerách vzniklých nahodilou těžbou v minulosti. Obnovní doba může být také prodloužena, zejména se pak jedná o obnovu jedlových porostů (Poleno, 2007; Poleno, 2009).

Předností velkoplošné clonné seče je zajištění přirozené obnovy během jednoho semenného roku, a to na velkých plochách. Tato skutečnost hraje zásadní roli u dřevin s dlouhou periodicitou plodnosti. V tomto kontextu se tak jedná například právě o buk. Rizikem velkoplošných clonných sečí je naopak vznik stejnověkých nesmíšených porostů a zabuřenění půdy na velkých plochách. Také v případě zdařilé obnovy dochází ke značnému poškození nárostů během těžebních prací (Poleno, 2009; Vacek, 2018).

3.3.2 Maloplošná clonná seč

3.3.2.1 Okrajová clonná seč

Obnova je v případě okrajové clonné seče zajišťována postupně od kraje porostu pomocí clonných pruhů. Tímto postupem lze pomocí 4 sečí (přípravná, semenná, prosvětlovací, domýtná) obnovovat všechny dřeviny. Pro stín snášející dřeviny je však postupem nevhodným, neboť výrazně prodlužuje obnovní dobu porostu (Poleno, 2007; Týml, 2017).

3.3.2.2 Pruhová seč clonná

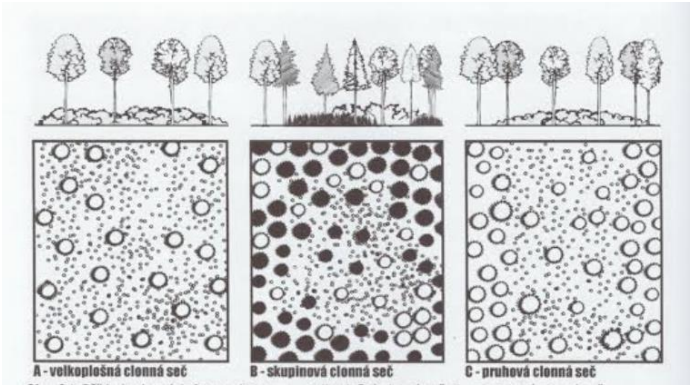
Pruhová seč je využívána především při obnově rozsáhlých porostů, a to zejména díky tomu, že umožňuje jejich rozčlenění na více pracovních polí, v nichž se pracuje současně. Pracovní postup je stejný jako u okrajové clonné seče. Tato seč je pak vhodná zejména pro stinné dřeviny (Vacek, 2018; Poleno, 2009).

3.3.2.3 Skupinovitá seč clonná

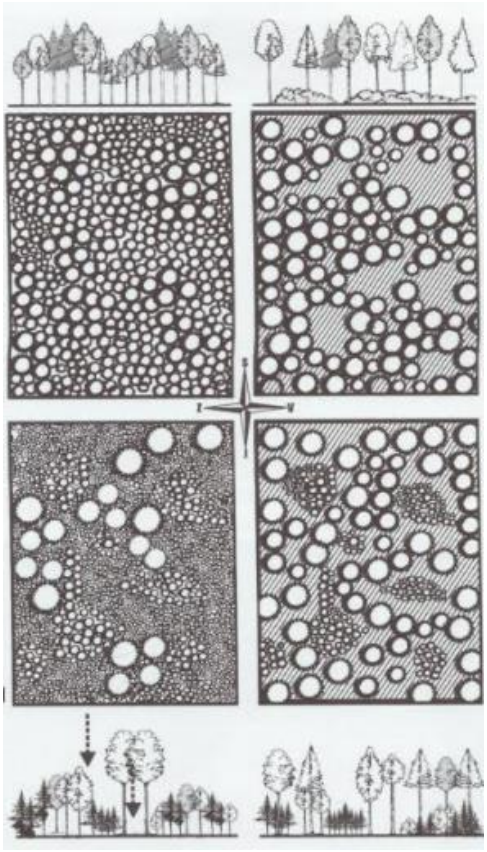
Při skupinovité clonné seči jsou základním prvkem obnovy skupiny různé velikosti založené uvnitř mateřského porostu (tzv. kotlíky). Po úplném uvolnění nárostu v kotlíku následuje další postup clonnou sečí po obvodu daného kotlíku. Kotlíky jsou umísťovány systematicky s cílem postupného propojení a vytvoření porostního žebra. Tento postup je však pro obnovu celého porostu velmi zdlouhavý a je proto kombinován s jinými typy seče. Vhodnost kotlíkové seče je pak patrná při vzniku nestejnověkých porostů, je rovněž uplatňován při tvorbě porostů smíšených, kdy jsou v první fázi do porostů jehličnatých uměle vnášeny výsadby buku a jedle (Poleno, 2007; Vacek, 2018).

3.3.2.4 Pomístně skupinovitá clonná seč

Odlišností od předchozího typu seče je nepravidelnost umisťování obnovních prvků do porostu. V tomto případě je využíván výběrný princip s cílem trvalého zvýšení a zlepšení produkce porostu. Díky jednotlivému výběru mateřských stromů tak v porostu vznikají různě husté skupiny s různou dobou nástupu obnovy. Obnovní doba je v tomto případě zpravidla velmi dlouhá, nikoli však nepřetržitá, jak je tomu u lesa výběrného (Poleno, 2007; Vacek, 2018).



Obrázek 4: Různé formy clonné obnovy; Zdroj (Peřina, 1964); upraveno.



Obrázek 5: Obnova pomístně skupinovitou clonnou sečí; Zdroj: (Dengler, 1994); upraveno.

3.4 Školní lesní podnik v Kostelci nad Černými lesy

Školní lesní podnik v Kostelci nad Černými lesy (dále jen ŠLP) je jedním z pracovišť České zemědělské univerzity v Praze (dále jen ČZU). Jeho hlavním posláním je zajištění praktické výuky studentů zejména Fakulty lesnické a dřevařské ČZU v Praze. Dále pak ŠLP poskytuje podporu při zpracování odborných publikací (metodik či vědeckých výstupů). V rámci různých akcí podnik ročně navštíví více než 4 000 studentů (O ŠLP, 2019).

Podnik byl založen roku 1935 a jeho základem se stala odloučená lesní správa Státních lesů v Kostelci nad Černými lesy a také rybniční kaskáda v Jevanech. Do resortu školství pak podnik přešel roku 1956 (O ŠLP, 2019).

Základem ŠLP se stala správa státních lesů o výměře 4 408 ha, která vznikla v roce 1933 v Kostelci nad Černými lesy z části zestátněného Lichtensteinského majetku a dalších později přičleněných pozemků (Remeš, 2015).

3.4.1 Historie hospodaření

V současné době je snaha na území ŠLP v co nejvyšší míře hospodařit dle zásad přírodě blízkého hospodaření. Principy tohoto hospodaření byly na území ŠLP nicméně aplikovány již dlouho před vznikem této organizace. Jedním z hlavních pilířů přeměny zdejších porostů je na území ŠLP bezesporu přeměna smrkových či borových monokultur směrem ke smíšeným porostům stanovištně odpovídajících dřevin (Remeš, 2015). Tyto přeměny zde započaly na počátku 20. století. Tento proces byl ještě prohlouben právě vznikem ŠLP, jakožto organizace ideově ovlivněnou činností lesnické fakulty. Přeměna monokultur započala formou kotlíků s následným preferováním listnatých dřevin a jedle při jejich obnově (Remeš, 2006). Systematická přeměna smrkových monokultur pokračovala až do 70. let 20. století, kdy prakticky ustala a dále se v ní nepokračovalo. V následujících letech pak zde byla základním obnovním postupem okrajová seč s předsunutými obnovními prvky (Remeš, 2015).

Nová etapa hospodaření dle zásad přírodě blízkého hospodaření byla zahájena roku 1989, kdy došlo k zavádění jemnějších postupů a přeměnám smrkových monokultur. Od doby obnovení lesnické fakulty pod záštitou České Zemědělské Univerzity v Praze byly na území ŠLP uplatňovány podrostní způsoby hospodaření využívající dokonce až výběrné principy s velmi dlouhou obnovní dobou (Remeš, 2015; Remeš, 2006).

3.4.2 Současné hospodaření

Současná rozloha spravovaného území činí přibližně 6 900 ha. Ve zdejších porostech je hospodařeno na základě přírodě blízkých principů při maximálním využívání podrostního hospodářského způsobu. I z tohoto důvodu podíl přirozené obnovy dosahuje na území ŠLP až 25 % (O ŠLP, 2019; Remeš, 2015). Mezi další cíle zdejšího lesního managementu pak řadíme také snahu o co nejvyšší podporu pedagogické činnosti, realizaci vědeckých projektů ČZU v Praze, prezentace výsledků výzkumu v lesnické praxi, vedení trvalých zkusných ploch, experimentálního povodí AV ČR, demonstračních chovů a objektů a exkurzních tras (Remeš, 2006; Remeš, 2015).

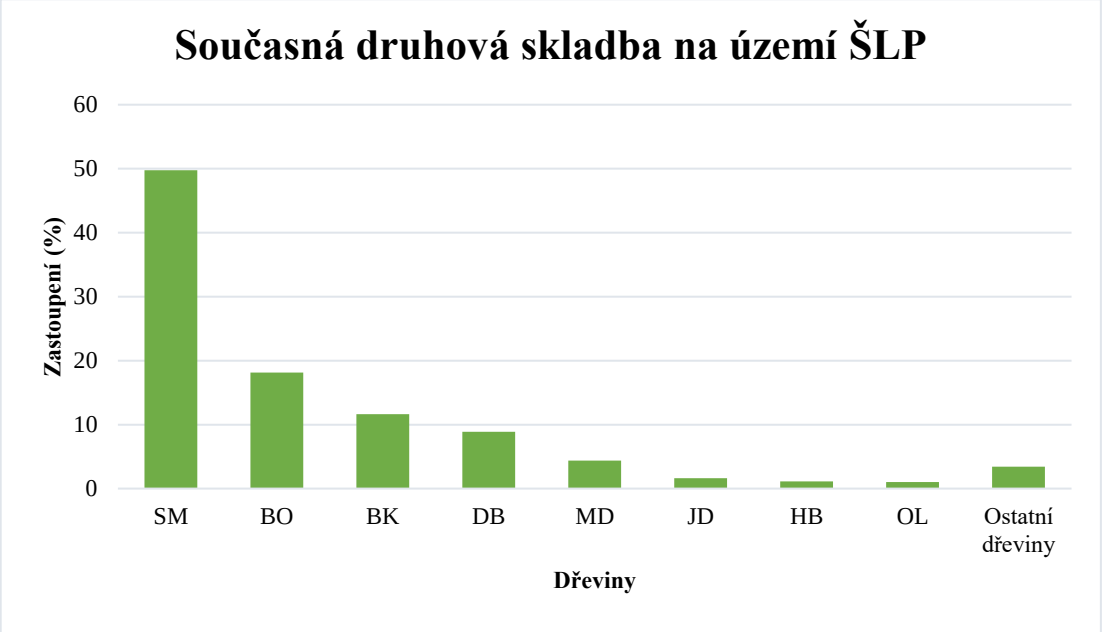
Dalším velmi důležitým cílem je zabezpečit vhodné výukové podmínky pro každoroční výuku odborných předmětů, praktická cvičení a praxe (Remeš, 2006; O ŠLP, 2019). Pro realizaci cíle trvalého lesa lze v případě nutnosti prodloužit dobu obnovní a je nutné stále více využívat přírodě blízké způsoby hospodaření, a to především v Národní přírodní rezervaci Voděradské bučiny, jež je součástí ŠLP (Remeš, 2006; Remeš, 2015).

Součástí území ŠLP je také NPR Voděradské bučiny, na jejímž území je lesní hospodaření upraveno jejímu účelu (Národní přírodní rezervace Voděradské bučiny, 2020).

3.4.3 Stanovištní a růstové poměry

- **Geologický charakter území** – V severní a východní části ŠLP je nejrozšířenějším útvarem permokarbon, reprezentující zde zejména slepence, pískovec, arkózy, břidlice a brekcie. V jižní části oblasti pak nalézáme také porfyrický biotický granodiorit (Remeš, 2006).
- **Půdní poměry** – Na území ŠLP převažují mezotrofní, oligotrofní či oglejené kambizemě. Významnější zastoupení zde pak mají také luvizemě a pseudogleje (Remeš, 2006).
- **Klimatické poměry** – Průměrná roční teplota se pohybuje kolem 8 °C, vegetační sezona pak trvá 150–160 dní. Průměrný roční úhrn srážek zde dosahuje hodnoty 669 mm, 65 % úhrnu spadne během vegetační sezony. Hodnota Langova dešťového faktoru odpovídá semihumidní vláhové charakteristice a pohybuje se v rozmezí 65–94 (Remeš, 2015; InMeteo, s.r.o., 2021).
- **Nadmořská výška území** se pohybuje v rozmezí 210–527 m n. m.
- **Zastoupení SLT** – S ohledem na výškovou stupňovitost území a jeho geologické, resp. pedologické podmínky, jsou nejvíce zastoupenými SLT 4K (30 %), 4S (17 %), 3K (16 %), 4O (10 %), 3S (4 %), 4V (3 %), 4B (3 %), 4P (3 %), 3U (3 %) (ÚHÚL, 2021).

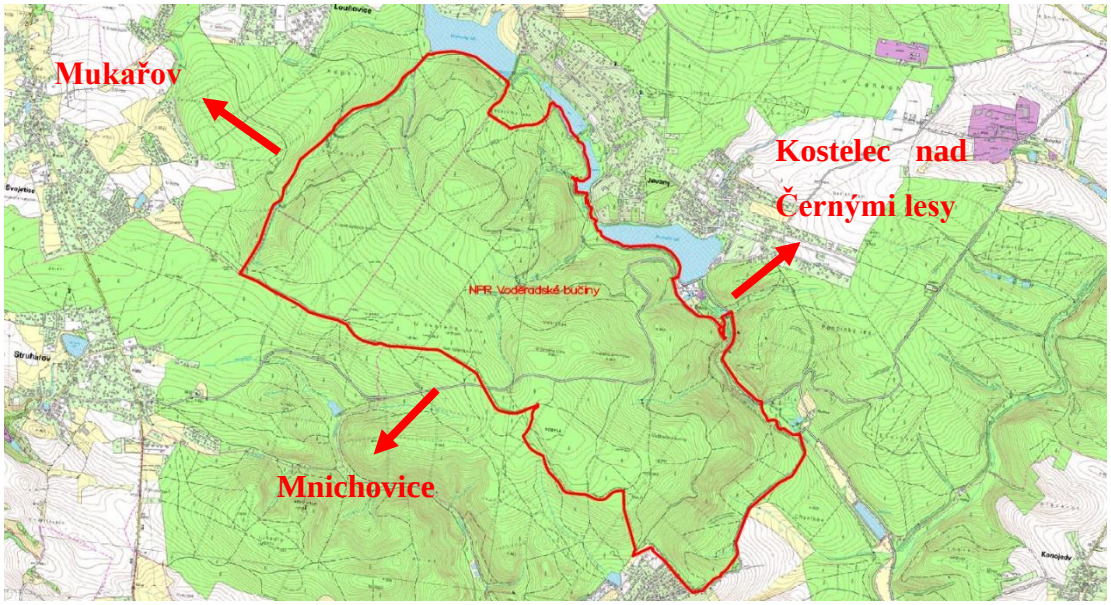
- **Současná druhová skladba** – Nejvíce zastoupenou dřevinou je zde SM (49,78 %), následovaný BO (18,15 %) a BK (11,65 %). Nejméně odpovídající je zastoupení jedle (1,64 %), jejíž zastoupení se však na území ŠLP každoročně zvyšuje (Remeš, 2015).



Graf 15: Současná druhová skladba na území ŠLP; Zdroj: (Remeš, 2015); upraveno.

3.5 Národní přírodní rezervace Voděradské bučiny

NPR Voděradské bučiny je rozlehlý lesní komplex nacházející se v Mnichovské pahorkatině na pravém břehu Jevanského potoka na území katastrálních území Černé Voděrady, Jevany, Vyžlovka a Louňovice (NPR Voděradské bučiny, 2020). Celková rozloha rezervace činí 682,79 ha a byla vyhlášena v roce 1955. Celým územím pak prochází několik značených turistických tras, naučná stezka, systém lesních cest a také cyklostezky (NPR Voděradské bučiny, 2020; Národní přírodní rezervace Voděradské bučiny, 2020)



Obrázek 6: Lokalizace území Národní přírodní rezervace Voděradské bučiny; Zdroj: (AOPK, 2010d), upraveno.

Druhová skladba dřevin v rezervaci odpovídá kyselému podkladu, který je zde tvořen především žulami. Hlavní dřevinou je buk, který se zde mísí s dalšími dřevinami, a to především s dubem letním *(Quercus robur)* a habrem obecným *(Carpinus betulus)*. Místy se objevuje také smíšení se smrkem ztepilým (*Picea abies* L. Karst*)*, modřínem opadavým (*Larix decidua* Mill.*)*, borovicí lesní *(Pinus sylvestris L.*) či jedlí bělokorou *(Abies alba* Mill.). Dále jsou pak ojediněle přimíšeny osiky *(Populus tremula)*, lípy *(Tilia sp.)* a břízy *(Betula sp.)*. V minulosti zde byla hojně přimíšena také jedle *(Abies sp.)*, která však byla lesnickým hospodařením záměrně potlačena. Z tohoto důvodu se dnes na území NPR vyskytuje ve velmi omezené míře. V nižších polohách a na podmáčených půdách se pak vyskytují jasanové olšiny (NPR Voděradské bučiny, 2020). Bylinné patro této oblasti opanují druhy typické pro kyselé bučiny, mezi které patří především bika bělavá *(Luzula luzuloides),* metlička křivolaká *(Deschampsia flexuosa)* či pstroček dvoulistý *(Maianthemum bifolium)* (NPR Voděradské bučiny, 2020; Bílek, 2013).

V naprosté většině lesních porostů NPR je kontinuálně hospodařeno dle zásad přírodě blízkého hospodaření. Rovněž zdejší lesní management respektuje požadavky orgánů ochrany přírody. Hospodaření v této oblasti je tak velmi specifické, kdy některé plochy jsou zde například vyhrazeny pro absolutně bezzásahový režim. Rezervace pak kromě ochrany vzácných bylin, živočichů, bukových porostů a geologických prvků

slouží především jako vědecko – výzkumný a naučný objekt Fakulty lesnické a dřevařské ČZU v Praze, a to právě díky často až pralesovitým strukturám (NPR Voděradské bučiny, 2020).

Kromě běžné lesní zvěře žijící v místních lesích, zde hnízdní i několik vzácných druhů jako například datel černý *(Dryocopus martius)*, holub doupňák *(Columba oeneas)*, včelojed lesní *(Pernis apivorus)*, jestřáb lesní *(Accipiter gentilis)* a čáp černý *(Ciconia nigra)*. V místních potůčcích pak můžeme nalézt chrostíka *Synagapetus moselyi* známého v České republice pouze z této lokality (NPR Voděradské bučiny, 2020).

Reliéf oblasti je pahorkatinný a na mnoha místech zde lze pozorovat stopy dlouhodobého působení ledu, mrazu a větrné eroze. Jsou zde rovněž patrné ledovcové kary a skalní moře (NPR Voděradské bučiny, 2020).

3.5.1 Geografické a klimatické podmínky

Celé území je součástí rozsáhlého lesního komplexu rozkládajícího se na pravém a zčásti i levém břehu Jevanského potoka, v prostoru mezi obcemi Louňovice, Vyžlovka, Jevany, Černé Voděrady a Struhařov. Tvarem území připomíná protáhlý lichoběžník ve směru severozápad – jihovýchod. Rozmezí nadmořských výšek se zde pohybuje od 345 m n. m. (coby nejnižší bod území u Jevanského potoka) do 501 m n. m., (vrch Kobyla) (Národní přírodní rezervace Voděradské bučiny, 2020).

Na území se nachází návrší s nevýrazným hřebenem, rovněž pak také pahorky mezi údolím Jevanského potoka na severovýchodě a Zvánovického potoka ležícího na jihozápadě rezervace. Svahy nad Jevanským potokem na severovýchodě jsou velmi strmé a výrazně členité. Právě tyto svahy jsou pak také několikrát protnuty a rozděleny přítoky Jevanského potoka. Naopak v jihozápadní části NPR bývají mírnější a méně členité. Jsou však stejně jako v případě svahů na severovýchodě několikrát protnuty přítoky, nicméně tentokrát Zvánovického potoka. Přibližnou jihozápadní hranici NPR tvoří rozvodí mezi oběma výše zmíněnými potoky (AOPK, 2010a).

Nejbližší meteorologickou stanicí v okolí je meteorologická stanice v Ondřejově (485 m n. m.) Průměrná roční teplota pro rok 2019 byla 7,9 °C, v období od dubna do

září je pak průměrná teplota 14,1 °C. Průměrná hodnota ročních srážek pak činí 669 mm, v období od dubna do září je to pak 421 mm a vegetační sezona, kdy průměrná teplota přesahuje 10 °C trvá 158 dní. Mikroklimatické podmínky jsou zde silně ovlivněny reliéfem což způsobuje významné rozdíly v mesoklimatu (InMeteo, s.r.o., 2021).

3.5.2 Geologie a půdní podmínky

Geologicky je území NRP Voděradské bučiny z větší části zařazeno do severní části středočeského plutonu. V podloží se nacházejí především říčanské žuly místy prostřídané žulami aplitickými (Kukal, 2021).

Struktura žuly se na celém území mění zejména s ohledem na jeho členitý reliéf. Převažují zde žuly se strukturou porfyrickou a vyrostlicemi ortoklasu v základní až hrubo až středně zrnité šedé hmotě. Oproti tomu struktura ruly aplitické nacházející se na menší části území je jemně až středně zrnitá bez vyrostlic. Část území tvořeného rulami je překryta spraší a sprašovými hlínami. Poblíž Černých Voděrad pak do geologické stavby lehce zasahují i břidlice metamorfovaného voděradsko – zvánovického ostrova permokarbonské arkózy překryté vrstvou spraše a sprašových hlín (AOPK, 2010a; Melichar, 1984).

Na pahorcích a návrších centrální, východní až jihovýchodní části území z pokryvů spraší a sprašových hlín vystupuje žula. Jihozápadní část území, a stejně tak i svahy, jsou pokryty sprašovými a svahovými hlínami. V omezeném množství se v NPR vyskytují také aluviální sedimenty, a to v úzkých potočních nivách (AOPK, 2010a).

Na celém území převažují oligotrofní až mezotrofní hnědé lesní půdy s rozdílnou hloubkou a zrnitostí v závislosti na reliéfu a podkladu, tyto půdy mají také nižší obsah humusu. V malé míře se na území vyskytují také půdy oglejené, podzolované a nevyvinuté, zejména se pak jedná o lokality na skalnatých kamenitých svazích a mladých náplavech potočních niv. pH půdy v NPR dosahuje hodnot v rozmezí 4.0–4.9. Nasycení hologranických horizontů se pohybuje v rozmezí 22-1 % – 65,3 %, v nejsvrchnějších humusem obohacených horizontech jsou to pak hodnoty mezi 10,1 % – 22.7 % (Bílek, 2013; Voděradské bučiny, 2006).

Pro území Voděradských bučin jsou také typické periglaciální jevy. Díky mrazovému zvětrávání vznikly na území kary, balvanové proudy, balvanové stupně, kamenná moře a mrazové sruby. Ostrohranný mrazový rozpad je však zablokován chemickým zvětráváním. Tyto jevy můžeme nalézt především v okolí Jevanského potoka a bývalého lomu (Kukal, 2021; Melichar, 1984). Mezi další zvláštnosti pak patří v hromadění vrstvy surového humusu v čistých bukových porostech. Humifikace zde probíhá především vlivem výchozí struktury porostů dále díky suššímu klimatu a mikroklimatu převážně za anaerobních podmínek s následnou degradací půdy (AOPK, 2010a).

3.5.3 Ochrana přírody

3.5.3.1 Dle zřizovacího předpisu

Dle zřizovacího předpisu, MKŠ č.13600/55 byl hlavním předmětem ochrany v NPR rozlehlý bukový porost. Hlavním úkolem byla ochrana lesního komplexu bukových a smíšených porostů a také některých geomorfologických a periglaciálních jevů vyskytujících se v této oblasti (AOPK, 2010a).

3.5.3.2 Současné hlavní předměty ochrany

Tabulka 4: Současné předměty ochrany NPR Voděradské bučiny; Zdroj: (AOPK, 2010a); upraveno.

Biotopy	Podíl plochy (%)	Popis
L5.4	37,43	Acidofilní bučiny – čisté bukové porosty nebo převládající bukové porosty s příměsí (dub, habr). Bylinné patro acidofilní nebo chybí.
L5.1	5,66	Květnaté bučiny – čisté bukové porosty, popř. příměs dubu a habru. Keřové patro např. jeřáb obecný. Bylinné patro např. kyčelnice cibulkonosná/devítilistá, samorostlík klasnatý.
L3.1	4,41	Hercynské dubohabřiny – převažující habr či dub a hájové druhy rostlin.
L7.2	2,13	Vlhké acidofilní doubravy – v oblasti pramenišť v severozápadní části. Převažující dub letní či olše lepkavá. Byliny a keře: krušina olšová, ostřice třeslicovitá, bezkolenec rákosovitý.
L2.2A	2,15	Údolní jasanovo–olšové luhy, zachovalé olšiny s příměsí jasanu, dubu letního či javoru klenu. Charakteristické druhy ostřice třeslicovitá, řeřišnice hořká, ptačinec hajní apod.
L2.2B	1,52	Údolní jasanovo–olšové luhy, člověkem ovlivněné, zachovalé stromové patro, příměs smrku snížená reprezentativnost či zachovalost.
L7.1	1,37	Suché acidofilní doubravy – izolované v severní i jižní části. Převážně doubravy, příměs buku nebo habru, acidofilní bylinné patro s převahu travin.
L4	0,21	Suťové lesy – převažující javor klen, příměs borovice lesní, keřové patro bez černý. Byliny pitulník žlutý, samorostlík klasnatý netýkavka nedůtklivá apod.
Celkem	**54,00**	Zbylá část NPR je tvořena biotopy s nízkým zastoupením a člověkem silně ovlivněné nebo vytvořené biotopy. (46 %)

3.5.3.3 Cíl ochrany

Cíle ochrany se rozdělují na dva typy, a sice dle skladby a struktury porostů. První typ je prováděn zejména na území s převažujícími starými porosty s přírodě blízkou druhovou skladbou a strukturou. Cílem ochrany těchto porostů je jejich ponechání samovolnému vývoji (AOPK, 2010a).

Druhý typ ochrany je preferován v takových porostech, jejichž druhová skladba či struktura byla v minulosti výrazným způsobem pozměněna. Cílem systematické ochrany přírody v těchto porostech je dospět ke stavu podobnému druhové a prostorové skladbě přirozených dochovaných porostů (AOPK, 2010a). Obecným cílem ochrany NPR Voděradské bučiny je pak především ponechání co možná největší části porostů jejich samovolnému vývoji. V porostech, kde tento postup není možný jsou a budou využívány lesnické zásahy vedoucí ke zvýšení biodiverzity území a současně umožňující skloubit zájmy ochrany přírody, preference vědecké či výzkumné a výukové záměry FLD ČZU v Praze zároveň (AOPK, 2010a).

3.5.3.4 Zvláště chráněné druhy na území NPR

V oblasti NPR Voděradské bučiny se vyskytuje velké množství zvláště chráněných druhů rostlin a živočichů. Mezi typické zástupce této skupiny zde patří zejména helmovka dvojvonná *(Mycena diosoma),* holubinka hnědofialová *(Russula brunneoviola),* skokan hnědý *(Rana temporaria)*, čolek horský *(Triturus alpinus),* datel černý *(Dryocopus martius)* a včelojed lesní *(Pernic apivorus)* (AOPK, 2010a).

Na území rezervace je zaznamenán výskyt řady živočichů ekologicky silně vázaných na listnaté a smíšené lesy středních poloh, ale také řada podhorských druhů a teplomilných druhů světlých doubrav. Složení edafonu pak poukazuje na možnost existence členu migračního proudu buku z Karpat na západ (AOPK, 2010a). Oblast rezervace je významnou oblastí pro výskyt brouků, což dokazuje nález 30 druhů brouků z červeného seznamu (Farkač, 2005). Byla zde také zaznamenána řada druhů lesních motýlů (Bílek, 2013). V případě půdního edafonu byla v inverzních polohách zjištěna přítomnost glaciálních reliktů. Byly zde zaznamenány druhy tundrové, alpínské a hercynské. Na základě výše zmíněných informací lze zdejší půdní edafon považovat za odraz vývoje území od doby ledové (Bílek, 2013).

3.5.4 Ostatní aktivity a využití území NPR Voděradské bučiny

Kromě činností zabezpečujících lesní hospodaření, především pak ochranu zdejší krajiny a přírody je NPR využívána také k jiným účelům.

V těsném sousedství NPR se nachází několik rybníků, které však nejsou její součástí. V tomto případě do území NPR částečně zasahují pouze cesty sloužící k obsluze těchto rybníků. Břehové porosty těchto rybníků jsou často využívány jako stanoviště rybářů. Drobné vodní plochy nacházející se uvnitř NPR, nejsou využívány k rybolovu a slouží k zadržování vody (AOPK, 2010a).

Jednou z hlavních činností v NPR je myslivost, neboť vysoké stavy zvěře, zejména černé, v minulosti negativně ovlivňovaly stav lesních porostů v celé rezervaci. Problémy zde představuje zvěř především v souvislosti se znehodnocováním přirozené obnovy, konkrétně pak v případě nárostů dubu zimního a jedle, navíc zcela potlačuje odrůstání vtroušených a přimíšených dřevin. Z tohoto důvodu je zde nutná intenzivní ochrana jedinců obnovy, zejména prostřednictvím oplocování takových porostů, ve kterých očekáváme iniciaci přirozeného zmlazení. Myslivost je na území NPR vykonávána v kompetenci ŠLP Kostelec nad Černými lesy, respektive leží v režijní honitbě (AOPK, 2010a).

Nejvíce vnímanou aktivitou je však na území NPR turistika, rekreace a sport. Skrze rezervaci vede rozsáhlá síť cyklostezek a turistických tras, rovněž také naučných stezek. Časté využívání území širokou veřejností má však na rezervaci negativní dopady. Jeden z problémů představuje kumulace odpadu, dalším problémem jsou také běžné krádeže dříví ponechaného v porostech k zetlení (AOPK, 2010a).

V minulosti bylo území intenzivně využíváno k těžbě nerostných surovin především stavebního kamene. Dodnes můžeme spatřit základy bývalého lomu ze kterého pochází například jeden ze základních kamenů Národního divadla v Praze (Šrámek, 1988; Šrámek, 1983). Těžba byla u končena po 2. světové válce, o obnovení těžební činnosti se zde neuvažuje (AOPK, 2010a).

3.5.5 Historie antropogenního ovlivnění oblasti

První zmínky o existenci vesnice Voděrady jsou vztahovány k roku 1088. Šrámek, (1983) uvádí, že zdejší území bylo součástí panství Černý Kostelec, patřícího rodu Smiřických. V tomto období byl les oceňován především pro vysoké množství zvěře než právě pro produkci dřeva. Z této doby neexistují žádné záznamy o lesnickém

managementu, ale lze předpokládat, že jedním z hlavních prvků zdejšího hospodaření bylo využívání přirozené obnovy.

Po třicetileté válce zde však došlo k velkým změnám, kdy zanikla řada vesnic, a zvýšila se naopak plocha lesních půd. Tuto oblast pak roku 1655 do svého vlastnictví získal rod Lichtenštejnů, jejichž majetkem byly zdejší lesy až do roku 1933. Z nejstarších lesních hospodářských plánů lze vyčíst, že převažujícím způsobem hospodaření byla od roku 1740 clonná seč s ponecháním kvalitních stromů. V roce 1755 pak dvě třetiny území pokrývaly výmladkové lesy nebo lesy s absencí starších stromů. Jedinci větších dimenzí, typicky jehličnaté stromy, pokrývaly pouze jednu třetinu území (Bílek, 2013; Šrámek, 1983; Pokorný, 1962).

Dle Šrámka, (1983) došlo v 17. a 18. století k rozsáhlé devastaci lesů, která způsobila změny druhové skladby zdejších lesních porostů. Rozsáhlé holiny po předchozích těžbách, při kterých byla téměř zcela vytěžena jedle, byly zalesňovány smrkem. K pokusům o napravení tohoto stavu došlo až po roce 1790, kdy byly holiny zalesňovány síjí s preferencí dubu, borovice a břízy a clonnou obnovou jedle (Šrámek, 1983; Šrámek, 1982). V tomto období také došlo k rozsáhlému zakládání pařezin, v rámci clonné obnovy byl preferován buk na úkor jedle odstraňované v nárostech (AOPK, 2010a).

Až do roku 1850 zde bylo při zakládání lesů využíváno osivo lokálního původu. Import allochtoního (nepůvodního) sadebního materiálu se ve větší míře rozvinul až po roce 1860 (Pokorný, 1958). Hlavní metodou obnovy porostů však stále zůstalo podrostní hospodaření. Po roce 1838 byla ve větší míře zavedena také třífázová clonná seč, při které byl mateřský porost kompletně vytěžen v průběhu 12–15 let (Šrámek, 1983).

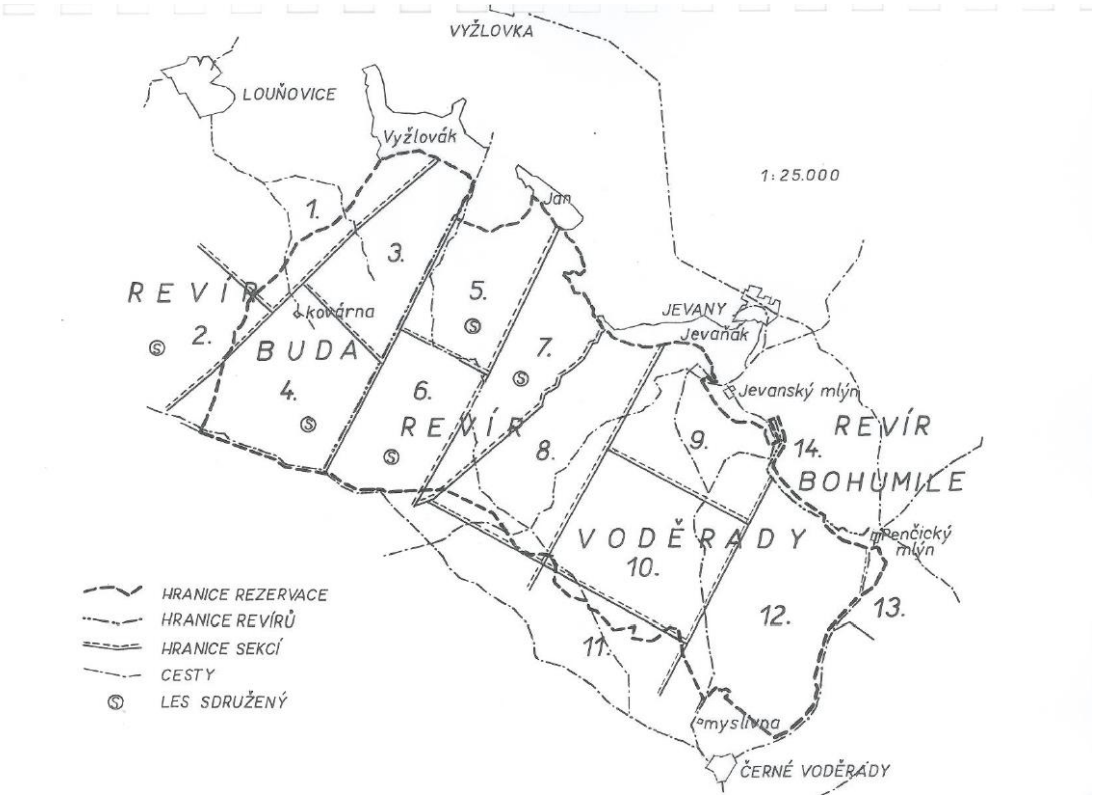
První polovina 19. století představovala období nejvyšších těžeb v této oblasti, kdy bylo mezi lety 1810–1850 vytěženo a znovu zalesněno více než 500 ha (76 % území NPR) (Bílek, 2013). Zásadní zlom v lesním hospodaření nastal v roce 1848, kdy zde bylo zavedeno velkoplošné hospodaření, v souvislosti s tím se na rozsáhlých plochách začal pěstovat smrk a byla masivně odstraňována jedle. Dřívější rozšíření jedle se odrazilo i v názvech okolních obcí. Po roce 1865 začal proces převodu výmladkových lesů na lesy vysoké. Většina porostů však byla zcela převedena až po roce 1900.

Obnovní těžba byla od této chvíle prováděna formou úzkých holosečí či clonnou obnovou, na vytěžených plochách byly také ponechávány výstavky a zakládaly se jehličnaté porosty s příměsí listnáčů (Šrámek, 1982; Bílek, 2013).

Po převodu vlastnictví rezervace do majetku České zemědělské univerzity v Praze byl zakázán holosečný způsob hospodaření a obnova byla prováděna výhradně pruhovou a clonnou sečí s využíváním přirozené obnovy. Tyto obnovní postupy zde převažují dodnes (Bílek, 2013).

Tabulka 5: Vývoj zastoupení dřevin v porostech NPR Voděradské bučiny; Zdroj: (Bílek, 2013); upraveno.

Období	**SM** ***(%)***	**JD** ***(%)***	**BO** ***(%)***	**DB** ***(%)***	**BK** ***(%)***	**HB** ***(%)***	**Ostatní** ***(%)***
1650	6	44	2	6	33	4	5
1735–1780	6	33	5	6	39	9	2
1859	13.5	4.5	0,3	3	46.1	26,3	6,3
1936	33.8	1,6	3	9,2	35,5	7,3	9,6
1961	30,9	1,8	2,5	10,5	38,3	6,6	9,4
1991	34	0,9	2,2	8,6	42,4	4,3	7,6
2011	30,1	1,0	2,0	7,6	48,8	3,4	7,1



Obrázek 7: Historické rozdělení NPR Voděradské bučiny do 14 revírů; Zdroj: (AOPK, 2010b).

3.5.6 Základní údaje o lesích

Rozloha lesních porostů (pozemků určených k plenění funkcí lesa – PUPFL) zde dosahuje 677,07 ha z celkových 685 ha rozlohy rezervace. Celkem zde bylo popsáno 27 souborů lesních typů (SLT). Nejvíce zastoupeným SLT je soubor 4K, který představuje 31,86 % dále 4S (17,28 %), 3K (15,84 %) a 4O (9,03%). Ostatní SLT jsou zastoupeny podílem 0,01 % (2L) – 3,81 % (3S) (ÚHÚL, 2021). V rámci zdejší dřevinné skladby zde bylo popsáno celkem 17 druhů dřevin. Nejvíce zastoupenou dřevinou je zde buk lesní, představující 48,77 % všech dřevin, následuje smrk ztepilý (30,08 %).

Tabulka 6: Porovnání přirozené a současní druhové skladby; Zdroj: (AOPK, 2010a); upraveno.

Dřevina	**Současné zastoupení *(%)***	**Přirozené zastoupení *(%)***	**Dřevina**	**Současné zastoupení *(%)***	**Přirozené zastoupení *(%)***
JD	0,96	20	JV	0,56	1
BO	1,99	+	KL	+	1
SM	30,08	7	LP	0,03	1
MD	4,64	-	JS	0,29	1
DG	0,04	-	OS	0,01	+
JX	+	-	JL	+	+
BK	48,77	53	HB	3,41	+
DBZ	7,56	-	BR	0,62	+
DB	-	16	OL	1,04	+

3.5.7 Původnost dřevin v NPR Voděradské bučiny

3.5.7.1 Buk lesní

Ochrana starých bukových porostů byla jedním z hlavních motivů vyhlášení NPR. Nerovnoměrné zastoupení věkových tříd bukových porostů zde však neumožňuje trvalou ochranu s nepřerušenou kontinuitou. Proces řízené obnovy společně s podporou ponechání porostů samovolnému vývoji zajistí budoucí zachování biologického dědictví na tomto území. Ve starých porostech převažuje původní ekotyp buku. Porosty věku 94–104 let jsou ekotypu jesenického. Většina starých bukových porostů je téměř stejnověká, v mnohých případech tyto porosty vznikly jako monokultury za účelem produkce palivového dříví (AOPK, 2010a).

3.5.7.2 Smrk ztepilý

Šrámek (1983), dokázal, že smrk byl na území NPR Voděradské bučiny zastoupen v přirození skladbě ještě před zahájením lesního hospodaření a může být tedy považován za původní místní dřevinu.

Původně se zde smrk vyskytoval pouze v marginálním měřítku při úpatí svahů a na dně údolí Jevanského potoka. Při následném umělém rozšiřování od poloviny 19. století došlo k zavedení jeho nepůvodních proveniencí. Nejčastěji se pak smrk uplatňoval při převodu z lesa sdruženého na les vysoký (AOPK, 2010b). V NPR Voděradské bučiny jsou stále evidovány jedinci původního ekotypu. Tyto jedince lze nalézt v údolí Jevanského potoka (Šrámek, 1988).

3.5.7.3 Jedle bělokorá

Původní ekotyp jedle se zde dnes vyskytuje pouze v porostech starších 104 let. Jedle v mladších porostech jsou 3 různých proveniencí a to středomoravské, jesenické a alpské. Starší jedinci se vyskytují již pouze v inverzních polohách podél Jevanského potoka (Šrámek, 1988). V případě navrácení jedle do porostů se jedná o dlouhodobý proces vyžadující pouze vysloveně vhodná stanoviště, i zde mladé výsadby často ohrožuje konkurence silnějšího buku a smrku. Velmi žádoucí je podpora jedle včetně její důsledné ochrany proti škodám zvěře a tlaku ostatních dřevin (AOPK, 2010a).

3.5.7.4 Dub zimní, letní

Až do roku 1870 zde byly dubové porosty obnovovány výhradně domácím osivem. Později bylo pro zakládání porostů využíváno osivo jihomoravského, středomoravského, dolnorakouského slavonského a také domácího původu (Šrámek, 1988). Pro ochranu zdejších ekosystémů je velmi důležité co nejdelší zachování drobných skupin nebo starých jedinců původního ekotypu dubu, také pak jejich podpora pro iniciaci přirozené obnovy. Rovněž jsou zde dubové nárosty a kultury aktivně chráněny před tlakem zvěře (AOPK, 2010a).

3.5.7.5 Modřín evropský

Dle historických pramenů není modřín na území NPR původní, ale velmi dobře se zde zmlazuje. První úspěšně zavedené jesenické provenience se datují k roku 1792 a i dnes se na území NPR vyskytuje několik jedinců této provenience. S ohledem na zásady hospodaření v NPR a požadavky ochrany přírody, lze modřín v současné době pěstovat pouze jako příměs v zastoupení do 5% (AOPK, 2010b; Šrámek, 1988).

3.5.8 Zonace Národní přírodní rezervace Voděradské bučiny

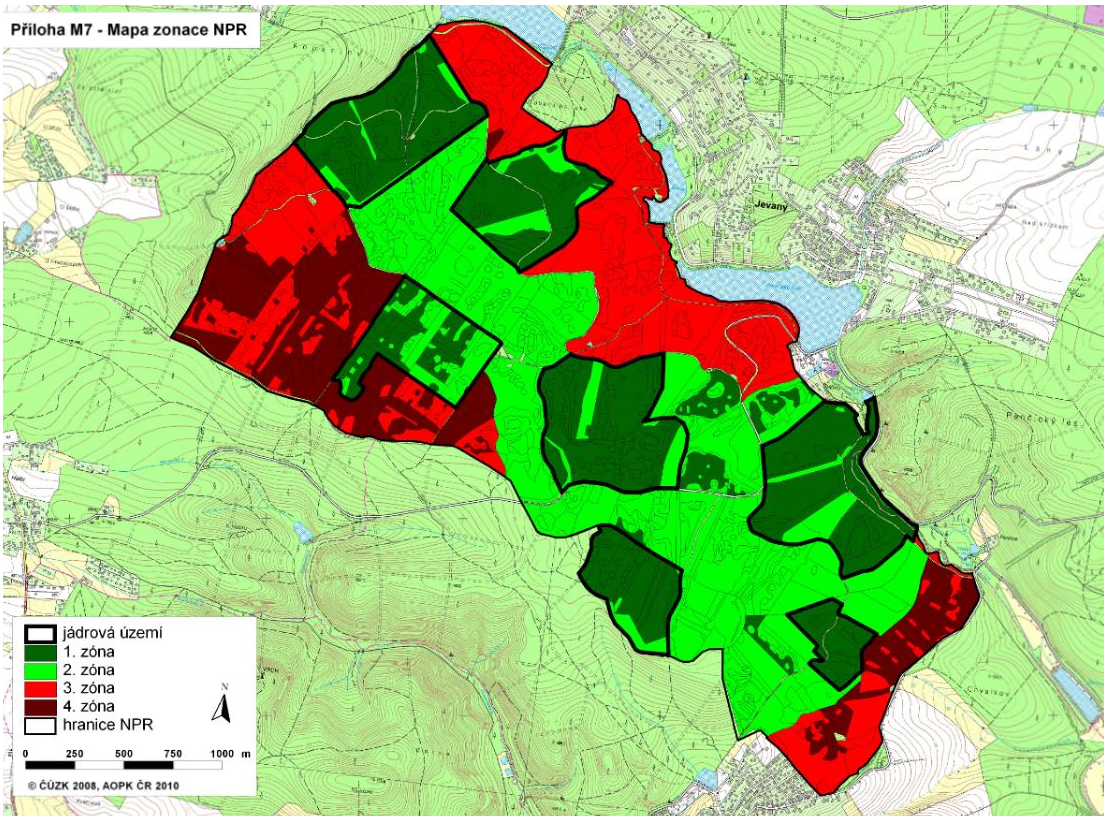
Na území NPR je vymezeno celkem 7 jádrových území reprezentující všechny typy lesních biotopů, které lze v NPR nalézt. Pro účely ochrany přírody, je území s ohledem na stav porostů, cíl ochrany a horizont naplnění cílů rozčleněno do 4 zón ochrany (AOPK, 2010a).

Charakteristika jednotlivých zón (AOPK, 2010a; Bílek, 2013):

- ***První zóna*** je charakterizována přítomností straších porostů s odpovídající dřevinnou skladbou a porostní strukturou vyskytujících se v jádrových územích. Tyto porosty lze ponechat samovolnému vývoji.

  Kromě těchto starších porostů lze v první zóně nalézt také porosty mladší v nichž jsou pro následující decennium naplánovány poslední mírné zásahy pro úpravu porostní struktury, v následujícím období již budou ponechány bez zásahu.

- Ve ***druhé zóně*** se nachází porosty s vhodnou dřevinou skladbou, ale neodpovídající strukturou. Tyto porosty navazují na první zónu a cílem jejich managementu jsou zásahy vedoucí k jejich ponechání samovolnému vývoji.
  Rovněž tato zóna obsahuje porosty s nevhodnou dřevinnou skladbou, vyskytující se v první zóně v jádrových územích, v nichž je nutná rychlá a postupná přeměna (tyto porosty nelze ponechat bez zásahu).
- ***Třetí zóna*** obsahuje porosty, v nichž byla změněna dřevinná skladba i porostní struktura, ale tyto porosty mají stále dobrou perspektivu pro přeměnu. V těchto porostech budou aplikovány zásahy vedoucí ke zvýšení biodiverzity a umožňující skloubit zájmy ochrany přírody s vědeckovýzkumnými a výukovými záměry FLD ČZU v Praze.
- ***Zóna čtyři*** představuje porosty s pozměněnou dřevinnou skladbou i strukturou, které je nutno postupně přeměnit, a to i za cenu holosečí a využití umělé výsadby. Tato zóna by v budoucnosti měla splynout se zónou tři. Tato situace však nastane až v horizontu několika desítek let.



Obrázek 8: Zonace NPR Voděradské bučiny; Zdroj: (AOPK, 2010c).

3.5.9 Dosavadní hospodaření

Hospodaření na území NPR v současné době lze popsat jako přírodě blízké s preferencí podrostního hospodaření. V rámci posledních decenií byly ve velké míře uplatňovány maloplošné obnovní prvky a důsledná podpora přirozené obnovy. Aktuálně je největším přetrvávajícím problémem nedostatečné množství dřeva ponechaného v porostech k zetlení (AOPK, 2010a). Předchozí hospodaření probíhalo v souladu s předchozím plánem péče. Současný pohled a management však v souladu s tímto plánem není (AOPK, 2010a).

Výsledkem dosavadního hospodaření jsou pak porosty blížící se přirozené druhové skladbě s různým stupněm prostorové a věkové diferenciace, ale také porosty se zcela neodpovídající dřevinnou skladbou s vysokým podílem stanovištně nepůvodních dřevin. V prořídlých přestárlých bučinách se jedná zejména o stejnověkou strukturu, diferencovanou pouze tloušťkově, sporadicky obohacenou o další etáž. Část porostů NPR byla vyhlášena jako Genová základna buku lesního, celkem 209,05 ha (AOPK, 2010a).

Porosty s částečně naznačenou prostorovou a věkovou strukturou je vhodné ponechat samovolnému vývoji, samozřejmě včetně přirozené akumulace mrtvého dřeva v porostu. V ostatních porostech NPR budou i nadále uplatňovány přírodě blízké principy hospodaření, a to především za účelem navrácení přirozené druhové skladby či heterogenity lesního prostředí. Díky náletu stanovištně vhodných dřevin lze v období cca 30 ti let dosáhnout přibližně 70–75 % plánované podoby porostů, a to na celé rozloze, prakticky bez nutnosti dalších ekonomických vkladů (AOPK, 2010a).

S ohledem na stanovištní podmínky a požadavky orgánů ochrany přírody v NPR, zde byly vylišeny dva druhy managementu. Management I – **přísný management** je prováděn v území se starými porosty geograficky a geneticky původních dřevin, které mají alespoň z části rozlišenou prostorovou členitost a odrůstající zmlazení. Tento management představuje ponechání porostů jejich samovolnému vývoji bez provedení jakýchkoliv zásahů, veškerá mrtvá hmota je pak ponechána v porostech (AOPK, 2010a).

K porostům v rámci přísného managementu byly přičleněny územně související porosty, ve kterých jsou dočasně prováděny úmyslné zásahy s cílem přestavby na přírodě blízký les a budoucí ponechání samovolnému vývoji (AOPK, 2010a).

Druhým typem je Management II – **řízený přírodě blízký management** uplatňovaný v ostatních porostech NPR. Podstatou tohoto hospodaření je dlouhodobé směřování k pestřejším, druhově odpovídajícím porostům s rozrůzněnou vertikální strukturou. Tento postup je realizován zejména prostřednictvím přirozené obnovy buku, vnášením dubu a dalších chybějících dřevin přirozené skladby. Využívána je zde výhradně maloplošná obnova (AOPK, 2010a).

4 METODIKA

4.1 Charakteristika studijní oblasti a trvalých zkusných ploch

Studijní oblast se nachází v Národní přírodní rezervaci Voděradské bučiny. Konkrétně se jedná o pět trvalých výzkumných ploch založených Českou zemědělskou univerzitou za účelem sledování struktury a dynamiky porostů pod vlivem lesnického hospodaření (*viz. Přílohy 1;2;3;4;6)*. Původní obmýtí na těchto plochách bylo stanoveno na 130 let, obnovní doba pak 40 let. V současné době se plochy nacházejí v části rezervace ponechané samovolnému vývoji. Všechny plochy byly založeny v letech 1980/1981, jejich rozloha činí vždy 1 ha a dominující dřevinou na všech plochách je buk lesní.

Tabulka 7: Základní charakteristika trvalých zkusných ploch (TVP), rok 2020

TVP	Porost	Rok založení	Lesní typ	Věk (roky)	Nadmořská výška
01	436C17	1980	4B1	199	440 m n.m.
02	432D17	1980	4K3	177	490 m n.m.
03	434B17	1980	4S4	209	450 m n.m.
04	434E17	1980	4S4	204	460 m n.m.
05	436D17	1981	4K3	189	440 m n.m.

4.2 Sběr dat

Sběr dat probíhal během jara, podzimu a zimy roku 2020 až do počátku roku 2021. Tyto termíny byly zvoleny s ohledem na bezproblémové a co nejpřesnější měření, neboť měření v letním období by vzhledem k přítomnosti olistění bylo velmi složité a často také velmi nepřesné, zejména v případě měření výšek.

Během celého období sběru byla měřena data na TVP 01–05 *(viz. Přílohy 1;2;3;4;6)*. Do měření struktury porostu byly zařazeni pouze stromy s výčetní tloušťkou ≥ 8 cm. Jedincům splňujícím toto kritérium byla změřena jejich výčetní tloušťka, výška a výška nasazení koruny. Měření tloušťky probíhalo v měřištích shodných s předchozími inventarizacemi *(viz Příloha 10)*. Byla provedena 2 na sebe

kolmá měření s přesností na mm. Měření byla provedena pomocí průměrky Haglöf Mantax Digitech o délce stupnice 800 mm. Výška byla měřena pomocí výškoměru (transpondéru) Vertex III. Před zahájením každého měření bylo provedeno kontrolní měření přesnosti pomocí pásma a přesně změřené vzdálenosti. V případě odchylky pak byla provedena kalibrace přístroje. Výška stromu i výška nasazení koruny byla zaznamenána s přesností na dm. Hodnoty výčetní tloušťky, výšky, popřípadě výšky nasazení koruny byly stejným způsobem pro všechny jedince na ploše. V případě stromů poškozených nebo odumřelých byly tyto stromy v datové souboru označeny jako zlom/torzo. K zaznamenání dat byly využity papírové zápisníky, případně byla data zaznamenána pomocí tabletu přímo do MS Excel.

Jako další byl v rámci měření zaznamenáván objem ležícího mrtvého dřeva na jednotlivých plochách. Do měření byly zařazeny veškeré ležící části stromu o délce minimálně 2 m a tloušťkou ≥ 10 cm na slabším konci. Pro toto měření byl využit program Field–Map Data Collector (dále jen FM) *(viz. Příloha 9)*. Pomocí tohoto zařízení byla zaznamenávána přesná poloha ležícího dřeva, jeho tloušťka na počátku i konci, s čímž byla současně programem vypočítána délka každého zaměřeného kusu. Z těchto hodnot pak FM automaticky vypočítal a vygeneroval objem každého kusu a souhrnný objem mrtvého dřeva na ploše.

Poslední a pro tuto práci nejdůležitější částí sběru dat bylo měření parametrů přirozené obnovy. Na každé TVP bylo založeno 10 dalších menších trvalých kruhových plošek o poloměru 2 m *(viz. Příloha 7)*. Tyto plošky byly umístěny náhodně pomocí vygenerování náhodných souřadnic v programu Microsoft Excel. V případě, že plošky od sebe nebyly dostatečně vzdáleny (vzdálenost středů ploch alespoň 8 m), bylo jejich umístění následně upraveno. Generování souřadnic bylo upraveno tak, aby z výběru byla vyloučena oblast do vzdálenosti 10 m od hranice plochy z důvodu eliminace ovlivnění sousedními porosty *(viz. Příloha 5)*. Do středu každé plošky byl pak zatlučen kolík označený číslem plošky umožňující její pozdější identifikaci pro další sledování vývoje obnovy *(viz. Příloha 8)*. Umístění středů plošek (kolíky) pak bylo zaneseno do mapových podkladů ploch pomocí programu FM.

Od středu každé plošky (kolíku) byl vymezen kruh o poloměru 2 m v rámci něhož byli zaměřeni všichni jedinci obnovy. U každého jedince byla změřena jeho výška

s přesností na cm, kdy pro menší jedince byl použit standardní rozkládací metr a pro jedince vyšších výšek byla použita teleskopická měřící tyč LEVIOR 1540–8000 mm. Následně byla u všech jedinců změřena šířka koruny s přesností na 10 cm, pomocí rozkládacího metru a výtyčky. Pro jedince, jejichž výška přesáhla 150 cm pak byla změřena výčetní tloušťka s přesností na mm, k tomuto měření bylo použito posuvné měřítko, popřípadě průměrka Haglöf Mantax Blue s délkou stupnice 500 mm. Poslední hodnotou, vyhodnocovanou pro všechny jedince na dané plošce byla pěstební hodnota v intervalu 1–4. Hodnocení probíhalo dle metodiky (Bílek, 2018) upravené pro buk.

Třída 1: nadějní jedinci s přímým průběžným kmenem, jedním terminálním výhonem, bez známek poškození. Tito jedinci jsou při další výchově porostu jedinci cílovými.

Třída 2: jedinci, jejichž kmen již vykazuje mírné vady zejména mírnou jednoduchou křivost, slabé poškození např. oděrem, jedinec má stále jeden terminální výhon. Tito jedinci jsou v porostu žádoucí jako budoucí součást stromového patra a potenciální náhradníci jedinců třídy 1.

Třída 3: jedinci s typicky výrazně křivým kmenem, častá vidličnatost, poškozený terminální výhon, silné poškození kmene např. oděrem, popř. vytloukáním, ohnutý jedinec. Takové jedince je v porostu v určitých případech vhodné ponechat, neboť vytvářejí spodní etáž podporující čištění kmenů horní etáže.

Třída 4: typicky jedinci plagiotropního růstu (šíře koruny převažuje nad výškou jedince, koruna je rozložitá bez zjevného terminálního výhonu), jedinci jinak silně deformovaní, kteří nejsou pro další vývoj porostu hodnotní.

4.3 Analýza dat

4.3.1 Struktura mateřského porostu

Data získaná během měření byla importována do programu Microsoft Excel, kde byla následně zpracována. Pro každou trvalou výzkumnou plochou byla vytvořena samostatná tabulka, v níž byly následně počítány jednotlivé stromové a porostní veličiny.

Nejprve byla pro každý strom vypočtena jeho výčetní tloušťka jako průměr z dvou na sebe kolmých provedených měření. Následně byl pro každý jednotlivý strom vypočten jeho objem dle objemových rovnic (Petráš, 1991). Součtem těchto objemů byl pak zjištěn celkový objem pro jednotlivé dřeviny na dané ploše. V případě že se na ploše nacházel pouze minimální počet jedinců dřeviny jiného druhu (1–3), byly pro výpočet jejich objemů využity objemové tabulky.

Rovnice pro výpočet objemu pro buk (Petráš, 1991):

$$V_i = (0{,}564707688+(-2{,}32565273)/d_{1,3}+39{,}259493/d_{1,3}^2+(-233{,}762065)d_{1,3}^3+(-0{,}00141540405)\times h+(-0{,}00000182856747)\times d_{1,3}\times h+0{,}00000062065333\times d_{1,3}^2\times h+(-0{,}00000000476942633)\times d_{1,3}^3 * H)\times \pi\, d_{1,3}^2\times h/40000$$

$$V=\sum V_i$$

Dalším krokem byl výpočet výčetní kruhové základny pro každý strom (G_{cm}^2) a průměrné kruhové základny pro každou plochu $(G_{prům})$ dle vzorců:

$$G_{cm}^2 = \frac{\pi}{4}\times d_{1,3}^2 \qquad G_{prům}=\frac{\sum G_{cm^2}}{N}$$

Ze zjištěné průměrné kruhové základny pro každou plochu, byla následně vypočtena střední tloušťka (d_g) pro každou dřevinu nacházející se na ploše. Tento výpočet byl proveden dle vzorce:

$$d_g = \sqrt{\frac{4\times G_{prům}}{\pi}}$$

Následně byl pro každou dřevinu vytvořen výškový grafikon, z něhož byla pomocí rovnice funkce a střední tloušťky (d_g) vypočtena střední výška (h_g).

Příklad výpočtu (h_g) pro TVP 01:

$$h_g = (0{,}1776\times 69{,}1) + 28{,}383$$

Takto vypočtené hodnoty pak byly podkladem pro výpočet zakmenění na dané ploše pomocí redukované plochy. Pro výpočet redukované plochy dřeviny byla nejprve pomocí střední tloušťky (d_g) a střední výšky (h_g) porostu zjištěna tabulková zásoba dané dřeviny z taxačních tabulek (ÚHÚL, 1990) a následně pomocí této zásoby a zásoby skutečné proveden výpočet redukované plochy. Redukovaná plocha se

v tomto případě vzhledem k velikosti trvalých výzkumných ploch 1 ha shoduje se zakmeněním *(ρ)*.

$$P_{red} = \frac{V_{skutečná}}{V_{tabulková}} \qquad \rho = \frac{P_{red}}{P_{skutečná}}$$

Na každé ploše byl také zjištěn počet stromů mateřského porostu pro jednotlivé dřeviny, což bylo provedeno prostým součtem jedinců z naměřených dat, z čehož bylo následně vypočteno procentuální zastoupení dřevin na jednotlivých plochách.

4.3.2 Přirozená obnova

Pro analýzu dat naměřených pro hodnocení parametrů přirozené obnovy, byly využity programy Microsoft Excel a Statistica. Nejprve byla data přenesena do programu Excel, kde byla následně upravena do podoby akceptovatelné programem Statistica.

Následně byly vyhodnocovány jednotlivé parametry obnovy na jednotlivých plochách a provedeno porovnání mezi jednotlivými plochami. Nejprve bylo v programu Statistica pro všechny plochy provedeno vyhodnocení normality dat. Toto vyhodnocení proběhlo pomocí funkce *Basic statistic → Desctriptive statistic → Normality (Shapiro–Wilkův test)*, kdy byla data rozdělena dle TVP reprezentovaných zakmeněním.

Dle výsledků předchozí analýzy, byl pro porovnání parametrů mezi jednotlivými plochami reprezentovanými zakmeněním použit Kruskal–Wallisův test z důvodu nesplnění podmínek pro analýzu variance (normalita dat).

5 VÝSLEDKY

5.1 Struktura mateřského porostu

5.1.1 Základní porostní charakteristiky

Tabulka 8: Porostní charakteristiky jednotlivých TVP rok 2009; Zdroj: (Bílek, 2009); upraveno.

TVP	V (m^3/ha)	G (m^2/ha)	N (ha)	Zakmenění (ρ)	Střední tloušťka d_g (cm)	Střední výška h_g (m)	Zápoj (%)
01	597,48	27,23	93	0,60	59,57	40,89	78,2
03	863,72	40,26	126	0,90	62,46	39,95	107,7
04	704,04	32,89	110	0,75	60,49	39,99	81,8
05	583,20	28,00	113	0,65	55,18	39,47	77,0

Pozn.: Do měření nebyla v roce 2009 zahrnuta TVP 02, neboť v době měření nebyly prozatím na této ploše podmínky vhodné k iniciaci přirozené obnovy.

Tabulka 9: Porostní charakteristiky jednotlivých TVP rok 2020.

TVP	V (m^3/ha)	G (m^2/ha)	N (ha)	Zakmenění (ρ) **	Střední tloušťka d_g (cm)	Střední výška h_g (m)
01	524,4	23,6	63	0,50	69,1	41,0
02	689,1	43,7	286	1,18	44,0	30,8
03	831,2	39,2	109	0,88	67,4	40,6
04	639,6	27,4	78	0,61	66,4	41,6
05	574,5	28,9	98	0,65	61,6	39,3

Pozn.: Do aktuálního měření již byla zahrnuta i TVP 02.

*** Zakmenění přesahující hodnotu 1 u TVP 02 je dáno velkým množstvím přítomných stromů na ploše*

Nejvyšší celkový objem (831,2 m^3) byl naměřen na ploše TVP 03, kde byla zjištěna druhá nejvyšší střední tloušťka a třetí nejvyšší střední výška. Nejvyšší střední tloušťka (69,1 cm) byla zjištěna na ploše TVP 01 společně s druhou nejvyšší střední výškou. Na této ploše se pak nachází výrazně menší počet stromů což způsobuje také výrazně menší celkový objem na ploše. Stejně je tomu také u plochy TVP 04, kde byla

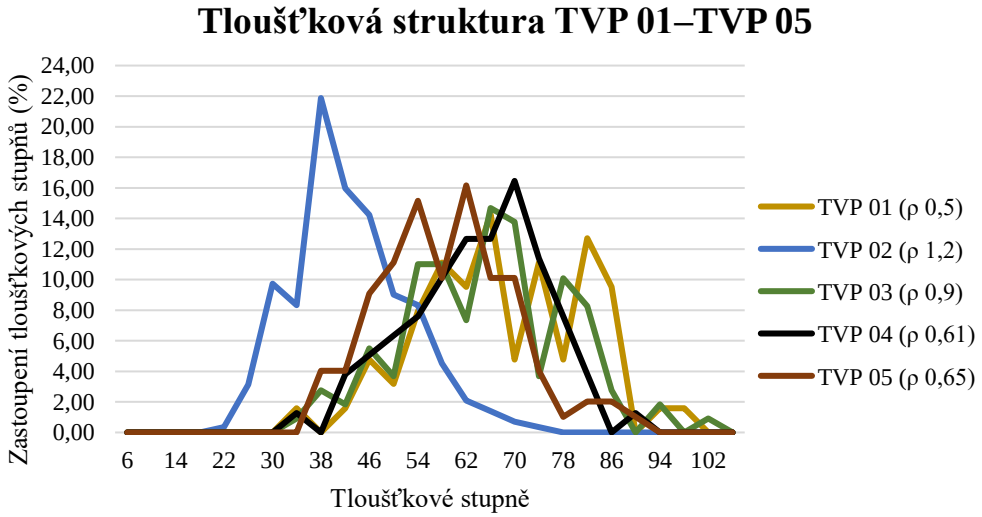
naopak zjištěna nejvyšší střední výška porostu (41,6 m). Oproti tomu na ploše TVP 02, kde byl zjištěn nejvyšší počet stromů je nižší objem způsoben menšími dimenzemi jednotlivých stromů (nejnižší střední tloušťkou (44,0 cm) a výškou (30,8 m) ze všech TVP) a také nižším věkem porostu.

Průměrný objem na trvalých zkusných plochách dosahuje hodnoty 651 m^3, kruhová základna pak 32,6 m^2/ha.

5.1.2 Tloušťková struktura na jednotlivých TVP

Tloušťková struktura porostu mezi jednotlivými plochami nevykazuje významné odlišnosti. Výjimku pak tvoří ploch TVP 02, kdy je křivka tloušťkové struktury posunuta výrazně směrem doleva k slabším tloušťkovým stupňům *(viz. Graf 16)*. Z následujícího grafu vyplývá, že u ploch TVP 01; 03; 04; 05 se nejvíce zastoupený tloušťkový stupeň pohybuje vždy v intervalu 62–70, konkrétně je to tloušťkový stupeň 62 (16,16 %) pro TVP 05, 66 (12,66 resp. 14,68 %) pro TVP 01 a TVP 03 a nakonec stupeň 70 (16,46 %) pro TVP 04.

Odlišnosti v tloušťkové struktuře pak vykazuje TVP 02, kde je nejčastěji zastoupeným tloušťkovým stupněm stupeň 38 (21,88 %), a naopak silnější tloušťkové stupně jsou zastoupeny pouze minimálně. Výsledky této analýzy jsou také v souladu s v *Kapitole 5.1.1.* zmiňovanou nejnižší střední tloušťkou porostu.

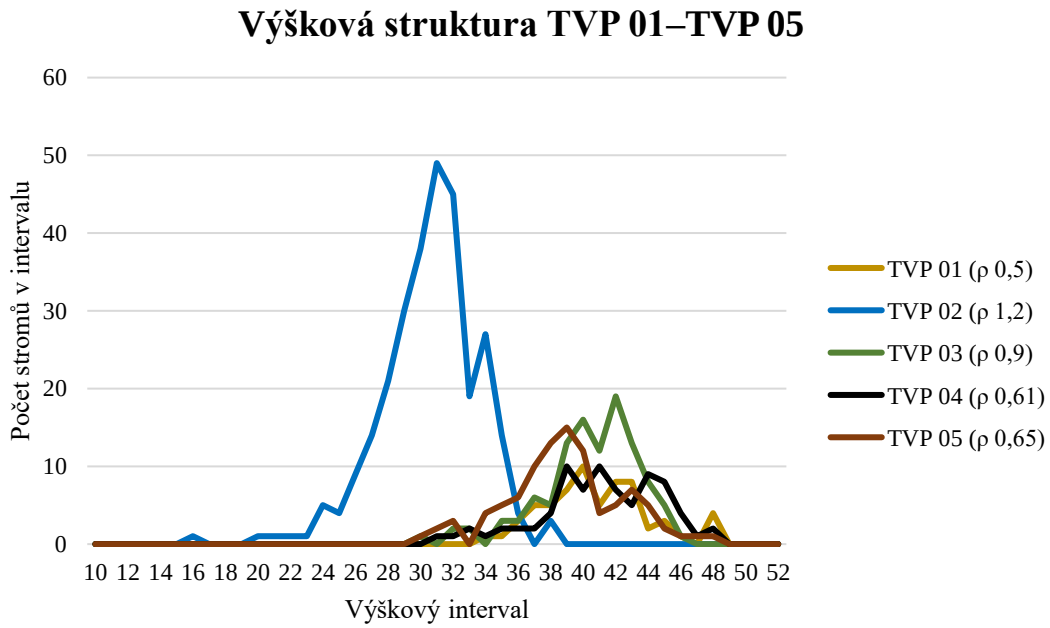


Graf 16: Porovnání tloušťkové struktury jednotlivých TVP, rok 2020.

5.1.3 Výšková struktura jednotlivých TVP

Stejně jako v případě tloušťkové struktury, ani výšková struktura nevykazuje významné odlišnosti mezi jednotlivými plochami. I zde se však vyskytuje výjimka v podobě TVP 02, jež vykazuje značně odlišnou výškovou strukturu od ostatních ploch. Na TVP 01 se nejvyšší počet stromů vyskytoval v tloušťkovém intervalu 40, tedy jedinci s výškou v rozmezí 39,5–40,5 m, konkrétně se zde nachází 10 stromů. Na TVP 03 je nejčastěji zastoupeným intervalem výškový interval 42 (19 stromů), na TVP 05 intervaly 39 a 41 (10 stromů) a na TVP 05 pak interval 39 (15 stromů).

Výjimku opět tvoří plocha TVP 02, kde je výšková křivka posunuta opět směrem doleva k nižším hodnotám *(viz Graf 17)*. Nejčastěji zastoupeným výškovým intervalem na této ploše je interval 31 s celkovým počtem 49 stromů.



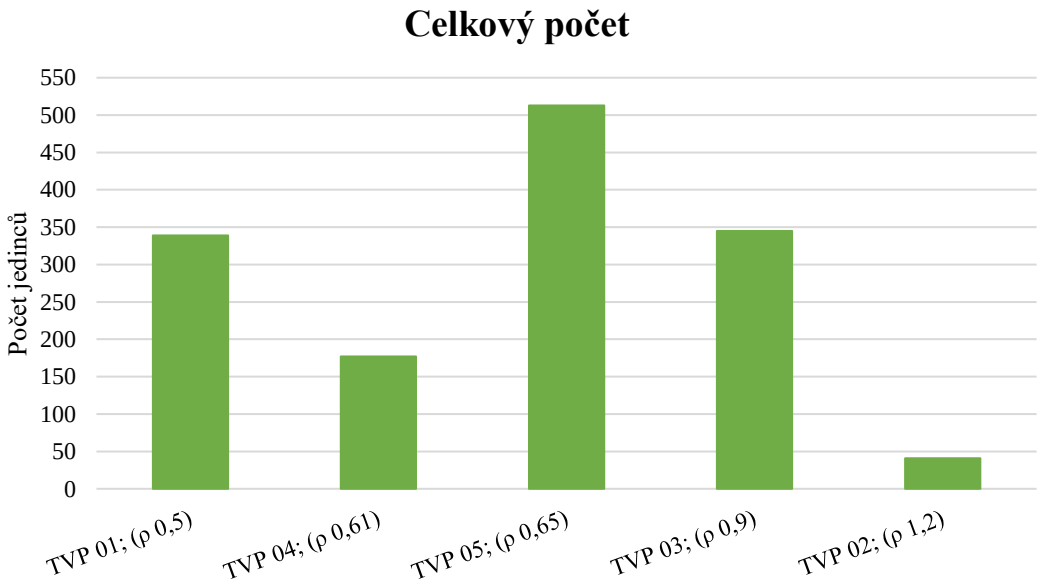
Graf 17: Porovnání výškové struktury jednotlivých TVP, rok 2020.

5.2 Přirozená obnova

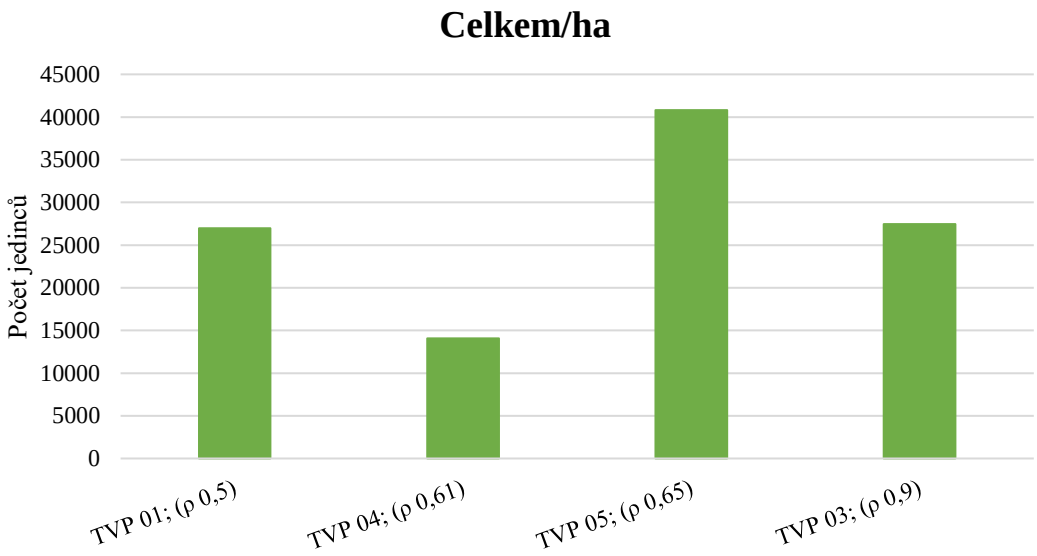
5.2.1 Počet jedinců

V rámci hodnocení přirozené obnovy byl vyhodnocen také celkový počet jedinců na jednotlivých ploškách založených pro hodnocení obnovy *(viz Graf 18)* a následně také celkový počet jedinců přepočtený na hektar pro každou TVP *(viz Graf 19)*. Nejvyšší počet jedinců přirozené obnovy byl zaměřen na TVP 05 reprezentované zakmeněním 0,65 celkem 513 jedinců, téměř shodný počet byl pak zjištěn na TVP 01 a TVP 03 (zakmenění 0,5 a 0,61) 339 resp. 345 jedinců. Nejméně jedinců pak bylo nalezeno na ploše TVP 02 (zakmenění 1,2), kdy bylo nalezeno pouze 41 jedinců.

Na žádné z ploch se pak obnova nevyskytovala na celé ploše, ale byla nerovnoměrně rozmístěna v závislosti na hustotě zápoje a výskytu porostních mezer.



Graf 18: Celkový počet jedinců na zkusných ploškách (125,56 m^2).



Graf 19: Celkový počet jedinců přepočtený na hektar, rok 2020.

Pozn.: TVP 02 nebyla do přepočtu zařazena, neboť téměř všichni jedinci obnovy byli zaměřeni v rámci zkusných plošek a přepočet by nebyl odpovídající. Na ploše se pak celkem nachází cca 60 jedinců obnovy.

5.2.2 Základní charakteristiky

Pro jedince zaměřené na všech plochách byl vypočítány základní charakteristiky *(viz Tabulka 10)*: Průměrná výška jedinců, průměrná výčetní tloušťka, a šířka koruny, zaznamenané druhy a jejich zastoupení. Dále byl vypočten průměr pro předcházející hodnoty za všechny plochy (TVP 01–05) *(viz Tabulka 11)*.

Tabulka 10: Základní charakteristiky obnovy na jednotlivých plochách; rok 2020.

Číslo plochy	H prům. *(cm)*	D výčetní prům. *(mm)*	Šířka koruny prům. *(cm)*	Druhové složení	Zastoupení *(%)*
TVP 01 (ρ 0,5)	324,5	10	114,5	BK	100
TVP 02 (ρ 1,2)	31	Neměřeno	20	BK	100
TVP 03 (ρ 0,9)	98	10	57	BK	100
TVP 04 (ρ 0,61)	201	12	79	BK	100
TVP 05 (ρ 0,65)	153	9	70	BK	100

Tabulka 11: Průměrné charakteristiky pro všechny plochy; rok 2020

TVP 01–05	H prům. *(cm)*	D výčetní prům. *(mm)*	Šířka koruny prům. *(cm)*
	161,5	10,25	68,1

Nejvyšší výšky dosahují jedinci obnovy na TVP 01, konkrétně v průměru 324,5 cm, naopak nejmenší jedinci byli nalezeni na TVP 02, kde v průměru dosahují výšky pouze 31 cm. Nejvyšší tloušťky však nedosahují nejvyšší jedinci, ale jedinci na TVP 04, v průměru 12 mm. Nejmenší průměrné tloušťky dorůstají jedinci na TVP 05 (9 mm). Na TVP 02 pak u žádného z jedinců nebyl měřen jeho průměr, neboť žádný z nich nedosahoval výšky 150 cm. V průměru nejvyšší jedinci však mají v průměru nejširší koruny a to přesně 114,5 cm, nejužší koruny mají stejně jako v případě výšky jedinci na ploše TVP 02. Dřevinná skladba obnovy je velmi monotónní, neboť se ve všech případech jednalo o buk lesní *(Fagus sylvatica)*.

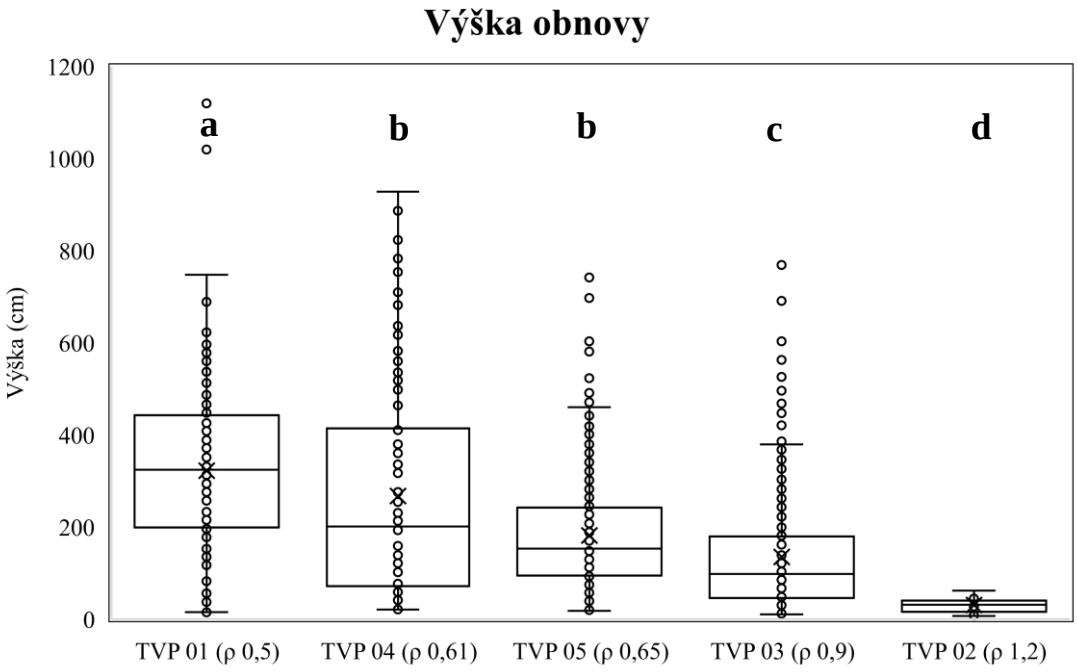
V případě celkového průměru za všechny plochy, pak je průměrná výška 161,5 cm, průměrná tloušťka 10,25 mm a průměrná šířka koruny 68,1 cm.

5.2.3 Výšková struktura

Naměřené výšky byly pro potřeby této práce rozděleny do intervalů po 50 cm. Následně byl vytvořen graf *(viz. Graf 20)*, ukazující počty jedinců v jednotlivých intervalech. Nejvíce jedinců, konkrétně 114, se nachází v intervalu 100–150 cm na TVP 05, dále 99 jedinců v intervalu 0–50 cm na TVP 03. Na TVP 01, kde byla vypočtena nejvyšší průměrná výška je výšková struktura poměrně vyrovnaná s nejvíce zastoupeným intervalem 200–250 cm.

Graf 20: Výšková struktura přirozené obnovy; rok 2020

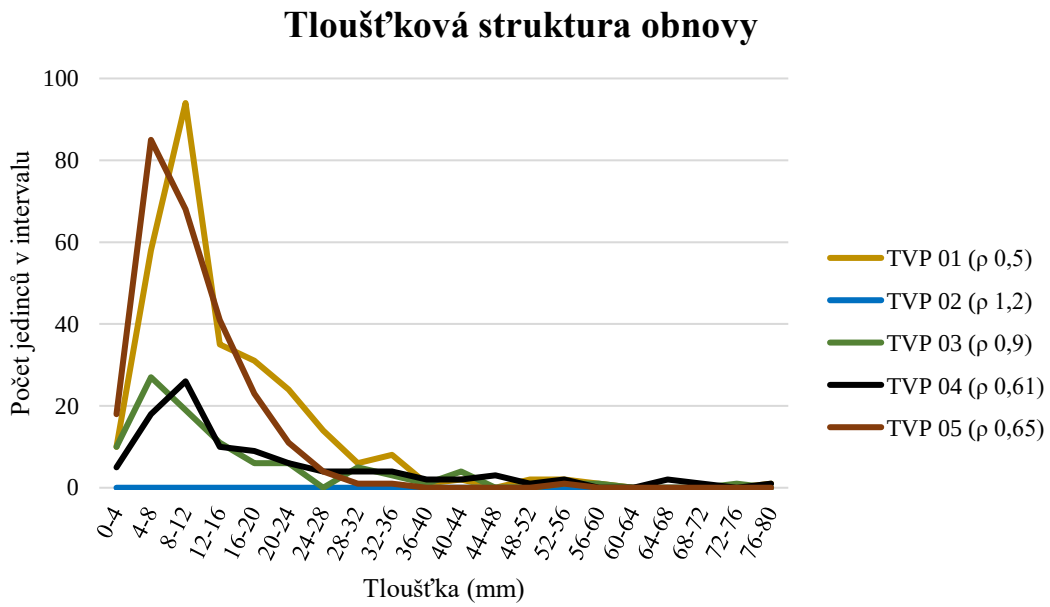
Analýza růstových veličin byla v případě přirozené obnovy provedena pomocí programu *Statistica*. Tato analýza ukázala na statisticky významné rozdíly mezi výškami na téměř všech plochách, pro potřeby analýzy reprezentovaných zakmeněním. (Kruskal–Wallisův test, $\chi^2 = 351{,}5048$, $p < 0{,}001$). Statisticky významný rozdíl nebyl prokázán pouze na plochách TVP 04 a TVP 05 *(Graf 21)*.



Graf 21: Výška obnovy pro jednotlivé TVP; rok 2020; rozdílné indexy vyjadřují statisticky významné rozdíly.

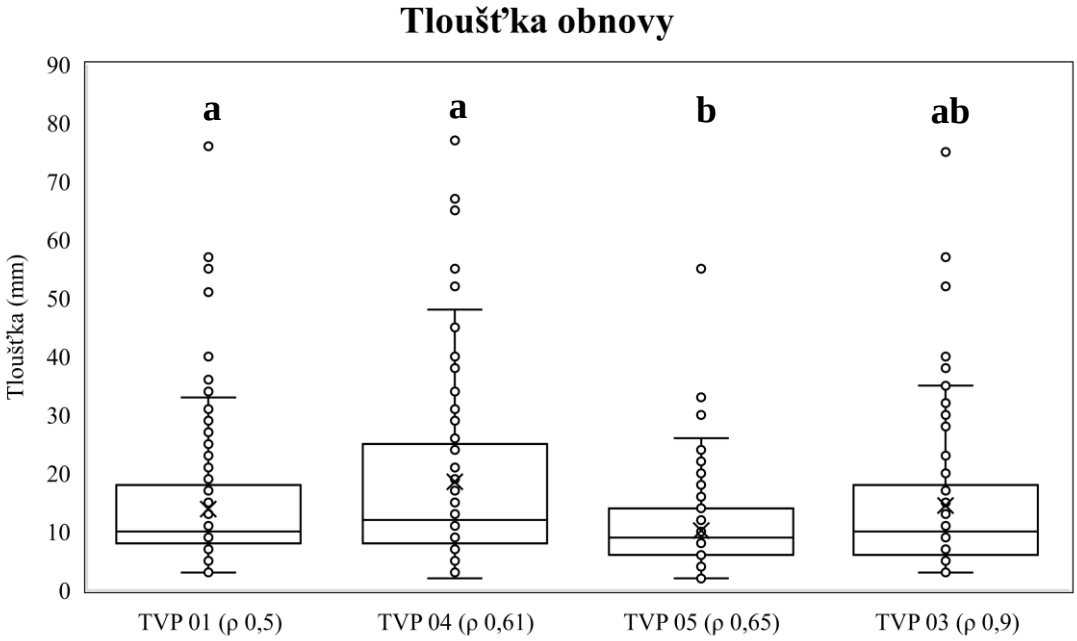
5.2.4 Tloušťková struktura

V případě tloušťkové struktury byly naměřené hodnoty rozděleny do intervalů po 4 mm, následně byl vypočten počet jedinců v každém tomto intervalu. Nejčastěji zastoupeným intervalem v případě měřených tlouštěk je u TVP 01 a 04 interval 8–12 mm (94 resp. 26 jedinců) a u TVP 03 a 05 interval 4–8 mm (27 resp. 85 jedinců). Na TVP 02 pak nebyla tloušťka měřena u žádného jedince.



Graf 22: Tloušťková struktura přirozené obnovy; rok 2020.

Statistická analýzy tloušťky pak ukázala na statisticky významné rozdíly mezi tloušťkami na jednotlivých plochách (stupni zakmenění) (Kruskal–Wallisův test, χ^2 = 29,12186, p < 0,001). Konkrétně se liší TVP 05 od TVP 01 a TVP 04 *(viz. Graf 23)*.

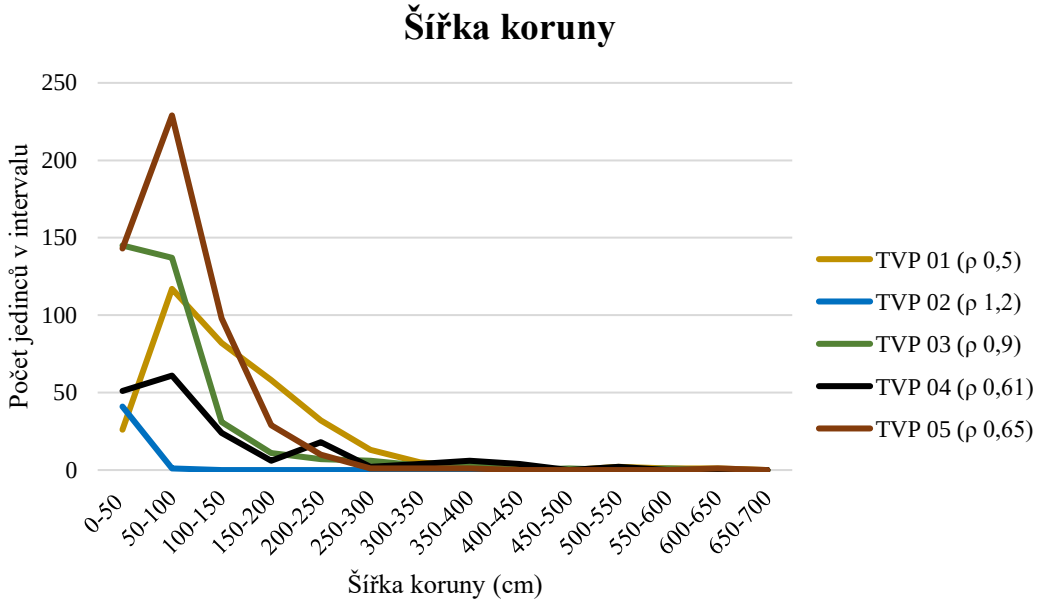


Graf 23: Tloušťka obnovy na jednotlivých TVP, rok 2020; Rozdílné indexy vyjadřují statisticky významné odlišnosti.

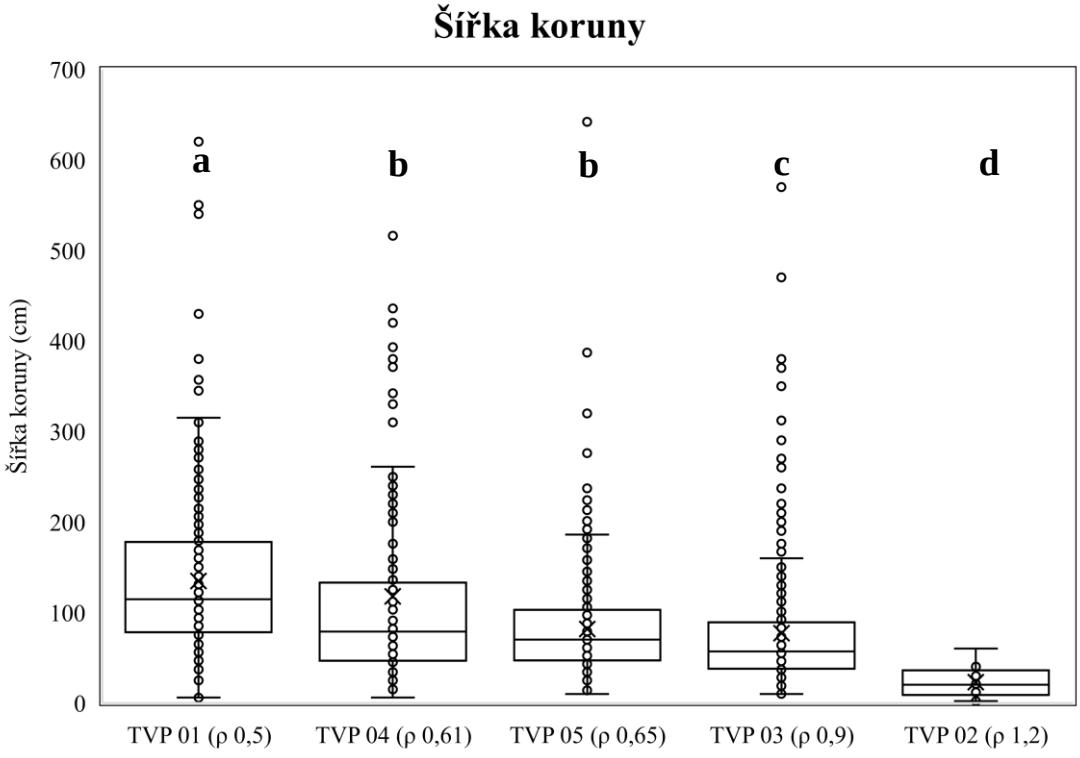
5.2.5 Šířka koruny

Také při vyhodnocení šířky koruny byly naměřené hodnoty stejně jako v případě výšky rozděleny do intervalů po 50 cm. Nejvíce jedinců se nachází v intervalech do 250 cm. Konkrétně se jedná o intervaly: TVP 01, 04 a 05 50–100 cm (117; 61 resp.229 jedinců) a u TVP 02 a 03 0–50 cm (41 resp. 145 jedinců) *(viz Graf 24)*.

Analýza pomocí Kruskal–Wallisova testu ukázala na shodné výsledky jako v případě výšky, tedy statisticky významné rozdíly byly zaznamenány u všech ploch (Kruskal–Wallisův test, $\chi^2 = 265{,}5466$, $p < 0{,}001$), s výjimkou TVP 04 a, kdy rozdíl mezi nimi není statisticky významný.



Graf 24: Šířka koruny přirozené obnovy; rok 2020.



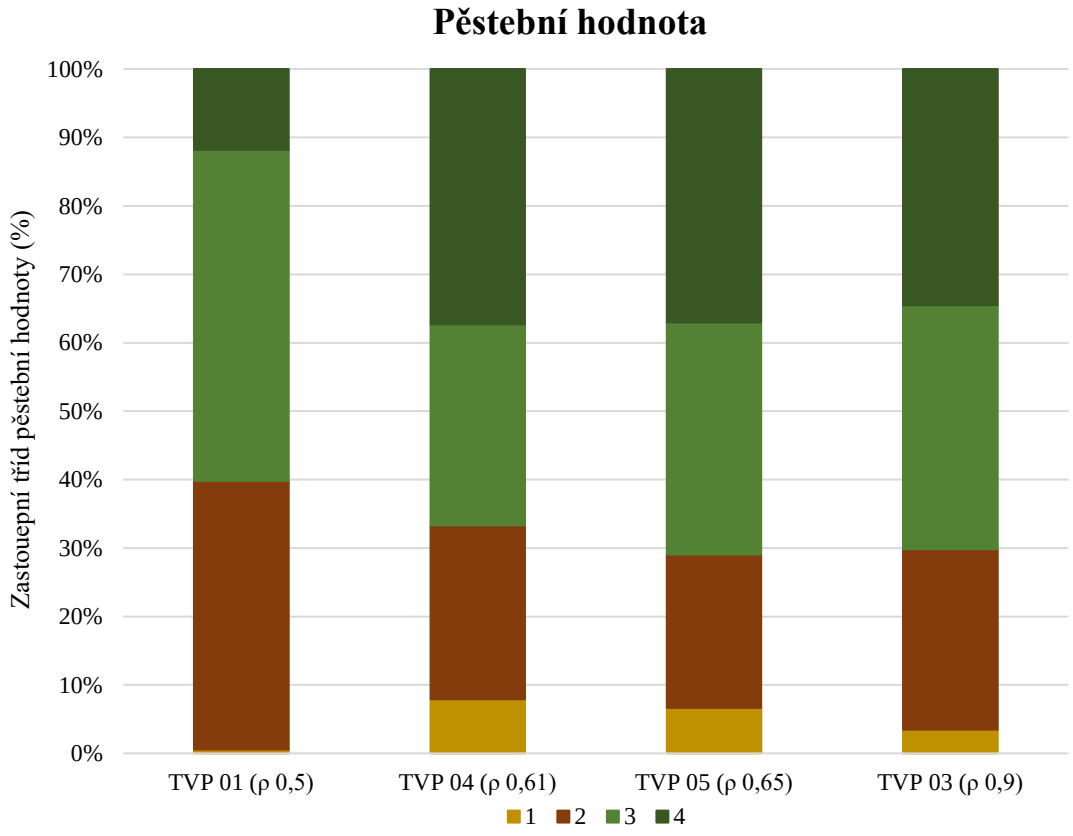
Graf 25: Šířky koruny na jednotlivých TVP, rok 2020; rozdílné indexy vyjadřují statisticky významné odlišnosti.

5.2.6 Pěstební hodnota

Porovnání počtu jedinců dané pěstební kvality ukázalo na statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými TVP reprezentovanými pro účely vyhodnocení zakmeněním (Chíkvadrát test nez. v kont. tabulce, χ^2 = 110,69, df (počet stupňů volnosti) = 9, p < 0,001). Do vyhodnocení nebyla zařazena ploch TVP 02, neboť všichni zaměření jedinci na této ploše spadali do třídy pěstební hodnoty 4 a vzhledem k jejich malému počtu by srovnání nebylo vypovídající.

Tabulka 12: Přehled počtu jedinců daných tříd pěstební kvality na jednotlivých plochách a celkový počet jedinců v daných třídách; rok 2020.

Třída pěst. hodnoty	TVP 01 (ρ 0,5)	TVP 03 (ρ 0,9)	TVP 04 (ρ 0,61)	TVP 05 (ρ 0,65)	Celkem
1	2	12	14	34	62
2	133	91	45	115	384
3	164	123	52	174	513
4	40	119	66	190	415



Graf 26: Zastoupení tříd pěstební hodnoty v % na jednotlivých plochách; rok 2020.

6 DISKUZE

6.1 Struktura mateřského porostu

V porovnání s daty naměřenými během inventarizace provedené pro studii přirozené obnovy buku lesního (Bílek, 2009)*(viz. Tabulka 8)*, došlo na všech plochách ke změnám téměř všech porostních veličin *(viz. Tabulka 9)*. Ze získaných výsledků je patrný pokles celkového objemu na ploše V *(m/ha^3)*, kruhové základny G *(m^2/ha)*, zakmenění a také počtu jedinců na jednotlivých plochách. Oproti tomu došlo ve většině případů k nárůstu průměrné výčetní tloušťky *($d_{1,3}$)* a střední výšky porostu *(h_g)*.

Výjimku pak tvoří plocha TVP 05, na které došlo k nárůstu kruhové základny o 0,9 m^2/ha, zakmenění pak na této ploše zůstalo na hodnotě shodné s předchozí inventarizací, a naopak došlo k poklesu střední výšky porostu o 0,17 m. Tato skutečnost je pravděpodobně dána odumřením pouze malého množství stromů mezi dvěma po sobě následujícími měřeními a v případě výšky možnou chybovostí měření a také možným odlamováním horních částí koruny vlivem větru a kontaktu s ostatními stromy.

Do této práce byla oproti předchozímu měření Bílka, (2009) zahrnuta také plocha TVP 02, která nebyla do minulých měření zařazena z důvodu nevhodných podmínek pro přítomnost přirozené obnovy. Tato plocha vykazuje značně odlišnou strukturu od ostatních ploch zařazených do této práce, kdy její tloušťková i výšková křivka je posunuta doleva a dominovaly zde nižší hodnoty výčetní tloušťky i výšek. Tento stav byl způsoben nižším věkem porostu na této ploše, ale především jeho vysokou hustotou, kdy zakmenění stále dosahuje hodnoty 1,18. Takto vysoká hustota neumožňuje jedincům vzhledem k silné konkurenci v boji o živiny, dostupné světlo a prostor výrazně zvyšovat tloušťkový a výškový přírůst (Standovár, 2003; Rozas, 2006). V případě proředění porostu lze očekávat, že i na této ploše by v tloušťkové struktuře dominovaly silnější tloušťkové stupně a došlo by též k nárůstu výškového přírůstu (Commarmot, 2005).

6.2 Přirozená obnova

Při vyhodnocení přirozené obnovy byly zjištěny významné rozdíly v počtu jedinců obnovy na jednotlivých plochách. Oproti TVP 05, na které bylo zaměřeno celkem 513 jedinců, bylo na TVP 02 zaměřeno pouze 41 jedinců. Tento počet je pak velmi nízký i v porovnání se zbývajícími plochami, a to i při přepočtu jedinců na hektar, kdy se na TVP 05 nacházelo téměř 41 000 jedinců a na TVP 02 to pak bylo jedinců pouze cca 60 (počet zjištěný fyzickým počítáním jedinců na ploše). Takto vysoký rozdíl můžeme přičítat relativně nízkému věku porostu na TVP 02 v porovnání s ostatními plochami, ale především vysokou hustotou tohoto porostu neumožňující úspěšné klíčení a odrůstání semenáčků vlivem nedostatku světla pronikajícího pod mateřský porost, což bylo prokázáno jako nejčastější limitující faktor v několika dalších studiích. (Madsen, 1995; Standovár, 2003; Orman, 2021; Modrý, 2004). Pravděpodobně pak v tomto porostu také v roce 2003 nebyl přítomen semenný rok, nebo byl velmi slabý v porovnání k ostatním plochám. Na TVP 01; 03; 04 a 05 pak od posledního měření Bílka, (2009) došlo k výrazné redukci počtu jedinců vlivem silné autoredukce, jež představuje jednu z hlavních hybných sil dynamiky mladých bukových porostů (Slodičák, 2007).

Výrazné rozdíly jsou patrné i v případě vyhodnocení základních charakteristik, kdy můžeme pozorovat značné odlišnosti především mezi TVP 01 a průměrnými hodnotami. Na TVP 01 dosahovali jedinci 2–krát větší výšky než vypočítaná průměrná výška ze všech ploch. Stejně tak tomu bylo v případě šířky koruny. U ostatních ploch pak byly odchylky od průměrných hodnot méně výrazné. Druhým extrémem oproti TVP 01 byla TVP 02, na které byly všechny změřené hodnoty významně nižší než průměr. Opět stejně jako v případě nízkého počtu jedinců, lze tyto odlišnosti přisuzovat vysoké hustotě mateřského porostu, ale také pravděpodobnému nižšímu věku nalezených jedinců obnovy. Čisté zastoupení buku v obnově je pak v souladu se studiemi Welandera 1998, Szwagrzyka 2001 a Modrého 2004 jež představují schopnost buku tolerovat stín jako velmi důležitou, jak v konkurenci ostatních dřevin, tak buřeně. Současně také toto 100 % zastoupení odpovídá druhovému složení mateřských porostů, kterými jsou čisté bučiny.

V případě výškové struktury jsou patrné odlišnosti, kdy struktura na TVP 01 byla relativně vyrovnaná, a naopak na TVP 05; 04 a 03 převažovali jedinci menších výšek. Tento rozdíl lze připsat vyššímu věku obnovy na TVP 01 a také vyššímu rozvolněním mateřského porostu a většímu množství dostupného světla na této ploše umožňující zvýšený přírůst. Tento fakt byl potvrzen i během studií Collet, (2001), Collet, (2002) a také Modrého, (2004).

Tloušťková struktura je pak u všech ploch velmi podobná, kdy na všech plochách převažují nejslabší tloušťkové stupně a struktura všech ploch připomíná obrácenou J křivku. Do vyhodnocení tloušťkové struktury nebyla zařazena TVP 02, na níž jedinci nedosáhli výšky potřebné k měření tloušťky. Tato situace je opět stejně jako v předchozích případech odlišností dána vysokou hustotou mateřského porostu a předpokládanému nízkému věku obnovy (Modrý, 2004). Nejsilnější jedinci se nacházejí na TVP 04 se zakmeněním 0,61 a s druhým nejnižším počtem jedinců obnovy po TVP 02. Tento fakt společně s druhým nejnižším zakmeněním mohl v minulosti vést právě ke zvýšenému tloušťkovému přírůstu, neboť je na této ploše více dostupného světla a současně nižší konkurence (Modrý, 2004). Průměrná výčetní tloušťka pak vykazuje u všech ploch souvislost s množstvím jedinců na ploše, kdy na ploše s nejnižší hustotou obnovy je průměrná tloušťka nejvyšší, a naopak na plochách s vysokou hustotou obnovy je průměrná tloušťka nižší. Plochy s podobnou hustotou obnovy pak vykazují stejnou průměrnou tloušťku (TVP 01 a 03).

V případě šířky koruny jsou pak jedinci s nejvyšší hodnotou na TVP 01 což je v korelaci s jejich nejvyšší průměrnou výškou. Naopak pokud vyjmeme z porovnání TVP 02 jedinci s nejužší korunou se nacházejí na TVP 03, kde je také nejvyšší zakmenění a druhý nejvyšší počet jedinců z ploch zařazených do porovnání.

Při posouzení pěstební kvality pozorujeme na plochách významné odlišnosti. Nejvyšší procento nejkvalitnějších jedinců se nachází na TVP 04, kde se však současně nachází také druhé nejvyšší procento jedinců nejméně kvalitních. Oproti tomu na TVP 01, kde nebyli nalezeni téměř žádní jedinci nejkvalitnější třídy, se vyskytuje nejnižší procento jedinců nekvalitních. Tento poměr lze přičítat nízkému zakmenění mateřského porostu a současně vyššímu věku obnovy, kdy již vlivem vysoké konkurence a nedostatečného množství prostupujícího světla byli vytlačeni jedinci

neschopní konkurovat jedincům vitálnějším s kvalitnějšími parametry (Standovár, 2003; Szwagrzyk, 2001). Současně je však hustota obnovy na této ploše příliš vysoká pro vývoj jedinců nejvyšších kvalit, neboť vlivem konkurence dochází velmi často k růstovým deformacím (Slodičák, 2007).

Nejméně kvalitní obnova (poměr 1+2 třídy a 3+4 třídy) je pak na TVP 05 a téměř stejné hodnoty vykazuje také plocha TVP 03. Na TVP 05 lze tento stav přičítat vysoké hustotě obnovy znamenající vysokou konkurenci, na TVP 03 pak stále vysoké hodnotě zakmenění limitující pronikání světla. Z těchto porovnání tedy vychází nejlépe TVP 01, kdy součet jedinců 1. a 2. kvalitativní třídy dosahuje téměř 40 % všech jedinců, následuje TVP 04 a 03.

Výsledky této práce jsou tak v souladu s tvrzením Peterse, (1997), podle kterého je pro úspěšný vývoj přirozené obnovy ideální hranice zápoje 50 % přibližně odpovídající stavu na TVP 01 kde se v tomto měření vykytuje nejkvalitnější obnova, se zvyšováním zápoje pak dle Peterse, (1997) dochází k redukci výškového přírůstu což silně koreluje s výsledky této práce, kdy výška se zvyšujícím se zakmeněním klesá. Stejně tak tomu v této práci je v případě šířky koruny. Tloušťka pak koreluje spíše s hustotou obnovy.

7 ZÁVĚR A DOPORUČENÍ PRO LESNICKOU PRAXI

Data prezentovaná v této práci potvrzují fakt, že nejkvalitnější přirozené obnovy o vysoké hustotě dosáhneme udržováním zakmenění o hodnotách 0,6 až 0,7 a jeho postupné snižování v letech následujících po silném semenném roce. V této práci vykazovala nejkvalitnější charakteristiky obnova na ploše, jejíž zakmenění byla 17 let po semenném roce 0,5. Naopak v případě přetrvávajícího silného zakmenění byla hustota obnovy pouze velmi malá, nebo se obnova nevyskytuje vůbec.

Porost s nejkvalitnější obnovou vykazoval nejvyrovnanější výškovou i tloušťkovou strukturu mateřského porostu a stejně tak v případě obnovy byla její výšková struktura a šířka koruny nejvyrovnanější ze všech ploch. Naopak porost s nejméně kvalitní obnovou vykazoval nejméně vyrovnanou výškovou i tloušťkovou strukturu mateřského porostu a stejně tak nejméně vyrovnanou výškovou strukturu a nejmenší šířku koruny obnovy. Tloušťková struktura obnovy se pak na všech plochách, kde byla měřena nápadně blížila křivce obráceného J.

Pro získání vysokého počtu nejkvalitnějších jedinců, je nutná včasná výchova s podporou nadějných jedinců, neboť při zanedbání dochází k tvorbě růstových deformací a snižování kvality. Je však nutné stále zachovat dostatečnou hustotu potřebnou pro vývoj těchto kvalitních jedinců.

Optimálním hospodářským způsobem pro tyto podmínky v případě využití přirozené obnovy je pak clonná seč, kdy je však nutné sledovat přítomnost semenných let a dbát na dostatečné, současně však přiměřené rozvolnění porostu ihned po semenném roce. Výsledky této práce prokázaly vhodnost počátečního snížení zakmenění mateřského porostu přibližně na hodnotu 0,6 s následujícími zásahy podporujícími přirozenou obnovu zvýšeným množstvím pronikajícího světla pod mateřský porost.

Pro vytvoření věkové homogenity porostu doporučujeme aplikovat clonnou seč na celé ploše lesního porostu ve stejném časovém období, nicméně při tomto postup nutně vzniknou koncentrované škody na následném porostu po domýtné seči, naopak v případě, kdy je žádoucí věková a výšková diferenciace, postupujeme například prostřednictvím pruhových sečí či formou maloplošné obnovy v podobě kotlíků.

Ačkoli bylo dosaženo předpokládaný cílů práce, jedná se o velmi obsáhlou a důležitou problematiku pro budoucí úspěšné využívání přirozené obnovy, jejíž studiu je potřeba věnovat zvýšenou pozornost a provádět další studie.

8 SEZNAM LITERATURY

AGESTAM, E., P.-M. EKÖ, U. NILSSON a N.T. WELANDER, 2003. The effects of shelterwood density and site preparation on natural regeneration of Fagus sylvatica in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* [online]. **176**(1-3), 61-73 [cit. 2021-02-24]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/S0378-1127(02)00277-3

ANGELSTAM, Per a Timo KUULUVAINEN, 2004. Boreal Forest Disturbance Regimes, Successional Dynamics and Landscape Structures: A European Perspective. *Ecological Bulletins*. 117–136. Dostupné z: doi:10.2307/20113303

AOPK, 2010a. Plán péče o NPR Voděradské bučiny - textová část. In: *Plán péče o NPR Voděradské bučiny pro období 2011–2020*. Brno.

AOPK, 2010b. Příloha P3 Vývoj lesů. In: *Plán péče o NPR Voděradské bučiny pro období 2011–2020*. Brno, s. 31.

AOPK, 2010c. Příloha M7 Mapa zonace. In: *Plán péče o NPR Voděradské bučiny pro období 2011–2020*. Brno.

AOPK, 2010d. Příloha M1 Orientační mapa s vyznačením území. In: *Plán péče o NPR Voděradské bučiny pro období 2011–2020*. Brno.

BARNA, Milan a J. KULFAN, ed., E. BUBLINEC, 2011. Prirodzená obnova buka. *Buk a bukové ekosystémy Slovenska: Beech and Beech Ecosystems of Slovakia*. Bratislava: VEDA, s. 227–241. ISBN 978-80-224-1192-9.

BÍLEK, L., J. REMEŠ a D. ZAHRADNÍK, 2009. Natural regeneration of senescent even-aged beech (iFagus sylvatica/i L.) stands under the conditions of Central Bohemia. *Journal of Forest Science* [online]. **55**(4), 144-145 [cit. 2021-02-24]. ISSN 12124834. Dostupné z: doi:10.17221/823-JFS

BÍLEK, Lukáš, Jonny Ferney BERNATE PEñA a Jiří REMEŠ, 2013. *National Nature Reserve Voděradské bučiny: 30 years of forestry research = Národní přírodní rezervace Voděradské bučiny : 30 let lesnického výzkumu*. Vyd. 1. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. Folia forestalia Bohemica. ISBN 978-80-7458-051-2.

BÍLEK, Lukáš, Aleš ZEIDLER, Karel PULKRAB et al., 2018. *Pěstební a ekonomické aspekty clonné obnovy borovice lesní: certifikovaná metodika*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-169-7.

BOLTE, A., T. CZAJKOWSKI a T. KOMPA, 2007. The north-eastern distribution range of European beech a review. *Forestry* [online]. **80**(4), 413-429 [cit. 2021-02-09]. ISSN 0015-752X. Dostupné z: doi:10.1093/forestry/cpm028

BRICHTA, Jakub, Lukáš BÍLEK, Rostislav LINDA a Jan VÍTÁMVÁS, 2020. Does shelterwood regeneration on natural Scots pine sites under changing environmental conditions represent a viable alternative to traditional clear-cut management?. *Central European Forestry Journal* [online]. **66** [cit. 2021-03-26]. Dostupné z: doi:10.2478/forj-2020-0014

BROKAW, N.V.L., 1982. The definition of treefall gap and its effect on measuresof forest dynamics. *Biotropica*. **11**, 158-160.

CANHAM, Charles D., Julie S. DENSLOW, William J. PLATT, James R. RUNKLE, Tom A. SPIES a Peter S. WHITE, 1990. Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. *Canadian Journal of Forest Research* [online]. **20**(5), 620-631 [cit. 2021-03-06]. ISSN 0045-5067. Dostupné z: doi:10.1139/x90-084

Clonná seč, 2021. *Mezi stromy: Vzdělávací portál* [online]. Praha [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: https://www.mezistromy.cz/slovnik/clonna-sec

COLLET, Catherine, Olivier LANTER a Marta PARDOS, 2001. Effects of canopy opening on height and diameter growth in naturally regenerated beech seedlings. *Annals of Forest Science* [online]. **58**(2), 127-134 [cit. 2021-03-02]. ISSN 1286-4560. Dostupné z: doi:10.1051/forest:2001112

COLLET, Catherine, Olivier LANTER a Marta PARDOS, 2002. Effects of canopy opening on the morphology and anatomy of naturally regenerated beech seedlings. *Trees* [online]. **16**(4), 291-298 [cit. 2021-03-02]. ISSN 09311890. Dostupné z: doi:10.1007/s00468-001-0159-x

COMMARMOT, Brigitte, Hansheinrich BACHOFEN, Yosyp BUNDZIAK, Anton BÜRGI a Bernhard RAMP, 2005. Structure of virgin and managed beech forests in

Uholka (Ukraine) and Sihlwald (Switzerland). *Forest Snow and Landscape research* [online]. **79** [cit. 2021-02-16].

DENGLER, A, 1994. *Waldbau*. Berlin.

DIACI, Jurij, Tomaz ADAMIC a Andrej ROZMAN, 2012. Gap recruitment and partitioning in an old-growth beech forest of the Dinaric Mountains: Influences of light regime, herb competition and browsing. *Forest Ecology and Management* [online]. **285**, 20-28 [cit. 2021-03-06]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2012.08.010

DIVÍŠEK, Jan, Martin CULEK a Martin JIROUŠEK, 2010. Buk lesní (Fagus sylvatica L.). *Biogeografie: Multimediální výuková příručka* [online]. Brno [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index_Fag_syl.html

DRÖßLER, L. a B. VON LÜPKE, 2012. Canopy gaps in two virgin beech forest reserves in Slovakia. *Journal of Forest Science* [online]. **51**(10), 446-457 [cit. 2021-02-16]. ISSN 12124834. Dostupné z: doi:10.17221/4578-JFS

DUSAN, R., M. STJEPAN, A. IGOR a D. JURIJ, 2007. Gap regeneration patterns in relationship to light heterogeneity in two old-growth beech fir forest reserves in South East Europe. *Forestry* [online]. **80**(4), 431-443 [cit. 2021-03-06]. ISSN 0015-752X. Dostupné z: doi:10.1093/forestry/cpm037

EUFORGEN, 2009. Distribution map of Beech (Fagus sylvatica). *European Forest Genetic Resources Programme: genetic diversity is the basis of resilience* [online]. Barcelona [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: http://www.euforgen.org/fileadmin/templates/euforgen.org/upload/Documents/Maps/PDF/Fagus_sylvatica.pdf

FARKAČ, Jan, David KRÁL a Martin ŠKORPÍK, ed., 2005. *Červený seznam ohrožených druhů České republiky*. Vyd. 1. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. ISBN 80-86064-96-4.

FELDMANN, Eike, Lars DRÖßLER, Markus HAUCK, Stanislav KUCBEL, Viliam PICHLER a Christoph LEUSCHNER, 2018. Canopy gap dynamics and tree understory release in a virgin beech forest, Slovakian Carpathians. *Forest Ecology and Management* [online]. **415-416**, 38-46 [cit. 2021-03-06]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2018.02.022

FOTELLI, M., M. NAHM, K. RADOGLOU, H. RENNENBERG a G. HALYVOPOULOS, ed., A. MATZARAKIS, 2009. Seasonal and interannual ecophysiological responses of beech (Fagus sylvatica) at its south–eastern distribution limit in Europe. *Forest Ecology and Management*. (257), 1157–1164.

GREBENC, Tine, Morten CHRISTENSEN, Urša VILHAR, Matjaž ČATER, María P. MARTÍN, Primož SIMONČIČ a Hojka KRAIGHER, 2009. Response of ectomycorrhizal community structure to gap opening in natural and managed temperate beech-dominated forests. *Canadian Journal of Forest Research* [online]. **39**(7), 1375-1386 [cit. 2021-04-16]. ISSN 0045-5067. Dostupné z: doi:10.1139/X09-072

HILTON, G.M., 2003. Variation in the masting of common beech (Fagus sylvatica L.) in northern Europe over two centuries (1800-2001). *Forestry* [online]. **76**(3), 319-328 [cit. 2021-02-24]. ISSN 0015-752X. Dostupné z: doi:10.1093/forestry/76.3.319

INMETEO, S.R.O., 2021. Ondřejov. *IN–POČASÍ* [online]. Plzeň [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: https://www.in-pocasi.cz/archiv/ondrejov/

JAWORSKI, Andrzej a Zbigniew KOLODZIEJ, 2002. Natural loss of trees, recruiment and increment in stands of primeval character in selected areas of the Bieszczady Mountains national Park (South-Eastern Poland). *Journal of forest science*. Ústav zemědělských a potravinářských informací: Praha, **48**(4), 141-149. ISSN 1212-4834.

KORPEĽ, S., 1978. Začiatočné fázy prirodzenej obnovy bukovŷ porastov. In: *Pestovanie a produkcia buka: Vedecké práce Vyskumneho ustavu lesneho hospodarstva ve Zvolene*. 21. s. 107–142.

KORPEĽ, Š, J PEŇÁZ, M SANIGA a V TESAŘ, 1991. *Pestovanie lesa*. Bratislava: Príroda, 465 s.

KORPEĽ, Štefan, 1995. *Die Urwälder der Westkarpaten*. Stuttgart, Jena, New York.

KUKAL, Zdeněk, 2021. Voděradské bučiny. *Geologické lokality* [online]. Praha [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: http://lokality.geology.cz/2492

KULAKOWSKI, Dominik, Miroslav SVOBODA a Peter BEBI, 2017. The central role of disturbances in mountain forests of Europe. *Forest Ecology and Management*

[online]. **388**, 1-2 [cit. 2021-04-16]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2016.07.034

LIN, Na, Norbert BARTSCH a Torsten VOR, 2014. Long-term effects of gap creation and liming on understory vegetation with a focus on tree regeneration in a European beech (Fagus sylvatica L.) forest. *Annals of Forest Research* [online]. **57**(2), 1-14 [cit. 2021-03-06]. ISSN 20652445. Dostupné z: doi:10.15287/afr.2014.274

MADSEN, Palle, 1995. Effects of soil water content, fertilization, light, weed competition and seedbed type on natural regeneration of beech (Fagus sylvatica). *Forest Ecology and Management* [online]. **72**(2-3), 251-264 [cit. 2021-02-24]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/0378-1127(95)97453-Y

MEIER, I. C. a C. LEUSCHNER, 2008. Genotypic variation and phenotypic plasticity in the drought response of fine roots of European beech. *Tree Physiology* [online]. **28**(2), 297-309 [cit. 2021-02-09]. ISSN 0829-318X. Dostupné z: doi:10.1093/treephys/28.2.297

MELICHAR, R. a I. ROZKOŠNÝ, 1984. Zajímavé zvětrávací tvary říčanské ruly. *Památky a příroda*. Praha, **9**, 359-365.

MÍCHAL, Igor, 1992. *Obnova ekologické stability lesů*. Vyd. 1. Praha: Academia. ISBN 80-85368-23-4.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, 2020. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2019*. Praha. ISBN 978-80-7434-571-5.

MODRÝ, Martin, Dan HUBENÝ a Klement REJŠEK, 2004. Differential response of naturally regenerated European shade tolerant tree species to soil type and light availability. *Forest Ecology and Management* [online]. **188**(1-3), 185-195 [cit. 2021-02-24]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2003.07.029

MUND, M., W. L. KUTSCH, C. WIRTH, T. KAHL, A. KNOHL, M. V. SKOMARKOVA a E.- D. SCHULZE, 2010. The influence of climate and fructification on the inter-annual variability of stem growth and net primary productivity in an old-growth, mixed beech forest. *Tree Physiology* [online]. **30**(6), 689-704 [cit. 2021-02-09]. ISSN 0829-318X. Dostupné z: doi:10.1093/treephys/tpq027

MUSCOLO, Adele, Silvio BAGNATO, Maria SIDARI a Roberto MERCURIO, 2014. A review of the roles of forest canopy gaps. *Journal of Forestry Research* [online]. **25**(4), 725-736 [cit. 2021-03-06]. ISSN 1007-662X. Dostupné z: doi:10.1007/s11676-014-0521-7

Národní přírodní rezervace Voděradské bučiny, 2020. *Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky* [online]. [cit. 2020-11-19]. Dostupné z: https://www.ochranaprirody.cz/lokality/?idmzchu=512

NPR Voděradské bučiny, 2020. *Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky: Regionální pracoviště Střední Čechy* [online]. [cit. 2020-11-19]. Dostupné z: https://strednicechy.ochranaprirody.cz/pece-o-prirodu-a-krajinu/maloplosna-zvlaste-chranena-uzemi/npr-voderadske-buciny/

O ŠLP, 2019. *Školní lesní podnik v Kostelci nad Černými lesy* [online]. Praha [cit. 2020-11-18]. Dostupné z: https://slp.czu.cz/cs/r-11200-o-slp

ORMAN, Olga, Piotr WRZESIńSKI, Dorota DOBROWOLSKA a Janusz SZEWCZYK, 2021. Regeneration growth and crown architecture of European beech and silver fir depend on gap characteristics and light gradient in the mixed montane old-growth stands. *Forest Ecology and Management* [online]. **482** [cit. 2021-03-06]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2020.118866

OTTO, H.J., 1994. *Waldökologie: (Forest Ecology)*. Stuttgart: Ulmer, 391 s.

OVERGAARD, R., P. GEMMEL a M. KARLSSON, 2007. Effects of weather conditions on mast year frequency in beech (Fagus sylvatica L.) in Sweden. *Forestry* [online]. **80**(5), 555-565 [cit. 2021-02-24]. ISSN 0015-752X. Dostupné z: doi:10.1093/forestry/cpm020

PEŘINA, V, Z KALDUS a V JIRKOVSKÝ, 1964. *Přirozená obnova lesních porostů.* Praha.

PETERS, Rob, 1997. *Beech forests*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 169 s. ISBN 978-94-015-8794-5.

PETRÁŠ, R a J. PAJTÍK, 1991. Sústava česko–slovenských objemových tabuliek drevín. *Lesnický časopis*. **1**, 49-56.

POKORNÝ, J., 1958. Počátky lesní kultury na Černokostelecku a původ používaného osiva v období 1790–1920 (Beginningof forest plantation in the area of Kostelec n. Č. l. during the period 1790–1920). In: *Sborník fakulty lesnické ČVUT*. 1. s. 21–44.

POKORNÝ, J., 1962. Vývoj a druhová skladba černokosteleckých lesů do konce 18. století. In: *Sborník fakulty lesnické VŠZ 5*. Část I. s. 177–225.

POLENO, Zdeněk, Stanislav VACEK a Vilém PODRÁZSKÝ, 2007. *Pěstování lesů*. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-7084-656-8.

POLENO, Zdeněk, Stanislav VACEK a Vilém PODRÁZSKÝ, 2009. *Pěstování lesů*. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-87154-34-2.

REMEŠ, Jiří, 2015. *Ohlédnutí za hospodařením podle principů Pro Silva na Černokostelecku: "lesnický odkaz prof. Polena"*. Praha. Exkurzní průvodce. Katedra pěstování lesů FLD ČZU v Praze.

REMEŠ, Jiří a Vilém PODRÁZSKÝ, 2006. *Vzorové lesnické hospodaření ŠLP Kostelec nad Černými lesy*. Praha, 74 s. Exkurzní průvodce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a enviromentální.

ROZAS, Vicente, 2006. Structural heterogeneity and tree spatial patterns in an old-growth deciduous lowland forest in Cantabria, northern Spain. *Plant Ecology* [online]. **185**(1), 57-72 [cit. 2021-03-24]. ISSN 1385-0237. Dostupné z: doi:10.1007/s11258-005-9084-1

RUGANI, Tihomir, Jurij DIACI, David HLADNIK a Ben BOND-LAMBERTY, 2013. Gap Dynamics and Structure of Two Old-Growth Beech Forest Remnants in Slovenia. *PLoS ONE* [online]. **8**(1) [cit. 2021-02-16]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0052641

RUNKLE, J.R., 1982. Patterns of disturbance in some old–growth mesic forests of Eastern North America. *Ecology*. **63**, 1533-1546.

SANIGA, Milan, 1994. Vplyv clony materského porastu na počiatočné fázy prirodzenej obnovy buka. *Acta Facultatis Forestalis 36: Zborník vedeckých prác Lesníckej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene*. 117-125. ISBN 80-228-0381-2.

SANIGA, Milan a Michal KRAĽOVIČ, 2009. Počiatočné fázy prirodzenej obnovy buka v skupine lesných typov Fagetum pauper v Malých Karpatoch. *Acta Facultatis*

Forestalis Zvolen Slovakia. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, **51**(1), 29-42. ISSN 0231-5785.

SEIDL, Rupert, Mart-Jan SCHELHAAS, Werner RAMMER a Pieter Johannes VERKERK, 2014. Erratum: Corrigendum. *Nature Climate Change* [online]. **4**(10), 930-930 [cit. 2021-04-16]. ISSN 1758-678X. Dostupné z: doi:10.1038/nclimate2393

SCHELHAAS, Mart-Jan, Gert-Jan NABUURS a Andreas SCHUCK, 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology* [online]. **9**(11), 1620-1633 [cit. 2021-04-16]. ISSN 13541013. Dostupné z: doi:10.1046/j.1365-2486.2003.00684.x

SCHLIEMANN, Sarah A. a James G. BOCKHEIM, 2011. Methods for studying treefall gaps: A review. *Forest Ecology and Management* [online]. **261**(7), 1143-1151 [cit. 2021-03-06]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2011.01.011

SLODIČÁK, Marian a Jiří NOVÁK, 2007. *Výchova lesních porostů hlavních hospodářských dřevin*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-86461-89-2.

STANDOVÁR, Tibor, 2003. A REVIEW ON NATURAL STAND DYNAMICS IN BEECHWOODS OF EAST CENTRAL EUROPE. *Applied Ecology and Environmental Research* [online]. **1**(1-2), 19-46 [cit. 2021-02-15]. ISSN 15891623. Dostupné z: doi:10.15666/aeer/01019046

STIERS, Melissa, Katharina WILLIM, Dominik SEIDEL, Christian AMMER, Myroslav KABAL, Jonas STILLHARD a Peter ANNIGHÖFER, 2019. Analyzing Spatial Distribution Patterns of European Beech (Fagus sylvatica L.) Regeneration in Dependence of Canopy Openings. *Forests* [online]. **10**(8) [cit. 2021-03-06]. ISSN 1999-4907. Dostupné z: doi:10.3390/f10080637

SVOBODA, Pravdomil, 1955. *Lesní dřeviny a jejich porosty*. Část II. Praha: SZN, 573 s.

SZWAGRZYK, Jerzy, Janusz SZEWCZYK a Jan BODZIARCZYK, 2001. Dynamics of seedling banks in beech forest: results of a 10-year study on germination, growth and survival. *Forest Ecology and Management* [online]. **141**(3), 237-250 [cit. 2021-03-04]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/S0378-1127(00)00332-7

ŠINDELÁŘ, J., 1993. *Přirozená obnova, základní opatření k záchraně a reprodukci genových zdrojů buku lesního.: TEI pro lesnickou praxi*. VÚLHM Jíloviště Strnady, 11 s. 1.

ŠRÁMEK, O., 1988. Problematika vývoje lesů v SPR Voděradské bučiny. *Nika*. Praha, **9**, 24-25.

ŠRÁMEK, Oldřich, 1982. *Rukopis vývoj lesů na území státní přírodní rezervace "Voděradské bučiny"*. Vysoká škola zemědělská Praha Školní lesní podnik Kostelec nad Černými lesy.

ŠRÁMEK, Oldřich, 1983. SPR Voděradské bučiny I. a II. ŠRÁMEK, Oldřich. *SPR Voděradské bučiny I. a II.: Památky a příroda*. 166-171, 241-248.

TÝML, Hynek, 2017. *Učební texty pěstování lesů Střední lesnické školy Žlutice: Pěstování lesů*. Žlutice. Učební text. Střední lesnická škola Žlutice.

ÚHÚL, 2021. Oblastní plán rozvoje lesů. *Katalog mapových informací* [online]. Brandýs nad Labem [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: http://geoportal.uhul.cz/mapy/MapyOprl.html

ÚHÚL a VÚLHM, 1990. *Taxační tabulky*.

ÚRADNÍČEK, Luboš, 2009. *Dřeviny České republiky*. 2., přeprac. vyd. [Kostelec nad Černými lesy]: Lesnická práce, 46–47 s. ISBN 978-80-87154-62-5.

VACEK, Stanislav, Jiří REMEŠ, Lukáš BÍLEK, Vilém PODRÁZSKÝ, Zdeněk VACEK, Igor ŠTEFANČÍK a Martin BALÁŠ, 2015b. *Pěstování přírodě blízkých lesů*. Vydání: první. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská. ISBN 978-80-213-2596-8.

VACEK, Stanislav, Jiří REMEŠ, Zdeněk VACEK, Lukáš BÍLEK, Igor ŠTEFANČÍK, Martin BALÁŠ a Vilém PODRÁZSKÝ, 2018. *Pěstování lesů*. Vydání: první. V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-2891-4.

VACEK, Zdeněk, Stanislav VACEK, Vilém PODRÁZSKÝ et al., 2015a. Effect of Tree Layer and Microsite on the Variability of Natural Regeneration in Autochthonous Beech Forests. *Polish Journal of Ecology* [online]. **63**(2), 233-246 [cit. 2021-02-24]. ISSN 1505-2249. Dostupné z: doi:10.3161/15052249PJE2015.63.2.007

VAN HEES, A.F.M a A.P.P.M CLERKX, 2003. Shading and root–shoot relations in saplings of silver birch, pedunculate oak and beech. *Forest Ecology and Management* [online]. **176**(1-3), 439-448 [cit. 2021-03-02]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/S0378-1127(02)00307-9

VAŠUT, R. J., 2021. Fagus sylvatica: buk lesní. *PLADIAS: Databáze české flóry a vegetace* [online]. [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: https://pladias.cz/taxon/overview/Fagus%20sylvatica

VESELÝ, Ľubomír, 1992. Natürliche Verjüngung der Buche unter natürlichen Vegetationsverhältnissen der frischen Buchenwälder. *Lesnícky časopis*. **38**(4), 307-322.

Voděradské bučiny, 2006. *Natura 2000: AOPK ČR* [online]. Praha [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: http://www.nature.cz/natura2000-design3/web_lokality.php?cast=1804&akce=karta&id=1000145000

WELANDER, N.T a B OTTOSSON, 1998. The influence of shading on growth and morphology in seedlings of Quercus robur L. and Fagus sylvatica L. *Forest Ecology and Management* [online]. **107**(1-3), 117-126 [cit. 2021-03-02]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/S0378-1127(97)00326-5

ZAHRADNÍK, D., S. VACEK, L. BÍLEK, I. NOSKOVÁ a Z. VACEK, 2010. Horizontal structure of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts. and its development. *Journal of Forest Science* [online]. **56**(11), 531-540 [cit. 2021-02-16]. ISSN 12124834. Dostupné z: doi:10.17221/126/2010-JFS

SEZNAM PŘÍLOH:

Příloha 1: TVP 02; Foto: Tereza Humlová. 104
Příloha 2: TVP 04; Foto: Tereza Humlová. 104
Příloha 3: TVP 03; Foto: Tereza Humlová. 105
Příloha 4: TVP 05 s ploškou pro měření obnovy; Foto: Tereza Humlová. 105
Příloha 5: Příklad rozmístění plošek pro měření obnovy (červená čísla) na TVP 01; Tereza Humlová. 106
Příloha 6: TVP 01; Foto: Tereza Humlová. 106
Příloha 7: Vyznačení plošky pro měření obnovy na TVP 02; Foto: Tereza Humlová. 107
Příloha 8: Detail označení plošky pro měření obnovy, TVP 02; Foto: Tereza Humlová. 107
Příloha 9: Technologie Field–Map používaná pro zaměření mrtvého dřeva; Foto: Tereza Humlová 108
Příloha 10: Detail označení stromu a měřiště spolu s ploškou pro měření obnovy na TVP 02, Foto: Tereza Humlová. 109

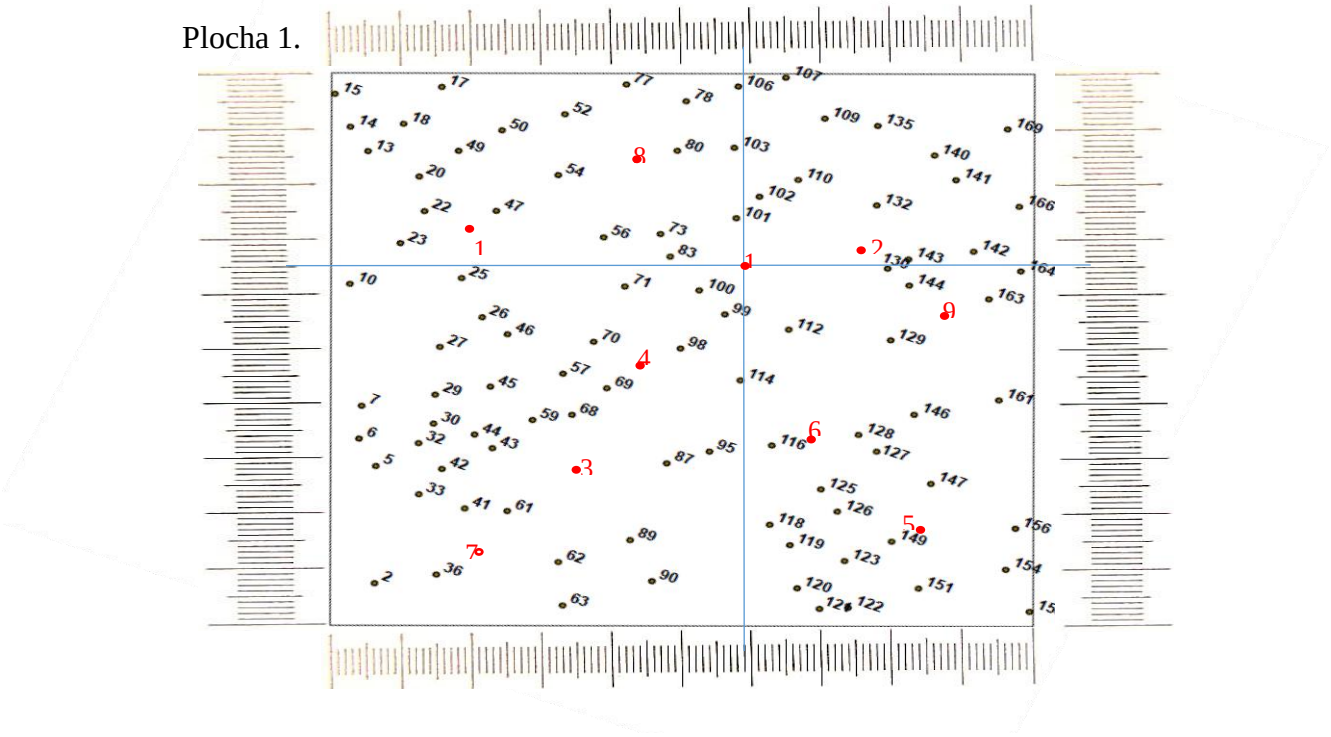
9 PŘÍLOHY

Příloha 1: TVP 02; Foto: Tereza Humlová.

Příloha 2: TVP 04; Foto: Tereza Humlová.

Příloha 3: TVP 03; Foto: Tereza Humlová.

Příloha 4: TVP 05 s ploškou pro měření obnovy; Foto: Tereza Humlová.



Příloha 5: Příklad rozmístění plošek pro měření obnovy (červená čísla) na TVP 01; Tereza Humlová.

Příloha 6: TVP 01; Foto: Tereza Humlová.

Příloha 7: Vyznačení plošky pro měření obnovy na TVP 02; Foto: Tereza Humlová.

Příloha 8: Detail označení plošky pro měření obnovy, TVP 02; Foto: Tereza Humlová.

Příloha 9: Technologie Field–Map používaná pro zaměření mrtvého dřeva; Foto: Tereza Humlová

Příloha 10: Detail označení stromu a měřiště spolu s ploškou pro měření obnovy na TVP 02, Foto: Tereza Humlová.