

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
katedra pěstování lesů



**Analýza clonné obnovy v podmínkách přirozených
borových stanovišť, vliv mateřského porostu a
technologie přípravy půdy**

Diplomová práce

autor: Bc. Daniel Menšík
Vedoucí práce: doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Daniel Menšík

Lesní inženýrství
Lesní inženýrství

Název práce

Analýza clonné obnovy v podmínkách přirozených borových stanovišť, vliv mateřského porostu a technologie přípravy půdy

Název anglicky

Analysis of Shelterwood Regeneration on Natural Sites of Scots Pine, the Effect of Parent Stand and Soil Preparation Technique

Cíle práce

Cílem práce je vyhodnotit úspěšnost obnovy borovice lesní po první těžební fázi clonné seče. Bude se jednat o porovnání počtů jedinců obnovy a jejich charakteristik při různých variantách prosvětlení mateřského porostu včetně porovnání výsledků s kontrolním holosečným zásahem (ten představuje běžný provozní postup v dané oblasti) a čtyřech variantách přípravy půdy včetně kontrolní varianty bez přípravy půdy.

Metodika

1. Studium odborné literatury, získání detailního přehledu prostřednictvím publikovaných informací k danému tématu (termín září 2020)
2. Lokalizace zkusných ploch v terénu a jejich stabilizace (termín říjen 2020)
2. Inventarizace jedinců obnovy v jednotlivých variantách přípravy půdy a stupně zakmenění (termín listopad 2020)
3. Porovnání stavu obnovy borovice lesní pro jednotlivé varianty s využitím vhodných statistických metod (termín leden 2020)
4. Vyhodnocení výsledků a formulování pěstebních doporučení pro realizaci clonné obnovy v podmínkách přirozených borových stanovišť (termín březen 2021)

Doporučený rozsah práce

50 stran textu bez příloh

Klíčová slova

Borovice lesní, zakmenění, přirozená obnova, konkurence, seč clonná, seč holá

Doporučené zdroje informací

- Aleksandrowicz-Trzcinska M., Drozdowski S., Brzeziecki B., Rutkowska P., Jablonska B. (2014): Effects of different methods of site preparation on natural regeneration of *Pinus sylvestris* in Eastern Poland. *Dendrobiology*, 71: 73-81.
- Bílek L., Zeidler A., Pulkrab K., Ulbrichová I., Vacek S., Borůvka V., Vítámvás J., Remeš R., Vacek Z., Sloup R. (2018): Pěstební a ekonomické aspekty clonné obnovy borovice lesní. Jíloviště-Strnady. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. 56 p. ISBN 978-80-7417-169-7.
- Brichta J., Bílek L., Linda R., Vítámvás J. (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*. 66(2):104–115.
- Erefur Ch., Bergsten U., de Chantal M. (2008): Establishment of direct seeded seedlings of Norway spruce and Scots pine: Effects of stand conditions, orientation and distance with respect to shelter tree, and fertilisation. *Forest Ecology and Management*, 255: 1186-1195.
- Hyppönen, M., Hallikainen, V., Niemelä, J., Rautio, P., (2013): The contradictory role of understory vegetation on the success of Scots pine regeneration. *Silva Fennica*, 47(1):19.
- Mikeska M., Vacek S., Prausová R., Simon J., Minx T., Podrázský V. et al. (2008): Typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce. 447 s. ISBN 978-80-87154-20-5.
- Vítámvás J., Bílek L., Ulbrichová I., Bažant V., Dreslerová J., Vacek Z. (2019): Vzcházení, přežívání a kořenový systém semenáčků borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) při různých intenzitách slunečního záření a závlahy. *Zprávy lesnického výzkumu*, 64(2):102-110.
-

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 26. 03. 2022

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Analýza clonné obnovy v podmínkách přirozených borových stanovišť, vliv mateřského porostu a technologie přípravy půdy vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Lukáše Bílka Ph.D.a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom/a že zveřejněním bakalářské / 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 9.4.2022

Bc. Daniel Menšík

Poděkování

Děkuji panu doc. Ing. Lukáši Bílkovi, Ph.D za vstřícný přístup a cenné rady při vedení mé diplomové práce. Dále děkuji Ing. Jakubu Brichtovi za organizaci pracovního týmu při terénním sběru dat a dobré rady k psaní. V neposlední řadě děkuji kolegům z katedry pěstování lesa za pomoc při sběru dat v terénu.

Abstrakt

Tato práce je analýzou clonné obnovy borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) v podmínkách přirozených borových stanovišť a vlivu hustoty mateřského porostu a přípravy půdy na přirozenou obnovu 5 let po prvním mýtním zásahu. Tato práce je reakcí na klimatickou změnu, která si žádá výzkum přírodních procesů a pěstebních opatření, které v praxi povedou ke zdravým a odolnějším hospodářským porostům.

Sběr dat proběhl ve výzkumném porostu, který se nachází v LHC Břehyně u města Doksy. Porost byl těžbou rozdělen na čtyři varianty hustoty mateřského porostu (holoseč, zakmenění 0.4, 0.6 a 0.8), ve kterých byly provedeny čtyři varianty přípravy půdy (řádkovač, půdní fréza, shrnovač klestu, kontrola bez přípravy půdy). Počty jedinců obnovy a jejich růstové charakteristiky byly měřeny v transektech reprezentujících všechny kombinace těchto pěstebních opatření.

Všechny plochy s přípravou půdy vykazovaly vyšší úspěšnost přirozené obnovy než plochy bez přípravy půdy. Mezi technikami přípravy půdy byly zaznamenány dílčí odlišnosti v úspěšnosti obnovy, nicméně se nejednalo o zásadní rozdíly a všechny varianty lze považovat za podobně účinné. Nejvyšší celkové počty jedinců byly zjištěny na půdě připravené shrnovačem klestu (shrnovač 41 885 ks.ha⁻¹, fréza 33 824 ks.ha⁻¹, řádkovač 31 347 ks.ha⁻¹, kontrola 13 213 ks.ha⁻¹).

Velké rozdíly v počtech jedinců i jejich dimenzích byly zjištěny napříč variantami hustoty zakmenění mateřského porostu (0.4 - 43 711 ks.ha⁻¹, 0.0 – 27 126 ks.ha⁻¹, 0.6 – 24 418 ks.ha⁻¹, 0.8 - 20 445 ks.ha⁻¹), avšak z hlediska hustoty obnovy, odrostlé alespoň 10 cm, výšky vykazuje holoseč a zakmenění 0.4 stejně vysoké hodnoty, významně vyšší než zbylé dvě varianty. Zmlazení na variantách vyššího stupně zakmenění (0.6 a 0.8) významně zaostávalo jak počtem jedinců, tak rozměry, zřejmě z důvodu konkurence mateřského porostu a nedostatku slunečního záření.

Na základě výsledků této práce lze konstatovat, že přirozenou obnovu borovice lze v podmínkách přirozených borových stanovišť významně podpořit různými technikami přípravy půdy, a to jak v podrostu, tak na holoseči. Podrostitní hospodářský způsob lze považovat za slibný způsob pěstování borových porostů, který má potenciál do budoucna vytvářet lesy odolnější negativním vlivům klimatické změny.

Klíčová slova: Borovice lesní, clonná obnova, přirozená obnova, příprava půdy

Abstract

This work is an analysis of the shelterwood regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the conditions of natural pine sites and the influence of the stand density and soil preparation on natural regeneration 5 years after the first partial logging. This work is a response to climate change, which requires research of natural processes and cultivation measures that will in practice lead to healthy and more resilient forests.

Data collection took place in the research stand, which is located in LHC Břehyně near the town of Doksy. The vegetation was divided by partial logging into four variants of the stand density (clear-cutting, basal area reduction 0.4, 0.6, 0.8), in which four variants of soil preparation were carried out (Milling cutter, Forestry mulcher, Brush rake, Control variant without soil preparation). Seedling numbers and growth characteristics were measured in transects representing all combinations of cultivation measures.

All sites with soil preparation showed a higher success rate of natural regeneration than areas without soil preparation. There were some differences among soil preparation techniques in regeneration success rates, but these were not fundamental differences and all variants could be considered to be similarly effective. The highest total numbers of individuals were found on the soil prepared by the Brush rake (B. rake 41 885 ind.ha⁻¹, F. mulcher 33 824 ind.ha⁻¹, M. cutter 31 347 ind.ha⁻¹, Control 13 213 ind.ha⁻¹).

Large differences in the number of individuals and their dimensions were found across variants of the stand density (0.4 - 43 711 ind.ha⁻¹, 0.0 - 27 126 ind.ha⁻¹, 0.6 - 24 418 ind.ha⁻¹, 0.8 - 20 445 ind.ha⁻¹), but in terms of seedling, higher than 10 cm in height, seedling numbers were the same for clear-cutting and 0.4 and significantly higher than the other two variants. Stand density 0.6 and 0.8 sites showed significantly lower seedling numbers and smaller dimensions of individuals, due to competition of the parent stand and lack of sunlight.

Based on the results of this work, it can be stated that the natural regeneration of Scots pine can be significantly supported in the conditions of natural pine habitats by various soil preparation techniques, both in shelterwood and clear-cutting. Shelterwood regeneration can be considered a promising way of growing pine forests, which has the potential to make forests more resilient to the negative effects of climate change in the future.

Key words: Scots pine, shelterwood regeneration, natural regeneration, soil preparation

Obsah

1. Úvod	10
2. Cíle práce	11
3. Literární rešerše	12
3.1. základní charakteristika druhu	12
3.1.1. Morfologické znaky	12
3.1.2. Ekologické nároky a preference	13
3.1.3. Přirozený areál a rozšíření	14
3.1.4. Hospodářský význam	16
3.2. Problematika ochrany lesa a zdravotní stav borových porostů	18
3.2.1. Abiotičtí škodliví činitelé	18
3.2.2. Biotičtí škodliví činitelé	20
3.3. Pěstování borovice	26
3.3.1. Zakládání porostu	27
3.3.2. Příprava půdy	27
3.3.3. Umělá obnova	29
3.3.4. Přirozená obnova	31
3.4. Hospodářské způsoby a obnovní postupy	33
3.4.1. Způsob holosečný	33
3.4.2. Způsob podrostní	35
3.4.3. Způsob násečný	38
3.4.4. Způsob výběrný	39
3.5. Možnosti zvyšování adaptability borových porostů	41
3.5.1. Smíšené borové porosty	41
3.5.2. Struktura porostu	43
3.6. Charakteristika zájmového území	44
3.7. PLO 18 - Severočeská pískovcová plošina a Český ráj	44
3.7.1. Geologie a pedologie	45
3.7.2. Typologie	47
4. Metodika	48
4.1. Výběr a založení lokality	48
4.2. Sběr dat	51
4.3. Zpracování dat	52
5. Výsledky	53
5.1. Výsledné počty jedinců obnovy dle variant pěstebních opatření	53
5.1.1. Průměrné počty jedinců dle zakmenění	53

5.1.2.	Průměrné počty jedinců dle přípravy půdy.....	54
5.1.3.	Průměrné počty semenáčků do 10 cm dle zakmenění.....	56
5.1.4.	Průměrné počty semenáčků do 10 cm dle přípravy půdy.....	57
5.1.5.	Průměrné počty jedinců nad 10 cm dle zakmenění.....	59
5.1.6.	Průměrné počty jedinců nad 10 cm dle přípravy půdy.....	61
5.1.7.	Průměrné počty jedinců dle kombinací.....	63
5.1.8.	Průměrné počty jedinců nad 10 cm dle kombinací.....	65
5.2.	Výšky jedinců obnovy dle variant pěstebních opatření.....	67
5.2.1.	Průměrná výška jedinců dle zakmenění.....	67
5.2.2.	Průměrná výška jedinců dle přípravy půdy.....	69
5.2.3.	Průměrná výška jedinců dle kombinací.....	70
5.3.	Dynamika vývoje výšky přirozené obnovy.....	71
5.3.1.	Dynamika vývoje výšky přirozené obnovy dle variant přípravy půdy.....	72
5.4.	Dimenze dalších růstových veličin dle variant pěstebních opatření.....	74
5.4.1.	šířka koruny dle zakmenění a přípravy půdy.....	74
5.4.2.	Tloušťka kořenového krčku dle zakmenění a přípravy půdy.....	76
5.4.3.	Štíhlostní koeficient.....	78
5.4.4.	Poměr výšky jedince a šířky koruny.....	81
5.5.	Výsledky poškození okusem zvěře.....	84
6.	Diskuze.....	85
6.1.	Hustota přirozené obnovy.....	85
6.2.	Růstové charakteristiky jedinců obnovy.....	88
6.3.	Poškození okusem zvěře.....	89
7.	Závěr a doporučení pro lesnickou praxi.....	90
8.	Seznam literatury.....	91
9.	Seznam příloh.....	103
10.	Přílohy.....	104

Seznam tabulek

Tab. 1 Druhové zastoupení borovice lesní v ha a % celkové plochy porostní půdy (zdroj: MZe 2020)	16
Tab. 2. Přehled podílu přirozené obnovy na obnově lesních porostů mezi roky 1980 až 2020. (zdroj dat: MZe 2003, MZe 2020).....	32
Tab. 3. Současná druhová skladba v PLO 18 (ÚHUL 2001).....	45
Tab. 4. Zastoupení cílových hospodářských souborů v PLO 18 (ÚHUL 2001).....	45
Tab. 5. Počet jedinců na hektar bez rozdílu výšky dle zakmenění.....	53
Tab. 6. Vícenásobné porovnání hustoty o přirozené obnovy dle variant zakmenění porostu Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$).....	54
Tab. 7. Hustota jedinců přirozené obnovy na hektar dle variant přípravy půdy.	54
Tab. 8. Vícenásobné porovnání hustoty o přirozené obnovy dle variant zakmenění porostu Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$).....	55
Tab. 9. Hustota jedinců přirozené obnovy do 10 cm výšky dle variant zakmenění.	56
Tab. 10. Vícenásobné porovnání hustoty o přirozené obnovy dle variant zakmenění porostu Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$).....	57
Tab. 11. Hustota jedinců přirozené obnovy do 10 cm výšky dle variant přípravy půdy.	57
Tab. 12. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) hustoty přirozené do 10 cm výšky obnovy dle variant přípravy půdy.	58
Tab. 13. Hustota jedinců přirozené obnovy nad 10 cm výšky dle variant zakmenění.	59
Tab. 14. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) hustoty přirozené obnovy nad 10 cm výšky dle variant zakmenění.	60
Tab. 15. Hustota jedinců přirozené obnovy nad 10 cm výšky dle variant přípravy půdy.	61
Tab. 16. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) hustoty přirozené obnovy nad 10 cm dle variant přípravy půdy.....	62
Tab. 17. Hustota jedinců přirozené obnovy dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.....	63
Tab. 18. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) hustoty přirozené obnovy dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.	64
Tab. 19. Hustota jedinců přirozené obnovy nad 10 cm dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.....	65
Tab. 20. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) hustoty přirozené obnovy nad 10 cm dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.....	66
Tab. 21. Průměrná výška jedinců odrostlých 10 cm dle zakmenění.....	67
Tab. 22 Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) výšky přirozené obnovy nad 10 cm dle zakmenění.	68
Tab. 23. Průměrná výška jedinců odrostlých 10 cm přípravy půdy.....	69
Tab. 24 Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) výšky přirozené obnovy nad 10 cm dle přípravy půdy.....	69
Tab. 25 Průměrná výška jedinců dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.	70
Tab. 26. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) výšky přirozené obnovy odrostlých 10 cm dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.....	71
Tab. 28. Průměrná výška obnovy v letech 2016-2020.....	72
Tab. 27 Průměrný výškový přírůst obnovy v letech 2016-2020	72
Tab. 29 průměrné výšky přirozené obnovy dle variant přípravy půdy v letech 2016-2020.	73
Tab. 30. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) šířky koruny dle přípravy půdy.	74

Tab. 31. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) šířky koruny dle zakmenění.....	74
Tab. 32. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) šířky koruny dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.....	75
Tab. 33. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) tloušťky kořenového krčku dle přípravy půdy.....	76
Tab. 34. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) tloušťky kořenového krčku dle zakmenění.....	76
Tab. 35. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) průměrné tloušťky kořenového dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.....	77
Tab. 36. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) štíhlostního koeficientu dle zakmenění.....	78
Tab. 37. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) štíhlostního koeficientu přípravy půdy.....	79
Tab. 38. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) štíhlostního koeficientu dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.....	80
Tab. 39. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) poměru výšky jedinců a šířky koruny dle zakmenění.....	81
Tab. 40. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) poměru výšky jedinců a šířky koruny dle přípravy půdy.....	82
Tab. 41. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) výšky jedince a šířky koruny dle pěstebních opatření.....	83
Tab. 42. Poškození jedinců obnovy okusem zvěře dle variant pěstebních opatření.....	84

Seznam obrázků a grafů

Obr. 1. Areál přirozeného výskytu borovice lesní (<i>pinus silvestris</i>) (Critchfield, Little 1996) ... 15	
Obr. 2. Evidovaný objem smrkového kůrovcového dříví vytěženého v letech 2006-2020 (tis.m3) (zdroj. MZe 2020)..... 22	
Obr. 3. Evidovaný objem borového kůrovcového dříví vytěženého v letech 2002-2020 (tis. m3) (zdroj: VÚLHM)..... 23	
Obr. 4. Příklady holosečné formy obnovy: A - velkoplošná holá seč s výstavky, B - pruhová holá seč, C - skupinová holá seč (zdroj: Peřina a kol. 1964)..... 35	
Obr. 5. Příklady clonných forem obnovy: A - velkoplošná clonná seč, B - skupinová clonná seč, C - pruhová clonná seč (Peřina a kol. 1964). 36	
Obr. 6. ilustrace fází clonné dle Hartiga a Hayera (zdroj: učební text LDF Mendelu)..... 37	
Obr. 7. Ilustrace násečného způsobu obnovy s postupnou okrajovou sečí (zdroj: učební text LDF Mendelu)..... 39	
Obr. 8. Mapa ČR a přírodních lesních oblastí. PLO č. 18 - Severočeská pískovcová plošina a Český ráj (ÚHUL 2001). 44	
Obr. 9. Zkoumaný plocha na půdní mapě v měřítku 1:15 120, fialová: podzol arenický, hnědá: kambizem arenická, zelená: glej rašelínová (zdroj: mapy.geology.cz)..... 46	
Obr. 10. Půdní profil ve zkoumaném porostu, podzol arenický. (foto: Lukáš Butor 2019). 46	
Obr. 11. Typologická mapa a umístění zkoumané plochy (zdroj: http://geoportal.uhul.cz)..... 47	
Obr. 12. Lokalizace zkoumané plochy v blízkosti města Doksy (Mapy.cz). 48	
Obr. 13. Satelitní snímek porostu před zásahem v září 2014 (vlevo) a po těžebním zásahu a přípravě půdy, červen 2016 (vpravo) (zdroj: Mapy.cz). 49	
Obr. 14. Satelitní snímek s ilustrací rozdělení variant zakmenění a přípravy půdy. Ř – řádkovač, F – fréza, S – shrnovač, K – kontrola, modré pruhy – ilustrace vedení transektů, kde probíhal sběr dat (zdroj satelitního snímku: Mapy.cz). 50	
Obr. 15. Varianty přípravy půdy: A - shrnovač klestu SH 01, B - řádkovač KSH 700, C - půdní fréza Meri Crusher 1,8 ST, D - kontrolní varianta bez přípravy půdy (foto: I. Ulbrichová). 51	
Obr. 16. Transekty na holoseči vyznačené pomocí provázků a zemních kolíků. (foto: Daniel Menšík 2020)..... 52	
Obr. 17. Graf počtu jedinců na hektar bez rozdílu výšky dle zakmenění. 53	
Obr. 18. Graf hustoty přirozené obnovy dle přípravy půdy. 55	
Obr. 19. Graf hustoty přirozené obnovy do 10 cm dle zakmenění. 56	
Obr. 20. Graf hustoty přirozené obnovy do 10 cm výšky dle varianty přípravy půdy..... 58	
Obr. 21. Graf hustoty přirozené obnovy nad 10 cm varianty dle zakmenění. 59	
Obr. 22. Graf hustoty přirozené obnovy nad 10 cm dle variant přípravy půdy. 61	
Obr. 23 Graf. hustoty jedinců přirozené obnovy dle kombinací přípravy půdy a zakmenění. 63	
Obr. 24. Graf. hustoty jedinců přirozené obnovy dle kombinací přípravy půdy a zakmenění. 65	
Obr. 25 Graf průměrné výšky jedinců odrostlých 10 cm dle zakmenění..... 67	
Obr. 26. Graf průměrné výšky jedinců odrostlých 10 cm dle přípravy půdy. 69	
Obr. 27. Graf průměrných výšek jedinců dle kombinací přípravy půdy a zakmenění..... 70	
Obr. 28. Graf. dynamiky vývoje výšky obnovy..... 70	
Obr. 29 Graf dynamiky výškového přírůstu obnovy..... 71	
Obr. 30. Grafy dynamiky vývoje výšky přirozené obnovy dle variant přípravy půdy v letech 2016-2020. 72	
Obr. 31 Grafy průměrné šířky koruny dle variant přípravy půdy (vlevo) a zakmenění (vpravo). 74	

<i>Obr. 32 Graf průměrné šířky koruny dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.....</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 33 Grafy průměrné tloušťky kořenového krčku dle variant přípravy půdy (vlevo) a zakmenění (vpravo).</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 34. Graf průměrné tloušťky kořenového dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 35 Graf štíhlostního koeficientu dle zakmenění.</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 36. Graf štíhlostního koeficientu dle zakmenění.</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 37. Graf štíhlostního koeficientu dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.</i>	<i>80</i>
<i>Obr. 38 Graf poměru výšky jedinců a šířky koruny dle zakmenění.....</i>	<i>81</i>
<i>Obr. 39. Graf poměru výšky jedinců a šířky koruny dle přípravy půdy.</i>	<i>82</i>
<i>Obr. 40 Graf poměru výšky jedinců ku šířce koruny dle kombinací pěstebních opatření.....</i>	<i>83</i>
<i>Obr. 41. Graf poškození jedinců obnovy okusem zvěře dle variant pěstebních opatření.....</i>	<i>84</i>

Použité zkratky

CHS – cílový hospodářský soubor
MZe – Ministerstvo zemědělství
ks.ha⁻¹ - jedinců na hektar porostu
ind.ha⁻¹ - individuals per hectare

1. Úvod

Naše lesní hospodářství prožívá bouřlivé roky a čelí mnoha zásadním problémům a výzvám naráz. Hlavním spouštěčem současných problémů je probíhající změna klimatu, která ukázala slabá místa našich kulturních lesů a lesnictví obecně. Klimatická změna v naší krajině sebou přináší oteplení klimatu, nerovnoměrnou distribuci srážek a častější extrémní klimatické jevy, na které není naše kulturní lesní krajina přizpůsobena (**Soukalová, Muzikář 2015**). Rekordně suchá a teplá dekáda sebou přinesla gradaci podkorního hmyzu obřích rozměrů, která způsobuje rekordní nahodilé těžby jehličnanů následované nedostatkem sadebního materiálu, pracovní síly a financí k zalesňování (**Lubojacký a kol. 2021**). Tyto události hýbou naším lesnictvím a některými zajetými pořádky, které dlouhé roky zdánlivě fungovaly. Vliv klimatických změn nás nutí se adaptovat, přehodnocovat a aktualizovat některé tradiční postupy zaměřené primárně na produkci a zabývat se šetrnějším hospodařením. Výzkum a aplikace principů přírodě blízkého hospodaření, které více respektuje a využívá přírodní procesy jsou pravděpodobná cesta ke stabilnějším, zdravějším lesům a trvale udržitelné produkci (**Vacek, Podrázský 2006, Galiano a kol. 2013, Erber 2019**).

Borovice lesní (*Pinus sylvestris*) je naše zásadní hospodářská dřevina a borové porosty, stejně jako ty smrkové, prochází krizí zdravotní stavu v důsledku sucha. Dlouhodobě nízké stavy podzemních vod, na kterých je borovice závislá, způsobují její plošné usychání a zvýšenou náchylnost k napadení sekundárními škůdci (**Soukalová, Ježík 2015, Pešková a kol. 2016**). Kůrovcová kalamita zasahuje oslabené borové porosty a ukazuje křehkost hospodářských monokulturních ekosystémů. Vzhledem k této situaci je nutné se ptát, zdali tradiční holosečné a monokulturní borové hospodářství je schopné vytvářet stabilní, zdravé lesy, odolávající změnám klimatu. U nás i ve světě se objevují názory, že přírodě blízký způsob hospodaření jako je podrostrní hospodaření s využitím přirozené obnovy, může být vhodnou adaptační strategií i v borovém hospodářství. Takto vzniklé hospodářské borové lesy mají do budoucna potenciál dobře a trvale plnit společností žádané produkční i mimoprodukční funkce (**Béland a kol. 2010, Vacek a kol. 2016, Bílek a kol. 2017, Długosiewicz a kol. 2019**).

2. Cíle práce

Cílem práce je vyhodnotit úspěšnost obnovy borovice lesní po první těžební fázi clonné seče na výzkumné ploše Mariana I. v lesích u města Doksy. Součástí práce je porovnání počtu jedinců obnovy a jejich charakteristik ve čtyřech různých variantách prosvětlení mateřského porostu, včetně holoseče, a ve čtyřech variantách přípravy půdy včetně kontrolní varianty bez přípravy půdy. A na základě výsledků zhodnotit dosavadní úspěšnost podrostního způsobu hospodaření a odvodit pěstební doporučení pro dané stanovištní podmínky.

3. Literární rešerše

3.1. základní charakteristika druhu

3.1.1. Morfologické znaky

Borovice lesní je strom středních rozměrů. Běžně dorůstá výšky okolo 25 metrů, méně často přes 30 metrů a výjimečně, na živnějších stanovištích, přesáhne 40 metrů. Výčetní tloušťka kmene d1,3 obvykle nepřesahuje 100 cm (**Chmelař 1990**). Borovice lesní je jednoduše rozpoznatelná díky svému dlouhému kmeni bez větví, který je většinou až ve vrchní čtvrtině zakončený nepravidelnou oválnou, nebo zploštělou korunou. Avšak často lze také pozorovat rozličné genotypy borovice, které jsou naopak velmi větvené, někdy zakrslé, pokroucené, anebo mají podélně spirálovitě zkroucené kmeny. Velmi typická je borka, která dokáže dobře odolávat např. požárům (**Leugnerová 2007, Maděra, Úradníček 2001**). Ve spodní části je borka velmi tlustá, vytváří velké šupiny hnědošedé barvy a naopak s výškou kmene se zeslabuje a dostává své charakteristické oranžové zbarvení (**Větvička 2003**).

Borovice lesní patří mezi dvoujehličné borovice, její jehlice vyrůstají v páru z brachyblastů a bělavých pochev. Jsou velmi dlouhé (až 8 cm) a zároveň jsou nápadně podélně zkroucené. Voskový film na povrchu jehlic a zanořené průduchy jsou adaptací borovice na extrémní počasí (**Pâques 2013**). Jehlice mají zelenou barvu, ale při odumírání reznou a žloutnou. Jehlice průměrně vydrží 2-3 roky vitální a poté opadají. Pupeny jsou velké, světle hnědé až oranžové, tvar mají protáhlý, vejčitý a špičatý. Rozmnožovacími orgány borovice jsou šištice. Jedná se o jednodomou dřevinu, každý strom tak disponuje jak samčími, tak samičími šišticemi. Samčí šištice bývají žluté a vyrůstají na bázi letorostů ve spodních patrech koruny. Samičí šištice jsou kulovitěho tvaru, mají fialovo červenou barvu a jsou situovány při obvodu koruny, především v její horní části. Borovice lesní nevytváří výmladky, stejně tak nedisponuje žádnými rezervními spícími, proto poničené pupeny neumí nahradit (**Chmelař 1990**).

Borovice vytváří typicky velmi hluboký kořenový systém tvořený velkými kulovitými kořeny s tlustou borkou odolnou vůči požárům (**Leugnerová 2007**). Borovice má tendence vytvářet jeden hlavní kořen jdoucí hluboko do půdy a dále několik dalších silných kořenů rostoucích do stran při povrchu půdy. Z bočních kořenů se dále spouští další menší směrem dolů do země. Obecně je ale kořenový systém borovice velmi

přízpůsobivý terénu. Kořenový systém je uzpůsobený k dosažení vody velmi hluboko v písčných půdách, ale na druhou stranu na podmáčených půdách bývá mělký a plochý. Na extrémních lokalitách, na skalnatých podložích často tvoří velmi dlouhé kořeny plazící se po skále a pronikající hluboko do jejích puklin a do půdy. Právě díky charakteru kořenového systému tak borovice netrpí na vývraty, ale tím spíše se láme v kmeni, či v koruně pod náporům sněhu a větru (**Musil, Hamerník 2007, Laitakarai 1927**).

3.1.2. Ekologické nároky a preference

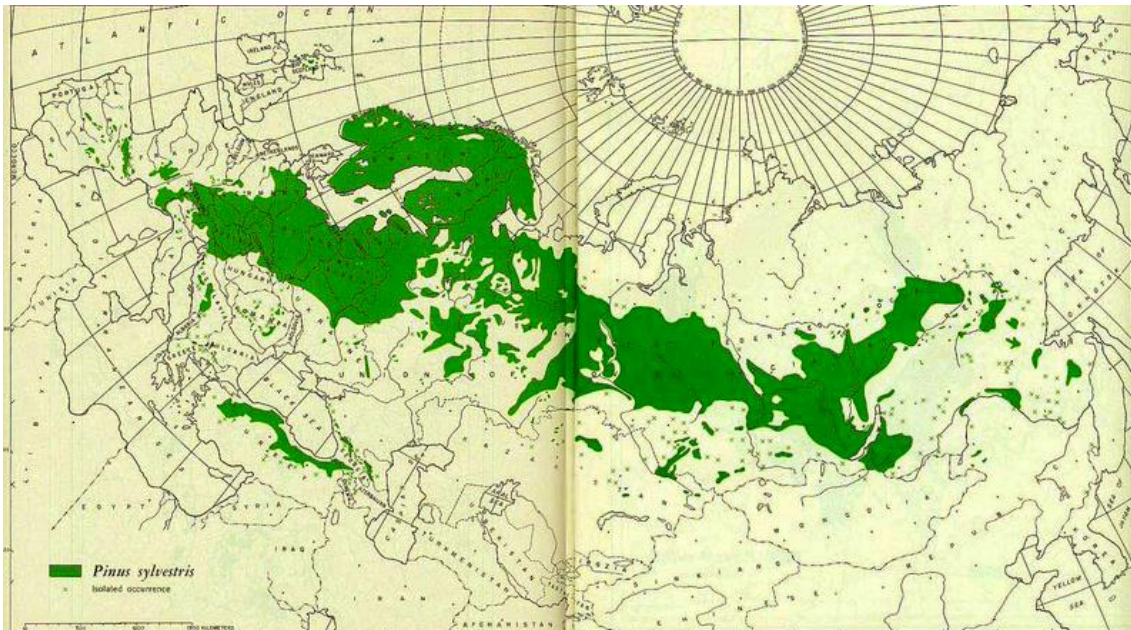
Borovice lesní je výrazně světlomilnou dřevinou, která špatně snáší zastínění. Má velkou ekologickou valenci, je tedy schopna se přizpůsobit široké škále stanovištních podmínek. Vyskytuje se v různých oblastech, od nížin po horské oblasti s velmi odlišnými teplotami vzduchu, různou délkou vegetační doby v rozptylu 90–200 dní z roku a průměrem ročních srážek od 200 do 1800 mm. Jedná se o pionýrskou dřevinu, která není příliš konkurenčně schopná na bohatých stanovištích, odkud je vytlačena kompetičně silnějšími dřevinami (**Maděra, Úradníček 2001**). Dnes přirozeně roste nejvíce na mělkých, chudých, suchých, písčitých a kamenitých stanovištích, kde má naopak velkou konkurenční výhodu ve své přizpůsobivosti. Vzhledem k pionýrské povaze semenáčky borovice úspěšně klíčí především na volných osvětlených plochách, nejlépe na obnažené minerální půdě s minimem další vegetace, nebo třeba na skalních terasách (**Musil 2007**). Ideální místa pro klíčení semen borovice jsou půdy narušené vývraty stromů, lesní těžbou, povrchovou těžbou nerostů a stavebními pracemi. Na mnoha lokalitách po světě je její výskyt spjatý s požáry, které borovice favorizují oproti smrku (*Picea abies L. Karst*) a dalším dřevinám (**Maděra, Úradníček 2001; Marosaz a kol. 2007; Musil, Hamerník 2007**). Současný přirozený výskyt borovice zřejmě neodpovídá jejímu ekologickému a fyziologickému optimu. Nebýt druhové konkurence v současných ekologických podmínkách, tak by se borovice rozšířila na větší ploše. (**Musil, Hamerník 2007**).

Dimenze nadzemní i podzemní části borovice se mohou velmi lišit dle vláhových a živinových poměrů na stanovišti (**Bílek a kol., 2018**). Borovice roste i na velmi suchých stanovištích díky své schopnosti vytvářet dlouhé kořeny jdoucí pro vodu hluboko do půdy a štěrbin skal, hlouběji než naše ostatní dřeviny (**Vítámvás a kol. 2019**). Borovice je však

na druhou stranu schopna také růst i na významně podmáčených půdách jako jsou rašeliniště a bažiny na Šumavě (**Spitzer a kol. 2008**).

3.1.3. Přirozený areál a rozšíření

Borovice lesní je nejrozšířenějším zástupcem rodu *Pinus* v ČR i ve světě. Její přirozený areál je obrovský, nejrozsáhlejší ze stromovitých dřevin. Borovice zaujímá větší část severní poloviny Eurasie, a to díky její značné schopnosti adaptace na široké spektrum klimatických podmínek (**Musil, Hamerník 2007**). Borovice se vyskytuje, od západní Evropy po východní Sibiř v subarktickém a mírném pásmu v nižších a středních polohách do 1 000 m.n.m. a v subtropickém vegetačním pásmu ve vyšších polohách mezi 1000 - 2 000 m.n.m. Těžištěm výskytu této dřeviny je Sibiř, kde tvoří největší porosty. S postupem na západ a jih Evropy porostní podíl borovice klesá. V severnějších zeměpisných šířkách a na chladných lokalitách roste v nížinách a naopak s teplejším jižním klimatem přechází do vyšších až horských poloh (**Musil, Hamerník 2007**). Nejdále na jihu roste ve španělském pohoří Sierra Nevada a dále v horských oblastech jako jsou Apeniny, Pyreneje, Balkán (**Farjon, A. 2005, Bogunic a kol. 2003**). Většina borových porostů se nalézá v oblastech kontinentálního klimatu, ale borovice se objevuje i na lokalitách oceánského klimatu jako jsou Britské ostrovy, či Norsko. Je to nejvíce zastoupený druh dřeviny v polovině evropských lesů (**Lundqvist a kol. 2019**). Na severu Evropy, ve Skandinávii, Rusku i Skotsku je borovice převládajícím druhem sahající až za polární kruh a dále na sever než smrk (**Leugnerová 2007**). V Severní Americe je borovice lesní introdukovanou dřevinou s extrémně úspěšnou až agresivní přirozenou obnovou. V jezerních státech na severovýchodě USA a jihovýchodě Kanady na písčitých půdách ohrožuje původní druhy (**Marinich a kol. 2017, Musil, Hamerník 2007**).



Obr. 1. Areál přirozeného výskytu borovice lesní (*pinus silvestris*) (Critchfield, Little 1996)

Na našem území nyní borovice lesní zaujímá 16,1 % z celkové plochy porostní půdy (MZe 2020), je tak naší druhou nejvíce zastoupenou dřevinou. Za současné rozšíření borovice může vliv lidské činnosti. Dnes je borovice rozšířena daleko za svůj původní areál a jedná se především o hospodářské porosty. Přirozené zastoupení borovice lesní v dnešních lesích na našem území odhadováno na 5,4 %. Dnes v ČR nacházíme autochtonní borové porosty pouze jako ostrůvkovité relikty dřívějších borovicí hojně zastoupených lesů z dob preboreálu (6800–5500 let př.n.l.). Právě původní borové porosty tak nazýváme reliktními bory. Později v boreálu (asi 6800–5500 let př. n. l.) byla borovice z bohatších stanovišť vytlačena konkurenčně schopnějšími druhy, tolerujícími zastínění, na chudší stanoviště, pro která je typickou dřevinou (Maděra, Úradníček 2001). Výskyt reliktních borů se z hlediska fyto geografických oblastí váže primárně na mezofytikum. V oreofytiku a termofytiku se vyskytuje méně a k tomu především na azonálních stanovištích. V montánním vegetačním stupni roste nejvýše na Šumavě okolo 1 000 m.n.m. Naopak nejnižše roste v polabských doubravách na chudých písčinyých a skalnatých terasách. Obecně se reliktní bory nachází na extrémních, chudých a suchých stanovištích jako jsou mělké půdy pískovcových skalních měst na severu Čech, sutě Hrubého Jeseníku, vápencové skály jižní Moravy, hadcové půdy Českomoravské vrchoviny a Slavkovského lesa, příkré suťové svahy údolí řek Jihlavy, Oslavy, Dyje a také vlhké rašelinné půdy na Třeboňsku (Musil, Hammerník 2007). Tyto stanoviště se

nacházejí v rozličných nadmořských výškách a jsou vázány na specifické stanovištní podmínky, které neodpovídají vegetačnímu stupni dané lokality, proto v souvislosti s reliktními bory nazýváme tyto stanoviště azonální. V lesnické typologii mají tato azonální stanoviště borových společenstev specifický lesní vegetační stupeň: 0 – borová stanoviště (Vacek a kol. 2018).

Kulturní borové lesy jsou v současnosti pěstovány téměř na celém našem území, a to na ploše více než třikrát větší než přirozený areál borovice. Převážná většina těchto borů byla vypěstována z dovezeného semene (Slávik, Bažant 2016, Chmelař 1990). Například velmi rozlehlé monokulturní bory jsou pěstovány na chudých, písčitých půdách na Plzeňsku, Bzenecku, Mělnicku, Královehradecku.

3.1.4. Hospodářský význam

Borovice bezpochyby patří mezi hlavní hospodářské dřeviny, a to nejen u nás, ale i ve větší části Evropy a severní Asie (Čáp a kol. 2020). Po smrku ztepilém je naší druhou nejvýznamnější hospodářskou dřevinou, co se do objemu těžby a podílu na skladbě lesů týče (MZe 2020). O jejím hospodářském významu pro člověka vypovídá její současné zastoupení v našich lesích (16,1 %) a stanovené doporučené cílové zastoupení (16,8 %), které je více než trojnásobkem jejího odhadovaného přirozeného výskytu (Novák a kol. 2020, Podrázský a kol. 2013). Podíl borovice v našich lesích za posledních dvacet let mírně klesl (o 1,5 %) a to zřejmě vlivem odumírání některých porostů suchem a trendu pěstovat více smíšené porosty. (MZe 2020) (Tab.1).

Tab. 1 Druhové zastoupení borovice lesní v ha a % celkové plochy porostní půdy (zdroj: MZe 2020)

dřevina	rok					
	2000	2010	2015	2018	2019	2020
plocha porostní půdy na ha / %						
borovice	453 159	436 308	428 030	422 243	420 840	419 874
	17,6	16,8	16,5	16,2	16,1	16,1

Ještě, než u nás začaly vznikat první lesní kultury, tak se borovice šířila přirozeným náletem na místech, kde byl les zničen. Koncem 18. století se rozmohla její umělá obnova a první kultury s cílem rychlejší produkce dřeva. V té době začaly vznikat rozsáhlé borové porosty v oblastech dubových lesů (**Mikeska a kol. 2008**). Od 18. století se pro pěstování borovice používá primárně holosečné hospodaření téměř ve všech porostech s jejím dominantním podílem (**Musil, Hammerník 2007**). **Svoboda (1953)** zmiňuje, že k výraznému nárůstu zastoupení borových porostů začalo docházet v polovině 19. století. Od té doby je borovice pro produkční účely pěstována především ve stejnověkových monokulturách. Takové porosty se dnes nachází i na lokalitách, kde by se přirozeně vysoký les nevyskytoval. Hlavní příčinou historického rozšíření této dřeviny v našich hospodářských lesích je právě její mimořádná schopnost vytvářet hospodářsky významné porosty i na velmi chudých stanovištích, kde by jiné dřeviny nebylo možné takto úspěšně pěstovat (**Novák a kol. 2020**).

Borovice hraje v našem dřevařském průmyslu velkou roli. Stejně jako smrkové dřevo i borové dřevo má široké spektrum využití ve stavebnictví a truhlářství. Je to relativně rychle rostoucí dřevina, tvořící v kvalitních porostech dlouhé, rovné, málo větvené kmeny, vhodné na pilařskou kulatinu (**Maděra, Úradníček 2001**). Naopak nekvalitní porosty jsou vhodné na vlákninu. Na rozdíl od smrku je borové dřevo o něco tvrdší, těžší, ale také křehčí, méně houževnaté a více se štípe. Borovice je oblíbená pro svou estetickou stránku dřeva. Její dřevo má výrazné letokruhy, jádro, běl a typické oranžové zbarvení, díky čemuž je v truhlářství hojně využíváno pro výrobu obkladů, podlah, nábytku, dveří, oken, dých, a dalších produktů. Zároveň se jedná o velmi pryskyřičné dřevo s vyšší odolností vůči vodě, díky čemuž je oblíbené ve vodním stavitelství (**Kočí 2012**). Na druhou stranu velký obsah pryskyřice je nevýhodnou vlastností při opracovávání pilařskými, truhlářskými nástroji, kde oproti jiným dřevinám dochází ke zvýšenému zanášení těchto nástrojů (**Patříčný 2005**). Kromě produkční funkce má borovice i velký mimoprodukční význam pro naše hospodářství. Na extrémních, exponovaných lokalitách plní borovice velkou půdoochrannou funkci a dále je hojně využívána při rekultivacích (**Musil, Hamerník 2007**).

3.2. Problematika ochrany lesa a zdravotní stav borových porostů

Ve všeobecnosti lze konstatovat, že zdravotní stav borovic u nás se zhoršuje. Nahodilé těžby v důsledku abiotických (vítr, sníh, exhalace, námraza apod.) a biotických činitelů (hmyz, houby, zvěř apod.) v posledních letech významně rostou a kromě smrku, kterému se dostává největší pozornosti, se to týká i borovice lesní (MZe 2020).

3.2.1. Abiotičtí škodliví činitelé

Škody abiotickými faktory jsou definovány jako překročení míry adaptability organismů na přirozené prostředí. Abiotické faktory mají obrovský vliv na zdravotní stav lesů, významně se podílejí na lesních hospodářských škodách a přímo souvisí s výskytem sekundárních biotických činitelů. Patří mezi ně imise, vítr, sníh, mráz, sucho, vysoké teploty, požáry, záplavy a zamokření (Waisová 2011).

3.2.1.1. Imise

V posledních desetiletích se imisní zatížení lesních porostů významně zlepšilo a současné depozice exhalací nabývají mnohem nižších hodnot než v minulosti. Přesto stále představují významnou zátěž a mnohde se lesy stále potýkají se setrvačností enormní imisní zátěže z uplynulých desetiletí. Ta stále zapříčiňuje značnou míru oslabení a defoliaci, která je nadprůměrná v porovnání s dalšími evropskými zeměmi (MZe 2020).

3.2.1.2. Poškození větrem

Podíl větrných kalamit na celkovém objemu nahodilých těžeb se v průměru pohybuje v rozmezí 60-75 % (Šrámek a kol. 2019). Dle Zelené zprávy (MZe 2020) měl největší podíl na abiotickém poškození borovice u nás v minulém roce vítr, a to přibližně 60% (3,96 mil. m³). Větrné polomy představují v lesnictví problém, který je do jisté míry nepochybně spojen se zdravotním stavem a fyzikální stabilitou porostů. Jedná se o meziročně nepravidelné a nepředvídatelné škody, které lze zmírňovat jedinež pěstováním

zdravých, stabilních porostů v odolné prostorové struktuře respektující morfologii terénu a směr bořivých větrů (**Lubojacký 2013**).

3.2.1.3. Klimatické změny a usychání borovic

Škody na lese vlivem sucha mají v posledních letech jasný trend nárůstu. Tento problém eskaluje, protože se potýkáme s čím dál více srážkově podprůměrnými a teplotně nadprůměrnými roky. Nyní máme za sebou rekordně suchou periodu roků 2014-2020 (**Šrámek a kol. 2019, ČHMÚ 2020**). Od roku 1980 se průměrná teplota vzduchu zvýšila o 1 °C. Změny klimatu také ovlivňují plošné a kvantitativní rozložení srážek během roku, to dokazuje nárůst počtu a intenzity přívalových dešťů (více jak 150 mm/den). Přívalové srážky rychle odtékají po povrchu půdy do řečiště, nestačí se vsáknout hluboko do půdy a doplnit spodní vody. Ze všech výše zmíněných důvodů dochází k dlouhodobému poklesu hladiny podzemních vod na většině území České republiky (**Soukalová, Ježík 2015, Soukalová, Muzikář 2015**).

Klimatické změny narušují zdravotní stav borovic a našich lesů všeobecně. Oslabené dřeviny jsou pak náchylnější k napadení škodlivými biotickými činiteli (dřevokazné houby a hmyz), které dále akceleruje jejich odumírání (**Pešková a kol. 2016**). Ohrožené nejsou zdaleka jen borovice v ČR. Tento problém trápí i další Evropské státy našich zeměpisných šířek, k usychání borovic dochází např. ve Švýcarsku (**Dobbertin a kol. 2005**), Rakousku (**Gruber a kol. 2010**), Polsku (**Kalbarczyk a kol. 2018**), a dalších. Dle **Senf a kol. 2020** je korelace sucha a počtu odumírajících dřevin nelineární, a tudíž po překročení únosné meze začalo relativně náhle docházet k plošnému usychání evropských lesů.

Výše nahodilých těžeb borovice přisuzovaným negativnímu vlivu sucha byla vyčíslena na zhruba 2,3 mil. m³, což představuje přibližně čtvrtinový nárůst oproti předchozímu roku a zjevný dlouhodobý nárůst oproti rokům minulým (**MZe 2020**). Borovice je díky svým kořenům sahajícím hluboko do země odolná vůči suchu ve svrchních vrstvách půdy, ale dlouhodobý pokles hladiny spodních vod dobře nesnáší. Kořenový systém borovice není uzpůsoben k čerpání vody ze svrchních horizontů půdy, a tudíž paradoxně trpí nedostatkem vody dřevina, která si umí pro vodu dojít nejlouběji

a která suchu donedávna odolávala (**Musil, Hamerník, 2007**). V důsledku sucha již několik let dochází ke kalamitnímu prosychání borových porostů. Zhoršování stavu těchto porostů se děje prakticky všude v ČR, a to i na stanovištích, kde se jí dosud dařilo. Nejvíce jsou zasaženy přirozeně sušší, jižně až západně exponovaná stanoviště. Sucho se projevuje na všech věkových třídách (**Soukup a kol. 2004, Vejpustková a kol. 2020**).

Dle aktuálních poznatků lze předpokládat, že s postupujícími klimatickými změnami budou zdravotní problémy našich lesů dále pokračovat a pravděpodobně i nabývat na intenzitě. Je tedy na místě zkoumat, zda dosavadní tradiční způsoby pěstování borových kultur jsou optimální pro jejich stabilitu. Pro zachování zdraví borových lesů bude nejspíš nutné se v lesnictví přizpůsobit novým podmínkám a aplikovat i alternativní způsoby pěstování, které reflektují tyto změny a pomohou borovicím odolávat dlouhotrvajícím obdobím sucha (**Erber 2019, Bílek 2017**).

3.2.2. Biotičtí škodliví činitelé

Na borovici je vázána celá řada škodlivých organismů, a to především podkorní a listožravý hmyz a mnoho houbových patogenů (**Knížek a kol. 2020**). Ve všech věkových třídách lze najít několik druhů hmyzích, či houbových patogenů, které borovici dlouhodobě oslabují, nebo rychle likvidují. Největší patogenní zátěž podstupují starší porosty, u kterých se příznaky poškození projevují naplno a k defoliátorům se ve velkém přidávají podkorní hmyz a dřevokazné houby (**Beránek 2008**). Biotické škodlivé organismy jsou nedílnou součástí lesního ekosystému a jsou pro nás jakýmsi bioindikátory zdravotního stavu lesa. Tyto organismy jsou především sekundárními škůdci, kteří napadají již oslabené jedince a porosty (**Hervé a kol. 2012, Rouault 2006**). Více či méně pravidelné výkyvy v jejich rozšíření a velikosti populace jsou běžnou součástí životního cyklu, avšak z hospodářského hlediska pro nás představují problém jejich velkoplošné kalamitní stavy (**Seidl a kol. 2011**).

V současnosti prožíváme velkou kůrovcovou kalamitu na smrku a borovici primárně způsobenou několikaletou periodou extrémního sucha. Současná kalamita významně akcelerovala v roce 2015, kdy se začal zdravotní stav našich jehličnanů prudce zhoršovat a došlo k aktivizaci sekundárních biotických škodlivých činitelů (**Knížek a**

kol. 2020). K přemnožení těchto škodlivých organismů přispívá primárně suchem oslabená imunita lesů a globální oteplování, díky kterému jsou škůdci mnohem produktivnější a zvládnou reprodukovat více generací za sezónu (**Waisová 2011, Pešková a kol. 2016, Schuldt 2020**).

3.2.2.1. Hmyzí škůdci

Hmyzí škůdci borovice lze dělit dle části stromu, kterou napadají, na škůdce asimilačních orgánů (listožravý hmyz, savý hmyz), podkorní hmyz, kořenožravý hmyz a kortikolní hmyz. Kortikolní hmyz ožírá povrchová pletiva nadzemních částí kmene a větví (**Modlinger 2015**). Hmyzí škůdci se liší jak v preferenci stromových částí, tak i v preferenci různých vývojových stádií. Škůdců na borovici je opravdu velké množství, tudíž v této podkapitole jsou zmíněni a popsáni jen ti nejvýznamnější.

Mezi nejvýznamnější škůdce, kteří způsobují značné hospodářské škody na borovici patří klikoroh borový (*Hylobius abietis*), lýkožrout vrcholkový (*Ips acuminatus*), lýkohub menší (*Tomicus minor*), lýkohub sosnový (*Tomicus piniperda*), chrousti (*Melolontha* spp.), ploskohřbetka sazenicová (*Acantholyda hieroglyphica*). (**Pešková a kol. 2016, Borkowski 2017, Doležal a kol. 2021**)

3.2.2.1.1. Škůdci asimilačních orgánů

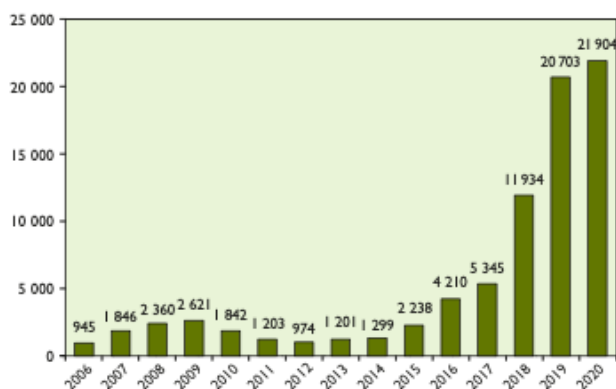
Až na lokální výjimky byl v letošním roce stejně jako v minulých letech listožravý hmyz zaznamenán jen v zanedbatelném množství (**MZe 2020**). Dle dostupných informací dnes tento druh škůdců nemá významný negativní vliv, který by přispíval k současné kalamitě podkorního hmyzu (**Knížek a kol. 2020**), avšak nelze se domnívat, že tomu tak bude napořád. Cyklus gradací některých škůdců má dlouhou latentní fázi, trvající i několik desítek let, ve které se pohybuje na malých stavech, ale za vhodných podmínek se umí extrémně přemnožit i na mnoho let. Příkladem je největší kalamita bekyně mnišky (*Lymantria monacha*) z let 1917-1927, kdy způsobila škody na ploše 600 tis. ha a na 20 mil. m³ dřeva. Stalo se tak převážně na smrku, ale část škod byla také na borovici (**Komárek 1931**). Listožravé a savé druhy hmyzu jsou především primárními škůdci,

kteří napadají i zcela zdravé stromy (**Šrůtka 1999**). Současné největší nálezy populací a poškození byly zaznamenány u obaleče prýtového (*Rhyacionia buoliana*), bekyně mnišky (*Lymantria monacha*), sonokaze borového (*Panolis flammea*) a ploskohřbetky sazenicové (*Acantholyda hieroglyphica*) (**Knížek a kol. 2020**).

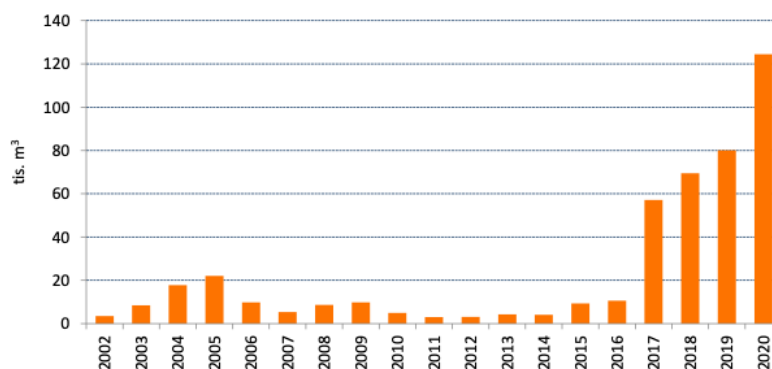
Mezi nejvýznamnější savý hmyz borovice patří štítenky (*Leucaspis spp.*) a korovnice borová (*Pineus pini*), které škodí především na semenáčcích ve školkách sáním jehlic, které pak odumírají (**Kapitola 2003**). Na semenáčky a mladé borovice se taktéž specializuje ploskohřbetka sazenicová (*Acantholyda hieroglyphica*), jejíž housenice jehlice ožírají (**Holuša, Liška 2005**).

3.2.2.1.2. Podkorní Hmyz

Ačkoliv se v aktuální kůrovcové kalamitě mluví především o smrku, tak tato situace je neméně závažná i u borovice a jedle. V současnosti se jedná zřejmě o největší kalamitu podkorního hmyzu naší novodobé historie (**Lubojacký 2021**). Kůrovci a mnohé další druhy podkorního hmyzu jsou sekundární škůdci, kteří využívají suchem oslabených nestabilních jehličnatých lesů (**Šrůtka 1999**). Kůrovcová kalamita se naplno projevila rokem 2015 a trvá dodnes. Každým rokem je překonán rekord v těžbách kůrovcového dříví, a zatímco nárůst smrkového kůrovcového dříví se mezi roky 2019 a 2020 výrazně zpomalil (Obr. 2), velký nárůst kůrovcového borovicového dříví pokračuje (Obr. 3) (**Lubojacký a kol. 2021, MZe 2020**).



Obr. 2. Evidovaný objem smrkového kůrovcového dříví vytěženého v letech 2006-2020 (tis.m3) (zdroj. MZe 2020).



Obr. 3. Evidovaný objem borového kůrovcového dříví vytěženého v letech 2002-2020 (tis. m³) (zdroj: VÚLHM).

Absolutně největší škody na borovici dlouhodobě páchá lýkožrout vrcholkový (*Ips acuminatus*), ten je často doprovázen lýkožroutem lesklým (*Pityogenes chalcographus*), který je ale běžnější na smrku. Na Moravě je několik let citelně přemnožený lýkožrout borový (*Ips sexdentatus*). V Čechách se vedle kůrovců na této kalamitě podílí také přemnožený krasec borový (*Phaenops cyanea*) a trochu nečekaně i pilořitka (*Sirex noctilio*). Pilořitka nebyla doposud brána jako významný škůdce, jelikož její výskyt v ČR nikdy nebyl příliš velký, nicméně nyní působí na některých lokalitách významné škody (Lubojacký a kol. 2021). Kromě výše zmíněných jsou dle Peškové a kol. (2016) dalšími významnými podkorními škůdci borovice kůrovci lýkohub sosnový (*Tomicus piniperda*) a lýkohub menší (*Tomicus minor*).

Klikoroh borový (*Hylobius abietis*) se řadí dle vyhlášky MZe č. 101/1996 mezi kalamitní škůdce ČR. Patří mezi kortikolární hmyz, ožírání povrchová pletiva kořenových krčků a větví sazenic borovice. Je to brouk působící největší hospodářské škody v umělých výsadbách. V porostech přirozené obnovy páchá škody minimálně. Jeho vývoj je vázán na lesní paseky a čerstvé pařezy borovice z těžby předešlého roku. Samičky kladou vajíčka do kořenů pařezů a žír poté provádějí dospělí brouci. K ochraně se používá celá řada nátěrů, máčení a ochranných obalů sazenic, avšak zřejmě nejúčinnějším prostředkem je tzv. pasečný klid, výsadba sazenic po těžbě se odloží o rok až dva. Pařezy pak již nejsou pro klikoroha ke kladení atraktivní (Modlinger 2015, Beránek 2008). Současná kůrovcová kalamitní situace klikorohům vyhovuje, vzniká velké množství holin a ve velkém se zalesňuje. Počty klikoroha stoupají i přes hojnou aplikaci

preventivního máčení sazenic v insekticidech. Za loňský rok 2020 byl jeho žír registrován na ploše 4,3 tis. ha, což více než dvojnásobek oproti předešlému roku (**Lubojacký a kol. 2021**).

3.2.2.2. Houbové choroby

Mezi lesnicky nejvýznamnější houbové choroby a patogeny borovic posledních desetiletí patří sypavky, rzi, václavky (*Armillaria spp.*), kornice borová (*Cenangium ferruginosum*) a *Sphaeropsis sapinea*. K aktuální kalamitní situaci usychání borovic přispívají zejména václavky, kornice a *Sphaeropsis sapinea* (**Pešková a kol. 2015**).

Sypavka borovice je choroba způsobující nadměrné odumírání a opad jehličí. Jejím původcem je několik druhů hub. Nejčastěji to je sypavka borová (*Lophoderium pinastri*) a sypavka borovicová (*Lophodermium seeditiosum*), a dále karanténní sypavky: červená sypavka borovice (*Mycosphaerella pini*) a hnědá sypavka borovice (*Mycosphaerella dearnessii*). Tyto organismy páchají nejvíce škod na mladých kulturách, ve školkách a na plantážích vánočních stromků. Následkem defoliace způsobuje sypavka celkové oslabení jedinců, zpomalení přírůstu až odumření. Nejlépe se sypavkám daří ve vlhkém prostředí, tudíž deštivá teplá léta podněcují její šíření. V hospodářských porostech se často vyskytuje následkem přenosu infikovaného sadebního materiálu ze školek. Ochrana před sypavkou musí být preventivního rázu ve školkách (**Šrůtka 2003, Pešková a kol. 2015**). Přes vysoké počty napadení houbovými patogeny v minulém roce, je situace okolo karanténní červené a hnědé sypavky dlouhodobě stabilizována (**Lubojacký a kol. 2021**).

Václavka (*Armillaria spp.*), nejčastěji václavka smrková (*Armillaria ostoyae*), je dřevokazná parazitická houba napadající převážně smrk, ale napadá i další jehličnany včetně borovice. Václavka způsobuje bílou hnilobu jádra na bázi kmene a kořenů, které rozkládá a zhoršuje jejich funkce. Václavka oslabuje a destabilizuje porosty a dělá je náchylnější k hmyzímu napadení. Infekce může mít akutní i chronickou podobu. Václavka napadá všechny věkové třídy (**Pešková a kol. 2015**).

Kornice borová (*Cenangium ferruginosum*) dlouhodobě patří k našim významným houbovým parazitům borovice. Je to další druh, který využívá suchem oslabených borovic. Většinu času způsobuje jen mírnou nákazu porostů, ale po období sucha se umí rychle rozšířit až do kalamitních stavů. Ve starších porostech způsobuje chronické usychání větví v různém rozsahu, méně častěji je k vidění v mladých výsadbách, kde likviduje celé jedince (**Pešková a kol. 2011**). Velmi podobné poškození jako kornice, tzv. prosychání výhonků borovic, způsobuje houba *Sphaeropsis sapinea*. Tato houba se také podílí se na prosychání a chřadnutí dospělých porostů borovic. Krom toho často může i za padání semenáčků, hniloby kořenových krčků a semen (**Zapletalová a kol. 2012**).

3.2.2.3. Zvěř

Zvěř představuje velkou samostatnou kapitolu ve škodách na lese. Dlouholeté vysoké stavy spárkaté zvěře v kombinaci s obrovskými plochami nově vzniklých holin, které se nyní zalesňují, představují další velký problém v lesnictví. Zvěř působí obrovské škody na nové výsadbě a všeobecně je nutno vynakládat velké finanční prostředky k úspěšnému zalesnění (**MZe 2020**). Borovice snáší okus zvěří relativně lépe než třeba jedle a listnáče, takže se její obnova většinou daří i bez oplocení (**Poleno 2009, Šrůtka 2003**). Borovice relativně rychle zavaluje rány způsobené loupáním, díky tomu méně trpí na hnilobu, to však nemění nic na faktu, že tím ztrácí kvalita dřeva. Po silném okusu a loupání v mládí má borovice tendence ke keřovitému nebo křivému růstu (**Červený 2009**). Dle studie **Jan Cukor a kol. (2022)** jsou odrostlé borovice velmi odolné negativním vlivům loupání kůry zvěří. Na rozdíl od smrku nemá poškození kmene loupáním zásadní vliv na produkční vlastnosti stromu. Šíření hniloby v místech poškození se také ukázalo být relativně nízké. Poškozené borovice nevykazují oproti nepoškozeným výrazně vyšší náchylnost vůči stresorům klimatické změny. Na základě těchto poznatků se lze domnívat, že borovice je vhodnou dřevinou pro lokality se zvýšenými stavy vysoké zvěře.

3.3. Pěstování borovice

Aktuálně borovice lesní zaujímá 16,1 % z druhové skladby českých lesů, což odpovídá jejímu doporučenému zastoupení, a i přes krizi borových lesů se nepočítá s výraznou změnou jejího podílu (MZe 2017). V rámcovém vymezení cílových hospodářských souborů se dnes borovice pěstuje ze 44 % v CHS 23 (kyselá stanoviště nižších poloh), což je nejvíce ze všech CHS a jedná se plochu 200 tis. ha lesa. Dalšími CHS, kde borovice převládá jako základní cílová dřevina, jsou soubory 13 (přirozená borová stanoviště), 27 (oglejená chudá stanoviště nižších a středních poloh), 21 (exponovaná stanoviště nižších poloh), a 39 (podmáčená chudá stanoviště). Borovice je významnou hospodářskou dřevinou stanovišť kyselé, oglejené a glejové ekologické řady. Krom toho hraje borovice důležitou roli v lesích ochranných, kde je hlavní dřevinou v CHS 01 (mimořádně nepříznivá stanoviště) na stanovištích extrémní a kyselé ekologické řady. (Mikeska 2008; Poleno, Vacek 2009).

Dle Součka a kol. (2018) dnes borovice roste díky lidské činnosti i tam, kde by přirozeně převládaly smíšené porosty. Na druhou stranu Novák a kol. (2017) tvrdí, že aktuální podíl borovice není v rozporu s jejím přirozeným areálem. Lidské hospodaření zbavuje borovici konkurenčního tlaku a ta tak dostává větší prostor. Na některých stanovištích v CHS 13, 39 a 01 borovice přirozeně dominuje v druhové skladbě a vytváří až monokulturní porosty (Plíva 2000). V ostatních případech se dnes jedná o monokultury vzniklé tradičním holosečným hospodářstvím na stanovištích přirozeně smíšených lesů. Holosečný obnovní způsob s celoplošnou přípravou půdy a minimálním smíšením dřevin je dodnes nejběžnějším managementem borových lesů (Ulbrichová a kol. 2017). Borovice však může být úspěšně pěstována i ve směsích s většinou dřevin a vytvářet jedno i víceetážové porosty. Vzhledem k vysokým nárokům na světlo potřebuje k dobré vitalitě růst v horní etáži (Souček a kol. 2018).

Probíhající klimatická změna a s ní vyvstávající zdravotní krize lesů v kombinaci se zvyšujícím se zájmem společnosti o životní prostředí nutí správce a vlastníky lesů reagovat, a kromě produkční funkce dávat větší důraz i na funkce ekologické a sociální. Tyto skutečnosti jsou nyní zásadními hybateli v přehodnocování a aktualizování dosavadních lesnických hospodářských postupů. Jako je například holosečná obnova borových porostů a pěstování monokultur (Bílek a kol. 2018).

3.3.1. Zakládání porostu

Zakládání zcela nových borových porostů se děje ve velmi malém množství, v drtivé většině se jedná o obnovu lesa. V lesním hospodaření existují tři způsoby obnovy lesa. Plošně nejpoužívanější je umělá obnova (podíl více jak 80 %), která probíhá sítí osiva, nebo sadbou sazenic. Dalším způsobem je přirozená obnova a třetí možností je kombinace umělé a přirozené obnovy (**Kriegel 1998**). U borových porostů se obnova historicky provádí ve valné většině umělou výsadbou na pasece vzniklé holou sečí. Hospodářské borové lesy střední a severní Evropy vznikají umělou obnovou na holoseči již více jak dvě století (**Mikeska a kol. 2008, Lundmark a kol. 2013**). Borovice dobře odrůstá na osvětlené pasece, což je dáno jejím pionýrským, světlomilným charakterem. Umělá výsadba borovice je úzce spojena s holosečnou formou pasečného hospodářství kvůli malé schopnosti semenáčků borovice přirozeně se prosadit na pasece v konkurenci další vegetace. Buřeň zpravidla obsadí plochu rychleji a semenáčky zadusí. Z tohoto důvodu se v borovém hospodářství hojně využívá celoplošné přípravy půdy, která odstraňuje přízemní vegetaci a dává prostor semenáčkům odrůst (**Ulbrichová a kol. 2017**). Mimo tradiční holosečné borové hospodářství existují alternativní postupy zakládání porostu, které využívají clonnou seč, menší holosečné prvky a přirozenou obnovu. Tyto postupy lze obecně označit za přírodě blízké a s postupující klimatickou mohou v budoucnu hrát významnou roli. (**Bílek a kol. 2018; Vacek, Podrázský 2006; Galiano a kol. 2013**).

3.3.2. Příprava půdy

Příprava půdy je tradičním a klíčovým prvkem borového hospodářství všude tam, kde se daří travnaté a keříkovité vegetaci bylinného patra. Největší roli hraje tento postup na živných stanovištích, které buření rychle zarůstají. V závislosti na použité technologii má mechanická příprava půdy různou intenzitu, od povrchového odstranění buřene až po obnažení minerální půdy až po hlubokou orbu a promíchání půdních horizontů (**Souček a kol. 2018**). Příprava půdy se dnes provádí lesnickou mechanizací, a to nejčastěji orbou, nebo frézováním půdy. Dle rozsahu může být příprava celoplošná, nebo pomístní (pruhová, plošková) (**Mauer 2002, Magnus 2012**). Celoplošná příprava půdy usnadňuje plně mechanizovanou umělou obnovu a tím se snižují náklady na zalesnění (**Von der**

Gönnä 1992). Příprava celoplošně se pro vysoké náklady aplikuje v omezené míře a to jen v rovinném terénu do 10% v HS 13 a 23 (**Kriegel 1998**). Velmi komplikovaná je celoplošná orba, protože vyžaduje předchozí likvidaci pařezů na pasece. Půdní fréza si dokáže poradit i s pařezy, ale v celoplošném pojetí není pro obnovu lesa vhodnou technologií vzhledem k zapříčinění totální destrukce půdních horizontů, biologické aktivity půdy a celého ekosystému (**Mauer 2002**). Nejpoužívanější a levnější je pomístná pruhová příprava orbou, nebo frézováním. Velmi rozvážně je třeba aplikovat zásahy do půdy na erozí ohrožených (HS 21, 41, 01) a zamokřených lokalitách (HS 27, 39, 57, 59). Mechanickou přípravu lze kombinovat s chemickou herbicidní přípravou, avšak pouze na lokalitách vodohospodářsky nevýznamných, a to ideálně jen v omezené míře. Preferovány by měli být biologicky šetrnější postupy (**Kriegel 1998**).

V minulosti náhodně přispívala k přirozené obnově borovice úprava půdy ručním hrabáním steliva, polážením, lesní pastvou a požáry. Mechanizovaná příprava půdy k cílené obnově lesa se začala používat až mnohem později, v druhé polovině 20. století (**Kubin, Kemppainen 1994**). Z hospodářského hlediska je mechanická příprava půdy naprosto zásadní pro přirozenou obnovu borovice, která může spontánně probíhat jen v úzce specifických podmínkách (**Šindelář 2004**). Pro úspěšné hospodářské využití přirozené obnovy se přípravě půdy téměř nelze vyhnout. Umělou obnovu lze zdárně realizovat bez přípravy půdy na stanovištích s nízkou nebo žádnou buřením (**Kriegel 1998**).

Úspěšnost přirozené obnovy může lesní hospodář ovlivnit především úpravou povrchu půdy, která cílí k potlačení konkurence bylinného a keřového patra a zlepšení podmínek pro klíčení semen. Úpravě půdy musí předcházet snížení hustoty porostu, které upraví světelné a vláhové stanovištní podmínky, které mají zásadní vliv na kvantitu, kvalitu a ujímavost semenáčků (**Bílek a kol. 2018**). Ujímavost a růst semenáčků jsou v prvních letech vývoje nejvíce ovlivněny konkurenčním bojem o vodu s přizemní vegetací a mateřským porostem (**Bílek a kol. 2017**). To potvrzuje i **Aleksandrowicz-Trzcińska a kol. (2013)**, která píše, že ujímavost semenáčků borovice závisí v první řadě na vláhových poměrech půdy a stavu humusové vrstvy. Organická, humusová vrstva má oproti holé minerální půdě tendenci rychle vysychat. Semenáčky rostoucí na silné humusové vrstvě potřebují více srážek, dokud svými kořeny nedosáhnou na vláhu minerální půdy. Humusová vrstva bez skarifikace se pro mladé semenáčky může stát určitou bariérou k půdní vláze.

K přípravě půdy se přistupuje z důvodu zmírnění limitujícího vlivu vegetace na přirozenou obnovu borovice, avšak ne všechna vegetace má tento negativní vliv. Mechy na chudých, suchých stanovištích jsou pro obnovu borovice relativně příznivé, udržují vláhu (Nilsson a kol. 1996). Mechy na vodou ovlivněných stanovištích mohou již mírně omezovat obnovu a se zvyšující se trofností a vláhou stanoviště přibývá konkurenčně zdatných vyšších trav a keříků (typicky *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Calluna vulgaris*, *Calamagrostis spp.*). U keříkovité vegetace je zásadní její hustota a výška vegetace. Výška do 15 cm v řídkém zastoupení může mít příznivý vliv (typicky brusinka). Naopak vysoký a hustý porost borůvky obnovu zcela znemožňuje (Kuuluvainen, Pukkala 1989).

Přípravy lesní půdy mají svá velká negativa. Proti rozsáhlým zásahům do lesní půdy se staví ochránci přírody. Nejvíce kritiky směřuje na celoplošnou přípravu půdy, která kompletně ničí lesní podrost včetně kořenů a promíchává půdní horizonty (Mauer 2002). Dle Čížka a kol. (2007) zraňováním půdy dochází ke změně sukcese vegetace na pasece a do popředí se dostávají světlomilné druhy náročné na živiny, například ostružník, třtina, kopřiva, které vytlačují vzácnější pasekové druhy. Hlavní obava panuje ohledně faktu, že mnoho lesních druhů rostlin se šíří pomalu (např: myrmekofilní druhy závislé na šíření semen mravenci) a jejich ničení je rychlejší než jejich kolonizace. Podobné obavy panují i o hmyzí společenstva a obratlovce. Mnoho druhů je vázáno na mrtvé tlející dřevo, klasickou paseku a příliš destruktivní, sterilní celoplošný přístup zásadně ohrožuje jejich diverzitu (Newmaster 2007, Löff 2012). Požadavek ze strany ochrany lesa vůči lesníkům je upustit od těchto postupů na všech územích, které deklarují funkci ochrany biodiverzity (např: PR, CHKO, NP, Natura 2000, apod.) a v ostatních případech, v lesích s primárně produkční funkcí, volit, co možná nejšetrnější pomístní půdní přípravu (Čížek a kol. 2007).

3.3.3. Umělá obnova

Umělá obnova je člověkem cílená výsadba, nebo sje nového porostu. Umělá obnova je spojena především s pasečným hospodářským způsobem a využívá se všude tam, kde je přirozená obnova nejistá, komplikovaná, nemožná, nebo nežádoucí. Nežádoucí je přirozená obnova v porostech s nevyhovující druhovou skladbou, špatnou

kvalitou, nebo nevhodným genetickým původem mateřského porostu (**Šindelář 2000**). U borovice se ve valné většině jedná o výsadbu prostokořených sazenic. Krytokořenné sazenice vykazují lepší ujímavost, ale jsou dražší. Síje je nejlevnější z variant, ale využívá se v minoritním množství z důvodů větší závislosti na faktorech ovlivňujících klíčení a odrůstání semenáčků (**Souček a kol. 2018**). Sazenice se vysazují v pravidelném čtvercovém, nebo obdélníkovém sponu, což zjednodušuje následnou péči a vzniká tím stejnověká a výškově stejnoměrná kultura.

Pro umělou obnovu platí mnoho pravidel, které lesnická legislativa upravuje novou vyhláškou č. 456/2021 Sb. Je to vyhláška o podrobnostech přenosu reprodukčního materiálu lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnostech o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa. Borovice lesní má minimální počet jedinců při obnově a zalesnění stanovený na 8000 ks/ha, přičemž nové poznatky z výzkumu a lesnické praxe poukazují na potřebu zvýšit tyto minimální počty na 10 000 ks/ha (**Slodičák, Novák 2007**). Nižší počty jsou přípustné ve výjimečných případech použití geneticky a morfoloicky nejkvalitnějšího sadebního materiálu (**Nárovcová, Nárovec 2013**). Kvalita sadebního materiálu je velmi důležitá pro stabilitu a kvalitu budoucího porostu. Zásadní je také výběr vhodného reprodukčního materiálu, který odpovídá lokalitě původem, ekotypem (**Novák a kol. 2017**). Neméně důležitá je rovněž následná správná realizace výsadby. Sazenice jsou velmi náchylné na špatnou manipulaci a skladování. Deformace kořenového systému špatným sadebním postupem může způsobit neúspěšnou obnovu, ztrátu kvality porostu a velké finanční ztráty (**Kriegel 1998**). Při dodržení správných technologických postupů při zakládání porostu vyžaduje budoucí kultura už jen minimální péči (**Slodičák, Novák 2007**). Borovice snáší okus zvěří relativně dobře a její obnova se většinou daří i bez oplocení (**Poleno 2009, Šrůtka 1999**). Velmi důležitá je ochrana terminálů sazenic, ty se proto běžně natírají přípravky proti okusu. V počátcích vývoje je na živných stanovištích často nezbytná mechanická, nebo chemická redukce buřene (**Slodičák, Novák 2007**).

3.3.4. Přírozená obnova

Přírozená obnova neboli autoreprodukce mateřského porostu, je jedním ze základních spontánních přírodních procesů, které v lesních ekosystémech probíhají (Šindelář 2004). Jedná se o zásadní článek trvale udržitelného hospodářství v lesích s produkční i mimoprodukční funkcí (Vacek a kol. 1995). Ve zdravých, kvalitních, plodících a autochtonních borových porostech by tento přírozený proces měl dostávat přednost před umělou obnovou (Kriegel 1998). Při zdárném hospodářském využití má přírozená obnova mnoho pozitiv jako jsou nižší náklady na založení, reprodukce cenných populací, udržení vysoké genetické variability populace a velká počáteční hustota jedinců k pozdější selekci (Długosiewicz a kol. 2019, Béland a kol. 2010). Přírozený nálet méně trpí typickými problémy sazenic ze školek jako je abnormální habitus sazenic, deformace kořenů, plísňe, houbové choroby apod. Při hustém náletu jsou škody zvěří nižší (Kriegel 1998, Šindelář 2004).

Nevýhodami přírozené obnovy je závislost na současné druhové a ekotypové skladbě mateřského porostu a také na jeho fruktifikaci. Na většině míst se nálet borovice neobejde bez předchozí přípravy půdy a dočasného potlačení konkurenční vegetace (Mäkitalo 2010). Celkově se jedná o proces s mnoha proměnnými, který je oproti umělé obnově hůře kontrolovatelný a také náročnější na plánování a přípravu. Je to proces závislý na počasí, stavu mateřského porostu, půdy a vegetačního krytu (Šindelář 2004). Doba obnovy bývá delší a s nejistým výsledkem, tudíž méně komfortní pro lesní hospodáře vzhledem k legislativní závaznosti zajištění a zalesnění plochy. Později je porost vzhledem k vyšší hustotě a nerovnoměrnosti náročnější a nákladnější na výchovné zásahy. Vyznačování a vyklízení těžby je komplikovanější (Vacek a kol. 1995).

Podíl přírozené obnovy v našich lesích se za posledních 40 let významně navýšil. Dnes se tento podíl stabilně pohybuje okolo 16-18 % (viz tab.2.). V tomto směru jsou na tom z evropských států nejlépe skandinávské země, kde využívají přírozenou obnovu až z 25 % (Huuskonen a kol. 2008). Vzhledem k aktuální druhové skladbě našich lesů s 65 % podílem smrku a borovice a trendu zvyšování smíšených lesů lze předpokládat, že značný podíl žádoucích dřevin bude vnášeno do porostů uměle. Nelze tedy výhledově očekávat zásadní navýšení podílu přírozené obnovy. Navíc na mnohých místech se jedná o porosty nevhodného ekotypu nebo nedostatečné kvality (Šindelář 2004).

Tab. 2. Přehled podílu přirozené obnovy na obnově lesních porostů mezi roky 1980 až 2020. (zdroj dat: MZe 2003, MZe 2020).

roky	1980	1990	2000	2010	2020
přirozená obnova	4 %	3 %	14 %	19 %	16 %

K maximálnímu využívání přirozené obnovy nutí lesníky současná krize nedostatku sadebního materiálu, financí a pracovní síly. Dle **Košuliče (2009)** je známo, že spontánní procesy mají potenciál, při zdárném provedení v podmínkách přírodě blízkého hospodaření, omezit řadu ekonomicky náročných úkonů z hospodářského lesa. To potvrzuje i **Červený (2012)**, který tvrdí, že vyšší mírou využívání potenciálu přirozené obnovy v podmínkách podrostitního hospodaření lze snížit náklady na pěstební činnost. Cílené využití přirozené obnovy navíc může být jedním z důležitých adaptačních opatření ke zmírnění dopadů klimatické změny (**Brichta a kol. 2020**). Tento proces je důležité podporovat i z hlediska zachování geneticky cenných regionálních populací původních ekotypů (**Čáp a kol. 2016**).

3.4. Hospodářské způsoby a obnovní postupy

Hospodářské způsoby jsou vymezeny v legislativě vyhláškou č. 298/2018 Sb. Dle této vyhlášky rozlišujeme hospodářské způsoby na výběrný, podrostní, násečný a holosečný. Volba hospodářského způsobu by se měla provádět s ohledem na zamýšlenou budoucnost porostu a plnění jeho funkcí. Výběr ovlivňuje řada ekologických, socioekonomických a technologických faktorů jako je kategorie lesa, lokalita, charakter stanoviště a porostu, druhová skladba, technologická dostupnost, kvalita porostu, a další (Poleno, Vacek 2009).

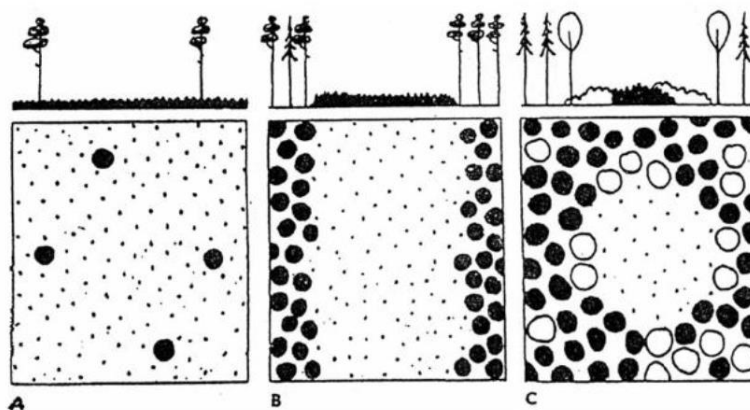
3.4.1. Způsob holosečný

Holosečná forma pasečného hospodaření je úzce spojena se zavedením extenzivního lesního hospodářství smrkových a borových monokultur zaměřených primárně na produkci. Velká část evropských lesů prošla tímto hospodařením již po dvě generace (Lundmark a kol. 2013). Relativně jednoduchá organizace, plánování, kontrola a dobré ekonomické výsledky vedly k velké oblibě tohoto způsobu, který se s jistými aktualizacemi masivně používá dodnes. Úskalí tohoto monokulturního pasečného hospodaření se projevilo v podobě velkých větrných, hmyzích kalamit (mniška, kůrovec) a imisních kalamit (Průša 1999). I dnes se ve velké většině lesů s převahou borovice hospodaří holosečnou formou. Borovice je díky vysokým nárokům na světlo, rychlým růstem a relativně dobrou odolností vůči negativním klimatickým a biotickým vlivům volné plochy považována za ideální pasečnou dřevinu. Otázkou je, zdali extenzivní holosečný hospodářský způsob ob stojí ve své dosavadní míře a podobě před měnící se klimatickou situací a čím dál větším zájmem veřejnosti o mimoprodukční funkce lesa (Oyen a kol. 2006, Bílek a kol. 2017).

Holiny nejsou z ekologického hlediska nic výjimečného ani špatného. V lesích, díky přírodním disturbancím, běžně vznikají přirozené kalamitní holiny, na kterých bez problému samovolně vzchází nový les. Nicméně holiny a postupy obnovy běžného holosečného hospodaření se od přírodních procesů velkého cyklu lesa zásadně liší a proto tento hospodářský způsob nelze považovat za jemný, nebo přírodě blízký (Košulič 2009).

Obnova holou sečí neboli těžba všech stromů naráz na ploše do velikosti stanovené zákonem (1 ha a výjimečně až 2 ha na HS 12 a 19) má především technické a organizační výhody. Tento způsob klade menší nároky na lesního hospodáře při plánování obnovy, rozčlenění porostu, vyznačování těžby a linek a na celkovou organizaci práce. Kompletní těžba porostu znamená těžbu velkého množství dříví najednou, lepší podmínky pro využití harvestorů, menší nároky na obsluhu, jednodušší pohyb mechanizace po ploše, a to jak při těžbě a vyklizování, tak při přípravě půdy a zalesňování (**Vacek, Poleno 2009**). Nevýhody tohoto způsobu jsou převážně biologického a ekologického rázu, nicméně mohou zapříčinit narušení celkové trvalosti a udržitelnosti produkce a tím v konečném důsledku vyšší finanční náklady (**Košulič 2009, Bílek a kol. 2018**). Slabé místo holých sečí je jejich obnova. Na volné ploše bez ochranného vlivu hlavního porostu dochází k velkým teplotním výkyvům, k silnému působení slunečního záření a mrazu. Silné nárazové srážky a mokrý sníh mohou působit škody na mladém porostu stejně jako extrémních horka a sucha. Půda na volné ploše rychleji mineralizuje, ztrácí živiny a eroduje. Rychlý růst světlomilné buřeny značně komplikuje a prodražuje obnovu stejně jako zvýšená atraktivita pro klikoroha a zvěř. (**Košulič 2009**). Problémy holých sečí začínají nabývat na významu s rostoucími extrémními počasí. Vysoké jarní a letní teploty s dlouhými periodami sucha, nepravidelné silné srážky komplikují umělou i přirozenou obnovu. Zavádění menších holosečných obnovních prvků, kotlíkových sečí, náseků a clonných sečí může být důležitým adaptačním opatřením vůči negativnímu působení klimatických jevů (**Galiano a kol. 2013, Bílek a kol. 2017**).

V kvalitních porostech je žádoucí snažit se holoseč obnovit přirozeně. Na holoseči probíhá nálet semen z boku vedlejšího porostu a může být podpořen semeny z výstavek. Výstavky jsou vybraní kvalitní jedinci ponechaní na holině k reprodukci. Přiměřený počet výstavek je 20 až 30 jedinců na ha volné plochy (**Šindelář 2004**).



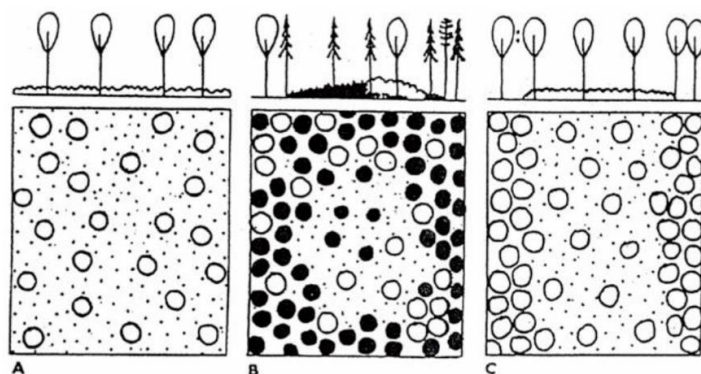
Obr. 4. Příklady holosečné formy obnovy: A - velkoplošná holá seč s výstavky, B - pruhová holá seč, C - skupinová holá seč (zdroj: Peřina a kol. 1964).

3.4.2. Způsob podrostití

Obnova lesa podrostitím způsobem spočívá v postupném prořezávání dospělého mateřského porostu několika clonnými sečemi, čímž se vytvářejí podmínky pro přirozenou obnovu a vznik podrostu pod ochranou porostu mateřského (Poleno, Vacek 2009). Tento způsob obnovy je všeobecně považován za jemnější a přírodě bližší forma hospodaření (Vacek, Podrázský 2006).

V hospodářských porostech s převahou borovice se u nás v minulosti příliš nevyužívalo jemnějších postupů obnovy. O poznání větší pozornosti se šetrným podrostitím a výběrným principům dostává u dřevin snášejších stín, jako je jedle, smrk, buk (Bílek a kol. 2017). Clonná obnova je v severských zemích v podmínkách boreálního lesa dlouhodobě běžným a hojně praktikovaným postupem (Béland a kol., 2000). Se současným všeobecně rostoucím zájmem o mimoprodukční funkce lesa a o zvyšování stability našich lesů roste i význam přírodě blízkých pěstebních postupů (Ulbrichová a kol. 2018). Obnova clonnými sečemi je v kontextu borového hospodářství stále často vnímána jako komplikovanější a nákladnější oproti holosečné obnově. Hånell a kol. (2000) došel při porovnání nákladů na těžbu holosečného a podrostitního způsobu k závěru, že z důvodu delšího času těžby harvestorem je podrostitní způsob nákladnější. Pouze za předpokladu, že se jedná o těžbu kvalitních pilařských výřezů se těžba harvestorem vyplatí, avšak zvýšené náklady na těžbu mohou být nakonec vynahrazeny ušetřenými náklady při zakládání a výchově porostu (Bílek a kol. 2017). Dle studie

Vacek a kol. 2017 vyplývá, že na stanovištích kyselých borů a borových doubrav lze úspěšně borovici pěstovat přírodě blízkým podrostním způsobem bez ztráty na kvalitě, či produkci. Dle poznatků mnohých autorů může být podrostní hospodářství ve výsledku efektivnější, ekonomičtější a vede k trvale udržitelné, vyrovnané a stabilnější produkci (Poleno 1999, Košulič 2009, Bílek a kol. 2018).



Obr. 5 Příklady clonných forem obnovy: A - velkoplošná clonná seč, B - skupinová clonná seč, C - pruhová clonná seč (Peřina a kol. 1964).

Clonná obnova se vyznačuje dlouhou dobou obmýtí, má několik fází, resp. sečí, které mají každá trochu jiný cíl, intenzitu a načasování. Dle Poleno a Vacek (2009) clonné seče dělíme na, seč přípravnou, seč semennou, seč prosvětlovací a seč domýtnou.

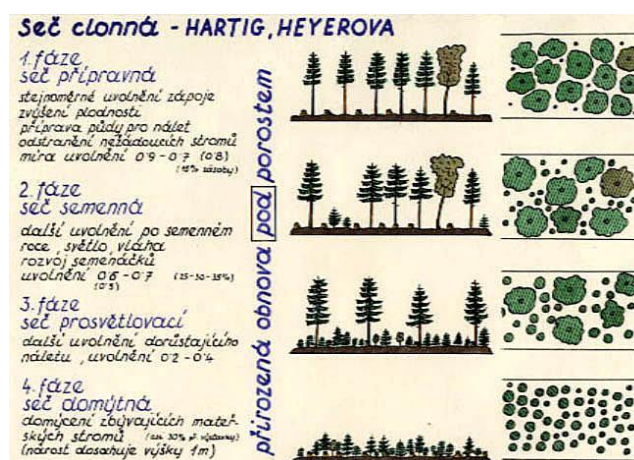
Při **přípravné seči** se z porostu odstraňují stromy, které jsou nežádoucí k reprodukci (druhově, geneticky a kvalitativně nevhodné). Intenzita je dána výchozí kvalitou mateřského porostu, nicméně by zakmenění nemělo klesnout pod 0,9 až 0,7. Uvolněním korun netěžených stromů se iniciuje světlostní přírůst, rozrůstání korun, vyšší plodnost a dochází ke změnám půdních a klimatických poměrů uvnitř porostu.

Seč semennou je nutné synchronizovat se semenným rokem borovice a přípravou půdy tak, aby investice do příprav nepřišla vniveč. Z porostu se těží slabší jedinci a klade se důraz na rovnoměrné zakmenění a zápoj. Při tomto zásahu se zakmenění snižuje na hodnotu 0,7 až 0,5. Stejný postup doporučuje i Bílek a kol. (2017), který píše, že v první fázi obnovní těžby snížení zakmenění na 0,7 brání rozvoji buřene a zároveň již vytváří vhodné podmínky pro klíčení semenáčků. V počáteční fázi růstu semenáčky borovice tolerují světelné podmínky v amplitudě od holiny po zakmenění 0,8. Hlavním limitujícím

faktorem této fáze jsou vláhové poměry a s tím spojená konkurence ostatní vegetace (Aleksandrowicz-Trzcińska a kol. 2013). Velice záhy semenáčky začínají mít vyšší nároky na světlo, a tak další zásah musí přijít velmi brzy (do 3 let) a to s redukcí zakmenění na 0,5. V dobrých podmínkách pro přirozenou obnovu lze k této redukcii přistoupit rovnou první sečí.

Seč prosvětlovací se provádí přibližně ve 3-5 letech věku náletu. Podmínkou je, aby byl nálet již dobře zakořeněný a odrůstal buřeni. V této fázi již mladí jedinci vyžadují výrazně více světla a vláhy, takže je nutné omezit intercepci srážek a zástin mateřským porostem dalším snížením zakmenění na hodnotu 0,4 až 0,2. Navíc u dospělých jedinců dochází k žádoucí reakci na uvolnění v podobě zvýšeného radiálního přírůstu. (Brichta a kol. 2019).

Seč domýtná je poslední fází obnovní těžby. Dotěžení mateřského porostu se doporučuje provést při výšce nárostu 0,5 až 1 m. U všech fází obnovy je při těžbě velmi důležité napáchat co nejmenší škody na mladém podrostu. Nejšetrnější těžební metodou je dle Bílek a kol. (2017) metoda sortimentní.



Obr. 6. ilustrace fází clonné dle Hartiga a Hayera (zdroj: učební text LDF Mendelu).

Hlavní výhody podrostního hospodářského způsobu s přirozenou obnovou dle Bílek a kol. (2017) jsou:

- pro přirozenou obnovu příznivější porostní klima s menší pravděpodobností výskytu klimatických extrémů
- jemnější větvení jedinců obnovy a předpoklad vyšší kvality dříví
- nižší naléhavost výchovných zásahů

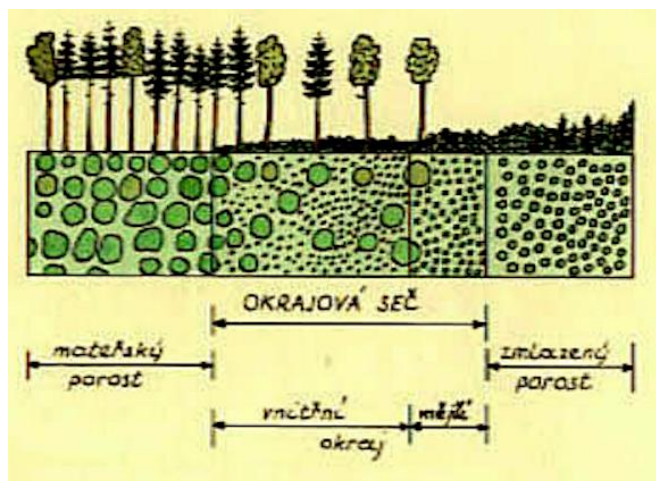
- nižší atraktivita pro biotické škůdce a tím nižší náklady na ochranná opatření (buřeň, zvěř, klikoroh, apod.)

Naopak hlavními nevýhodami podrovního hospodářského způsobu jsou:

- vyšší nároky na lesního hospodáře v plánování a organizaci obnovy
- vysoké nároky na operátory mechanizace při přípravě půdy a těžbě vzhledem k riziku poškození mateřského porostu
- Vysoké finanční ztráty v případě neúspěchu přirozené obnovy po provedení přípravy půdy.
- Obnova borovice je silně závislá na objemu a kvalitě semenné úrody, která je v úzkém vztahu s příznivým průběhem počasí na jaře a v létě.
- V důsledku špatného provedení, načasování, nebo zanedbání clonných sečí může dojít k mortalitě náletu (nepříznivé světelné a vláhové poměry).

3.4.3. Způsob násečný

Hospodářský způsob násečný je kombinací holosečného a podrovního způsobu. Principem je obnova porostu pruhovými holosečnými prvky tzv. náseky. Šíře těchto náseků nepřekračuje výšku těžného porostu. Vytvořením sousedství holé plochy a dospělého porostu vzniká okrajový efekt (**Vacek a kol. 2018**). Rozdílné klimatické a světelné podmínky panují na vnější a vnitřní straně porostní stěny. Různou orientací a postupem náseků ke světovým stranám lze docílit velkého spektra klimatických, vláhových a světelných podmínek pro obnovu. Nový porost vzniká umělou či přirozenou obnovou jak na vnějším okraji porostu, tak i pod clonou vnitřního okraje porostu. Po zajištění porostu na náseku se v jednom směru pokračuje násekem dalším. I zde současně převládá využívání umělé obnovy, ale i zde existuje velký potenciál využití přirozené obnovy pod clonou mateřského porostu bočním i náletem semen (**Poleno, Vacek 2009**). V kontextu borového hospodářství je pro cílevědomou iniciaci přirozené obnovy vhodné použití postupné okrajové seče, kterou se sníží zakmenění porostu vnitřního okraje v kombinaci s přípravou půdy (Obr. 7). Vznikají tak pruhy podrovní a holosečné obnovy vedle sebe (**Vacek, Podrázský 2006**).



Obr. 7. Ilustrace násečného způsobu obnovy s postupnou okrajovou sečí (zdroj: učební text LDF Mendelu).

Existují různé varianty provedení náseků, tvaru, orientace a směru postupu. Všeobecně je doporučeno postupovat s náseky od východu na západ, aby se porostní stěna nevystavovala směru západních bořivých větrů. Směr od východu, jihovýchodu je pro obnovu borovice důležitý i z hlediska většího množství větrem navátých semen na volnou plochu. Další důvod je větší oslunění pro nálet borovice a nižší výskyt houbových chorob a některých druhů buřeneš (např. rod *Calamagrostis*), kterým se daří lépe na vlhčích stinných severních okrajích (Šindelář 2004).

3.4.4. Způsob výběrný

Ve výběrném hospodářském způsobu je cílem udržení velmi diferencované výškové a prostorové struktury porostu. Obnova porostu probíhá neustále a ideálně spontánně. Doba obmýtí neexistuje, jelikož i těžba probíhá neustále. Těžba se soustředí na jednotlivé mýtně zralé stromy nebo jejich skupiny (dosáhnou cílové tloušťky). Zásoba porostu nekolísá a je plošně vyrovnaná (Poleno, Vacek 2009). Výchovné zásahy se provádí v malém rozsahu, ale bez kontinuální výběrné seče nelze udržet typickou strukturu všech věkových a výškových stupňů. Již po 20 až 30 letech se porost samovolně výškově nivelizuje (Korpel, Saniga 1993). Dle Reininger (1997) lze borový výběrný les udržet, pouze jako neustále hospodářsky usměrňovaný kulturní porost. Bez výběrné seče porost samovolně dospěje do méně etážové struktury. Růst je u borovice pod

clonnou výběrného lesa silně tlumený, ale odcloněním se dokáže vyrovnat nebo i předčít parametry borovice na holoseči díky posunuté kulminaci přírůstu.

Bílek (2017) uvádí, že u světlomilných dřevin je pro zdárné výběrné hospodaření nezbytné výrazné trvalé snížení porostní zásoby, což umožňuje plynulé dorůstání mladších jedinců do horní etáže. U tohoto způsobu lze očekávat kladné efekty přírodě blízkého hospodaření jako je vysoká míra autoregulace, nižší vstupy do ekosystému, vyšší stabilita porostu, nižší riziko velkoplošného kalamitního rozpadu a větší biodiverzita. Dnes lze nalézt maloplošné až výběrné hospodaření s borovicí lesní v jižní Evropě, kde tvoří horské porosty. Ve střední Evropě není výběrný způsob pěstování využíván ve vysoké míře a o to méně výběrné hospodářství borů. Tyto postupy se aplikují spíše ve smíšených porostech s různým zastoupením borovice v lesích se zvýšenými nároky na mimoprodukční funkce lesa. Uplatnění principů výběrného lesa na borovici lze nalézt na přirozených borových stanovištích s převažující ochranou a ekologickou funkcí, kde jednotlivý nebo skupinový výběr slouží na podporu obnovy cenných místních populací.

3.5. Možnosti zvyšování adaptability borových porostů

Globální klimatická změna a z ní plynoucí kalamitní rozpad našich jehličnatých lesů ukazuje nevhodnost extenzivního monokulturního a čistě produkčně orientovaného hospodaření. Klimatická změna ukazuje křehkost ekologické stability takto pěstovaných porostů a nutí celé naše lesní hospodářství k adaptačním změnám (**Remeš 2018**). Ke zvyšování adaptability lesů je zapotřebí využívat v maximální možné míře přírodních procesů, stanovištně vhodných dřevin a jejich směsí. Zájem lesníků o ekologicky orientované postupy pěstování roste a jejich cílem je vytvářet dlouhodobě stabilní a produkčně i mimoprodukčně hodnotné zdravé porosty s maximální mírou odolnosti vůči změnám klimatu (**Bílek 2017**). Dle mnohých odborných názorů k tomu vede cesta přes dodržování několika principů přírodě blízkého hospodaření, kterými jsou: vyšší využití přirozené obnovy, jemnější obnovní postupy, druhová pestrost stanovištně vhodných dřevin a obecná porostní strukturní heterogenita. (**Brichta a kol. 2019, Vacek a kol. 2016, Šindelář 2000, Seidl 2011**). V neposlední řadě je velmi důležité udržovat dobrý stav lesní půdy a koloběhu živin, který souvisí s managementem mrtvého dřeva (souší, zlomů, těžebních zbytků apod.) (**Remeš a kol. 2015, Remeš a kol. 2016, Bače, Svoboda 2016**).

3.5.1. Smíšené borové porosty

Tématu přeměny borových monokultur a možnosti smíšení se ve stínu smrkové krize nevěnovala velká pozornost. Široká ekologická valence a očekávaná vyšší rezistence vůči dlouhým suchým a teplým periodám však také došla svého limitu. (**Souček a kol. 2018, Senf a kol. 2020**). Postupné obohacení druhové skladby nepůvodních borových monokultur stanovištně vhodnými dřevinami je jedním z klíčů zlepšení současné nepříznivé situace. Smíšení několika druhů dřevin, v závislosti na stanovišti, je přirozená součást přírodního lesa, která má pozitivní vliv na odolnost porostu vůči celé škále škodlivých činitelů (**Seidl 2011, Riofrío a kol. 2017**). Stabilního, komplexně prosperujícího lesa nelze docílit jen na základě pěstebních a ochranných opatření bez řádné podpory přirozeného smíšení (**Šrámek 2006**). Hospodářské lesy vznikající z novodobé snahy o přírodě blízké lesnictví mají potenciál lépe plnit nejen mimoprodukční funkce, ale i zajistit stabilní, trvale udržitelnou uspokojivou produkci

(**Pretzsch a kol. 2015**). Produkce smíšených borových porostů může výrazně předčít produkci borové monokultury (**Bielak a kol. 2014**). Opad přimíšených listnatých dřevin spodní etáže, zejména buku a břízy, má žádoucí vliv na udržení kvality půdy chudých stanovišť (**Blonska kol. 2018, Bílek a kol. 2017**).

Dle **Součka a kol. (2018)** a jejich metodiky přeměny borových monokultur na stanovištích přirozeně smíšených porostů existuje různá naléhavost druhové změny borových porostů. Na některých stanovištích je nutno pro budoucí stabilitu les od základu druhově a strukturálně přeměnit, jinde jen podpořit přirozené smíšení nebo druhově obohatit. Míra smíšení a strukturalizace porostu by se měla odvíjet od CHS, konkrétních stanovištních podmínek a hospodářského cíle.

Nejvyšší naléhavost druhové změny je v borových porostech, na stanovištích mimo přirozený výskyt borovice, na stanovištích přirozených, smíšených listnatých až smrkových lesů (CHS 19, 29, 35, 41, 45, 47, 51, 55 a 57). Zde je borové hospodářství nežádoucí a je nutné obnovit porost odpovídajícími cílovými dřevinami.

Střední naléhavost druhové změny borových monokultur je na stanovištích s přirozeným výskytem borovice (CHS 01, 13, 21, 23, 25, 27, 29, 31). I na těchto stanovištích s intenzivním borovým hospodářstvím je žádoucí dodržovat doporučený podíl melioračních a zpevňujících dřevin stanovené vyhláškou 298/2018 Sb a vytvářet bohatší prostorovou strukturu.

Na přirozených borových stanovištích (CHS 13) a mimořádně nepříznivých stanovištích (CHS 01) je naléhavost změny druhové skladby spíše nízká. Vzhledem k charakteru stanovišť jsou možnosti přimíšení dalších dřevin značně omezené. Zde by měl adaptační management přednostně směřovat k využívání jemných obnovních způsobů a podpoře přimíšených dřevin, pokud možno z přirozené obnovy.

Vzhledem k pionýrské povaze borovice a jejím velkým nárokům na světlo je přirozená obnova borovice pod zápojem jiných dřevin minimální. Schopnost borovice odrůstat v podúrovni se zvyšuje s extremitou stanoviště a rozvolněností zápoje (**Poleno a kol. 2008**). S borovicí lze jen těžko vytvářet bohatě smíšený a strukturovaný porost s jejím trvalým podílem v desítkách procent, kde by se borovice přirozeně zmlazovala pod trvalým zápojem (**Vacek a kol. 2017**). Borovicí je nutné pro její prosperitu udržovat v

porostní úrovni a pro udržení jejího podílu ve směsi je nezbytné vytvořit vhodné podmínky pro zmlazení a odrůstání. Naproti tomu, díky svojí široké ekologické valenci je schopna vytvářet směsi s většinou dřevin (**Souček a kol. 2018**). Nejvhodnější směsi vytváří s dubem, břízou, smrkem, částečně s modřínem a vtroušeně s dalšími listnáči (**Vacek a kol. 2017, Pretzsch a kol. 2015, Blonska kol. 2018**).

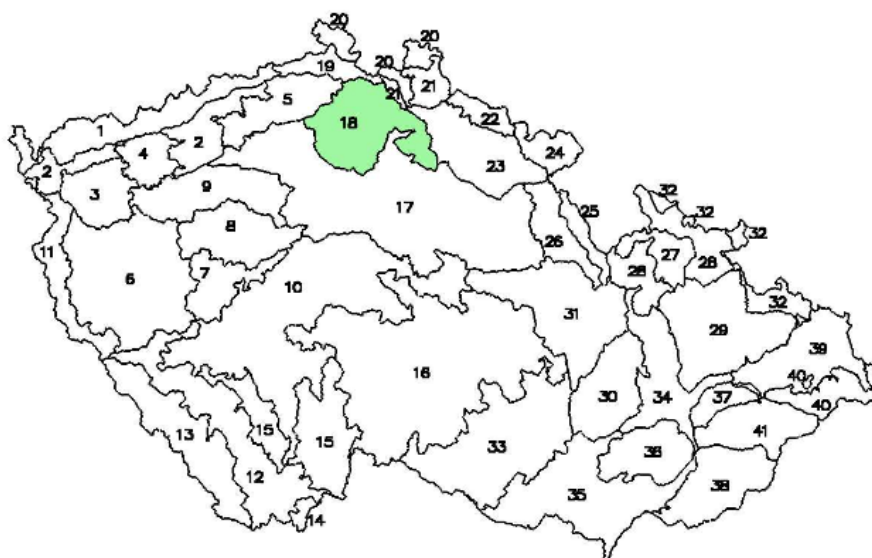
3.5.2. Struktura porostu

Struktura porostu úzce souvisí s hospodářským způsobem a smíšením porostu. Porosty, ve kterých se aplikují šetrné způsoby obnovy a přirozená obnova, vytváří výrazně bohatší vertikální i horizontální strukturu. Přítomnost vícero druhů dřevin v různých stádiích vývoje na ploše vytváří výrazně vyšší heterogenitu porostu (**Vacek a kol. 2016**). S rostoucí druhovou a strukturální, lokální a velkoplošnou heterogenitou lesů roste i jejich rezistence vůči škodlivým činitelům a schopnost přizpůsobit se změnám klimatu (**Churchill a kol. 2013, Bouwman a kol. 2021**). Struktura porostu má vliv na vitalitu a odolnost porostu. Dle **Mikesky a kol. 2008** při vhodně zvolené míře zástínu a načasování rozvolnění zápoje, se procesem autoredukce pod clonnou vyselektují nejodolnější jedinci borovice, kteří vytvářejí stabilní opory strukturální mozaiky lesa. Pravidelné uvolňování korun výchovou ve všech vývojových stádiích a pěstování ve sníženém zakmenění v dospělém porostu, vede k tvorbě velkého asimilačního a kořenového systému a tím k lepší vitalitě (**Erber 2019**). Prostorová různorodost porostu může pozitivně ovlivňovat nejen vývoj stromového patra, ale také ekosystémová společenstva v podrostu (**Fahey, Puetmann 2008**).

3.6. Charakteristika zájmového území

3.7. PLO 18 - Severočeská pískovcová plošina a Český ráj

Výzkumná plocha praktické části diplomové práce se nachází v přírodní lesní oblasti 18, jejíž rozloha činí 218 763 ha (Obr. 8). PLO 18 se nachází v severních Čechách a zasahuje do čtyř krajů. Největší částí leží v Libereckém kraji (62 %). PLO 18 je dále členěná na 18a – Severočeská pískovcová plošina a 18b - Český ráj. Naše zájmové území se nachází v PLO 18a. Lesnatost oblasti je 39 %, což je více než celostátní průměr (34%).



Obr. 8. Mapa ČR a přírodních lesních oblastí. PLO č. 18 - Severočeská pískovcová plošina a Český ráj (ÚHUL 2001).

Majoritní zastoupení v této oblasti má borovice lesní (56 %), která přirozeně roste na zdejších chudých propustných písčitých půdách. Borovice na těchto stanovištích vykazuje průměrnou až podprůměrnou produkci. Druhé místo v zastoupení zaujímá smrk ztepilý (21 %) (Tab. 3). Borovice zde roste nejčastěji v rozsáhlých téměř monokulturních porostech (zastoupení nad 90 %) nebo v dominantním zastoupení (nad 70 %). Tyto dva porostní typy zaujímají 36% celé PLO. Dále jsou velmi hojně zastoupeny porosty s podílem borovice okolo 50 %. Smíšené porosty jsou nejčastěji kombinace borovice se smrkem, dubem či břízou. Výrazně převládajícím hospodářským souborem je s 45,9 % HS 13 - přirozené borové stanoviště. Významnou část PLO 18 dále zaujímají HS 43, 23, 45 a 01, kde má borovice také významný podíl na skladbě (Tab. 4). Její současný podíl

je o 17% vyšší, než v přirozené skladbě a o 3% vyšší než ve skladbě cílové. Často je pěstována na místech, kde by přirozeně převládal spíše dub a další listnáče (ÚHUL 2001).

Tab. 3. Současná druhová skladba v PLO 18 (ÚHUL 2001).

Jehličnany	SM	JD	BO	MD	DG	JDO	Ost J.						
%	21,4	/	55,8	2,3	/	/	/						
Listnáče	DB	BK	HB	JV	JS	BŘ	LP	OL	AK	TP	VR	Ost. L.	
%	5,4	3,3	0,9	0,3	0,6	5,9	0,4	1,2	0,9	0,4	/	0,1	

Tab. 4. Zastoupení cílových hospodářských souborů v PLO 18 (ÚHUL 2001).

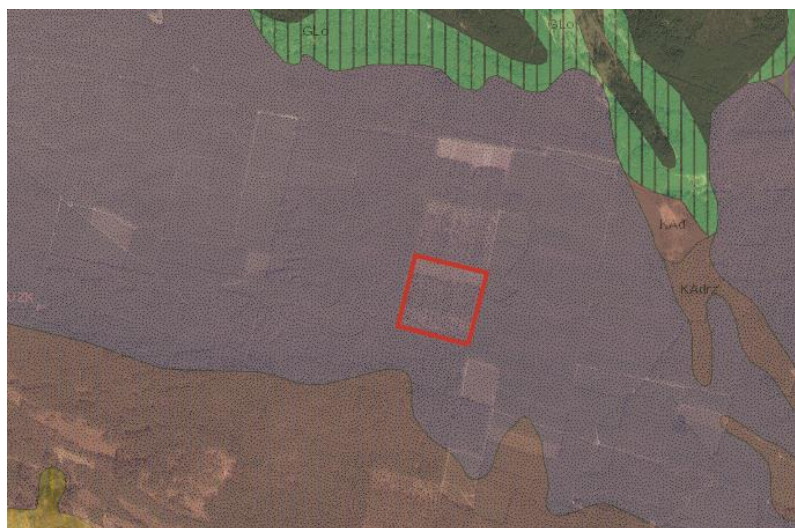
CHS	13	19	21	23	25	27	29	39	41	43
zastoupení %	45,9	0,6	3,5	7,6	3,6	0,4	0,6	0,6	3,6	18
CHS	45	47	51	53	55	57	59	1		
zastoupení %	5,6	3,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,4	5,8		

3.7.1. Geologie a pedologie

Zájmovou oblastí je Jestřebská kotlina patřící do podcelku Dokeské pahorkatiny, do celku Ralské pahorkatiny a do oblasti Severočeské tabule. Obecně na tomto území převládají křídové sedimentární horniny. Ty se dělí na méně odolné pískovce (jílové a slínové), které rychleji zvětrávají a tvoří kotliny, a na odolné křemenné, železité nebo vápnité pískovce, které tvoří hřbety, kopce, pískovcová města a skalní pásy. Zkoumané porosty leží v blízkém okolí Máchova jezera a Břežyňského rybníku v Jestřebské kotlině (280-350 m.n.m.). Jestřebská kotlina je plochá tektonická sníženina křemitých a železitých pískovců s širokými rašelinnými nivami v povodí Robečského potoka a mnoha rybníky. Je obklopena několika neovulkanickými čedičovými a znělcovými sukly (Bezděz 637 m.n.m., Tachovský vrch 498 m.n.m., Borný 446 m.n.m.) vystupujícími skrz pískovcovou plošinu (ÚHUL 2001).

Geomorfologie území Dokeské pahorkatiny dala za vznik převážně chudým, propustným písčítým půdám, které jsou o něco bohatší v okolí mokřadů, říční nivy a okolních svazích vulkanických kopců. Nejbohatší půdy jsou zde hnědozemě, které se

nachází na vyvýšených plošinách a v okolí vulkanických kopců. Na svazích kotliny jsou to převážně kambizem. Dno kotliny, okolí rybníků a potoků tvoří podzoly a glejové půdy. Výzkumná plocha leží na podzolu arenickém (PZr), což je humusoželezitý podzol typický pro bory na písčích nižších poloh (Obr. 9, 10). Proces podzolizace je zde způsoben chudou matečnou horninou a kyselým opadem borových porostů (ÚHUL 2001).



Obr. 9. Zkoumaný plocha na půdní mapě v měřítku 1:15 120, fialová: podzol arenický, hnědá: kambizem arenická, zelená: glej rašelinová (zdroj: mapy.geology.cz).



Obr. 10. Půdní profil ve zkoumaném porostu, podzol arenický. (foto: Lukáš Butor 2019).

3.7.2. Typologie

Z hlediska lesní typologie spadají výzkumné porosty do lesního vegetačního stupně 0 - Společenstva borů a společenstva s přirozeně vysokým podílem borovice, které jsou vázány na chudé písčovcové podloží. Mimo tato azonální stanoviště 0. LVS spadá tato oblast do 2–3. LVS, s ročním úhrnem srážek okolo 600mm za rok. Zájmové porosty se nacházejí v kyselé ekologické řadě v edafických kategoriích M - chudá a K - kyselá. Zkoumaný porost balancuje na pomezí SLT 0K2 - kyselý bor modální a 0M1 - chudý bor modální (Obr. 11). Kyselý bor je nejrozšířenějším SLT borových lesů v severočeské křídové tabuli. Borové lesy zde rostou na velmi propustných, vysýchavých a na živiny chudých půdách, které mají sklony k podzolizaci. Jsou to půdy velmi náchylné ke svahové erozi a rychlé mineralizaci. Převládajícím půdním typem je podzol arenický a o něco méně kambizem arenická podzolovaná. Borovici na těchto stanovištích přirozeně doprovází v různé míře i dub nízké kvality a bříza. Přirozená druhová skladba je pro 0K2 - BO8, DB2, BŘ a pro 0M1 - BO8, BŘ2, DB. Bonita borovice i dubu je v těchto porostech spíše podprůměrná (6-8. bonitní stupeň). Bylinné patro pod zástínem ovládá převážně borůvka (*Vaccinium myrtillus*) a brusinka (*Vaccinium vitis idaea*), ve světlých porostech, na světlinách a pasekách je tu merlice křivolaká (*Deschampsia flexuosa*) a vřes obecný (*Calluna Vulgaris*) (Mikeska a kol. 2008, ÚHUL 2001). Zkoumané porosty z velké míry odpovídají výše popsané charakteristice, tudíž se jedná o opravdu typický vzorek hospodářského kyselého-chudého boru.

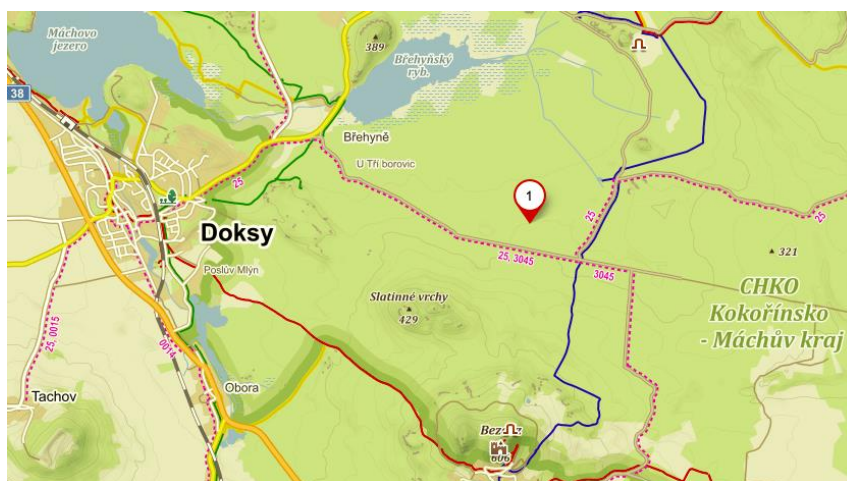


Obr. 11. Typologická mapa a umístění zkoumané plochy (zdroj: <http://geoportal.uhul.cz>).

4. Metodika

4.1. Výběr a založení lokality

Pro výzkum této práce byl zvolen porost ležící nedaleko na západ od města Doksy. Les patří Vojenským lesům a statkům, s.p., divize Mimoň, spadající do LHC Břehyně. Jedná se o rozlehlé borové hospodářství na HS 13, na kterém se uplatňují tradiční postupy hospodaření borů, ale zároveň se zde ve spolupráci s katedrou pěstování lesů FLD ČZU a VÚLHM zkoumají postupy nové. K založení výzkumné plochy došlo v roce 2015 v rámci výzkumného projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum QJ1520037 (2015–2018): *Zvyšování adaptability borového hospodářství v podmínkách ČR*. Tato plocha byla pojmenována podle vedle ubíhající Mariánské cesty MARIANA I a nachází se na souřadnicích (50.5627928N, 14.7247353E) (Obr. 12). Jedná se o rovinnatý terén v nadmořské výšce 290 m.n.m. Průměrná roční teplota je 7,3 °C a průměrná maximální teplota je 31,5 °C. Průměr ročních srážek je 635 mm.



Obr. 12. Lokalizace zkoumané plochy v blízkosti města Doksy (Mapy.cz).

Plocha výzkumu byla založena k výzkumu přirozené obnovy podrostního hospodářství borovice s různou intenzitou clonné seče a různými variantami přípravy půdy. Porost o rozměrech 240 x 250 m (6 ha) byl rozdělen na čtyři stejné sekce o rozměrech 60 x 250 m, přičemž v každé z nich byl proveden různě silný mýtní zásah. V první sekci byla provedena holoseč a v ostatních clonná seč o různé intenzitě. Po těžebním zásahu vznikly 4 sekce s variantami zakmenění 0; 0,4; 0,6 a 0,8. Zásah byl proveden v únoru 2016. Inventarizace zakmenění byla provedena dle metodiky **Abdollahnejad a kol. (2019)**. V takto rozpracovaném porostu byla následně provedena příprava půdy ve

čtyřech variantách v pruzích kolmo na sekce variant zakmenění, ve dvou opakování pro větší relevanci dat. Celkově tak vzniklo osm pruhů střídajících se čtyř variant přípravy půdy o rozměrech 31,25 x 60 m. Kombinace variant zakmenění a variant přípravy půdy dohromady dává 16 kombinací (zakmenění x příprava půdy) ve dvou opakování (32 obdélníkových ploch) (Obr. 14).



Obr. 13. Satelitní snímek porostu před zásahem v září 2014 (vlevo) a po těžebním zásahu a přípravě půdy, červen 2016 (vpravo) (zdroj: Mapy.cz).



Obr. 14. Satelitní snímek s ilustrací rozdělení variant zakmenění a přípravy půdy. Ř – řádkovač, F – fréza, S – shrnovač, K – kontrola, modré pruhy – ilustrace vedení transektů, kde probíhal sběr dat (zdroj satelitního snímku: Mapy.cz).

K přípravě půdy byl použit traktor Valtra 6800 s třemi různými druhy příslušenství pro odlišné techniky přípravy půdy. První varianta byla provedena **řádkovačem** (kombinovaná půdní fréza KSH 700). Jednalo se o pruhovou přípravu půdy, při které vznikly rovnoběžné řádky o vzájemné vzdálenosti 1 m. V řádcích došlo k úplnému promísení humusové vrstvy s minerální půdou a kompletnímu odstranění přízemní vegetace. Druhou variantou byla celoplošná příprava půdy půdní lesní **frézou** Meri Crusher 1,8 ST, která na celé ploše odstranila vegetační kryt a promíchala horizonty do hloubky 20 cm. Třetí varianta půdní přípravy byla provedena shrnutím těžebních zbytků **shrnovačem** klestu SH 01, při kterém došlo k částečnému narušení vegetačního krytu a odhalení minerální půdy. Čtvrtá varianta byla ponechána bez zásahu do půdy a vegetace a slouží jako **kontrolní** varianta k porovnání s ostatními variantami (Obr. 15).



Obr. 15. Varianty přípravy půdy: A - shrnovač klestu SH 01, B - řádkovač KSH 700, C - půdní fréza Meri Crusher 1,8 ST, D - kontrolní varianta bez přípravy půdy (foto: I. Ulbrichová).

4.2. Sběr dat

Sběr dat na ploše MARIANA I pro tuto práci proběhl po 5 letech od založení výzkumné plochy na podzim roku 2020. Sběr dat neprobíhal celoplošně, ale v reprezentativních transektech. Každou ze 32 variantních ploch probíhaly dva rovnoběžné pruhové transekty ($n = 64$) o rozměrech 2×60 m tj. dohromady $0,77$ ha měřicí plochy. Transekty byly navrženy tak, aby probíhaly všemi kombinacemi variant hustoty porostu (zakmenění) a přípravy půdy. Transekty byly rozmístěny v pravidelných rozestupech po třetinách kratší strany dílčí obdélníkové plochy (Obr. 14). V terénu byly transekty vyznačeny pomocí dřevěných zemních kolíků a reflexního provázku (Obr. 16). Každý transekt byl podélně rozdělen na čtverce 2×2 m, tj. $n = 30$ čtverců na dílčí transekt. Jednotkou terénního měření byl právě jeden tento čtverec.

V každém čtverci proběhla inventarizace počtu jedinců přirozené obnovy (semenáčků) s výškou do 10 cm a nad 10 cm (včetně). U jedinců do 10 cm se měřila pouze výška. U všech jedinců se zaznamenávalo poškození okusem zvěře binární formou: okus ano/ne. U jedinců nad 10 cm se zaznamenala celková výška jedince, délka jednotlivých přírůstků (za rok 2016, 2017, 2018, 2019 a 2020), šířka koruny a tloušťka kořenového krčku. K měření délek s přesností na cm byl použit svinovací metr a k měření

tloušťky kořenového krčku s přesností na desetiny mm digitální posuvné měřítko. Hodnoty se zapisovaly ručně do papírových zápisníků. Měření probíhalo ve dvojicích měřič a zapisovatel.



Obr. 16. Transekty na holoseči vyznačené pomocí provázků a zemních kolíků. (foto: Daniel Menšík 2020).

4.3. Zpracování dat

Záznamy inventarizace byly přepsány z papírových zápisníků do počítačového sešitu programu MS Excel. Data o veličinách a poškození jedinců byla do tabulek chronologicky seřazená dle příslušnosti k variantě zakmenění a přípravy půdy. Absolutní počty byly přepočteny na průměrné hodnoty na 1 ha porostu. Takto zpracovaná data byla importována do softwaru TIBCO Statistica 14, kde nejprve byla ověřena normalita souboru dat pomocí Kolmogorov-Smirnovova & Lillieforsova testu normality dat s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$. Výsledek testu ukázal, že se nejedná o data s normálním rozdělením, tudíž byl pro tato neparametrická data využíván, k porovnání více nezávislých souborů dat, Kruskal-Wallisův test (s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$). Dále byly vytvořeny popisové tabulky k porovnání veličin (hektarové počty, průměrný přírůst za období, výšky, šířky koruny, tloušťka kořenového krčku, jejich směrodatné odchylky a mediány) mezi jednotlivými variantami zakmenění a přípravy půdy. Výsledky byly pro přehlednost zpracovány graficky formou krabicových, sloupcových a spojnicových grafů.

5. Výsledky

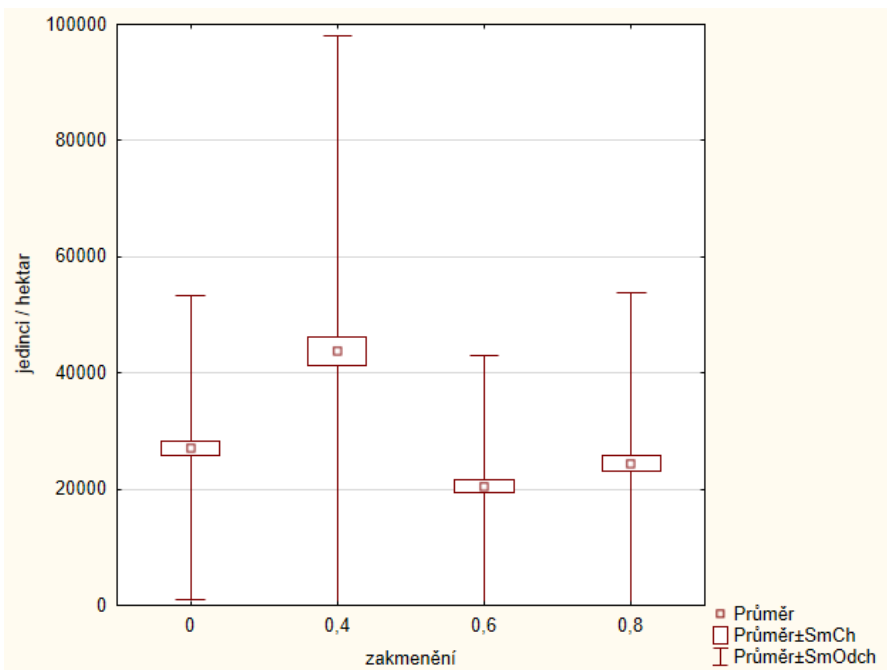
5.1. Výsledné počty jedinců obnovy dle variant pěstebních opatření

5.1.1. Průměrné počty jedinců dle zakmenění

Dle inventarizace přirozené obnovy vyšlo, že souhrnný průměrný počet jedinců celé výzkumné plochy je 29 421 jedinců/ha. Dle jednotlivých variant zakmenění bylo zjištěno, že na celé ploše holoseče se vyskytuje v průměru 27 126 jedinců/ha. V porostu se zakmeněním 0,4 se vyskytuje průměrně 43 711 jedinců/ha. Na ploše se zakmeněním 0,6 je to 20 445 jedinců/ha a na ploše se zakmeněním 0,8 je to 24 418 jedinců/ha (Tab. 5, Obr. 17).

Tab. 5. Počet jedinců na hektar bez rozdílu výšky dle zakmenění.

zakmenění	počet jedinců / hektar	medián	směrodatné odchylna
0	27126	20000	26132
0,4	43711	27500	54249
0,6	20445	15000	22635
0,8	24418	15000	29467



Obr. 17. Graf počtu jedinců na hektar bez rozdílu výšky dle zakmenění.

Z vícenásobného porovnání hodnot Kruskal-Wallisovým testem vyšlo, že v statisticky nevýznamný rozdíl v počtech jedinců/ha je pouze mezi variantami zakmenění 0,6 a 0,8 (Tab. 6). Mezi ostatními variantami panuje statisticky významný rozdíl. Z Obr. 17 lze konstatovat, že nejvíce jedinců/ha roste na ploše se zakmeněním 0,4 a výrazně méně jedinců se nachází na holoseči, a ještě méně na plochách 0,6 a 0,8.

Tab. 6. Vícenásobné porovnání hustoty o přirozené obnovy dle variant zakmenění porostu Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$).

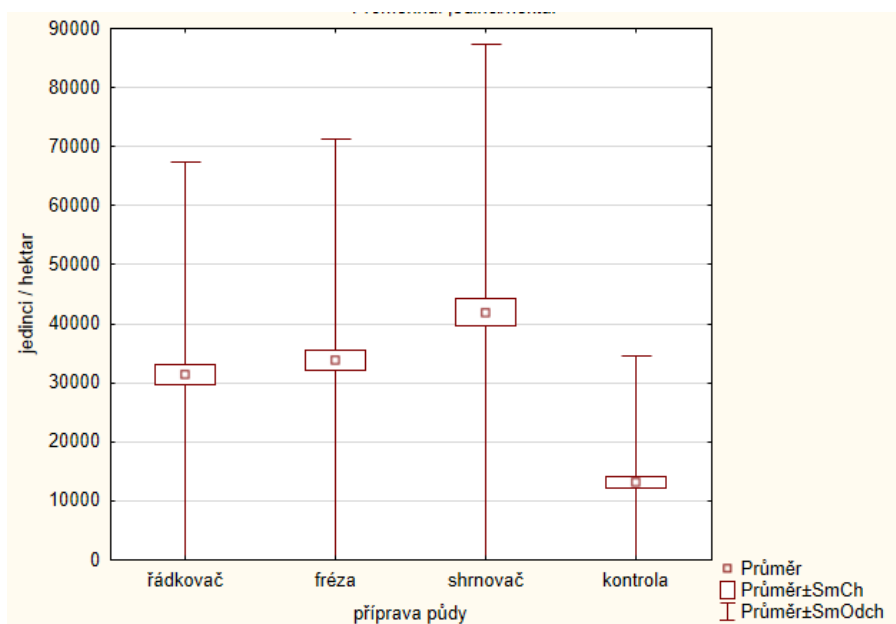
Závislá: jedinci/hektar	Vícenásobné porovnání z' hodnot; jedinci/hektar (Čtverce v Mariana čistá data) Nezávislá (grupovací) proměnná : zakmenění Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 1797) =92.25827 p =0.000			
	0 (R:944.59)	0,4 (R:1056.7)	0,6 (R:766.03)	0,8 (R:798.88)
0		3,337410	5,123102	4,180514
0,4	3,337410		8,417378	7,465960
0,6	5,123102	8,417378		0,918618
0,8	4,180514	7,465960	0,918618	

5.1.2. Průměrné počty jedinců dle přípravy půdy

Z pohledu jednotlivých variant přípravy půdy jsou počty semenáčků následující: na ploše pruhové přípravy půdy řádkovačem se nachází 31 347 jedinců/ha. Na celoplošně připravené půdě půdní frézou se nachází 33 824 jedinců/ha. Nejvíce jedinců roste na ploše upravené shrnovačem klestu a to 41 885 jedinců/ha. Výrazně nejméně jedinců se uchytilo na ploše bez přípravy půdy (kontrola), kde se nachází v průměru 13 213 jedinců/ha (Tab 7, Obr. 18).

Tab. 7. Hustota jedinců přirozené obnovy na hektar dle variant přípravy půdy.

příprava půdy	počet jedinců / hektar	medián	směrodatné odchylka
řádkovač	31347	22500	36119
fréza	33824	22500	37467
shrnovač	41885	30000	45499
kontrola	13213	5000	21450



Obr. 18. Graf hustoty přirozené obnovy dle přípravy půdy.

Z vícenásobného porovnání hodnot Kruskal-Wallisovým testem vyšlo, že rozdíl v počtu semenáčků na ploše připravené shrnovačem a frézou není staticky významný, i když se na ploše shrnovače nalézá nejvíce jedinců/ha. Dále nebyl shledán signifikantní rozdíl mezi přípravou řádkovačem a frézou. Všechny plochy s přípravou půdy vykazují staticky významný rozdíl oproti ploše bez přípravy (kontroly).

Tab. 8. Vícenásobné porovnání hustoty o přirozené obnovy dle variant zakmenění porostu Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$).

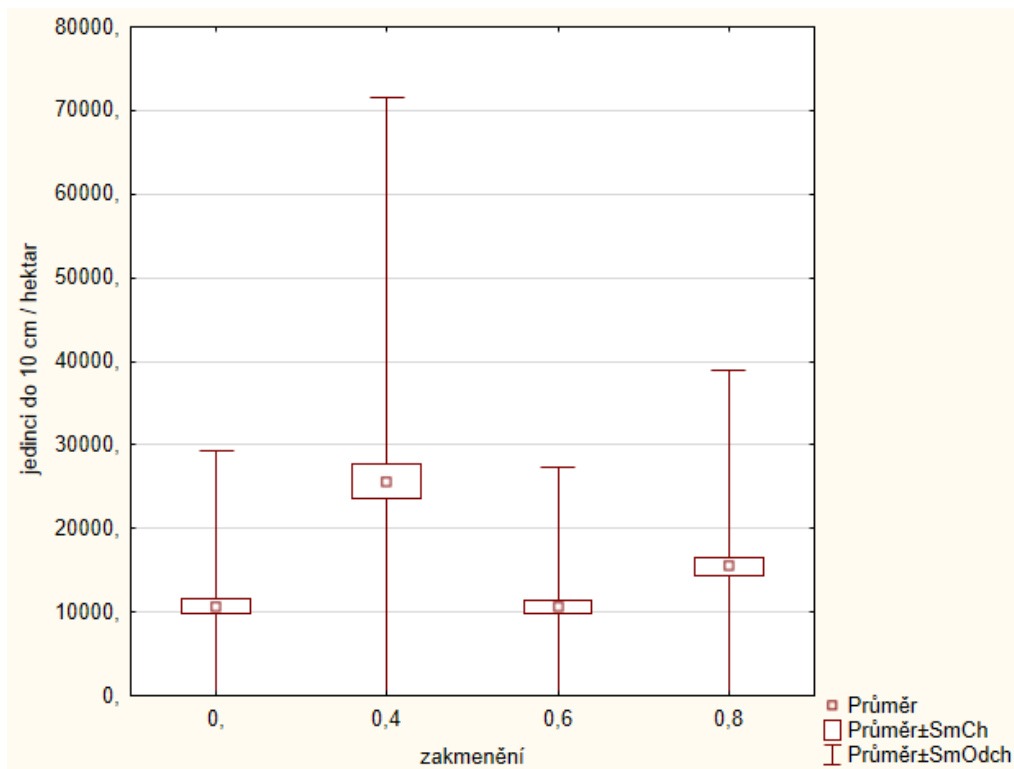
Závislá: jedinci/hektar	Vícenásobné porovnání z' hodnot; jedinci/hektar (Čtverce v Mariar Nezávislá (grupovací) proměnná : úprava půdy Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=1797) = 308.9596$ $p = 0.000$			
	řádkovač	fréza	shrnovač	kontrola
řádkovač		0,71818	3,07040	12,66201
fréza	0,71818		2,45242	13,76366
shrnovač	3,07040	2,45242		15,43147
kontrola	12,66201	13,76366	15,43147	

5.1.3. Průměrné počty semenáčků do 10 cm dle zakmenění

Dle variant hustoty porostu byl na ploše holoseče zjištěn průměrný počet semenáčků do 10 cm je 10 688 jedinců/ha porostu. Nejvyšší počet malých semenáčků byl zjištěn na ploše se zakmeněním 0,4, v průměru 25 590 jedinců/ha. V porostu se zakmeněním 0,6 je průměrně 10 677 semenáčků do 10 cm na hektar a v porostu o hustotě 0,8 je to 15 439 jedinců/ha (Tab. 9, Obr. 19).

Tab. 9. Hustota jedinců přirozené obnovy do 10 cm výšky dle variant zakmenění.

počet jedinců do 10 cm / hektar			
zakmenění	počet jedinců	medián	směrodatná odchylka
holoseč	10689	10159	3865
0,4	25590	24623	13566
0,6	10677	11305	8760
0,8	15439	16267	13095



Obr. 19. Graf hustoty přirozené obnovy do 10 cm dle zakmenění.

Z vícenásobného porovnání hodnot Kruskal-Wallisovým testem vychází, že plocha o zakmenění 0,4 má statisticky signifikantně vyšší počty malých semenáčků na hektar oproti všem ostatním variantám. Mezi ostatními variantami nepanuje statisticky významný rozdíl (Tab. 10).

Tab. 10. Vícenásobné porovnání hustoty o přirozené obnovy dle variant zakmenění porostu Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$).

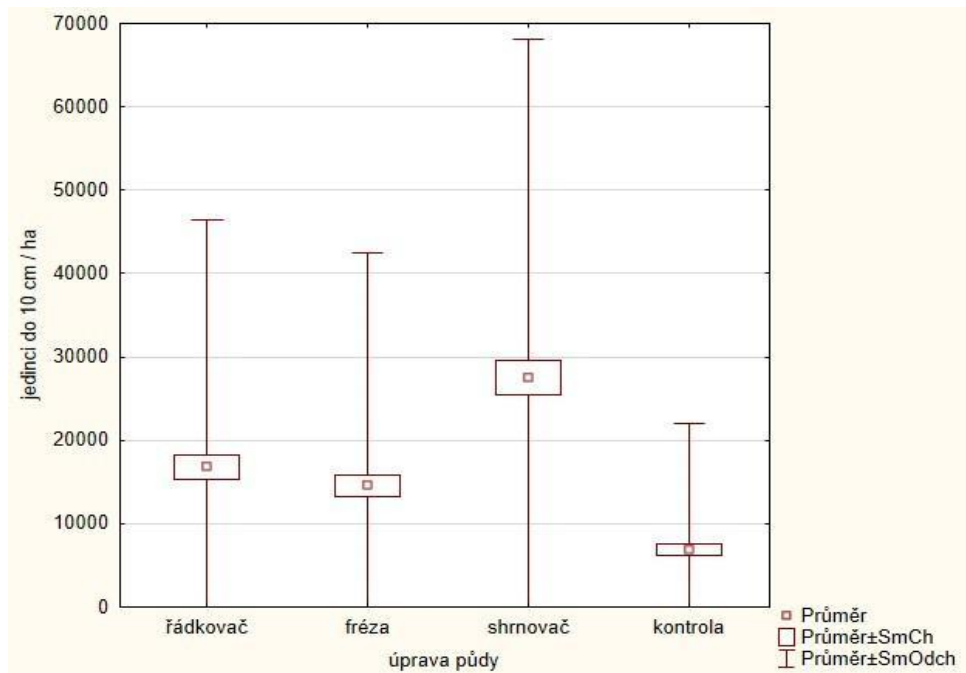
		Vícenásobné porovnání z' hodnot; jedinci do 10 cm/hektar (Mariana Nezávislá (grupovací) proměnná : zakmenění Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 1797) =39.17732 p =.0000			
Závislá: jedinci do 10 cm/hektar		0 (R:833.07)	0,4 (R:1011.7)	0,6 (R:833.72)	0,8 (R:907.20)
0		0,000000	5,317907	0,018469	2,126762
0,4		5,317907	0,000000	5,154062	3,026019
0,6		0,018469	5,154062	0,000000	2,054679
0,8		2,126762	3,026019	2,054679	0,000000

5.1.4. Průměrné počty semenáčků do 10 cm dle přípravy půdy

Dle variant přípravy půdy byl na ploše připravené řádkovačem zjištěn průměrný počet semenáčků do 10 cm 16 812 jedinců/ha porostu. Plocha připravené celoplošně vykazuje v průměru 14 543 jedinců na hektar. V průměru nejvíce jedinců bylo zjištěno na ploše připravené shrnovačem klestu 27 558 jedinců/ha a naopak nejméně na ploše bez přípravy (kontrola) 6 818 jedinců/ha (Tab. 11).

Tab. 11. Hustota jedinců přirozené obnovy do 10 cm výšky dle variant přípravy půdy.

počet jedinců do 10 cm / hektar			
varianty přípravy půdy	počet jedinců	medián	směrodatná odchylka
řádkovač	16812	17290	8343
fréza	14543	12989	6101
shrnovač	27558	27599	15352
kontrola	6818	6236	5787



Obr. 20. Graf hustoty přirozené obnovy do 10 cm výšky dle varianty přípravy půdy.

Z vícenásobného porovnání hodnot Kruskal-Wallisovým testem vychází, že příprava shrnovačem klestu má statisticky signifikantně vyšší počty malých semenáčků na hektar oproti všem ostatním variantám. Na druhou stranu plocha bez přípravy půdy vykazuje významně nižší počty oproti všem ostatním variantám (Tab. 12).

Tab. 12. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) hustoty přirozené do 10 cm výšky obnovy dle variant přípravy půdy.

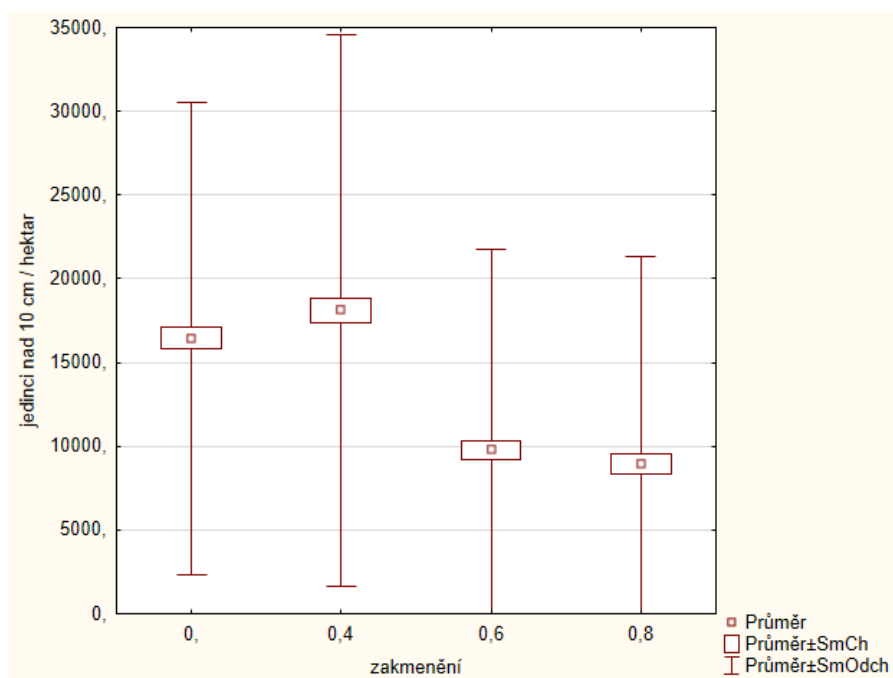
jedinci do 10 cm/ha	Vícenásobné porovnání z' hodnot; jedinci do 10 cm/hektar (Č Nezávislá (grupovací) proměnná : úprava půdy Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 1797) =194.6277 p =0.000			
	řádkovač	fréza	shrnovač	kontrola
řádkovač	0,000000	2,025464	4,06336	9,23668
fréza	2,025464	0,000000	6,13294	7,42151
shrnovač	4,063358	6,132937	0,00000	13,12476
kontrola	9,236681	7,421510	13,12476	0,00000

5.1.5. Průměrné počty jedinců nad 10 cm dle zakmenění

Dle variant hustoty porostu byl na ploše holoseče zjištěn průměrný počet semenáčků nad 10 cm je 16 437 jedinců/ha porostu. Nejvyšší počet jedinců byl zjištěn na ploše se zakmeněním 0,4, v průměru 18 121 jedinců/ha. V porostu se zakmeněním 0,6 je průměrně 9 768 jedinců nad 10 cm na hektar a v porostu o hustotě 0,8 je to 8 979 jedinců/ha (Tab. 13. Obr. 21).

Tab. 13. Hustota jedinců přirozené obnovy nad 10 cm výšky dle variant zakmenění.

počet jedinců nad 10 cm / hektar			
zakmenění	počet jedinců	medián	směrodatná odchylka
holoseč	16437	16046	3380
0,4	18121	19936	7019
0,6	9768	10600	5834
0,8	8979	8470	6792



Obr. 21. Graf hustoty přirozené obnovy nad 10 cm varianty dle zakmenění.

Tab. 14. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) hustoty přirozené obnovy nad 10 cm výšky dle variant zakmenění.

		Vícenásobné porovnání hodnot; jedinci nad 10 cm/hektar (Mariana I) Nezávislá (grupovací) proměnná : zakmenění Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 1797) =204.9741 p =0.000			
Závislá: jedinci nad 10 cm/hektar		0 (R:1062.3)	0,4 (R:1060.8)	0,6 (R:743.57)	0,8 (R:685.76)
0		0,00000	0,04687	9,145156	10,80391
0,4		0,04687	0,00000	9,185236	10,85953
0,6		9,14516	9,18524	0,000000	1,61657
0,8		10,80391	10,85953	1,616573	0,00000

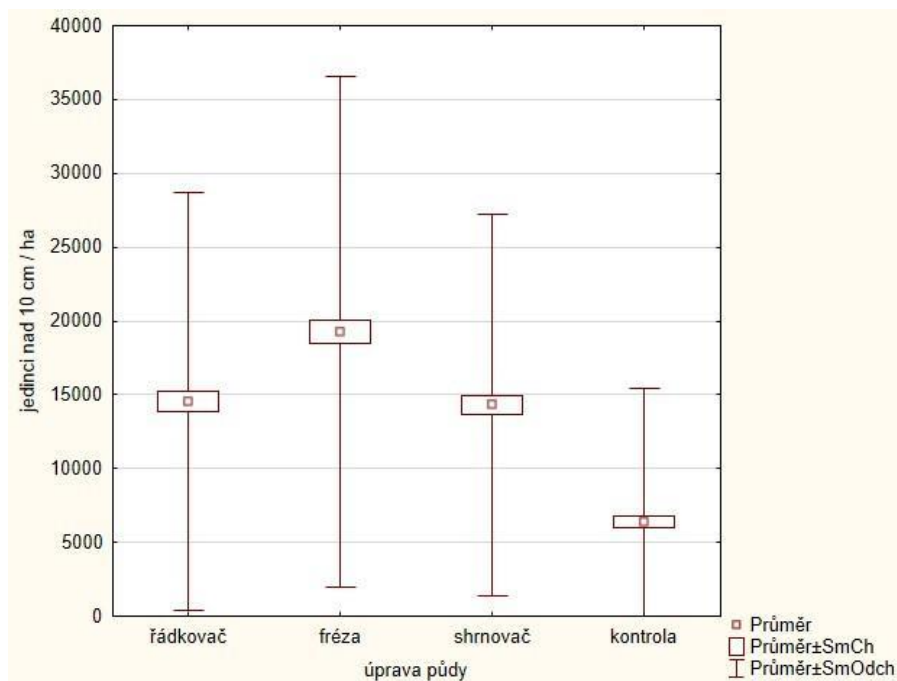
Z výsledků vícenásobného porovnání hodnot Kruskal-Wallisovým testem lze konstatovat, že mezi variantami holoseče a zakmeněním 0,4 není významný statistický rozdíl v počtech jedinců, kteří dosáhli alespoň 10 cm. Zároveň není významný rozdíl mezi zakmeněním 0,6 a 0,8. Dále lze konstatovat, že varianty zakmenění 0,6 a 0,8 mají výrazně nižší počty než varianty holoseč a 0,4.

5.1.6. Průměrné počty jedinců nad 10 cm dle přípravy půdy

Dle variant přípravy půdy byl na ploše připravené řádkovačem zjištěn průměrný počet semenáčků nad 10 cm 14 536 jedinců/ha porostu. Plocha připravená celoplošně frézou vykazuje nejvyšší počty, a to v průměru 19 543 jedinců/ha. Varianta shrnovače klestu vykazuje průměrný počet 14 223 jedinců/ha. V průměru nejméně jedinců bylo zjištěno na ploše bez přípravy 6687 jedinců/ha.

Tab. 15. Hustota jedinců přirozené obnovy nad 10 cm výšky dle variant přípravy půdy.

počet jedinců nad 10cm / hektar			
varianty přípravy půdy	počet jedinců	medián	směrodatná odchylka
řádkovač	14536	14719	5067
fréza	19281	18533	3868
shrnovač	14223	14508	6613
kontrola	6687	6495	5350



Obr. 22. Graf hustoty přirozené obnovy nad 10 cm dle variant přípravy půdy.

Tab. 16. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) hustoty přirozené obnovy nad 10 cm dle variant přípravy půdy.

jedinci nad 10 cm/ha	Vícenásobné porovnání z' hodnot; jedinci nad 10 cm/hektar (4) Nezávislá (grupovací) proměnná : úprava půdy Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 1797) =264.1798 p =0.000			
	řádkovač	fréza	shrnovač	kontrola
řádkovač	0,00000	4,09605	0,25585	10,88029
fréza	4,09605	0,00000	3,71183	15,40060
shrnovač	0,25585	3,71183	0,00000	10,81972
kontrola	10,88029	15,40060	10,81972	0,00000

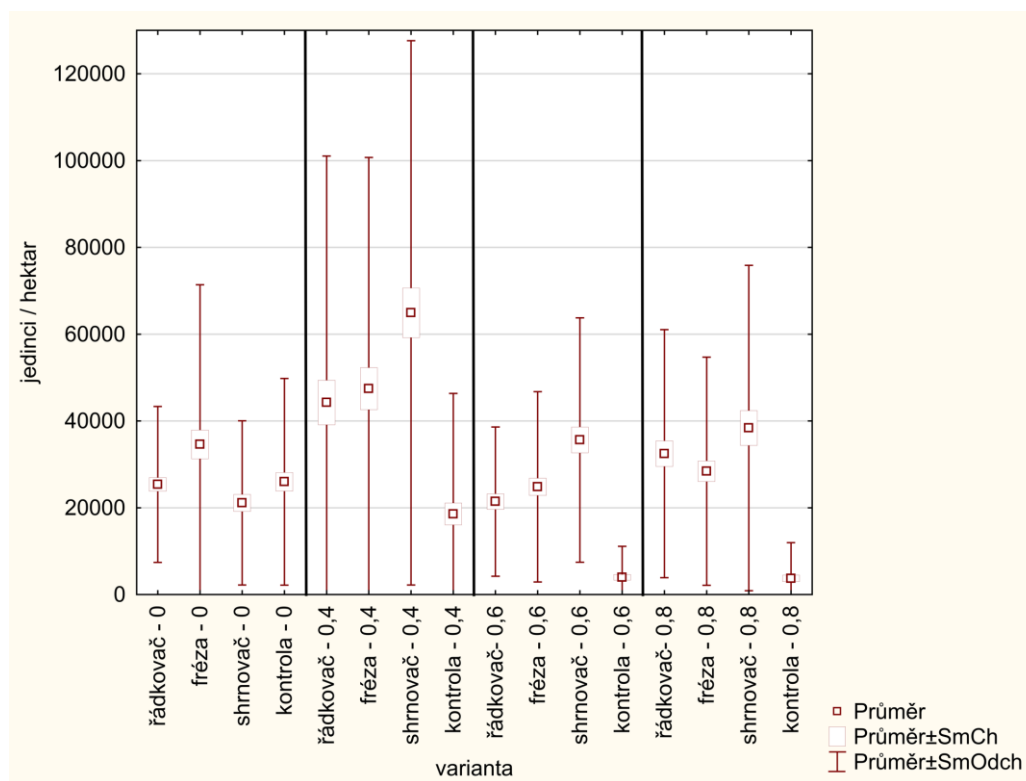
Z vícenásobného porovnání hodnot Kruskal-Wallisovým testem vychází, že půdní příprava frézou má signifikantně nejvyšší počty oproti všem ostatním variantám. Naopak kontrola bez přípravy půdy vykazuje statisticky významně nižší počty oproti všem ostatním variantám. Počty řádkovače a shrnovače vychází jako statisticky stejné.

5.1.7. Průměrné počty jedinců dle kombinací

Čtyři varianty hustoty porostu a čtyři varianty přípravy půdy vytváří dohromady 16 kombinací pěstebních opatření. V průměru nejvíce jedinců vykazuje kombinace přípravy půdy shrnovačem a hustoty porostu 0,4 a to 64 938 jedinců/ha. Kromě plochy kontroly v zakmenění 0,4 vykazují všechny přípravy půdy vysoké počty nad 40 000 jedinců/ha. Nejmenší počty jedinců na každé ploše kromě holoseče vykazují plochy bez přípravy půdy.

Tab. 17. Hustota jedinců přirozené obnovy dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.

jedinci/hektar	řádkovač	fréza	shrnovač	kontrola
0	25 388	34 614	21 129	25 996
0,4	44 262	47 479	64 938	18 577
0,6	21 440	24 836	35 625	3 950
0,8	32 473	28 430	38 381	3 718



Obr. 23 Graf. hustoty jedinců přirozené obnovy dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.

Z vícenásobného porovnání hodnot jednotlivých kombinací Kruskal-Wallisovým testem vychází, že statisticky významně vyšší, než všechny ostatní kombinace jsou počty kombinace shrnovače a zakmenění 0,4. Shrnovač a řádkovač v 0,4 jsou statisticky podobné s řádkovačem a frézou na holoseči, frézou v 0,4, i shrnovačem v 0,6. Jednoznačně vychází, že kontroly všech kombinací, kromě holoseče mají významně nižší počty než všechny ostatní. Kombinace kontroly na holoseči vykazují ve většině případů statisticky podobné počty jako ostatní kombinace, kromě kombinací v 0,4 (Tab. 18).

Tab. 18. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) hustoty přirozené obnovy dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.

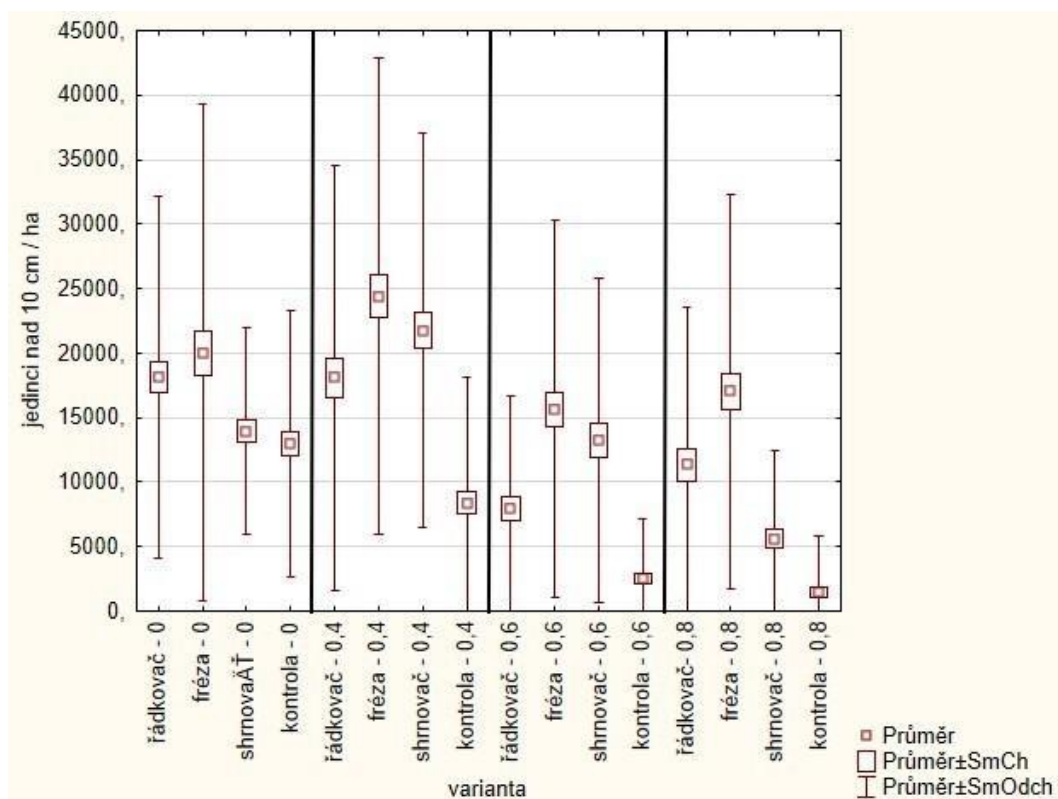
Vícenásobné porovnání z' hodnot; jedinci/hektar (Čtverce v marina čtverce) Nezávislá (grupovací) proměnná : varianta Kruskal-Wallisův test: H (15, N= 1797) =508.0682 p=0.000																
jedinci/hektar	řádkovač - 0 (R:968.67)	fréza - 0 (R:1000.2)	shrnovač - 0 (R:866.15)	kontrola - 0 (R:923.04)	řádkovač - 0,4 (R:1069.4)	fréza - 0,4 (R:1162.2)	shrnovač - 0,4 (R:1312.1)	kontrola - 0,4 (R:688.98)	řádkovač - 0,6 (R:858.73)	fréza - 0,6 (R:912.79)	shrnovač - 0,6 (R:1096.1)	kontrola - 0,6 (R:299.82)	řádkovač - 0,8 (R:1022.3)	fréza - 0,8 (R:964.35)	shrnovač - 0,8 (R:1042.2)	kontrola - 0,8 (R:276.10)
řádkovač - 0	0,00000	0,48226	1,452435	0,697658	1,53711	2,94764	5,23019	4,277019	1,552538	0,852673	1,77591	10,14124	0,75924	0,06571	1,02543	10,50093
fréza - 0	0,48226	0,00000	1,880104	1,166120	1,04356	2,43879	4,69485	4,703615	1,977935	1,318389	1,32330	10,49727	0,30931	0,53962	0,58014	10,85282
shrnovač - 0	1,45243	1,88010	0,000000	0,797991	2,84545	4,13784	6,23257	2,484666	0,097135	0,653035	2,97960	7,88561	2,05157	1,37242	2,28189	8,21593
kontrola - 0	0,69766	1,16612	0,797991	0,000000	2,20729	3,60012	5,85618	3,537495	0,899155	0,154651	2,38833	9,34082	1,39142	0,62171	1,64516	9,69638
řádkovač - 0,4	1,53711	1,04356	2,845449	2,207294	0,00000	1,39456	3,64605	5,737562	2,940155	2,357139	0,36764	11,51111	0,65989	1,57781	0,37426	11,86594
fréza - 0,4	2,94764	2,43879	4,137836	3,600117	1,39456	0,00000	2,24688	7,123084	4,228437	3,746841	0,91010	12,87358	1,95617	2,96627	1,65072	13,22769
shrnovač - 0,4	5,23019	4,69485	6,232571	5,856185	3,64605	2,24688	0,00000	9,379152	6,316765	5,998337	2,97198	15,11107	4,05091	5,21315	3,71260	15,46519
kontrola - 0,4	4,27702	4,70362	2,484666	3,537495	5,73756	7,12308	9,37915	0,000000	2,373390	3,375617	5,61913	5,83269	4,67408	4,14468	4,87597	6,18824
řádkovač - 0,6	1,55254	1,97793	0,097135	0,899155	2,94016	4,22844	6,31676	2,373390	0,000000	0,754472	3,06755	7,75878	2,14316	1,47148	2,37167	8,08809
fréza - 0,6	0,85267	1,31839	0,653035	0,154651	2,35714	3,74684	5,99834	3,375617	0,754472	0,000000	2,52555	9,16868	1,53252	0,77447	1,78365	9,52352
shrnovač - 0,6	1,77591	1,32330	2,979603	2,388326	0,36764	0,91010	2,97198	5,619133	3,067552	2,525546	0,00000	10,91449	0,95657	1,81194	0,68827	11,23966
kontrola - 0,6	10,14124	10,49727	7,885607	9,340825	11,51111	12,87358	15,11107	5,832687	7,758775	9,168684	10,91449	0,00000	10,05935	9,91969	10,17647	0,35265
řádkovač - 0,8	0,75924	0,30931	2,051573	1,391422	0,65989	1,95617	4,05091	4,674079	2,143156	1,532525	0,95657	10,05935	0,00000	0,80924	0,25885	10,38967
fréza - 0,8	0,06571	0,53962	1,372421	0,621714	1,57781	2,96627	5,21315	4,144681	1,471481	0,774473	1,81194	9,91969	0,80924	0,00000	1,07132	10,27381
shrnovač - 0,8	1,02543	0,58014	2,281889	1,645159	0,37426	1,65072	3,71260	4,875965	2,371674	1,783645	0,68827	10,17647	0,25885	1,07132	0,00000	10,50165
kontrola - 0,8	10,50093	10,85282	8,215926	9,696378	11,86594	13,22769	15,46519	6,188240	8,088091	9,523522	11,23966	0,35265	10,38967	10,27381	10,50165	0,00000

5.1.8. Průměrné počty jedinců nad 10 cm dle kombinací

Průměrné počty jedinců očištěné o malé jedince pod 10 cm vypadají následovně. Největší počet jedinců vykazují opět plochy kombinací s 0,4. Nejvyšší počet má kombinace 0,4 a přípravy frézou, 24 401 jedinců/ha. Dále nad 20 tis. má už jen shrnovač v 0,4, 21 777 jedinců/ha a příprava frézou na holoseči 20 041 jedinců/ha. Všechny varianty zakmenění s přípravou půdy frézou vykazují vysoké počty nad 15 tis. jedinců/ha.

Tab. 19. Hustota jedinců přirozené obnovy nad 10 cm dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.

nad 10cm na hektar	řádkovač	fréza	shrnovač	kontrola
0	18 140	20 041	13 952	12 927
0,4	18 094	24 401	21 777	8 374
0,6	7 989	15 676	13 210	2 542
0,8	11 344	17 025	5 597	1 450



Obr. 24. Graf. hustoty jedinců přirozené obnovy dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.

Z vícenásobného porovnání hodnot jednotlivých kombinací Kruskal-Wallisovým testem vychází, že mezi plochami všech variant zakmenění s přípravou půdy frézou není statistický rozdíl. Kromě plochy připravené shrnovačem v hustotě porostu 0,8, jsou počty na plochách s přípravou půdy shrnovačem v ostatních variantách hustoty porostu statisticky stejné. Mezi počty jedinců na plochách řádkovače v zakmenění 0 a 0,4 není statistický rozdíl a mají významně vyšší počty, než 0,6 a 0,8 upravené řádkovačem. Statisticky významně nižší počty oproti všem ostatním kombinacím jsou na plochách kontroly v 0,4, 0,6 a 0,8 a také na řádkovači 0,6 a shrnovači 0,8. k lepšímu pochopení komplexnosti vztahů při porovnání statistické významnosti jednotlivých kombinací (Tab. 20).

Tab. 20. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) hustoty přirozené obnovy nad 10 cm dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.

Vícenásobné porovnání z' hodnot; jedinci nad 10 cm/hektar (Čtverce v Mariana rozdělané grafy výšek)																
Nezávislá (grupovací) proměnná : varianta																
Kruskal-Wallisův test: H (15, N= 1797) =539.9998 p =0.000																
jedinci nad 10 cm/ha	řádkovač - 0	fréza - 0	shrnovač - 0	kontrola - 0	řádkovač - 0,4	fréza - 0,4	shrnovač - 0,4	kontrola - 0,4	řádkovač - 0,6	fréza - 0,6	shrnovač - 0,6	kontrola - 0,6	řádkovač - 0,8	fréza - 0,8	shrnovač - 0,8	kontrola - 0,8
řádkovač - 0		0,11937	0,98476	2,44074	0,65713	1,83057	1,52821	6,260669	5,762990	1,88145	2,729848	11,30374	4,155533	1,07871	7,526567	12,67867
fréza - 0	0,11937		0,86537	2,29421	0,53174	1,92683	1,62798	6,069464	5,596211	1,74179	2,595492	11,05673	4,004235	0,94870	7,345460	12,41584
shrnovač - 0	0,98476	0,86537		1,26356	0,37028	2,65135	2,37387	4,766850	4,437157	0,75292	1,637133	9,41283	2,941245	0,01855	6,096585	10,67548
kontrola - 0	2,44074	2,29421	1,26356		1,75779	2,45249	2,15424	5,525327	5,094366	3,473831	0,54773	0,500181	8,78156	1,875297	1,33608	5,250149
řádkovač - 0,4	0,65713	0,53174	0,37028	1,75779		2,45249	2,15424	5,525327	5,094366	1,20759	2,105265	10,50717	3,503616	0,41722	6,847134	11,86355
fréza - 0,4	1,83057	1,92683	2,65135	4,21162	2,45249		0,29763	7,971366	7,360091	3,65759	4,347566	12,92303	5,779101	2,86382	9,081247	14,27665
shrnovač - 0,4	1,52821	1,62798	2,37387	3,91277	2,15424	0,29763		7,67252	7,083463	3,35935	4,074442	12,62665	5,501624	2,56619	8,808123	13,98027
kontrola - 0,4	6,26067	6,06946	4,76685	3,77525	5,52533	7,97137	7,67252		0,018663	4,31527	2,947771	5,03763	1,627990	5,09583	1,802197	6,39674
řádkovač - 0,6	5,76299	5,59621	4,43716	3,47383	5,09437	7,36009	7,08346	0,018663		3,97461	2,742944	4,68442	1,503872	4,69836	1,704772	5,94324
fréza - 0,6	1,88145	1,74179	0,75292	0,54773	1,20759	3,65759	3,35935	4,315272	3,974611		0,999743	9,30712	2,380414	0,78789	5,741612	10,66350
shrnovač - 0,6	2,72985	2,59549	1,63713	0,50018	2,10526	4,34757	4,07444	2,947771	2,742944	0,99974		7,53453	1,263203	1,71955	4,399105	8,77752
kontrola - 0,6	11,30374	11,05673	9,41283	8,78156	10,50717	12,92303	12,62665	5,037634	4,684420	9,30712	7,534532		6,296437	10,07117	2,817513	1,34802
řádkovač - 0,8	4,15553	4,00423	2,94125	1,87530	3,50362	5,77910	5,50162	1,627990	1,503872	2,38041	1,263203	6,29644		3,10920	3,196249	7,55909
fréza - 0,8	1,07871	0,94870	0,01855	1,33608	0,41722	2,86382	2,56619	5,095834	4,698357	0,78789	1,719547	10,07117	3,10920		6,453227	11,42479
shrnovač - 0,8	7,52657	7,34546	6,09659	5,25015	6,84713	9,08125	8,80812	1,802197	1,704772	5,74161	4,399105	2,81751	3,196249	6,45323		4,06050
kontrola - 0,8	12,67867	12,41584	10,67548	10,14067	11,86355	14,27665	13,98027	6,396745	5,943237	10,6635	8,777517	1,34802	7,559088	11,42475	4,060499	

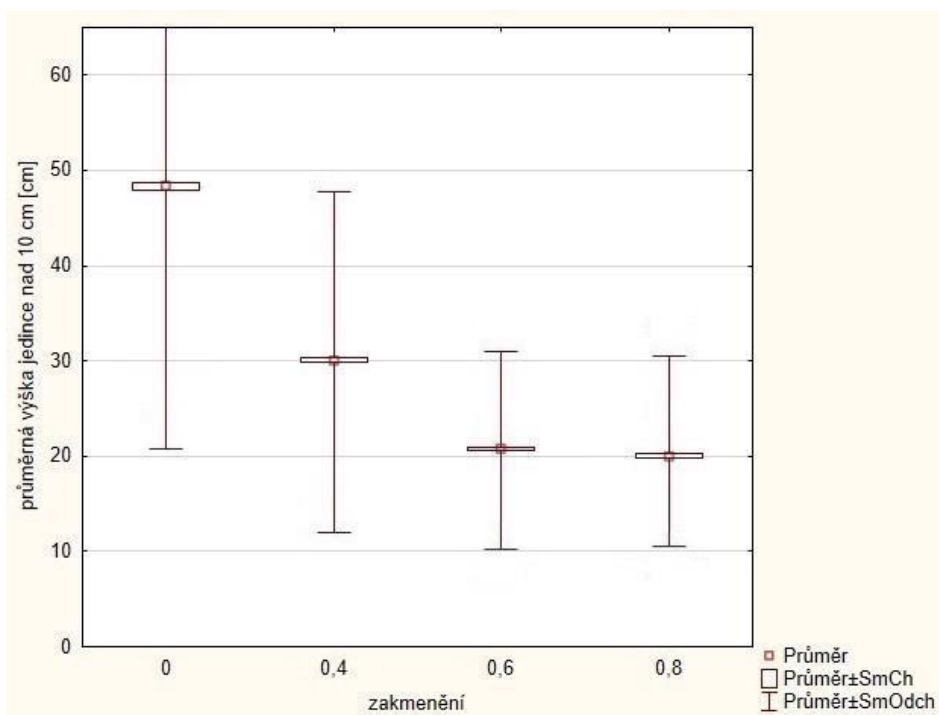
5.2. Výšky jedinců obnovy dle variant pěstebních opatření

5.2.1. Průměrná výška jedinců dle zakmenění

Z důvodu vyšší vypovídací hodnoty o výšce úspěšně odrůstajícího zmlazení byla průměrná výška jedinců počítána z jedinců vzrostlých minimálně 10 cm. Nejvyšší jedinci se vyskytují na holoseči. Průměrná výška jedinců na holoseči je 48 cm. Na druhém místě jsou jedinci na plochách se zakmeněním 0,4. Průměrná výška jedinců po zakmeněním 0,4 je 30 cm. Zmlazení na plochách se zakmeněním 0,6 má v průměru výšku 21 cm a na plochách o 0,8 je to 20 cm (Tab. 21, Obr. 25).

Tab. 21. Průměrná výška jedinců odrostlých 10 cm dle zakmenění

zakmenění	výška	medián	směr. odchylka
0	48	43	27,7
0,4	30	25	18,5
0,6	21	18	10,7
0,8	20	17	10,4



Obr. 25 Graf průměrné výšky jedinců odrostlých 10 cm dle zakmenění.

Vícenásobné porovnání hodnot jednotlivých kombinací Kruskal-Wallisovým testem statisticky potvrzuje, že zmlazení na holoseči je významně vyšší než na všech ostatních variantách zakmenění. Jedinci na plochách s 0,4 jsou signifikantně nižší než na holoseči, ale výrazně vyšší, než jedinci pod porostem 0,6 a 0,8. Průměrná výška zmlazení je mezi 0,6 a 0,8 není statisticky odlišná (Tab. 22).

Tab. 22 Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) výšky přirozené obnovy nad 10 cm dle zakmenění.

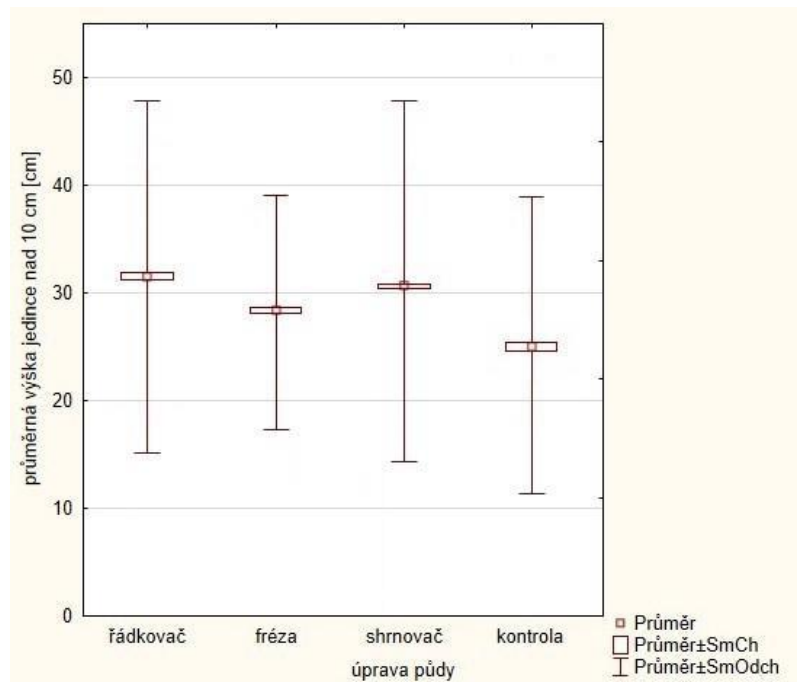
průměrná výška jedince dle zakmenění	Vícenásobné porovnání z' hodnot; celková výška jedince (Jedinc Nezávislá (grupovací) proměnná : zakmenění Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 21358) =1984.561 p =0.000			
	0	0,4	0,6	0,8
0	0,00000	37,20086	29,65405	38,97463
0,4	37,20086	0,00000	6,98553	8,13959
0,6	29,65405	6,98553	0,00000	0,33328
0,8	38,97463	8,13959	0,33328	0,00000

5.2.2. Průměrná výška jedinců dle přípravy půdy

Z důvodu vyšší vypovídací hodnoty o výšce úspěšně odrůstajícího zmlazení byla průměrná výška jedinců počítána z jedinců vzrostlých minimálně 10 cm. Průměrná výška zmlazení se na plochách s přípravou půdy pohybuje těsně okolo 30 cm. Nižší průměrná výška byla zaznamenána u ploch bez přípravy půdy (kontrola) (Tab. 23, Obr. 26).

Tab. 23. Průměrná výška jedinců odrostlých 10 cm přípravy půdy.

příprava půdy	výška	medián	směr. odchylka
řádkovač	32	27	16,6
fréza	28	24	9,38
shrnovač	31	25	17,77
kontrola	26	22	12,46



Obr. 26. Graf průměrné výšky jedinců odrostlých 10 cm dle přípravy půdy.

Tab. 24 Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) výšky přirozené obnovy nad 10 cm dle přípravy půdy.

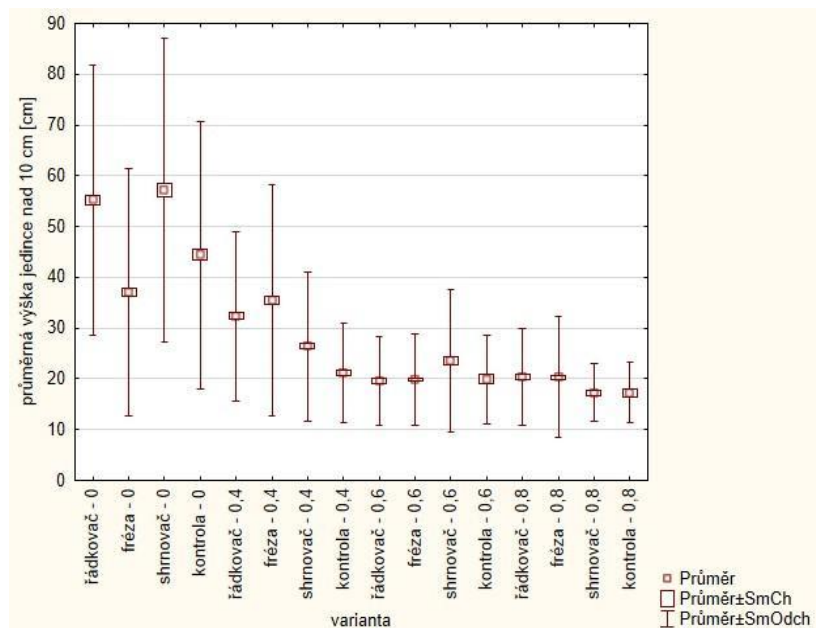
výška nad 10 cm	Vícenásobné porovnání z' hodnot; celková výška jedince			
	řádkovač	fréza	shrnovač	kontrola
řádkovač		13,89255	8,434884	6,096421
fréza	13,89255		4,107513	4,387323
shrnovač	8,43488	4,10751		0,938178
kontrola	6,09642	4,38732	0,938178	

5.2.3. Průměrná výška jedinců dle kombinací

V průměru nejvyšší jedinci se vyskytují na plochách kombinace holoseče a přípravy půdy shrnovačem a řádkovačem. Kombinace holoseče a přípravy půdy frézou zaostává i za výškou jedinců na kontrole holoseče. Tento rozdíl nepozorujeme mezi kombinacemi zakmenění 0,4, frézy a ostatními variantami přípravy půdy. Velmi podobné průměrné výšky lze pozorovat mezi kombinacemi na ploch 0,6 a 0,8, které v některých případech potvrzuje vícenásobné porovnání hodnot Kruskal-Wallisovým testem (Tab. 25).

Tab. 25 Průměrná výška jedinců dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.

výška jedinců	řádkovač	fréza	shrnovač	kontrola
0	55	37	57	44
0,4	32	35	26	21
0,6	20	20	23	21
0,8	20	20	17	17



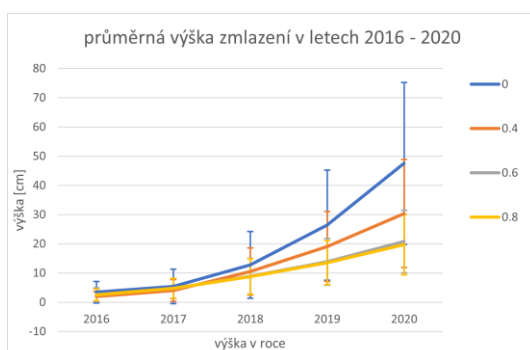
Obr. 27. Graf průměrných výšek jedinců dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.

Tab. 26. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) výšky přirozené obnovy odrostlých 10 cm dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.

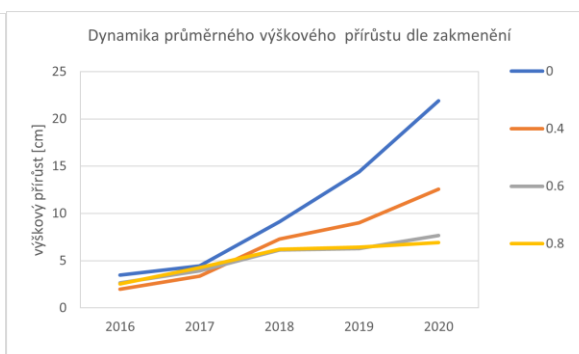
Vícenásobné porovnání z' hodnot; celková výška jedince (Jedinci v Mariana rozdělané grafy výšek) Nezávislá (grupovací) proměnná : varianta Kruskal-Wallisův test: H (15, N= 21358)=2988.115 p =0.000																
výška jedince	řádkovač 0	fréza 0	shrnovač 0	kontrola 0	řádkovač 0,4	fréza 0,4	shrnovač 0,4	kontrola 0,4	řádkovač 0,6	fréza 0,6	shrnovač 0,6	kontrola 0,6	řádkovač 0,8	fréza 0,8	shrnovač 0,8	kontrola 0,8
řádkovač - 0	0,00	13,47	4,21	12,92	28,43	20,05	35,75	23,63	24,53	18,70	27,44	16,48	27,71	20,48	37,70	20,89
fréza - 0	13,47	0,00	7,08	0,35	15,44	6,24	22,62	12,68	14,17	6,63	15,91	9,46	16,20	8,14	26,50	14,09
shrnovač - 0	4,21	7,08	0,00	7,02	19,35	12,21	24,73	16,98	18,17	12,12	19,73	13,03	19,96	13,43	28,33	17,32
kontrola - 0	12,92	0,35	7,02	0,00	13,82	5,35	20,14	11,70	13,20	5,90	14,60	9,07	14,87	7,26	24,42	13,63
řádkovač - 0,4	28,43	15,44	19,35	13,82	0,00	10,03	6,46	0,39	2,65	7,03	2,71	2,07	3,01	5,97	13,39	6,93
fréza - 0,4	20,05	6,24	12,21	5,35	10,03	0,00	17,51	8,15	9,96	1,39	11,22	6,61	11,52	2,79	22,33	11,38
shrnovač - 0,4	35,75	22,62	24,73	20,14	6,46	17,51	0,00	4,44	1,76	12,82	2,46	0,65	2,15	11,96	8,71	4,34
kontrola - 0,4	23,63	12,68	16,98	11,70	0,39	8,15	4,44	0,00	1,97	6,15	1,89	1,73	2,13	5,22	10,55	6,30
řádkovač - 0,6	24,53	14,17	18,17	13,20	2,65	9,96	1,76	1,97	0,00	7,93	0,28	0,38	0,05	7,08	7,88	4,89
fréza - 0,6	18,70	6,63	12,12	5,90	7,03	1,39	12,82	6,15	7,93	0,00	8,62	5,63	8,88	1,17	18,14	10,24
shrnovač - 0,6	27,44	15,91	19,73	14,60	2,71	11,22	2,46	1,89	0,28	8,62	0,00	0,58	0,26	7,71	9,27	5,29
kontrola - 0,6	16,48	9,46	13,03	9,07	2,07	6,61	0,65	1,73	0,38	5,63	0,58	0,00	0,43	5,02	4,75	3,70
řádkovač - 0,8	27,71	16,20	19,96	14,87	3,01	11,52	2,15	2,13	0,05	8,88	0,26	0,43	0,00	7,98	9,00	5,14
fréza - 0,8	20,48	8,14	13,43	7,26	5,97	2,79	11,96	5,22	7,08	1,17	7,71	5,02	7,98	0,00	17,52	9,68
shrnovač - 0,8	37,70	26,50	28,33	24,42	13,39	22,33	8,71	10,55	7,88	18,14	9,27	4,75	9,00	17,52	0,00	0,11
kontrola - 0,8	20,89	14,09	17,32	13,63	6,93	11,38	4,34	6,30	4,89	10,24	5,29	3,70	5,14	9,68	0,11	0,00

5.3. Dynamika vývoje výšky přirozené obnovy

Dynamika vývoje výšky zmlazení během prvních pěti let růstu ukazuje odlišnou rychlost růstu v jednotlivých variantách zakmenění mateřského porostu. V prvních dvou letech byla rychlost růstu velmi podobná u všech čtyř variant. Od třetího roku vývoje již pozorujeme výrazně rychlejší výškový přírůst u variant s nižší hodnotou zakmenění. Varianty zakmenění 0,6 a 0,8 mají velmi podobný průběh růstu. Nejrychleji rostou jedinci na volné ploše holoseče, kteří v roce 2020 dosáhli v průměru 48 cm (Obr. 28). Druhý nejrychlejší průměrný výškový přírůst vykazuje varianta zakmenění 0,4. Výškový přírůst v prvních pěti letech se u všech variant zvyšoval každým rokem. Žádný z porostů nedosáhl zatím kulminace výškového přírůstu, avšak varianty 0,6 a 0,8 vykazují velmi pomalý nárůst ročního přírůstu (Obr. 29).



Obr. 28. Graf dynamiky vývoje výšky obnovy.



Obr. 29 Graf dynamiky výškového přírůstu obnovy.

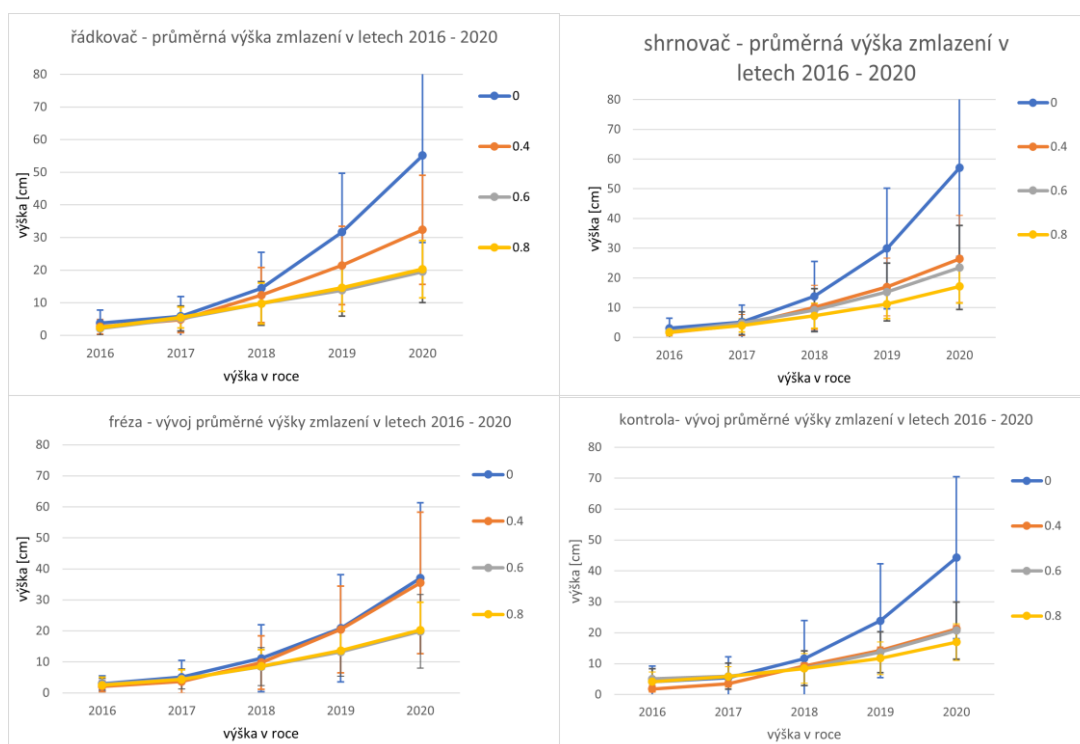
Tab. 28. Průměrná výška obnovy v letech 2016-2020. Tab. 27 Průměrný výškový přírůstek obnovy v letech 2016-2020

zakmenění	výška v roce				
	2016	2017	2018	2019	2020
0	3	5	13	26	48
0.4	2	4	10	19	30
0.6	3	5	9	14	21
0.8	3	5	9	14	20
směrodatná odchylka	3.70	5.94	11.42	18.87	27.74
	1.68	3.70	8.07	11.97	18.51
	2.30	3.45	6.10	8.00	10.72
	2.02	3.39	6.11	7.54	10.35

Dynamika průměrného výškového přírůstu dle zakmenění					
	2016	2017	2018	2019	2020
0	3.49	4.45	9.14	14.40	21.93
0.4	1.99	3.35	7.28	9.00	12.58
0.6	2.64	3.91	6.11	6.27	7.65
0.8	2.53	4.24	6.21	6.41	6.90

5.3.1. Dynamika vývoje výšky přirozené obnovy dle variant přípravy půdy

Variety přípravy půdy vykazují odlišnosti v dynamice výškového vývoje. Na všech variantách lze pozorovat velmi podobný průběh růstu variant 0,6 a 0,8 s výškou v posledním roce okolo 20 cm. Na všech variantách, kromě plochy připravené frézou je jasný trend výrazně nejrychlejší dynamiky růstu porostu holoseče. Na ploše frézy se v posledním roce výšky porostu na holoseči a fréze téměř rovnají. Na ploše shrnovače a kontroly lze pozorovat velmi podobný výškový vývoj všech tří podrostitních variant. Naopak na variantách řádkovače a frézy pozorujeme rychlejší vývoj výšky varianty 0,4 oproti variantám 0,6 a 0,8.



Obr. 30. Grafy dynamiky vývoje výšky přirozené obnovy dle variant přípravy půdy v letech 2016-2020.

Tab. 29 průměrné výšky přirozené obnovy dle variant přípravy půdy v letech 2016-2020.

řádkovač	výška v roce				
zakmenění	2016	2017	2018	2019	2020
0	4	6	14	32	55
0.4	3	5	12	21	32
0.6	2	5	10	14	20
0.8	2	6	10	15	20
směrodatná	3.98	6.05	10.96	18.02	26.64
odchylka	2.23	3.98	8.44	12.02	16.69
	0.81	3.23	6.23	7.26	8.80
	2.06	3.83	6.71	7.94	9.50

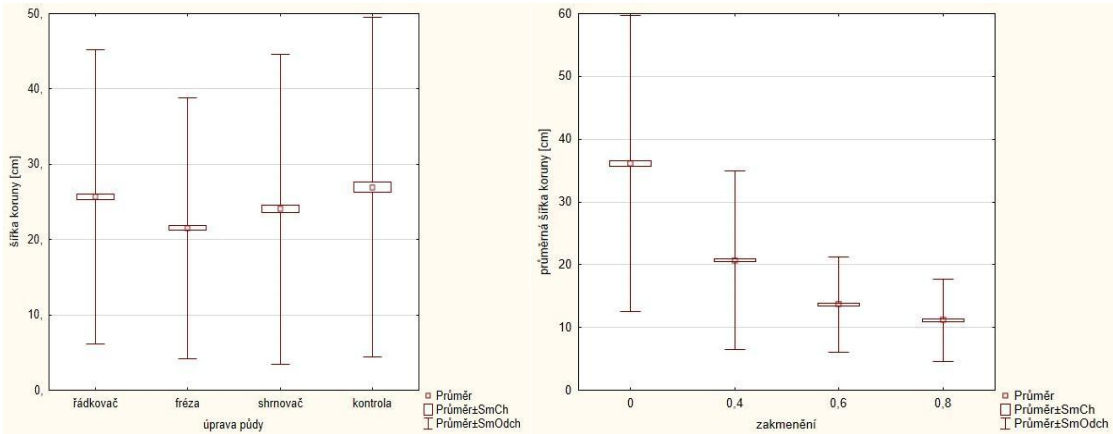
shrnovač	výška v roce				
zakmenění	2016	2017	2018	2019	2020
0	3	5	14	30	57
0.4	2	4	10	17	26
0.6	2	5	9	15	23
0.8	2	4	7	11	17
směrodatná	3.36	5.65	11.73	20.25	29.85
odchylka	1.24	3.53	7.46	9.73	14.65
	0.90	3.88	7.23	9.74	14.11
	0.69	2.18	4.19	4.90	5.63

fréza	výška v roce				
zakmenění	2016	2017	2018	2019	2020
0	3	5	11	21	37
0.4	2	4	10	20	35
0.6	3	4	8	13	20
0.8	2	4	9	14	20
směrodatná	2.49	5.40	10.79	17.31	24.33
odchylka	1.73	3.78	8.59	13.99	22.84
	2.62	3.11	5.36	7.20	8.95
	1.83	3.24	6.16	7.89	11.87

kontrola	výška v roce				
zakmenění	2016	2017	2018	2019	2020
0	4	5	12	24	44
0.4	2	4	9	14	21
0.6	5	6	8	14	21
0.8	4	6	8	12	17
směrodatná	5.06	6.73	12.28	18.41	26.24
odchylka	1.82	3.00	6.11	7.43	9.79
	3.25	4.23	5.63	6.62	9.26
	3.13	3.20	4.85	5.29	5.92

5.4. Dimenze dalších růstových veličin dle variant pěstebních opatření

5.4.1. šířka koruny dle zakmenění a přípravy půdy



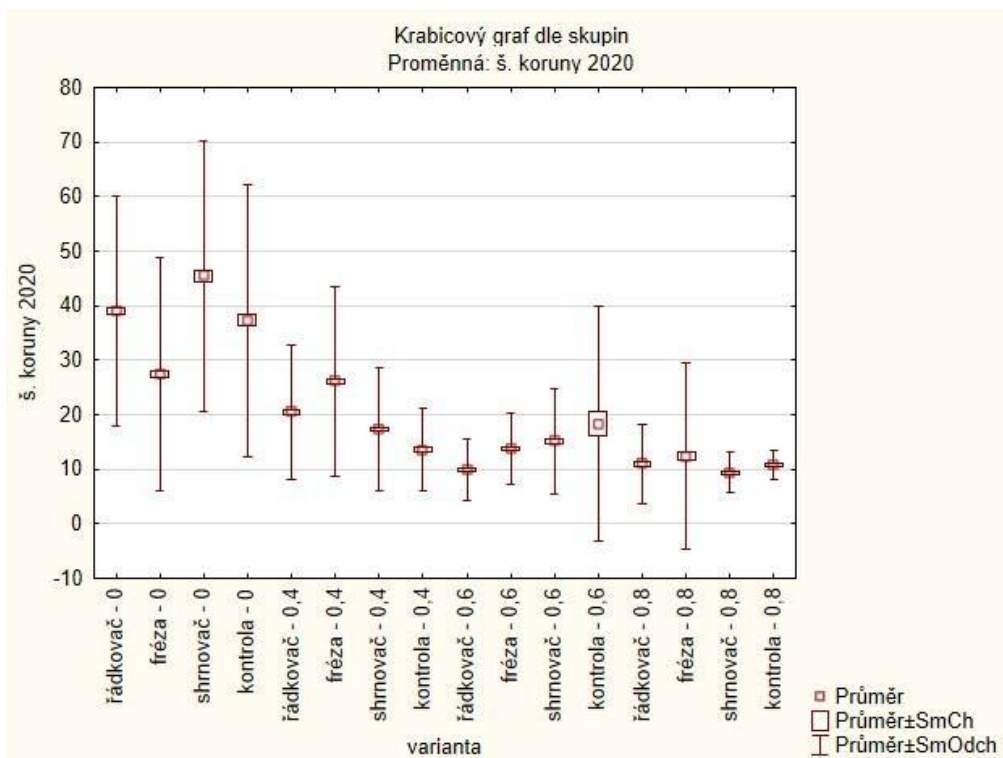
Obr. 31 Grafy průměrné šířky koruny dle variant přípravy půdy (vlevo) a zakmenění (vpravo).

Tab. 30. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) šířky koruny dle přípravy půdy.

š. koruny 2020	Vícenásobné porovnání z' hodnot; š. koruny 2020 (koruna v Maří Nezávislá (grupovací) proměnná : úprava půdy Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 8343) =83.39350 p =.0000			
	řádkovač	fréza	shrnovač	kontrola
řádkovač	0,000000	7,709940	3,955163	1,048856
fréza	7,709940	0,000000	3,030823	7,045477
shrnovač	3,955163	3,030823	0,000000	4,210429
kontrola	1,048856	7,045477	4,210429	0,000000

Tab. 31. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) šířky koruny dle zakmenění.

š. koruny 2020	Vícenásobné porovnání z' hodnot; š. koruny 2020 (koruna v Maří Nezávislá (grupovací) proměnná : zakmenění Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 8343) =2213.049 p =0.000			
	0	0,4	0,6	0,8
0	0,00000	25,82245	33,93922	40,47847
0,4	25,82245	0,00000	14,22769	21,43788
0,6	33,93922	14,22769	0,00000	6,52646
0,8	40,47847	21,43788	6,52646	0,00000

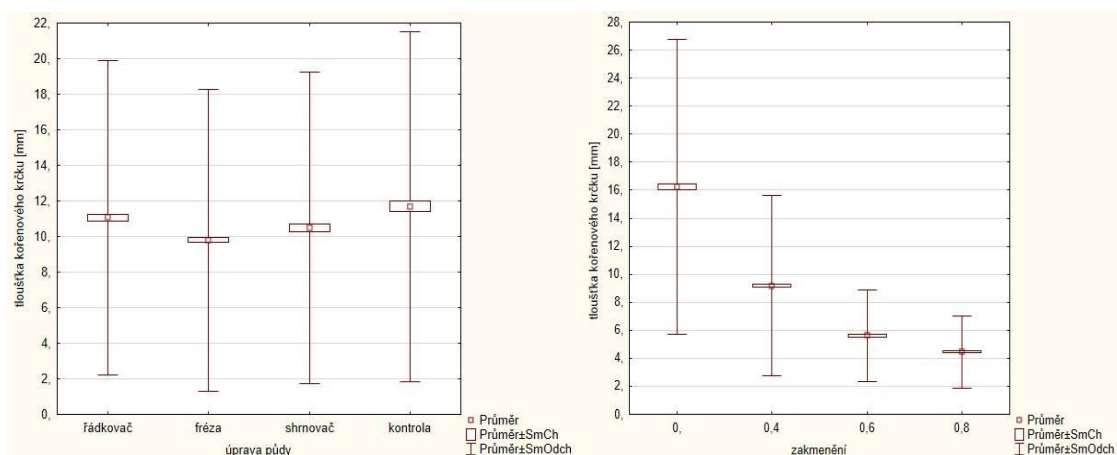


Obr. 32 Graf průměrné šířky koruny dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.

Tab. 32. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) šířky koruny dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.

Vícenásobné porovnání z' hodnot; š. koruny 2020 (nad 10 cm v Mariana)																
Nezávislá (grupovací) proměnná : varianta																
Kruskal-Wallisův test: H (15, N= 8340) =2815,893 p=0,000																
šířka koruny	řádkovač - 0	fréza - 0	shrnovač - 0	kontrola - 0	řádkovač - 0,4	fréza - 0,4	shrnovač - 0,4	kontrola - 0,4	řádkovač - 0,6	fréza - 0,6	shrnovač - 0,6	kontrola - 0,6	řádkovač - 0,8	fréza - 0,8	shrnovač - 0,8	kontrola - 0,8
řádkovač - 0		15,032	2,810	3,125	18,132	12,465	23,317	21,469	23,912	25,056	20,044	9,412	26,627	29,705	20,880	11,062
fréza - 0	15,032		15,432	10,088	3,642	2,789	8,561	10,652	14,638	11,816	9,155	3,159	15,657	16,568	12,872	6,238
shrnovač - 0	2,810	15,432		5,272	18,126	13,259	22,465	21,650	24,129	24,340	20,348	10,431	26,294	28,419	21,427	11,880
kontrola - 0	3,125	10,088	5,272		13,033	7,758	17,507	17,621	20,601	19,790	16,263	7,740	22,353	24,046	18,243	9,775
řádkovač - 0,4	18,132	3,642	18,126	13,033		6,378	4,686	7,778	12,130	8,248	6,291	1,573	12,645	12,898	10,740	5,003
fréza - 0,4	12,465	2,789	13,259	7,758	6,378		11,419	12,727	16,426	14,399	11,233	4,315	17,802	19,183	14,397	7,132
shrnovač - 0,4	23,317	8,561	22,465	17,507	4,686	11,419		4,323	9,180	4,069	2,799	0,479	9,191	8,815	8,170	3,424
kontrola - 0,4	21,469	10,652	21,650	17,621	7,778	12,727	4,323		4,731	0,921	1,285	2,792	3,977	2,796	4,430	1,413
řádkovač - 0,6	23,912	14,638	24,129	20,601	12,130	16,426	9,180	4,731		6,027	5,900	5,941	1,204	2,761	0,186	1,286
fréza - 0,6	25,056	11,816	24,340	19,790	8,248	14,399	4,069	0,921	6,027		0,534	2,378	5,456	4,389	5,490	1,892
shrnovač - 0,6	20,044	9,155	20,348	16,263	6,291	11,233	2,799	1,285	5,900	0,534		1,959	5,293	4,265	5,472	2,080
kontrola - 0,6	9,412	3,159	10,431	7,740	1,573	4,315	0,479	2,792	5,941	2,378	1,959		5,391	4,631	5,758	3,112
řádkovač - 0,8	26,627	15,657	26,294	22,353	12,645	17,802	9,191	3,977	1,204	5,456	5,293	5,391		1,674	1,276	0,636
fréza - 0,8	29,705	16,568	28,419	24,046	12,898	19,183	8,815	2,796	2,761	4,389	4,265	4,631	1,674		2,634	0,131
shrnovač - 0,8	20,880	12,872	21,427	18,243	10,740	14,397	8,170	4,430	0,186	5,490	5,472	5,758	1,276	2,634		1,358
kontrola - 0,8	11,062	6,238	11,880	9,775	5,003	7,132	3,424	1,413	1,286	1,892	2,080	3,112	0,636	0,131	1,358	

5.4.2. Tloušťka kořenového krčku dle zakmenění a přípravy půdy



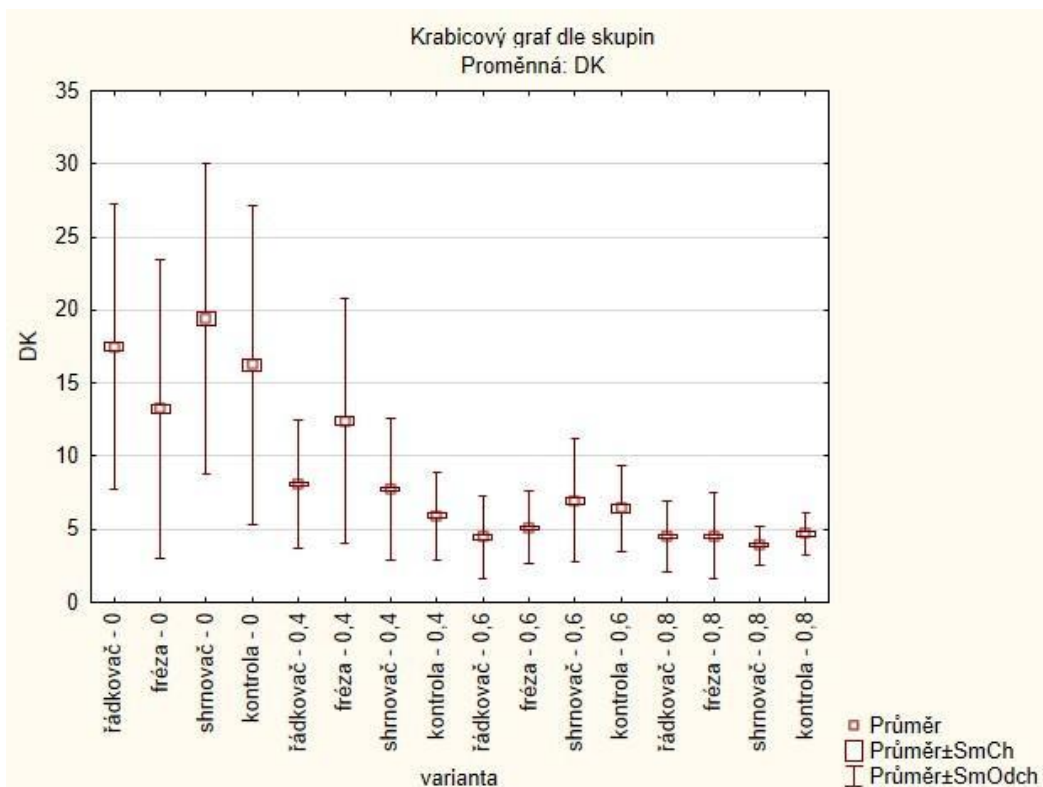
Obr. 33 Grafy průměrné tloušťky kořenového krčku dle variant přípravy půdy (vlevo) a zakmenění (vpravo).

Tab. 33. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) tloušťky kořenového krčku dle přípravy půdy.

Vícenásobné porovnání z' hodnot; DK (krček v Mariana rozdělán Nezávislá (grupovací) proměnná : úprava půdy Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 8345) =76.78756 p = .0000				
Tloušťka krčku	řádkovač	fréza	shrnovač	kontrola
řádkovač	0,000000	6,667191	1,966719	2,301235
fréza	6,667191	0,000000	4,165676	7,551525
shrnovač	1,966719	4,165676	0,000000	3,811428
kontrola	2,301235	7,551525	3,811428	0,000000

Tab. 34 Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) tloušťky kořenového krčku dle zakmenění.

Vícenásobné porovnání z' hodnot; DK (krček v Mariana rozdělán Nezávislá (grupovací) proměnná : zakmenění Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 8345) =2833.089 p =0.000				
tloušťka krčku	0	0,4	0,6	0,8
0	0,000000	26,04523	38,42830	46,14404
0,4	26,04523	0,000000	18,54798	26,94726
0,6	38,42830	18,54798	0,000000	7,66488
0,8	46,14404	26,94726	7,66488	0,000000



Obr. 34. Graf průměrné tloušťky kořenového dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.

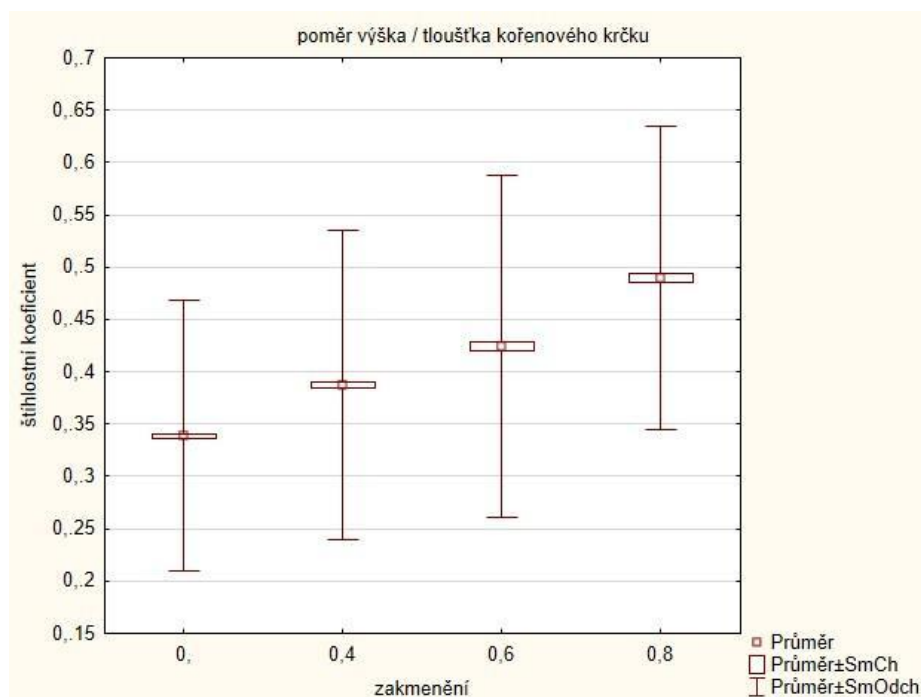
Tab. 35. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) průměrné tloušťky kořenového dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.

tloušťka kořenového krčku	Vícenásobné porovnání z' hodnot; DK (nad 10 cm v Mariana)															
	Nezávislá (grupovací) proměnná : varianta															
	Kruskal-Wallisův test: $H(15, N=8346) = 3409,390, p = 0,000$															
	řádkovač - 0	fréza - 0	shrnovač - 0	kontrola - 0	řádkovač - 0,4	fréza - 0,4	shrnovač - 0,4	kontrola - 0,4	řádkovač - 0,6	fréza - 0,6	shrnovač - 0,6	kontrola - 0,6	řádkovač - 0,8	fréza - 0,8	shrnovač - 0,8	kontrola - 0,8
řádkovač - 0		12,169	2,415	2,694	19,784	9,719	22,338	21,065	24,112	29,909	18,646	10,988	27,839	33,970	22,255	11,413
fréza - 0	12,169		12,633	8,014	8,043	2,629	10,381	12,293	16,600	19,162	9,827	5,924	18,951	23,317	15,768	7,507
shrnovač - 0	2,415	12,633		4,539	19,145	10,564	21,249	20,975	24,046	28,197	18,773	11,764	27,082	31,779	22,491	12,077
kontrola - 0	2,694	8,014	4,539		14,932	5,798	17,085	17,580	21,088	24,574	15,303	9,479	23,829	28,312	19,823	10,278
řádkovač - 0,4	19,784	8,043	19,145	14,932		10,686	2,119	6,158	11,286	11,473	3,706	2,429	12,609	15,585	11,197	4,805
fréza - 0,4	9,719	2,629	10,564	5,798	10,686		13,110	14,269	18,301	21,694	11,796	7,021	21,006	25,870	17,222	8,352
shrnovač - 0,4	22,338	10,381	21,249	17,085	2,119	13,110		4,619	9,994	9,690	2,136	1,507	11,115	13,873	10,069	4,096
kontrola - 0,4	21,065	12,293	20,975	17,580	6,158	14,269	4,619		5,221	3,152	2,079	1,102	5,326	6,456	5,936	1,931
řádkovač - 0,6	24,112	16,600	24,046	21,088	11,286	18,301	9,994	5,221		3,016	7,098	4,670	0,491	0,105	1,179	1,057
fréza - 0,6	29,909	19,162	28,197	24,574	11,473	21,694	9,690	3,152	3,016		5,529	3,067	2,872	3,925	4,009	0,505
shrnovač - 0,6	18,646	9,827	18,773	15,303	3,706	11,796	2,136	2,079	7,098	5,529		0,252	7,443	8,835	7,614	3,009
kontrola - 0,6	10,988	5,924	11,764	9,479	2,429	7,021	1,507	1,102	4,670	3,067	0,252		4,569	5,077	5,341	2,405
řádkovač - 0,8	27,839	18,951	27,082	23,829	12,609	21,006	11,115	5,326	0,491	2,872	7,443	4,569		0,499	1,713	0,811
fréza - 0,8	33,970	23,317	31,779	28,312	15,585	25,870	13,873	6,456	0,105	3,925	8,835	5,077	0,499		1,458	1,068
shrnovač - 0,8	22,255	15,768	22,491	19,823	11,197	17,222	10,069	5,936	1,179	4,009	7,614	5,341	1,713	1,458		1,784
kontrola - 0,8	11,413	7,507	12,077	10,278	4,805	8,352	4,096	1,931	1,057	0,505	3,009	2,405	0,811	1,068	1,784	

5.4.3. Štíhlostní koeficient

5.4.3.1. Štíhlostní koeficient dle zakmenění

Pro každou variantu zakmenění byl spočítán štíhlostní koeficient, poměr průměrné výšky jedince a tloušťky kořenového krčku. Čím vyšší je hodnota, tím štíhlejší jedinci jsou. Na grafu (obr ??) je vidět až vztah hustoty porostu a štíhlostního koeficientu jedinců přirozené obnovy. Z vícenásobné porovnání hodnot jednotlivých variant Kruskal-Wallisovým testem vychází, že se od sebe hodnoty všech variant liší (Obr. 35).

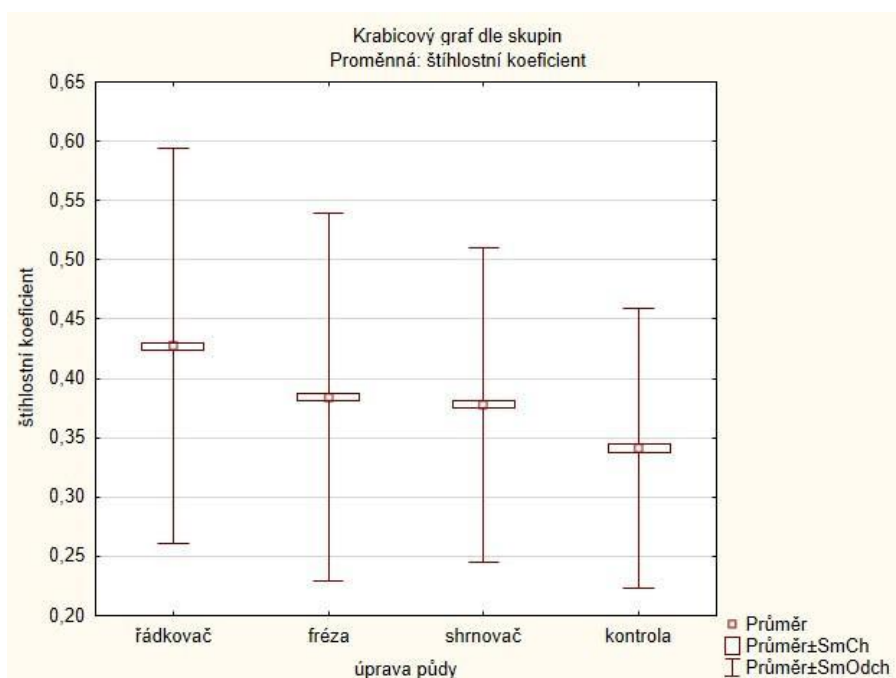


Obr. 35 Graf štíhlostního koeficientu dle zakmenění.

Tab. 36. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) štíhlostního koeficientu dle zakmenění.

Vícenásobné porovnání z' hodnot; štíhlostní koeficient (nad 10 c)				
Nezávislá (grupovací) proměnná : zakmenění				
Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 8345) =973.3534 p =0.000				
štíhlostní koeficient	0	0,4	0,6	0,8
0	0,00000	13,05872	16,71460	29,98277
0,4	13,05872	0,00000	6,74551	20,36119
0,6	16,71460	6,74551	0,00000	11,74799
0,8	29,98277	20,36119	11,74799	0,00000

5.4.3.2. Štíhlostní koeficient dle přípravy půdy

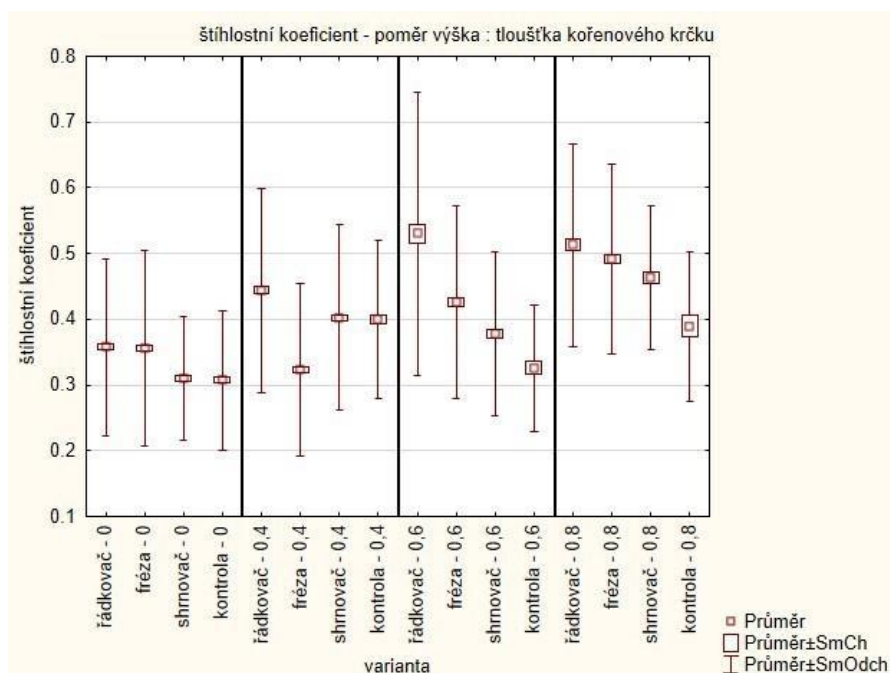


Obr. 36. Graf štíhlostního koeficientu dle zakmenění.

Tab. 37. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) štíhlostního koeficientu přípravy půdy.

Vícenásobné porovnání z' hodnot; štíhlost jedince (nad 10cm v Mariana)				
Nezávislá (grupovací) proměnná : úprava půdy				
Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=8781) = 195,6317$ p				
štíhlostní koeficient	řádkovač	fréza	shrnovač	kontrola
řádkovač		13,89255	8,434884	6,096421
fréza	13,89255		4,107513	4,387323
shrnovač	8,43488	4,10751		0,938178
kontrola	6,09642	4,38732	0,938178	

5.4.3.3. Štíhlostní koeficient dle kombinací



Obr. 37. Graf štíhlostního koeficientu dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.

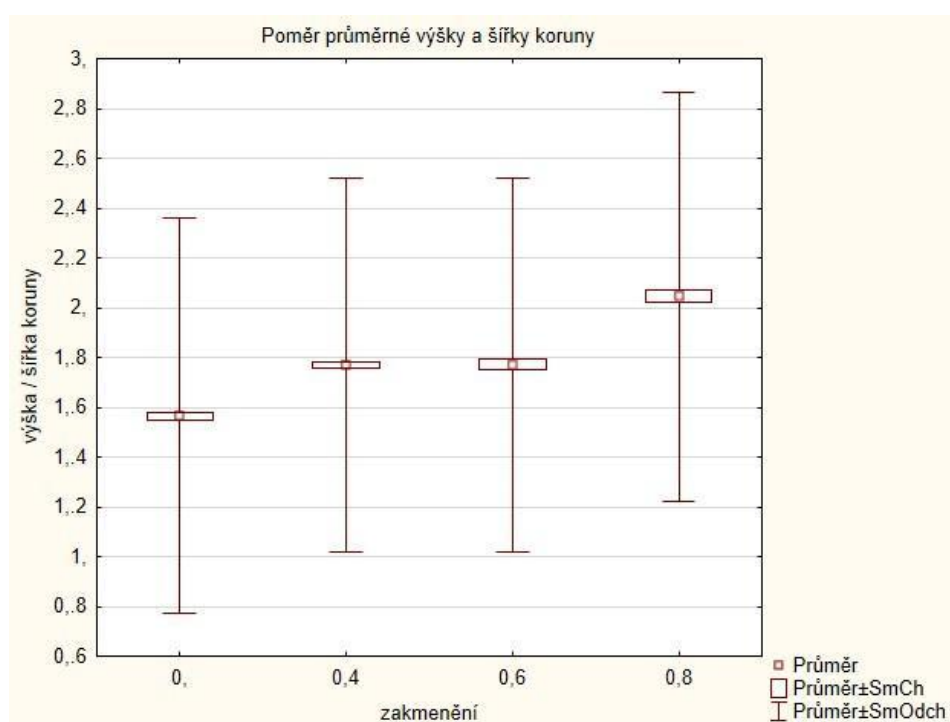
Tab. 38 Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) štíhlostního koeficientu dle kombinací přípravy půdy a zakmenění.

Vícenásobné porovnání z' hodnot; štíhlostní koeficient (nad 10 cm v Mariana)																
Nezávislá (grupovací) proměnná : varianta																
Kruskal-Wallisův test: H (15, N= 8345) =1578.420 p =0.000																
štíhlostní koeficient	řádkovač 0	fréza 0	shrnovač 0	kontrola 0	řádkovač 0,4	fréza 0,4	shrnovač 0,4	kontrola 0,4	řádkovač 0,6	fréza 0,6	shrnovač 0,6	kontrola 0,6	řádkovač 0,8	fréza 0,8	shrnovač 0,8	kontrola 0,8
řádkovač - 0	0,000	0,363	7,001	7,784	11,811	6,059	6,434	5,170	12,440	9,016	2,332	2,445	15,897	17,224	9,555	1,714
fréza - 0	0,363	0,000	6,685	7,450	12,134	5,677	6,774	5,425	12,652	9,318	2,591	2,294	16,141	17,508	9,741	1,829
shrnovač - 0	7,001	6,685	0,000	0,393	16,834	1,997	12,328	10,118	16,321	14,203	7,567	0,980	19,869	21,329	13,223	4,292
kontrola - 0	7,784	7,450	0,393	0,000	18,020	2,550	13,336	10,742	16,964	15,158	8,124	1,198	20,776	22,544	13,699	4,480
řádkovač - 0,4	11,811	12,134	16,834	18,020	0,000	17,768	5,379	3,576	4,813	1,716	6,403	7,491	6,820	6,340	2,996	2,210
fréza - 0,4	6,059	5,677	1,997	2,550	17,768	0,000	12,437	9,527	16,194	14,407	6,694	0,037	20,380	22,644	12,776	3,633
shrnovač - 0,4	6,434	6,774	12,328	13,336	5,379	12,437	0,000	0,444	8,328	3,189	2,388	5,154	10,988	11,312	6,025	0,390
kontrola - 0,4	5,170	5,425	10,118	10,742	3,576	9,527	0,444	0,000	6,884	2,052	2,349	5,041	8,716	8,377	5,095	0,565
řádkovač - 0,6	12,440	12,652	16,321	16,964	4,813	16,194	8,328	6,884	0,000	5,809	9,008	9,571	0,869	0,255	0,984	4,407
fréza - 0,6	9,016	9,318	14,203	15,158	1,716	14,407	3,189	2,052	5,809	0,000	4,730	6,542	7,838	7,487	3,939	1,550
shrnovač - 0,6	2,332	2,591	7,567	8,124	6,403	6,694	2,388	2,349	9,008	4,730	0,000	3,518	11,118	11,071	6,987	0,650
kontrola - 0,6	2,445	2,294	0,980	1,198	7,491	0,037	5,154	5,041	9,571	6,542	3,518	0,000	10,727	10,378	8,265	2,947
řádkovač - 0,8	15,897	16,141	19,869	20,776	6,820	20,380	10,988	8,716	0,869	7,838	11,118	10,727	0,000	1,394	1,840	5,061
fréza - 0,8	17,224	17,508	21,329	22,544	6,340	22,644	11,312	8,377	0,255	7,487	11,071	10,378	1,394	0,000	0,917	4,549
shrnovač - 0,8	9,555	9,741	13,223	13,699	2,996	12,776	6,025	5,095	0,984	3,939	6,987	8,265	1,840	0,917	0,000	3,603
kontrola - 0,8	1,714	1,829	4,292	4,480	2,210	3,633	0,390	0,565	4,407	1,550	0,650	2,947	5,061	4,549	3,603	0,000

5.4.4. Poměr výšky jedince a šířky koruny

5.4.4.1. Poměr výšky jedince a šířky koruny dle zakmenění

Poměr průměrné výšky jedince a šířky koruny udává přibližnou prostorovou rozlehlost asimilačních orgánů. Čím vyšší je hodnota na Obr. 38, tím užší je koruna vůči výšce jedince. Dle grafu na Obr. 38 jsou koruny vůči výšce největší na holoseči, naopak nejmenší v nejhustším porostu. Dle vícehodnotového porovnání Kruskal-Wallisovým testem není významný rozdíl mezi variantami 0,4 a 0,6. Varianta holoseče nekoreluje s žádnou z ostatních variant, stejně jako varianta 0,8 (Tab. 39).

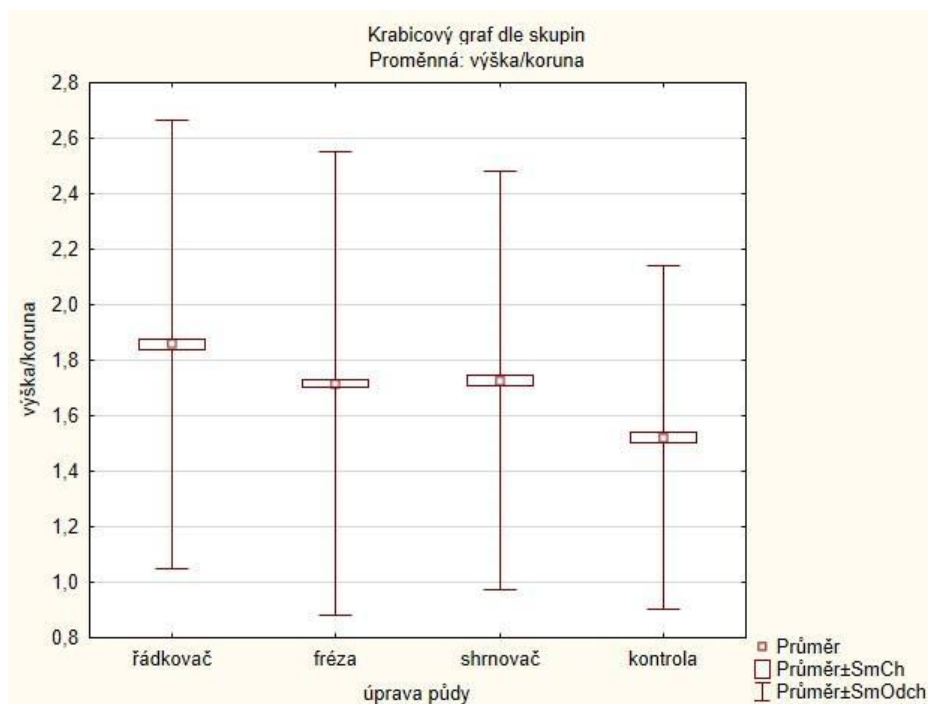


Obr. 38 Graf poměru výšky jedinců a šířky koruny dle zakmenění.

Tab. 39. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) poměru výšky jedinců a šířky koruny dle zakmenění.

Vícenásobné porovnání z' hodnot; výška/koruna (nad 10 cm v M)				
Nezávislá (grupovací) proměnná : zakmenění				
Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=8340) = 483.4937$ $p = 0.000$				
výška / šířka koruny	0	0,4	0,6	0,8
0	0,00000	13,25277	10,22646	20,99473
0,4	13,25277	0,00000	0,10613	11,22309
0,6	10,22646	0,10613	0,00000	9,43420
0,8	20,99473	11,22309	9,43420	0,00000

5.4.4.2. Poměr výšky jedince a šířky koruny dle přípravy půdy



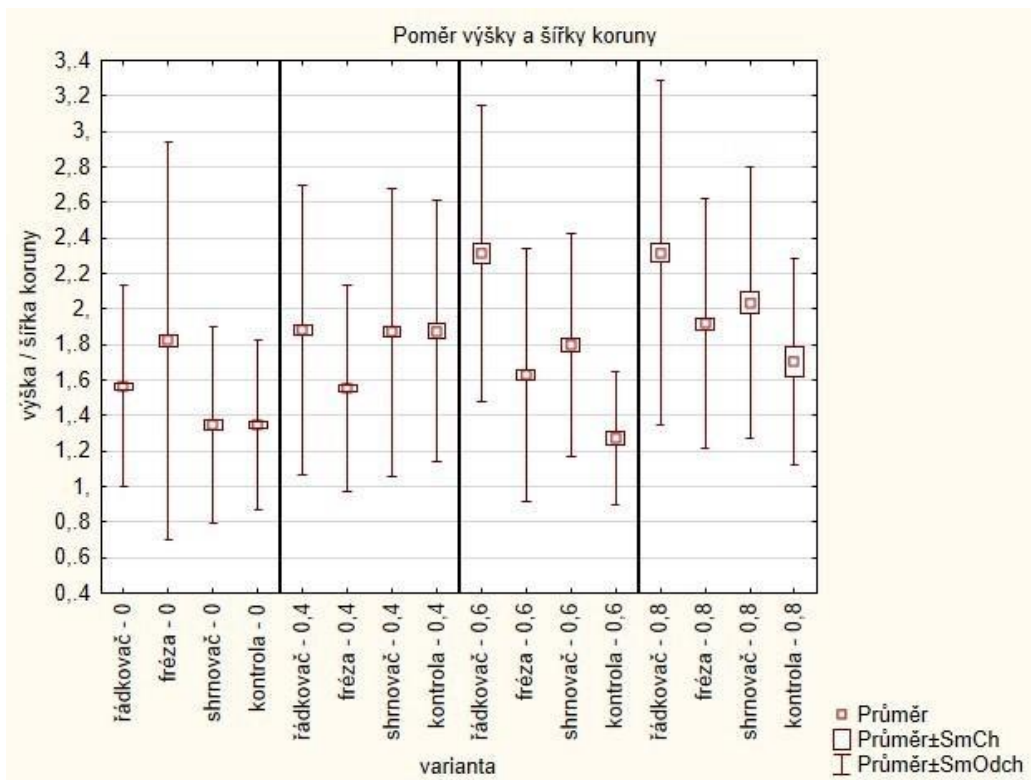
Obr. 39. Graf poměru výšky jedinců a šířky koruny dle přípravy půdy.

Tab. 40. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) poměru výšky jedinců a šířky koruny dle přípravy půdy.

výška : šířka koruny	Vícenásobné porovnání z' hodnot; výška:šířka koruny (nad 10cm v Mariana)			
	řádkovač	fréza	shrnovač	kontrola
řádkovač		13,89255	8,434884	6,096421
fréza	13,89255		0,907513	4,387323
shrnovač	8,43488	0,907513		0,938178
kontrola	6,09642	4,38732	0,938178	

5.4.4.3. Poměr výšky a šířky koruny dle kombinací

Poměr průměrné výšky jedince a šířky koruny udává přibližnou prostorovou rozlehlost asimilačních orgánů. Čím vyšší je hodnota na grafu na Obr. 40, tím užší je koruna vůči výšce jedince. Z Obr. 40 a tabulky vícenásobného porovnání Kruskal-Wallisovým testem vychází, že většina kombinací nekoreluje s jinými kombinacemi. Kombinace zakmenění s přípravou půdy řádkovačem vykazuje nepatrně štíhlejší koruny v poměru ku výšce než jiné kombinace.



Obr. 40 Graf poměru výšky jedinců ku šířce koruny dle kombinací pěstebních opatření

Tab. 41. Vícenásobné porovnání Kruskal-Wallisovým testem ($\alpha = 0,05$) výšky jedince a šířky koruny dle pěstebních opatření.

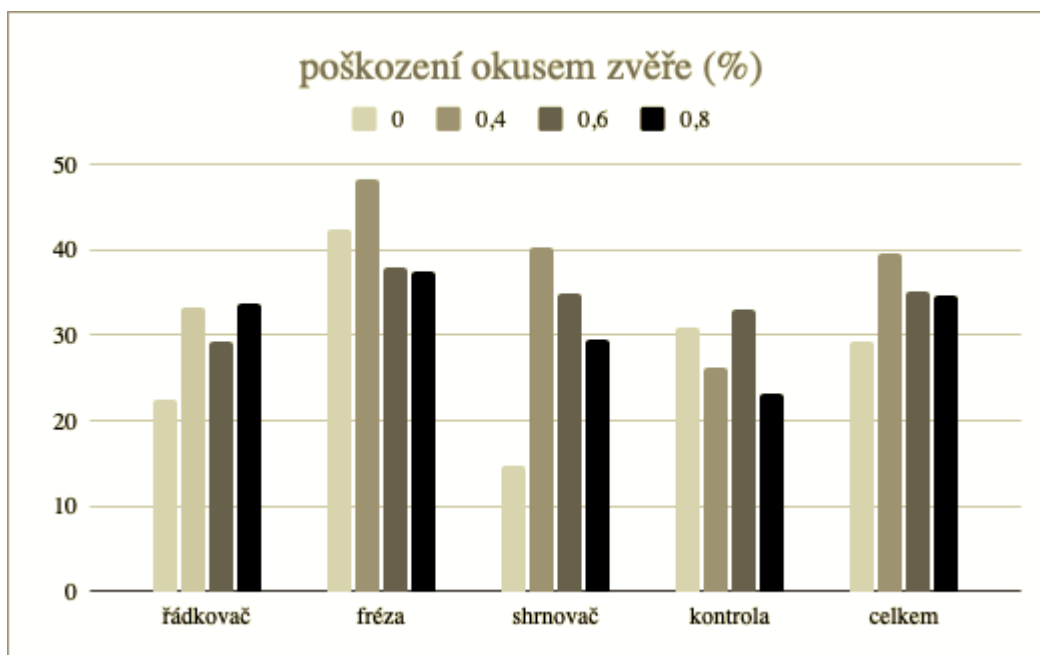
výška : šířka koruny	Vícenásobné porovnání z' hodnot: výška/koruna (nad 10 cm v Mariana rozdělané grafy výšek) Nezávislá (grupovací) proměnná : varianta Kruskal-Wallisův test: H (15, N= 8340) =1051.125 p =0.000															
	řádkovač 0	fréza 0	shrnovač 0	kontrola 0	řádkovač 0,4	fréza 0,4	shrnovač 0,4	kontrola 0,4	řádkovač 0,6	fréza 0,6	shrnovač 0,6	kontrola 0,6	řádkovač 0,8	fréza 0,8	shrnovač 0,8	kontrola 0,8
řádkovač - 0	0,000	4,809	7,385	7,348	8,701	0,563	8,396	6,834	13,190	1,028	6,046	4,558	14,553	10,199	7,750	1,568
fréza - 0	4,809	0,000	11,412	11,559	4,059	5,431	3,674	3,374	10,219	3,195	2,563	6,555	11,037	5,995	5,187	0,026
shrnovač - 0	7,385	11,412	0,000	0,329	14,566	6,981	14,363	11,920	17,279	7,604	11,231	0,877	18,953	15,554	11,746	4,293
kontrola - 0	7,348	11,559	0,329	0,000	14,832	6,927	14,632	11,954	17,384	7,550	11,248	1,060	19,185	15,794	11,712	4,183
řádkovač - 0,4	8,701	4,059	14,566	14,832	0,000	9,344	0,440	0,336	7,510	6,704	0,479	8,256	7,806	2,255	2,910	1,323
fréza - 0,4	0,563	5,431	6,981	6,927	9,344	0,000	9,049	7,280	13,596	1,530	6,490	4,337	15,057	10,785	8,073	1,748
shrnovač - 0,4	8,396	3,674	14,363	14,632	0,440	9,049	0,000	0,670	7,847	6,393	0,150	8,089	8,216	2,685	3,172	1,176
kontrola - 0,4	6,834	3,374	11,920	11,954	0,336	7,280	0,670	0,000	6,295	5,580	0,683	7,895	6,230	1,458	2,391	1,415
řádkovač - 0,6	13,190	10,219	17,279	17,384	7,510	13,596	7,847	6,295	0,000	11,820	6,930	11,883	0,763	5,651	3,011	4,903
fréza - 0,6	1,028	3,195	7,604	7,550	6,704	1,530	6,393	5,580	11,820	0,000	4,837	4,919	12,732	8,289	6,845	1,176
shrnovač - 0,6	6,046	2,563	11,231	11,248	0,479	6,490	0,150	0,683	6,930	4,837	0,000	7,464	6,948	2,238	2,944	1,063
kontrola - 0,6	4,558	6,555	0,877	1,060	8,256	4,337	8,089	7,895	11,883	4,919	7,464	0,000	11,979	9,172	8,850	4,161
řádkovač - 0,8	14,553	11,037	18,953	19,185	7,806	15,057	8,216	6,230	0,763	12,732	6,948	11,979	0,000	5,578	2,576	4,633
fréza - 0,8	10,199	5,995	15,554	15,794	2,255	10,785	2,685	1,458	5,651	8,289	2,238	9,172	5,578	0,000	1,460	2,149
shrnovač - 0,8	7,750	5,187	11,746	11,712	2,910	8,073	3,172	2,391	3,011	6,845	2,944	8,850	2,576	1,460	0,000	2,764
kontrola - 0,8	1,568	0,026	4,293	4,183	1,323	1,748	1,176	1,415	4,903	1,176	1,063	4,161	4,633	2,149	2,764	0,000

5.5. Výsledky poškození okusem zvěře

Při inventarizaci poškození okusem nebyla zkoumána intenzita okus, nýbrž jeho přítomnost. Jedná se o okus terminálu i o výrazný okus bočních větví. Dle variant zakmenění byla nejvyšší míra poškození zjištěna na variantě 0,4, 40 % jedinců vykázalo známky okusu zvěří. Varianty 0,6 a 0,8 vykazují velmi podobou míru poškození, 35 %. Nejméně poškozených jedinců pozorujeme na holoseči, 29 %. Z kombinací variant zakmenění a přípravy půdy vykazuje nejvyšší počty poškozených fréza v 0,4 (48 %), naopak nejmenší poškození pozorujeme u shrnovače na holoseči 15 % (Tab. 42, Obr. 41).

Tab. 42. Poškození jedinců obnovy okusem zvěře dle variant pěstebních opatření.

poškození %	řádkovač	fréza	shrnovač	kontrola	celkem
0	22	42	15	31	29
0,4	33	48	40	26	40
0,6	29	38	35	33	35
0,8	34	38	29	23	35



Obr. 41. Graf poškození jedinců obnovy okusem zvěře dle variant pěstebních opatření.

6. Diskuze

V důsledku zdravotní krize lesů napříč Evropou, způsobenou rekordně suchými a teplými roky, roste zájem lesníků a společnosti o metody lesního hospodaření, které mají potenciál zvýšit míru adaptace lesů na měnící se klima. Po éře intenzivního monokulturního holosečného hospodářství je v Evropě snaha hledat přírodě blízké alternativy, které povedou k odolnějším lesům s trvale udržitelným plněním produkčních a mimoprodukčních funkcí (Nilsson a kol. 2002, Erefur a kol. 2008, Remeš 2018). Ve snaze najít takové alternativy v borovém hospodářství, dokládají mnohé studie pozitivní zkušenosti s podrobným hospodařením s využitím přípravy půdy a přirozené obnovy (Béland a kol. 2000, Karlsson, Nilsson 2005, Grigoriadis a kol. 2014, Brichta a kol. 2020). Tato práce rovněž přináší výsledky vypovídající o clonné obnově borovice s přípravou půdy, jako o možném způsobu adaptace na změnu klimatu.

6.1. Hustota přirozené obnovy

Inventarizace přirozené obnovy po 5 letech od přípravy půdy a první clonné seči ukázala, že suverénně nejvyšší hustotu jedinců vykazuje varianta zakmenění porostu 0.4 (43 711 ks.ha⁻¹) a po ní holoseč (27 126 ks.ha⁻¹), nicméně velká část z těchto jedinců dosahovala jen velmi malých rozměrů (Obr. 19). Je pravděpodobné, že v této fázi bude mortalita malých semenáčků v konkurenci ostatní vegetace vysoká, to potvrzuje i Karlsson (2000). Hustota přirozené obnovy, očištěná o semenáčky pod 10 cm, je přibližně o polovinu nižší u všech variant zakmenění (holoseč - 16 437 ks.ha⁻¹, 0.4 - 18 121 ks.ha⁻¹, 0.6 - 9768 ks.ha⁻¹, 0.8 - 8979 ks.ha⁻¹). U těchto počtů vzrostlých semenáčků se smazává rozdíl v hustotě zmlazení na holoseči a 0.4 (Obr. 21). K velmi podobným výsledkům, avšak nižším číslům došel Brichta a kol. (2020) při vyhodnocení téže výzkumné plochy po třech letech od založení. Hustota obnovy nad 10 cm byla tehdy následující: holoseč (8 917 ks.ha⁻¹), 0.4 (9 186 ks.ha⁻¹), 0.6 (6 316 ks.ha⁻¹), 0.8 (6 958 ks.ha⁻¹). Z porovnání našich výsledků je zřejmé, že během dvou let, dělicích tyto měření, přibylo jedinců hlavně v porostech s menší konkurencí mateřského porostu. Negativní vliv přílišné blízkosti mateřských stromů na vývoj semenáčků potvrzuje Erefur a kol. 2007. Pro každé stanoviště existuje prahová hodnota zakmenění mateřského porostu, měnící se v čase, od které převažuje negativní vliv konkurence mateřských stromů na

semenáčky nad pozitivním efektem jejich ochrany a množstvím spadných semen. (**De Chantal a kol. 2003, Béland a kol. 2000**). Ideální hodnota zakmenění mateřského porostu a načasování zásahu se mění s kontextem stanoviště, a proto výsledky podobných studií na borovici se liší v úspěšnosti přirozené obnovy pod různým zakmeněním. **Béland a kol. (2000)** uvádí, že ještě po čtyřech letech bylo největší hustoty semenáčků ($90\ 000\ \text{ks.ha}^{-1}$) dosaženo na ploše s nejvyšším počtem mateřských stromů, $200\ \text{ks.ha}^{-1}$, což přibližně odpovídá našim variantám 0.6, 0.8. Na ploše o $160\ \text{ks.ha}^{-1}$ mateřských stromů, zhruba odpovídající našim variantám 0.4, 0.6, naměřili $53\ 000\ \text{ks.ha}^{-1}$. Suverénně nejméně naměřili na holoseči $3\ 700\ \text{ks.ha}^{-1}$. **Karlsson (2000)** uvádí, že vyhodnocení po sedmi letech ukázalo, že nejlepší výsledky vykazují plochy se zakmeněním mezi $80\text{-}160\ \text{ks.ha}^{-1}$, což odpovídá naší variantě 0.4. Narozdíl od našich výsledků, vykazovaly nejmenší hustotu přirozené obnovy plochy se zakmeněním méně jak $80\ \text{stromů.ha}^{-1}$. Počty jedinců přirozené obnovy našeho výzkumu se nepohybují v řádech vyšších desetitisíců jako ve výše uvedených studiích. To je zřejmě způsobeno kombinací velmi suchého počasí (**ČHMÚ 2021**), slabého semenného roku, odlišností lokality a porostu. Přesto se stále jedná o výrazně vyšší hektarové počty jedinců, než je doporučená norma umělé obnovy.

Mnohé výzkumy se shodují, že příprava půdy má pozitivní vliv na úspěšnost přirozené obnovy borovice a jedná se o zásadní hospodářský postup k dočasnému potlačení konkurence přízemní vegetace (**Aleksandrowicz-Trzcińska a kol. 2013, Löff a kol. 2012, Béland 2000**). Výsledky naší inventarizace taktéž potvrzují výrazně vyšší úspěšnost obnovy na připravené půdě. **Karlsson (2000)** dodává, že zásadní je správné načasování přípravy půdy bezprostředně před silným semenným rokem. Dále uvádí, že ujímavost semen významně klesá s každým rokem od přípravy půdy. Na druhou stranu, v případě našeho výzkumu, došlo k nárůstu jedinců ještě mezi třetím a pátým rokem, k čemuž mohl dopomoci deštivý rok 2020 (**ČHMÚ 2021**). Při porovnání výsledků jednotlivých variant přípravy půdy vidíme, že největší hustotu zmlazení mají varianty celoplošné přípravy půdní frézou ($33\ 824\ \text{ks.ha}^{-1}$) a shrnovačem ($41\ 885\ \text{ks.ha}^{-1}$) (Obr. 18), avšak u shrnovače je toto vysoké číslo složeno především z jedinců menších $10\ \text{cm}$ ($27\ 599\ \text{ks.ha}^{-1}$) (Obr. 20). Hustota obnovy na ploše řádkovače je jen o málo nižší ($31\ 347\ \text{ks.ha}^{-1}$) než u frézy a shrnovače, přičemž plocha připravené půdy řádkovačem je výrazně menší, jelikož se jednalo o pruhovou přípravu. Poměr hustoty obnovy dle přípravy půdy se od inventarizace po 3 letech (**Brichta a kol. 2019**) změnil. Tehdy bylo

nejvíce jedinců na řádkovači (24 800 ks.ha⁻¹), poté na fréze (21 442 ks.ha⁻¹), shrnovači (19 721 ks.ha⁻¹) a nakonec na ploše bez přípravy půdy (8 300 ks.ha⁻¹). Dnes, po pěti letech, při zanedbání jedinců menších 10 cm, pozorujeme nejvyšší hustotu obnovy u celoplošné přípravy frézou (Obr. 22). Z těchto výsledků lze konstatovat, že z hlediska hustoty obnovy se nyní zdá být nejlepším řešením celoplošná příprava půdy frézou, avšak zbylé dvě varianty poskytují rovněž uspokojivé výsledky. K výrazně větším rozdílům v technikách přípravy půdy došel výzkum **Aleksandrowicz-Trzcińska a kol. (2013)**, kde srovnávali přípravu půdy na holoseči půdní frézou (36 000 ks.ha⁻¹), talířovou půdní frézou (121 000 ks.ha⁻¹) a diskovým lesním pluhem (188 000 ks.ha⁻¹). Nejmenší hustotu zaznamenali u půdní frézy, která jde nejméně do hloubky půdy, ale oproti lesnímu pluhu mísí humus a minerální půdu. Pro uchycení semenáčků je vhodnější obnažená minerální půda, která méně vysychá oproti humusu a směsi minerální půdy s humusem (**Bélanda a kol. 2000, Mackenzie a kol. 2005, Lundmark-Thelin, Johansson (1997)**). Tento fakt je možné vysvětlit úspěšností přípravy půdy shrnovačem klestu v našem experimentu. Přestože se nejedná o standardní přípravu půdy, ukazuje se, že shrnutí klestu a s ním pomístní obnažení minerální půdy a odstranění části vegetace může být pro svou jednoduchost provedení velice efektivní a méně invazivní metoda. Provozní a ekonomické aspekty jednotlivých technik nejsou předmětem tohoto výzkumu, ale vzhledem k našim výsledkům mohou hrát při volbě varianty přípravy půdy největší roli.

Výsledky kombinací jednotlivých pěstebních opatření jsou velmi variabilní s dílčími pozitivními hodnotami i pro vyšší hustoty zakmenění mateřského porostu a nejvýrazněji pak v kombinaci s přípravou půdní frézou a shrnovačem (15-17 tis. ks.ha⁻¹)(Obr. 24).

Názory na vliv mechanické přípravy půdy na kvalitu a živinové poměry půdy se různí. Studie **Närhi a kol. (2013)** přišla s výsledky ukazující negativní efekt mechanické přípravy půdy na holoseči v podobě poklesu některých živin (Ca, Mg cca - 50 %). Příprava neměla negativní vliv schopnost půdy zadržovat vodu. Na druhou stranu **Mackenzie a kol. (2005)** a **Örlander a kol. (1996)** píší o dlouhodobě pozitivních efektech přípravy půdy na produkci a zanedbatelném dlouhodobém zhoršení půdní a živinové kvality.

6.2. Růstové charakteristiky jedinců obnovy

Na základě výsledků této práce lze konstatovat, že největší pozitivní vliv na vývoj růstových charakteristik jedinců (výška, šířka korun, tloušťka kořenového krčku) má jednoznačně dostupnost slunečního záření, což potvrzuje **Messier a kol. (1999)**. Vyšší zakmenění mateřského porostu zpomaluje růst jedinců obnovy, avšak borovice dobře reaguje zvýšeným přírůstem na uvolnění v mladém i pozdějším věku (**Riikonen et al. 2016, Brichta a kol. 2019**). Všechny měřené růstové parametry vykazují výrazně nejvyšší hodnoty na ploše holoseče a jejich hodnoty klesají úměrně s přibývajícím hustotou hlavního porostu.

Na základě měření přírůstu lze z grafu (Obr. 29) vyčíst, že jedinci na ploše varianty zakmenění 0.4 a holoseče ještě nedosáhli kulminace výškového přírůstu, zatímco obnova na variantách 0.6 a 0.8 již výškově stagnuje. Z toho lze usuzovat, že další uvolňovací seč měla být ve variantách 0.6 a 0.8 již provedena v předchozích letech. Toto potvrzuje i **Bílek a kol. 2017**, který píše, že pro variantu mírného snížení zakmenění v první fázi clonné seče (na cca 0.7) je další uvolnění nutné velmi záhy, po 2-3 letech. Naproti tomu na ploše zakmenění 0.4 zatím obnova růstově prosperuje a další fáze uvolnění zatím promeškaná není. Větší přísun světla v této fázi by mohl mít za následek rozvoj buřeneš a odumírání semenáčků, kteří ještě neodrostli keříkům borůvky. Odhaduji, že provedení druhé fáze clonné seče na tomto stanovišti bude vhodné po 6-8 letech od první fáze.

Při porovnání ploch s přípravou půdy a kontrolní plochy lze pozorovat mírný pozitivní vliv přípravy půdy na výšku jedinců, avšak nikoliv na šířku koruny, či tloušťku kořenového krčku. Vliv jednotlivých variant přípravy půdy na růst není v tomto porostu prokazatelně rozdílný a oproti vlivu dostupnosti světla je celkový vliv přípravy půdy na růst zanedbatelný. Naproti tomu **Nilsson a kol. (2019)** připouští možný pozitivní vliv přípravy půdy na ranný růst jedinců a **Örlander a kol. (1996)** a **Mattson a kol. (2007)** zaznamenali prokazatelně vyšší produkci dospělého porostu na ploše s předchozí přípravou půdy. **Mattson a kol. (2003)** navíc uvádí významné rozdíly ve variantách přípravy půdy na produkci jedinců borovice ve stáří 20-30 let. Výrazně největší produkci přinesla orba diskovým lesním pluhem, za ním talířová půdní fréza a nakonec hromádkování (mounding).

Zajímavý je pohled na vliv rychlosti růstu v raném vývoji na kvalitu dřeva. Dle některých studií, pomalejší růst v mládí pod zástínem zvyšuje hustotu letokruhů a tím zlepšuje mechanické vlastnosti budoucí dřevní suroviny (**Eriksson a kol. 2006**), nebo má přinejmenším za následek větší vyrovnanost kvality v rámci kmene (**Schönfelder a kol. 2019, Zeidler a kol. 2021**). Dle výsledků **Mattson a kol. (2003)** nemá na zlepšení kvality dřevní suroviny vliv příprava půdy.

6.3. Poškození okusem zvěře

Sčítání škod na obnově okusem zvěře ukázalo, že podíl poškozených jedinců je opravdu vysoký (Tab. 42, Obr. 41). Na většině ploch je to přes 30 %, na některých přes 40 %. Největší podíl poškození vykazují varianty s největší hustotou vyšších jedinců (fréza, 0.4). Zřejmě nejméně lákavé jsou pro zvěř plochy s menší hustotou zmlazení (kontrola) a s vzrostlými jedinci (holoseč). Nižší poškození na holoseči, než v clonných variantách je možná způsobeno tím, že zvěř preferuje potravu v úkrytu lesa a zároveň na variantě 0.4 je potravu nejvíce. Dle **Zatloukala (1995)** začínají být stavy zvěře ekologicky neúnosné, přesáhnou-li škody na nezajištěných kulturách nebo přirozené obnovy 10 %. Stavy vysoké zvěře jsou v českých i evropských lesích extrémně vysoké. Škody zvěří jsou zásadním limitním faktorem přirozené obnovy lesa. I přes relativně vysokou odolnost borovice vůči poškození zvěří (**Šrůtka, 2003, Cukor a kol. 2022**) je evidentní, že i v borovém hospodářství mohou být snahy o přirozenou obnovu rychle mařeny tímto faktorem.

7. Závěr a doporučení pro lesnickou praxi

Na základě vyhodnocení výsledků inventarizace přirozené obnovy pod clonnou a na holoseči po 5 letech od prvního těžebního zásahu, bylo potvrzeno, že pro zmlazení semenáčků v podmínkách borového lesa je v první řadě důležitá příprava půdy. Plocha bez přípravy půdy vykazovala až třikrát nižší hustotu obnovy ($13\,213 \text{ ks.ha}^{-1}$) než plochy připravené (řádkovač – $31\,347 \text{ ks.ha}^{-1}$, fréza $33\,824 \text{ ks.ha}^{-1}$, shrnovač $41\,885 \text{ ks.ha}^{-1}$). Na základě výsledků porovnání hustoty obnovy (nad 10 cm, pod 10 cm výšky a celkem) a růstových charakteristik jedinců nebyl zjištěn zásadní rozdíl mezi variantami přípravy půdy a nelze s jednoznačností určit tu nejlepší, jelikož všechny tyto varianty vykazují podobně uspokojivé výsledky.

Z pohledu celkové hustoty obnovy se z variant zakmenění ukazuje jako nejlepší varianta zakmenění 0.4 (Obr. 17), avšak z pohledu hustoty obnovy odrostlé alespoň 10 cm výšky jsou holoseč a zakmenění 0.4 stejně úspěšné (Obr. 21, Tab. 14). Varianty zakmenění 0.6 a 0.8 významně zaostávají za nižšími stupni zakmenění jak hustotou obnovy, tak růstovými charakteristikami z důvodu konkurence mateřského porostu a nedostatku slunečního záření (Obr. 21).

Výsledky kombinací jednotlivých pěstebních opatření jsou velmi variabilní s dílčími pozitivními hodnotami i pro vyšší hustoty zakmenění mateřského porostu, nejvýrazněji v kombinaci s přípravou půdní frézou a shrnovačem ($15\text{--}17 \text{ tis. ks.ha}^{-1}$).

Z pohledu růstových charakteristik vykazuje výrazně nejrychlejší vývoj obnova na volné ploše holoseče. S hustotou mateřského porostu úměrně klesá rychlost vývoje, avšak na variantě zakmenění 0.4 zatím nedošlo ke kulminaci výškového přírůstu obnovy a s pokračováním dalších clonných sečí má tato plocha potenciál úspěšné přirozené obnovy. Na variantách zakmenění 0.6 a 0.8 již růst téměř stagnuje a druhá clonná seč měla již být provedena v minulých 2 letech (Obr. 29).

Na základě výsledků této práce lze konstatovat, že přirozenou obnovu borovice lze v podmínkách přirozených borových stanovišť významně podpořit různými technikami přípravy půdy, a to jak v podrostu, tak na holoseči. S mírnější první fází clonné seče (snížení na 0.6–0.8) je nutné, aby byl další zásah proveden do 2–3 let, jinak dochází ke stagnaci obnovy. Podrovní hospodářský způsob lze považovat za slibný způsob pěstování borových porostů, který má potenciál do budoucna vytvářet lesy odolnější negativním vlivům klimatické změny.

8. Seznam literatury

ABDOLLAHNEJAD, Azadeh, Dimitrios PANAGIOTIDIS a Lukáš BÍLEK. An Integrated GIS and Remote Sensing Approach for Monitoring Harvested Areas from Very High-Resolution, Low-Cost Satellite Images. *Remote Sensing* [online]. 2019, 11(21) [cit. 2022-04-03]. ISSN 2072-4292. Dostupné z: doi:10.3390/rs11212539

ALEKSANDROWICZ-TRZCIŃSKA, Marta, Stanisław DROZDOWSKI, Bogdan BRZEZIECKI, Paulina RUTKOWSKA a Barbara JABŁOŃSKA. Effects of different methods of site preparation on natural regeneration of *Pinus sylvestris* in Eastern Poland. *Dendrobiology* [online]. 2013, 73-81 [cit. 2022-04-02]. ISSN 16411307. Dostupné z: doi:10.12657/denbio.071.007

BAČE, Radek a Miroslav SVOBODA. *Management mrtvého dřeva v hospodářských lesích: certifikovaná metodika*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2016. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-118-5.

BÉLAND, M., E. AGESTAM, P. M. EKÖ, P. GEMMEL a U. NILSSON. Scarification and Seedfall affects Natural Regeneration of Scots Pine Under Two Shelterwood Densities and a Clear-cut in Southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* [online]. 2010, 15(2), 247-255 [cit. 2022-04-03]. ISSN 0282-7581. Dostupné z: doi:10.1080/028275800750015064

BERÁNEK, Jakub. Škudci borovice lesní. In: *Přirozené zmlazování borovice: [odborný seminář] : sborník referátů : 17. září 2008, Mimoň*. [Praha]: Česká lesnická společnost, [2008]. ISBN 978-80-02-02070-7. s 33 - 36.

BIELAK, Kamil, Małgorzata DUDZIŃSKA a Hans PRETZSCH. Mixed stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst] can be more productive than monocultures. Evidence from over 100 years of observation of long-term experiments. *Forest Systems* [online]. 2014, 23(3), 573-589 [cit. 2022-04-03]. ISSN 2171-9845. Dostupné z: doi:10.5424/fs/2014233-06195

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

BÍLEK, Lukáš, Jiří REMEŠ, Otakar ŠVEC, Zdeněk VACEK, Václav ŠTÍCHA, Stanislav VACEK a Petr JAVŮREK. *Ekologicky orientované pěstování borových porostů v podmínkách nižších až středních poloh: certifikovaná metodika*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2017. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-149-9.

BÍLEK, Lukáš. Možnosti ekologicky orientovaného pěstování lesů přirozených borových stanovišť. In: *Borové hospodářství ve světle klimatických změn a rostoucího významu mimoprodukčních funkcí lesů: sborník příspěvků: 24.11.2017, Český svaz vědeckotechnických společností, Praha*. [Praha]: Česká lesnická společnost, [2017]. ISBN 978-80-02-02769-0.

BŁOŃSKA, Ewa, Anna KLAMERUS-IWAN, Jarosław LASOTA, Piotr GRUBA, Maciej PACH a Hans PRETZSCH. What Characteristics of Soil Fertility Can Improve in Mixed Stands of Scots Pine and European Beech Compared with Monospecific Stands?.

Communications in Soil Science and Plant Analysis[online]. 2018, 49(2), 237-247 [cit. 2022-04-02]. ISSN 0010-3624. Dostupné z: doi:10.1080/00103624.2017.1421658

BORKOWSKI, Andrzej. The colonisation of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) by *Tomicus minor* Hartig in southern Poland: modelling and monitoring. *European Journal of Forest Research* [online]. 2017, 136(5-6), 893-906 [cit. 2022-04-03]. ISSN 1612-4669. Dostupné z: doi:10.1007/s10342-017-1078-8

BOUWMAN, M., D.I. FORRESTER, J. DEN OUDEN, G.-J. NABUURS a G.M.J. MOHREN. Species interactions under climate change in mixed stands of Scots pine and pedunculate oak. *Forest Ecology and Management* [online]. 2021, 481 [cit. 2022-04-02]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2020.118615

BRICHTA Jakub, Lukáš BÍLEK, Zdeněk VACEK. Tloušťkový přírůst dospělých jedinců borovice lesní po silném uvolnění. 2019, Česká zemědělská univerzita v Praze

BRICHTA, Jakub, Lukáš BÍLEK, Rostislav LINDA a Jan VÍTÁMVÁS. 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]. 2020, 66(2), 104-115 [cit. 2022-04-03]. ISSN 0323-1046. Dostupné z: doi:10.2478/forj-2020-0014

CRITCHFIELD, William Burke. a Elbert L. LITTLE. *Geographic distribution of the pines of the world* [online]. Washington, D.C.: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, 1966 [cit. 2022-04-03]. Dostupné z: doi:10.5962/bhl.title.66393

CUKOR, Jan, Zdeněk VACEK, Rostislav LINDA, Stanislav VACEK, Václav ŠIMŮNEK, Zdeněk MACHÁČEK, Jakub BRICHTA a Anna PROKŮPKOVÁ. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) demonstrates a high resistance against bark stripping damage. *Forest Ecology and Management* [online]. 2022, 513 [cit. 2022-04-07]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2022.120182

ČÁP Jiří, Petr NOVOTNÝ.: Rozšíření a ekologické nároky borovice lesní. In: *Škodliví činitelé v lesích Česka 2019/2020: Krize zdravotního stavu borovice lesní. sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí : ...* Praha: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, s 39-41, ISBN 978-80-7417-200-7. ISSN 1211-9342.

ČÁP, Jiří, Martin FULÍN, Petr NOVOTNÝ, et al. *Genetická charakterizace významných regionálních populací borovice lesní v České republice: specializovaná mapa s odborným obsahem*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2016. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-132-1.

Červený Miroslav. Hospodaření přírodě blízkým způsobem na revíru Špankov. *Lesnická práce*. 2012, vol. 8

ČERVENÝ Miroslav. Pěstování lesa pod tlakem jelena siky. *Myslivost* vol. 2. 2009. [online] [cit. 2022-04-02] Dostupné z: <https://www.myslivost.cz/Casopis-Myslivost/Myslivost/2009/Unor---2009/Pestovani-lesa-pod-tlakem-jelena-siky>

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV ČR 2020 :Stav vývoje sucha v Česku, Hodnotící zpráva k jednání Národní koalice pro boj se suchem, 2020, Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2020/Stav_a_vyvoj_sucha-kveten_2020.pdf [cit. 2022-04-02]

ČÍŽEK Lukáš, Jan ROLEČEK, Jiří DANIHELKA. Celoplošná příprava půdy v lesích a její důsledky pro biodiverzitu. *Živa*. 2007, vol. 6., s. 266 – 268.

DE CHANTAL, Michelle, Kari LEINONEN, Timo KUULUVAINEN a Alessandro CESCATTI. Early response of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings to an experimental canopy gap in a boreal spruce forest. *Forest Ecology and Management* [online]. 2003, 176(1-3), 321-336 [cit. 2022-04-08]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/S0378-1127(02)00273-6

DŁUGOSIEWICZ, Justyna, Stanisław ZAJĄC a Emilia WYSOCKA-FIJOUREK. Evaluation of the natural and artificial regeneration of Scots pine *Pinus sylvestris* L. stands in the Forest District Nowa Dęba. *Forest Research Papers* [online]. 2019, 80(2), 105-116 [cit. 2022-04-01]. ISSN 2082-8926. Dostupné z: doi:10.2478/frp-2019-0009

DOBBERTIN, M., MAYER, P., WOHLGEMUTH, T., FELDMEYER-CHRISTE, E., GRAF U., ZIMMERMANN, N. E., RIGLING, A. The decline of *Pinus sylvestris* L. forests in the Swiss Rhone valley - a result of drought stress? *Phyton. Annales Rei Botanicae*. 2005, 45(4), 153-156.

DOLEŽAL, Petr, Lenka KLEINOVÁ a Markéta DAVIDKOVÁ. Adult Feeding Preference and Fecundity in the Large Pine Weevil, *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae). *Insects* [online]. 2021, 12(5) [cit. 2022-04-01]. ISSN 2075-4450. Dostupné z: doi:10.3390/insects12050473

ERBER, Aleš. Jsou borové porosty připraveny odolávat suchu? : Jaký postup obnovy zvolit při adaptaci porostů na suchu? *Lesnická Práce*. 2019, vol. 2, s. 48-51. ISSN: 0322-9254.

EREFUR, Charlotta, Urban BERGSTEN a Michelle DE CHANTAL. Establishment of direct seeded seedlings of Norway spruce and Scots pine: Effects of stand conditions, orientation and distance with respect to shelter tree, and fertilisation. *Forest Ecology and Management* [online]. 2008, 255(3-4), 1186-1195 [cit. 2022-04-07]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2007.10.024

ERIKSSON, Daniel, Henrik LINDBERG a Urban BERGSTEN. Influence of silvicultural regime on wood structure characteristics and mechanical properties of clear wood in *Pinus sylvestris*. *Silva Fennica* [online]. 2006, 40(4) [cit. 2022-04-07]. ISSN 22424075. Dostupné z: doi:10.14214/sf.325

FAHEY, Robert T. a Klaus J. PUETTMANN. Patterns in spatial extent of gap influence on understory plant communities. *Forest Ecology and Management* [online]. 2008, 255(7), 2801-2810 [cit. 2022-04-03]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2008.01.053

FARJON, Aljos. *Pines Drawings and Descriptions of the Genus Pinus*, 2nd ed. Brill. 2005. ISSN 9004139168

GALIANO, Lucía, Jordi MARTÍNEZ-VILALTA, Màrcia EUGENIO, Íñigo GRANZOW-DE LA CERDA, Francisco LLORET a David WARD. Seedling emergence and growth of *Quercus* spp. following severe drought effects on a *Pinus sylvestris* canopy. *Journal of Vegetation Science* [online]. 2013, 24(3), 580-588 [cit. 2022-04-02]. ISSN 11009233. Dostupné z: doi:10.1111/j.1654-1103.2012.01485.x

GRIGORIADIS N., G., SPYROGLOU, et al. Effect of soil scarification on natural regeneration of mature scots pine (*Pinus sylvestris*) stands in Greece. *Global NEST Journal* [online]. 2019, 16(4), 732-742 [cit. 2022-04-08]. ISSN 1790-7632. Dostupné z: doi:10.30955/gnj.001320

GRUBER, A., S. STROBL, B. VEIT a W. OBERHUBER. Impact of drought on the temporal dynamics of wood formation in *Pinus sylvestris*. *Tree Physiology* [online]. 2010, 30(4), 490-501 [cit. 2022-04-03]. ISSN 0829-318X. Dostupné z: doi:10.1093/treephys/tpq003

HÅNELL, Björn, Tomas NORDFJELL a Lars ELIASSON. Productivity and Costs in Shelterwood Harvesting. *Scandinavian Journal of Forest Research* [online]. 2010, 15(5), 561-569 [cit. 2022-04-03]. ISSN 0282-7581. Dostupné z: doi:10.1080/028275800750173537

HILLE, Marco a Jan DEN OUDEN. Improved recruitment and early growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings after fire and soil scarification. *European Journal of Forest Research*[online]. 2004, 123(3), s. 213-218 [cit. 2022-04-03]. ISSN 1612-4669. Dostupné z: doi:10.1007/s10342-004-0036-4

HOLUŠA, Jaroslav, Jan LIŠKA. Ploskohřbetky rodu *Acantholyda* na borovici. *Lesnická práce*. 2005. vol. 12

HUUSKONEN, Saija, Jari HYNYNEN a Risto OJANSUU. Stand characteristics and external quality of young Scots pine stands in Finland. *Silva Fennica* [online]. 2008, 42(3) [cit. 2022-04-07]. ISSN 22424075. Dostupné z: doi:10.14214/sf.245

CHMELARĚ, Jindřich. *Dendrologie s ekologií lesních dřevin*. 2. vyd. Praha: SPN, 1990. ISBN 80-213-0334-4.

CHURCHILL, Derek J., Andrew J. LARSON, Matthew C. DAHLGREEN, Jerry F. FRANKLIN, Paul F. HESSBURG a James A. LUTZ. Restoring forest resilience: From reference spatial patterns to silvicultural prescriptions and monitoring. *Forest Ecology and Management* [online]. 2013, 291, 442-457 [cit. 2022-04-03]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2012.11.007

JACTEL, Hervé, Jérôme PETIT, Marie-Laure DESPREZ-LOUSTAU, Sylvain DELZON, Dominique PIOU, Andrea BATTISTI a Julia KORICHEVA. Drought effects on damage by forest insects and pathogens: a meta-analysis. *Global Change Biology* [online]. 2012, 18(1), 267-276 [cit. 2022-04-01]. ISSN 13541013. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2486.2011.02512.x

KALBARCZYK, Robert, Monika ZIEMIAŃSKA, Anna NIERÓBCA a Joanna DOBRZAŃSKA. The Impact of Climate Change and Strong Anthropopressure on the Annual Growth of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Wood Growing in Eastern Poland. *Forests*[online]. 2018, 9(11) [cit. 2022-03-31]. ISSN 1999-4907. Dostupné z: doi:10.3390/f9110661

KAPITOLA, Petr. Korovnicovití (*Adelgidae*) *Lesnická práce*. 2003, vol 5.

KARLSSON, Matts a Urban NILSSON. The effects of scarification and shelterwood treatments on naturally regenerated seedlings in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* [online]. 2005, 205(1-3), 183-197 [cit. 2022-04-08]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2004.10.046

KNÍŽEK Miloš, Jan LIŠKA, František LORENC, Jan LUBOJACKÝ, Adam VÉLE, Petr ZAHRADNÍK. Význam biotických škodlivých činitelů borovice lesní. 2020. In: Lorenc F., Liška J. (eds.): *Škodliví činitelé v lesích Česka 2019/2020 – Krize zdravotního stavu borovice lesní*. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. 22. 10. 2020. Zpravodaj ochrany lesa, s. 62-71.

KOČÍ, Václav.: *Využití stavebního dřeva ve stavebnictví*. Bakalářská práce. 2017 Univerzita Palackého v Olomouci.

KOMÁREK, J. Mnišková kalamita v letech 1917-1927. Sborník Výzkumných ústavů zemědělských ČSR 78 (1): 1-256 str., 1931.

KORPEL Štefan, Milan SANIGA. Výběrný hospodářský způsob. Písek, VŠZ LF Praha a Matice lesnická 1993. 128 s.

KOŠULIČ Milan. Ekonomická analýza přírodě blízkého obhospodařování lesů. *Hnutí DUHA* [online]. 2009, [cit. 2022-04-03]. ISSN 22424075. Dostupné z: https://hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/typo3/ekonomicka_analyza_lesy.pdf

KRANICH, Karl-Heinz. Stroje pro zpracování biomasy od firmy Karlow Karlshof. *Biom.cz* [online]. 2006-06-14 [cit. 2022-03-25]. Dostupné z: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/stroje-pro-zpracovani-biomasy-od-firmy-karlow-karlshof>>. ISSN: 1801-2655.

KRIEGEL, H. Optimalizace zakládání porostů s borovicí. Optimalizace zakládání borových kultur. VÚLHM. Realizační výstup etapy výzkumného úkolu RE- 329-92-9206-DÚ03: Zakládání a pěstování borových porostů prvního věkového stupně v ekotypech narušených antropogenní činností. 1998.

KUULUVAINEN, Timo a Timo PUKKALA. Effect of Scots pine seed trees on the density of ground vegetation and tree seedlings. *Silva Fennica* [online]. 1989, 23(2) [cit. 2022-04-07]. ISSN 22424075. Dostupné z: doi:10.14214/sf.a15536

LAITAKARI, Erkki. Männyn juuristo: morfologinen tutkimus. *Acta Forestalia Fennica* [online]. 1927, 33(1) [cit. 2022-04-02]. ISSN 00015636. Dostupné z: doi:10.14214/aff.7210

LEUGNEROVÁ A. *Pinus sylvestris* L. – borovice lesní (sosna) / borovica lesná. *BOTANY.CZ* [online]. 2007-07-03 [cit. 2020-12-29] Dostupné z WWW:<<https://botany.cz/cs/pinus-sylvestris>>.

LÖF, Magnus, Daniel C. DEY, Rafael M. NAVARRO a Douglass F. JACOBS. Mechanical site preparation for forest restoration. *New Forests* [online]. 2012, 43(5-6), 825-848 [cit. 2022-04-03]. ISSN 0169-4286. Dostupné z: doi:10.1007/s11056-012-9332-x

LUBOJACKÝ Jan, František LORENC, Michal SAMEK, Miloš KNÍŽEK, Jan LIŠKA. Hlavní problémy v ochraně lesa v Česku v roce 2020 a prognóza na rok 2021. In: Lorenc F. (ed.): *Škodliví činitelé v lesích Česka 2020/2021 – Ochrana lesa na kalamitních holinách*. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. 2021. Zpravodaj ochrany lesa, s. 17-26. [online] [cit. 2022-04-02] Dostupné z: https://www.vulhm.cz/files/uploads/2021/05/ZOL_24_2021.pdf

LUBOJACKÝ, Jan. Škody způsobené větrem. *Lesnická práce*. 2013, vol. 12

LUNDMARK, Hanna, Torbjörn JOSEFSSON a Lars ÖSTLUND. The history of clear-cutting in northern Sweden – Driving forces and myths in boreal silviculture. *Forest Ecology and Management* [online]. 2013, 307, 112-122 [cit. 2022-04-01]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2013.07.003

LUNDQVIST, Lars, Martin A. AHLSTRÖM, E. PETTER AXELSSON, Tommy MÖRLING a Erik VALINGER. Multi-layered Scots pine forests in boreal Sweden result from mass regeneration and size stratification. *Forest Ecology and Management* [online].

2019, 441, 176-181 [cit. 2022-04-02]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2019.03.044

MACKENZIE, M D, M G SCHMIDT a L BEDFORD. Soil microclimate and nitrogen availability 10 years after mechanical site preparation in northern British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research* [online]. 2005, 35(8), 1854-1866 [cit. 2022-04-08]. ISSN 0045-5067. Dostupné z: doi:10.1139/x05-127

MADĚRA, Petr a Luboš ÚRADNÍČEK. *Dřeviny České republiky*. Písek: Matice lesnická, c2001. ISBN 80-86271-09-9.

MÄKITALO, Kari. Effect of Site Preparation and Reforestation Method on Survival and Height Growth of Scots Pine. *Scandinavian Journal of Forest Research* [online]. 2008, 14(6), 512-525 [cit. 2022-04-01]. ISSN 0282-7581. Dostupné z: doi:10.1080/02827589908540816

MARINICH, Allison a Kate POWELL. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.): Best Management Practices in Ontario. In Ontario Invasive Plant Council, Peterborough, Ontario. 2017

MAROZAS, Vitas, Jonas RACINSKAS a Edmundas BARTKEVICIUS. Dynamics of ground vegetation after surface fires in hemiboreal *Pinus sylvestris* forests. *Forest Ecology and Management* [online]. 2007, 250(1-2), 47-55 [cit. 2022-01-04]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2007.03.008

MAROZAS, Vitas, Jonas RACINSKAS a Edmundas BARTKEVICIUS. Dynamics of ground vegetation after surface fires in hemiboreal *Pinus sylvestris* forests. *Forest Ecology and Management* [online]. 2007, 250(1-2), 47-55 [cit. 2022-04-03]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2007.03.008

MATTSSON, Stefan. Effects of site preparation on stem growth and clear wood properties in boreal *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta*. 2003.

MAUER Oldřich. Umělá obnova v hospodářském souboru č. 13. *Lesnická práce* [online]. 2002, vol. 81(8), s. 357 - 359. [cit. 2022-04-03]

MERLIN, Morgane, Thomas PEROT, Sandrine PERRET, Nathalie KORBOULEWSKY a Patrick VALLET. Effects of stand composition and tree size on resistance and resilience to drought in sessile oak and Scots pine. *Forest Ecology and Management* [online]. 2015, 339, 22-33 [cit. 2022-04-07]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2014.11.032

MESSIER, Christian, René DOUCET, Jean-Claude RUEL, Yves CLAVEAU, Colin KELLY a Martin J LECHOWICZ. Functional ecology of advance regeneration in relation to light in boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research* [online]. 1999, 29(6), 812-823 [cit. 2022-04-08]. ISSN 0045-5067. Dostupné z: doi:10.1139/x99-070

MIKESKA, Miroslav a Stanislav VACEK. *Lesnicko-typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2008. s 448 ISBN 978-80-87154-20-5.

MIKESKA, Miroslav a Stanislav VACEK. *Lesnicko-typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2008. ISBN 978-80-87154-20-5.

MIKESKA, Miroslav. Bory jako potenciální přirozená vegetace. *Lesnická práce*. 2006. vol. 7

MODLINGER Roman, Jan LIŠKA, Miloš KNÍŽEK. *Hmyzí škůdci našich lesů*. Praha: Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti, 2015. ISBN 978-80-7434-206-6.

MUSIL, Ivan a Jan HAMERNÍK. *Jehličnaté dřeviny: přehled nahosemenných i výtrusných dřevin : lesnická dendrologie I*. Praha: Academia, 2007. ISBN 9788020015679.

MUSIL, Ivan, Jan HAMERNÍK a Gabriela LEUGNEROVÁ. *Lesnická dendrologie I: jehličnaté dřeviny : přehled nahosemenných (i výtrusných) dřevin*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2002. ISBN 80-213-0992-X.

NÄRHI, Paavo, Nils GUSTAVSSON, Marja-Liisa SUTINEN, Kari MIKKOLA a Raimo SUTINEN. Long-term effect of site preparation on soil quality in Tuntsa, Finnish Lapland. *Geoderma* [online]. 2013, 192, 1-6 [cit. 2022-04-08]. ISSN 00167061. Dostupné z: doi:10.1016/j.geoderma.2012.07.007

NÁROVCOVÁ, Jarmila a Václav NÁROVEC. *Pěstební opatření k udržení kvality borových mlazin: certifikovaná metodika*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2013. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-076-8.

NEWMASTER, Steven G., William C. PARKER, F. Wayne BELL a John M. PATERSON. Effects of forest floor disturbances by mechanical site preparation on floristic diversity in a central Ontario clearcut. *Forest Ecology and Management* [online]. 2007, 246(2-3), 196-207 [cit. 2022-04-01]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2007.03.058

NILSSON, Marie-Charlotte, Ingeborg STEIJLEN a Olle ZACKRISSON. Time-restricted seed regeneration of Scots pine in sites dominated by feather moss after clear-cutting. *Canadian Journal of Forest Research* [online]. 1996, 26(6), 945-953 [cit. 2022-04-01]. ISSN 0045-5067. Dostupné z: doi:10.1139/x26-104

NILSSON, Oscar, Karin HJELM a Urban NILSSON. Early growth of planted Norway spruce and Scots pine after site preparation in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* [online]. 2019, 34(8), 678-688 [cit. 2022-04-07]. ISSN 0282-7581. Dostupné z: doi:10.1080/02827581.2019.1659398

NILSSON, Urban, Pelle GEMMEL, Ulf JOHANSSON, Matts KARLSSON a Torkel WELANDER. Natural regeneration of Norway spruce, Scots pine and birch under Norway spruce shelterwoods of varying densities on a mesic-dry site in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* [online]. 2002, 161(1-3), 133-145 [cit. 2022-04-08]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/S0378-1127(01)00497-2

NOVÁK J., ŠPULÁK O: Problematika zakládání a pěstování porostů borovice lesní v měnících se podmínkách prostředí. In: Lorenc F., Liška J. (eds.): *Škodliví činitelé v lesích Česka 2019/2020 – Krize zdravotního stavu borovice lesní*. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. 22. 10. 2020. Zpravodaj ochrany lesa, p. 48-54.

ÖRLANDER, Göran, Gustaf EGNELL a Arne ALBREKTSON. Long-term effects of site preparation on growth in Scots pine. *Forest Ecology and Management* [online]. 1996, 86(1-3), 27-37 [cit. 2022-04-08]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/S0378-1127(96)03797-8

OYEN, B.-H. Ecology, history and silviculture of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in western Norway - a literature review. *Forestry* [online]. 2006, 79(3), 319-329 [cit. 2022-04-07]. ISSN 0015-752X. Dostupné z: doi:10.1093/forestry/cpl019

- PÂQUES, Luc E, ed. *Forest Tree Breeding in Europe* [online]. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013 [cit. 2022-04-02]. Managing Forest Ecosystems. ISBN 978-94-007-6145-2. Dostupné z: doi:10.1007/978-94-007-6146-9
- PATŘIČNÝ, Martin. *Dřevo krásných stromů*. Třetí, přepracované vydání, v nakladatelství Grada Publishing, a.s., první vydání. Praha: Grada Publishing, 2005. ISBN 80-247-1193-1.
- PEŘINA, Vladimír, Václav JIRKOVSKÝ a Zdeněk KADLUS. *Přirozená obnova lesních porostů*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1964. Lesnické aktuality.
- PEŠKOVÁ Vítěslava a František SOUKUP. Kornice borová (*Cenangium ferruginosum*). *Lesnická práce*, vol. 12, 2011, VÚLHM Jiloviště-Strnady.
- PEŠKOVÁ Vítěslava, František SOUKUP, Jan LUBOJACKÝ. Největší fytopatologické problémy posledních 20 let. 2015. In: Knížek M. (ed.): Škodliví činitelé v lesích Česka 2014/2015. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice, 23. 4. 2015. Zpravodaj ochrany lesa: 59-65. Dostupné z: https://www.vulhm.cz/files/uploads/2019/03/Zpravodaj_LOS_sv._18_2015-1.pdf
- PEŠKOVÁ, V.; SOUKUP, F.; KNÍŽEK, M. Biotičtí škodliví činitelé na borovici a sucho. *LESNICKÁ PRÁCE*. 2016, vol. 4, příloha s. 1-8. ISSN: 0322- 9254.
- PEŠKOVÁ, Vítěslava, František SOUKUP, Miloš KNÍŽEK. Biotičtí škodliví činitelé na borovici a sucho. *Lesnická práce*. 2016, vol. 4, příloha s. 1-8. ISSN: 0322- 9254.
- PIKK, J. A. A. K.; KASK, REGINO. Mechanical properties of juvenile wood of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on Myrtillus forest site type. *Baltic Forestry*, 2004, 10.1: 72-78.
- PODRÁZSKÝ, Vilém., Jan KOUBA, Daniel ZAHRADNÍK, Igor ŠTEFANČÍK Změny v druhové skladbě českých lesů, výzva pro lesnický i dřevozpracující sektor. [online] Dostupné na: < stavba.tzb-info.cz >
- POLENO Zdeněk. Přírodě blízké lesní hospodářství a soukromý vlastník lesa. *Lesnická práce*, 1998, vol. 2. s. 55.
- POLENO Zdeněk. Způsoby hospodaření ve vysokokmenném lese – Hospodářský způsob podrostní. *Lesnická práce*. 1999. vol.5(78) s. 266-270.
- POLENO, Zdeněk, Stanislav VACEK a Vilém PODRÁZSKÝ. *Pěstování lesů*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2009. ISBN 978-80-87154-34-2.
- PRETZSCH, H., M. DEL RÍO, Ch. AMMER, et al. Growth and yield of mixed versus pure stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) analysed along a productivity gradient through Europe. *European Journal of Forest Research* [online]. 2015, 134(5), 927-947 [cit. 2022-04-03]. ISSN 1612-4669. Dostupné z: doi:10.1007/s10342-015-0900-4
- PRŮŠA, Eduard. Trvale Udržitelné Obhospodařování Lesů - I. *Lesnická práce*. 1999. vol. 2(78) s. 63-65.
- REININGER Heinrich. *Hospodaření v lesích kláštera Schlägl: Těžba cílových tloušťek anebo výběr v lese věkových tříd*. 1992. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha 1997, 120 s.

REMEŠ, Jiří, Lukáš BÍLEK, Martin FULÍN M. Vliv zpracování těžebních zbytků a následné mechanické přípravy půdy na chemické vlastnosti půd přirozených borů. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2015, vol. 60: 138–146.

REMEŠ, Jiří, Lukáš BÍLEK, Iva ULBRICHOVÁ a L. BORŮVKA. *Doporučené postupy pro využívání těžebních zbytků, přípravu půdy a obnovu borových porostů v podmínkách kyselých a chudých stanovišť nižších poloh: certifikovaná metodika*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2016. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-130-7.

REMEŠ, Jiří. Development and present state of close-to-nature silviculture. *Journal of Landscape Ecology*, 2018, vol. 3 (11), s. 17-32. ISSN: 1805-4196.

RIIKONEN, Johanna, Nelli KETTUNEN, Maria GRITSEVICH, Teemu HAKALA, Liisa SÄRKKÄ a Risto TAHVONEN. Growth and development of Norway spruce and Scots pine seedlings under different light spectra. *Environmental and Experimental Botany* [online]. 2016, 121, 112-120 [cit. 2022-04-08]. ISSN 00988472. Dostupné z: doi:10.1016/j.envexpbot.2015.06.006

RIOFRÍO, José, Miren DEL RÍO, Hans PRETZSCH a Felipe BRAVO. Changes in structural heterogeneity and stand productivity by mixing Scots pine and Maritime pine. *Forest Ecology and Management* [online]. 2017, 405, 219-228 [cit. 2022-04-02]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2017.09.036

ROUAULT, Gaëlle, Jean-Noël CANDAU, François LIEUTIER, Louis-Michel NAGELEISEN, Jean-Claude MARTIN a Nathalie WARZÉE. Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe. *Annals of Forest Science* [online]. 2006, 63(6), 613-624 [cit. 2022-04-01]. ISSN 1286-4560. Dostupné z: doi:10.1051/forest:2006044

SEIDL, Rupert, Paulo M. FERNANDES, Teresa F. FONSECA, et al. Modelling natural disturbances in forest ecosystems: a review. *Ecological Modelling* [online]. 2011, 222(4), 903-924 [cit. 2022-04-01]. ISSN 03043800. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecolmodel.2010.09.040

SEIDL, Rupert, Werner RAMMER a Manfred J. LEXER. Climate change vulnerability of sustainable forest management in the Eastern Alps. *Climatic Change* [online]. 2011, 106(2), 225-254 [cit. 2022-04-02]. ISSN 0165-0009. Dostupné z: doi:10.1007/s10584-010-9899-1

SENF, Cornelius, Allan BURAS, Christian S. ZANG, Anja RAMMIG a Rupert SEIDL. Excess forest mortality is consistently linked to drought across Europe. *Nature Communications* [online]. 2020, 11(1) [cit. 2022-04-02]. ISSN 2041-1723. Dostupné z: doi:10.1038/s41467-020-19924-1

SCHÖNFELDER, Ondřej, et al. IMPACT OF SILVICULTURAL MEASURES ON THE QUALITY OF SCOTS PINE WOOD PART I. EFFECT OF REGENERATION METHOD. *WOOD RESEARCH*, 2019, 64.4: 577-588.

SCHULDT, Bernhard, Allan BURAS, Matthias AREND, et al. A first assessment of the impact of the extreme 2018 summer drought on Central European forests. *Basic and Applied Ecology* [online]. 2020, 45, 86-103 [cit. 2022-04-01]. ISSN 14391791. Dostupné z: doi:10.1016/j.baae.2020.04.003

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

SOUČEK, Jiří, Ondřej ŠPULÁK a David DUŠEK. *Metodika přeměny a přestavby borových monokultur na stanovištích přirozených smíšených porostů: Guidelines for transformation of Scotch pine stands on sites naturally dominated by mixed forests : certifikovaná metodika*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2018. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-180-2.

SOUKALOVÁ, Eva a Pavel JEŽÍK, 2015. *Dlouhodobá variabilita hladin podzemní vody* [online]. Brno: ČHMI,. Dostupné z: <http://www.vuvh.sk/Zbornik2015/Docs/Z20.pdf> [cit. 2022-04-02].

SOUKALOVÁ, Eva a Radomír MUZIKÁŘ. Hydrologické sucho v podzemních vodách. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* [online]. 2015, 57(6) [cit. 2022-04-02]. ISSN 03228916. Dostupné z: doi:10.46555/VTEI.2015.06.006

SOUKUP František a Vítěslava PEŠKOVÁ. Odumírání borovice lesní v ČR v roce 2004. *Lesnická práce*. 2004, vol. 8, VÚLHM Jíloviště-Strnady.

SPITZER, Karel a Ivana BUFKOVÁ. Šumavská rašeliniště. Vimperk: Správa Národního parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava, 2008. ISBN 978-80-254-2149-9.

SVOBODA, Pravdomil. *Lesní dřeviny a jejich porosty*. Praha, 1953. s 412

ŠINDELÁŘ Jiří. Přirozená obnova borovice lesní. *Lesnická práce*[online]. 2004 vol. 8, s. 25-27. [cit. 2022-04-03]. Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-83-2004/lesnicka-prace-c-8-04/prirozena-obnova-borovice-lesni>

ŠRÁMEK Václav, Jan HOLEČKOVÁ. *Hospodaření v malém lese*. Ministerstvo zemědělství ČR, Hradec Králové, 2006, ISBN 978-80-7084-549-3

ŠRÁMEK, Vít a Radek NOVOTNÝ. Nahodilé těžby a abiotická poškození v roce 2019 In: Lorenc F., Liška J. (eds.): *Škodliví činitelé v lesích Česka 2019/2020 – Krize zdravotního stavu borovice lesní*. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. 22. 10. 2020. Zpravodaj ochrany lesa

ŠRŮTKA Petr. Ochrana lesů. Studijní text. 1999. Česká zemědělská univerzita v Praze, [online] [cit. 2022-04-02] Dostupné z: <https://www.fld.czu.cz/dl/96065?lang=cs>

ŠRŮTKA, Petr. Sypavka borová (*Lophodermium pinastri* Shrad.). *Lesnická práce*, vol. 6/98. 2003. Lesní ochranná služba, Praha

ÚHUL. Oblastní plán rozvoje lesů, přírodní lesní oblast 18 Severočeská pískovcová plošina a Český Ráj, 2001, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs n. Lab. pobočka Jablonec n.Nis.

ULBRICHOVÁ Iva, Lukáš BÍLEK, Jiří REMEŠ. Vliv zpracování těžebních zbytků na charakteristiky bylinného a keřového patra na přirozených borových stanovištích. *Zprávy lesnického výzkumu*, vol. 62, 2017, 142-152.

ULBRICHOVÁ Iva, Vladimír JANEČEK, Jan VÍTÁMVÁS, Tomáš ČERNÝ, Lukáš BÍLEK. Clonná obnova borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.). *Zprávy lesnického výzkumu*. 2018, 63(3), 153-164.

VACEK Stanislav, Theodor LOKVENC, Jiří SOUČEK. Přirozená obnova lesních porostů: metodika. Ústav zemědělských a potravinářských informací. 1995, s. 41. ISBN 80-85120-69-0

VACEK, Stanislav a Vilém PODRÁZSKÝ. *Přírodě blízké lesní hospodářství v podmínkách střední Evropy: pěstování lesů : [sborník pro vlastníky lesů]*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a environmentální, katedra pěstování lesů, 2006. ISBN 80-213-1561-x.

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

VACEK, Stanislav, Zdeněk VACEK, Lukáš BÍLEK, et al. Structure, regeneration and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands with respect to changing climate and environmental pollution. *Silva Fennica* [online]. 2016, 50(4) [cit. 2022-04-03]. ISSN 22424075. Dostupné z: doi:10.14214/sf.1564

VACEK, Stanislav. Struktura, vývoj a management borových porostů nižších poloh ve vztahu ke klimatickým změnám. In: *Borové hospodářství ve světle klimatických změn a rostoucího významu mimoprodukčních funkcí lesů: sborník příspěvků : 24.11.2017, Český svaz vědeckotechnických společností, Praha*. [Praha]: Česká lesnická společnost, [2017]. ISBN 978-80-02-02769-0.

VEJPUSTKOVÁ, Monika, Kateřina N. HELLEBRANDOVÁ, Tomáš ČIHÁK, Zdeněk VÍCHA, Petr FABIÁNEK. Zdravotní stav borových porostů hodnocený metodikou ICP Forests. In: Lorenc F. (ed.): *Škodliví činitelé v lesích Česka 2019/2020 – Ochrana lesa na kalamitních holinách*. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. 2020. Zpravodaj ochrany lesa, s. 42-47. [online] [cit. 2022-04-02] Dostupné z: <https://www.vulhm.cz/aktivity/vydavatelska-cinnost/zpravodaj-ochrany-lesa/>

VĚTVIČKA, Václav. *Evropské stromy*. Vyd. 3. Ilustroval Vlasta MATOUŠOVÁ, ilustroval Anna SKOUMALOVÁ-HADAČOVÁ, ilustroval Jan MAGET. Praha: Aventinum, 2003. Průvodce přírodou (Aventinum). ISBN 80-7151-225-7.

VON DER GÖNNA Marc A. Fundamentals of mechanical site preparation, *FRDA report*[online]. 1992, 178 [cit. 2022-04-03]. ISSN 0835- 0752. Dostupné z: <http://www.for.gov.bc.ca/hfp/publications/00084/FRDA178.pdf>

WAISOVÁ Jaroslava. Analýza škodlivých biotických a abiotických činitelů - Dle souborů lesních typů. *Lesnická práce*. 2011, vol. 7

ZATLOUKAL Vladimír, Myslivost a les. Škody zvěří, jejich příčina a prevence. Sborník referátů. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 1995.

ZAPLETALOVÁ Eva, Veronika BAJEROVÁ. Původce chřadnutí a prosychání borovic. 2012. Ministerstvo zemědělství, Praha.

ZEIDLER, Aleš, Vlastimil BORŮVKA, Lukáš BÍLEK, Ondřej SCHÖNFELDER a Jan VÍTÁMVÁS. Impact of shelterwood regeneration method on mechanical properties of scots pine wood. *Trees* [online]. 2021, 35(4), 1185-1198 [cit. 2022-04-07]. ISSN 0931-1890. Dostupné z: doi:10.1007/s00468-021-02107-w

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic : stav k .. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce, 2003.

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic : stav k .. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce, 2020.

9. Seznam příloh

Příloha 1. Porost ve variantě zakmenění 0.4 a stav přízemní vegetace 5 let od přípravy půdy. <i>foto: Daniel Menšík (2021).</i>	104
Příloha 2. Zmlazení v porostu varianty zakmenění 0.4 a přípravy půdy půdní frézou, <i>foto: Daniel Menšík (2021).</i>	104
Příloha 3. Porost ve variantě zakmenění 0.6 a stav přízemní vegetace 5 let od přípravy půdy, <i>foto: Daniel Menšík (2021).</i>	105
Příloha 4. Porost ve variantě zakmenění 0.8 a stav přízemní vegetace 5 let od přípravy půdy, <i>foto: Daniel Menšík (2021).</i>	105
Příloha 5. Plocha holoseče a stav přirozené obnovy 5 let od mýtního zásahu a přípravy půdy. <i>V popředí je plocha připravená shrnovačem klestu, foto: Daniel Menšík (2021).</i>	106
Příloha 6. Zmlazení na holoseči na ploše bez přípravy půdy, <i>foto: Daniel Menšík (2021).</i>	106
Příloha 7. Zmlazení na holoseči ve variantě přípravy půdní frézou.	107
Příloha 8. Typické poškození semenáčků okusem zvěře, <i>foto: Daniel Menšík (2021).</i>	107

10. Přílohy



*Příloha 1. Porost ve variantě zakmenění 0.4 a stav přízemní vegetace 5 let od přípravy půdy.
foto: Daniel Menšík (2021).*



*Příloha 2. Zmlazení v porostu varianty zakmenění 0.4 a přípravy půdy půdní frézou,
foto: Daniel Menšík (2021).*



Příloha 3. Porost ve variantě zakmenění 0.6 a stav přízemní vegetace 5 let od přípravy půdy, foto: Daniel Menšík (2021).



Příloha 4. Porost ve variantě zakmenění 0.8 a stav přízemní vegetace 5 let od přípravy půdy, foto: Daniel Menšík (2021).



Príloha 5. Plocha holoseče a stav prírozenej obnovy 5 let od mýtneho zásahu a prípravy pôdy. V popredí je plocha pripravená shrnovačom klestu, foto: Daniel Menšík (2021).



Príloha 6. Zmlazenie na holoseči na ploše bez prípravy pôdy, foto: Daniel Menšík (2021).



Príloha 7. Zmlazení na holoseči ve variantě přípravy půdny frézou, foto: Daniel Menšík (2021).



Príloha 8. Typické poškození semenáčků okusem zvěře, foto: Daniel Menšík (2021).