

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská

Diplomová práce

2020

Lukáš Butor

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů (FLD)

**Pěstební analýza clonné obnovy borovice
lesní v podmínkách přirozených borových
stanovišť**

Diplomová práce

Autor: Bc. Lukáš Butor

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

2020



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autor práce:	Bc. Lukáš Butor
Studijní program:	Lesní inženýrství
Obor:	Lesní inženýrství
Vedoucí práce:	doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.
Garantující pracoviště:	Katedra pěstování lesů
Jazyk práce:	Čeština
Název práce:	Pěstební analýza clonné obnovy borovice lesní v podmínkách přirozených borových stanovišť
Název anglicky:	Silvicultural analysis of shelterwood regeneration of Scots pine on its natural sites
Cíle práce:	<p>Cílem práce je vyhodnotit úspěšnost obnovy borovice lesní tři roky po první těžební fázi clonné seče.</p> <p>Díličními cíli jsou:</p> <p>Srovnání počtů jedinců obnovy při různých variantách prosvětlení mateřského porostu včetně porovnání výsledků s kontrolním holosečným zásahem (ten představuje běžný provozní postup v dané oblasti).</p> <p>Srovnání počtů jedinců obnovy pro tři varianty přípravy půdy včetně kontrolní varianty bez přípravy půdy.</p> <p>Stanovení charakteristik nadzemní a podzemní části tříletých rostlin borovice lesní při různých režimech zástinu (od holosečného zásahu po plochu s největším zakmeněním).</p>

Metodika: Metodika:

- Získání detailního přehledu prostřednictvím publikovaných informací k danému tématu
- Založení sítě zkusných ploch v jednotlivých variantách přípravy půdy a stupně zakmenění
- Inventarizace jedinců obnovy
- Vyzvednutí reprezentativního počtu jedinců přirozené obnovy pro různé varianty světelných podmínek a analýza nadzemní a podzemní části rostlin
- Porovnání stavu obnovy borovice lesní pro jednotlivé varianty s využitím vhodných statistických metod
- Formulování doporučení pro lesnickou praxi

Doporučený rozsah práce: 50 normostran bez příloh

Klíčová slova: clonná seč, holosečná obnova, příprava půdy, přirozená borová stanoviště, zakmenění, konkurence, kořenový systém

Doporučené zdroje informací:

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
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 zálahy. *Zprávy lesnického výzkumu*. v tisku.

Předběžný termín 2019/20 LS - FLD
obhajoby:

Elektronicky schváleno: 5. 6. 2019
prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.
Vedoucí katedry

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma pěstební analýza clonné obnovy borovice lesní v podmínkách přirozených borových stanovišť 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 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 29.10. 2019

Bc. Lukáš Butor

Poděkování

Velice děkuji váženému doc. Ing. Lukáši Bílkovi, Ph.D., který byl velmi ochotný a vstřícný si najít čas a pomoci mi jak s terénní, tak i s teoretickou částí mé diplomové práce. Velké díky patří také Ing. Jakubu Brichtovi, bez jehož ochoty a pracovitosti bych tuto práci nebyl schopen dokončit v řádném termínu a realizovat praktickou část. Děkuji za pomoc také dalším doktorandům, kteří mi pomohli díky znalosti geodetických nástrojů vytyčit transekty a pomohli při sběru dat. Děkuji také Tereze Březinové a mé rodině za podporu a pomoc při vypracování této diplomové práce.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá moderním tématem v lesnictví. Přírodě blízké hospodaření v lesích, přirozená obnova borovice lesní (*Pinus Sylvestris* L.) pomocí clonného způsobu obnovy lesa v oblastech přirozených borů neboli cílového hospodářského souboru 13. Cílem práce bylo zhodnotit úspěšnost vzejití semenáčků a jejich charakteristiku pod ochranou mateřského porostu, kde byly současně provedeny různé přípravy půdy, 3 roky po provedení těžebního zásahu na snížení zakmenění. Zkoumaný porost byl rozdělen do 4 variant hustoty porostu (Holoseč; 0,4; 0,6 a 0,8) V jednotlivých variantách hustoty porostu byly současně provedeny přípravy půdy pro pomoc vzejití semenáčků (Kombinovaná půdní fréza KSH 700, Lesní mulčovač Meri Crusher 1.8 ST, shrnovač klestu SH 01 a poslední variantou byla plocha bez přípravy půdy). Data byla ručně měřena ze 64 transektů pravidelně rozmístěných ve zkoumané oblasti a zpracovávána pomocí programu TIBCO Statistica 13.5.0.17. Výsledkem inventarizace počtu semenáčků byly následující: 15 860 ind.ha⁻¹ na holoseči (zakmenění 0,0); 23 333 ind.ha⁻¹ pro zakmenění 0,4; 16 390 ind.ha⁻¹ pro zakmenění 0,6; 17 947 ind.ha⁻¹ pro zakmenění 0,8. Současně se inventarizace prováděla i pro jednotlivé varianty přípravy půdy: kombinovaná půdní fréza KSH 700 (24 750 ind.ha⁻¹), lesní mulčovač Meri Crusher 1.8 ST (21 442 ind.ha⁻¹), shrnovač klestu SH 01 (19 721 ind.ha⁻¹), půda bez přípravy půdy (8 300 ind.ha⁻¹). Charakteristika reprezentativních jedinců ukázala tendenci semenáčků zvětšovat parametry jednotlivých proměnných podle přístupu světla. Reprezentativní jedinci z varianty hustoty porostu (Holoseč) převyšují v parametrech proměnných, jedince z ostatních variant hustoty porostu v 9 různých proměnných ze 13 možných. Závěrem bylo vyhodnoceno, že pěstování borovice lesní clonným hospodářským způsobem je slibným lesnickým způsobem, který nás přiblíží blíže k přírodě blízkému pěstování lesů v dobách klimatických změn a může se stát způsobem pro boj s klimatickými změnami.

Klíčová slova: Clonná seč, holosečná obnova, příprava půdy, přirozená borová stanoviště, zakmenění, konkurence, kořenový systém

Abstract

Silvicultural analysis of shelterwood regeneration of Scots pine on its natural sites. This diploma thesis concerns itself with the modern topic of shelterwood regeneration of Scots pine (*Pinus Sylvestris* L.) through silvicultural analysis on its natural sites, i.e. management set of stands 13. The aim of this thesis is to assess the success rate of germination of seedlings and their characteristics under the protection of canopy in soil, which had been prepared in various ways three years after logging to decrease stand density. The analysed crop was divided into four categories of stand density (clear felling; 0,4; 0,6 and 0,8) Treatment to help seedlings emerge was performed in each of the individual stand density types in the form of milling cutter KSH 700, Forestry mulcher Meri Crusher 1.8 ST, brush rake SH 01 and the last category – soil with no treatment performed. The data were collected manually from 64 transects positioned symmetrically in the analysed area and were processed in the TIBCO Statistica 13.5.0.17. The results of seedling inventorisation were as follows: 15,860 ind.ha⁻¹ on clear felling (stand density 0,0); 23,333 ind.ha⁻¹ on stand density 0,4; 16,390 ind.ha⁻¹ on stand density 0,6; 17,947 ind.ha⁻¹ on stand density 0,8. Seedling inventorisation was concurrently performed for individual categories of soil treatment as well. For milling cutter KSH 700 (24,750 ind.ha⁻¹), milling cutter Meri Crusher 1.8 ST (21,442 ind.ha⁻¹), brush rake SH 01 (19,721 ind.ha⁻¹), soil with no treatment (8,300 ind.ha⁻¹). Measurements of samples has shown the tendency to grow more in the chosen parameters depending on light conditions. Samples from clear felling surpass samples from other categories in 9 out of 13 parameters. The conclusion being that growing Scots pine through the method of shelterwood regeneration is a promising forestry method that can move us closer to a more natural forest cultivation in the time of climate change. It may become the means to fight climate changes.

Key words: Under-canopy forest regeneration, clear-cut, soil preparation, natural pine habitats, stand density, competition, root system

Obsah

1	Úvod.....	15
2	Cíle práce	16
3	Literární rešerše	17
3.1	Taxonomické zařazení druhu.....	17
3.2	Charakteristika druhu	18
3.3	Ekologické nároky.....	19
3.3.1	Světelné nároky.....	19
3.3.2	Vláhové poměry	20
3.3.3	Půdní podmínky	20
3.4	Ekotypy borovice lesní	20
3.5	Hospodářský význam	23
3.6	Škůdci a houbové patogeny na borovici.....	24
3.6.1	Rozdělení	24
3.7	Obnovní způsoby.....	28
3.7.1	Holosečný způsob obnovy	28
3.7.2	Násečný způsob obnovy	29
3.7.3	Clonný způsob obnovy	29
3.8	Pěstební charakteristiky	31
3.8.1	Příprava půdy	31
3.8.2	Přirozená obnova.....	33
3.8.3	Umělá obnova	34
3.9	Výchova borových porostů.....	35
3.9.1	Péče o nárosty a kultury.....	35
3.9.2	Modely výchovy borovice lesní.....	35
3.9.3	Charakteristika přirozených borových stanovišť	38
4	Metodika práce	41

4.1	Charakteristika zájmové oblasti	41
4.2	Založení a charakteristika plochy.....	42
4.3	Sběr dat	43
4.3.1	Inventarizace jedinců na transektech.....	43
4.3.2	Sběr reprezentativních jedinců a jejich analýza	44
4.3.3	Zpracování dat.....	45
5	Výsledky	47
5.1	Charakteristika datového souboru.....	47
5.2	Počty jedinců obnovy pro jednotlivé varianty přípravy půdy a zakmenění	47
5.2.1	Inventarizace jedinců dle varianty hustoty porostu.....	51
5.2.2	Srovnání způsobu přípravy půdy a zakmenění	53
5.3	Charakteristiky vyzvednutých semenáčků pro jednotlivé varianty zakmenění	56
5.3.1	Popisná data jedinců podle zakmenění.....	56
5.3.2	Popis podle jednotlivých proměnných	59
5.4	Porovnání parametrů jedinců	72
6	Diskuse.....	75
7	Závěr a doporučení pro lesnickou praxi.....	79
8	Seznam literatury a použitých zdrojů	81
9	Seznam příloh.....	87
10	Přílohy.....	88

Seznam tabulek

Tab. 1: Přehled regionálních populací dle Svobody (1953) upravený Šindelářem, et al. (2007)	22
Tab. 2: Podíl borovice v ha a v % (Zdroj: MZU 2017).....	23
Tab. 3: Zdroj Ceny borových sortimentů v ČR v roce 2018 (Zdroj: ČSÚ 2018).....	24
Tab. 4: Příloha č. 2 k vyhlášce č. 298/2018 Sb. Rámcové vymezení cílových hospodářských souborů	39
Tab. 5: Souhrnná tabulka pro jednotlivé přípravy půdy.....	47
Tab. 6: Souhrnná tabulka popisné tabulky pro jednotlivá zakmenění.....	48
Tab. 7: Porovnání variant hustoty porostu v rámci přípravy půdy řádkovačem s ohledem na jedince nad 10 cm.	53
Tab. 8: Porovnání zakmenění k přípravě půdy frézou pro jedince nad 10 cm.	53
Tab. 9: Porovnání zakmenění k přípravě půdy shrnovačem pro jedince nad 10 cm.....	54
Tab. 10: Porovnání zakmenění k přípravě půdy kontrolou pro jedince nad 10 cm.	54
Tab. 11: Porovnání zakmenění k přípravě půdy řádkovačem pro jedince do 10 cm.	55
Tab. 12: Porovnání zakmenění k přípravě půdy frézou pro jedince do 10 cm.	55
Tab. 13: Porovnání zakmenění k přípravě půdy shrnovačem pro jedince do 10 cm.	55
Tab. 14: Porovnání zakmenění k přípravě půdy kontrolou pro jedince do 10 cm.	56
Tab. 15: Popisná statistika pro holoseč	57
Tab. 16: Popisná statistika pro zakmenění 0,4.....	57
Tab. 17: Popisná statistika pro zakmenění 0,6.....	58
Tab. 18: Popisná statistika pro zakmenění 0,8.....	58

Seznam ilustrací

Obr. 1: Borovice lesní (zdroj: Kohler, 1887).....	18
Obr. 2: Nasazení keříku jmelí bílého na hostitelskou dřevinu (Foto: Lukáš Butor, 2020).....	28
Obr. 3: Půda po použití shrnovače klestu (Foto: Lukáš Butor, 2019).....	32
Obr. 4: Půda po použití půdní frézy (Foto: Lukáš Butor, 2019).....	33
Obr. 5: Růstové modely pro kvalitní a nekvalitní porosty dle Černého et al., (1996) pro bonitu +1 (32) a 5 (22).....	37
Obr. 6: Arenický podzol na zkoumané lokalitě (Foto: Lukáš Butor, 2019)	40
Obr. 7: Mapa (zdroj: Mapy.cz)	41
Obr. 8: Schématický přehled rozdělení porostu.	42
Obr. 10: Přejchod úpravy půdy (Foto: Jakub Brichta 2019).....	46

Seznam Grafů

Graf 1: Porovnání počtu jedinců > 10 cm/ha pro přípravu půdy.	49
Graf 2: Porovnání počtu jedinců <10 cm/ha pro přípravu půdy.	50
Graf 3: Porovnání počtu jedinců > 10 cm/ha pro jednotlivá zakmenění.	51
Graf 4: Porovnání počtu jedinců <10 cm/ha pro jednotlivá zakmenění.	52
Graf 5: Porovnání délky nadzemní části.	59
Graf 6: Porovnání přírůstu v roce 2018.	60
Graf 7: Porovnání přírůstu v roce 2017.	61
Graf 8: Porovnání přírůstu v roce 2016.	62
Graf 9: Porovnání počtu větví v přeslenu.	63
Graf 10: Porovnání délky nejdelší boční větve.	64
Graf 11: Porovnání hmotnosti dřevinné části.	65
Graf 12: Porovnání hmotnosti asimilátu.	66
Graf 13: Porovnání délky kulového kořene.	67
Graf 14: porovnání délky bočního kořene.	68
Graf 15: Porovnání tloušťky kořenového krčku.	69
Graf 16: Porovnání počtu kosterních kořenů.	70
Graf 17: Porovnání hmotnosti kořenového systému.	71
Graf 18: Porovnání délky nadzemní části, přírůstu pro roky 2018, 2017, 2016 a délky nejdelší boční větve pro jednotlivá zakmenění.	72
Graf 19: Porovnání hmotnost dřevinné části, hmotnosti asimilátu a hmotnosti kořenového systému.	73
Graf 20: Porovnání délky kulového kořene a délky bočního kořene pro jednotlivá zakmenění	74
Graf 21: Porovnání počtu větví v přeslenu a počtu kosterních kořenů pro jednotlivá zakmenění	74

Použité zkratky a symboly

CHS – Cílový hospodářský soubor

Ind. ha⁻¹ – Jedinec na jeden hektar

1 Úvod

Tato práce se zabývá přirozenou obnovou borovice lesní pod ochranou mateřského porostu, na přirozených borových stanovištích cílového hospodářského souboru 13. Přirozená obnova je v dnešní době velké téma při obnově poškozeného lesa, biotickými vlivy, především suchem, které borovici lesní v současnosti sužuje po celé České republice. Přirozenou obnovou se v současné době zabývá více autorů (Aleksandrowicz-trzcińska and Drozdowski, 2014; Bílek et al., 2018, 2017; Hallikainen et al., 2019).

Je-li přirozená obnova a následné zajištění porostu na stanovišti úspěšné, snižují se náklady na obnovu lesa. Důležitým aspektem je i přírodě blízký postup obnovy lesa, což zvyšuje biodiverzitu na stanovišti a při vhodné genetické zásobě mateřského porostu, zůstávají na ploše jedinci, kteří jsou pro danou oblast vhodnými zástupci. Dalšími klady jsou dle Schonfeldera et al. (2017) zvýšená kvalita dřeva ovlivněna podmínkami na stanovištích a zvoleném pěstebním postupu. Prosvětlení porostu při přípravné seči ve clonném hospodářském způsobu přináší zvýšený ekonomický zisk díky světlostnímu přírůstu uvolněných jedinců v porostu.

Clonný způsob obnovy znamená obnovu podrostu pod ochranou mateřského porostu. Tento způsob je ve střední Evropě používán spíše vzácně, a to způsobem spíše náhodným, kdy je porost poškozen a porost je následně díky poškození prosvětlen a vznikají tak podmínky pro vzcházení semenáčků. Ve Švédsku je tento způsob obnovy však již celkem běžnou praxí (Bílek et al., 2017).

Důležitou součástí přirozené obnovy borovice je též příprava půdy. Semenáčky potřebují k úspěšnému růstu mnohé živiny a ty mu jsou zpřístupněny kontaktem s minerální půdou. K dosažení minerálního půdního horizontu je možné použití mnoha různých strojů, jsou jimiž shrnovač klestu, mulčovač, půdní fréza nebo lesní pluh, který dle Aleksandrowicz-trzcińskiej, Drozdowského, (2014) na holosečné přípravě půdy, byl nejlepší možností pro přípravu půdy

2 Cíle práce

Hlavním cílem této diplomové práce bylo vyhodnotit shromážděná data na výzkumné ploše ve vojenských lesích poblíž města Doksy a pro jednotlivá zakmenění posoudit, zda je signifikantní rozdíl v parametrech semenáčků tři roky po provedení první těžební fáze clonné seče. Mezi dílčí cíle patří i srovnání počtů jedinců obnovy při různých variantách prosvětlení mateřského porostu včetně porovnání výsledků s kontrolním holosečným zásahem (ten představuje běžný provozní postup v dané oblasti). Následné srovnání počtů jedinců obnovy pro tři varianty přípravy půdy včetně kontrolní varianty bez přípravy půdy. Stanovení charakteristik nadzemní a podzemní části tříletých rostlin borovice lesní při různých režimech zástinu (od holosečného zásahu po plochu s největším zakmeněním).

Výsledky práce by mohli pomoci při pěstování pod clonou mateřského porostu v České republice. Tento způsob zajišťuje snížení nákladů na nákup sazenic a přírodě blízký postup obnovy v době, kdy jsou naše lesy devastovány biotickými vlivy.

3 Literární rešerše

3.1 Taxonomické zařazení druhu

Borovice lesní je stálezelená jehličnatá dřevina, která je nejrozšířenějším druhem čeledi Pinaceae na území ČR, ale i na světě (Farjon, 2010). V ČR se vyskytuje již od doby po glaciálu (přibližně před 11 700 lety), kde společně s břízou a lískou dominovala lesům středoevropských nížin a pahorkatin (Horsák, Chytrý, 2010). Současně se borovice lesní vyskytuje na 28 mil. ha evropských lesů, což představuje zhruba 12 % celosvětového rozšíření. Na většině území Evropy je pak borovice lesní také domácí dřevinou (Mason, Alía, 2010).

Borovici lesní řadíme do následujících taxonomických kategorií:

Doména: *Eukaria*

Říše: *Plantae*

Podříše: *Viridiplantinae*

Vývojová linie: *Streptophytae*

Vývojová větev: *Cormophytae*

Vývojový stupeň: *Gymnospermae*

Oddělení: *Pynophyta*

Čeleď: *Pinaceae*

Rod: *Pinus*

Druh: *Pinus sylvestris*

(Farjon, 2010)

3.2 Charakteristika druhu

Borovice lesní je dřevina dorůstající do výšky 35 m a tloušťky 1 m. Na produktivních stanovištích mohou být rozměry větší, a to i dokonce přesahující 45 m výšky a 1,7 m šířky (Rushforth, 1981; Úradníček, 2003). Borka je na spodní části kmene tlustá, šupinovitá s šedohnědou barvou. Na vrchní části kmene a větvích je borka tenká, odlupčivá s oranžovou barvou (Farjon, 2005; Větvička, 2003). Pupeny jsou světle hnědé, se spirálovitě uspořádanými šupinkami. Na dospělých stromech je jehličí modrozelené, často tmavě zelené až tmavě žlutozelené v zimě, 2,5–5 cm dlouhé a 1–2 mm široké. Na mladých stromech může být jehličí dvakrát delší. Sazenice do jednoho roku má juvenilní jehličí; jedná se o jednoduché (ne ve dvojicích), zploštělé jehličí, 2–3 cm dlouhé, se zoubkovaným okrajem (Farjon, 2005; Rushforth, 1981).

V podmínkách východní a severovýchodní části areálu se borovice lesní vyznačuje spíše štíhlou korunou s jemným ovětvením. Ve střední a jižní části areálu se vyskytují jedinci s klenutou až deštníkovitou korunou se silnými větvemi (Musil, Hamerník, 2007). V podobných podmínkách se může dožít věku 300 let, v optimu a jako soliterní jedinec až 500 let (Svoboda, 1953).



Obr. 1: Borovice lesní (zdroj: Kohler, 1887)

Kořenový systém borovice lesní je charakteristický svým hlubokým kulovým kořenem s doprovodnými bočními kořeny. Tato skutečnost napomáhá vysoké stabilitě borovice a snižuje možnosti vývrátů. V zimním období je časté poškození stromu ve formě korunových zlomů, které způsobuje zejména mokrý sníh. Avšak na jiných stanovištích jsou kořenové systémy poměrně rozmanité. Na vodou ovlivněných stanovištích, kdy je hladina podzemní vody vyšší, jsou kořenové systémy mělké. Na suťových nebo skalnatých podkladech jsou kořeny často na povrchu, kde si nacházejí cestu do puklin kam následně zarůstají. Na pohyblivých píscích dochází k přenosu materiálu z kořenů, a vznikají tak „chůdovité“ kořeny (Mikeska et al., 2008).

3.3 Ekologické nároky

Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) je nejrozšířenějším druhem čeledi *Pinaceae* ve světě. Borové lesy zabírají speciální místo v zonalitě lesů České republiky (Chytrý et al., 2010). Tento druh se přirozeně vyskytuje v rozmanité řadě přírodních podmínek od horských lesů po stepní oblasti, od mediteránního až po kontinentální klima (Reich, Oleksyn, 2008). Borovice lesní je adaptována na velice široké klimatické podmínky. Roste na lokalitách s 90–200 denní vegetační dobou a srážkami od 200 do 1780 mm. Její areál lze označit za kontinentálně laděný (Musil, Hamerník, 2007). V různých oblastech je vysazována a pěstována pro svoji toleranci vůči stresu nezbytnou pro přežití a růst na chudých až extrémních stanovištích (Richardson, 1998). Současně borovice odolává mrazu a brzkým jarním mrazíkům, navíc bývá rezistentní i vůči emisím v ovzduší a vysokým teplotám (Dick et al., 2011).

3.3.1 Světelné nároky

Jedním z limitujících faktorů pro růst borovice je dostupnost světla (Košulič, 2007). U všech dřevin bez rozdílu světelných nároků narůstá velikost biomasy s přibývajícím slunečním zářením (Messier et al., 1999). Borovice lesní jakožto pionýrská dřevina, má vysoké nároky na světlo, a tudíž je přirozená obnova v zástínu jiných dřevin vzácná (Carlisle, Brown, 1968), avšak v dnešní době se přirozená obnova borovice uplatňuje v severských zemích v podmínkách boreálních lesů, ve střední Evropě je tento způsob používán spíše okrajově (Bílek et al., 2017). Dle velkého množství různých zdrojů (Farjon, 2010; Heike, 2008; Košulič, 2007; Messier et al., 1999; Musil, Hamerník, 2007); je borovice lesní vysloveně světломilnou dřevinou s velkou intolerancí k zastínění. Zejména v mládí je borovice choulostivá na

nedostatek světla, tato skutečnost je pak limitující právě na stanovištích, kde se setkává s jinými druhy dřevin (Košulič, 2007).

3.3.2 Vláhové poměry

Dle Bouchera et al. (1995) je výška, průměr, biomasa nadzemní i kořenové části jedinců přímo úměrně závislá na dostupnosti vody. Borovice lesní je však schopna čerpat vodu z daleko větší hloubky než ostatní dřeviny v ČR, díky tomu dokáže růst na písčitéch půdách které propouštějí vodu do nižších vrstev půdy, kde borovice vodu zachytává. Borovice je ale také schopna růstu i na významně podmačených půdách jako jsou rašeliniště a bažiny (Heike, 2008).

3.3.3 Půdní podmínky

Pro růst borovice lesní jsou ideální hluboké, lehké a mírně vlhké písčité půdy. Nespornou výhodou této dřeviny je schopnost růstu na mělkých a chudých, půdách, které vznikly na silikátových podkladech a rašeliništích. Dokáže růst i na extrémních stanovištích, kde bývá často jedinou dřevinou schopnou přežít, z extrémních se jedná zejména o lokality na vápencích a hadcích (Herold et al., 2014)

Borovice je důležitou dřevinou na extrémních stanovištích, kde plní celou řadu zásadních ekologických funkcí (Mikeska et al., 2008). Zejména na živných stanovištích borovice je pak méně konkurenceschopná vůči ostatním dřevinám, bývá tak vytlačována na skály, rašeliny nebo písky, kde se jiným dřevinám tolik nedaří (Klika et al., 1953).

3.4 Ekotypy borovice lesní

V ČR není k dispozici úplný soupis ekotypů lesních dřevin, i když v tomto případě určitý základ existuje od různých autorů (Svoboda, 1953; Mikeska et al., 2008) či veřejné internetové zdroje programu ERMA a OPRL, ve kterých lze dohledat seznamy genových základů (Čáp et al., 2016). V Čechách se borovice lesní rozlišuje i do regionálních populací, které se odlišují různým charakterem habitu nebo určitými odlišnostmi ve vlastnostech borovic (Macků, 1995; Svoboda, 1953).

Dle Mikesky et al., (2008) se z pěstebního hlediska rozděluje borovice na následující ekotypy.

Nížinný ekotyp (1.-2. LVS, 0M, 1-2M, 1Sc, 1-2Q 1-2P) - mezi zástupce se dá považovat lokální ekotyp Týništská borovice lesní, která se vyskytuje na šterkopískových říčních terasách, je to nás nejelastičtější místní ekotyp borovice lesní

Chlumní ekotyp (3.-4. LVS, 0M, 0Zs, 0Yc, 0O, 0P, 0G, 0Z) - Jeho nejznámějším místním ekotypem je třeboňská borovice lesní vyskytující se na jihočeských pánvích, rozpadlých křídových pískovcích a na terciárních pískovcích, dalším zástupcem je heraltická borovice, která tvoří pouze příměs v lesích Opavska.

Náhorní ekotyp (5.-6. LVS, IYv, 0Zv, 0Ny, 5-6M, 5-7Q, 5-7P) – Adršpašský místní ekotyp borovice lesní se vyskytuje pouze v NPR Adršpašsko-teplické skály, je to plnodřevný a sněhu odolný ekotyp. Dalším místním ekotypem je lánská borovice lesní, která tvoří příměs na střídavě až trvaleji zamokřených oblastech, současně je odolná sněhu a plnodřevná. Existuje i nepotvrzený ekotyp borovice lesní – ranská, vyskytující se na hořečnatých horninách.

Horský ekotyp (7. LVS, 0Zv, 0Zí, 0Ní, 7Q, 7P, 7M) – Vogtlandský náhorní ekotyp borovice lesní vyskytující se na hadcích ve Slavkovském lese. Na Šumavě se vyskytuje stožecká borovice lesní, která je velmi odolná a roste na vlhkých ale i skalnatých stanovištích

Často je uváděno i jednodušší rozdělení, a to na ekotyp náhorní což je klimaxový typ borovice s úzkou korunou a jemným ovětvením. Dalším ekotypem je borovice chlumní což je pionýrský ekotyp borovice s klenutou až deštníkovitou korunou se silnými větvemi (Schmidt 1940, Mikeska et al., 2008, Kaňák, 2011).

Borovice lesní tvoří v České republice několik oblastí s výrazným zastoupením, poblíž míst původního výskytu, kde jsou vylišovány regionální populace. Konkrétně se jedná o populace: Borovice jihočeské, která je ceněna zejména pro rovný tvar kmene a stejnoměrně velké letokruhy; dále se jedná o borovici šumavskou (stožecká), polabskou a týništskou (východočeská), která z hlediska kvality dřevní suroviny patří mezi vůbec nejlepší, navíc je typická také výborným zdravotním stavem. Mezi další regionální ekotypy borovice patří ještě borovice západočeská, severočeská, svratecká, heraltická, záhorská nebo karpatská (Kaňák, 2011).

Některé z výše zmíněných regionálních populací borovice lesní nejsou zcela původní. V průběhu vývoje lesního hospodářství sem byly některé populace zavlečeny z jiných lokalit v průběhu historie, kdy se v hospodářství výrazně upřednostňoval smrk a borovice. K zavlečení nepůvodních populací docházelo především z oblastí Pruska, Horního Porýní, Panonské pánve

a z alpských oblastí. Nynější rozšíření původní borovice je již tedy těžko rozlišitelné. V některých případech lze současné regionální populace s ohledem na původ a adaptaci na místní podmínky prostředí označit jako nezáměrně vzniklé kulturní odrůdy (např. borovice třeboňská, heraldická či rohatecká) (Šindelář et al., 2007). Ohledně regionálních populací se vedou spory, zdali nejsou dvě blízké regionální populace stejné, případně jestli se daná regionální populace vůbec může považovat jako ekotyp. Konkrétním příkladem je ekotyp Heraldické borovice o čemž diskutují např. Holuša, Holuša (2000).

K zachování vhodného genofondu této dřeviny je potřeba i vyhlášení chráněných území různých kategorií, to samé platí o vyhlášení genových základen. Zatímco k 31. 12. 2005 bylo regionálních populací platně vyhlášeno 28, k 5. 12. 2016 již aplikace ERMA 2, spravovaná Ústavem pro hospodářskou úpravu lesů, evidovala pouze 18 genových základen borovice lesní (Čáp et al., 2016).

Tab. 1: Přehled regionálních populací dle Svobody (1953) upravený Šindelářem, et al. (2007)

Počet zastoupených dílčích populací z ČR v regionálních populacích borovice	
1 – Jihočeská (třeboňská)	15
2 – Šumavská	5
3 – Západočeská	3
4 – Polabská	5
5 – Severočeská	6
6 – Svratecká oblast (oblast Českomoravské vrchoviny)	27
7 – Záhorská (hodonínská)	5
8 – Heraldická (oblast Nízkého Jeseníku)	6
9 – Středočeská	18
10 – Východočeská (týnišťská)	7
11 – Středomoravská	6
12 – Karpatská	4

3.5 Hospodářský význam

Využití borového dřeva v průmyslu je díky vlastnostem podobného uplatnění jako smrkové dříví. Ceněno je z estetického hlediska zejména na základě výrazných přechodů mezi jarními a letními částmi letokruhů, právě díky takové kresbě je využíváno na dekorační účely jak v exteriéru, tak i v interiéru. Využití je samozřejmostí ve stavebních konstrukcích, má své využití i při truhlářské výrobě (Ochozková, 2015).

Borovice lesní je v rámci ČR, ale souhrnně také Evropy velmi významnou dřevinou. Důležitou roli hraje především její pionýrský charakter a schopnost obsazování chudých stanovišť, kde však často chybí požadovaná kvalita dřevní suroviny (Dick et al., 2011). Nicméně dle Masona a Alí, (2010) v oblastech jejího původního výskytu může dosahovat i velmi dobré kvality. Dle Schonfeldera et al. (2017) je kvalita dřeva ovlivněna podmínkami na stanovištích a na zvoleném pěstebním postupu.

V dnešní době je třeba brát v úvahu predikce do budoucích let i s ohledem na borovici, jakožto dřevinu odolnou vůči suchým obdobím. Ukazuje se totiž, že ani borovice se v krátké době nedokáže adaptovat na změnu klimatu (Gärdenäs, Jansson, 1995; Rebetz, Dobbertin, 2004). Dle Podrázského et al., 2013 nastane v blízké době výrazná změna v nabídce dřevní suroviny, zejména borovice a smrku, kdy bude klesat zastoupení obou dřevin díky vyšší diverzifikaci, jakožto snaze o adaptabilitu lesů na probíhající klimatickou změnu. Tomu nasvědčuje i celospolečenská snaha dostat do popředí ekologické, sociální a environmentální funkce lesa (Bílek et al., 2018).

Borovice lesní je na některých stanovištích 1. a 2. LVS a zejména v přirozených borech často jedinou hospodářsky využitelnou dřevinou plnící také další funkce lesa. Pěstování borovice má v ČR dlouholetou tradici a v praxi se ustálily i postupy její obnovy a výchovy diferencovaně podle konkrétních stanovišť (Novák et al., 2017).

Tab. 2: Podíl borovice v ha a v % (Zdroj: MZU 2017)

Dřevina	Rok					
	2000	2010	2014	2015	2016	2017
	Plocha porostní půdy ha / %					
Borovice	453 159	436 308	429 636	428 030	425 687	424 201
	17,6	16,8	16,5	16,5	16,4	16,3

Tab. 3: Zdroj Ceny borových sortimentů v ČR v roce 2018 (Zdroj: ČSÚ 2018)

Sortimenty borovice	2018				
	Čtvrtletí				Průměr
	1.	2.	3.	4.	
Výřezy III. A/B třídy	1722	1677	1529	1479	1627
Výřezy III. C třídy	1506	1489	1356	1288	1436
Výřezy III. D třídy	1144	1161	1063	934	1091
Dříví IV. Třídy	983	1009	1024	987	1000
Dříví V. Třídy	732	676	674	615	676
Dříví VI. třídy	779	778	737	675	742

3.6 Škůdci a houbové patogeny na borovici

3.6.1 Rozdělení

Borovice lesní je pro své ekologické nároky vhodnou hostitelskou dřevinou pro velkou řadu druhů hmyzu a různých patogenů. Biotické faktory ovlivňující zdravotní stav borovice lesní můžeme rozdělit na škůdce asimilačních orgánů, to jsou zejména sypavky, některé druhy rzí, ale i patogeny kambia a letorostů (Tomešová-Haataja et al., 2016). Z hlediska škůdců jsou významní mortalitní škůdci zpravidla na všech vývojových stádiích borovice (Pešková et al., 2016).

Borovici lesní může provázet celá řada mortalitních škůdců takřka ve všech jejích vývojových fázích. Největšímu tlaku odolává ve vyšších věkových třídách, kde se vedle defoliátorů objevují ve větší míře i podkorní a dřevní druhy hmyzích škůdců (Beránek, 2008). Mezi významné podkorní škůdce pak dle Peškové et al., (2016) patří především lýkohub menší (*Tomicus minor*, Hartig.), lýkohub sosnový (*Tomicus piniperda*, L.), lýkožrout vrcholkový (*Ips acuminatus*, Gyllenhal) a lýkožrout lesklý (*Pityogenes chalcographus*, L).

Mezi škůdce faktory ovlivňující zdravotní stav borovice ale řadíme také vliv zvěře a parazitického škůdce jmelí bílé. Další velkou skupinou faktorů ovlivňujících zdravotní stav borovice jsou samozřejmě faktory abiotické, jedná se pak zejména o vítr, mokrý sníh a požáry. Konkrétně požáry jsou v borových lesích velmi časté, například v Polsku je již zaveden propracovaný systém prevence proti lesním požárům v podobě monitoringu skrze automatizované strážní věže a členění lesních porostů. (Niklasson et al., 2010).

3.6.1.1 Houbové patogeny

Kořenový systém borovice může být infikován václavkou (*Armillaria spp.*) nebo i kořenovníkem vrstevnatým (*Heterobasidion annosum spp.*). V porovnání se smrkem se jedná pouze o zanedbatelný a výjimečný výskyt a na přirozených stanovištích borovice se téměř vůbec nevyskytují (Lygis et al., 2004). Tato skutečnost je dána zejména stanovištními podmínkami. Na plochách kde je využívána umělá obnova jsou však prvkem omezující úspěšnost dalšího pěstování (Palovčíková, 2008). *Armillaria ostoyae* je stopkovýtrusná dřevokazná houba, u nás z hospodářského hlediska neškodlivější zástupce tohoto rodu. Vytváří pomíjivé kloboukaté plodnice, vyrůstající většinou v trsech začátkem podzimu nejčastěji přímo z napadených kořenů, kořenových náběhů, pařezů či bází kmenů (Pešková et al., 2016).

S ohledem na choroby asimilačních orgánů je z hlediska poškození borovice významná celá řada sypavek. Sypavky jsou choroby borovic způsobené houbou druhu *Lophodermium* (Tomešová-Haataja et al., 2016). Projevem sypavek je plynulá barevná změna a následná mortalita nejstarších ročníků jehlic, což je způsobeno přítomností houbových mycelií. Mezi nejčastější druhy sypavek na našem území v poslední době patří především skulinatec borový (*Lophodermium pinastri* Schrad.) a sypavka borová (*Lophodermium seditiosum* Minter), jejichž původ na našem území je však nejasný. Dle Jančaříka (2000) se uvažuje o zavlečení souběžně s introdukovanou dřevinou Borovice černé (*Pinus nigra* J.F. Arnold).

(*Sphaeropsis sapinea*, Dyko a B. Sutton) je houba, která doposud nemá český název. Tento patogen dokáže způsobovat snížení vitality až odumírání především starších již oslabených borovic, ale také mladých výsadeb, v některých případech dokonce i semen ze sýjí (Zwolinski et al., 1990). *Sphaeropsis sapinea* napadá letorosty nejen borovic, ale i jiných jehličnanů v průběhu jejich růstu. Mycelium se dostává do hostitele skrze průduchy a způsobuje odumírání napadené části dřeviny. Při brzkém napadení dřeviny může docházet k odumírání ještě nevyrašených výhonů. Jasným znakem napadení je silné prosmolení napadeného

vrcholového pupene. V případě, že nedošlo k úplnému poškození terminálu, tak v následujícím roce nově narůstající jehlice nedosáhnou své obvyklé délky a jsou často i o třetinu až polovinu kratší než nenapadené jehlice rostoucí v jejich obvyklých podmínkách (Palovčíková, 2008).

3.6.1.2 Hmyzí škůdci borovice lesní

Na kořenových krčcích působí škody brouk Klikoroh borový (*Hylobius abietis*, L.). Tento druh se téměř výlučně vyskytuje na uměle obnovovaných plochách, v přirozených borových nárostech pak pouze sporadicky. Velikost brouka je 14-16 mm, zbarvení je tmavě hnědé se světle žlutými ploškami (Leather et al., 1999; Leif, 1978; Zahradník, 2013). Brouci škodí svým úživným žírem na kořenovém krčku tří až šestiletých (v některých případech až desetiletých) stromků, čímž výrazně ovlivňují zdravotní stav umělých výsadeb. Vlivem napadení roní poškození jedinci pryskyřici nebo se zakřivují. Při významném poškození kořenového krčku sazenice zpravidla umírají (Langstrom, Day, 2004; Leather et al., 1999; Von Sydow, 1997).

U starších jedinců nalezneme nejvíce škůdců zejména na jehlicích borovic. Především se jedná o larvy motýlů, sosnokaze borového (*Panolis flammea* Denis et Schiffermüller) a tmavoskvrnáče borového (*Bupalus piniarii* L.) jejichž housenky jsou schopny způsobit na středně starých stromech při silném napadení holožírý či výraznou defoliaci koruny. Dalšími defoliátory jsou například housenky bourovce borového (*Dendrolimus pini* L.) a lišaje borového (*Sphinx pinastri* L.). Škody bourovce borového jsou známy především z Polska (Sierpińska, 1998). Ne příliš typickým druhem na borovici jsou také housenky bekyně mnišky (*Lymantria monacha* L.). Dalším z méně významných defoliátorů, hostujících na borovicích je hřebenule borová (*Diprion pini* L.).

Krasic borový (*Phaenops cyanea* L.), je brouk, který napadá lýko především oslabených a osluněných jedinců. Podobně jako u řady dalších hmyzích škůdců se jedná o sekundárního škůdce borovice (Evans et al., 2004). Larvy krasce borového hlodají ze začátku vývoje v lýku klikaté chodbičky, které pronikají až do běli a jsou naplněny vrstvenými pilinami. V místech napadení v prasklinách kůry (kladení vajíček) je možno pozorovat časté výrony pryskyřice (Jong et al., 2014). Jde o druh výrazně ovlivněný teplotními a vlhkostními faktory, který se přemnožuje zejména po obdobích sucha.

Momentálně nejvýznamnější skupinou hmyzu limitující české lesní hospodářství, jsou bezesporu kůrovci. U borovice se s nimi běžně setkáváme až v podobě sekundárních škůdců,

tedy jedinců, které napadají již oslabené stromy (Pešková et al., 2016). Nicméně na základě klimatických změn (Gärdenäs, Jansson, 1995; Rebetez, Dobbartin, 2004; Reich, Oleksyn, 2008) můžeme borové kůrovce označit již za škůdce primární. Díky jejich žíru - vytváření chodbiček v lýku (Knížek, Zahradník, 2007), jsou stromy nadále oslabovány a poté odumírají (Palovčíková, 2008). K nejvýznamnějším borovým lýkožroutům patří lýkohub menší (*Tomicus minor* Hartig.), lýkohub sosnový (*Tomicus piniperda* L.), lýkožrout vrcholkový (*Ips acuminatus* Gyllenhal) a lýkožrout lesklý (*Pityogenes chalcographus* L.).

Ponravy chrousta obecného (*Melolontha melolontha* L.) jsou významní škůdci sazenic a kultur (Reinecke, 2006; Zahradník, 2013), kde působí významné škody, případně celkovou mortalitu sazenic. Dospělci tohoto brouka jsou schopni způsobit úplnou defoliaci, u dobře regenerujících jedinců v porostech pak bývá pouze omezena produkce osiva a přírůst biomasy (Marren, Mabey, 2010). Žír chrousta maďalového (*Melolontha hippocastani* L.) je především na listech v korunách stromů za soumraku (Švestka, 2010). Žír je soustředěn na horní části korun a okraje porostů. Ponravy, stejně jako u chrousta obecného poškozují kořenový systém sazenice. Po vytažení sazenice je zřetelný žír na kořenech a u menších kořínků jsou jejich části sežrány úplně (Serbskaja, 1960).

3.6.1.3 Ostatní škůdci

Zvěř

Uhlířová, (1996) popisuje poškození u dřevin následovně: ohryz je poškození kůry a lýka v době vegetačního klidu, tedy v době, kdy neproudí míza. Loupání je obdobně jako u ohryzu poškození lýka a kůry, ale během vegetační doby, kdy proudí míza, čímž je toto poškození vážnější. Na mladých dřevinách dochází k poškození vytloukáním, při němž se spárkatá zvěř zbavuje „lýčí“ z nově se vytvářejícího paroží. Současně u mladých dřevin probíhá okus, kdy spárkatá zvěř okusuje pupeny mladých dřevin, činí tak buď na terminálním pupenu, případně boční okus na vedlejších větvích.

Jmelí bílé

Jmelí bílé (*Viscum album* L.) je stálezelený poloparazitický keřík parazitující zejména na borovice lesní, ale také na smrku a jedli, v některých případech také na dřevinách listnatých (Barney et al., 1998). V korunách dřevin vykvétají vidlany dvoudomých květů, z nichž se po oplodnění vyvinou nepravé bobule, které mají v našich polohách bílou až nažloutlou barvu.

V korunách stromů tvoří kulovité trsy, jejichž věk může být až několik desítek let (Rubcov, 1984). Dle Varga et al., (2012) má významný vliv na růst (výšku, tloušťku) hostující dřeviny a způsobuje předčasné úmrtí dřeviny. Tento parazitoid má vliv i na kvalitu dřevní hmoty a vystavuje dřevinu náchylností k napadení dalšími škůdci, jako jsou brouci a houby (Varga et al., 2012).



Obr. 2: Nasazení keřku jmelí bílého na hostitelskou dřevinu (Foto: Lukáš Butor, 2020).

3.7 Obnovní způsoby

3.7.1 Holosečný způsob obnovy

Holosečný hospodářský způsob – při obnově vznikají seče o velikosti do 1 ha (s výjimkou až 2 ha, na hospodářském souboru přirozených borových stanovišť na písčitých půdách a na hospodářském souboru přirozených lužních stanovišť do velikosti 2 ha holé seče bez omezení šíře a na dopravně nepřístupných horských svazích delších než 250 m, nejedná-li se o exponované hospodářské soubory, do velikosti 2 ha holé seče. (Zákon č. 289/1995 Sb., Lesní zákon). Maloplošná holoseč by neměla být větší, než kam sahá významný boční vliv obnovovaného porostu. Tomuto požadavku v zásadě odpovídá ustanovení Lesního zákona č. 289/1995 Sb. o maximální velikosti holoseče (§ 31, odst. 2). Kromě plošného kritéria (1 ha) je zde uplatněno i zmíněné ekologické hledisko na maximální šířku holoseče – na exponovaných stanovištích na průměrnou výšku obnovovaného porostu a na ostatních stanovištích na dvojnásobek průměrné výšky. Po dokončení těžby je nutné provést umělou obnovu výsadbou sazenic, sítí semen, a ponechat porost přirozené obnově.

Při mýtní těžbě úmyslné nesmí velikost holé seče překročit 1 ha a její šíře na exponovaných hospodářských souborech výši těžného porostu a na ostatních stanovištích dvojnásobek průměrné výšky těžného porostu. Šířka holé seče není omezena při domýcení porostních zbytků a porostů o výměře menší než 1 ha. V odůvodněných případech může orgán státní správy lesů při schvalování plánu nebo při zpracování osnovy nebo na žádost vlastníka lesa povolit výjimku ze stanovené velikosti nebo šířky holé seče, a to na hospodářském souboru přirozených borových stanovišť na písčitých půdách a na hospodářském souboru přirozených lužních stanovišť do velikosti 2 ha holé seče bez omezení šíře, na dopravně nepřístupných horských svazích delších než 250 m, nejedná-li se o exponované hospodářské soubory, do velikosti 2 ha holé seče. (Zákon č. 289/1995 Sb., Lesní zákon).

3.7.2 Násečný způsob obnovy

Násečný způsob obnovy borovice lesní je kombinací holoseče a podrostního způsobu. Na obnovované ploše je z malé části zhotovena malá holina (tzv. vnější obruba), která je zčásti zacloněna (vnitřní obruba). Při hospodaření tímto způsobem je výsledkem porostní skupina s velmi krátkodobě podsunutou obnovou pod neustále postupujícími porostními okraji. Při tomto způsobu se používají i různé modifikace, kdy je porost obnovován pouze na vnější obrubě, což je limitováno šířkou rovnající se výšce mýceného porostu (Poleno, 1998) Pro borovici je důležité podpořit přirozenou obnovu přípravou půdy, která podporuje vzcházení semenáčků (Béland et al., 2000; Karlsson, Nilsson, 2005) .

3.7.3 Clonný způsob obnovy

Podrostní způsob obnovy u borovice lesní, kdy je porost obnovován pod ochranou mateřského porostu, je hojně uplatňován v severských zemích v podmínkách boreálních lesů (Béland et al., 2000; Caccia, Balllaré, 2011; Karlsson, Nilsson, 2005; Oleskog et al., 2000). Ve střední Evropě je tento způsob používán spíše vzácně např. v porostech poškozeným větrem či sněhem, kde byl porost následně prosvětlen. Avšak v posledních letech se clonný způsob obnovy stává preferovaným způsobem používaným hojně v Polsku, Německu ale i v Čechách (Tarasiuk, Zwieniecki, 1990) Základ přirozené obnovy borovice lesní pod mateřským porostem spočívá nicméně v úpravě půdního povrchu. K tomuto kroku se přistupuje proto, aby byly zlepšeny půdní podmínky pro klíčení semenáčků a taktéž snížena hustota keřového patra, která je v tomto případě často největší překážkou. Další podmínkou je následná úprava porostní

hustoty, čímž selepší světelné podmínky, které dále ovlivní jak kvalitu, tak i růst jedinců obnovy (Bílek et al., 2018).

Dle Polena (1999b) se clonný způsob hospodaření dále dělí na formu clonnou (velkoplošnou) a na formu skupinovitě clonnou (neboli výběrovou) z důvodu různých modifikací použití clonné a výběrové seče:

Forma clonná – velkoplošná dle Heyera, kdy se v porostech rovnoměrně v několika fázích (zpravidla 2-4) prosvětlují porosty, díky čemuž jsou výsledkem porosty stejnověké nebo jen s malou diferenciací, uspořádané do velkých porostních skupin, které byly vychovávány pod ochranou mateřského porostu.

Forma skupinovitě clonná – je způsob, při kterém se v dlouhé obnovní době uplatňuje kvalitativní výběr jednotlivých stromů k těžbě. Díky tomu jsou porosty výrazně věkově diferenciované podobající se pak hospodářskému způsobu výběrnému.

V prvních letech vývoje semenáčků hraje důležitou roli konkurence o vodu způsobená přízemní vegetací, ale také samotným mateřským porostem. S rostoucím věkem se nároky borovice na světlo značně zvyšují, a to s ohledem na vláhové poměry a úživnost stanoviště (Bílek et al., 2017)

Snížení zakmenění na hodnotu 0,7 neumožňuje přílišné rozvinutí přízemní vegetace, ale s ohledem na obnovu borovice lesní je nutné velmi brzy. Zpravidla do 2 až 3 let začít s dalším těžebním zásahem – snížením zakmenění až na 0,5. Při takové hustotě porostu je možné využití harvesterových technologií. Při využití maloplošného postupu je dostatečná velikost kotlíku do 5 arů. Jak je uvedeno výše, dle Polena, (1999b) se bude jednat o postup s vyšší věkovou diferenciací, těžebních zásahů tak i umístění těžeb.

V průběhu historie, pravidla pro obnovu lesních porostů clonným způsobem stanovil a v praxi rozšířil již koncem 18. stol. německý lesník G. L. Hartig. V polovině století 19. další německý lesník K. J. Heyer upřesnil vymezil jednotlivé fáze clonné seče, ty byly dále upravovány, u nás dle Polena, Vacka, (2009) následovně:

Seč přípravná

Má za úkol připravit porost pro clonnou seč, základem je výběr geneticky vhodných stromů s dostatečnou kvalitou a odstranění nevhodných druhů dřevin z porostu. Rozvolněním porostu se při zvýšení světelného záření značně mění klima, taktéž dochází ke zlepšení

vláhových poměrů. Intenzita zásahu je ovlivněna kvalitou mateřského porostu, zastoupením jiných druhů dřevin a zdravotním stavem. Hodnota zakmenění je snížena na 0,9 až 0,7.

Seč semenná

Se provádí nejlépe v semenném roce, kdy je náš cíl vytvořit nejvhodnější podmínky pro vzejití semen a následný rozvoj semenáčků. Semenáčky jsou současně stále chráněny mateřským porostem vůči nepříznivým vlivům, jako je vysoušivý vítr, buřň a přímé slunce. Při tomto zásahu je zakmenění sníženo na hodnotu 0,7 až 0,5. Vybraní semenní jedinci navíc při větší míře fotosyntézy rozšiřují svůj asimilační aparát, biomasu celé korunové části.

Seč prosvětlovací

Se uplatňuje zhruba 3 až 5 let po vyklíčení semen, je nutné, aby byl nálet již dobře zakořeněn a je vyžadována jeho dostatečná odolnost vůči nepříznivým vlivům. V této době současně nálet vyžaduje ke svému růstu dostatečný přísun světla a vláhy. V této seči se zakmenění snižuje na hodnotu 0,4 až 0,2. V této fázi můžeme navíc u borovice počítat i s určitým navýšením radiálního přírůstu ponechaných jedinců mateřského porostu (Brichta et al., 2019).

Seč domýtná

Je prováděna v době kdy semenáčky, již nevyžadují žádnou ochranu od mateřského porostu. Používá se v době, kdy mají semenáčky výšku 0,5 až 1 m. Při této seči se dotěžují poslední zbytky mateřského porostu, které již plní pouze funkci zachování biodiverzity či funkci stabilizační. Z důvodu plnění ostatních funkcí lze ovšem tyto jedince v nově vzniklém porostu zachovat, a to s důrazem na důležitost přítomnosti mrtvého dřeva (Rouvinen et al., 2002; Seibold et al., 2015) či habitu lesních živočichů (Marchetti, 2004).

3.8 Pěstební charakteristiky

3.8.1 Příprava půdy

Součástí přirozené obnovy je též příprava půdy. Dle Aleksandrowicz-Trzcińskiej a Drozdowského, (2014) se jeví jako nejlepší způsob přípravy půdy lesní pluh, při kterém je odkryta minerální část půdy a je vytvořena obdélníková brázda, která napomáhá přirozené obnově. Mechanická příprava půdy je často používána na holosečích jako způsob přípravy půdy pro přirozenou obnovu.

3.8.1.1 Příprava půdy shrnovačem klestu

Klest je shrnována do řad, která kopíruje řadu stromů sousedního porostu, tímto způsobem se klest dá následně využít jako vyztužení linky při použití harvestorových technologií. Tyto řady jsou od sebe vzdáleny minimálně na výšku stromu. Šířka řad by neměla přesahovat 2,5 m (Dančáková, 2008).



Obr. 3: Půda po použití shrnovače klestu (Foto: Lukáš Butor, 2019).

3.8.1.2 Příprava půdy lesním pluhem nebo jednořádková půdní fréza

Při přípravě půdy se dá dále využít pluh či půdní fréza. Při orbě je odkryta minerální část půdy a je odkryta vysychává část horizontu půdy, která by zamezila vývoji semenáčků.

Půdní fréza rozdrcuje a mísí humusovou a minerální vrstvu půdního horizontu až do 35 cm hloubky (Aleksandrowicz-trzciński, Drozdowski, 2014).



Obr. 4: Půda po použití půdní frézy (Foto: Lukáš Butor, 2019).

3.8.2 Přirozená obnova

Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňující úspěch přirozené obnovy borovice lesní je počasí (teplota a srážky) v době zasemenění a následného růstu semenáčků (Boucher et al., 1995; Košulič, 2007; Oleskog et al., 2000).

Pokud není vrstva hrabanky upravena skarifikací, má vrstva hrabanky vlhkost tak nízkou, že semena nejsou schopna vzejít. Organická vrstva půdy usychá příliš rychle a její vlhkostní režim je až příliš závislý na momentálních podmínkách prostředí. V takovýchto případech jsou semenáčky silně závislé na častém a dostatečném dešti dokud jejich kořeny nedosáhnou do minerální půdy (Oleskog, Sahlén, 2010). Silná vrstva hrabanky a humusu může prodloužit nebo překazit vzejití semenáčků, způsobené oddálením kontaktu kořene semenáčku s minerální půdou (Caccia, Balllaré, 2011)

Prioritou každého vlastníka hospodářského lesa je zvyšování, případně udržení současné rentability hospodaření v lese, a jednou z možností je úspora nákladů vložených do obnovy lesních porostů (Šišák et al., 2016) V současné době, kdy je zvýšená pravděpodobnost výskytu extrémních klimatických jevů, jakými jsou dlouhodobé letní sucha a vysoké jarní

teploty, se zhoršují podmínky pro obnovu borových lesních porostů (Kanti Bose et al., 2019). Tyto projevy současně negativně ovlivňují jak umělou obnovu, tak i obnovu přirozenou (Bílek et al., 2018).

Pro borovici v našich podmínkách současně platí, že se obnovuje většinou umělou cestou a přirozený způsob se začíná v současné době uplatňovat ve větší míře. Praktické příklady však naznačují, že přirozená obnova, konkrétně pod clonou mateřského porostu, nebo na násecích, je možná uplatňovat naprosto běžně. Dle Šindeláře (2000) budou v budoucnosti přednostně uplatňovány přirozené způsoby obnovy lesních porostů. Umělou obnovou budou pouze doplňovány dřeviny, které nejsou součástí druhové skladby, dále v porostech, kde je třeba druhovou skladbu vyměnit nebo tam, kde se přirozená obnova nepodařila realizovat. Dalším argumentem pro upřednostnění obnovy umělé může být nevhodná genetická informace mateřských jedinců na dané lokalitě (Čáp et al., 2016; Mikeska et al., 2008).

3.8.3 Umělá obnova

Umělou obnovou rozumíme zakládání nových porostů sítí nebo výsadbou sazenic. Tento způsob se uplatňuje v porostech, kde je přirozená obnova obtížná a je třeba doplnit druhovou skladbu nebo zlepšit genetický původ dřevin (Šindelář, 2000). Kultury vznikají výsadbou prostokořeného či krytkořeného sadebního materiálu, jehož minimální počty stanovuje vyhláška č. 139/2004 Sb. A pohybují se od 8 000 v CHS 27, 29, 41 a 51 do 9 000 sazenic na 1 hektar v CHS 13, 21, 23. Způsob holosečný, při němž obnova lesních porostů probíhá na souvislé vytěžené ploše, širší než průměrná výška těžného porostu; k tomu je nutno vzít v úvahu omezení a výjimky ze zákona (§ 31, odst. 2), kdy na přirozených borových stanovištích CHS 13 je povoleno vytvářet holoseče o velikosti 2 ha.

Ruční i mechanizovaná výsadba musí být uskutečněna technicky správně tak, aby nedocházelo k deformacím kořenového systému. Tyto deformace způsobené samotnou sadbou mohou vyvolat naprosté rozvrácení porostu v dalších letech. Je tedy třeba při výsadbě dbát na správnost provedení sadby a usazovat sazenici způsobem, kdy neohýbáme kořenový systém do tvaru J apod. (vyhláška č. 139/2004 Sb.). Dle některých zdrojů (Mauer, 2002) je navíc potřeba po provedení brázdové přípravy půdy dodávat organickou hmotu.

3.9 Výchova borových porostů

Díky biologickým vlastnostem borovice, výchova porostů vyžaduje odlišný přístup k výchovným zásahům, ve srovnání s výchovou smrkových porostů, třebaže se jedná taktéž o jehličnatou dřevinu. Borové porosty reagují na výchovné zásahy pomaleji a celkově méně výrazně, než je tomu u smrku. Při zásazích velké intenzity může dojít k dlouhodobému poklesu přírůstu i k určité celkové ztrátě objemové produkce. Naproti tomu zásahy slabé intenzity mohou nepříznivě ovlivnit klimatické charakteristiky uvnitř mladých porostů. Cílem výchovy porostů borovice je proto především zvýšení jejich kvality a odolnosti vůči stresovým faktorům vhodnou úpravou porostního prostředí (Slodičák, Novák, 2007).

3.9.1 Péče o nárosty a kultury

Porosty, které vznikly přirozenou obnovou nevyžadují zvláštní péči. Prostřihávky se uskutečňují pouze ve výjimečných případech u přehoustlých nárostů ve věku 4 až 5 let, pokud je jejich výška do 1 m. V prostřihávkách se odstraňují především předrostlíci a obrostlíci. Při spontánním přirozeném zmlazení plevelných dřevin, mezi která patří zejména osiky a břízy, je někdy nutná jejich redukce, nicméně v současné době jsou tyto přimíšené dřeviny často naopak vítány (Novák et al., 2017). Porosty, které jsou mezernatě rozpojeny je třeba doplnit melioračními dřevinami (dub, buk, lípa, habr apod.). Při využití správných technologických postupů, porosty nadále nepotřebují zvláštní péči, zejména ochranu proti zvěři a zabuření (Slodičák, Novák, 2007). V borových kulturách může docházet k narušení kvality jedinců tvořením proleptických výhonů, které způsobují deformaci kmínků. Pokud má porost dostatečnou hustotu, dají se poškození jedinci odstranit při prvních prostřihávkách. V Nedostatečně hustých porostech je nutné odstranění proleptických výhonů, či redukce počtu pupenů (Nárovec, 2000).

3.9.2 Modely výchovy borovice lesní

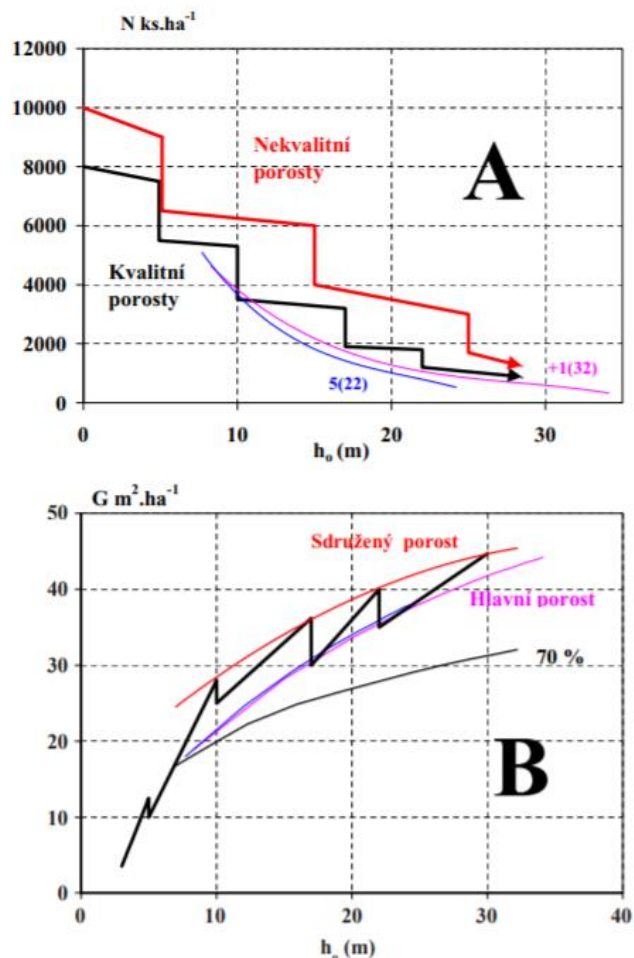
S ohledem na vlastnosti borovice lesní je z pěstebního hlediska nutné na přirozených borových stanovištích (CHS 13) tvořit porosty věkově a výškově homogenní. U borovice je důležité dodržovat požadavek „čištění kmenů“, výchovné zásahy ve fázi mlazin a tyčkovin jsou pak velmi mírné. Do úrovně se zasahuje velmi vzácně, a to v případě, že pracujeme s pozitivním výběrem, tedy upřednostňujeme a uvolňujeme cílové stromy. Prvními výchovnými zásahy se zaměřujeme na odstranění nežádoucích a nekvalitních jedinců, jejichž

ponechání by mělo negativní vliv na kvalitativní vývoj porostu. Odstraňujeme především tzv. předrostlíky, což jsou stromy s vyšším vzrůstem a přílišnou větvnatostí. Do podrostu zasahujeme pouze za předpokladu, kdy snižujeme hustotu porostu, což se projevuje na zlepšení podmínek prostředí, a to zejména zvýšení vlhkosti v půdě (Slodičák, Novák, 2007). První zásahy zpravidla provádíme v době, kdy se v porostu začínají projevovat nežádoucí či naopak viditelně kvalitativní jedinci, kteří ovlivňují další vývoj porostu.

Silnějšími zásahy lze porost ovlivnit pozitivně v mladém věku, v době zapojujících se mlazin, kdy má rozvolnění zápoje pozitivní vliv na tloušťkový přírůst a stabilitu porostu. Výchovné programy jsou diferencovány dle kvality porostů. Jsou navrženy dva modely, a sice model pro kvalitní porosty a model pro nekvalitní porosty (Černý et al., 1996)

3.9.2.1 Kvalitní borové porosty

V kvalitních borových porostech jsou dle Slodičáka, Nováka (2007) výchovné zásahy prováděny následovně: první zásah se provádí po dosažení horní porostní výšky 5 metrů, porost je rozdělen na pracovní plochy, kdy jsou odstraněni netvární předrostlíci. Při prvním zásahu by se měla snížit hustota porostu na zhruba 5 500 kusů na jeden hektar. Takto provést první zásah v porostu je možné za předpokladu, že má porost pravidelný spon a odstraňuje se každá čtvrtá řada stromů. Další zásah do porostu se provádí při horní výšce porostu 10 m (zhruba po 6–10 letech). Při tomto zásahu se počet jedinců negativním výběrem sníží na 3 500 jedinců. Další zásahy se provádějí v podúrovni negativním výběrem. Přistupujeme k nim po dosažení horní porostní výšky 17 a 22 m, tedy po 15letých periodách. Těmito zásahy postupně odstraňujeme ustupující a zesláblé jedince. Snažíme se udržet plný zápoj, což znamená že výčetní kruhová základna (G) nesmí klesnout pod hodnoty, které jsou uvedeny v růstových tabulkách vytvořenými Černým et al., (1996). Nejnovější poznatky ale hovoří o neefektivitě odstraňování ustupujících jedinců, kdy takto dochází pouze k finančním vstupům, nikoli k racionální výchově porostu.



Obr. 5: Růstové modely pro kvalitní a nekvalitní porosty dle Černého et al., (1996) pro bonitu +1 (32) a 5 (22).

3.9.2.2 Nekvalitní borové porosty

Základ pěstování nekvalitních porostů je udržení co nejvyššího počtu jedinců v porostu. Zásada výběru stromů je jejich kvalita, tj. kvalita kmene a postavení jedince v porostu. Výchova spočívá v delších pěstebních periodách a předpokládá menší intenzitu výchovných zásahů. Při pravidelných sponech lze v porostech využít schématického způsobu probírky. První výchovný zásah se v nekvalitních porostech provádí stejně jako u kvalitních porostů, tedy při horní porostní výšce 5 m. Po rozdělení porostu je možné dle schématického způsobu probírky odstranit každou třetí řadu a dokončit zásah individuálním výběrem méně tvárných a méně vitálních jedinců. Po prvním zásahu se hustota porostu snižuje na zhruba 6 500 jedinců na hektar (Obr. 6). Další zásahy jsou prováděny negativním výběrem c podúrovni, k nim přistupujeme při horní porostní výšce 15 m, poté 25 m.

3.9.2.3 Borové porosty s opožděnou výchovou

Jedná se o porosty, ve kterých byl proveden velmi slabý zásah. Do této skupiny ale patří i takové borové porosty, kde nebyl proveden dokonce žádný výchovný zásah do hranice horní porostní výšky 10 m. U těchto porostů nelze rozvolňovat zápoj, jelikož by uvolnění mohlo ohrozit produkční základnu. Když se v porostu neodstraňují předrostlíci, znamená to, že v pozdějším věku porostu se snižuje celková kvalita. V takto zanedbaných porostech je nutné postupovat slabým negativním výběrem v podúrovni při zkrácené pěstební periodě (5–7 let). V zanedbaných porostech vyššího věku je v kvalitnějších porostech možno pokračovat pozitivním výběrem jedinců v nadúrovni při horní výšce porostu 17 až 20 m (Slodičák, Novák, 2007).

3.9.3 Charakteristika přirozených borových stanovišť

Borové hospodářství přirozených borových stanovišť (CHS 13) je v ČR s ohledem na plochu lesa zastoupeno zhruba čtyřmi procenty. Součástí CHS 13 jsou následující soubory lesních typů (SLT): 0M, 0K, 0N, 0O, 0P, 0Q, 0C a 1M. Jelikož se jedná o CHS s velmi specifickými půdními podmínkami, je nezbytné používat postupy umělé a přirozené obnovy, které nejsou na jiných stanovištích užívány, jedná se zejména o přípravu půdy. Často se jedná o rovinatá území v nánosových pásmech řek, nejnižší oblasti ČR s malým množstvím srážek a vysokou teplotou vzduchu, s ročním průměrem přesahujícím až 10°C. Půda na přirozených borových stanovištích je charakteristicky písčité s nízkým obsahem živin a vysokou propustností vody. Tyto půdy jsou většinou vystavovány také vysoké povrchové teplotě. Současně se zde vyskytuje velmi silná vrstva buřeně ve formě brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus* L.) (Mauer, 2002).

Tab. 4: Příloha č. 2 k vyhlášce č. 298/2018 Sb. Rámcové vymezení cílových hospodářských souborů

Vymezení cílových HS				Minimální podíl melioračních a zpevňujících dřevin (%)	Doporučený podíl melioračních a zpevňujících dřevin (%)	Rámcové vymezení druhové skladby porostů		
Cílový hospodářský soubor (CHS) a podsoubor (PCHS)			Stanovištní podmínky			Dřeviny základní		Dřeviny meliorační a zpevňující (MZD)
Ozn. CHS	Název CHS	Ozn. PCHS	CHS a PCHS – lesních typů a jejich části.			Dřeviny základní cílové (DZC)	Dřeviny základní přípravné (DZP)	
13	Přirozená borová stanoviště (a stanoviště borových doubrav)	a	0M 0K 0N	5	5 15 10	BO	BR, MD, OS	BK, BR, DBZ, DG, JD, JR, MD, OS
		b	0O 0P 0Q	10	30 15 15			BR, DB, DBZ, DG, JD, JR, OS
		c	0C	5	5			BR, BK, DB, DBZ, DG, JD, OS
		d	1M	30	50			BO, DBZ

Pěstování na různých SLT má svá specifika, v případě SLT 0M je důležité se vyhnout velkým holinám a zajistit přimíšení břízy a dubu pro obohacení půdy o nutné živiny. Důležité je také podporovat geneticky vhodné ekotypy či provenience borovice současně s přirozeným zmlazením právě proto, aby byl lesní porost schopný autoreprodukce v co nejlepší kontinuitě přírodních procesů (Průša, 2001). Na SLT 0K a 1M se můžeme borové porosty opět rozdělit na kvalitní a nekvalitní. V případě nekvalitních porostů v rámci obnovy využíváme holoseči s následnou záměnou za vhodnější genetický materiál. V kvalitních porostech přistupujeme k násekům a clonným sečím. U těchto způsobů se využívá spodní etáže přimíšených listnatých

dřevin, zejména pak dubu a břízy. Tyto listnáče jsou na takto chudých stanovištích nezbytné pro udržení kvality půdy (Bílek et al., 2017).



Obr. 6: Arenický podzol na zkoumané lokalitě (Foto: Lukáš Butor, 2019)

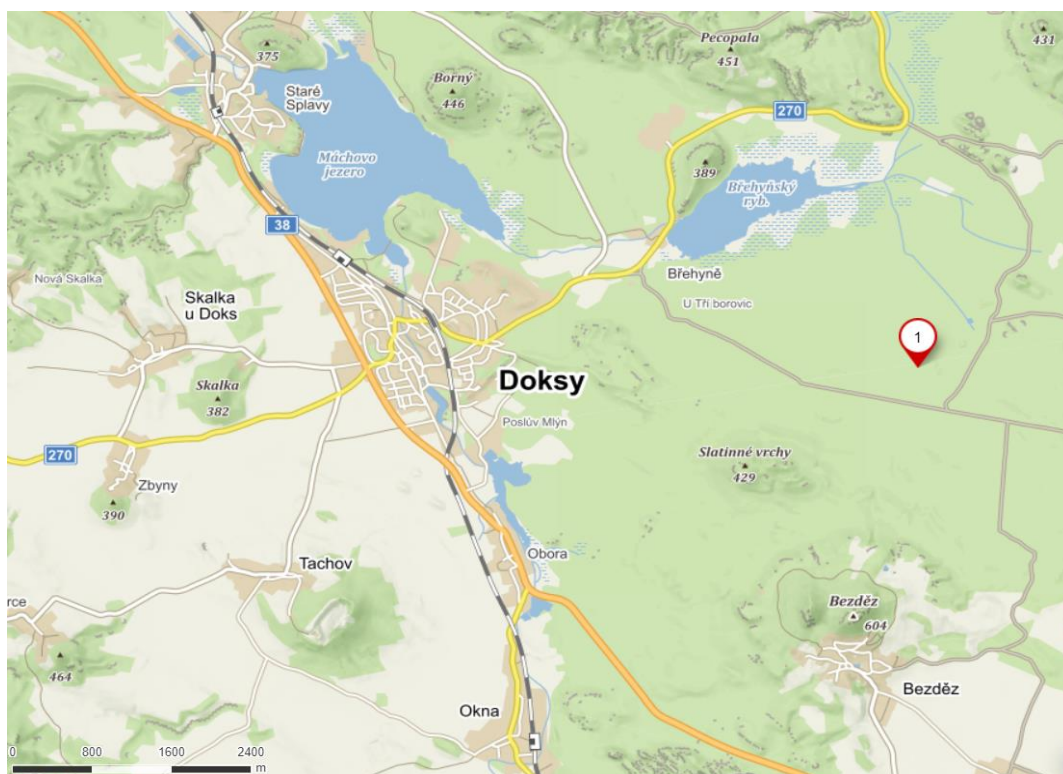
Na SLT 0P, 0O a 0Q je zejména v mrazových kotlinách vysoké riziko poškození mrazem. V těchto oblastech je nelepší hospodářský způsob podrostní, případně okrajová seč, v ideálních případech s předsunutými kotlíky jedle. Na tyto často podmáčená stanoviště je do podrostu vhodné zavádět olši, osiku a břízu (Průša, 2001). Taktéž je zde vhodné využívat maloplošné zásahy pod ochranou mateřského porostu s ohledem na půdo-ochranou funkci.

4 Metodika práce

4.1 Charakteristika zájmové oblasti

Zájmová oblast experimentu se nachází poblíž města Doksy v Libereckém kraji. Lesní celek je majetkem státního podniku Vojenské lesy a statky, s. p., divize Mimoň, LHC Břehyně (Obr. 7). Souřadnice výzkumné plochy jsou následující: 50.5628422N, 14.7247456E. Území, na kterém se zájmový porost nachází, je charakteristické pro přirozená borová stanoviště (CHS 13), konkrétně se pak jedná o SLT 0K.

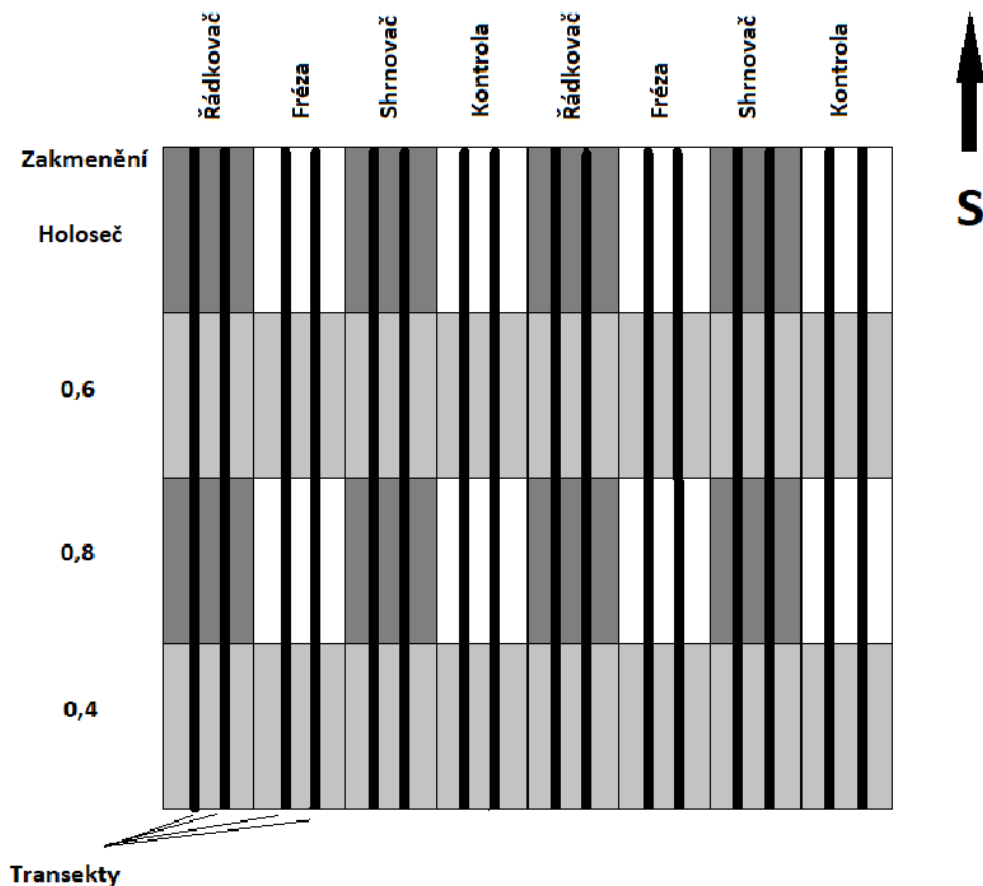
Výzkumná plocha patří do přírodní lesní oblasti (PLO) 18 – Severočeská pískovcová plošina. Hlavní dřevinou výzkumné plochy je borovice lesní, která je zastoupena 100 % podílem. Z klimatického hlediska je zájmové území součástí přechodné oblasti střeoevropského klimatu s mírným létem a mírnou zimou. Pro zájmové území jsou ale rovněž charakteristické krátkodobé extrémní výkyvy. Poměr mezi průměrem ročních úhrnných srážek v mm a průměrnou roční teplotou ve °C se pohybuje v rozmezí 81–90, průměr ročních srážek zde činí cca 640 mm, ve vegetačním období se pak jedná o 370 mm. Průměrná roční teplota oblasti je 7,5 °C. V dlouhodobém průměru je zde nejchladnějším měsícem leden, a naopak nejteplejším měsícem červen. Délka vegetační doby je v průměru 155 dní (Dančáková, 2008).



Obr. 7: Mapa (zdroj: Mapy.cz).

4.2 Založení a charakteristika plochy

Výzkumná plocha byla založena v roce 2015 v rámci řešení výzkumného projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum QJ1520037 (2015–2018): *Zvyšování adaptability borového hospodářství v podmínkách ČR*. V rámci tohoto projektu byla zájmová lokalita pojmenována MARIANKA II. V jižní části porostu 52A12 (SLT 0K) a 41A13 (SLT 0K) byl vyznačen těžební zásah na celkové ploše 6,5 ha. Dotyčný porost byl rozvržen do 4 úseků, v nichž byl na jaře roku 2017 prostřednictvím harvesterové technologie proveden těžební zásah, kdy došlo k vytvoření několika variant hustoty porostu. Konkrétně bylo na jednotlivých územích sníženo zakmenění na hodnoty 0,0 (Holoseč); 0,4; 0,6; a 0,8. Na ploše se zakmeněním 0,4 se aktuálně nachází 121 stromů, při zakmenění 0,6 234 stromů, v části se zakmeněním 0,8 pak 323 mateřských stromů.



Obr. 8: Schématický přehled výzkumné plochy při rozdělení na dílčí varianty hustoty porostu a varianty přípravy půdy (tučné přímky značí vlastní transekty měření).

Každá z obdélníkových sekcí ohraničuje vždy určitou variantu hustoty porostu o velikosti 60 x 250 m. V jednotlivých sekcích byly následně provedeny různé varianty přípravy půdy, kdy každá tato varianta byla ještě jednou zopakována. Jednotlivé varianty přípravy půdy byly rovněž realizovány do podoby obdélníků (31,25 x 60 m). Jednalo se o přípravu půdy následujícími technologiemi: Kombinovaná půdní fréza KSH 700 (dále označována jako Řádkovač), Lesní mulčovač Meri Crusher 1.8 ST (Fréza), shrnovač klestu SH 01 (Shrnovač), poslední variantou byla plocha bez přípravy půdy (Kontrola).

Po rozčlenění výzkumné plochy na dílčí varianty hustoty porostu a varianty přípravy půdy, byly vytyčeny transepty pro vlastní měření. Transepty byly navrženy tak, aby procházely různými variantami přípravy půdy, a zároveň různými variantami hustoty porostu. Vytyčení transeptů probíhalo za pomoci pracovníků katedry Pěstování lesů v součinnosti s pracovníky katedry Hospodářské úpravy lesa. Pomocí totálních stanic byly s vysokou přesností vytyčeny jednotlivé transepty. Pro každou sekci hustoty porostu bylo vytvořeno 16 transeptů o velikosti 60 x 2 m. Transepty byly následně rozděleny na jednotlivé čtverce o velikosti 2 x 2 m, díky kterým bylo možné určit polohu semenáčků na celé ploše (vzdálenost od okraje varianty). Na jednom úseku bylo vytyčeno 16 transeptů, celkem tedy 64 transeptů na celém území výzkumu (*Obr. 8*).

4.3 Sběr dat

4.3.1 Inventarizace jedinců na transektech

Inventarizace jedinců na výzkumné ploše proběhla v roce 2019. Měření probíhalo ve všech dílčích čtvercích (2 x 2 m) situovaných ve vytyčených transektech. Evidováno bylo následující: pořadové číslo čtverce (podle něhož byla určena vzdálenost od jižní hranice porostu); počet jedinců nad 10 cm; počet jedinců pod 10 cm; výška jedince; délka jednotlivých přírůstků; šířka koruny; poškození zvěří včetně jeho četnosti/stáří. Metrické veličiny byly měřeny s přesností na centimetry, k jejich měření byl využit svinovací metr a posuvné měřidlo.

4.3.1.1 Pracovní postup

Po vytyčení celkem všech 64 transeptů (64 x 60 m x 2 m) bylo provedeno rozdělení transeptů pomocí reflexních provázků právě na čtverce o velikosti 2 x 2 m (celkem 30 čtverců na jednom transeptu), toto počínání umožnilo určení rámcové polohy semenáčků na výzkumné

ploše. Nicméně poloha semenáčků byla odlišně – přesněji měřena pomocí GPS lokátorů na ploše holoseče (zakmenění 0,0). Na plochách s přítomností horní etáže mateřského porostu toto nebylo možné kvůli nedostatku signálu, proto zde byl použit systém pořadí čtverců (v textu dále jen čtverce). Zbytek experimentu probíhal stejně pro všechny 4 varianty hustoty porostu. Po určení polohy byly měřeny individuální charakteristiky semenáčků ve všech čtvercích na celé výzkumné ploše. Při příchodu ke čtverci bylo zaneseno pořadové číslo čtverce a zaznamenány počty jedinců: suma semenáčků nad 10 cm/ha a celkový počet jedinců pod 10/ha. U semenáčků s velikostí nad 10 cm byly následně měřeny a zaznamenávány následující hodnoty: celková výška rostliny; přírůst roku 2018, 2017 a 2016; šířka koruny a poškození jedince.

4.3.2 Sběr reprezentativních jedinců a jejich analýza

Sběr reprezentativních jedinců na ploše za účelem jejich podrobné analýzy proběhl na jaře roku 2019. Sběr semenáčků byl prováděn na celé výzkumné ploše, celkem bylo vyzvednuto 100 semenáčků (25 semenáčků na jednu variantu hustoty porostu). Nedestruktivní metodou byly vyzvednuty reprezentativní kusy, které byly následně v laboratoři vysušeny a proběhlo podrobné měření: délky 3 posledních přírůstů (rok 2018, 2017 a 2016), délky celé nadzemní části délka nejdelší větvičky v posledním přeslenu, počtu větviček v posledním přeslenu, délky křovitého kořene, délky bočního kořene, šířky kořenového krčku a počtu skeletovitých výběžků kořene.

4.3.2.1 Pracovní postup

Vyzvedávání semenáčků bylo prováděno způsobem, který minimalizoval poškození kořenového systému. Každý ze semenáčků byl obklopen rýčem v odhadnuté vzdálenosti odpovídající nejdelšímu možnému dosahu kořenového systému, a následně vyzvednut při snaze o co nejmenší poškození jedince. Po očištění od minerální půdy byly semenáčky vloženy do papírových obalů, které zajistily ochranu proti plísním. Takto zakonzervované semenáčky byly následně vloženy do přepravního termálního boxu, ve kterém byla po celou dobu dopravy do laboratoře udržována konstantně nízká teplota.

V laboratoři byly semenáčky vloženy do sušičky HS 62A, kde byly po dobu 48 hodin vysušeny. Po dokončení vysoušení bylo provedeno měření jednotlivých veličin pomocí rychlováh GT210 Galaxy, posuvného měřítka GO1490 a svinovacího metru. Postupně byly měřeny následující hodnoty: délka 3 posledních přírůstů (příslušejícím rokům: 2018, 2017 a

2016), délka celé nadzemní části rostliny, délka nejdelší větve nejmladšího přeslenu, počet větví nejmladšího přeslenu, délka kulového kořene rostliny, délka bočního kořene, šířka kořenového krčku a počet skeletovitých výběžků kořene.

4.3.3 Zpracování dat

Všechna data byla z terénního zápisníku převedena do sešitu programu MS Excel. Tato data zde byla chronologicky seřazena dle: varianty hustoty porostu (zakmenění), varianty přípravy půdy a jednotlivých veličin jedinců obnovy. Data byla převedena na průměrné hodnoty pro 1 ha porostu. Takto upravené hodnoty byly importovány do programu TIBCO Statistica 13.5.0.17 (Tibco, 2017), kde byla ověřena normalita sebraných dat dle Shapiro-Wilkova testu. Pro neparametrická data byl následně používán statistický test dle Kruskal-Wallise, naopak pro parametrická data pak test analýzy variance (dále jen ANOVA). Pro všechna data byly vytvořeny popisové tabulky porovnávající veličiny dle celkové sumy, mediánu, průměru, maxima, minima a směrodatné odchylky.

Pro charakteristiky jednotlivých jedinců, pro sumární data ploch o různých variantách hustoty porostu a přípravy půdy, byly v rámci popisné statistiky vytvořeny krabicové grafy. Výsledná data byla následně porovnána právě pomocí ANOVy, v níž byl pro porovnání hladiny pravděpodobnosti použit Fisherův LSD test, v případě Kruskal-Wallisova testu byla hladina pravděpodobnosti zjištěna pomocí mnohonásobného porovnání hodnot (Dunnův test pro neparametrická data) se zohledněnou hladinou významnosti $p = 0.05$. Pro výpočet dle Dunnova testu byl nutný přepočítání hladiny pravděpodobnosti pro použití v tabulce pro všechny 4 varianty hustoty porostu (holoseč; 0,4; 0,6 a 0,8). Pro toto rozdělení dat bylo celkem 6 možností, a tedy $0,05/6 = 0.008333$ (0,83 %). 0,83 % má podle Gaussova rozdělení hodnotu vyšší než 2.638, nebo nižší než -2.638. Hodnota 2.638 je tedy hladinou signifikantnosti pro naše použití v tabulkách programu TIBCO Statistica 13.5.0.17 (Tibco, 2017).



Obr. 9: Přípravy půdy řádkovačem (vlevo) a příprava půdy půdní frézou (vpravo), (Foto: Jakub Brichta 2019).

5 Výsledky

5.1 Charakteristika datového souboru

Celkem byly inventarizovány následující počty semenáčků: 15 860 ind.ha⁻¹ na holoseči (zakmenění 0,0); 23 333 ind.ha⁻¹ pro zakmenění 0,4; 16 390 ind.ha⁻¹ pro zakmenění 0,6; 17 947 ind.ha⁻¹ pro zakmenění 0,8. Současně se inventarizace prováděla i pro jednotlivé varianty přípravy půdy. U přípravy půdy řádkovačem (Kombinovaná půdní fréza KSH 700), se jedná o celkový počet 24 750 ind.ha⁻¹; pro přípravu půdy frézou (Lesní mulčovač Meri Crusher 1.8 ST): 21 442 ind.ha⁻¹, pro přípravu půdy shrnovačem (shrnovač klestu SH 01): 19 721 ind.ha⁻¹ a pro půdu bez přípravy půdy (kontrola) je pak celkový počet jedinců obnovy 8 300 ind.ha⁻¹.

5.2 Počty jedinců obnovy pro jednotlivé varianty přípravy půdy a zakmenění

Pro vzájemné porovnání jednotlivých variant, jsou počty jedinců pře počítány na 1 ha plochy. Tab. 5 uvádí počty jedinců nad 10 cm a pod 10 cm ind.ha⁻¹. Na základě porovnání hodnot celkově naměřených kusů, je patrné, že nejvyšší počet jedinců semenáčků byl zjištěn právě u varianty přípravy půdy řádkovačem: 11 125 semenáčků ind.ha⁻¹ nad 10 cm a 13 620 ind.ha⁻¹ do 10 cm.

Tab. 5: Souhrnná tabulka pro jednotlivé přípravy půdy.

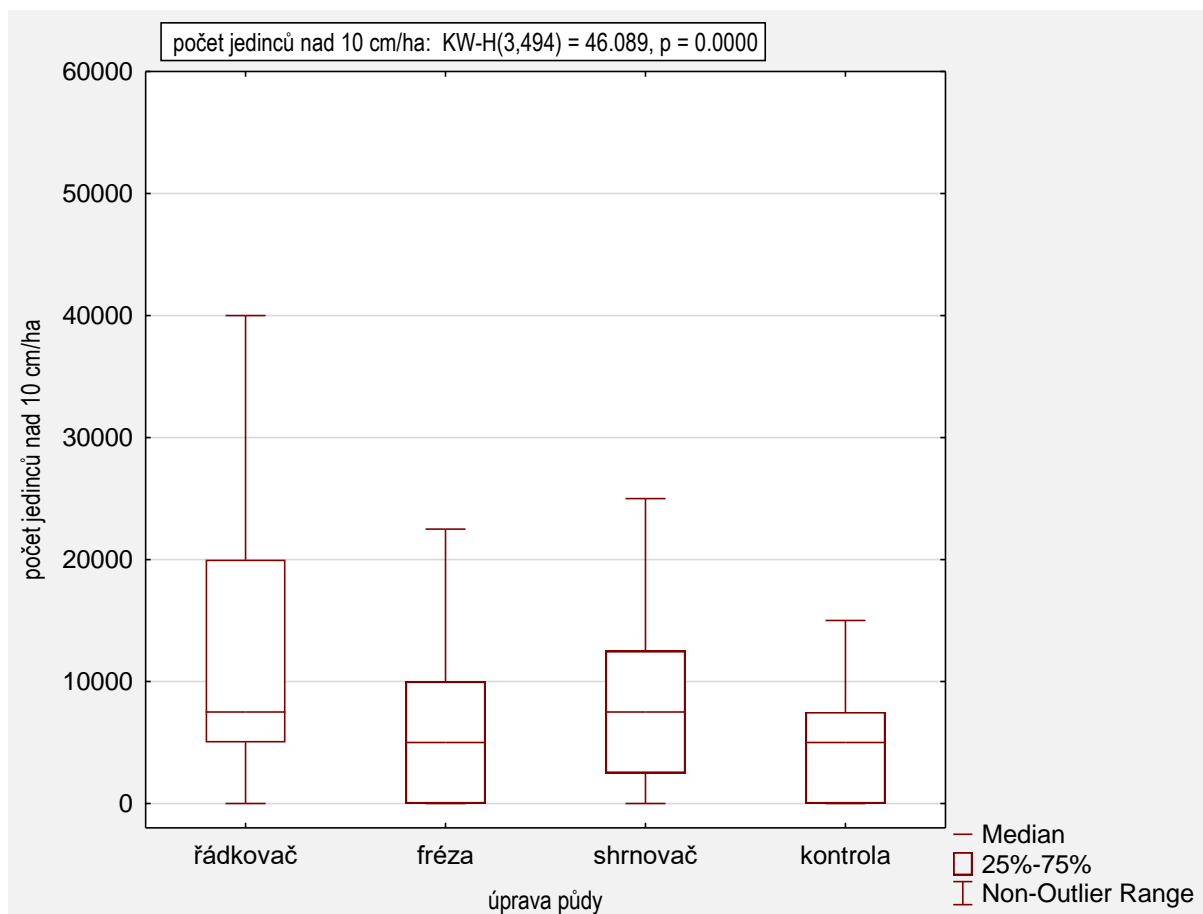
Počet jedinců (> 10 cm) na 1 ha ⁻¹			
Varianta přípravy půdy	Celkový počet naměřených kusů (ind. ha ⁻¹)	Medián (ind. ha ⁻¹)	Směrodatná odchylka (ind. ha ⁻¹)
Řádkovač	11125	7500	13728
Fréza	9179	5000	10603
Shrnovač	8328	5000	9046
Kontrola	3251	2500	4543
Počet jedinců (<10 cm) na 1 ha ⁻¹			
Varianta přípravy půdy	Celkový počet naměřených kusů (ind. ha ⁻¹)	Medián (ind. ha ⁻¹)	Směrodatná odchylka (ind. ha ⁻¹)
Řádkovač	13620	7500	20715
Fréza	12263	5000	16508
Shrnovač	11393	7500	13979
Kontrola	5049	0	9562

Při prostém porovnání průměrných hodnot dle úrovně hustoty porostu (*Tab. 6*) lze konstatovat vyšší průměrný počet semenáčků ind.ha⁻¹ u varianty hustoty porostu 0,4 pro počet jedinců nad 10 cm. Velmi podobných hodnot dosahují plochy 0,6 a 0,8, a to pro počet jedinců do 10 cm, ale i počet jedinců nad 10 cm. Statisticky průkazný rozdíl je patrný u počtu jedinců do 10 cm mezi variantou holoseče a zakmenění 0,4.

Tab. 6: Souhrnná tabulka popisné tabulky pro jednotlivá zakmenění.

Počet jedinců (> 10 cm) na 1 ha⁻¹			
Varianta přípravy půdy	Celkový počet naměřených kusů (ind. ha⁻¹)	Medián (ind. ha⁻¹)	Směrodatná odchylka (ind. ha⁻¹)
Holoseč	8917	5000	10832
Zakmenění 0,4	9186	5000	10780
Zakmenění 0,6	6316	250	9422
Zakmenění 0,8	6958	2500	10219
Počet jedinců (<10 cm) na 1 ha⁻¹			
Varianta přípravy půdy	Celkový počet naměřených kusů (ind. ha⁻¹)	Medián (ind. ha⁻¹)	Směrodatná odchylka (ind. ha⁻¹)
Holoseč	6943	2500	11370
Zakmenění 0,4	14147	7500	21191
Zakmenění 0,6	10074	5000	13545
Zakmenění 0,8	10989	5000	14722

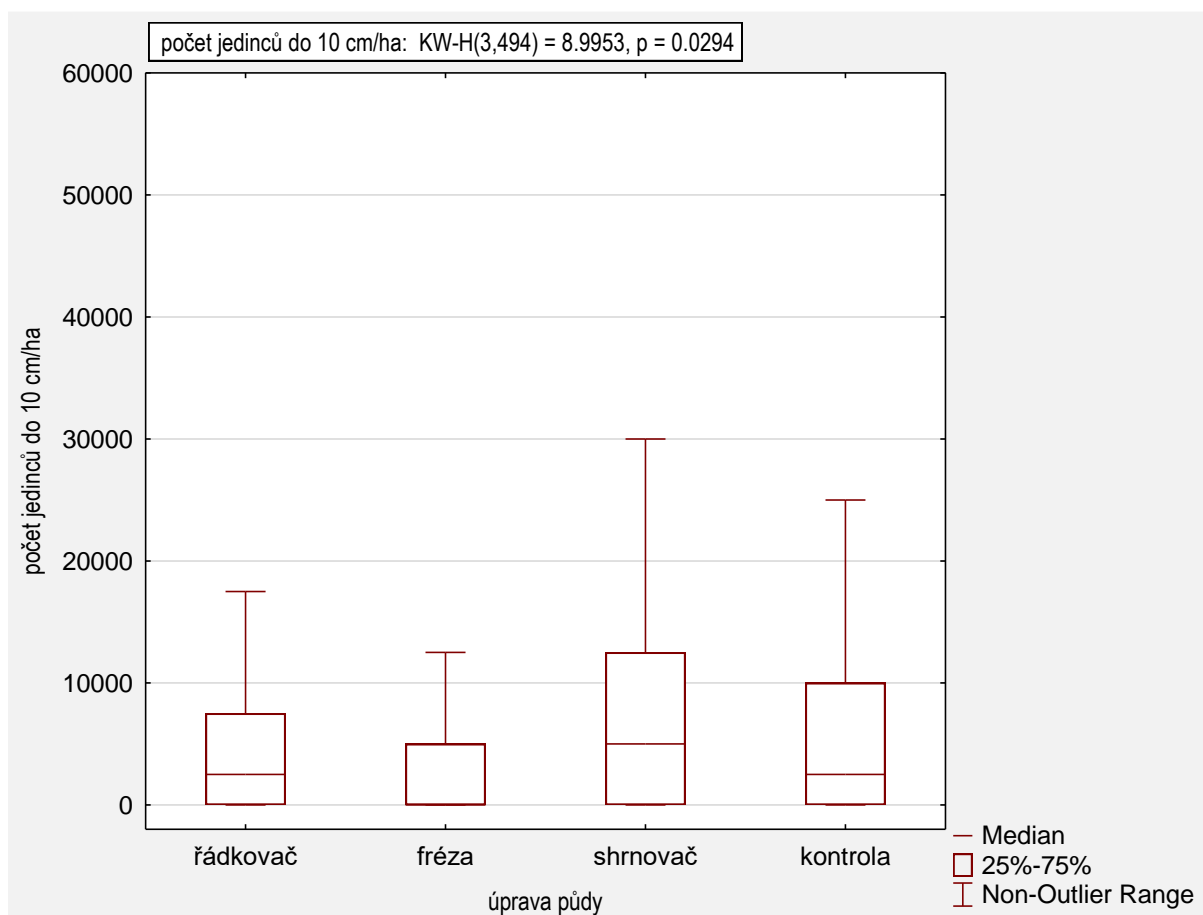
Pro počty semenáčků nad 10 cm ind. ha⁻¹, v rámci jednotlivých variant přípravy půdy, byly vrcholy intervalů spodních 25 % a horních 75 %, 0 ind. ha⁻¹ u kontroly a 20 000 ind. ha⁻¹ pro řádkovač. Střední hodnota byl zjištěna 5 000 ind. ha⁻¹ u kontroly s frézou a 7500 ind. ha⁻¹ u řádkovače se shrnovačem (*Graf 1*).



Graf 1: Porovnání počtu jedinců > 10 cm/ha pro přípravu půdy.

Při porovnání počtu jedinců nad 10 cm různých variant příprav půdy, za použití Kruskal-Wallisova testu (za podmínek H (testovací kritérium) (3, N= 494) =46,08901; p =0,0000) se jeví řádkovač a shrnovač jako nejlepší varianty přípravy půdy, nicméně bez statisticky významného rozdílu (*Příloha 10*). Hodnota proměnné R u řádkovače činí 303,95, u shrnovače pak 272,65. Signifikantní rozdíl oproti řádkovači a shrnovači, je pro frézu a kontrolu, s hodnotami R = 223,71 a R = 192,75.

Pro počet jedinců na ha do 10 cm, jsou vrcholy intervalů spodních 25 % a horních 75 % na hodnotě 0 ind. ha⁻¹ a 20 000 ind. ha⁻¹. Průměrné počty jedinců se pohybují mezi 0 a 12 500 ind. ha⁻¹ u všech způsobů přípravy půdy. Střední hodnota je 5 000 ind. ha⁻¹ pro možnost shrnovače a 2 500 ind. ha⁻¹ pro řádkovač a kontrolu. (Graf 2).

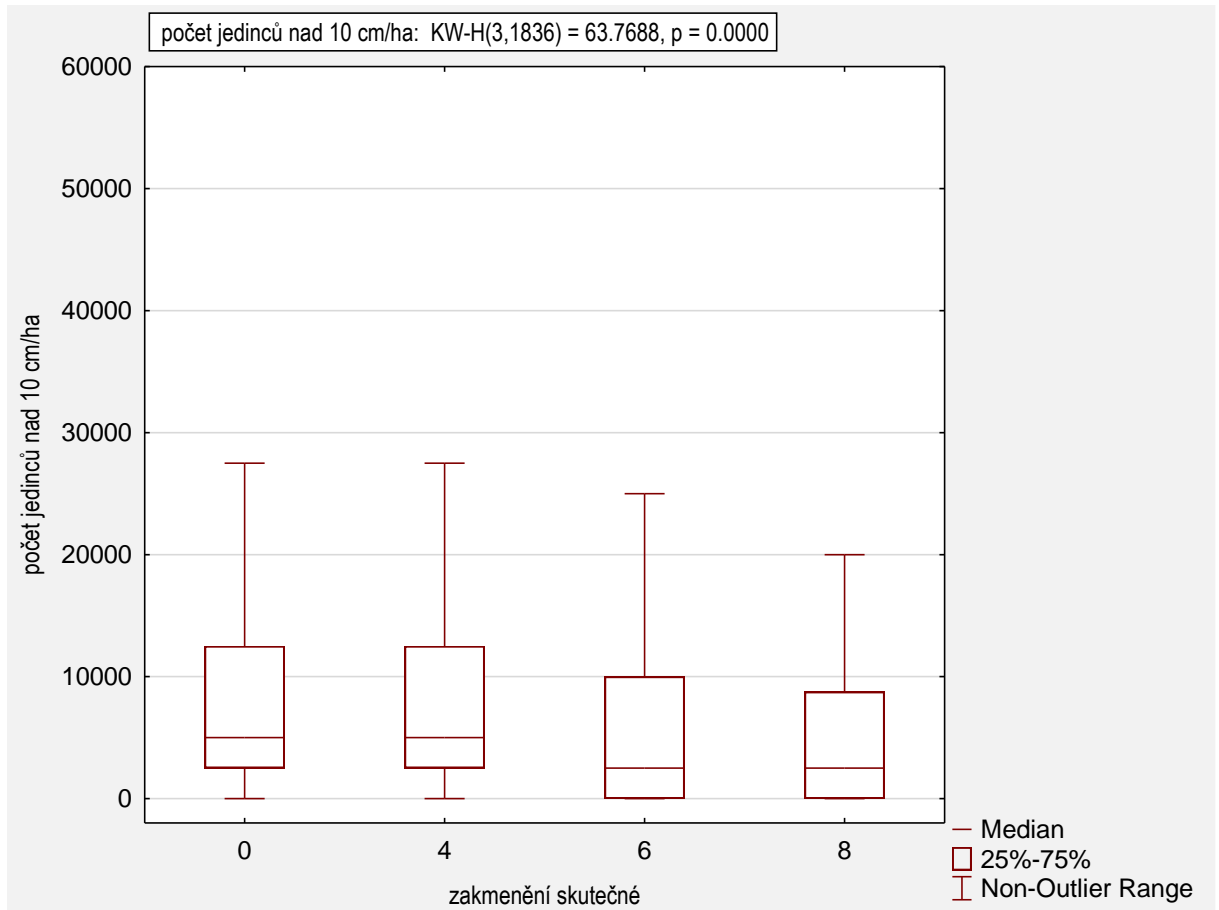


Graf 2: Porovnání počtu jedinců <math><10\text{ cm/ha}</math> pro přípravu půdy.

Dle Kruskal-Wallisova testu (za podmínek $H(3, N=494) = 8,995269; p = 0,0294$) se při porovnání semenáčků do 10 cm jako nejlepší možnost jeví varianta přípravy půdy shrnovačem ($R = 274,24$). Statisticky významný rozdíl se nachází při porovnání shrnovače a frézy $R = 222,42$ (Příloha 11).

5.2.1 Inventarizace jedniců dle varianty hustoty porostu

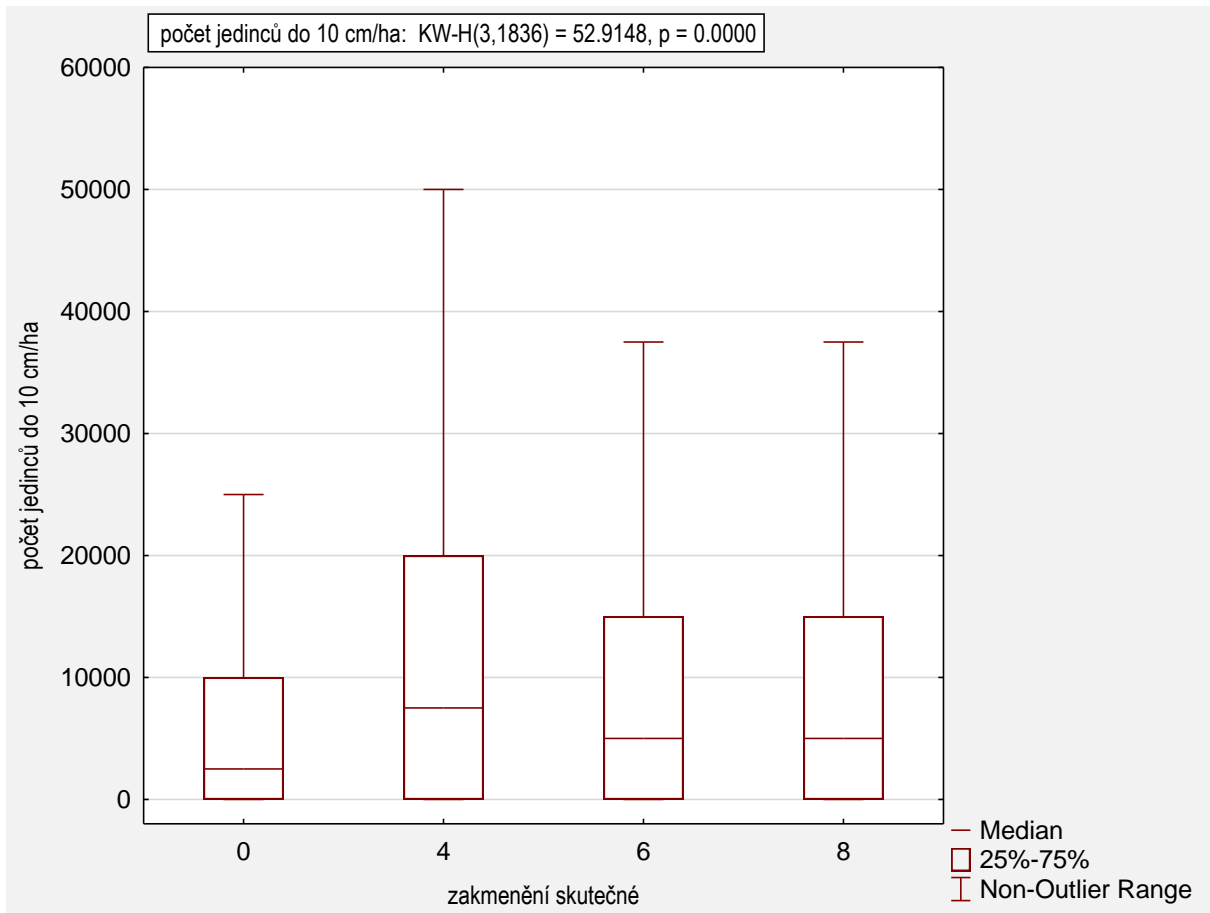
Střední hodnota počtu semenáčků nad 10 cm dosahuje 5 000 ind.ha⁻¹ shodně pro variantu holoseče i variantu 0,4. Střední hodnota pro zakmenění 0,6 a 0,8 činí opět shodně přibližně 2 500 ind.ha⁻¹. Počty semenáčků se příliš neliší i pro vrcholy intervalů pro spodních 25 % a horních 75 % semenáčků (*Graf 3*).



Graf 3: Porovnání počtu jedinců > 10 cm/ha pro jednotlivá zakmenění.

Porovnáním počtu jedinců dle Kruskal-Wallisova testu (za podmínek H (3, N= 1836) =63,76876 p =0,0000) bylo zjištěno, že hodnota p(0,05) byla překonána pouze při porovnání mezi holosečí a zakmeněním 0,4. Dále byla hladina signifikantnosti překonána v porovnání mezi variantou zakmenění 0,6 a 0,8 (*Příloha 12*).

Počet semenáčků do 10 cm je již značně rozdílný zejména pro holoseč (střední hodnota: 2 500 ind.ha⁻¹) v porovnání s porosty o zakmenění 0,4, 0,6 a 0,8. Vrcholy intervalu spodních 25 % a horních 75 % jsou významné především u varianty hustoty porostu 0,4, kde dosahují pro spodních 25 % hodnoty 0 a horních 75 % hodnoty 50 000 ind.ha⁻¹ (Graf 4).



Graf 4: Porovnání počtu jedinců <math>< 10\text{ cm/ha}</math> pro jednotlivá zakmenění.

S ohledem na soubor jedinců do 10 cm, je dle Kruskal-Wallisova testu (za podmínek $H(3, N=1836) = 52,91482; p = 0,0000$) patrný signifikantní rozdíl u varianty holoseče, hodnota $p(0,05)$ je zde překonána s porovnáním se zakmeněním 0,4, 0,6 a 0,8. (Příloha 13).

5.2.2 Srovnání způsobu přípravy půdy a zakmenění

5.2.2.1 Porovnání jedinců >10 cm

Pro vyhodnocení možností přípravy půdy byla naměřená data porovnána rovněž napříč různými variantami hustoty porostu. *Grafické výstupy jsou pro svůj velký rozsah uvedeny v přílohách této diplomové práce (Příloha 1–8).*

Tab. 7: Porovnání variant hustoty porostu v rámci přípravy půdy řádkovačem s ohledem na jedince nad 10 cm.

Řádkovač				
Zakmenění	Holoseč R:262,34	Zakmenění 0,4 R:244,67	Zakmenění 0,6 R: 177,07	Zakmenění 0,8 R:204,97
Holoseč		1,069524	4,715315	3,349101
Zakmenění 0,4	1,069524		3,782653	2,348207
Zakmenění 0,6	4,715315	3,782653		1,514096
Zakmenění 0,8	3,349101	2,348207	1,514096	

Střední hodnota pro přípravu půdy řádkovačem dosahuje hodnoty 7 500 ind.ha⁻¹ pro holinu a zakmenění 0,4. Porovnání těchto dvou variant hustoty porostu nevykazuje statisticky průkazný rozdíl dle Kruskal-Wallisova testu (za podmínek $H(3, N= 451) = 28,28169$; $p = 0,0000$), stejně tak v porovnání se zakmeněním 0,8 (Tab. 7)

Tab. 8: Porovnání variant hustoty porostu v rámci přípravy půdy frézou s ohledem na jedince nad 10 cm.

Fréza				
Zakmenění	Holoseč R:217,01	Zakmenění 0,4 R:261,43	Zakmenění 0,6 R: 227,01	Zakmenění 0,8 R:244,95
Holoseč		2,555342	0,562188	1,524044
Zakmenění 0,4	2,555342		1,979820	0,918957
Zakmenění 0,6	0,562188	1,979820		0,978339
Zakmenění 0,8	1,524044	0,918957	0,978339	

Střední hodnota přípravy půdy frézou jedinců nad 10 cm se rovná 7 500 ind. ha⁻¹ pro zakmenění 0,4 a 0,8. Dle Kruskal-Wallisova testu (za podmínek $H(3, N= 475) = 7,791536$; $p = 0,0505$) jsou všechny hodnoty statisticky nesignifikantní (Tab. 8).

Tab. 9: Porovnání zakmenění k přípravě půdy shrnovačem pro jedince nad 10 cm.

Shrnovač				
Zakmenění	Holoseč R:247,66	Zakmenění 0,4 R:252,78	Zakmenění 0,6 R: 197,42	Zakmenění 0,8 R:117,81
Holoseč		0,315497	3,023679	3,711545
Zakmenění 0,4	0,315497		3,364149	4,013578
Zakmenění 0,6	3,023679	3,364149		1,032339
Zakmenění 0,8	3,711545	4,013578	1,032339	

Pro přípravu půdy shrnovačem se střední hodnota rovná, pro holinu a zakmenění 0,4, hodnotě 7 500 ind. ha⁻¹. Dle Kruskal-Wallis testu (za podmínek H (3, N= 447) =25,78501; p = 0,0000) byla hladina signifikantnosti překonána mezi holinou a zakmeněním 0,4. Současně byla hladina signifikantnosti překonána i mezi zakmeněními 0,6 a 0,8 (Tab. 9).

Tab. 10: Porovnání zakmenění k přípravě půdy kontrolou pro jedince nad 10 cm.

Kontrola				
Zakmenění	Holoseč R:288,69	Zakmenění 0,4 R:252,38	Zakmenění 0,6 R: 182,32	Zakmenění 0,8 R:186,52
Holoseč		2,165996	6,121185	5,724383
Zakmenění 0,4	2,165996		3,995670	3,658782
Zakmenění 0,6	6,121185	3,995670		0,226046
Zakmenění 0,8	5,724383	3,658782	0,226046	

Kontrolní plocha vykazuje střední hodnotu 5 000 ind. ha⁻¹. Na základě porovnání s ostatními variantami přípravy půdy dle Kruskal-Wallisova testu (za podmínek H (3, N= 463) =60,06430; p =0,0000) konstatujeme statisticky nesignifikantní (p> 0.05) pouze zakmenění 0,4 (Tab. 10).

5.2.2.2 Srovnání jedinců <10 cm

Tab. 11: Porovnání zakmenění k přípravě půdy řádkovačem pro jedince do 10 cm.

Řádkovač				
Zakmenění	Holoseč R:165.71	Zakmenění 0,4 R:265.09	Zakmenění 0,6 R: 226.93	Zakmenění 0,8 R:245.89
Holoseč		6.013498	3.385212	4.680993
Zakmenění 0,4	6.013498		2.135085	1.135448
Zakmenění 0,6	3.385212	2.135085		1.028855
Zakmenění 0,8	4.680993	1.135448	1.028855	

Nejvyšší střední hodnota pro přípravu půdy řádkovačem činí 10 000 ind. ha⁻¹ pro zakmenění 0,4 a 0,8. Statisticky signifikantní hodnoty dle Kruskal-Wallisova testu (za podmínek H (3, N= 451) =40,76369 p =0,0000) vykazuje pouze porovnání s holinou (Tab. 11), kde střední hodnota nabývá výrazně nižšího počtu jedinců (2 500 ind. ha⁻¹).

Tab. 12: Porovnání zakmenění k přípravě půdy frézou pro jedince do 10 cm.

Fréza				
Zakmenění	Holoseč R:161,11	Zakmenění 0,4 R:276,89	Zakmenění 0,6 R: 255,30	Zakmenění 0,8 R:256,84
Holoseč		6,660379	5,293205	5,221861
Zakmenění 0,4	6,660379		1,241626	1,117840
Zakmenění 0,6	5,293205	1,241626		0,083845
Zakmenění 0,8	5,221861	1,117840	0,083845	

Pro přípravu půdy frézou dle Kruskal-Wallisova testu (za podmínek H (3, N= 475) =53,09100; p =0,0000) je statisticky signifikantní (p <0,05) porovnání se zakmeněním 0 (Tab. 12), které má výrazně nižší střední hodnotu, konkrétně 0 semenáčků na ha s porovnáním se zbytkem jednotlivých zakmenění.

Tab. 13: Porovnání zakmenění k přípravě půdy shrnovačem pro jedince do 10 cm.

Shrnovač				
Zakmenění	Zakmenění 0 R:193,69	Zakmenění 4 R:230,80	Zakmenění 6 R: 236,76	Zakmenění 8 R:242,09
Holoseč		2,284125	2,592438	2,571425
Zakmenění 0,4	2,284125		0,362209	0,604025
Zakmenění 0,6	2,592438	0,362209		0,280147
Zakmenění 0,8	2,571425	0,604025	0,280147	

Prostřednictvím porovnání různých variant hustoty porostu Kruskal-Wallisovým testem (za podmínek $H(3, N=447) = 10,04751$; $p = 0,0182$) při přípravě půdy shrnovačem, bylo zjištěno, že žádná z uvedených kombinací není statisticky signifikantní (Tab. 13).

Tab. 14: Porovnání zakmenění k přípravě půdy kontrolou pro jedince do 10 cm.

Kontrola				
Zakmenění	Zakmenění 0 R:256,9	Zakmenění 4 R:236,10	Zakmenění 6 R: 204,19	Zakmenění 8 R:224,75
Holoseč		1,240979	3,032959	1,800975
Zakmenění 0,4	1,240979		1,819439	0,630138
Zakmenění 0,6	3,032959	1,819439		1,106778
Zakmenění 0,8	1,800975	0,630138	1,106778	

Příprava půdy kontrolou, dle Kruskal-Wallisova testu (za podmínek $H(3, N=463) = 11,74639$ $p = 0,0083$) statisticky významný rozdíl je pouze pro zakmenění 0,6 v porovnání s holosečí (Tab. 14). Pro přípravu půdy kontrolou je vykazován opačný trend na rozdíl od jiných způsobů (Střední hodnota je nejvyšší pro holinu).

5.3 Charakteristiky vyzvednutých semenáčků pro jednotlivé varianty zakmenění

5.3.1 Popisná data jedinců podle zakmenění

U reprezentativních jedinců bylo po vysušení opakovaně měření jejich dimenzí. Pro jednotlivé varianty hustoty porostu byly následně zjištěny: délky přírůstů (2018, 2017 a 2016), délka celé nadzemní části, délka nejdelší větvičky v posledním přeslenu, počet větviček v posledním přeslenu, délka kulového kořene, délka bočního kořene, šířka kořenového krčku a počet skeletovitých výběžků kořene. Pro jednotlivé hodnoty byl dále stanoven průměr, medián, suma hodnot, minimum, maximum a směrodatná odchylka (Tab. 15-18).

Výsledné hodnoty byly pro parametrická data zpracovány pomocí testu ANOVA (délka nadzemní části, přírůst v roce 2018 a délka nejdelší boční větve). Zbylá neparametrická data byla zpracována pomocí Kruskal-Wallisova testu. Pro vyhodnocení statisticky významných rozdílů byl použit Fisherův LSD test pro data vypočtena dle ANOVy a Dunnův test pro data vypočtena dle Kruskal-Wallisova testu, kdy $p = 0,05$. Jedinci vyzvednutí ve variantě holoseče mají obecně větší dimenze než jedinci ve variantách s přítomností mateřského porostu. Statisticky signifikantní rozdíly jsou patrné téměř u všech měřených parametrů (vyjma délky nadzemní části rostliny a přírůstu v roce 2016). Nejvyšších rozdílů nabývali jedinci především

v parametru hmotnosti asimilátu, hmotnosti dřevinné části a hmotnosti kořenového systému. (Graf 11, 12 a 17).

Tab. 15: Popisná statistika pro holoseč

Holoseč						
	Průměr	Medián	Suma	Minimum	Maximum	Směr. Odch.
Délka nadzemní části (cm)	27,21	25,6	680,31	14,6	44,7	7,84
Přírůst 2018 (cm)	19,9	18,2	497,4	7,3	33,3	5,97
Přírůst 2017 (cm)	4,96	4,5	124,11	1	12,2	3
Přírůst 2016 (cm)	2,39	2,4	59,8	1	4	0,71
Počet větví v přeslenu (ks)	4,2	4	105	1	9	1,76
Délka nejdelší boční větve (cm)	12,44	12,2	311,1	0,9	21	4,67
Hmotnost dřevinné části (g)	6,64	5,75	165,97	2,36	20,69	3,79
Hmotnost asimilátu (g)	12,79	10,5	319,82	5,15	39,68	7,44
Délka kulového kořene (cm)	26,07	26,3	651,7	8,4	45,1	8,41
Délka bočního kořene (cm)	50,64	40,2	1266,1	24,3	109,2	22,68
Tloušťka kořenového krčku (mm)	8,8	8,06	220,04	6,09	17,03	2,5
Počet kosterních kořenu (ks)	7,28	7	182	3	12	2,03
Hmotnost kořenového systému (g)	8,73	8,71	218,15	2,02	23,04	4,72

Popisná statistika ukazuje pro variantu hustoty porostu holoseč (Tab. 15) značně vysoké rozdíly mezi minimem a maximem ve srovnání s ostatními variantami hustoty porostu. Důležitý rozdíl je oproti jiným zakmeněním současně i velikost kořenového systému.

Tab. 16: Popisná statistika pro zakmenění 0,4

Zakmenění 0,4						
	Průměr	Medián	Suma	Minimum	Maximum	Směr. Odch.
Délka nadzemní části (cm)	28,6	29,5	714,9	18,5	38,7	5,53
Přírůst 2018 (cm)	18,22	18,8	455,5	11,3	25,7	4,15
Přírůst 2017 (cm)	7,71	7,2	192,8	1,9	14,8	3,13
Přírůst 2016 (cm)	2,66	2,4	66,6	1,9	4,2	0,62
Počet větví v přeslenu (ks)	2,52	2	63	1	5	1
Délka nejdelší boční větve (cm)	13,36	14,3	334,1	6,7	19	3,64
Hmotnost dřevinné části (g)	2,67	2,48	66,66	1,02	5,55	1,01
Hmotnost asimilátu (g)	4,6	4,4	115,1	2,39	8,59	1,59
Délka kulového kořene (cm)	19,58	20,2	489,4	9,8	25,4	3,67
Délka bočního kořene (cm)	23,84	22	595,9	11,7	49,3	9,4
Tloušťka kořenového krčku (mm)	4,76	4,9	119	0,5	6,8	1,28
Počet kosterních kořenu (ks)	7,16	7	179	3	11	2,1
Hmotnost kořenového systému (g)	1,56	1,39	38,99	0,84	2,78	0,57

Varianta zakmenění 0,4 (Tab. 16) je největším konkurentem holosečné variantě, kde jsou hodnoty mnoha proměnných podobné, v některých případech pak dokonce vyšší než hodnoty pro holoseč.

Tab. 17: Popisná statistika pro zakmenění 0,6

Zakmenění 0,6						
	Průměr	Medián	Suma	Minimum	Maximum	Směr. Odch.
Délka nadzemní části (cm)	24,75	25,4	618,8	11,7	34,7	5,89
Přírůst 2018 (cm)	14,8	14,3	369,9	3,1	20,9	4,11
Přírůst 2017 (cm)	7,22	6,7	180,6	3,4	11,6	2,64
Přírůst 2016 (cm)	2,73	2,7	68,3	1,5	4,5	0,65
Počet větví v přeslenu (ks)	2,44	2	61	1	5	0,92
Délka nejdelší boční větve (cm)	10,38	11,1	259,5	3,1	14,5	2,87
Hmotnost dřevinné části (g)	1,66	1,54	41,4	0,45	4,16	0,93
Hmotnost asimilátu (g)	2,77	2,44	69,23	0,92	6,02	1,4
Délka kulového kořene (cm)	18,86	18,4	471,6	9	34,4	5,24
Délka bočního kořene (cm)	21,15	21,2	528,8	11,6	34,6	5,44
Tloušťka kořenového krčku (mm)	4,14	4,09	103,55	2,58	6,33	0,99
Počet kosterních kořenu (ks)	5,16	5	129	3	9	1,55
Hmotnost kořenového systému (g)	6,51	5,81	162,64	5,16	12,41	2,15

Pokračující v sestupné tendenci hodnot pro variantu zakmenění 0,6 (Tab. 17), v závislosti k přístupu světla, avšak velikosti proměnných u semenáčků nejsou zanedbatelné a jsou plně konkurenceschopné s ostatními variantami hustoty porostu. Významná podobnost je v hmotnosti kořenového systému, která se přibližuje hodnotám z holoseče.

Tab. 18: Popisná statistika pro zakmenění 0,8

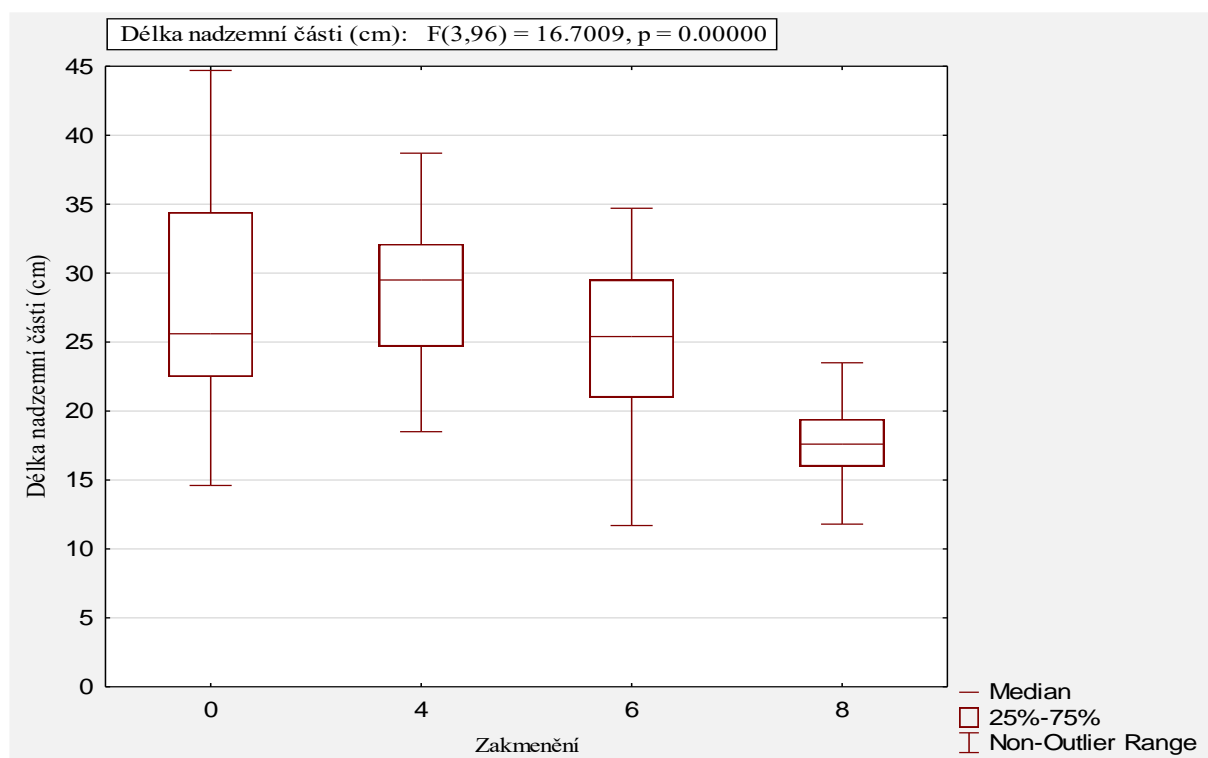
Zakmenění 0,8						
	Průměr	Medián	Suma	Minimum	Maximum	Směr. Odch.
Délka nadzemní části (cm)	17,86	17,6	446,6	11,8	25,6	3,06
Přírůst 2018 (cm)	9,15	8,8	228,7	1	17,5	3,1
Přírůst 2017 (cm)	6,27	6,1	156,7	2,9	10	2,05
Přírůst 2016 (cm)	2,49	2,2	62,2	1,3	8,6	1,38
Počet větví v přeslenu (ks)	1,92	2	48	1	3	0,76
Délka nejdelší boční větve (cm)	5,75	5,5	143,7	0,3	11,3	2,89
Hmotnost dřevinné části (g)	0,48	0,39	11,98	0,23	0,92	0,2
Hmotnost asimilátu (g)	0,74	0,67	18,38	0,32	1,34	0,29
Délka kulového kořene (cm)	15,21	15,3	380,2	9,1	24,4	4
Délka bočního kořene (cm)	15,49	14	387,2	7,1	34	6,69
Tloušťka kořenového krčku (mm)	2,32	2,2	57,95	1,25	3,55	0,58
Počet kosterních kořenu (ks)	3,84	4	96	2	6	1,37
Hmotnost kořenového systému (g)	0,46	0,33	11,46	0,15	2,95	0,54

Podle přístupu světla, je varianta zakmenění 0,8 z hlediska hodnot proměnných nejhorší variantou. Avšak je tato varianta v mnoha proměnných stále konkurenceschopná jiným variantám hustoty porostu (Tab. 18).

5.3.2 Popis podle jednotlivých proměnných

5.3.2.1 Délka nadzemní části

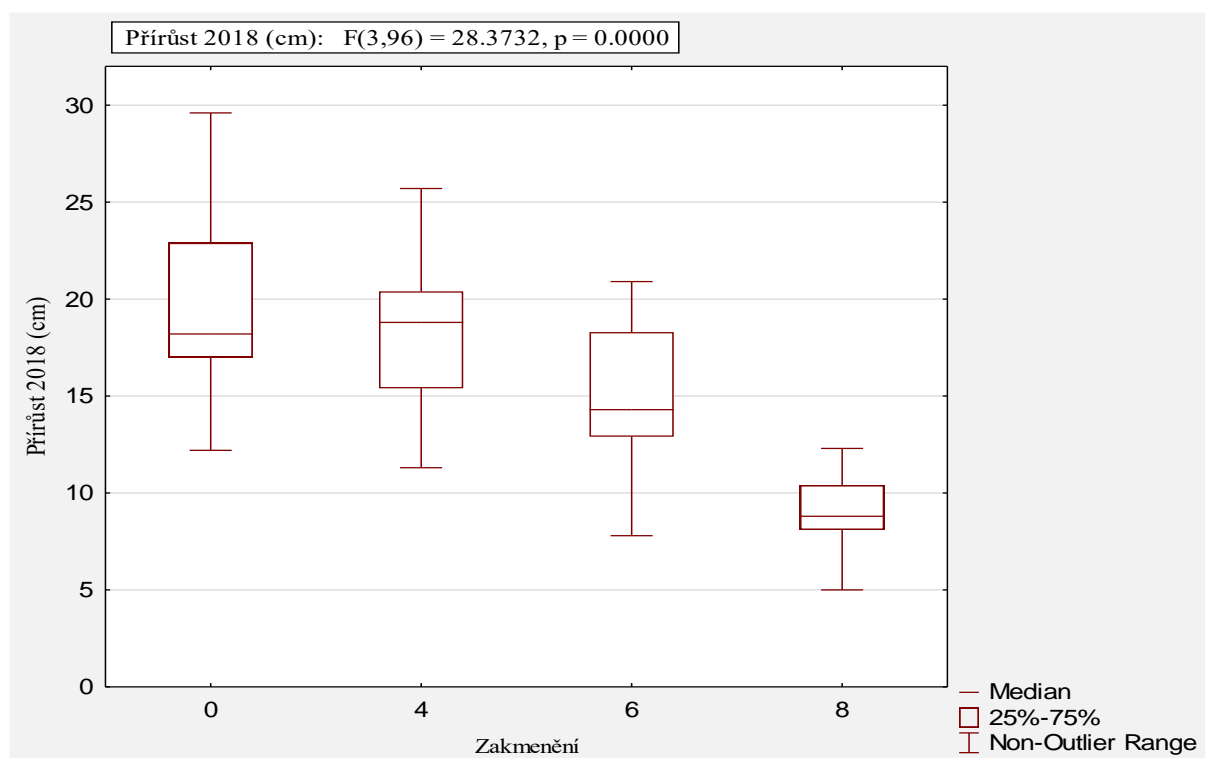
Délka nadzemní části (*Graf 5*) se významně statisticky nelišila pro zakmenění 0,4 a 0,8. Hladina signifikantnosti ($p=0,05$) byla překonána v porovnání s holosečí pro zakmenění 0,4 a 0,8. Na holoseči je patrný značný rozptyl maxima a minima, konkrétně maximum 44,7 cm v maximum a 14,6 cm v minimum.



Graf 5: Porovnání délky nadzemní části.

5.3.2.2 Přírůst 2018

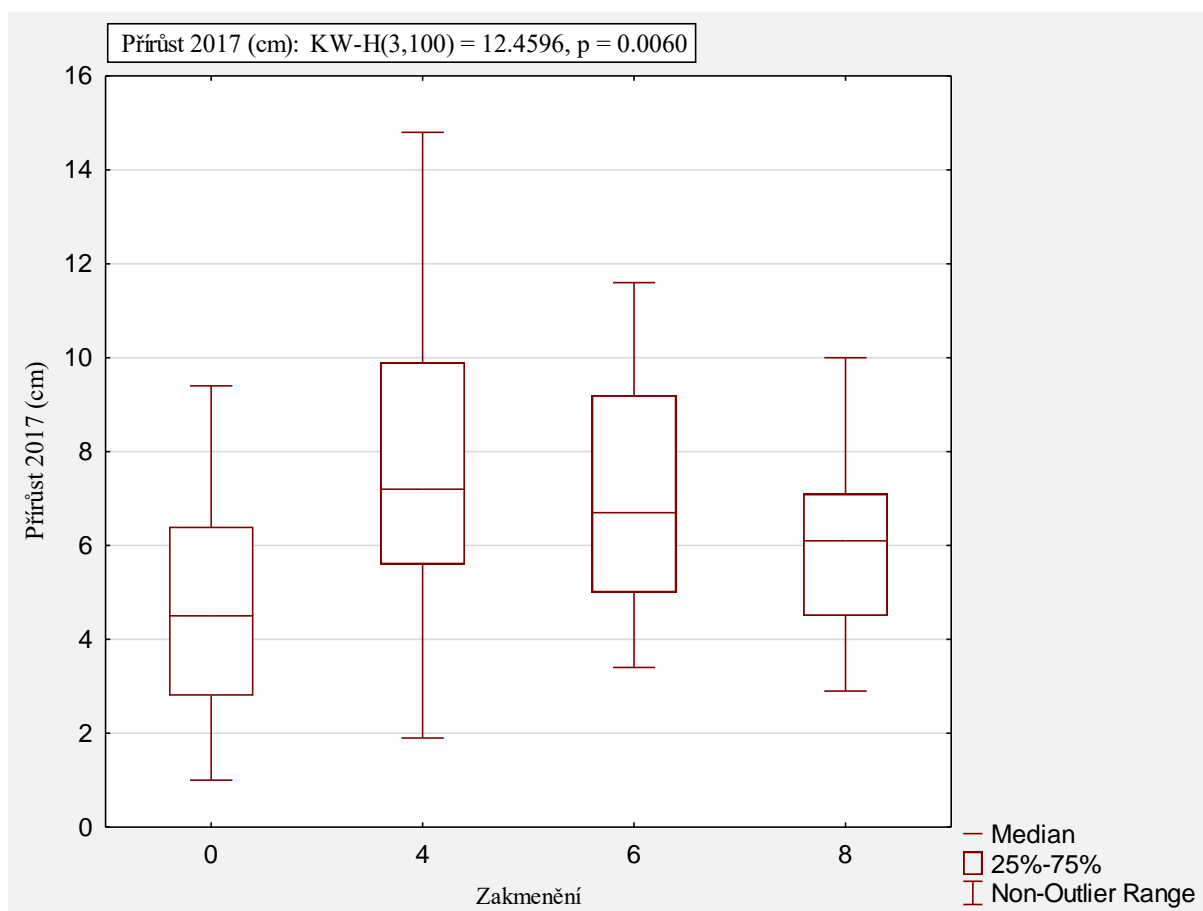
Dle Fisherova LSD testu je Hodnota $p=0,05$ u přírůstu z roku 2018 (*Graf 6*) překonána ve všech případech s výjimkou holoseče a zakmenění 0,4. Střední hodnota přírůstu z roku 2018, na variantě zakmenění 0,4, převyšuje hodnoty z holoseče o 0,4 cm.



Graf 6: Porovnání přírůstu v roce 2018.

5.3.2.3 Přírůst 2017

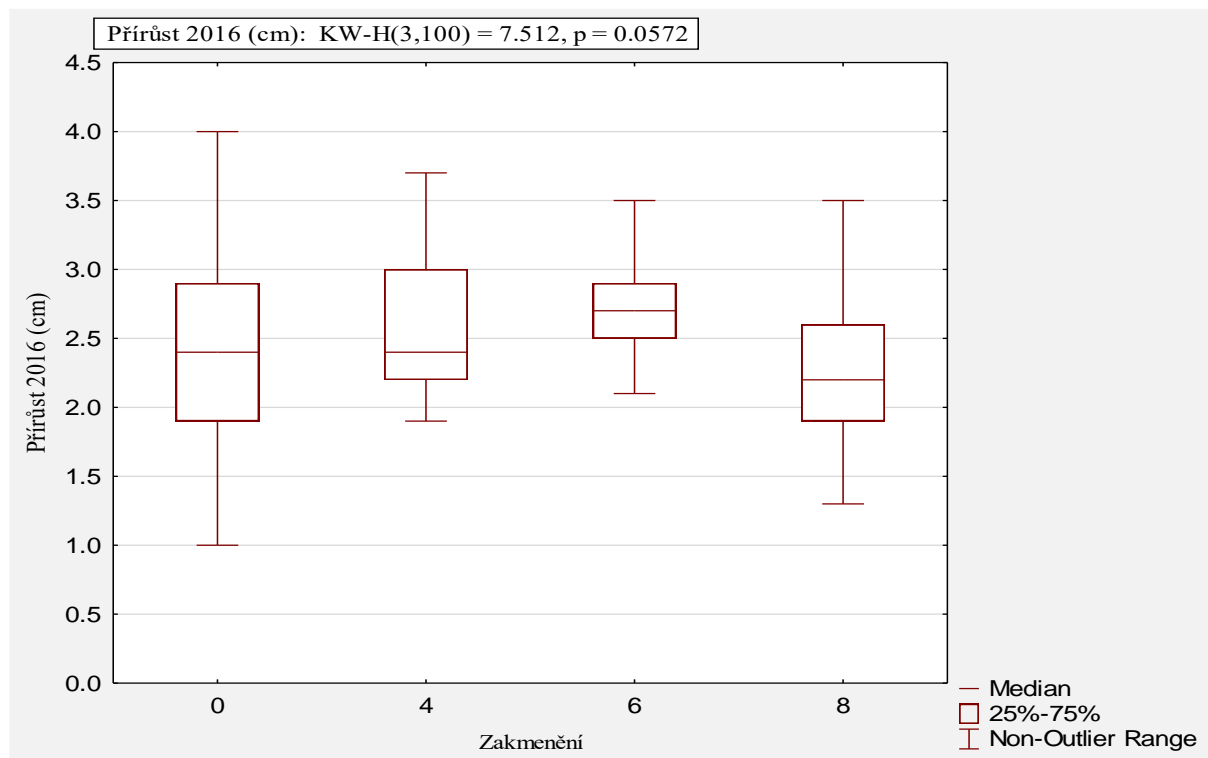
Pro hodnoty přírůstu z roku 2017 (Graf 7) byla dle Dunnova testu hodnota signifikantnosti ($p = 0,05$) překonána v porovnání s holosečí s variantami zakmenění 0,4 a 0,6. Další srovnání byly statisticky nesignifikantní ($p > 0,05$). Nejvyšší střední hodnota přírůstu z roku 2017 u zakmenění 0,4 se rovná hodnotě 7,2 cm.



Graf 7: Porovnání přírůstu v roce 2017.

5.3.2.4 Přírůst 2016

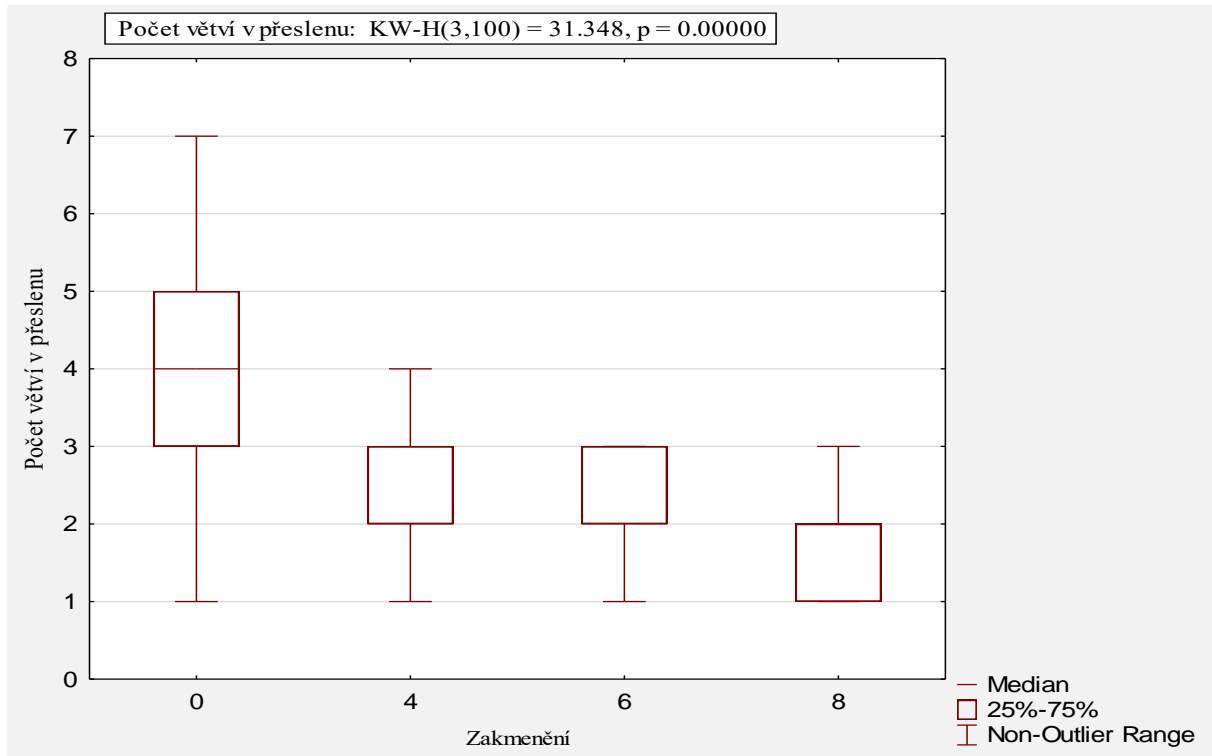
Dle Dunnova testu nebyla hodnota p (0,05) překonána ve všech měřeních přírůstu z roku 2016 (Graf 8), všechny hodnoty jsou tedy statisticky nesignifikantní. Nejvyšší střední hodnota přírůstu z roku 2016 pak činí 2,7 cm (varianta hustoty porostu 0,6). Největší rozptyl hodnot je zjištěn u jedinců vyzvednutých na holoseči (3 cm).



Graf 8: Porovnání přírůstu v roce 2016.

5.3.2.5 Počet větví v přeslenu

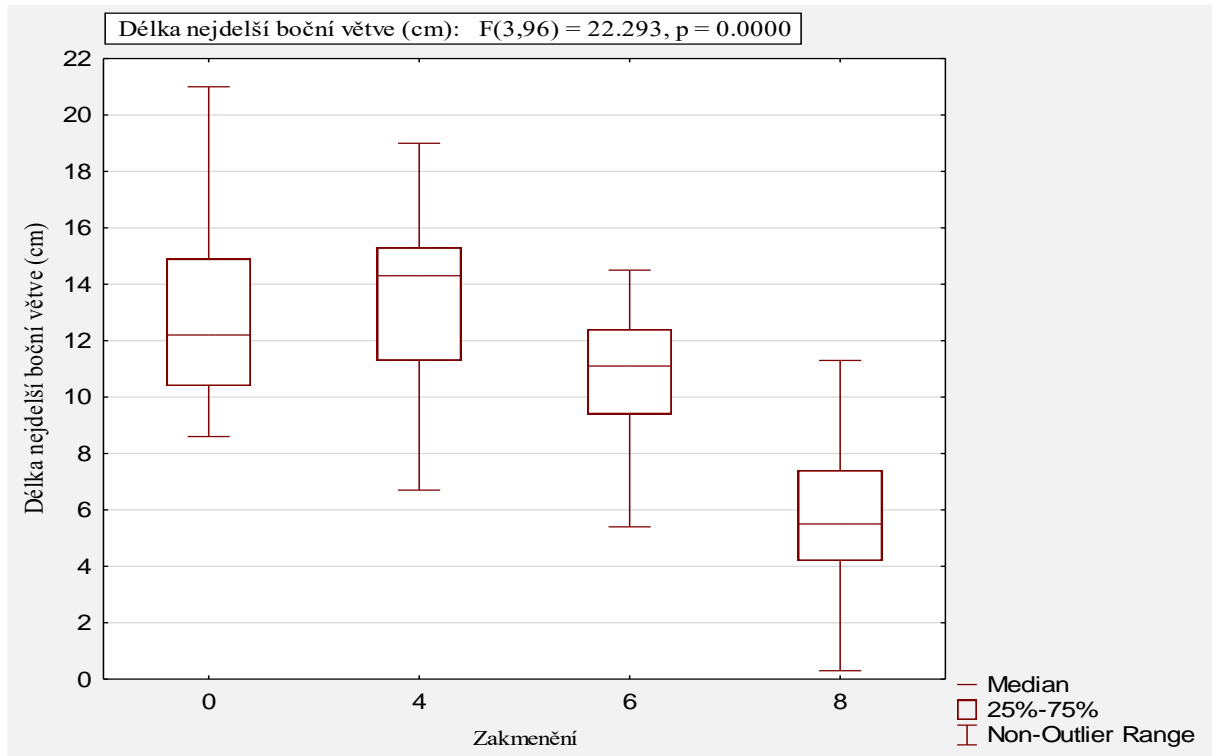
Hladina statistické významnosti ($p=0,05$) pro počet větví v přeslenu (*Graf 9*) je dle Dunnova testu v porovnání s holosečí překonána u variant hustoty porostu 0,4, 0,6 i 0,8. Nejvyšší střední hodnota počtu větví v přeslenu je dosažena pro holoseč (4 cm). Současně je u holoseče vysoká hodnota rozptylu maxima a minima (6 cm) pro počet větví v přeslenu.



Graf 9: Porovnání počtu větví v přeslenu.

5.3.2.6 Délka nejdelší boční větve

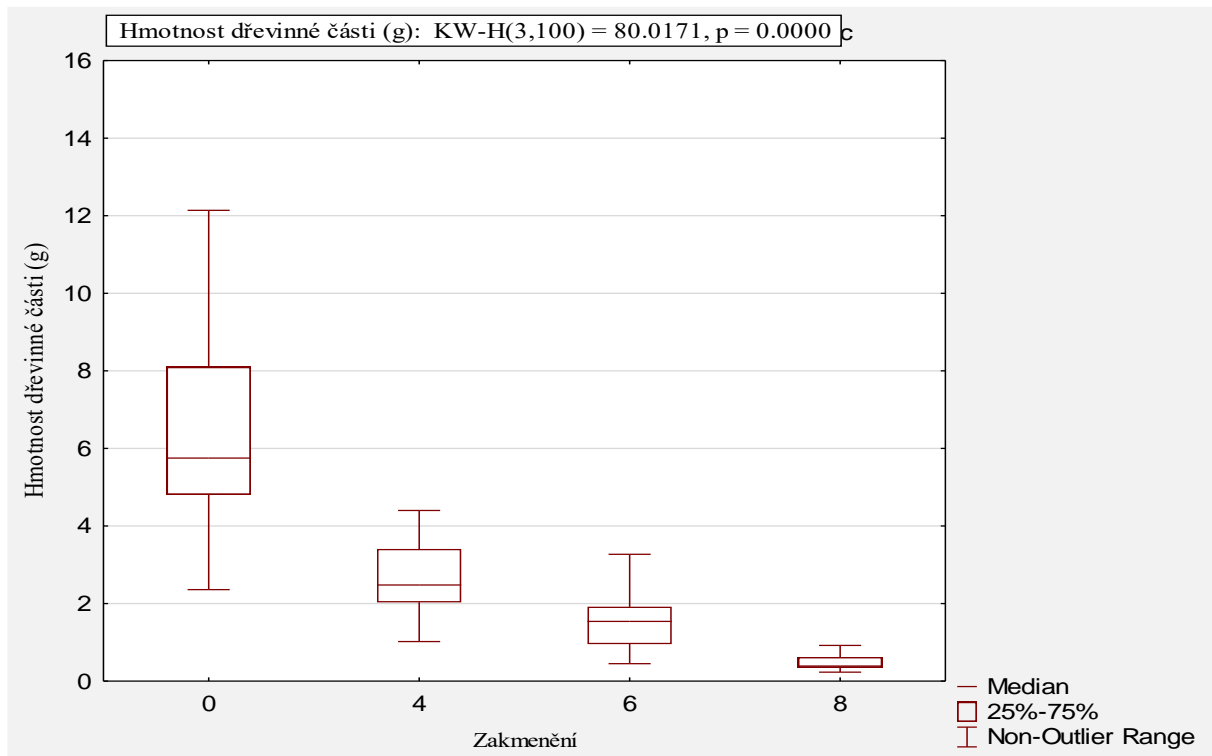
Dle Fisherova LSD testu je pro délku nejdelší boční větve hladina statistické významnosti ($p = 0,05$) překonána pouze v případě porovnání holoseče s variantou hustoty porostu 0,4. Lze tedy být jako jediná považována za statisticky nesignifikantní (Graf 10). Nejvyšší střední hodnota délky nejdelší boční větve se rovná 14,3 cm (zakmenění 0,4).



Graf 10: Porovnání délky nejdelší boční větve.

5.3.2.7 Hmotnost dřevinné části

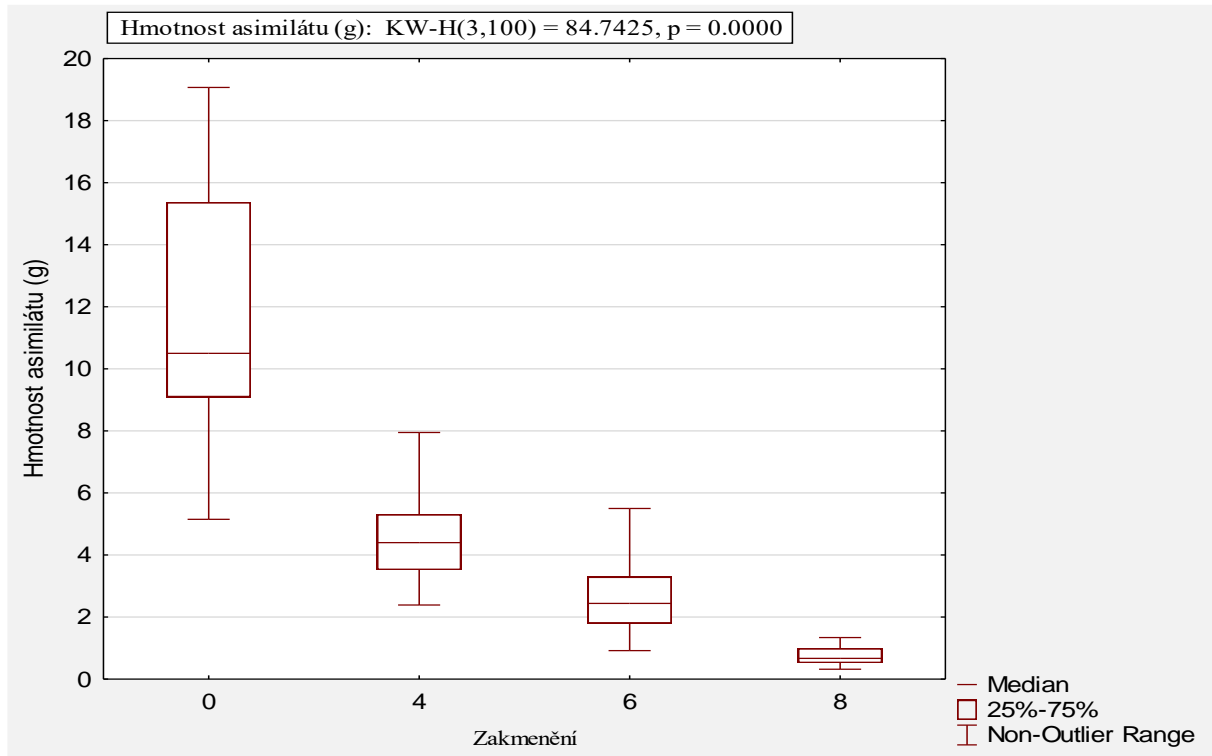
Dle Dunnova testu při porovnání hmotnosti dřevinné části (*Graf 11*) je statisticky nesignifikantní ($p > 0,05$) pouze mezi variantami hustoty porostu 0,4 a 0,6. Nejvyšší střední hodnota hmotnosti dřevinné části pro holoseč se rovná 5,75 g. Pro holoseč je značný rozptyl hodnot hmotnosti dřevinné části.



Graf 11: Porovnání hmotnosti dřevinné části.

5.3.2.8 Hmotnost asimilátu

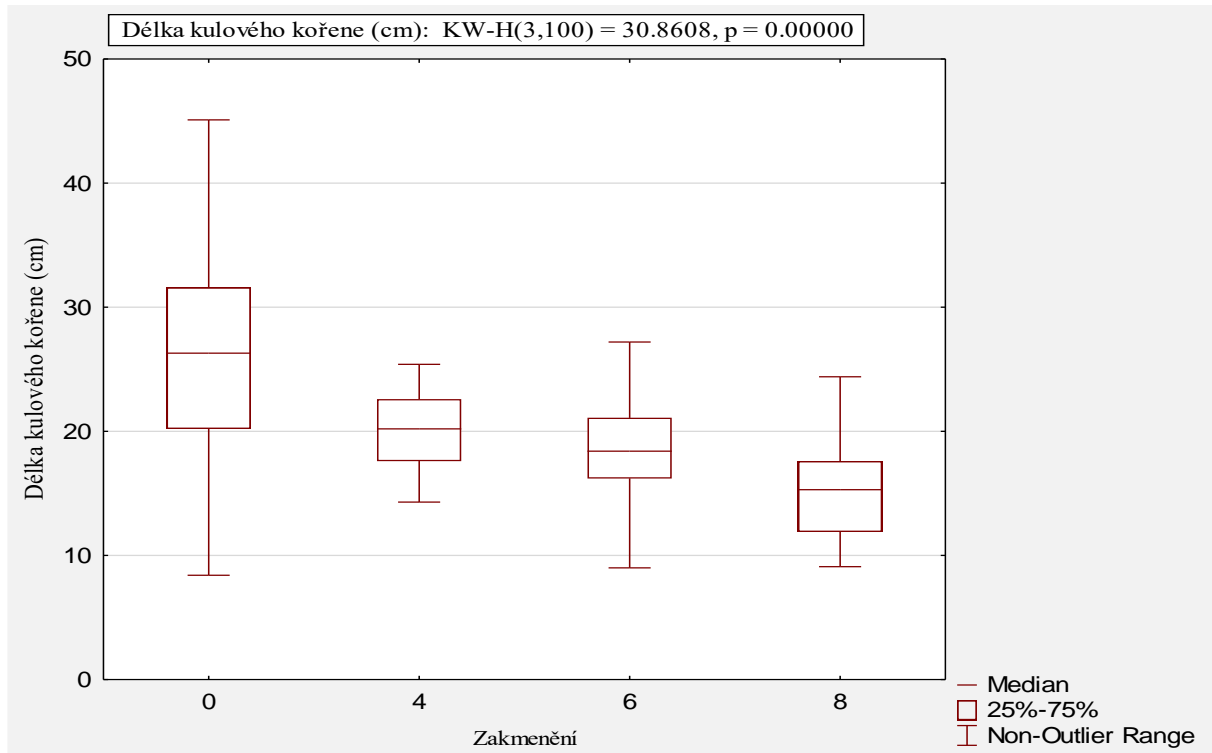
Dle Dunnova testu je statisticky nesignifikantní ($p > 0,05$) pouze porovnání hmotnosti asimilátu (*Graf 12*) mezi zakmeněnými 0,4 a 0,6. Nejvyšší střední hodnoty hmotnosti asimilátu, nabývá holoseč (10,5 g). Nejvyšší hodnoty rozptylu hmotnosti asimilátu dle datového souboru dosahuje holoseč (34,53 g).



Graf 12: Porovnání hmotnosti asimilátu.

5.3.2.9 Délka kulového kořene

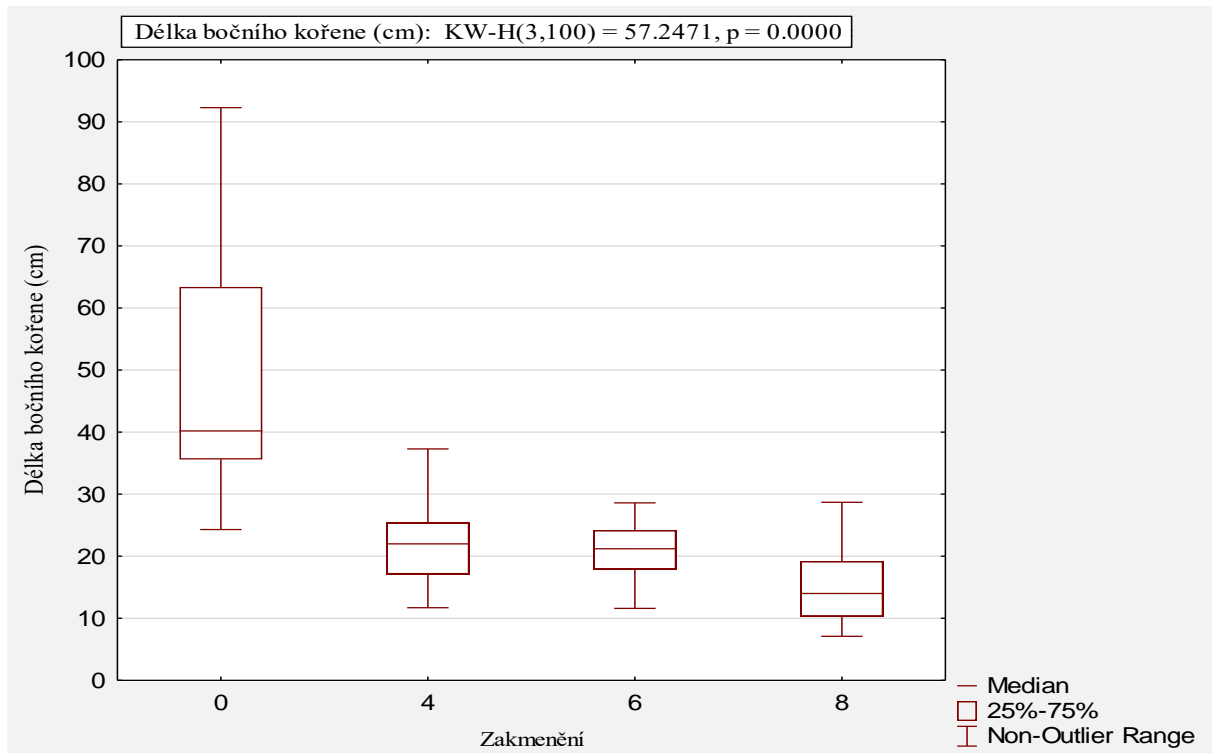
Na základě posouzení Dunnovým testem ($p < 0,05$) konstatujeme, že délka kulového kořene (*Graf 13*) je v porovnání mezi holosečí a variantami hustoty porosty 0,6 a 0,8 statisticky prokazatelný rozdíl. V porovnání hodnot délky kulového kořene je rovněž statisticky signifikantní rozdíl patrný mezi zakmeněním 0,4 a 0,8. Nejvyšší střední hodnota délky kulového kořene je zjištěna v případě holoseče (26,3 cm). Současně je ale v datovém souboru z holoseče značný rozptyl (36,7 cm).



Graf 13: Porovnání délky kulového kořene.

5.3.2.10 Délka bočního kořene

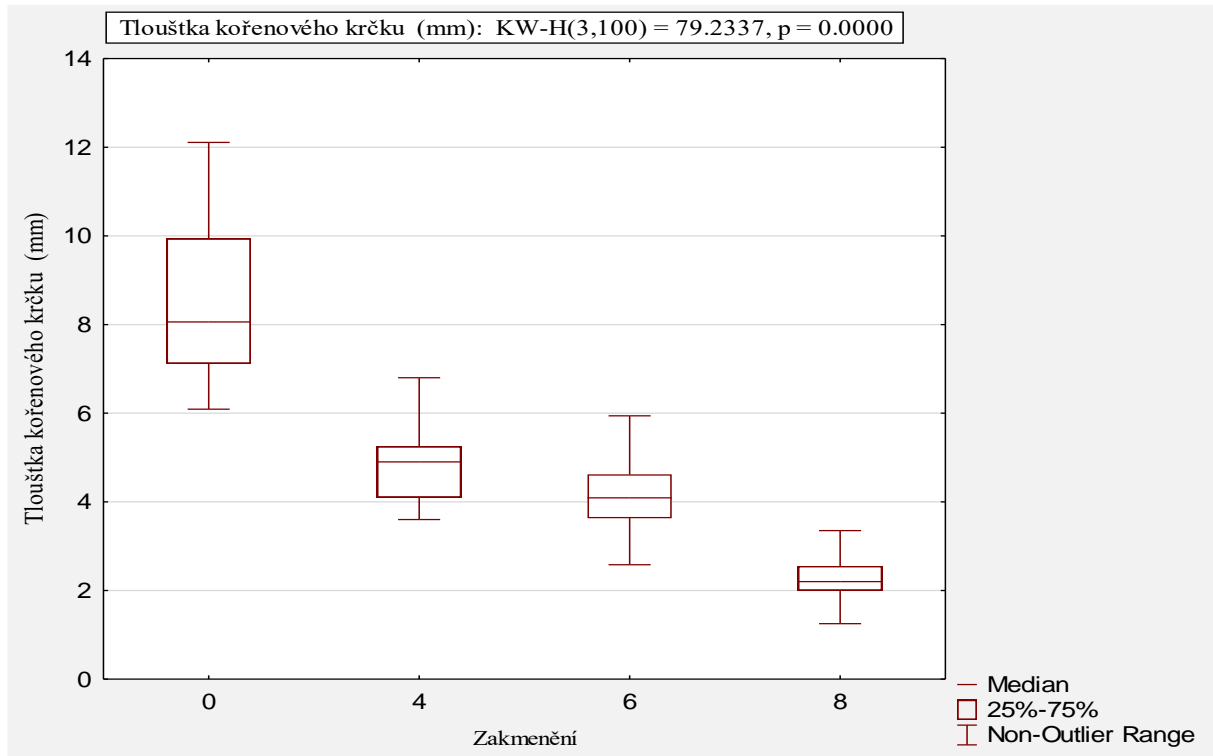
Dle Dunnova testu je hodnota signifikantnosti ($p = 0,05$) překonána u holoseče v porovnání se zbylými variantami hustoty porostu (0,4; 0,6 a 0,8). Současně je hodnota signifikantnosti ($p = 0,05$) překonána i mezi variantami hustoty porostu 0,4 a 0,8. Nejvyšší střední hodnota délky bočního kořene je dosažena pro holoseč (40,2 cm) (Graf 14). Nejvyšší rozptyl délky bočního kořene je podle datového souboru zjištěn také pro holoseč (84,9 cm).



Graf 14: porovnání délky bočního kořene.

5.3.2.11 Tloušťka kořenového krčku

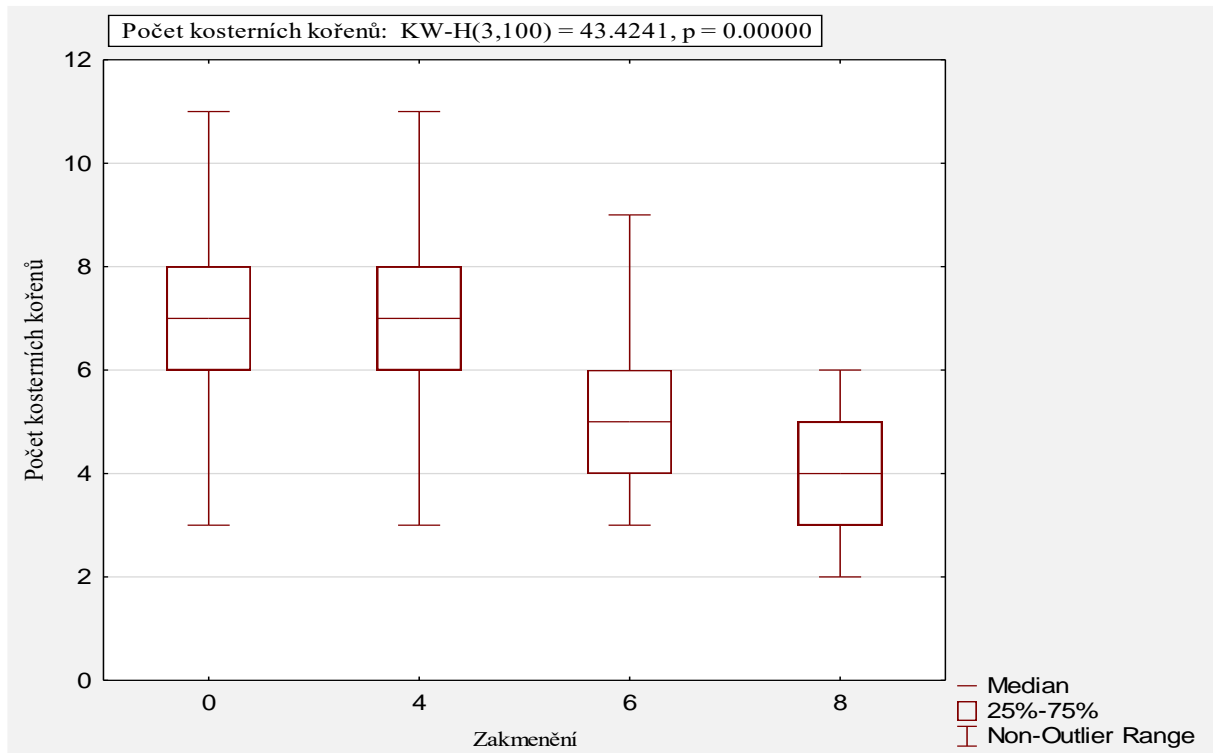
Statisticky signifikantní rozdíl dle Dunnova testu ($p < 0,05$) je zjištěn ve všech variantách hustoty porostu v porovnání s holosečí. Statisticky nesignifikantní je rozdíl mezi zakmeněním 0,4 a 0,6. Nejvyšší střední hodnota tloušťky kořenového krčku je dosažena pro v případě holoseče (8,06 mm) (Graf 15). Nejvyšší rozptyl dat je patrný rovněž na holoseči (10,94 mm).



Graf 15: Porovnání tloušťky kořenového krčku.

5.3.2.12 Počet kosterních kořenů

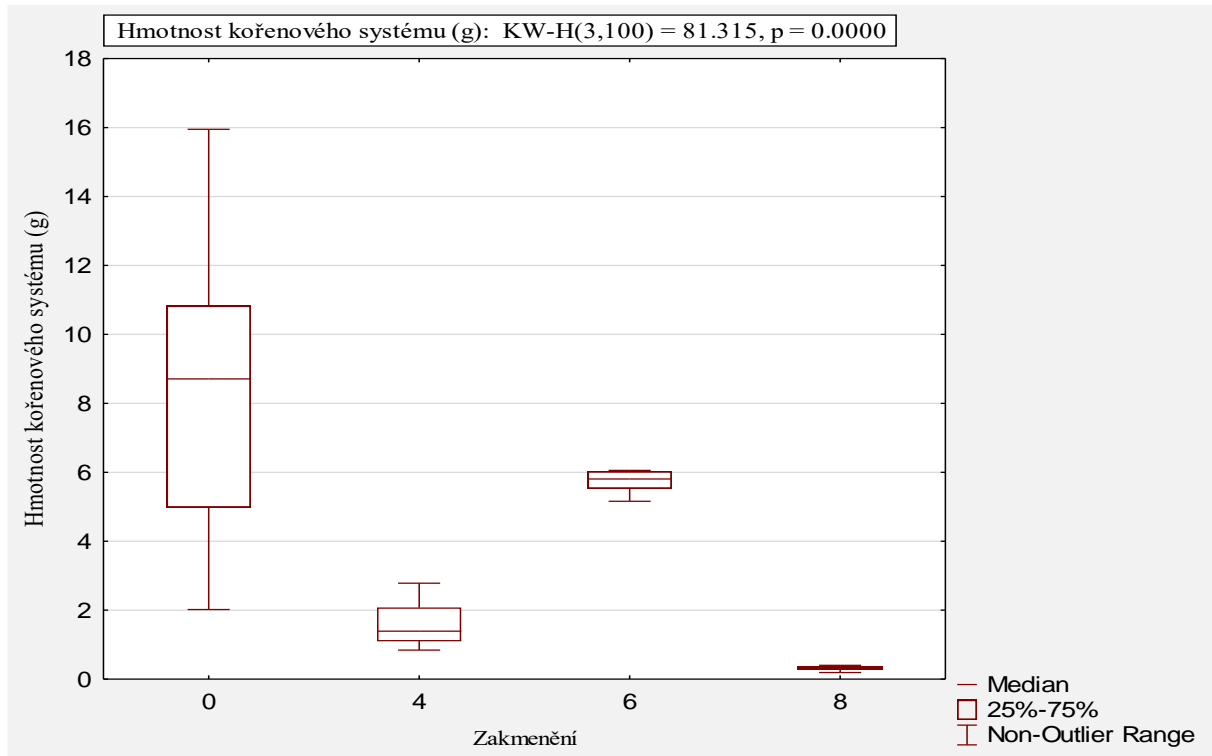
Dle Dunnova testu je počet kosterních kořenů srovnatelný na holoseči a zakmenění 0,4 ($p = 0,29$). Statisticky prokazatelný rozdíl ($p = 0,05$) je patrný v porovnání se zakmeněním 0,6 a 0,8. Nejvyšší střední hodnota počtu kosterních kořenů je zaznamenána v rámci holoseče (7,28 ks) (Graf 16). Pro stejné zakmenění je zjištěn stejný rozptyl, který se rovná hodnotě 9 kusů kosterních kořenů.



Graf 16: Porovnání počtu kosterních kořenů.

5.3.2.13 Hmotnost kořenového systému

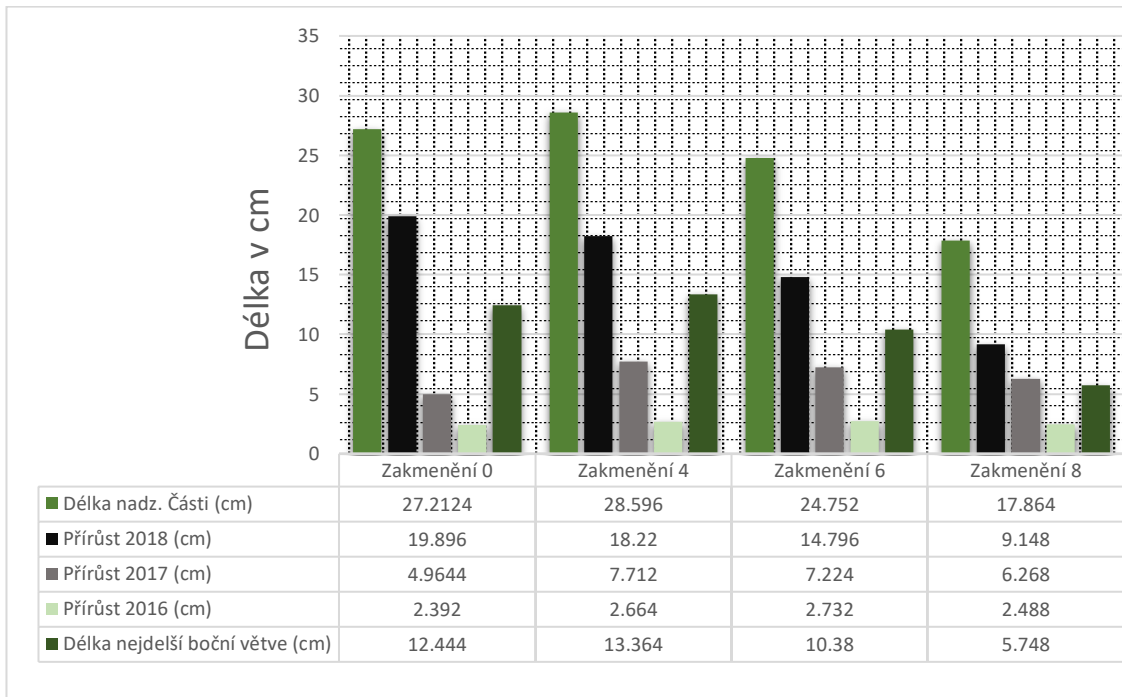
Statisticky nesignifikantní výsledek je dle Dunnova testu ($p > 0,05$) patrný pouze u rozdílu mezi holosečí a zakmeněním 0,6. Nejvyšší střední hodnoty hmotnosti kořenového systému je dosaženo na holoseči (8,71 g) (*Graf 17*). Na holoseči je rovněž zjištěn i nejvyšší rozptyl hodnot (21,02 g).



Graf 17: Porovnání hmotnosti kořenového systému.

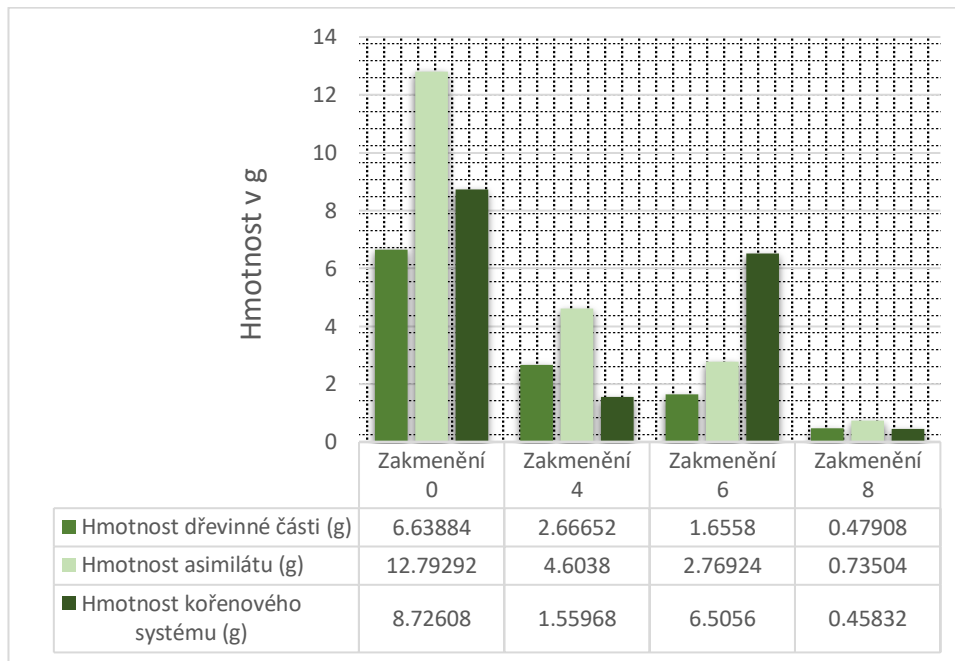
5.4 Porovnání parametrů jedinců

Porovnání délky nadzemní části, jednotlivých přírůstů (z roku 2018, 2017 a 2016) a délky nejdelší boční větve (*Graf 18*). Hodnoty se snižují se zvyšující se hustotou porostu. Nicméně i v tomto případě evidujeme výjimku, kdy pro zakmenění 0,4 je vyšší průměrná hodnota délky nadzemní části než na holoseči



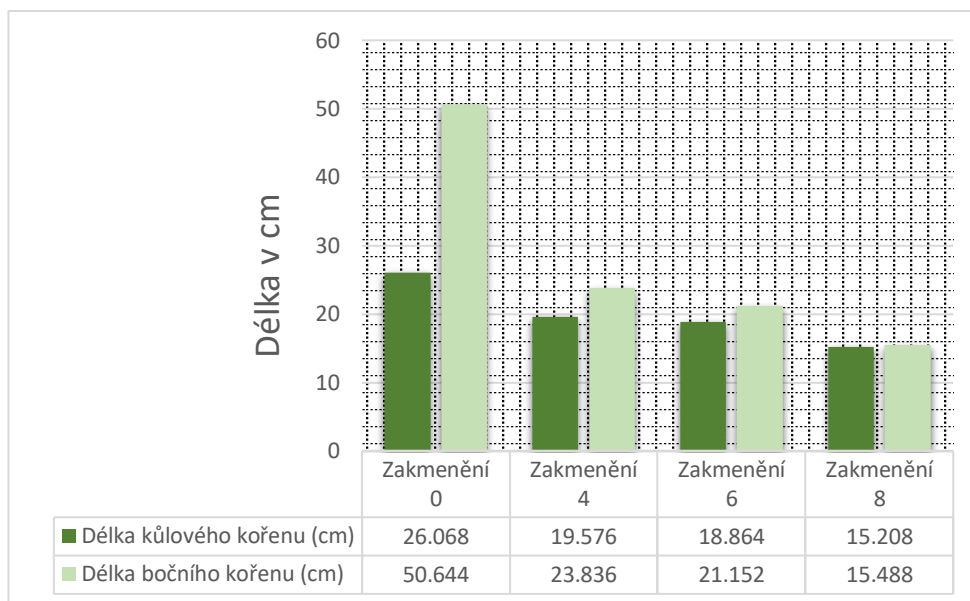
Graf 18: Porovnání délky nadzemní části, přírůstu pro roky 2018, 2017, 2016 a délky nejdelší boční větve pro jednotlivé varianty hustoty porostu.

Porovnání hmotnosti dřevinné části, hmotnosti asimilátu a hmotnosti kořenového systému (Graf 19) ve výsledcích neodhalilo žádné významné korelace. Výrazný rozdíl je patrný při porovnání parametrů jedinců variant s přítomností mateřského porostu (zakmenění 0,4; 0,6 a 0,8) právě s parametry jedinců na holoseči. Hmotnost dřevinné části, hmotnost asimilátu i hmotnost kořenového systému jedinců na holoseči značně převyšují tyto parametry jedinců na ostatních variantách hustoty porostu.



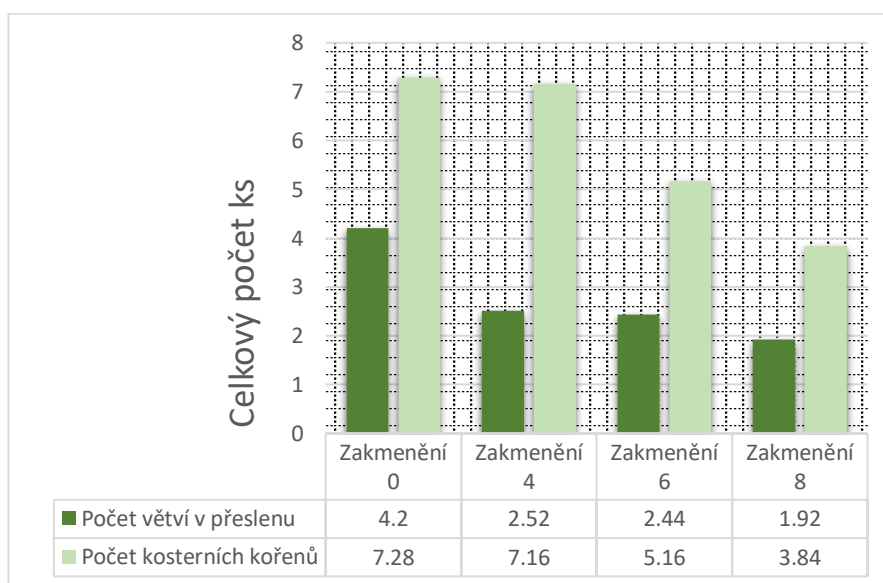
Graf 19: Porovnání hmotnost dřevinné části, hmotnosti asimilátu a hmotnosti kořenového systému jedinců napříč všemi variantami hustoty porostu.

Hodnoty délky kulového kořene a délky bočního kořene (*Graf 20*) jsou podobné pro téměř všechny varianty hustoty porostu. Jedinou výjimkou je délka bočního kořene na holoseči, která více než dvojnásobně převyšuje tento parametr pro zbylé varianty hustoty porostu.



Graf 20: Porovnání délky kulového kořene a délky bočního kořene pro jednotlivá zakmenění

Počet větví v přeslenu (*Graf 21*) je podobný pro všechny varianty, kde je přítomný mateřský porost (zakmenění 0,4, 0,6 a 0,8), tato hodnota je však výrazně vyšší v případě jedinců na holoseči (4,2 ks) Počet kosterních kořenů se konstantně zvyšuje s větším osluněním plochy, nicméně na holoseči a na zakmenění 0,4 je téměř srovnatelný (7,28 ks resp. 7,16 ks).



Graf 21: Porovnání počtu větví v přeslenu a počtu kosterních kořenů pro jednotlivé varianty hustoty porostu.

6 Diskuse

V současné době se stále více skloňuje pojem přírodě blízkého hospodaření v lesích právě s odolností porostů vůči abiotickým i biotickým faktorů, ale také s jejich adaptabilitou na měnící se podmínky prostředí, zejména pak dlouhotrvající suchá období (Oleskog, Sahlén, 2010; Sukhbaatar et al., 2019). Zmínění autoři pak hovoří především o důležitosti zvolení vhodného způsobu obnovy lesních porostů. Přírodě blízké hospodaření je dnes pozitivně vnímáno zejména veřejností, nicméně čím dál častěji také odbornou lesnickou komunitou.

Součástí změny hospodářského způsobu holosečného na podrostní se ale v některých případech mění také kvalita dřevní suroviny, celkově pak také ekonomická výnosnost z porostu (Bílek et al., 2018). Örlander et al., 1996 potvrzuje že příprava půdy ovlivňuje kvalitu porostu statisticky významným způsobem a studie dle Brichty et al., 2019, která potvrzuje zvýšený přírůst při rozvolnění zakmenění porostu. Tyto dvě práce a výsledky jiných prací na stejné téma jsou optimistickým výhledem do budoucího vývoje způsobu hospodaření s borovými porosty.

Součástí výsledků je celkový počet semenáčků (tj. jedinci do 10 cm i jedinci nad 10 cm). Právě u jedinců do 10 cm se nabízí úvaha uvažovat počet či podíl jedinců, kteří jsou schopni dorůst do skupiny semenáčků nad 10 cm, tedy schopných konkurence v této skupině. Pro zjištění podílu jedinců schopných dorůst stanovenou hranici 10 cm je třeba pokračovat ve výzkumu s opakováním každý rok, nejlépe do doby zajištění porostu. Studie Mäkitala, (1999) dále rozvíjí téma o myšlenku, že existuje vysoké riziko odumírání semenáčků způsobeným suchem, které v současné době sužuje celou Českou republiku a mohla se lehce podepsat a zkusit výsledků této studie.

Přirozenou obnovou borovice lesní pod porostem se v současné době zabývá řada autorů zejména v zemích s vysokým zastoupením borovice (Aleksandrowicz-trzcińska, Drozdowski, 2014; Bílek et al., 2018; Drössler et al., 2017; Hallikainen et al., 2019; Karlsson, Nilsson, 2005; Spathelf, 2015). Důležitým aspektem, na kterém se shoduje vícero studií, je příprava půdy, jejíž význam je dle mnohých zdrojů (Aleksandrowicz-trzcińska, Drozdowski, 2014; Hallikainen et al., 2019; Karlsson, Nilsson, 2005) právě určujícím faktorem iniciace přirozené obnovy. Bez přípravy půdy je povrch pokryt buřením, která často i pod ochranou mateřského porostu dokáže tvořit nepropustnou bariéru zástinu vytvářející rovněž kořenovou konkurenci pro semenáčky borovic, na čemž se shodují výše uvedení autoři, kteří se zabývají podobným tématem. Dle Karlssona a Nilssona, (2005) je však pod porostem výrazně nižší pokryvnost plochy bylinami

než je tomu v případě holoseče, tedy plochy otevřené. Konkurence bylinné vegetace silně potlačuje semenáčky v podobě zastínění, posléze navíc tvoří také další vrstvu hrabanky, která tak může být překážkou pro čerpání živin semenáčků zejména z minerální vrstvy půdy. Tato skutečnost je rovněž velmi omezujícím faktorem pro vzejití semenáčků borovic (Aleksandrowicz-trzcińska, Drozdowski, 2014). S těmito tvrzeními souhlasí například také studie Karlssona a Nilsson, (2005), kteří v tomto kontextu poukazují i na jiné druhy dřevin. V rámci naší studie dosahoval počet úspěšně vzejitých semenáčků po úpravě půdy 23 000 semenáčků ind. ha⁻¹, naopak na kontrolní ploše 18 000 ind. ha⁻¹. Tato práce odhaluje značné rozdíly mezi výsledky ploch s realizací přípravy půdy oproti variantám kontroly, kde nebyla provedena žádná příprava půdy. Počet jedinců do 10 cm je více dvojnásobně nižší než druhý nejhorší výsledek pro přípravu půdy shrnovačem, kde počet jedinců dosáhl 11 393 semenáčků ind. ha⁻¹, kdežto u kontroly pouze 5 049 semenáčků ind. ha⁻¹. Tyto výsledky tak potvrzují závěry výše zmíněných autorů, že při pěstování borovice lesní clonným způsobem je takřka nutné provést přípravu půdy.

Součástí studie přirozené obnovy pod mateřským porostem bylo také stanovení vlivu hustoty mateřského porostu, která stejně jako různá příprava půdy, ovlivňuje počty úspěšně vzejitých semenáčků. Béland et al., (2000) uvádí, že při hustotě mateřského porostu o 200 stromech ind. ha⁻¹ bylo dosaženo 90 000 jedinců přirozené obnovy ind. ha⁻¹, 53 000 semenáčků ind. ha⁻¹ na ploše se 160 stromy a 3 700 semenáčků na holoseči. Výsledky naší studie se rámcově liší v počtech jedinců obnovy: 16 390 semenáčků ind. ha⁻¹ pro variantu hustoty porostu s 234 mateřskými stromy (zakmenění 0,8; 23 333 ks ind. ha⁻¹ pro variantu se 121 stromy (zakmenění 0,4) a 15 860 ks ind. ha⁻¹ pro holoseč. Výsledky se značně liší zejména v poměru jednotlivých variant hustoty porostu, kdy v našem výzkumu se zdá být nejlepší možností zakmenění 0,4 (121 stromů). Obě studie jsou prováděny s drobnými odlišnostmi, avšak mohou sloužit pro rámcové porovnání úspěšnosti přirozeného zmlazení borovice lesní. Varianta hustoty porostu o zakmenění 0,4 se jeví i jako nejlepší možnost při porovnání s jednotlivými variantami přípravy půdy, kde varianta hustoty porostu 0,4 vykazuje nejlepší hodnoty pro všechny přípravy půdy s výjimkou kontroly, kde jsou nejvyšší hodnoty patrné v případě holoseče. Tato skutečnost je značně ovlivněna právě dostupností světla (Messier et al., 1999). Všechny zmíněné studie pak shodně konstatují zvyšující se počet jedinců obnovy se snižujícím se zastíněním mateřského porostu. Obdobně jako naše výsledky, i závěry výše zmíněných autorů hovoří rovněž ve prospěch přípravy půdy.

S ohledem na celkové počty jedinců do výšky 10 cm, jsou odchylky v různých přípravách půdy vztažených k různým variantám hustoty porostu minimální. Z celkového počtu jedinců se jedná o odchylku zhruba 2 000 semenáčků ind. ha⁻¹ mezi řádkovačem a shrnovačem, střední hodnota je však pro tuto variantu stejná, a to konkrétně 7 500 semenáčků ind. ha⁻¹. Počty jedinců nad 10 cm v rámci různých možností přípravy půdy v určitých variantách hustoty porostu jsou však již výrazně odlišné: na ploše s přípravou půdy pomocí řádkovače je nejvyšší hodnota patrná jak v celkovém počtu semenáčků, tak i ve střední hodnotě počtu jedinců mezi různými variantami hustoty porostu.

Charakteristika vyzvednutých semenáčků odhalila spíše sestupné hodnoty proměnných s přibývajícím počtem mateřských jedinců. Ve většině případů parametry semenáčků na holoseči převyšovaly parametry jedinců na ostatních variantách hustoty porostu. Jedinci z holoseče se ve většině případů statisticky významně nelišily od jedinců z plochy o zakmenění 0,4. Pro holoseč byly charakteristické vysoké hodnoty pro hmotnosti dřevinné části, hmotnosti asimilátů, hmotnosti kořene a délky bočního kořene. Lze se domnívat, že hodnoty těchto parametrů jsou nejspíše zapříčiněny nízkými počty semenáčků do 10 cm, které díky vysoké hustotě jehlic a zakořenění, nepustili menší jedince ke světlu ani k živinám. Průměrná celková délka semenáčku a délka nejdelší boční větve byla nejvyšší v rámci varianty zakmenění 0,4. Tento výsledek je pravděpodobně ovlivněn zvýšenou snahou semenáčků prosadit se v konkurenci o světlo (Messier et al., 1999).

Dle studie Vítámváse et al., (2019) jsou hodnoty proměnných u kořenového systému obdobně vysoké pro jedince nacházející se na holoseči, tedy jedince s vysokým přístupem světla. Současně dle studie mají semenáčky vyskytující se pod ochranou mateřského porostu vyšší hodnoty pro nadzemní část rostliny, což je v této práci potvrzeno pouze v případě varianty zakmenění 0,4. Dle této práce a práce od Riikonenena et al., (2016), reagují semenáčky především zvětšením šířky koruny, což koreluje s přístupností světla podle Messiera et al., (1999).

Z celkového hlediska se zaměřením na jednotlivé proměnné zkoumané v této práci lze dle mnohých studií (Aleksandrowicz-trzcińska, Drozdowski, 2014; Béland et al., 2000; Hallikainen et al., 2019; Karlsson, Nilsson, 2005; Vítámvás et al., 2019) podrobní hospodaření s borovicí lesní považovat nejen za racionální, ale v některých případech také za ekonomicky výhodné. Zmíněné studie se shodují v úspěšnosti vzejití semenáčků pod ochranou mateřského porostu, ale také s charakteristikou parametrů nadzemní části rostliny, kterou odhalila tato práce. Dle této práce je ale na holoseči patrný výrazně lepší kořenový systém nežli u jedinců

obnovy pod mateřským porostem. Právě toto zjištění se shoduje například s výsledky studie Vítámváse et al., (2019).

Uvolněním porostu můžeme výrazně přispět procesu nastartování přirozené obnovy pod porostem (Aleksandrowicz-trzcińska, Drozdowski, 2014; Béland et al., 2000; Hallikainen et al., 2019; Karlsson, Nilsson, 2005; Vítámvás et al., 2019). Na tuto skutečnost navazuje i světlostní přírůst mateřského porostu, který je pozitivně ovlivněn, což potvrzují studie Brichty (2018) a Brichty et al., (2019). Lze se tedy domnívat, že clonný způsob obnovy borovice lesní může značně ovlivnit ekonomický aspekt borového hospodářství, zejména při prodeji vytěžených sortimentů a úsporu za obnovu lesního porostu po těžbě, čímž se zabývá Bílek et al., (2018). Současně tento způsob ovlivňuje i stabilitu porostu, která je dle studie od Ruhy et al., (1997) v porovnání s uměle založenými porosty vyšší u přirozeně zmlazených porostů. V budoucích studiích bude vhodné porovnat právě stabilitu, respektive adaptabilitu porostů, v této studii s kontrolními porosty obhospodařovanými běžným pasečným způsobem. V neposlední řadě ale může být dalším benefitem podrostního hospodaření s borovicí lesní tak světlostní přírůst uvolněných mateřských stromů. Například dle Brichty (2018) lze na přirozených borových stanovištích s minimálně 50 % pravděpodobností počítat s hospodářsky významným navýšením tloušťkového přírůstu právě po uvolnění těchto jedinců. Na základě informací o možném světlostním přírůstu, ale také informací z výsledků této práce, lze predikovat lepší zpeněžení sortimentů mateřských jedinců, ale také výrazné snížení nákladů na obnovu lesa, jakož i zvýšení pravděpodobnosti ujímavosti jedinců obnovy.

7 Závěr a doporučení pro lesnickou praxi

Na základě předem stanovených cílů práce byla vyhodnocena úspěšnost clonné obnovy borovice lesní po 3 letech uplynulých od těžební zásahu v porostu. Výzkum byl proveden v podmínkách přirozených borových stanovišť (CHS 13). V práci byly vyhodnoceny celkové počty jedinců pro jednotlivé varianty hustoty mateřského porostu a přípravy půdy, a to včetně dimenzí semenáčků vyšších 10 cm. Dimenze jedinců obnovy byly navíc zjišťovány také v laboratorních podmínkách.

Z celkového porovnání jedinců mezi jednotlivými variantami hustoty porostu a přípravy půdy, se s ohledem na celkové počty obnovy jeví jako nejvýhodnější varianta zakmenění 0,4 s celkovým počtem 23 333 semenáčků ind. ha⁻¹, naopak na holoseči tyto hodnoty dosáhly pouze 15 860 semenáčků ind. ha⁻¹. S ohledem na různé varianty přípravy půdy konstatujeme největší počty jedinců obnovy u varianty řádkovač (21 442 semenáčků ind. ha⁻¹). U přípravy půd je však důležité podotknout, že se jedná o celkové počty pro všechny varianty hustoty porostu dohromady. Při rozdělení přípravy půdy pro jednotlivá zakmenění, jsou celkové počty pro řádkovač podobné pouze pro holoseč a hustotu porostu úrovně 4, kde vyšší hodnoty nabývá zakmenění 0, tento výsledek však není statisticky signifikantní.

Sumárně byla nejdůležitějším prvkem především příprava půdy, kde byly zjištěny největší rozdíly v počtu semenáčků. Porovnání plochy s přípravou půdy řádkovačem (24 750 semenáčků ind. ha⁻¹) a kontrolní plochy bez přípravy půdy (8 300 semenáčků ind. ha⁻¹) ukazuje téměř trojnásobný celkový počet naměřených kusů. Tento výsledek tak potvrzuje negativní vliv buřene, a zároveň význam přípravy půdy.

Dimenze vyzvednutých jedinců byly výrazně ovlivněny přístupem světla. Rozměry se pohybují se vzestupnou tendencí dle snižování zakmenění porostu, nejvyšších hodnot bylo tedy dosaženo na holoseči, a to u 8 proměnných parametrů z celkem 13 měřených (počet větví v přeslenu, hmotnost dřevinné části, hmotnost asimilátu, délka kulového kořene, délka bočního kořene, tloušťka kořenového krčku, počet kosterních kořenů a hmotnost kořenového systému) ze 13. 4 parametry nabývaly nejvyšších hodnot na ploše o hustotě porostu 0,4 (délka nadzemní části, přírůst 2018, 2017 a délka nejdelší boční větve), nejvyšší přírůsty z roku 2016 pak byly patrné na variantě hustoty porostu úrovně 0,6.

Na základě závěrů této práce lze v podmínkách CHS 13 doporučit obnovu porostů borovice lesní clonným způsobem v rámci hustoty mateřského porostu o zakmenění 0,4, a to v kombinaci s přípravou půdy řádkovačem. Nelze však říct, že ostatní kombinace různých hustot porostu a příprav půdy nejsou relevantní, například kombinace půdní frézy pod porostem o zakmenění 0,8 vykazuje rovněž pozitivní hodnoty. Záleží tedy zejména na konkrétních podmínkách prostředí, možnostech lesního podniku či na možnostech světlostního přírůstu mateřských jedinců. Tato studie také může sloužit jako podklad pro iniciaci dalších studií, které budou zaměřeny především na zjištění ekonomického aspektu obnovy borovice lesní pod porostem. Celkové počty jedinců obnovy dokazují, že obnova borovice lesní pod ochranou mateřského porostu je možná, z hlediska počtů dokonce i lepší možností. Tato skutečnost je rovněž třeba ověřit dalšími výzkumy.

8 Seznam literatury a použitých zdrojů

- Aleksandrowicz-trześcińska, M., Drozdowski, S., 2014. Effects of different methods of site preparation on natural regeneration of *Pinus sylvestris* in Eastern Poland 71, 73–81.
- Barney, C.W., Hawksworth, F.G., Geils, B.W., 1998. Hosts of *Viscum album*. *Eur. J. For. Pathol.* 28, 187–208. <https://doi.org/doi:10.1111/j.1439-0329.1998.tb01249.x>
- Béland, M., Agestam, E., Ekö, P.M., Gemmel, P., Nilsson, U., 2000. Scarification and Seedfall affects Natural Regeneration of Scots Pine Under Two Shelterwood Densities and a Clear-cut in Southern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 15, 247–255. <https://doi.org/10.1080/028275800750015064>
- Beránek, J., 2008. Škůdci borovice lesní, Státní rostlinolékařská správa. Zemědělská 1a, 613 00 Brno. <https://doi.org/ISBN 978-80-02-02070-7>
- Bílek, L., Remeš, J., Švec, O., Vacek, Z., Štícha, V., Stanislav, V., Javůrek, P., 2017. Ekologicky orientované pěstování borových porostů v podmínkách nižších až středních poloh. VÚHLM, Strnady.
- Bílek, L., Zeidler, A., Pulkrab, K., Ulbrichová, I., Vacek, S., Borůvká, V., Vítámvás, J., Remeš, J., Vacek, Z., Sloup, R., 2018. Pěstební a ekonomické aspekty clonné obnovy borovice lesní. Strnady.
- Boucher, J.-F., Munson, A.D., Bernier, P.Y., 1995. Foliar absorption of dew influences shoot water potential and root growth in *Pinus strobus* seedlings. *Tree Physiol.* 15, 819–823. <https://doi.org/10.1093/treephys/15.12.819>
- Brichta, J., 2018. Vliv uvolnění na tloušťkový přírůst dospělých jedinců borovice lesní. Česká zemědělská univerzita v Praze.
- Brichta, J., Bílek, L., Vacek, Z., 2019. Tloušťkový přírůst dospělých jedinců borovice lesní po uvolnění 192–201.
- Caccia, F., Ballaré, C.L., 2011. Effects of tree cover , understory vegetation , and litter on regeneration of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) in southwestern. <https://doi.org/10.1139/x98-036>
- Čáp, J., Fulín, M., Novotný, P., Cvrčková, H., Máchová, P., Trčková, O., Poláková, L., Dostál, J., Frýdl, J., 2016. Genetická charakterizace významných regionálních populací borovice lesní v České republice. Strnady.
- Černý, M., Pařez, J., Malík, Z., 1996. Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky [smrk, borovice, buk, dub]: Příloha č. 3 vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 84/1996 Sb. o lesním hospodářském plánování [částka 28/1996 Sbírky zákonů]. Růstové a taxační tabulky Hl. dřevin České republiky [smrk, borovice, buk, dub] Příloha č. 3 vyhlášky Minist. zemědělství č. 84/1996 Sb. o Lesn. hospodářském plánování [částka 28/1996 Sbírky zákonů]. 245.
- Dančáková, H., 2008. Přirozená obnova Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) na hospodářském souboru 13 (přirozená borová stanoviště) u vls čr s.p., divize Mimoň. Mimoň.
- Dick, D.P., Leite, S.B., Simão, R., Dalmolin, D., Almeida, H.C., Knicker, H., 2011. *Pinus* afforestation in South Brazilian highlands : soil chemical attributes and organic matter

- composition Florestamento com Pinus em solos de altitude do Sul do Brasil : atributos químicos e matéria orgânica do solo 175–181.
- Drössler, L., Fahlvik, N., Wysocka, N.K., Hjelm, K., Kuehne, C., 2017. Natural Regeneration in a Multi-Layered Pinus sylvestris-Picea abies Forest after Target Diameter Harvest and Soil Scarification 1–14. <https://doi.org/10.3390/f8020035>
- Evans, H F, Moraal, L.G., Pajares, J.A., 2004. Biology, Ecology and Economic Importance of Buprestidae and Cerambycidae BT - Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis, in: Lieutier, F., Day, K.R., Battisti, A., Grégoire, J.-C., Evans, Hugh F (Eds.), . Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 447–474. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2241-8_20
- Farjon, A., 2010. A Handbook of the World's Conifers (2 vols.). A Handb. World's Conifers (2 vols.) 1. <https://doi.org/10.1163/9789047430629>
- Farjon, A., 2005. Pines: Drawings and Descriptions of the Genus Pinus, 2nd ed. Brill.
- Gärdenäs, A.I., Jansson, P.-E., 1995. Simulated water balance of Scots pine stands in Sweden for different climate change scenarios. J. Hydrol. 166, 107–125. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-1694\(94\)02594-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-1694(94)02594-2)
- Hallikainen, V., Hökkä, H., Hyppönen, M., Rautio, P., Valkonen, S., 2019. Natural regeneration after gap cutting in Scots pine stands in northern Finland. Scand. J. For. Res. 34, 115–125. <https://doi.org/10.1080/02827581.2018.1557248>
- Heike, K., 2008. Encyklopedie jehličnatých stromů a keřů. CPRESS.
- Herold, N., Schöning, I., Berner, D., Haslwimmer, H., Kandeler, E., Michalzik, B., Schrumpf, M., 2014. Vertical gradients of potential enzyme activities in soil profiles of European beech, Norway spruce and Scots pine dominated forest sites. Pedobiologia (Jena). 57, 181–189. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2014.03.003>
- Holuša, J., Holuša, O., 2000. Je heraltická borovice ekotypem borovice lesní? Lesn. práce 79, 452–454.
- Horsák, M., Chytrý, M., 2010. Krajiny zamrzlé v čase I . Jižní Sibiř – současná analogie střední Evropy v době ledové Představivost nejednoho přírodovědce jistě mnohokrát zaujala myšlenka stroje.
- Jančařík, V., 2000. Nebezpečné a zavlečené choroby v lesních školkách. Lesn. práce 3, 22.
- Jong, Y. De, Verbeek, M., Michelsen, V., Bjørn, P.D.P., Los, W., 2014. Fauna Europaea – all European animal species on the web. <https://doi.org/10.3897/BDJ.2.e4034>
- Kaňák, J., 2011. Návrh šlechtitelských postupů pro borovici lesní v západních a jižních Čechách.
- Kanti Bose, A., Gessler, A., Rigling, A., 2019. Growth responses of Scots pine (Pinus sylvestris L.) to extreme droughts: How do they vary across a 2800 km latitudinal gradient in Europe?, in: EGU General Assembly Conference Abstracts, EGU General Assembly Conference Abstracts. p. 6887.
- Karlsson, M., Nilsson, U., 2005. The effects of scarification and shelterwood treatments on naturally regenerated seedlings in southern Sweden. For. Ecol. Manage. 205, 183–197. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.10.046>

- Knížek, M., Zahradník, P., 2007. Škůdci na jehličnanech. Lesn. práce 4, 86.
- Kohler, E., 1887. No Title [WWW Document]. Kohler's Medizinal-Pflanzen. URL <https://www.biodiversitylibrary.org/item/10836#page/238/mode/1up>
- Košulič, M., 2007. Borovice lesní ve stinném lese [WWW Document]. Borovice Lesn. ve stinném lese. URL <http://pbl.fri13.net/index.php?mod=clanky&id=133>
- Långström, B., Day, K R, 2004. Damage, Control and Management of Weevil Pests, Especially *Hylobius Abietis* BT - Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis, in: Lieutier, F., Day, Keith R, Battisti, A., Grégoire, J.-C., Evans, H.F. (Eds.), . Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 415–444. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2241-8_19
- Leather, S.R., Day, K.R., Salisbury, A.N., 1999. The biology and ecology of the large pine weevil, *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae): a problem of dispersal? Bull. Entomol. Res. 89, 3–16. <https://doi.org/DOI: 10.1017/S0007485399000024>
- Leif, L., 1978. Beetles in colour, English Ed. ed. London Bridge Books, London.
- Lygis, V., Vasiliauskas, R., Stenlid, J., Vasiliauskas, A., 2004. Silvicultural and pathological evaluation of Scots pine afforestations mixed with deciduous trees to reduce the infections by *Heterobasidion annosum* s.s. For. Ecol. Manage. 201, 275–285. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.07.013>
- Macků, J., ., 1995. Inventarizace ekotypů a ekodémů lesních dřevin. Brandýs nad Labem.
- Mäkitalo, K., 1999. Effect of Site Preparation and Reforestation Method on Survival and Height Growth of Scots Pine. Scand. J. For. Res. 14, 512–525. <https://doi.org/10.1080/02827589908540816>
- Marchetti, M., 2004. Monitoring and Indicators of Forest Biodiversity in Europe – From Ideas to Operationality.
- Marren, P., Mabey, R., 2010. Bugs Britannica. Chatto & Windus.
- Mason, W.L., Alía, R., 2010. Current and future status of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L .) forests in Europe.
- Mauer, O., 2002. Umělá obnova na hospodářském souboru CHS 13. Lesn. práce 81, 1.
- Messier, C., Doucet, R., Ruel, J.-C., Claveau, Y., Kelly, C., Lechowicz, M.J., 1999. Functional ecology of advance regeneration in relation to light in boreal forests. Can. J. For. Res. 29, 812–823. <https://doi.org/10.1139/x99-070>
- Mikeska, M., Vacek, S., Prausová, R., Simon, J., Minx, T., Podrázský, V., Kobliha, J., Anděl, P., Matějka, K., 2008. Lesnicko-typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy.
- Musil, I., Hamerník, J., 2007. Jehličnaté dřeviny přehled nahosemenných i výtrusných dřevin lesnická dendrologie 1, 1st ed. Academia, Praha.
- Nárovec, V., 2000. Dicyklický růst borovice. Lesnická práce.
- Niklasson, M., Zin, E., Zielonka, T., Feijen, M., Korczyk, A.F., Churski, M., Samojlik, T., Jędrzejewska, B., Gutowski, J.M., Brzeziecki, B., 2010. A 350-year tree-ring fire record from Białowieża Primeval Forest, Poland: implications for Central European lowland fire

- history. *J. Ecol.* 98, 1319–1329. <https://doi.org/doi:10.1111/j.1365-2745.2010.01710.x>
- Novák, J., Dušek, D., Kacálek, D., Slodičák, M., Souček, J., 2017. Pěstební postupy pro borové porosty 1. a 2. lesního vegetačního stupně. Strnady. <https://doi.org/ISBN 978-80-7417-150-5>
- Ochozková, B., 2015. Využití masivního dřeva ve stavebnictví a architektuře obytných staveb. MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ.
- Oleskog, G., Grip, H., Bergsten, U., Sahlén, K., 2000. Seedling emergence of *Pinus sylvestris* in characterized seedbed substrates under different moisture conditions. *Can. J. For. Res.* = v. 30, 1766-1777–2000 v.30 no.11. <https://doi.org/10.1139/x00-111>
- Oleskog, G., Sahlén, K., 2010. Effects of Seedbed Substrate on Moisture Conditions and Germination of *Pinus sylvestris* Seeds in a Clearcut Effects of Seedbed Substrate on Moisture Conditions and Germination of *Pinus sylvestris* Seeds in a Clearcut 7581. <https://doi.org/10.1080/028275800750015046>
- Örlander, G., Egnell, G., Albrektson, A., 1996. Long-term effects of site preparation on growth in Scots pine. *For. Ecol. Manage.* 86, 27–37. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(96\)03797-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03797-8)
- Palovčíková, D., 2008. Choroby borovice lesní. Brno. <https://doi.org/ISBN 978-80-02-02070-7>
- Pešková, V., Soukup, F., Knížek, M., 2016. Biotičtí škodliví činitelé na borovici a sucho. *LOS* 1–8.
- Poleno, Z., 1999. Způsoby hospodaření ve vysokokmenném lese - II. - Hospodářský způsob podrovní. *Lesn. práce* 6, 8.
- Poleno, Z., 1998. Způsoby hospodaření ve vysokokmenném lese - I. *Lesnictví* 44, 561–575.
- Poleno, Z., Vacek, S., 2009. Pěstování lesů III. *Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy.*
- Průša, E., 2001. Pěstování lesů na typologických základech, Vyd. 1. ed. *Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy.*
- Rebetez, M., Dobbertin, M., 2004. Climate change may already threaten Scots pine stands in the Swiss Alps 9, 1–9. <https://doi.org/10.1007/s00704-004-0058-3>
- Reich, P.B., Oleksyn, J., 2008. Climate warming will reduce growth and survival of Scots pine except in the far north. *Ecol. Lett.* 11, 588–597. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01172.x>
- Reinecke, A., 2006. Chemical Orientation of European Cockchafers, *Melolontha Melolontha* L. Logos Verlag Berlin.
- Riikonen, J., Kettunen, N., Gritsevich, M., Hakala, T., Särkkä, L., 2016. Growth and development of Norway spruce and Scots pine seedlings under different light spectra Growth and development of Norway spruce and Scots pine seedlings under different light spectra. *Environ. Exp. Bot.* 121, 112–120. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.06.006>
- Rouvinen, S., Kuuluvainen, T., Karjalainen, L., 2002. Coarse woody debris in old *Pinus sylvestris* dominated forests along a geographic and human impact gradient in boreal Fennoscandia. *Can. J. For. Res.* 32, 2184–2200. <https://doi.org/10.1139/x02-144>

- Rubcov, V.G., 1984. Zelená lékarna. Lidové nakladatelství.
- Ruha, M., Hökkä, H., Varmola, M., Salminen, H., 1997. Stability of height positions in young naturally regenerated stands of Scots pine. *For. Ecol. Manage.* 97, 155–163. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00096-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00096-0)
- Rushforth, K., 1981. *The Pocket Guide to Trees (A Fireside book)*. Simon and Schuster.
- Schmidt, W., 1940. Knospen und Tribschädigungen in Kiefer Kulturen und ihr Einfluss auf Wertholzerzeugung. *Forstarchiv* 16, 121–130.
- Schonfelder, O., Zeidler, A., Borůvka, V., Bílek, L., 2017. Influence of site conditions and silvicultural practice on the wood density of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) – a case study from the Doksy locality, Czech Republic 2017, 457–462. <https://doi.org/10.17221/62/2017-JFS>
- Seibold, S., Bässler, C., Brandl, R., Gossner, M.M., Thorn, S., Ulyshen, M.D., Müller, J., 2015. Experimental studies of dead-wood biodiversity — A review identifying global gaps in knowledge. *Biol. Conserv.* 191, 139–149. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.06.006>
- Serbskaja, L.K., 1960. Experimental large-scale control of *Melolontha melolontha* in the Buzuluk Pine forest. *Sb. Rab. po Lesn. khozyaistvu. Vsesoyuznyi Nauchno-Issledovatel'skii Inst. Lesovod.* 82–101.
- Sierpińska, A., 1998. Towards an Integrated Management of *Dendrolimus pini* L. 129–142.
- Šindelář, J., 2000. Přírozená obnova lesních porostů v České Republice. *Lesn. práce* 79, 1.
- Šindelář, J., Frýdl, J., Novotný, P., 2007. Příspěvek k charakteristikám regionálních populací – ekotypu borovice lesní (*pinus sylvestris* L.) v České Republice. *Strnady*.
- Sisak, L., Riedl, M., Dudík, R., 2016. Non-market non-timber forest products in the Czech Republic—Their socio-economic effects and trends in forest land use. *Land use policy* 50, 390–398. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.10.006>
- Slodičák, M., Novák, J., 2007. *Výchova porostů hlavních hospodářských dřevin*. Strnady.
- Spathelf, P., 2015. Forest management of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in northern Germany—a brief review of the history and current trends Forest management of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in northern Germany – A brief review of the history and current trends Brief history of Scots pine forest manage-. <https://doi.org/10.4432/0300-4112-86-59>
- Sukhbaatar, G., Ganbaatar, B., Jamsran, T., 2019. Assessment of early survival and growth of planted Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings under extreme continental climate conditions of northern Mongolia. *J. For. Res.* <https://doi.org/10.1007/s11676-019-00935-8>
- Švestka, M., 2010. Changes in the abundance of *Melolontha hippocastani* Fabr. and *Melolontha melolontha* (L.) (Coleoptera: Scarabeidae) in the Czech Republic in the period 2003 – 2009 2010, 417–428.
- Svoboda, P., 1953. *Pravdomil: Lesní dřeviny a jejich porosty*, Lesnická k. ed. SZN, Praha.
- Tarasiuk, S., Zwieniecki, M., 1990. Social-structure dynamics in uneven-aged Scots pine (*Pinus sylvestris*) regeneration under canopy at the Kaliszki reserve, Kampinoski national park (Poland). *For. Ecol. Manage.* 35, 277–289. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378->

Tibco, 2017. TIBCO Statistica.

Tomešová-Haataja, V., Bednářová, M., Vahalík, P., Palovčíková, D., Tomšovský, M., Dvořák, M., Jankovský, L., 2016. Červená sypavka borovice v České republice. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy.

Uhlířová, H., 1996. Symptomy poškození lesních dřevin. Výzkum ústav lesního hospodářství a myslivosti.

Úradníček, L., 2003. Lesnická dendrologie I., 1st ed. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno.

Varga, I., Taller, J., Baltazár, T., Hyvönen, J., Poczai, P., 2012. Leaf-spot disease on European mistletoe (*Viscum album*) caused by *Phaeobotryosphaeria visci*: a potential candidate for biological control. *Biotechnol. Lett.* 34, 1059–1065. <https://doi.org/10.1007/s10529-012-0867-x>

Větvička, V., 2003. *Stromy*. Aventinum, Praha.

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 světla a závlahy.

Von Sydow, F., 1997. Abundance of pine weevils (*Hylobius abietis*) and damage to conifer seedlings in relation to silvicultural practices. *Scand. J. For. Res.* 12, 157–167. <https://doi.org/10.1080/02827589709355397>

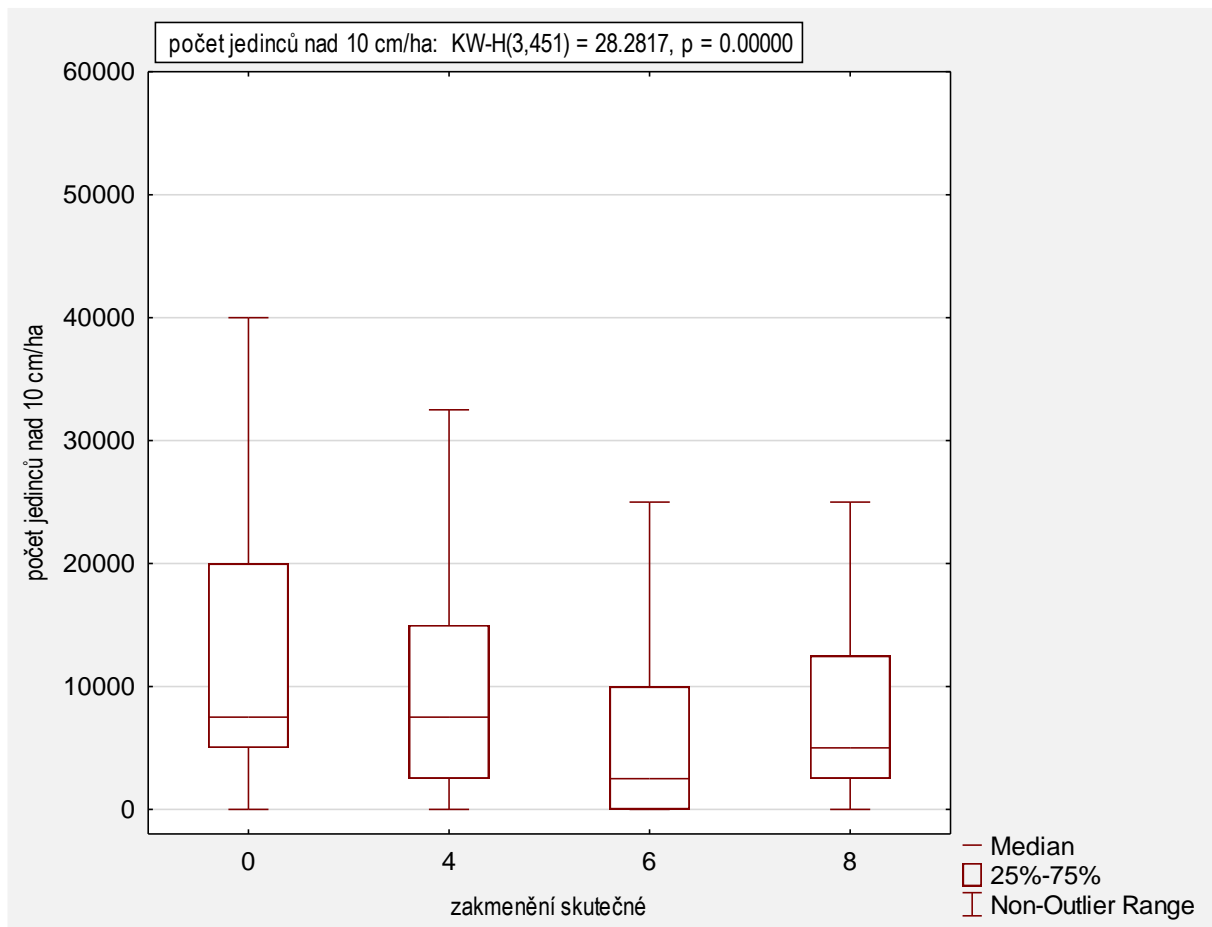
Zahradník, J., 2013. *Brouci*. Aventinum.

Zwolinski, J.B., Swart, W.J., Wingfield, M.J., 1990. Economic impact of a post-hail outbreak of dieback induced by *Sphaeropsis sapinea*. *Eur. J. For. Pathol.* 20, 405–411. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.1990.tb01155.x>

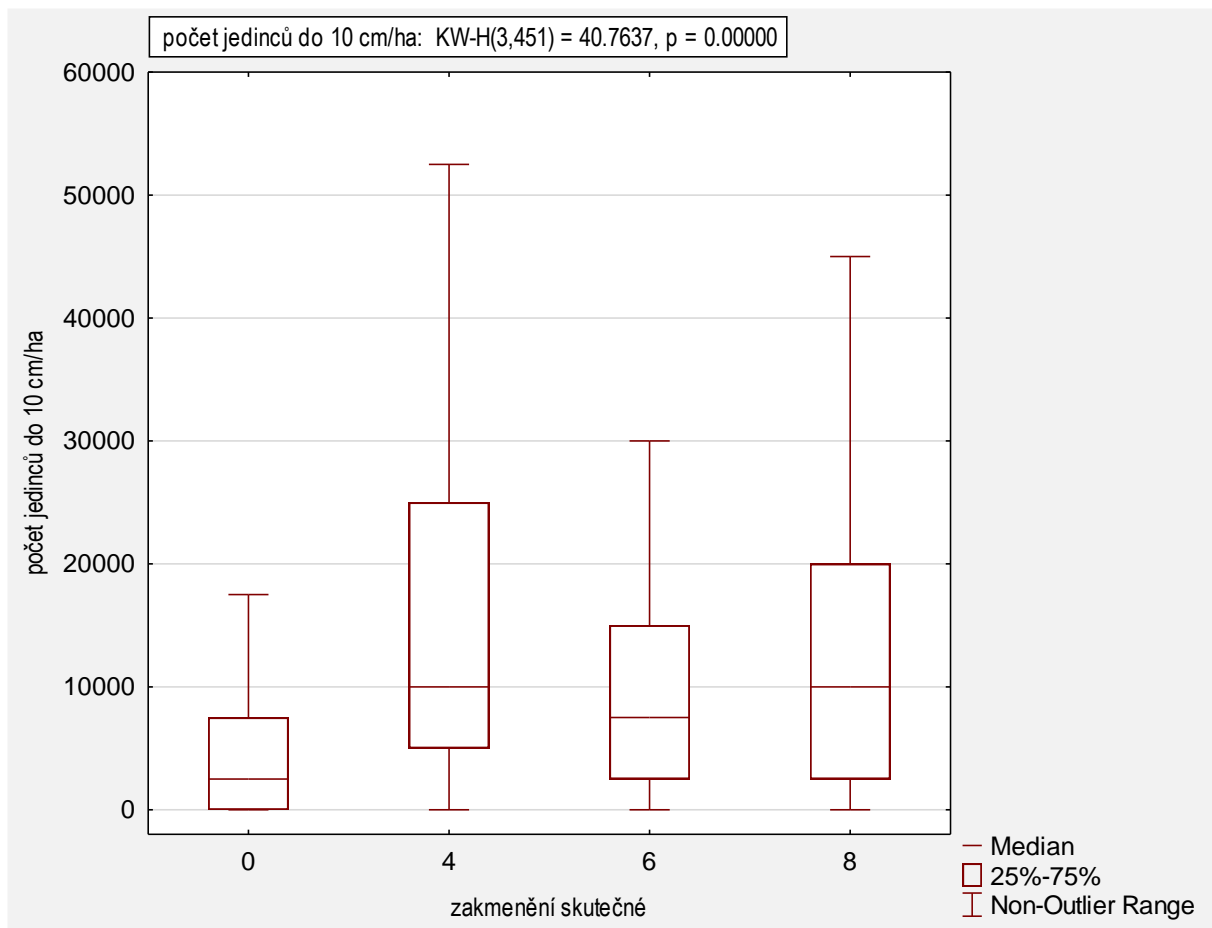
9 Seznam příloh

Příloha 1: Příprava půdy řádkovačem v porovnání se zakmeněním.	88
Příloha 2: Příprava půdy řádkovačem v porovnání se zakmeněním.	89
Příloha 3: Příprava půdy frézou v porovnání se zakmeněním.	90
Příloha 4: Příprava půdy frézou v porovnání se zakmeněním.	91
Příloha 5: Příprava půdy shrnovačem v porovnání se zakmeněním.	92
Příloha 6: Příprava půdy shrnovačem v porovnání se zakmeněním.	93
Příloha 7: Příprava půdy kontrolou v porovnání se zakmeněním.	94
Příloha 8: Příprava půdy kontrolou v porovnání se zakmeněním.	95
Příloha 10: Vyhodnocení Dunnova testu pro počet jedinců > 10 cm/ha.	96
Příloha 11: Vyhodnocení Dunnova testu pro počet jedinců < 10 cm/ha.	96
Příloha 12: Vyhodnocení Dunnova testu pro počet jedinců > 10 cm/ha.	96
Příloha 13: Vyhodnocení Dunnova testu pro počet jedinců < 10 cm/ha.	96
Příloha 14 (a) Detail sušičky (foto: Lukáš Butor, 2019) (b) Detail prostoru sušičky (foto: Lukáš Butor, 2019).	97
Příloha 16: Rychlováhy GT 2010 (foto: Lukáš Butor, 2019).	98
Příloha 17: Separace asimilátu a dřevní části (foto: Lukáš Butor, 2019).	99
Příloha 18: Pomůcky při měření jedinců (foto: Lukáš Butor, 2019).	99
Příloha 19: Ukázka vyzvednutého semenáčku (foto: Lukáš Butor, 2019).	100
Příloha 20: Uskladnění semenáčků při převozu do chladicí místnosti (foto: Lukáš Butor, 2019).	101
Příloha 21: Letecká mapa porostu s vyznačenými hranicemi (zdroj: mapy.cz).	102
Příloha 22: Zkoumaný porost, zakmenění 0 (foto: Lukáš Butor, 2019).	102
Příloha 23: Zkoumaný porost, zakmenění 4 (foto: Lukáš Butor, 2019).	103
Příloha 24: Zkoumaný porost, zakmenění 6 (foto: Lukáš Butor, 2019).	103
Příloha 25: Zkoumaný porost, zakmenění 8 (foto: Lukáš Butor, 2019).	104

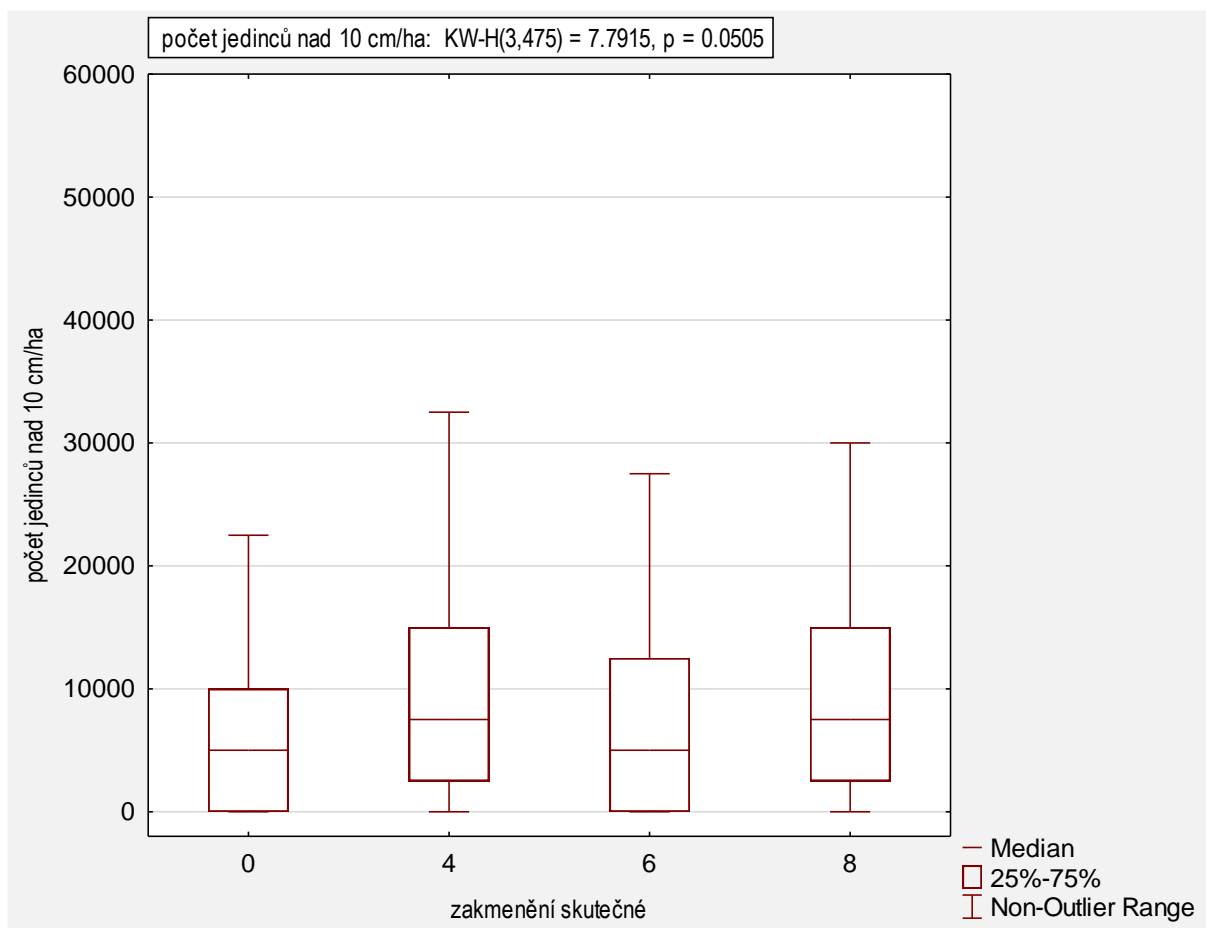
10 Přílohy



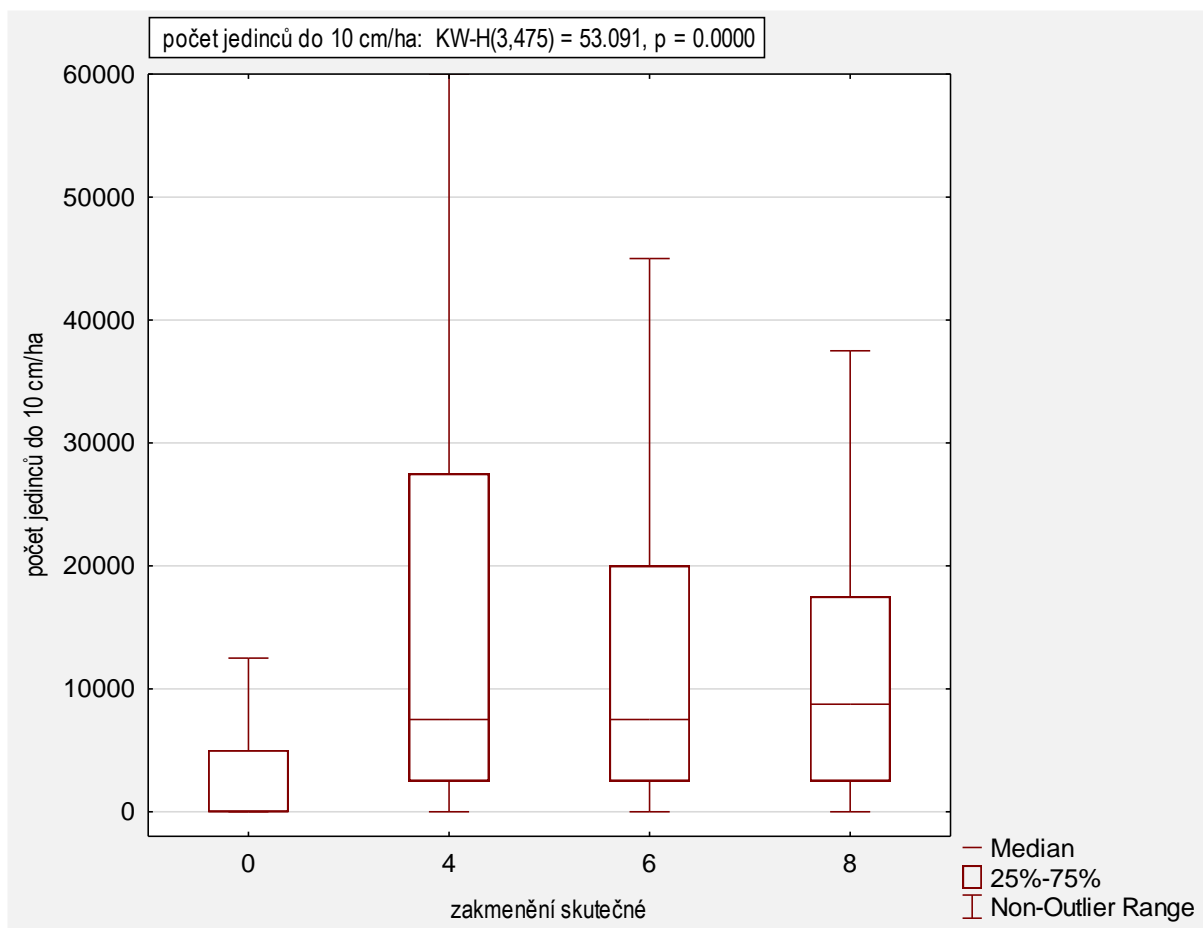
Příloha 1: Příprava půdy řádkovačem v porovnání se zakmeněním.



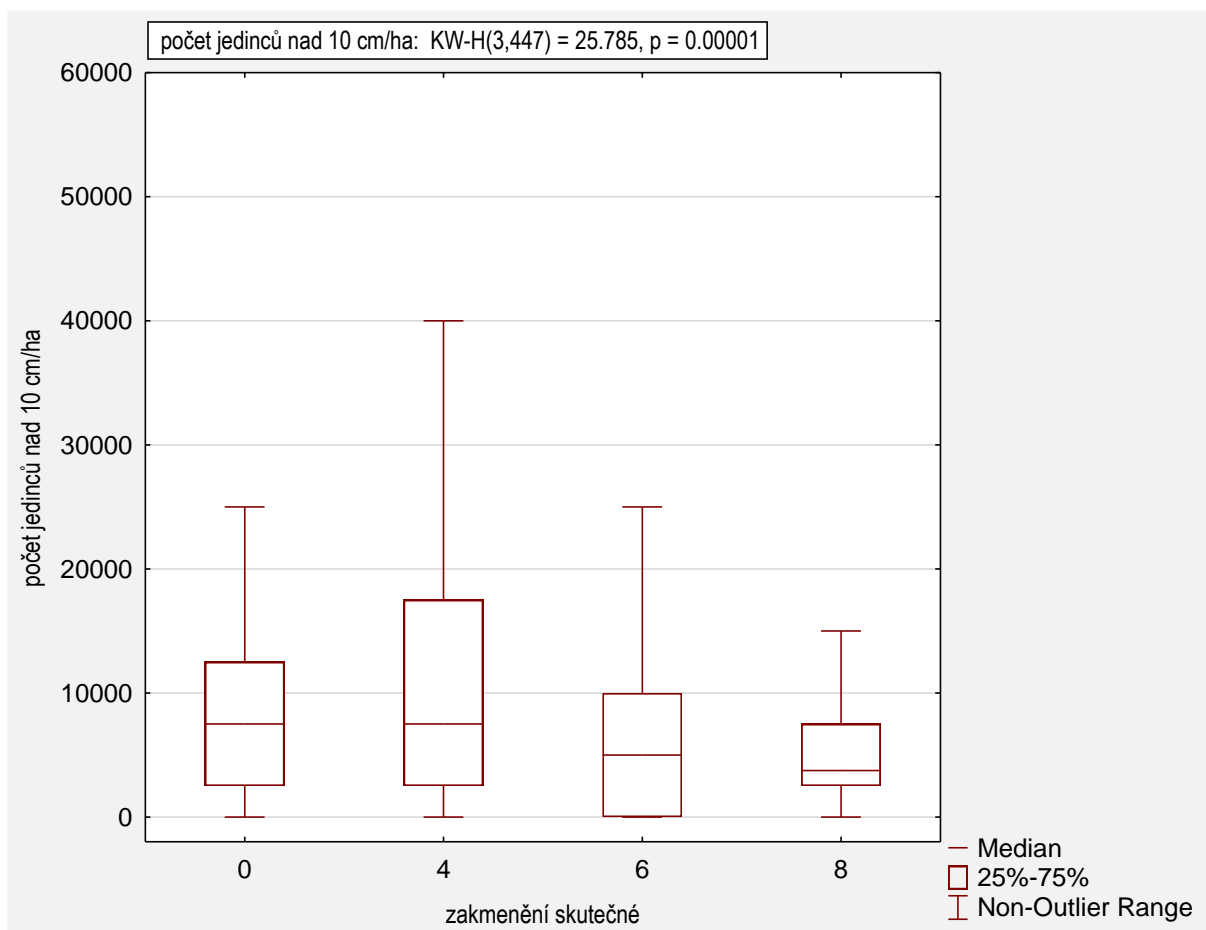
Příloha 2: Příprava půdy řádkovačem v porovnání se zakmeněním.



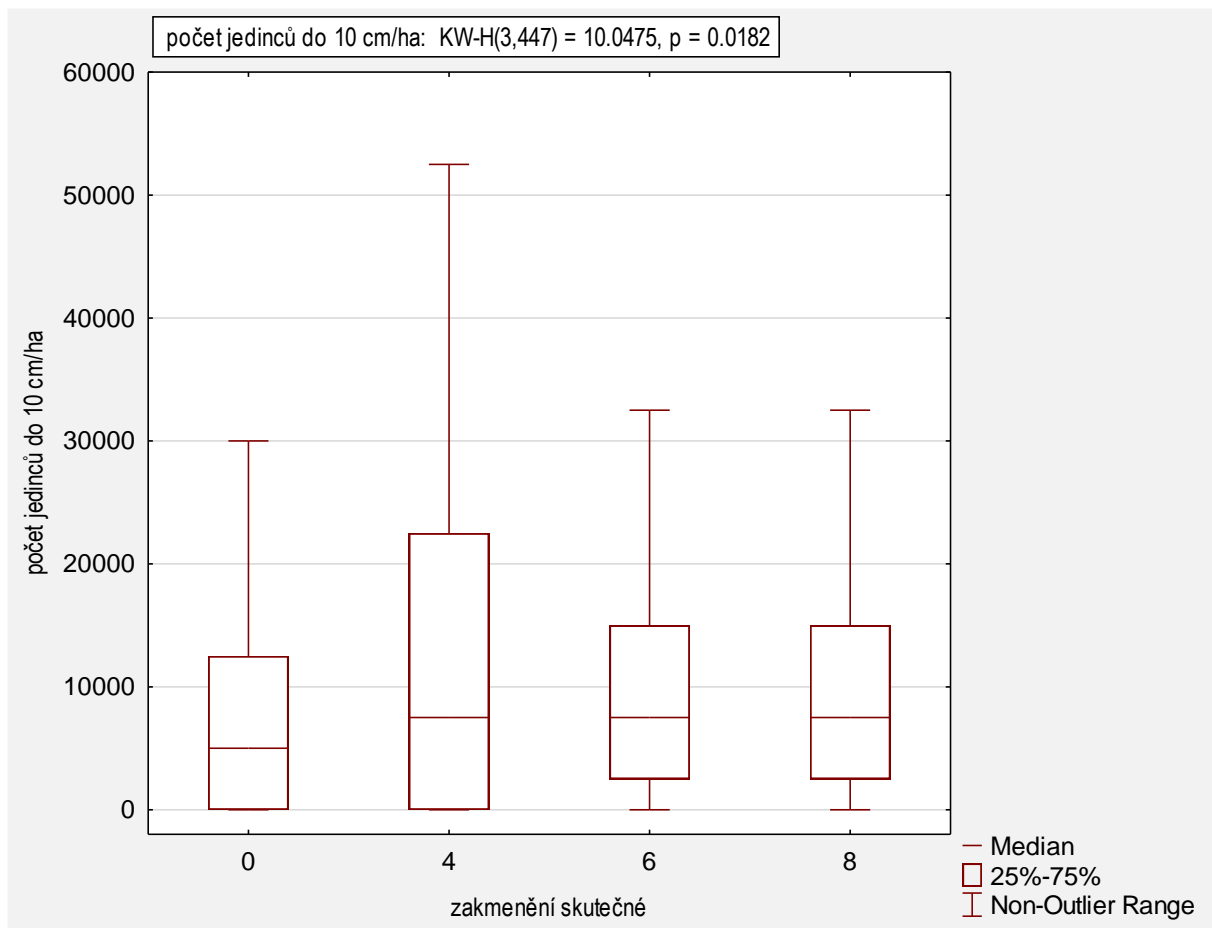
Příloha 3: Příprava půdy frézou v porovnání se zakmeněním.



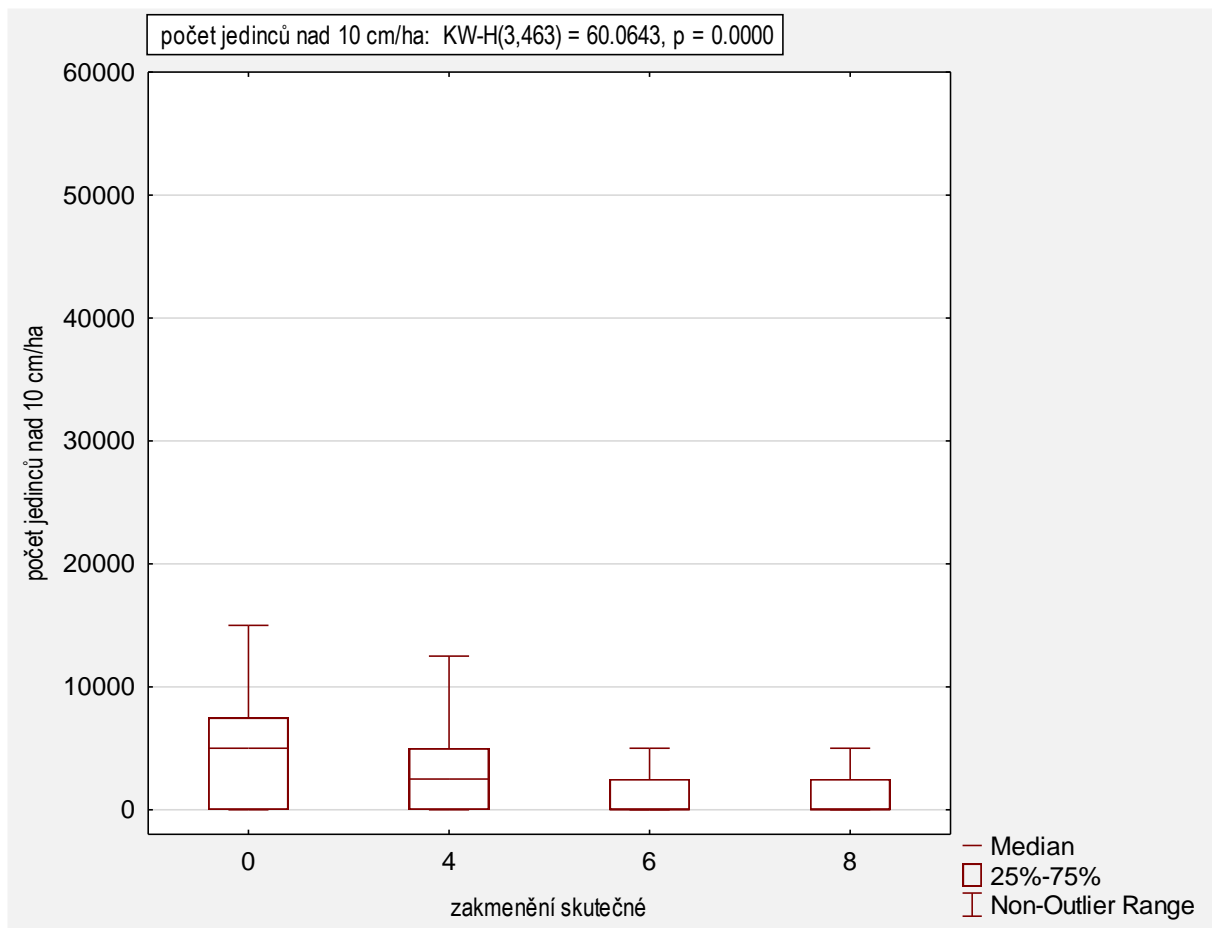
Příloha 4: Příprava půdy frézou v porovnání se zakmeněním.



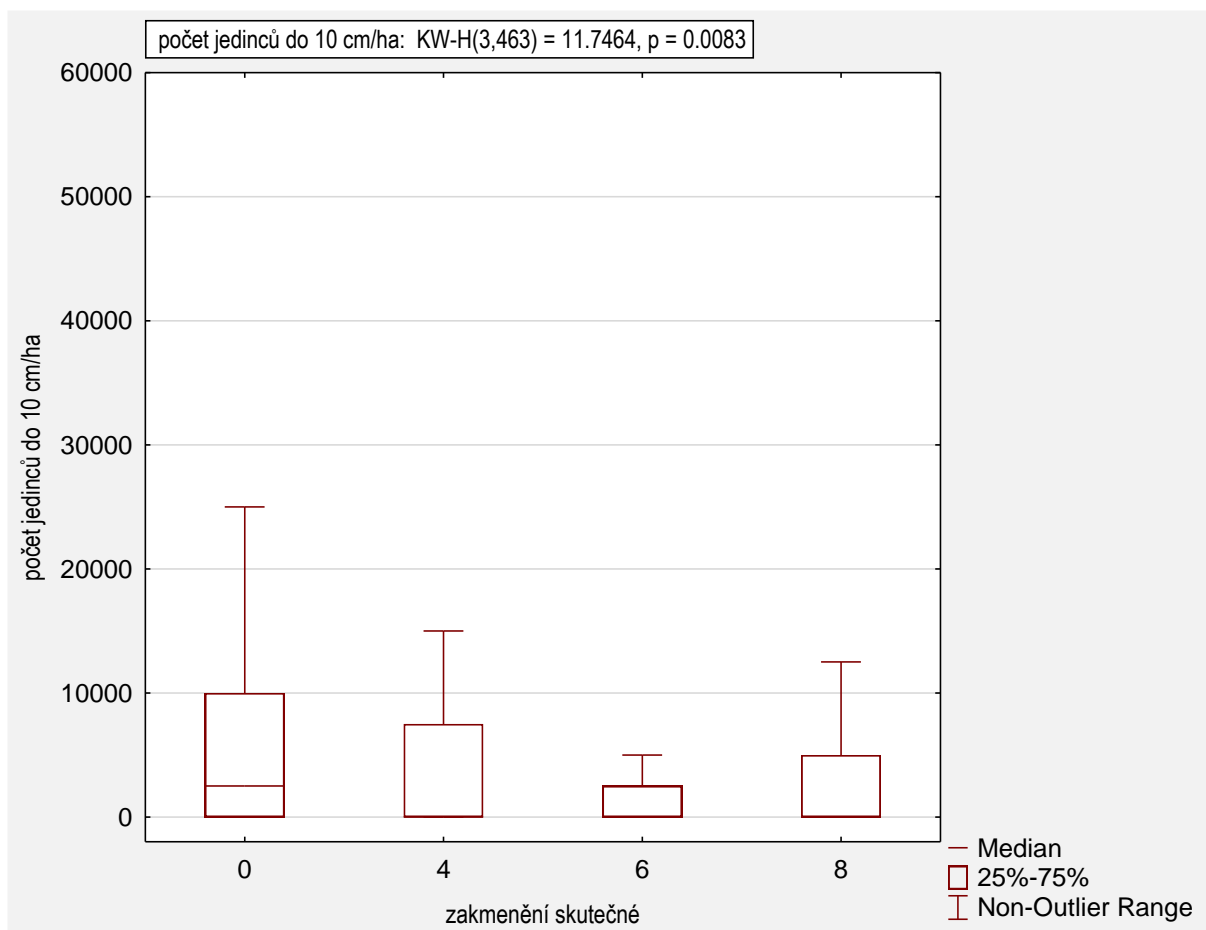
Příloha 5: Příprava půdy shrnovačem v porovnání se zakmeněním.



Příloha 6: Příprava půdy shrnovačem v porovnání se zakmeněním.



Příloha 7: Příprava půdy kontrolou v porovnání se zakmeněním.



Příloha 8: Příprava půdy kontrolou v porovnání se zakmeněním.

Počet jedinců nad 10 cm/ha				
	Řádkovač R:303,95	Fréza R:223,71	Shrnovač R: 272,65	Kontrola R: 192,75
Řádkovač		4,354121	1,716178	6,166567
Fréza	4,354121		2,671550	1,709068
Shrnovač	1,716178	2,671550		4,458510
Kontrola	6,166567	1,709068	4,458510	

Příloha 9: Vyhodnocení Dunnova testu pro počet jedinců > 10 cm/ha.

počet jedinců do 10 cm/ha				
	Řádkovač R:249,33	Fréza R:222,42	Shrnovač R: 274,24	Kontrola R: 243,25
Řádkovač		1,459952	1,365665	0,336765
Fréza	1,459952		2,828682	1,150366
Shrnovač	1,365665	2,828682		1,729133
Kontrola	0,336765	1,150366	1,729133	

Příloha 10: Vyhodnocení Dunnova testu pro počet jedinců < 10 cm/ha.

Počet jedinců nad 10 cm/ha				
Zakmenění	Holoseč R:1005,1	Zakmenění 0,4 R:1006,8	Zakmenění 0,6 R: 792,96	Zakmenění 0,8 R: 833,84
Holoseč		0,050609	6,092414	4,774919
Zakmenění 0,4	0,050609		6,195079	4,862084
Zakmenění 0,6	6,092414	6,195079		1,108476
Zakmenění 0,8	4,774919	4,862084	1,108476	

Příloha 11: Vyhodnocení Dunnova testu pro počet jedinců > 10 cm/ha.

Počet jedinců do 10 cm/ha				
Zakmenění	Holoseč R:779,52	Zakmenění 0,4 R:1001,9	Zakmenění 0,6 R: 930,71	Zakmenění 0,8 R: 970,87
Holoseč		6,654636	4,342442	5,336030
Zakmenění 0,4	6,654636		2,063298	0,872791
Zakmenění 0,6	4,342442	2,063298		1,089106
Zakmenění 0,8	5,336030	0,872791	1,089106	

Příloha 12: Vyhodnocení Dunnova testu pro počet jedinců < 10 cm/ha.



Příloha 13 (a) Detail sušičky (foto: Lukáš Butor, 2019) (b) Detail prostoru sušičky (foto: Lukáš Butor, 2019).



Příloha 14: Rychlováhy GT 2010 (foto: Lukáš Butor, 2019).



Příloha 15: Separace asimilátu a dřevní části (foto: Lukáš Butor, 2019).



Příloha 16: Pomůcky při měření jedinců (foto: Lukáš Butor, 2019).



Příloha 17: Ukázka vyzvednutého semenáčku (foto: Lukáš Butor, 2019).



Příloha 18: Uskladnění semenáčků při převozu do chladicí místnosti (foto: Lukáš Butor, 2019).



Příloha 19: Letecká mapa porostu s vyznačenými hranicemi A) 0; B) 0,4; C) 0,6; D) 0,4 (zdroj: mapy.cz).



Příloha 20: Zkoumaný porost, zakmenění 0 (foto: Lukáš Butor, 2019).



Příloha 21: Zkoumaný porost, zakmenění 4 (foto: Lukáš Butor, 2019).



Příloha 22: Zkoumaný porost, zakmenění 6 (foto: Lukáš Butor, 2019).



Příloha 23: Zkoumaný porost, zakmenění 8 (foto: Lukáš Butor, 2019).