**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů

# Vliv clony mateřského porostu na přirozenou obnovu borovice lesní v závislosti na intenzitě přípravné seče

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Autor práce: Daniel Ryšavý

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

2023

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Daniel Ryšavý

Lesnictví
Ochrana a pěstování lesních ekosystémů

Název práce

**Vliv clony mateřského porostu na přirozenou obnovu borovice lesní v závislosti na intenzitě přípravné seče**

Název anglicky

**The Effect of Parent Stand Shelter on Natural Regeneration of Scots Pine in Relation to Harvest Intensity**

---

**Cíle práce**

Cílem práce je vyhodnotit vliv clony mateřského porostu na přirozenou obnovu borovice lesní v podmínkách VLS ČR, s.p., Divize Mimoň a odvodit pěstební doporučení pro dané stanovištní podmínky při uplatnění podrostního způsobu hospodaření.

**Metodika**

1. Studium odborné literatury, získání detailního přehledu prostřednictvím publikovaných informací k danému tématu (průběžně do konce roku 2022)

2. Lokalizace zkusných ploch v terénu a jejich stabilizace (termín březen 2022)

3. Inventarizace jedinců obnovy v jednotlivých variantách přípravy půdy a stupně zakmenění (termín květen 2022)

4. Porovnání stavu obnovy borovice lesní pro jednotlivé varianty s využitím vhodných statistických metod (termín listopad 2022)

5. Vyhodnocení výsledků a formulování pěstebních doporučení pro realizaci clonné obnovy v podmínkách přirozených borových stanovišť (termín březen 2023)

**Doporučený rozsah práce**

Minimálně 50 normovaných stran textu bez příloh

**Klíčová slova**

holoseč, příprava půdy, pionýrské dřeviny, ochrana proti zvěři, sukcese

---

**Doporučené zdroje informací**


Aleksandrowicz-Trzcinska M., Drozdowski S., Brzeziecki B., Rutkowska P., Jablonska B. (2014): Effects of different methods of site preparation on natural regeneration of Pinus sylvestris in Eastern Poland. Dendrobiology, 71: 73-81.

Bílek L. Remeš J., Švec O., Vacek Z., Štícha V., Vacek S., Javůrek P. 2017. Ekologicky orientované pěstování borových porostů v podmínkách nižších až středních poloh. Jíloviště-Strnady. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. 48 p. ISBN 978-80-7417-149-9.

Kuuluvainen T., Pukkala T. (1989): Effect of Scots pine seed trees on the density of ground vegetation and tree seedlings. Silva Fennica, 23: 159–167.

Poleno Z., Vacek S. et al. 2009. Pěstování lesů III. – Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce. 1012 p

Schütz JP. 2002. Silvicultural tools to develop irregular and diverse forest structures. Forestry 75: 329-337

Vacek S., Vacek Z., Bílek L., Simon J., Remeš J., Hůnová I., Král J., Putalová T., Mikeska M. 2016: Structure, regeneration and growth of Scots pine (Pinus sylvestris L.) stands with respect to changing climate and environmental pollution. Silva Fennica 50(4) article id 1564. 21 p. http://dx.doi.org/10.14214/sf.1564


---

**Předběžný termín obhajoby**

2022/23 LS – FLD

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 29. 4. 2022

**doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 31. 8. 2022

**prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.**

Děkan

V Praze dne 03. 04. 2023

**Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv clony mateřského porostu na přirozenou obnovu borovice lesní v závislosti na intenzitě přípravné seče" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 4. 4. 2023 _____

**Poděkování**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce panu doc. Ing. Lukáši Bílkovi Ph.D. za vedení a odborné konzultace mé práce. Rovněž bych rád poděkoval Ing. Jakubovi Brichtovi za pomoc s měřením dat a konzultaci k mé práci. Také bych rád poděkoval za pomoc s měřením a konzultací zpracování dat kamarádu Karlovi Brožovi. Velký dík patří i mé rodině a přátelům za podporu a trpělivost.

# Vliv clony mateřského porostu na přirozenou obnovu borovice lesní v závislosti na intenzitě přípravné seče

**Souhrn**

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou vlivu clony mateřského porostu za použití různě silných clonných sečí a různých druhů přípravy půdy na kvalitu a kvantitu přirozené obnovy borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) na přirozených borových stanovištích.

Výzkum probíhal v přírodní lesní oblasti č. 18 na přirozených borových stanovištích LHC Břehyně u Doks, kde lesnicky hospodaří VLS ČR s.p. divize Mimoň. Porost na výzkumné ploše pod názvem Mariána II byl rozpracován clonnou sečí na několik pruhů s variantami zakmenění – 0,4; 0,6; 0,8 a kontrolní holina. Těžba byla realizována v březnu roku 2017. Na zimu 2022/23 byl plán dotěžit část porostu se zakmeněním 0,4 s ponecháním 30 výstavků. Na všech takto rozpracovaných porostech bylo provedeno několik variant přípravy půdy, konkrétně – shrnovačem klestu, půdní frézou, řádkovačem a část byla ponechána bez přípravy jako kontrolní varianta. V každé kombinaci zakmenění a přípravy půdy byly založeny 2 transekty o rozměrech 2x18 m, celkem tedy 64 transektů. Tyto transekty byly rozděleny na čtverce o rozměrech 2x2 m, na kterých byla před začátkem vegetačního období prováděna inventarizace jedinců přirozené obnovy. U takto inventarizovaných jedinců byla ještě sledována kvalita prostřednictvím údajů o tloušťce kořenového krčku, šířce koruny a výšky. Naměřená data byla zpracovávána v programech TIBCO Statistica 13 a MS Excel. Cílem práce je vyhodnotit nejefektivnější kombinaci varianty zakmenění a přípravy půdy pro početnost a kvalitu přirozené obnovy borovice lesní.

Nejvyšší počet jedinců na hektar byl sledován v zakmenění 0,8 v kombinaci s přípravou půdy frézou a řádkovačem, tedy 113 625 ks pro frézu a 85 750 ks pro řádkovač. Nejvyšší jedinci byly jednoznačně pozorováni na kontrolní holině s kontrolní variantou přípravy půdy.

**Klíčová slova:** holoseč, příprava půdy, pionýrské dřeviny, ochrana proti zvěři, sukcese

# The Effect of parent stand shelter on natural regeneration of Scots Pine in relation to harvest intensity

**Summary**

This bachelor's thesis deals with the impact of a shelter of a parent stand using different intensities of shelterwood cutting and several types of soil preparation on the quality and quantity of natural regeneration of Scots pine (Pinus sylvestris L.) on natural pine habitats. The aim of this thesis is to evaluate the most effective combination of stocking and soil preparation for the quantity and quality of natural regeneration of Scots pine.

The research was conducted in natural forest area no. 18 on natural pine stands of LHC Břehyně near Doksy, where forestry is managed by VLS ČR s.p division Mimoň. The stand on the research area called Mariana II was divided by shelter cutting into several strips with variants of stocking – 0,4; 0,6; 0,8, and a control clearcut. The felling was carried out in March 2017. In winter 2022/23, part of the stand with a stocking of 0,4 was planned to be harvested, leaving 30 retention trees. Several variants of soil preparation were applied on all included stands, specifically – using brush dozer, soil milling, forest plow, and some were left without preparation as a control variant. In each combination of stocking and soil preparation, 2 transects with dimensions of 2x18 m were established, making a total of 64 transects. These transects were divided into squares with dimensions of 2x2 m, where inventory of naturally regenerated individuals was carried out before the beginning of the vegetation period. The quality of these individuals was also monitored by measuring the thickness of the root collar, crown width, and height. The measured data were processed in TIBCO Statistica 13 and MS Excel programs.

The highest number of individuals per hectare was observed in the stocking of 0,8 in combination with soil preparation by milling and by using forest plow, i.e., 113,625 individuals for milling and 85,750 individuals for forest plow soil preparation. The tallest individuals were clearly observed in the control clearcut with a control variant of soil preparation.

**Keywords**: clearcut, soil preparation, pioneer trees, protection against game, succession

# 1. Úvod

Vlivem měnících se klimatických podmínek je žádoucí hledat alternativy k doposud převládajícím způsobům hospodaření, které již do budoucna nemusí být účinné. Tato bakalářská práce přispívá k dlouhodobému pozorování chování přirozené obnovy borovice lesní pod clonou mateřského porostu, aby měl vlastník či správce lesa jednoho dne možnost mít efektivní nástroj k hospodaření, v případě že již tradiční holosečné hospodaření v borových porostech nebude možné nebo bude velmi ztížené.

V současné době klimatických výkyvů a rostoucích požadavků na mimoprodukční funkce lesa je snaha o ekologicky orientované či přírodě blízké lesní hospodaření. Jedním z prvků tohoto typu hospodaření je přirozená obnova. Přirozená obnova byla nejčastěji využívána bočním náletem na holinu nebo ponecháním několika výstavků na holině. Již Bílek (2017) ve své certifikované metodice uvádí, že borovice lesní je schopna obnovovat se pod clonou mateřského porostu, kdy je schopná růst v zástinu ale na uvolnění reaguje velmi silně. Tito jedinci odrůstající pod porostem se vyznačují vyšší kvalitou dříví a jemnějším větvením.

Přirozenou obnovou borovice lesní pod clonou mateřského porostu v podmínkách přirozených borových stanovišť se zabýval i Brichta (2020). V podobně koncipovaném výzkumu na ploše Mariana I s charakteristickými podmínkami pro borová stanoviště – 0K, 0M zjistil, že nejvyšší hustoty přirozené obnovy se vyskytují ve sníženém zakmenění 0,4 s přípravou půdy půdní frézou, ale naopak nejkvalitnější jedinci tedy ti s jemným větvením se nachází ve snížených zakmeněních na hodnoty 0,6 a 0,8. Takřka klíčová se pro vyklíčení semen ukazuje příprava půdy bez značného rozdílu v jejích druzích.

# 2. Cíle práce

Hlavním cílem této práce je vyhodnocení parametrů přirozené obnovy (hustota, výška, šířka koruny, tloušťka kořenového krčku) v několika variantách uvolnění zakmenění mateřského porostu včetně kontrolní holiny v kombinaci s několika druhy přípravy půdy včetně varianty bez přípravy půdy v podmínkách přirozených borových stanovišť – CHS 13. Na základě vyhodnocení těchto dat pak vyvodit pěstební doporučení.

Dílčími cíli jsou:

- porovnat data o počtu a kvalitě jedinců obnovy v rámci variant zakmenění
- porovnat data o počtu a kvalitě jedinců obnovy v rámci variant přípravy půdy
- porovnat data o počtu a kvalitě jedinců obnovy v rámci kombinace zakmenění a přípravy půdy

**1. ÚVOD** ..... **8**

**2. CÍLE PRÁCE** ..... **9**

**3. LITERÁRNÍ REŠERŠE** ..... **12**

3.1 BOROVICE LESNÍ ..... 12
*3.1.1 Taxonomické zařazení* ..... *12*
*3.1.2 Popis a morfologické znaky* ..... *12*
*3.1.3 Ekologické nároky* ..... *14*
*3.1.4 Areál rozšíření* ..... *16*
*3.1.5 Rozšíření v ČR* ..... *17*
*3.1.6. Hospodářský význam* ..... *17*
3.2 PĚSTOVÁNÍ BOROVICE LESNÍ ..... 18
*3.2.1 Založení borového porostu* ..... *18*
*3.2.2 Příprava půdy* ..... *19*
3.2.2.1 Mechanická příprava půdy ..... 20
3.2.2.2 Chemická příprava půdy ..... 21
*3.2.3 Umělá obnova* ..... *21*
*3.2.4 Přirozená obnova* ..... *23*
3.3 HOSPODÁŘSKÉ ZPŮSOBY A OBNOVNÍ POSTUPY ..... 24
*3.3.1 Holosečný hospodářský způsob* ..... *25*
*3.3.2 Násečný hospodářský způsob* ..... *26*
*3.3.3. Podrostní způsob hospodaření* ..... *27*
*3.3.4. Výběrný způsob hospodaření* ..... *29*
3.4 VÝCHOVA BOROVÝCH POROSTŮ ..... 30
*3.4.1 Prořezávky v borových porostech* ..... *30*
*3.4.2 Probírky v borových porostech* ..... *31*
3.5 ŠKODLIVÍ ČINITELÉ NA BOROVICI LESNÍ ..... 32
*3.5.1 Abiotičtí škodlivý činitelé* ..... *32*
3.5.1.1. Poškození větrem ..... 32
3.5.1.2. Poškození sněhem ..... 33
3.5.1.3 Sucho ..... 33
*3.5.2 Biotičtí škodlivý činitelé* ..... *34*
3.5.2.1 Klikoroh borový (*Hylobius abietis* L.) ..... 34
3.5.2.2. Lýkohub menší (*Tomicus minor Htg.*) ..... 35
3.5.2.3 Sypavka borová (*Lophodermium pinastri* Schrad.) ..... 36
3.6. CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ ..... 36
*3.6.1 PLO 18 – Severočeská pískovcová plošina a Český ráj* ..... *36*
*3.6.2. Geologické a pedologické podmínky* ..... *37*
*3.6.3. Typologie* ..... *38*

**4. METODIKA** ..... **38**

4.1 VÝZKUMNÁ LOKALITA ..... 38
4.2. SBĚR DAT ..... 40
*4.2.1 Pomůcky k měření* ..... *40*
*4.2.2 Metodika měření dat* ..... *40*
4.3 ZPRACOVÁNÍ DAT ..... 41

**5. VÝSLEDKY** ..... **42**

5.1. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY OBNOVY ..... 42
5.2 POČTY JEDINCŮ OBNOVY DLE VARIANT PĚSTEBNÍCH OPATŘENÍ ..... 46
5.3. VÝŠKY JEDINCŮ OBNOVY DLE VARIANT PĚSTEBNÍCH OPATŘENÍ ..... 48
..... 49
5.4. ŠÍŘKY KORUN JEDINCŮ OBNOVY DLE VARIANT PĚSTEBNÍCH OPATŘENÍ ..... 50

5.5. TLOUŠŤKA KOŘENOVÉHO KRČKU JEDINCŮ OBNOVY DLE VARIANT PĚSTEBNÍCH OPATŘENÍ ..... 51
**6. DISKUSE..... 53**
**7. ZÁVĚR..... 55**
**8. SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ..... 56**

# 3. Literární rešerše

## 3.1 Borovice lesní

### 3.1.1 Taxonomické zařazení

Druh borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) se taxonomicky řadí do rodu borovice (*Pinus*), čeledi borovicovité (*Pinaceae*) kam dále spadají hospodářsky významné rody – smrk (*Picea*), modřín (*Larix*) a jedle (*Abies*). Čeleď *Pinaceae* náleží do řádu borovicotvaré (*Pinales*), který dále spadá do třídy jehličnany (*Pinopsida*) v oddělení nahosemenné (*Pinophyta*) (Musil, 2003).

Rod *Pinus* se ještě rozlišuje na podrod *Pinus*, kam náleží *Pinus sylvestris*, zahrnující borovice s 2-3 jehlicemi v brachyblastu, přičemž každá jehlice má 2 cévní svazky. Na rozdíl od podrodu *Strobus*, zahrnující borovice s 5 jehlicemi v brachyblastu, kde v jehlicích jsou cévní svazky pouze po jednom (Musil, 2003).

### 3.1.2 Popis a morfologické znaky

Jedná se o vždyzelenou, rychle rostoucí stromovitou dřevinu, morfologicky spadající do druhů borovic, které mají ve svazečku, tj. brachyblastu dvě jehlice. Dosahuje maximální výšky kolem 40 m a dosahuje věku až 300 let. Výškový přírůst je největší zejména v mládí, kulminuje mezi 15. a 25. rokem života stromu a končí kolem 100 let (Svoboda, 1953).

Koruna bývá pravidelná, kuželovitá ale i nepravidelná kopulovitá, deštníkovitá. V severním a severovýchodním evropském areálu se vyskytuje spíše koruna štíhlá s jemným zavětvením, kdežto ve středoevropské a jihoevropské části areálu se vyskytují spíše s deštníkovitou korunou a silnějšími větvemi. Typy korun jsou dědičným znakem (Úřadníček, 1998).

Kmen je přímý, větví se až v horní čtvrtině. Na extrémních stanovištích často trpí křivostí. Kmen borovice je na spodní části kryt tmavší, silnější, hrubě zvrásněnou borkou. U mladých stromů, větví a v horní části dospělých stromů je borka slabší s charakteristickou oranžově okrovou barvou, odlupující se v papírkovitých šupinách (Větvička, 2017). Dřevo má měkké, dělící se na bělovou a jádrovou část.

Kořenový systém bývá mohutný s charakteristickým hlavním kůlovitým kořenem jdoucím 1,5 až 3 m hluboko. Přítomné jsou i boční kořeny, které se časem obracejí dolů. Kořenový systém velmi dobře kotví borovici v zemi, je považována za velmi odolnou dřevinu vůči vývratům, a tudíž i za zpevňovací dřevinu (Musil, 2003). V bažinatých půdách se nevytváří hlavní kůlový kořen a je tedy jen mělce zakořeněna. Na skalách jdou kořeny po podkladu a pronikají do puklin. Na píscích může vlivem odnosu materiálu docházet ke vzniku chůdovitých kořenů (Úřadníček, 1998). Kacálek (2017) uvádí, že architektoniku kořenového systému borovice ovlivňuje pouze hladina spodní vody.

Kvetení probíhá v měsících duben až květen (Kremer, 2006). Základy samčích šištic neboli primordia, nejčastěji vyrůstající v dolní části koruny na bočních větvích, se tvoří v létě předchozího roku na bázi pupenu připraveného k růstu výhonu následující rok. Primordia samičích šištic jsou tvořena ve stejném období jako samčí, ale nachází se v osluněné horní části koruny stromu. Vyrůstají po 1-3 ks ve špičkách pupenů určených k prodlužovacímu růstu. Po opylení tloustnou semenné šupiny samičích šištic a pylová zrna klíčí a tvoří pylovou láčku. Samičí šištice pak do podzimu dorůstají přibližně velikosti lískového ořechu, toto stádium bývá označováno jako konelety. Naklíčený pyl pak zůstává 12 měsíců dormantní. Během této doby probíhá růst konelet. Až po tomto dormantním období dochází k oplodnění vajíčka. Za nedlouho potom v červnu 2. roku se tento vzniklý útvar rychle zvětšuje do plné velikosti šišky 3-6 cm. Na podzim a přes zimu pak semena dozrávají, k hlavnímu otevírání šišek dochází v předjaří 3. roku po opylení (Musil, 2003). Jako solitér začíná borovice plodit v 15. roku života, v zapojeném porostu pak ve 30. až 40. roku života. Borovice je jednodomá dřevina, tj. na jednom stromě jsou přítomny jak samčí, tak samičí květy. Stromy obvykle plodí každý rok (Úradníček, 1998). Plodné roky však nastávají v průměru každým 3. až 6. rokem (Musil, 2003).

Semena jsou přibližně 3-4 mm veliká, zakulacená, tvarem podobná semenům *Picea abies*. Charakteristická je jejich variabilita ve zbarvení, přičemž přibližně polovina semen bývá světlá a polovina tmavě hnědá. Vyznačují se svým mramorováním. Jednotlivá semena mají světle hnědé křídlo s prohlubní, ve které je semeno uloženo a dobře se odděluje. Osivo se sbírá v zimním období prosinec až březen. V jednom kilogramu osiva se nachází přibližně 159 000 ks čistých semen z toho jich je přibližně 128 000 ks klíčivých, tj. klíčivost 85 %. Hmotnost 1000ks semen je 6,3 g (Ešnerová, 2014).

Semena borovice pak nejlépe klíčí za plného až částečného slunečního světla (Musil, 2003). Semenáčky mají 4–7 děložních lístků, zpravidla však 6 rostoucích vzpřímeně. Brzy potom začíná růst stonek s tmavozelenými měkkými a kratšími jehlicemi. Až ke konci vegetačního období začíná stonek dřevnatět a vyvíjí se normální jehlice (Ešnerová, 2014). V počátečních fázích je růst borovice lesní velmi rychlý, přičemž za rok může být výškový přírůst až 80 cm. Růst výhonů mívá zpravidla monocyklický charakter, tj. začíná na jaře a končí v květnu až červnu. V některých případech se ale může objevit i růst dicyklický, tj. růst nových výhonů – tzv. janských výhonů jde-li o růst z terminálního pupene nebo proleptických výhonů jde-li o růst z bočních výhonů z již na jaře vytvořených pupenů v období druhé poloviny června až do září (Musil, 2003). Dále se problematikou dicyklického růstu výhonů borovice lesní zabývá (Nárovec, 2000).

### 3.1.3 Ekologické nároky

Úradníček (1998) a Musil (2003) uvádí, že borovice lesní je velmi světlomilná rychlerostoucí dřevina intolerantní ke stínu, která není schopna růst v semknutých porostech a obnovovat se v zástinu. Svojí světlomilností je vhodná k zakládání borových porostů na holých plochách nebo k obnovování kalamitních ploch.

Borovice lesní je obecně považována za velmi odolnou vůči suchu, nedostatku vody i vyšším teplotám. Sama přirozeně roste na extrémních lokalitách, kde se ostatní dřeviny stromového patra spíše nevyskytují, nebo jen zřídka (Úradníček, 1998). Pro podzemní vodu může dosáhnout i do větších hloubek díky svému kořenovému systému, jehož architektura je určena zejména hladinou spodní vody (Kacálek, 2017). V současné době však s rostoucími periodami sucha, snižující se hladinou spodní vody už tato výhoda není zcela jednoznačná. Borové porosty usychají a značně se zhoršuje jejich zdravotní stav. Jednou z dalších příčin zhoršování zdravotního stavu borových porostů je celkové stárnutí těchto porostů. V roce 1950 byl střední plošný věk borových porostů 60 let, v roce 2000 to bylo již 69 let a v roce 2018 už 75 let. Celkově se to projevuje vyšší defoliací borových porostů. „V roce 2000 byla průměrná hodnota defoliace dospělých borových porostů v ČR 32 %, v roce 2019 to bylo již 51 %.“ (Vejpustková, 2020). Merlin a kol. (2015) studovali, zda má složení porostu a velikost jedinců u borovice lesní

vliv na odolnost vůči suchu. Dospěli k závěru, že borovice stresované suchem snižují svůj radiální přírůst. Jsou více dotčeny letním suchem než jarním. Složení porostu nijak neovlivnilo reakci borovice na sucho, což je zajímavé, jelikož se v literatuře některých autorů často dočítáme, že smíšení porostu má nezanedbatelný vliv na odolnost proti suchu. Zároveň se ukázalo, že malé a střední borovice, v porostech 50–80 let, jsou více odolné suchu než velcí jedinci.

Řešením problémů úbytku vody, vyšších teplot atd. plynoucích z klimatických změn může být alternativa k holosečnému hospodářskému způsobu, používaným v borových porostech po generace, a to podrostní způsob hospodaření – clonná seč. V podmínkách clonné seče mají nový jedinci obecně nižší zavětvení a menší radiální přírůsty, mají tedy hustší letokruhy.

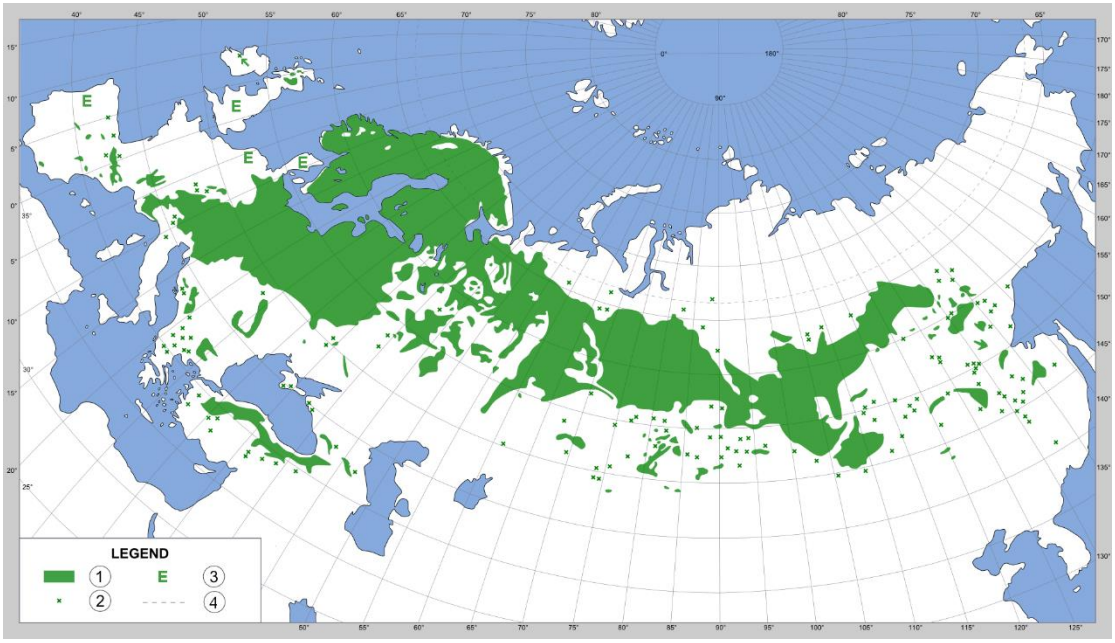
Clonnou sečí v podmínkách přirozených borových stanovišť se dále zabývá např. Brichta (2020). Uvádí, že nejlepší přirozené obnovy borovice lesní dochází v porostu na přirozených borových stanovištích se sníženým zakmeněním na 0,4 kde, ale zároveň musí být použita příprava půdy k narušení přízemní vegetace a humusové vrstvy. Nejlépe se jevila půdní fréza. Takto snížené zakmenění poskytuje dostatečně příznivé mikroklima a vlhkostní a teplotní poměry v půdě. Tyto faktory se projevili velkým počtem semen, hustotou přirozené obnovy, příznivou kvalitou přirozené obnovy. (Aleksandrowicz-Trzcińska, 2013) navíc uvádí, že půda se souvislou neporušenou hrabankou či humusovou vrstvou má příliš nízkou vlhkost pro klíčení semen. Organická vrstva půdy rychle vysychá a má tedy proměnlivý vlhkostní režim. Sazenice a semenáčky jsou tedy velmi závislé na srážkách, dokud jejich kořeny neprorostou do organominerálního horizontu půdy. Dále má mechanická příprava půdy zásadní vliv na potlačení úbytku zdrojů (světlo, voda, živiny) vlivem přízemní vegetace. Také zlepšuje rozklad organické hmoty a tím pádem dostupnost živin.

Na půdu a živiny je borovice lesní velmi nenáročná, roste v širokém spektru půdních podmínek. Nejčastěji na půdách chudých písčitých až kamenitých se silikátovým podložím, kde nemá příliš konkurenci klimaxových dřevin. Roste též na vápencích i hadcích, kde často je pouze jedinou stromovitou dřevinou. Na půdách rašelinných a bažinatých roste spíše zakrsle. Na zamokřených půdách zakořeňuje jen mělce. Z živných stanovišť je vytlačena konkurencí stín snášejících dřevin (Musil, 2003). Nicméně pokud se na živnějších stanovištích vyskytuje, dosahuje velkých rozměrů (Maděra, 2001).

### 3.1.4 Areál rozšíření

Borovice lesní má nejrozsáhlejší areál výskytu z rodu Pinus na světě. Vyskytuje se od Atlantského oceánu, jde skrze celou Evropu a Sibiř až téměř k Tichému oceánu. Nejjižnější výskyt borovice lesní je v Sierra Nevadě, Španělsko. Naopak nejsevernější výskyt borovice je ve Skandinávii, kde je až za severním polárním kruhem na hranici tundry a lesotundry. Je to díky jejím značným schopnostem adaptace na široké spektrum přírodních a klimatických podmínek. (Musil, 2003). Svoboda (1953) člení borovici lesní do třech klimatypů: severský, stepní a horský.

V Evropě chybí jako původní dřevina v nížinách s oceánským klimatem např. v Dánsku, v sz. Francii, v Anglii. Na britských ostrovech roste jen ve Skotsku. V severních oblastech je to dřevina rostoucí v nížinách na převážně chudých písčitých podkladech dobře zavlažených. V severní Evropě je borovice lesní převládajícím druhem. Ovšem těžiště jejího výskytu je na Sibiři. Značný vliv na to, že v těchto oblastech má borovice velké zastoupení má její odolnost vůči lesní požárům díky hlubokým kořenům a silné borce. V jižních oblastech je spíše horskou dřevinou, kde vystupuje k 1500–2000 m. Zde roste na suchých skalnatých stanovištích, mělčích půdách převážně na vápenci (Úradníček, 1998).




*Obrázek 1: Mapa přirozeného areálu borovice lesní, 1. hlavní areál rozšíření druhu; 2. ojedinělý výskyt; 3. přirozené populace vyhynulé v důsledku lidského zásahu (reintrodukované populace usazené v některých oblastech); 4. polární kruh.*

### 3.1.5 Rozšíření v ČR

Původní rozšíření borovice lesní v ČR má své těžiště v mezofytiku. Přirozený výskyt je kolem 5,4 % (Musil, 2003). V současné době je však zastoupení borovice 16,0 % z celkové plochy porostní půdy (Mze,2021). U nás se převážně vyskytuje na chudých písčitých stanovištích, kam byla vytlačena ostatními klimaxovými dřevinami. Tj. na HS 13 – přirozená borová stanoviště. Je azonálním druhem. Nachází se tak ve svém ekologickém optimu, nikoliv však ve fyziologickém, kde by mohla prospívat lépe (Musil, 2003).

### 3.1.6. Hospodářský význam

Borovice lesní je naší druhou nejzastoupenější dřevinou, hned po smrku ztepilém, a to jak plošně, tak objemem těžeb (Mze, 2021). V současné je zastoupení borovice v ČR 16 %, přirozené zastoupení je 3,4 % a doporučené je 13,2 %. Doporučené zastoupení je téměř pětkrát vyšší než přirozené. V posledních 6 letech zastoupení klesá o 0,5 %, zřejmě vlivem pěstování více smíšených porostů a prosycháním a stárnutím borových porostů.

Vlivem lidské činnosti byla borovice rozšířena za svůj areál. Byly založeny rozsáhlé borové porosty především na chudých píscích, např.: Plzeňsko, severní Čechy. Přirozeným náletem se sama šířila na lokality zdevastovaných lesů, opuštěná pole, pastviny (Úradníček, 1998).

V dřevozpracujícím průmyslu má významnou nezastupitelnou roli. Dřevo je rozděleno na bělovou a jádrovou část a má výrazné letokruhy. Podobně jako smrk má borové dřevo velké využití ve stavebnictví a truhlářství. Dále se zpracovává na pražce nebo telegrafní sloupy (Maděra, 2001). Ze dřeva z porostů horší kvality se vyrábí vláknina. Pro chemické zpracování je důležitý obsah pryskyřice a silic. Negativem je vyšší obsah pryskyřice díky čemuž dochází při opracovávání k zanášení a vyššímu opotřebování nástrojů. Bělové dřevo často trpí vadou zamodrání vlivem dřevozbarvujících hub (Patřičný, 2005). Dřevo je měkké, jeho objemová hmotnost činí v suchém stavu 520 kg/m$^3$ a v čerstvém stavu 700 kg/m$^3$. Zároveň je dřevo odolné vůči vodě, a tedy vhodné pro vodní stavby. V menší míře se borovice používá i jako vánoční stromek. Mimo produkční funkce má borovice i nezanedbatelnou funkci

půdoochrannou na exponovaných a extrémních stanovištích. Dále je často využívána při rekultivacích (Musil, 2003).

## 3.2 Pěstování borovice lesní

Borovice lesní je velmi světlomilná dřevina s pionýrským chováním. V mládí dokáže za rok výškově přirůst až o 80 cm. V současnosti se nejvíce na území ČR vyskytuje na CHS 23 – kyselá stanoviště nižších poloh, kde zaujímá plochu cca 200 tis. ha což představuje 43,5 % z celkového zastoupení borovice. Dalšími významnými hospodářskými soubory, kde je borovice silně zastoupena jsou CHS 27 – oglejená chudá stanoviště nižších a středních poloh, CHS 13 – přirozená borová stanoviště, CHS 21 – exponovaná stanoviště nižších poloh. Významnou roli též hraje v lesích ochranných CHS 01 – mimořádně nepříznivá stanoviště, na ekologické řadě extrémní a kyselé. Borové lesy střední Evropy se již minimálně 200 let zakládají uměle, jelikož přirozená obnova na zabuřenělých půdách je složitá. Velmi těžko se borovice přirozeně zmlazuje na stanovištích zarostlých borůvkou (*Vaccinium myrtillus*) nebo vřesem (*Calluna vulgaris*). V takovýchto případech je žádoucí zásah, a to příprava půdy – narušení svrchních vrstev hrabanky a humusu až na minerální půdu (Poleno, 2009). Doposud u nás převažuje holosečný způsob obnovy borovice, kdy je porost zcela smýcen max. s ponecháním výstavku k podpoře přirozené obnovy. Nový porost je pak vysázen umělou sadbou nebo částečně nalétnutý ze sousedních porostů. K holoseči jako obnovnímu způsobu je ve svých publikacích nakloněn i Plíva (1980), přirozenou obnovu považuje za vhodnou jen v porostech, kde kvalita odpovídá produkčnímu cíli. Nicméně Brichta a kol. (2020) zkoumá, zda by kvůli měnícímu se klimatu a rostoucím mimoprodukčním funkcím lesa nebylo vhodné nalézt alternativu k holosečnému hospodaření v podobě clonné seče a využití přirozené obnovy.

### 3.2.1 Založení borového porostu

Borové porosty ve střední Evropě jsou už přibližně 200 let zakládány uměle, kvůli komplikované přirozené obnově na zabuřenělých půdách. Přirozená obnova se dobře

uplatňuje na stanovištích s některými rody acidofilních mechů, které většinou rostou v jehličnatých lesích kde neroste, nebo jen velmi málo, borůvka, vřes a vysoké trávy. Naopak velmi těžká je přirozená obnova na kyselých půdách s vysokým zastoupením právě borůvky (*Vaccinium myrtillus*) nebo vřesem (*Calluna vulgaris*), v tomto případě je pro úspěch zmlazení borovice nutná příprava půdy (Poleno, 2009). Ulbrichová a kol. (2017) se i zabývala zkoumáním vlivu zpracování těžebních zbytků právě na charakteristiku bylinného a keřového patra na borových stanovištích. Ve výzkumu se těžební zbytky pálily, štěpkovaly a shrnovaly. Nicméně varianta pálení neprokázala zvýšení počtů jedinců přirozené obnovy a ani nepřispěla ke zlepšení růstových vlastností. Štěpkování v podstatě simuluje zrychlený přirozený rozklad mrtvého dřeva. Celkově se ukázalo, že varianty zpracování těžebních zbytků nemají v počátečních letech nějaký významný vliv na počty ani na přírůst náletových dřevin (v tomto případě borovice, bříza).

Dle Bílek a kol. (2017) je ponechání těžebních zbytků v porostech na HS 13, kde zásadní vliv na množství živin v půdě mají nadložní humusové horizonty, bráno jako opatření podporující trvalost produkce na citlivých stanovištích.

### 3.2.2 Příprava půdy

Pro obnovu lesa, ať už umělou nebo přirozenou, je často nutné na mnoha plochách provést přípravu půdy. To především znamená činnosti jako odstranění potěžebních zbytků, přípravu půdy a odstranění buřeně, která negativně ovlivňuje vývoj a přežití mladých jedinců cílových dřevin, kdy jim v mnoha případech znemožní přístup ke zdrojům nutným pro růst. Těžební zbytky se odstraňují zejména proto že překážejí při obnovních pracích a mohou v sobě kumulovat hmyzí škůdce a houbové patogeny. Tyto zbytky mohou být v dnešní době kumulovány do valů či hromad v porostu pomocí shrnovačů klestu, přičemž se klest může dále využít pro energetické účely jeho následným zpracováním např. štěpkovačem. Pro soustřeďování klestu na odvozní místo k dalšímu zpracování se může využít kombinované mechanizace vyvážecích traktorů nebo vývozních souprav. Klest je po shrnutí v porostu naložen na tyto prostředky a soustřeďován na odvozní místo např. ke štěpkovači. Vyvážecí stroje jsou používány jen při zpracování klestu po holosečích. Klest ale nemusí být jen

odstraňován nýbrž může být i ponechán na místě a zpracován drtičem nebo drtící půdní frézou na malé kousky a zapracován do půdy. Další možností, jak využít klest nebo část jeho množství je zpevnění přibližovacích linek a zmírnit tak hutnění půdy lesnickou mechanizací (Poleno, 2009).

Vlastní příprava půdy se u nás provádí již několik set let. Nejprve se prováděla příprava pro obnovu síjí, používal se pluh a brány. Později v 18. století se příprava půdy začala ubírat dvěma směry – lehké zraňování půdy a zemědělský způsob přípravy půdy (orba), které se v podstatě zachovaly dodnes. V dnešní době se provádí především úprava povrchu půdy v zájmu zlepšení prostředí pro pěstování rostlin, a to buď mechanicky, chemicky nebo biologicky (Poleno, 2009).

#### 3.2.2.1 Mechanická příprava půdy

Při plánování vhodné možnosti přípravy půdy je nutné vzít v úvahu stanovištní podmínky obnovované plochy a přizpůsobit se jim. Zejména terénním a půdním podmínkám, druhům a pokryvnosti bylinného patra a překážkám na ploše jako pařezy, kameny. Mechanická příprava se dělá buď ručně nebo mechanizovaně. Při ruční přípravě se nejčastěji využívá hloubení jamek sekeromotykami, zalesňovacími motykami a krumpáči nebo hloubení štěrbin pomocí sazečů. Výjimečně se na podmáčených lužních stanovištích využívá kopečkové sadby. Mechanizovaně se provádí pruhová, pásová a plošková příprava půdy před umělou nebo i přirozenou obnovou. Celoplošná příprava se již používá jen v několika případech jako příprava pro borové porosty na písčitých půdách a příprava v lužních lesích (Poleno, 2009).

Touto přípravou dochází k promíchávání různě minerálně bohatých půdních horizontů, dochází k zvýšení činnosti půdních mikroorganismů a zároveň se vytváří vhodná půdní struktura. Současně je upraven i teplotní režim půdy a dosahuje se lepšího zadržení vody. Buřeň je dočasně omezena (Poleno, 2009).

#### 3.2.2.2 Chemická příprava půdy

Chemická příprava půdy spočívá v použití pesticidů, konkrétně buď herbicidů k hubení nežádoucích rostlin – plevelů a buřeně, arboricidů k hubení nežádoucích dřevin, tj. stromy a keře nebo defoliantů k vyvolání odlistění dřevin. Dále ještě rozeznáváme graminicidy, což jsou herbicidy účinkující jen na jednoděložnou buřeň (Holuša, Zahradník, 2014). Dle účelu se ještě dělí na selektivní přípravky, které hubí určitý druh nebo skupinu a neselektivní které zahubí veškerou vegetaci. Běžně se užívají přípravky kontaktní, které jsou účinné na části kde přišly s rostlinou do kontaktu, dále systémové, které pronikají do pletiv rostlin a jsou pletivy rozvedeny po celé rostlině, a nakonec kořenové které rostlina přijímá v půdě skrz kořenový systém (Poleno, 2009). Na ochranu lesa se mohou používat pouze přípravky uvedené v Seznamu povolených přípravků na ochranu lesa vydávaného Lesní ochrannou službou, která působí v rámci VÚLHM.

Chemická příprava by měla být prováděna v období před výsadbou, ale co nejdříve před ní. Tím se docílí co nejvyšší účinnosti po delší dobu. Před jarním zalesňováním se příprava provádí již na podzim a pro podzimní zalesňování se obvykle provádí koncem jara až začátkem léta. Účinnost je možné zvýšit rozdělením aplikace přípravku na dvě etapy. Obvykle první dávku s časovým odstupem a druhou těsně před výsadbou. U některých přípravků nejčastěji graminicidních, které nemají vliv na kulturu cílových dřevin, může být první etapa aplikace těsně před výsadbou a druhá až po výsadbě (Holuša, Zahradník, 2014).

### 3.2.3 Umělá obnova

Umělou obnovou se rozumí založení následného lesního porostu člověkem pomocí síje semen nebo výsadby sadebního materiálu. Uplatňuje se hlavně při pasečném hospodářském způsobu na následně vzniklých holinách a tam, kde je přirozená obnova nevhodná, komplikovaná nebo nemožná. Přirozená obnova je nevhodná v porostech geneticky nevhodných a v porostech nekvalitních.

V roce 2021 dosahovala obnovená plocha lesa celkem 49 790 ha z čehož podíl umělé obnovy byl přibližně 40 700 ha. Je tedy jasně patrné, že v lesním hospodářství ČR převažuje umělá obnova lesních porostů. Nicméně podíl přirozené obnovy v posledních letech roste (Mze, 2022).

Při výsadbě se nejčastěji využívá prostokořenného sadebního materiálu, zejména kvůli ekonomickému hledisku. Krytokořenný sadební materiál vykazuje vyšší ujímavost a rychlejší růst než prostokořenný sadební materiál (Souček a kol. 2018). Jakost, parametry a přípustné odchylky sadebního materiálu jsou definovány normou ČSN 48 2115.

Umělá obnova síjí je ve srovnání s výsadbou výrazně levnější. Nižší je i riziko poškození kořenového systému vlivem nesprávného skladování před výsadbou, nebo poškození zvěří po výsadbě, jelikož sazenice z lesních školek bývají zvěři často atraktivnější. V prvním roce bývají přírůsty u jedinců ze síje nižší než u výsadby. Později se však tyto rozdíly vyrovnávají (Souček a kol. 2018). Pro zdárné vyklíčení semen ze síje je žádoucí provést přípravu půdy, jelikož semena obecně klíčí nejlépe v odplevelené, kypré minerální půdě. Pro borovici se na větších obnovovaných plochách provádí rýhová síje, přičemž se půda mechanicky připravuje rýhovači nebo rýhovacím pluhem a vlastní výsev se provádí buď ručně nebo secími stroji. Doba pro síji jehličnatých dřevin bývá nejvhodnější brzy na jaře, kdy je ještě k dispozici množství vláhy pro klíčení ze zimního období (Poleno, 2009).

Nevýhodami a důvody proč se síje tolik nevyužívá jsou časté tvorby mezer vlivem nepříznivého jarního počasí, nebo naopak tvorba přehoustlých kultur. Navzdory nižším nákladům na provedení výsevu, jsou ale náklady na zajištění kultury vyšší, takže ekonomická výhoda síje není jednoznačná (Poleno, 2009).

Pro umělou obnovu jsou závazné některé legislativní předpisy. Pro stanovištní podmínky na úrovni souboru lesních typů vymezuje vhodné dřeviny, podíl a druh meliorační a zpevňujících dřevin vyhláška 298/2018 Sb. o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů. Dále legislativa vymezuje minimální počty zalesňovaných nebo obnovovaných jedinců na hektar ve vyhlášce 456/2021 Sb. Tato vyhláška dále definuje podmínky pro splněná obnovy pozemku a zajištění lesního porostu.

### 3.2.4 Přirozená obnova

Přirozená obnova je spontánní přírodní proces, jehož předpokladem je opad semen některé z dřevin v obnovovaném porostu. Tento způsob obnovy předpokládá řadu výhod jako nižší náklady na obnovu porostu, zachování genetické variability, předpoklad zachování kvality jako současní jedinci, vyšší počáteční hustota jedinců k pozdějšímu výběru. Nevýhodami mohou být složitější výchovné zásahy, nebo provádění těžeb bez poškození přirozeného zmlazení (Šindelář, 2004)

Šindelář (2004) také dále uvádí, že příznivé podmínky pro vznik přirozené obnovy jsou v porostech kde v přízemní vegetaci jsou více zastoupeny lišejníky a mechy převážně rodu *Hypnum,* které neomezují klíčení semen, naopak mohou v sobě absorbovat vodu a tím chránit půdu před vysycháním. Naopak na stanovištích s porostem, kde přízemní vegetaci tvoří zejména borůvky, brusinky a vysoké trávy, je přirozená obnova náročná bez předchozí přípravy půdy obnažením minerálního horizontu. Za obtížnou také uvádí přirozenou obnovu na stanovištích minerálně a vodou dobře zásobených s bohatým krytem bylin a travin zejména souvislými porosty třtiny křovištní a hasivky orličí. Zde je příprava půdy nezbytná, nicméně bohatší půdy i po obnažení opět velmi rychle zarůstají buření.

Pro přirozenou obnovu borovice na holině při pasečném způsobu hospodaření je předpokladem nálet semen z okraje sousedního porostu, nebo z výstavků ponechaných na obnovované ploše. Pro dřeviny nepionýrského chování se doporučují menší holé seče z důvodu vytvoření horších mikroklimatických podmínek na obnovované ploše. Borovice ovšem je pionýrského chování a je vůči zhoršeným mikroklimatickým podmínkám odolnější (Vacek, 2022).

Například Bílek 2018 se zabýval, zdali jsou okrajové holé seče (náseky) účinným nástrojem přirozené obnovy borovice lesní. Ve své studii založil dvě výzkumné plochy o rozměrech 40x40 m na okraji lesa a dvě kontrolní stejných rozměrů uvnitř porostu. Cílem bylo popsat vliv porostního okraje po holiny na přirozenou obnovu podél přechodu od okraje porostu ku vnitřku porostu. Zkoumané parametry přirozené obnovy byly hustota jedinců, výška, horizontální struktura a kvalita. Výzkum probíhal v Severních Čechách v CHKO Kokořínsko.

Výsledky ukazují, že čím dále od okraje porostu tím je hustota a střední výška přirozené obnovy nižší. Významný vliv na kvalitu borovice však zaznamenán nebyl. Nejvyšší hustoty byly pozorovány 5-10 m od porostního okraje. Z výzkumu vyplynulo, že vnitřní okraj lesa se může stát místem s příznivými podmínkami pro přirozenou obnovu a násek může být zahrnut do tradičních postupů obnovy v borových porostech (Bílek 2018)

Borovici lesní je rovněž možné přirozeně obnovovat v mírném zástinu, ale silně reaguje na dostupnost světla svým přírůstem, výškou a listovou plochou. Semenáčky v podrostu mohou často trpět nedostatkem vody vlivem vyšší intercepce mateřského porostu, tím se může snížit přírůst, objem kořenů a celková velikost semenáčků (Bílek, 2017).

Obnovou borovice lesní pod clonnou mateřského porostu se již zabýval Brichta (2020). Na zkusné ploše poblíž obce Doksy byla sledována úspěšnost přirozené obnovy v různých variantách zakmenění a přípravy půdy podobně jako je tomu i v této práci. Ve výsledku se uvádí, že nejlepšího výsledku přirozené obnovy bylo dosaženo po semenné seči při snížení zakmenění mateřského porostu na 0,4. To se projevilo dostatečným počtem zachycených semen, množstvím zmlazených jedinců, vyšší kvalitou jedinců a lepšími teplotními a vlhkostními podmínkami půdy. Významná byla příprava půdy jakéhokoliv typu, ale nejvíce příznivá byla příprava půdní frézou. V závěru je řečeno, že přirozená obnova mateřského porostu se snížením zakmenění na hodnotu 0,4 představuje možnou alternativu k holosečnému způsobu hospodaření na přirozených borových stanovištích.

## 3.3 Hospodářské způsoby a obnovní postupy

Vyhláška 298/2018 Sb. definuje čtyři hospodářské způsoby a jsou jimi hospodářský způsob podrostní, násečný, holosečný a výběrný. Volba hospodářského způsobu závisí na stanovení pěstebního cíle, kterým jsou žádoucí výsledky a stav lesa (Poleno, 2009).

Z historického hlediska mělo obhospodařování lesů pouze jediný cíl, a to produkci dříví. Každé hospodaření v lesích se však snaží udržet svou trvalost, kterou zajišťuje omezením výše těžeb a obnovou těžených porostů. Za nejdůležitější charakteristiku stromů pro těžbu se považoval věk, ale bylo složité ho v dřívějších dobách určovat. Proto se jako hlavní ukazatel těžitelnosti a

využitelnosti používala tloušťka stromů. Vlastní těžba se pak prováděla v původním neplánovitém výběrném hospodaření pomocí toulavých sečí. Tento styl hospodaření ale nenaplňoval principy trvalosti a udržitelnosti produkce, proto postupem času docházelo ke zničení lesů. V důsledku došlo ke zhoršení produktivity, snižování zásob a snížení genetické variability. Tento způsob hospodaření trval zhruba do druhé pol. 18. stol. (Vacek, 2022).

Později se vymezily dvě cesty k nápravě, zachování výběrného způsobu ale s kontrolními metodami sledující stav tloušťkového rozdělení zásob dřeva, a druhá cesta – změna způsobu hospodaření z nekontrolovaného výběru na pasečný způsob kdy na jedné ploše byla zajištěna vyrovnanost věkových stupňů (Vacek, 2022).

### 3.3.1 Holosečný hospodářský způsob

Tento způsob je v legislativě definován jako způsob, při němž obnova lesních porostů probíhá na souvislé vytěžené ploše, širší než průměrná výška těženého porostu (Vyhláška č. 298/2018 Sb., 2018). Zároveň lesní zákon vymezuje maximální velikost holé seče při mýtní úmyslné těžbě na 1 hektar a její šíře maximálně na jednu výšku těženého porostu na exponovaných hospodářských souborech. Na ostatních hospodářských souborech pak může být šíře holé seče až dvojnásobek výšky těženého porostu. Z těchto parametrů může ještě orgán státní správy lesů povolit výjimku na hospodářském souboru přirozených borových stanovišť a na hospodářském souboru přirozených lužních stanovišť, na nichž může velikost holé seče dosáhnou až dvou hektarů a šíře bez omezení. Dále se ještě může výjimka vztahovat na dopravně nepřístupné horské svahy delší než 250 m kde může být velikost seče až 2 hektary, pakliže se nejedná o exponovaná stanoviště (Dvořák, 2022).

Holosečné hospodaření lze vymezit na formy maloplošné a velkoplošné, přičemž podstatou tohoto rozdělení by měla být ekologická hlediska. Těmto hlediskům v zásadě odpovídají ustanovení našeho lesního zákona o velikosti a šíři holé seče a výjimkách. Maloplošná holá seč by přitom neměla být větší, než kam dosahuje významný boční vliv obnovovaného porostu. Velkoplošné holé seče pak představují výjimky ze zákona jako holoseče na HS 13 a HS 19 apod. (Simon, 2014).

Holoseče výrazně mění ekologické podmínky stanoviště. Holá seč vylučuje příznivé účinky mikroklimatu a mění lesní porost v otevřenou plochu. Zejména má vliv na množství a intenzitu slunečního záření, teplotní a vodní režim půd. Kolísající teploty vzduchu na vzniklé pasece způsobené odstraněním krytu vegetace mohou mít negativní vliv na odrůstání následné obnovy. Může být poškozena časnými či pozdními mrazy nebo naopak fyziologickým suchem. Krátkodobé zvýšení světla, tepla a množství vody tvoří vhodné podmínky pro půdní organismy, které rychleji rozkládají organickou hmotu. Rychlejší rozklad organické hmoty způsobuje rychlejší mineralizování bez tvorby humusu, zároveň je současná humusová vrstva též zasažena a degradována. V průběhu těchto procesů se uvolňuje velké množství živin, které se při absenci vegetace v ekosystému neudrží, zároveň ale množství živin podporuje nástup paseční vegetace a náletových dřevin, které se mohou stát problémem při obnově lesa. K podmínkám na holosečích jsou obvykle více tolerantní dřeviny přípravné čili dřeviny s pionýrským chováním. Jejich vysazením lze založit přípravný porost, který svým působením zmírní zhoršené podmínky. Pod ochranu přípravného porostu je pak možné vnést cílové dřeviny (Simon, 2014; Průša, 2001).

Pro podporu přirozené obnovy se na holinách často ponechávají tzv. výstavky, což jsou stromy, u kterých je předpoklad, že budou produkovat kvalitní osivo, které časem dopadne a vyklíčí na obnovované ploše (Vacek, 2022).

Obnova holou sečí má své nesporné výhody jako rychlejší růst kultur slunných dřevin, zejména borovice a dubu, nebo technické a organizační výhody. Na lesní hospodáře klade menší nároky při plánování obnov, vyznačování těžeb, rozčleňování porostů a organizaci práce lesních dělníků. Dále využití harvestorové technologie pro těžbu velkého množství dříví na celé ploše a snazší používání mechanizace při následném vyklizování či přípravě půdy (Poleno, 2009).

### 3.3.2 Násečný hospodářský způsob

Násečný hospodářský způsob je vlastně podobný jako holosečný jen s tím rozdílem, že je omezena šířka holé seče na jednonásobek průměrné výšky těženého porostu. Násek se provádí od okraje porostu ve dvou pruzích, ve kterých vznikají odlišné růstové podmínky. První

pruh je holosečný a druhý ve směru postupu obnovy je clonný. Tímto postupem tedy vznikají dva okraje – vnější (holá seč) a vnitřní (clonná seč), který se mírně prosvětlí (Vacek, 2022).

Důležitým aspektem pro provedení náseků je volba směru náseku, kde začne těžba a po celou obnovní dobu tímto směrem pokračuje dál. Při postupu od západu je velké riziko vystavení obnažené porostní stěny západním bořivým větrům, které mohou způsobit značné škody polomy, vývraty atd. Postup od jihu až západu může být použit pro obnovu slunných stabilních dřevin, jelikož v tomto směru by působilo silné sluneční záření a bořivé větry. Směrem od jihu by v nižších až středních polohách způsobovalo vyšší vystavení slunečnímu záření a následně způsobovat přísušky. V horách s vyšším množstvím srážek už takové riziko není. Postup od východu je výhodný proti silným západním větrům, ale otevírá porost studeným východním větrům a již od ranních hodin propouští sluneční záření. Nejčastěji je tedy volen postup od severu zejména při nedostatku srážek a obnově stinných dřevin (Vacek, 2022).

Nicméně pro přirozenou obnovu borovice lesní se postup obnovy od severu na rozdíl třeba od smrku, nepoužívá. Důvodem je nedostatek slunečního záření ve stádiu náletu až nárostu, v jehož důsledku může docházet k výskytu sypavky borové (*Lophodermium pinastri*). Zástin a větší vlhkost pak v severních okrajích vedou k vyššímu výskytu bureně, což zhoršuje až znemožňuje odrůstání náletů. Pozitivní výsledky byly pozorovány na okrajích jihozápadních nebo východních (Šindelář, 2004).

Principem je vytvoření porostního pláště, kde následný les tvoří tvar klínu či schodiště, po kterém se silné větry svezou a nepoškodí porosty.

### 3.3.3. Podrostní způsob hospodaření

Principem podrostního způsobu je obnova lesního porostu pod ochranou – clonou mateřského porostu postupným prořeďováním tohoto porostu. Podstatou je použití různých variant a kombinací clonných sečí, kde se postupným snižováním zápoje obnovovaného porostu tvoří vhodné podmínky pro opad semen z mateřského porostu a jejich vyklíčení, případně pro podsadby. Tento způsob hospodaření zahrnuje několik forem. Jedním z nich je často využívaná clonná seč, která však sama má několik variant (Simon, 2014).

V hospodářských lesích v porostech s převahou borovice lesní se u nás v minulosti jemnějších postupů obnovy příliš nevyužívalo. Podrostní způsob byl orientován převážně na stín snášející jehličnaté dřeviny jako jedle bělokorá a smrk ztepilý. U světlomilných dřevin je pro úspěšnost podrostního nebo výběrného hospodaření nutné mnohem výraznější snížení porostní zásoby (Bílek, 2017).

Přesto s rostoucím významem ekologických a mimoprodukčních funkcí lesa a zvyšování stability lesních porostů v měnícím se klimatu, se objevil zájem o alternativní způsoby hospodaření a objevují se publikace o podrostním hospodaření s borovicí lesní (Ulbrichová, 2018).

Clonné seče jako obnovní postup podrostního hospodaření byl vyvinut převážně pro přirozenou obnovu stinných dřevin, zejména pro porosty buku lesního. Clonná seč se vyznačuje svou delší dobou obnovní. V současnosti rozlišujeme několik forem clonných sečí, přičemž nejčastější je clonná seč velkoplošná. Další formy jsou okrajová clonná seč, pruhová seč clonná, skupinovitá seč clonná a pomístně skupinovitá clonná seč. Clonná seč, včetně jejích modifikací, se rozlišuje na čtyři fáze – seč přípravná, seč semenná, seč prosvětlovací a seč domýtná.

Při přípravné seči se především odstraňují méně kvalitní jedinci nevhodní k reprodukci, odstraněním těchto jedinců se podporuje formování korun a tím i fruktifikace u vybraných kvalitních jedinců. Provádí se rovnoměrným rozvolněním korunové vrstvy na celé ploše. Dalším cílem je přispět k rozkladu nahromaděných vrstev hrabanky a surového humusu a vytvořit po celé ploše příznivé podmínky pro vyklíčení semen.

Semenná seč se provádí v semenném roce dřeviny po opadu semen. Provádí se znovu rovnoměrným zásahem k prosvětlení porostu na zakmenění 0,6 – 0,7. Tato těžba a následné vyklizování přispívá ke zraňování půdy a tím lepší ujímavosti semen. Při clonné obnově borovice lesní je ale nutné ještě provést vlastní důkladnější přípravu půdy.

Seč prosvětlovací se provádí nejdříve ve druhém roce po vzejití náletů, nikdy by se nemělo kácet na jednoleté semenáčky. Tato seč se obvykle neprovádí jen jednou, ale spíše opakovaně nejčastěji nadvakrát v období deseti let. Provádí se za účelem podpory růstu náletů.

Seč domýtná je ukončením obnovy domýcením posledních zbytků mateřského porostu. Možností je nechat na ploše několik výstavků, zejména u světlomilných dřevin. Tato seč se

provádí obvykle již nad zajištěnými nálety, je to tedy nejrizikovější fází clonné obnovy jelikož těžbou ve větší míře dochází k poškozování náletů, přičemž je v některých případech nutné tyto vzniklé mezery doplnit vylepšováním (Poleno, 2009; Vacek, 2022; Simon, 2014).

Dle Bílek (2017) mezi přednosti podrostního hospodářského způsobu s přirozenou obnovou patří: jemnější větvení jedinců z přirozené obnovy a předpoklad vyšší kvality dřeva, příznivější porostní klima s menší pravděpodobností výkyvů a extrémů, nižší naléhavost výchovných zásahů než na holoseči.

Jako zápory uvádí: nutnost náročnější přípravy půdy pod porostem, vyšší riziko promrhané investice, když se přirozená obnova po přípravě půdy nedostaví v dostatečné hustotě a přízemní vegetace převládne, závislost na dostatečné semenné úrodě a zároveň na klimatických faktorech ve stejný čas, v neposlední řadě vyšší nároky na lesní hospodáře a mechanizátory připravující půdu a realizující těžbu, kde je riziko poškození mateřského porostu.

### 3.3.4. Výběrný způsob hospodaření

Výběrný způsob hospodaření je charakteristický výběrnou těžbou jednotlivých stromů, bez rozlišování mýtní či předmýtní těžby. Hlavním kritériem není věk porostu, ale kvalitativní znaky zejména tloušťky jednotlivých stromů. Ve výběrném lese jsou zastoupeny všechny věkové i tloušťkové stupně ve všech jednotkách prostorového rozdělení lesa. V takovémto lese obnovní doba v podstatě není, jelikož obnova probíhá nepřetržitě (Poleno, 2009; Vacek, 2022).

I u výběrného hospodaření je pro světlomilné dřeviny nutným předpokladem pro úspěšnost trvale výraznější snížení porostní zásoby, umožňující plynulý dorost jedinců do vyšších pater. S tímto způsobem jsou rovněž spojeny přínosy spojované s přírodě blízkým způsobem hospodaření, ke kterým patří zejména: využívání autoregulace, nižší vstupy do ekosystému, vyšší stabilita porostů s nižším rizikem vzniku kalamit, posílení mimoprodukčních funkcí lesa a zvyšování biodiverzity. V Evropě se s maloplošným až výběrným hospodařením s borovicí lesní můžeme setkat v jižní Evropě, především jako horské dřeviny. Ve střední Evropě se s tímto

hospodařením setkáváme spíše u menších lesních majetků či u porostů kde je kladen vyšší nárok na mimoprodukční funkce lesa (Bílek, 2017).

## 3.4 Výchova borových porostů

Výchovou lesních porostů se rozumí všechna opatření, která záměrně ovlivňují růstové a vývojové procesy jednotlivých stromů zejména od mlazin po nastávající kmenoviny tak, aby byly dosaženy provozní cíle. Prostředkem provádění výchovy je snižování hustoty porostu výchovnými sečemi. Důležitými aspekty, které je nutno brát v potaz jsou stabilita a zpřístupnění lesních porostů, přičemž ale po každém vlastním výchovném zásahu dochází na několik let ke snížení stability vlivem narušení porostní struktury odstraněním jedinců. Z hlediska zpřístupnění se v porostech ve stádiu mlazin zakládají linky 1-2 m široké 10-15 m od sebe. Jejich význam spočívá v rozčlenění porostu na pracovní pole a usnadnění práce v nich. V mlazinách, v nichž už jedinci dosahují hodnot hroubí a jejich dřevo je zužitkovatelné, se linky rozšiřují na přibližovací linky na 3-4 m 30-40 m od sebe čili rozšíření každé druhé až třetí linky. V praxi se výchovné zásahy ve stádiu mlazin označují jako prořezávky a zásahy ve stádiu nastávajících kmenovin až kmenovin jako probírky (Poleno, 2009; Vacek, 2022). Pro hlavní hospodářské dřeviny v České republice jsou i zpracovány modely výchovy, které definují počet a dobu provedení jednotlivých výchovných zásahů v porostech dle stanovištních podmínek a ohroženosti vyjádřených cílovými hospodářskými soubory. Výchovné modely zohledňují kritéria počet jedinců na hektar a horní výška. Nicméně počet jedinců nemá dostatečnou vypovídající hodnotu, jako vhodnější se jeví výčetní kruhová základna na hektar.

### 3.4.1 Prořezávky v borových porostech

Borovice lesní má, zejména v mladším věku, výraznou schopnost přirozené autoredukce tedy přirozeného prořeďování. Borové porosty reagují na výchovné zásahy pomaleji. Provedením intenzivnějších zásahů se může dlouhodobě snížit přírůst a celková objemová produkce. Často nejvitálnější a nejrychleji rostoucí jedinci mají negativní znaky či vady, které snižují

hospodářské využití. První výchovné zásahy se tedy primárně zaměřují na odstranění nežádoucích jedinců zejména obrostlíků a předrostlíků, což jsou jedinci, kteří disponují rychlejším růstem a silným zavětvením. Tito jedinci pak mají negativní vliv na kvalitativní vývoj porostu. Snížením hustoty se podpoří zlepšení klimatických podmínek pod porostem, zejména vyšším propouštěním srážek na půdu. První zásahy jsou prováděny v 7-9 letech ve stádiu mlazin – prořezávky, kde pro zlepšení či udržení kvality a množství produkce má být udržován téměř dokonalý zápoj. Intenzita zásahu je obvykle do 10 %. Zásah se tedy provádí negativním výběrem v nadúrovni a úrovni (Poleno, 2009; Vacek, 2022).

Dle metodiky výchovy borových porostů od Slodičák (2013) se výchova těchto porostů rozlišuje dle kvality. Jsou zpracovány modely pro výchovu kvalitních a méně kvalitních borových porostů. Na rozdíl od Vacek (2022) uvádí, že vývoj borových porostů lze pozitivně ovlivnit pouze silnějšími zásahy ve stádiu zapojujících se mlazin. Pro kvalitní borové porosty uvádí první zásah při horní výšce 5 m, kdy by hustota měla být snížena 5 500 ks/ha a navrhuje kombinovaný zásah odstraněním každé čtvrté řady a ve zbylých řadách provést individuální výběr. Další zásah by měl následovat při horní výšce 10 m snížením hustoty na 3 500 ks/ha negativním výběrem v podúrovni. Pro méně kvalitní porosty doporučuje po celou dobu pěstování udržovat porost ve větší hustotě. Celkově má výchovný program delší pěstební periody a nižší intenzitu. V prvním zásahu je způsob obdobný, horní výška 5 m a kombinace schematického výběru odstraněním každé čtvrté nebo páté řady a v ostatních řadách provést individuální negativní výběr. Po prvním zásahu by měla být hustota 6 500 ks/ha.

### 3.4.2 Probírky v borových porostech

První probírky se v borových porostech provádějí nadúrovňovým a podúrovňovým negativním výběrem, přičemž se odstraňují předrůstaví, tvarově nevhodní nebo poškození jedinci. Zásahy v podúrovni nejsou potřeba, jelikož díky autoregulaci je podúroveň v borových porostech postupně odstraňována sama. Ve věku od padesáti let se provádí probírka kombinovaná, která má podpořit vývin co nejvíce kvalitních jedinců dle bonity stanoviště. Přibližně jde o 150–300 cílových stromů. Odstraňovány jsou jedinci, kteří konkurují a utlačují koruny cílových stromů (Vacek, 2022).

Slodičák (2013) však uvádí že od věku 30 až 40 let, kde je předpokládaná horní výška porostu 20 m, je možné probírky v porostech kvalitních i méně kvalitních provádět podle tabulky decenálních procent. Tabulka udává procentuální intenzitu zásahu dle věkového stupně a bonity.

## 3.5 Škodliví činitelé na borovici lesní

U borovice je obecně plynule vzestupný trend defoliace s prudkým nárůstem defoliovaných stromů od roku 2015. Tento trend defoliace kulminoval roku 2019 a od tohoto roku silná defoliace mírně klesá (Mze, 2021). V posledních letech dochází k významnému nárůstu nahodilých těžeb zejména vlivem podkorního hmyzu. Za rok 2021 byl objem nahodilých těžeb borovice 70 tis. $m^2$ a v roce 2020 až 125 tis. $m^3$ (Lubojacký, 2022).

### 3.5.1 Abiotičtí škodlivý činitelé

Mezi abiotické škodlivé činitele se řadí sucho, záplavy a zamokření, lesní požáry, vítr, sníh, námraza, imise (Holuša, Zahradník, 2014). Všechny tyto faktory mohou vyvolat u dřevin fyziologické a chemické změny. Každý faktor sám za sebe nemusí být příčinou poškození, nebo až po delším působení. Viditelné poškození často bývá způsobeno synergií několika faktorů potažmo i v kombinaci s biotickými škůdci (Uhlířová, 2004).

#### 3.5.1.1. Poškození větrem

Nejčastějším poškozením vlivem účinku větru jsou mechanické zlomy kmene stromu, méně často vývraty díky hlubšímu kořenovému systému. Vlivem zatížení korun větrem a jejich pohybu se o sebe jednotlivé větve mlátí a dochází tak k defoliaci a odírání těchto větví. V zimním období mohou být zlomy způsobené větrem zaměněny za poškození vlivem těžkého sněhu, zejména ve středních polohách (Uhlířová, 2004) a (Holuša, Zahradník, 2014). Síla větru

se měří dle Beaufortovy stupnice. Za bořivý vítr považujeme vítr o rychlosti 60 km/h a vyšší, což odpovídá 8. stupni. Největší poškození způsobují vichřice a orkány, tj. stupeň 10–12. Dále se můžeme setkat s tzv. stálevanoucími větry, což je vítr, který proudí stejnou intenzitou a stejným směrem, což má za následek oválný průřez kmene a tvorbu vlajkovité koruny. Odolný větru je zejména náhorní ekotyp borovice lesní, který tvoří úzkou štíhlou korunu se slabým větvením (Lubojacký, 2013). Zároveň nejnáchylnější na zlomy jsou přeštíhlené pěstebně zanedbané porosty.

#### 3.5.1.2. Poškození sněhem

Poškození sněhem hrozí především ve středních a horských polohách. U mladších porostů dochází k ohýbání nebo lámání jedinců. Ve starších porostech se jedinci lámou v různých částech koruny nebo kmene. Příčinou je přetížení koruny námrazou nebo těžkým mokrým sněhem. V horších případech obojí nebo i v kombinaci s větrem. Pokud se koruna odlomí jen z části, tak je borovice schopna do jisté míry zregenerovat (Uhlířová, 2004).

#### 3.5.1.3 Sucho

Ve většině pramenů se borovice lesní považuje za velmi odolnou jehličnatou dřevinu i vůči suchu, přičemž je schopná si svým kořenovým systémem dosáhnout hlouběji pro spodní vodu. Nicméně v posledních letech zejména od roku 2015-2020 byly extrémně teplé roky s nízkým objemem srážek. Spolu s rostoucími teplotami klesala i hladina spodní vody což může být problematické už i pro borovici (Šrámek, 2022; Mze 2021).

Sucho obecně poškozuje zdravotní stav borovice a celkově porostů lesních dřevin. Obecně jsou pak tyto porosty náchylnější k biotickým škůdcům.

Nahodilé těžby následkem sucha byly v roce 2021 vyčísleny na 2,33 mil $m^3$. V roce 2020 to bylo 2,26 mil. $m^3$ a v roce 2019 to bylo 1,84 mil. $m^3$. Roky 2015–2021 se řadí mezi nejteplejší léta v historii, co se týče nahodilých těžeb můžeme vidět rostoucí trend. (Mze 2019, Mze 2020, Mze 2021).

## 3.5.2 Biotičtí škodlivý činitelé

Naše borovice lesní je hostitelem velkého množství škodlivých organismů ať už podkorního hmyzu, listožravého hmyzu nebo houbových patogenů. Borovice je schopná se udržet při životě i po silné až 90% ztrátě jehličí, a to jí dělá velmi odolnou proti žíru defoliátorů. Podkorní a dřevokazné škodlivé organismy bývají až sekundárním faktorem zhoršujícího se zdravotního stavu borovice, bývají spíše následkem již zhoršeného stavu (Beránek, 2008).

Nejvýznamnější skupinou škůdců u nás je podkorní hmyz. Mimo lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) způsobujícího již několik let kůrovcové kalamity, se výrazně zvedá stav podkorního hmyzu na borovici. Za rok 2019 bylo v důsledku podkorního hmyzu vytěženo přibližně 80 tis. $m^3$ borového dříví. Nejvyšší měrou se na škodách podílejí lýkohubi rodu *Tomicus spp.* a to až z 50 %, dále lýkožrout vrcholkový, lýkožrout borový a krasec borový. Situace byla rovněž ztížena nedostatečnými nebo neprováděnými obrannými opatřeními a nedostatečným zájmem trhu o borové kůrovcové dříví (Knížek, 2020).

Významným defoliátorem borovice lesní je obaleč prýtový (*Rhyacionia buoliana*), který mimo jiné škodí i na pupenech. Na borovici se rovněž může vyskytovat i bekyně mniška (*Lymantria monacha*), řazená mezi kalamitní škůdce zejména na smrku (Holuša, Zahradník, 2014)

Mezi významné houbové patogeny borovice lesní patří sypavka borová (Lophodermium pinastri), kornice borová (*Cenangium ferruginosum* Fr.) a kořenovník vrstevnatý (*Heterobasidion annosum* Fr.) (Pešková, 2015).

### 3.5.2.1 Klikoroh borový (*Hylobius abietis* L.)

Nejvýznamnějším primárním škůdcem na výsadbách borovice lesní je brouk z čeledi nosatcovitých – klikoroh borový (*Hylobius abietis* L.). Škodí na jehličnatých, ale především borových, výsadbách 1 až 2 roky starých. Škodí působením žíru kůry na malých kmínčích od kořenového krčku a výše, kdy vykusuje malé plošky a přerušuje tok vody a živin. Při žíru kůry kolem celého obvodu kmínku hrozí odumření celého jedince. Poškození kořenového krčku je patrné zejména na jaře (Holuša, Zahradník, 2014; Uhlířová, 2004).

K přemnožení a následnému poškozování výsadby dochází především na holosečích kdy jsou zajištěny podmínky k vytvoření nové generace, tak k žíru sazenic dospělci. Samice kladou vajíčka na odumírající kořeny, zejména čerstvých pařezů po podzimní nebo zimní těžbě. U nás má obvykle dvouletou generaci, ale objevují se i jednoleté generace. Ochrana a obrana spočívá v podpoře přirozené obnovy. V praxi je častým pěstebním opatřením tzv. pasečný klid. Tj. odklad výsadby o jeden rok, jelikož škody jsou klikorohem působeny zejména ve vegetačním období následujícím po smýcení mateřského porostu. Způsob preventivní ochrany jde i chemickou cestou, kdy jsou sazenice vystaveny postřiku již ve školce před vyzvednutím, máčením svazků sazenic ještě před výsadbou, individuální postřik sazenic po výsadbě (Modlinger, 2009).

Dle vyhlášky 76/2018 Sb. je klikoroh borový veden jako kalamitní škůdce a je musí se kontrolovat jeho výskyt. Výskyt se zjišťuje ve všech nových jehličnatých výsadbách po dobu nejméně dvou let od jejich založení. Kontrola stavu se provádí pochůzkovou okulární metodou, kdy se na minimálně 50 sazenicích na jeden hektar kontroluje poškození obvodu kmínku, je-li do jedné čtvrtiny je to slabý stupeň. Je-li poškození nad jednu čtvrtinu obvodu, pak je to silný stupeň. Při zvýšeném nebo kalamitním stavu se doporučuje postřik jednotlivých sazenic insekticidy (Vyhláška č. 236/2000 Sb.).

#### 3.5.2.2. Lýkohub menší (*Tomicus minor Htg.*)

Lýkohub menší je brouk z čeledi nosatcovitých (*Curculionidae*). Řadí se mezi podkorní škůdce a velmi významnou měrou se podílí na poškození borových porostů ve stádiu tyčovin až kmenovin (Beránek, 2008). Klasickými příznaky napadení jsou závrtové otvory v kůře provázené rezavohnědými drtinkami a žloutnutí, prosychání a postupné opadávání jehličí. Pod kůrou v lýku je tvořen typický požerek jako u ostatních kůrovcovitých. Napadá především oslabené stromy na vrchní části s tenčí borkou, převážně pak oslabené jedince a při přemnožení i zdravé stromy. Při náletu na strom do požerku vnese i houby z řádu Ophiostomales, které způsobují zamodrání dřeva. Kontroly výskytu se provádí podobně jako u ostatních kůrovcovitých, vyhledáváním napadených stromů nebo kladení stromových

lapáků. Prevence spočívá v odstraňování atraktivního dříví jako např. polomy před rojením které probíhá v dubnu až květnu (Holuša, Zahradník, 2014).

#### 3.5.2.3 Sypavka borová (*Lophodermium pinastri* Schrad.)

Sypavka borová je vřeckovýtrusá houba, která působí onemocnění asimilačních orgánů jehličnanů, jehož následkem je opad jehlic. Může mít velký význam pro umělou obnovu borovice, jelikož v lesních školkách může velká část napadených jedinců odumřít. Toto riziko se může objevit i na výsadbách. Ohroženi jsou jedinci v prvních letech po výsadbě. Se zvyšujícím se věkem sazenice ohrožení klesá. Doporučována jsou pěstební opatření jako vyšší spon a v odrostlejších kulturách proředění. Chemickou cestou je možné užití preventivního postřiku fungicidy.

## 3.6. Charakteristika zájmového území

### 3.6.1 PLO 18 – Severočeská pískovcová plošina a Český ráj

Výzkumná plocha Mariána II se nachází v přírodní lesní oblasti 18 o rozloze 218 763 ha a lesnatostí 39 % tedy s 78 917 ha porostní plochy. Oblast se ještě člení na PLO 18a Severočeská pískovcová plošina a 18b Český ráj. Celá oblast se nachází na území čtyř krajů, přičemž nejvíce zasahuje do kraje Libereckého (ÚHÚL, 2001).

Dominantní zastoupení má borovice lesní konkrétně 55,4 %. Borovice v této oblasti tvoří zejména dva typy porostů, a to nejčastěji buď čisté porosty se zastoupením borovice nad 90 % nebo porosty s dominantním zastoupením borovice nad 70 %. Dalším nejčastějším porostním typem je směs se smrkem, kde borovice má zastoupení nad 50 %. Borovice tu roste především na svých přirozených stanovištích, tj. HS 13 – přirozená borová stanoviště, který je zastoupen s 45,9 % (ÚHÚL, 2001).

### 3.6.2. Geologické a pedologické podmínky

Obecně zde převládají křídové sedimentární horniny. Horninovým typem na lokalitě je sediment zpevněný. Tyto sedimentární horniny se zde dělí na dva typy, slínovce zahrnující vápnité jílové a jílové vápence, které podléhají rychlejšímu zvětrávání. Druhým typem jsou křemenné kvádrové pískovce. Slínovce mají dostatek vápníku a hořčíku, ale ostatních živin mají nedostatek. Křemenné pískovce nemají dostatek žádných živin. Pískovce zvětrávají celkem snadno, zejména ty kaolinitické a zvětrávají v písek (UHÚL, 2001).

Pedologicky je v PLO 18 jsou nejvíce zastoupeny půdní subtypy kambizem oligotrofní (16 525 ha) a podzol arenický (15 128 ha). Na výzkumné ploše Mariana II byl přítomný půdní typ podzol subtypu arenický (PZr). Podzoly jsou půdy s ochuzeným Ep horizontem a obohaceným podzolovým Bs horizontem. Eluviální Ep horizont je typicky popelavě šedý, silně kyselý bez jílnatých částic a s velmi malou zásobou živin a nízkou sorpční kapacitou. Celkově mají podzoly nepříznivý poměr C : N a nízkou produkční schopnost. Podzolizace je zde způsobena na živiny chudou matečnou horninou a kyselým borovým opadem (UHÚL, 2001)

*Obrázek 2: Starší půdní sonda na ploše Mariána II*

### 3.6.3. Typologie

Z hlediska typologického zařazení, se dle typologické mapy ÚHÚL studovaná lokalita nachází na souboru lesních typů 0K s možným prolínáním se SLT 0M. Nižší stupně typlogické klasifikace – lesní typy (LT) byly určeny jako 0K2 a 0M1. Oba soubory lesních typů resp. lesní typy zařazují lokalitu do hospodářského souboru číslo 13 – přirozená borová stanoviště. Tomuto typologickému zařazení odpovídá půdní typ podzol arenický, který je typický pro bory a borové doubravy na píscích (Průša, 2001) Skladba dřevinného patra i skladba bylinného patra, kde převládala brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*) a se začátkem vegetačního období se začala hojně objevovat hasivka orličí (*Pteridium aquilinum*).

Průša (2001) definuje soubor lesních typů 0K, dle současného názvosloví kyselý bor, jako soubor lesních typů, který je v České republice zastoupen zhruba z 1,3 % a těžiště výskytu mají v rozpětí nadmořských výšek 200 – 600 m.n.m. především na lokalitách s podložím ze zpevněných čí nezpevněných písčitých sedimentů. V přirozené dřevinné skladbě výrazně převládá borovice. V přízemní vegetaci převládají druhy velmi chudé spíše keříčkovitého charakteru, zejména brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*), což potvrzuje i nález v terénu. Jako funkce lesa na těchto stanovištích uvádí hlavně funkci infiltrační, jelikož zde hrozí degradace a vysychání půd. Lesní porosty jsou zde na hranici hospodářského lesa s produkcí spíše podprůměrnou. Dobu obmýtní zde uvádí na 110 let a dobu obnovní na 10 až 20 let, jak doba obmýtní, tak doba obnovní odpovídají rozpětím uvedeným i v dnes platné legislativě (298/2018 Sb.) pro hospodaření na těchto stanovištích.

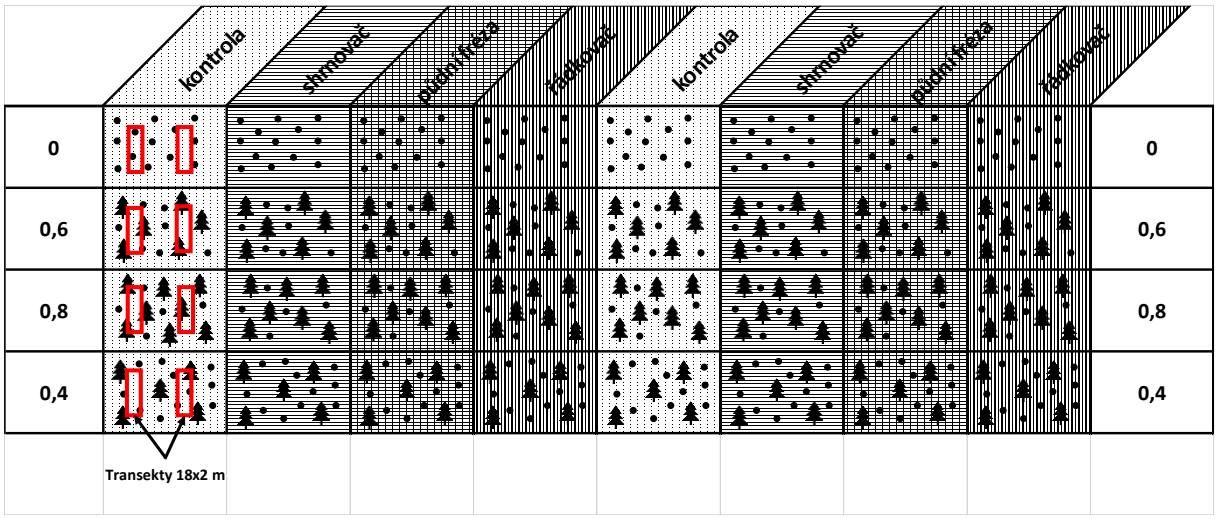
# 4. Metodika

## 4.1 Výzkumná lokalita

Sběr dat probíhal na výzkumné lokalitě Mariana II, konkrétně v lesních porostech 52Aa12 a 41Aa13, počátkem vegetačního období roku 2022.

Výzkumná plocha Mariana II se nachází na území LHC Břehyně poblíž obce Doksy, kde lesnicky hospodaří Vojenské lesy a statky s.p. divize Mimoň. Celá plocha se nachází na CHS 13 – přirozená borová stanoviště, konkrétně na lesním typu 0K2 – kyselý bor modální. Lokalita se nachází v PLO 18. Mateřský porost byl zpracován první fází clonné seče o různé intenzitě. Těžební zásah byl realizován v březnu roku 2017. Porost byl rozdělen na 4 části/pruhy podle užitého zakmenění – kontrolní holina; 0,4; 0,6; 0,8. Každý pruh zakmenění protínali 4 užité metody přípravy půdy (kontrolní varianta bez přípravy, shrnovač klestu, půdní fréza, řádkovač) tyto druhy přípravy půdy byly realizovány na podzim roku 2017. Hodnoty zakmenění a druhy přípravy půdy tvoří celkem 16 kombinací. V každém zakmenění se nacházeli 4 transekty (pruhy) od každého druhu přípravy půdy. Celkem tedy 64 transektů. Každý transekt měl rozměry 18x2 m, přičemž se od kratší jižní hranice transekt rozdělil na čtverce 2x2 m, ve kterých se měřila samotná data o jedincích přirozené obnovy. Vždy se měřilo v 1., 3., 5., 7., a 9. čtverci.

*Obrázek 3: Letecký snímek plochy Mariána II před (vlevo) prováděním výzkumu - 2015 a po těžebním zásahu (vpravo) – 2020, (Zdroj: Mapy.cz)*




*Obrázek 4: Schematické znázornění plochy Mariana II*

## 4.2. Sběr dat

### 4.2.1 Pomůcky k měření

Pro zapisování hodnot byly použity předtištěné tiskopisy, kde se pouze doplňovaly údaje do připravených kolonek. Na vytyčení jednotlivých transektů se použili geodetické kolíky s červeným nátěrem a pásmo pro odměření vzdáleností od předešlého transektu a okraje další plochy. Na jeden transekt o rozměru 2x18 m se použili čtyři tyto kolíky a pro viditelné označení hranice transektu se kolíky obmotali červeným provázkem. K měření hodnot přírůstů a šířky koruny se používal dřevěný skládací metr s přesností 1 cm. Pro měření tloušťky kořenového krčku bylo použito digitální posuvné měřítko s přesností na desetiny milimetru. Délka hranice čtverce byla přenášena pomocí latě o délce přesně 2 m.

### 4.2.2 Metodika měření dat

Data samotná se měřila po jednotlivých čtvercích a byla zapsána do tiskopisu. Transekt byl zaměřen pomocí pásma od kraje pruhu zakmenění naměřila vzdálenost 20 metrů kolmo na hranici. Odtud se měřilo 18 m délky (osa) a metr na každou stranu od „osy“. Tak vznikaly

transekty 2x18 m, jejichž okraje byly vyznačeny zatlučením připravených geodetických kolíků, kolem nichž se obmotáním provázkem vyznačila hranice.

V každém měřeném čtverci se spočítal počet jedinců, nejprve byli pomocí metru vyhledáváni a měřeni jedinci menší než 10 cm, jelikož se u nich už jiná charakteristika vyjma poškození zvěří neměřila. Pak se přistupovalo k jedincům vyšším než 10 cm, kdy nejprve byl opět pomocí metru měřena výška, resp. byl zpětně odečítán přírůst mezi jednotlivými přesleny (za roky 2016, 2018, 2019 a 2020). Hodnoty se zaokrouhlovaly na celé centimetry. Součtem těchto přírůstů za jednotlivé roky pak vyjde celková výška jedince. Další charakteristikou byla šířka koruny měřená metrem v nejširším rozpětí větví. Poslední charakteristikou byla tloušťka kořenového krčku, která se měřila posuvným měřítkem v milimetrech až u země.

Měření vždy prováděli nejméně dva lidé, kdy jeden měřil počty a jednotlivé charakteristiky jedinců obnovy a druhý zapisoval hlášené hodnoty do tiskopisu. Vždy po změření jednoho transektu se smotal provázek a přenesla lať k transektu dalšímu, kde následoval stejný postup vytyčení a měření.

## 4.3 Zpracování dat

Data byla zapisována do papírových záznamových archů, ale pro další zpracování se musela přepsat do elektronické podoby v našem případě MS Excel. Sloupce představovali sledované parametry a řádky pak hodnoty jednotlivých jedinců obnovy. Po přepsání všech dat byla tato data ještě přepočtena na jednotlivé čtverce pro další statistické zpracování. Výstupem jsou grafy použité dále v bakalářské práci.

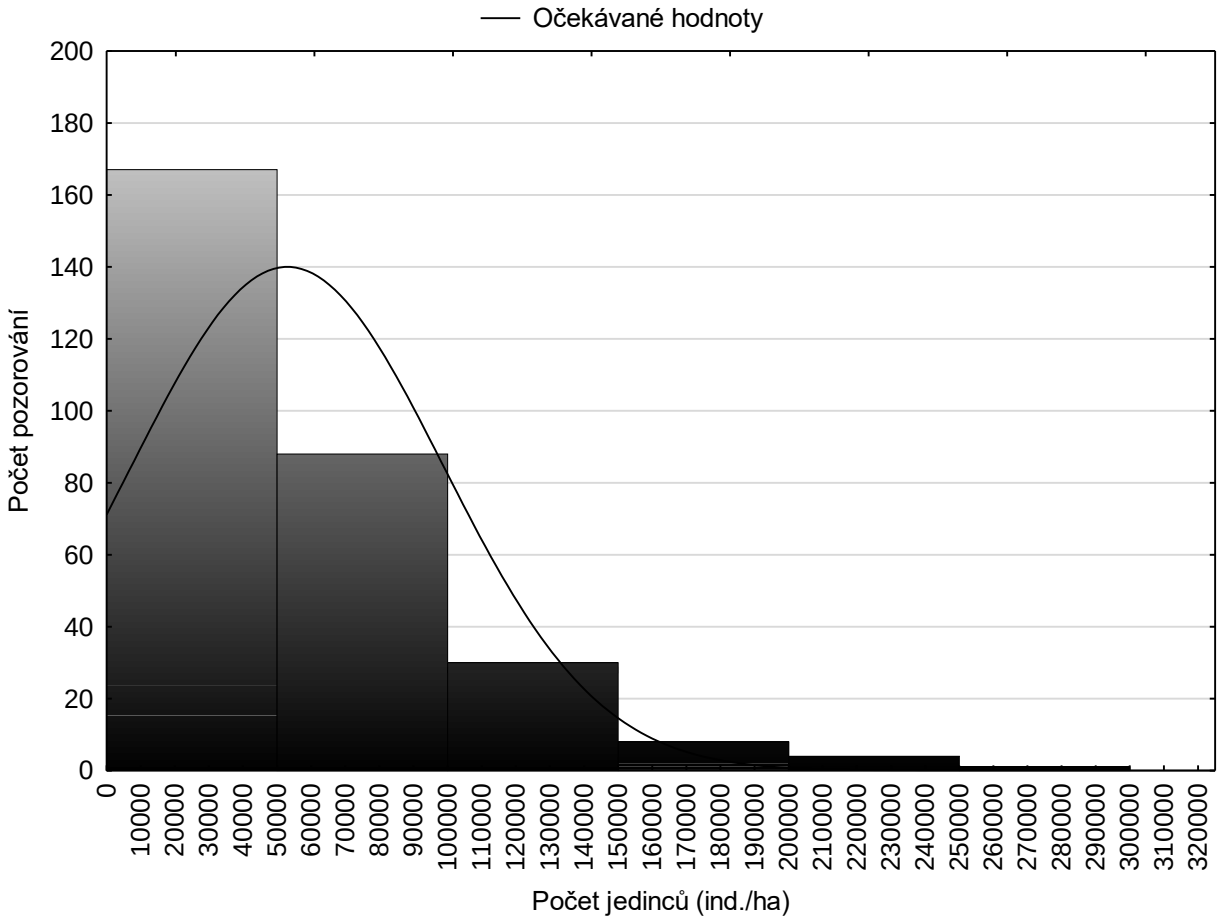
Pro data všech sledovaných charakteristik bylo nutné zjistit, zda tyto data jsou či nejsou parametrického charakteru. Pomocí testu normality Shapiro-Wilkovým testem v programu TIBCO Statistica 13. Pro všechny charakteristiky test ukázal neparametričnost a dále se tedy postupovalo neparametrickými testy pro určení podobnosti mezi jednotlivými druhy přípravy půdy a hodnotami zakmenění. V neparametrických testech bylo použito porovnání více nezávislých vzorků (Comparing multiple independent. samples (groups) konkrétně Kruskal-Wallisův test.

# 5. Výsledky

## 5.1. Základní charakteristiky obnovy

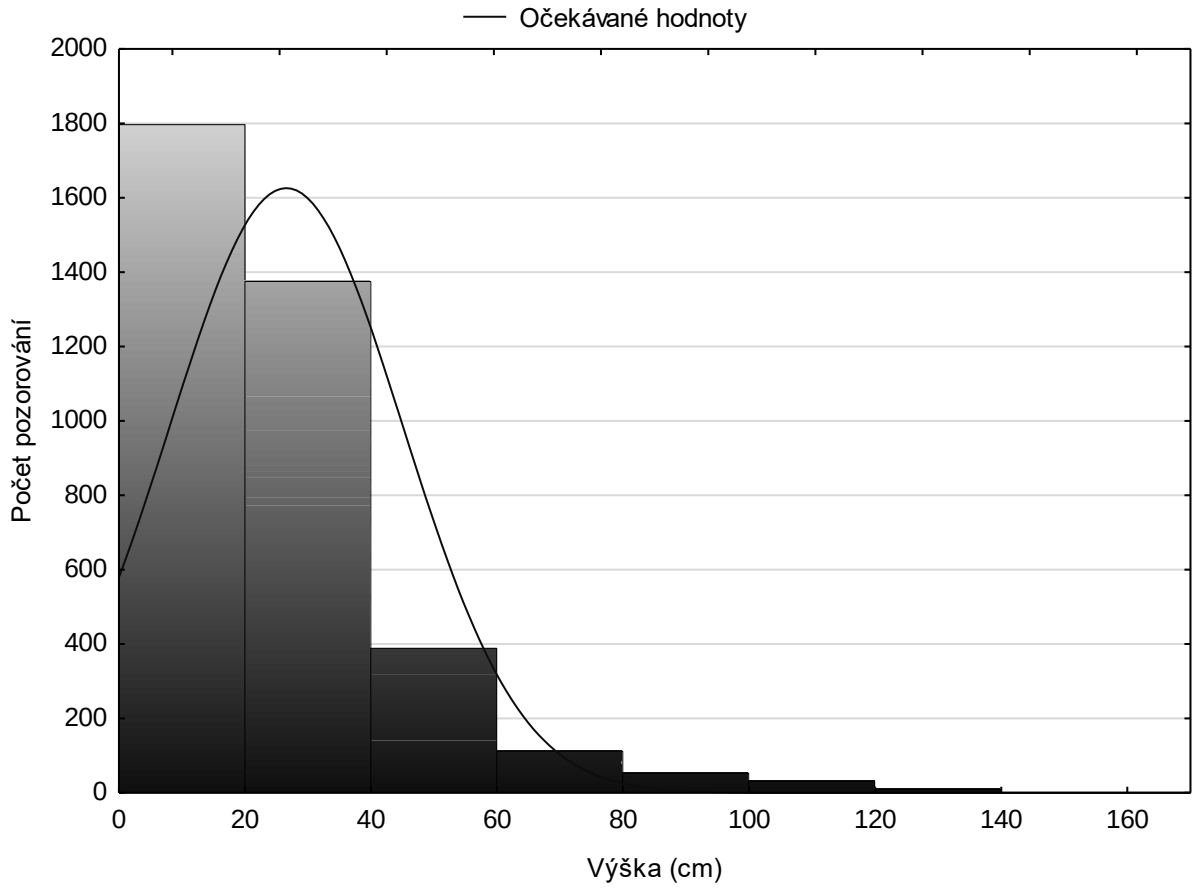
Prvním krokem bylo zjistit, zda naměřená data jsou normálního rozdělení či nikoliv. Výsledek byl pro všechna data stejný na hladině významnosti p <0,05. Na obrázku 5 níže je distribuce dat (počet jedinců na 1 ha) znázorněna pomocí sloupcového grafu a očekávané normální rozdělení.

Z histogramu na obrázku č. 5 vyplývá, že data o počtech jedinců v měřených čtvercích v přepočtu na hektar nevykazují normální, ale silně levostranné rozdělení četností. Data jsou tedy neparametrická.



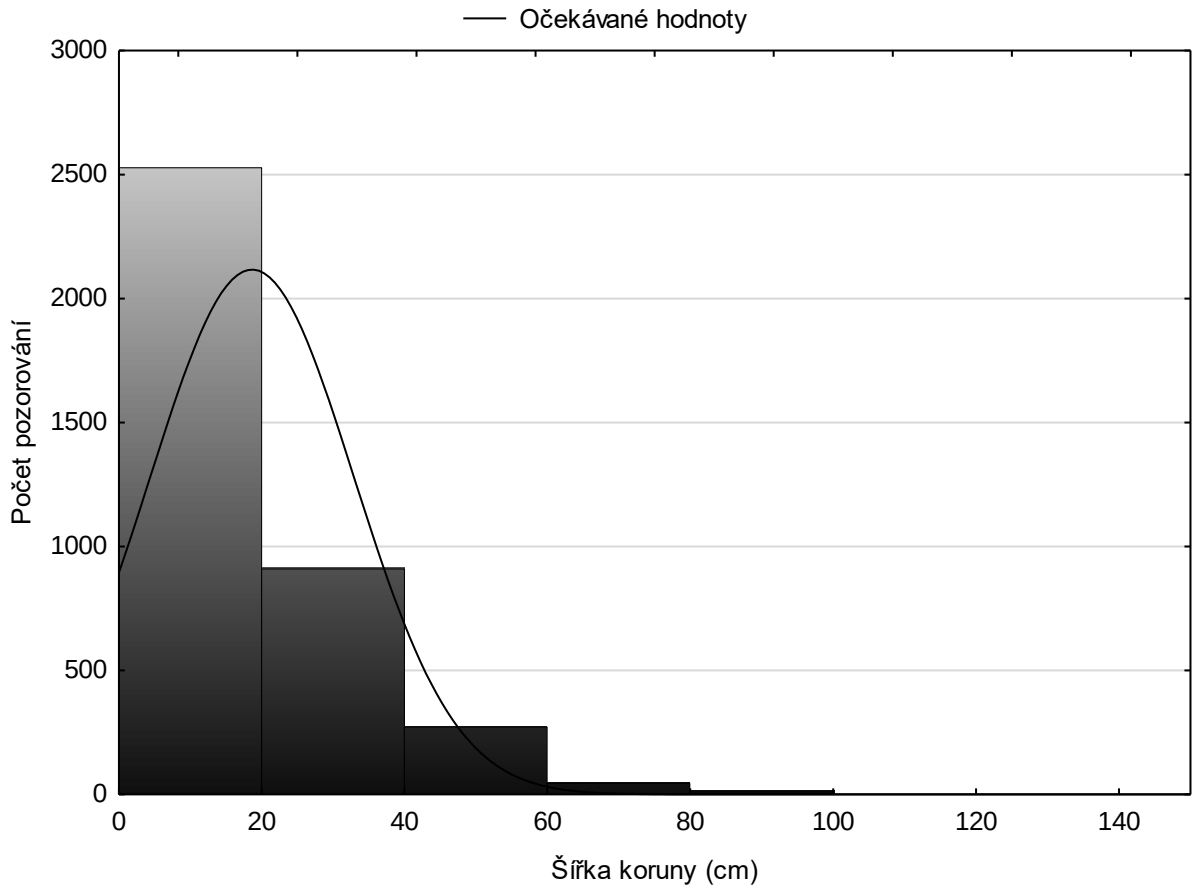

*Obrázek 5: Histogram Shapiro-Wilkova testu normality pro parametr počty jedinců*

Podle histogramu na obrázku č. 6 pro sledovaný parametr výšky jedinců obnovy opět pozorujeme silně levostranné rozdělení dat, a tedy jejich neparametričnost.




*Obrázek 6: Histogram Shapiro-Wilkova testu normality pro parametr výšky jedinců obnovy*

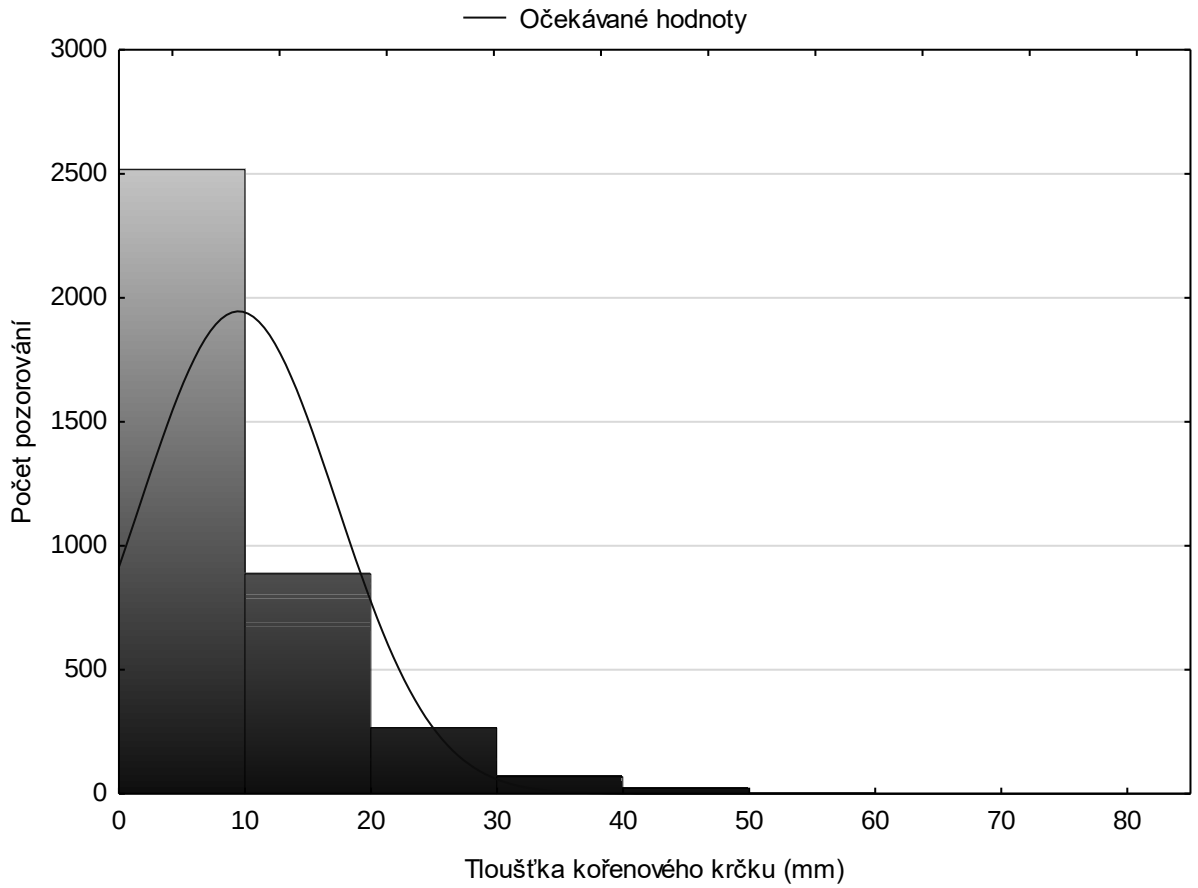
Na obrázku č. 7 lze vidět histogram ze kterého je opět patrné levostranné rozdělení dat, a tedy jejich neparametričnost.




*Obrázek 7: Histogram Shapiro-Wilkova testu normality pro parametr šířky korun jedinců obnovy*

Rovněž data sledující šířku korun jedinců dle histogramu na obrázku č. 8 vykazují levostranné rozdělení a jejich neparametričnost.

Je tedy patrné, že všechna data sledovaných parametrů dle histogramů ze Shapiro-Wilkova testu vykazovaly jasné levostranné rozdělení a neparametričnost dat.

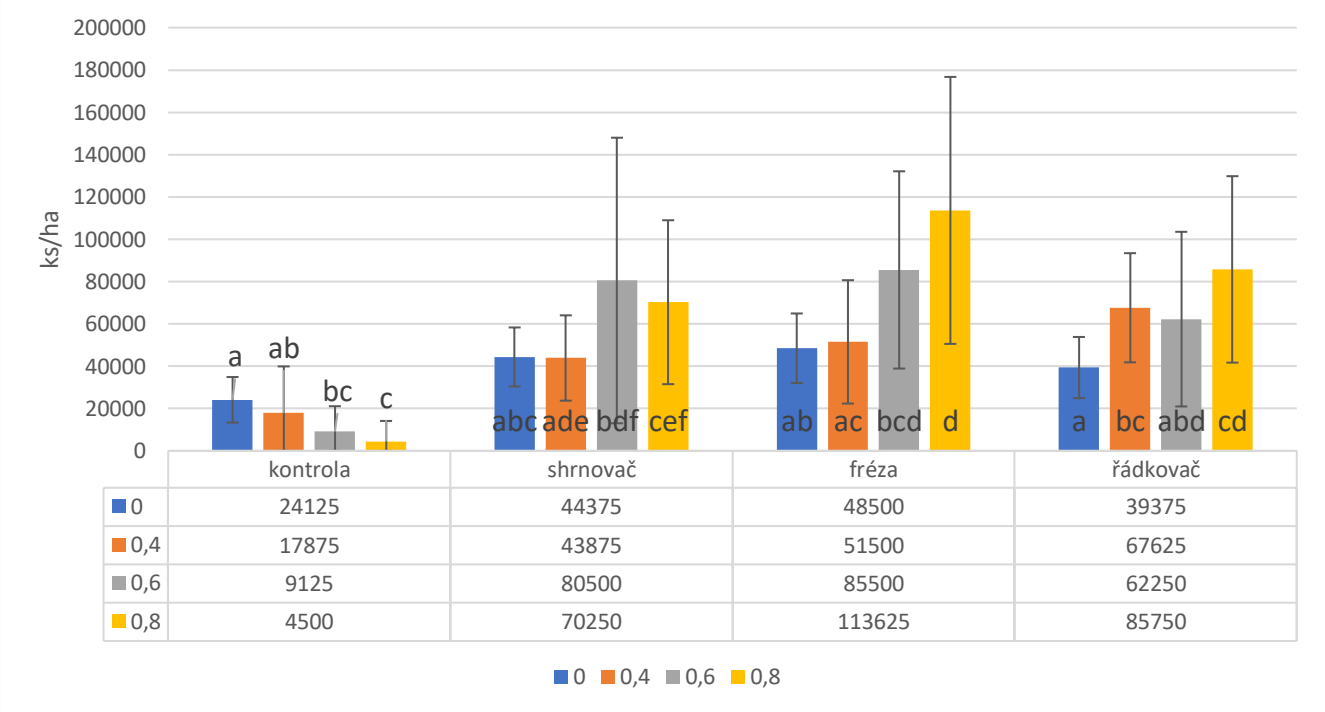



*Obrázek 8: Histogram Shapiro-Wilkova testu normality pro parametr tloušťka kořenových krčků jedinců obnovy*

## 5.2 Počty jedinců obnovy dle variant pěstebních opatření

Obrázek č. 9 vyjadřuje počty jedinců přirozené obnovy v rámci jednotlivých kombinací pruhů zakmenění s přípravou půdy. Nejvíce jedinců se nacházelo v kombinaci zakmenění 0,8 a příprava půdy půdní frézou se 113 625 jedinci na hektar. Větší počty jedinců byly pozorovány v částech s vyšším zakmeněním (0,6 a 0,8). Dále je patrné, že oproti kontrolní variantě bez přípravy půdy je ve variantách s přípravou půdy několikanásobně více jedinců. Indexy v grafu vyjadřují statisticky významnou podobnost v rámci variant příprav půdy.

Tabulka č. 1 ukazuje statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými stupni zakmenění a variantami přípravy půdy.

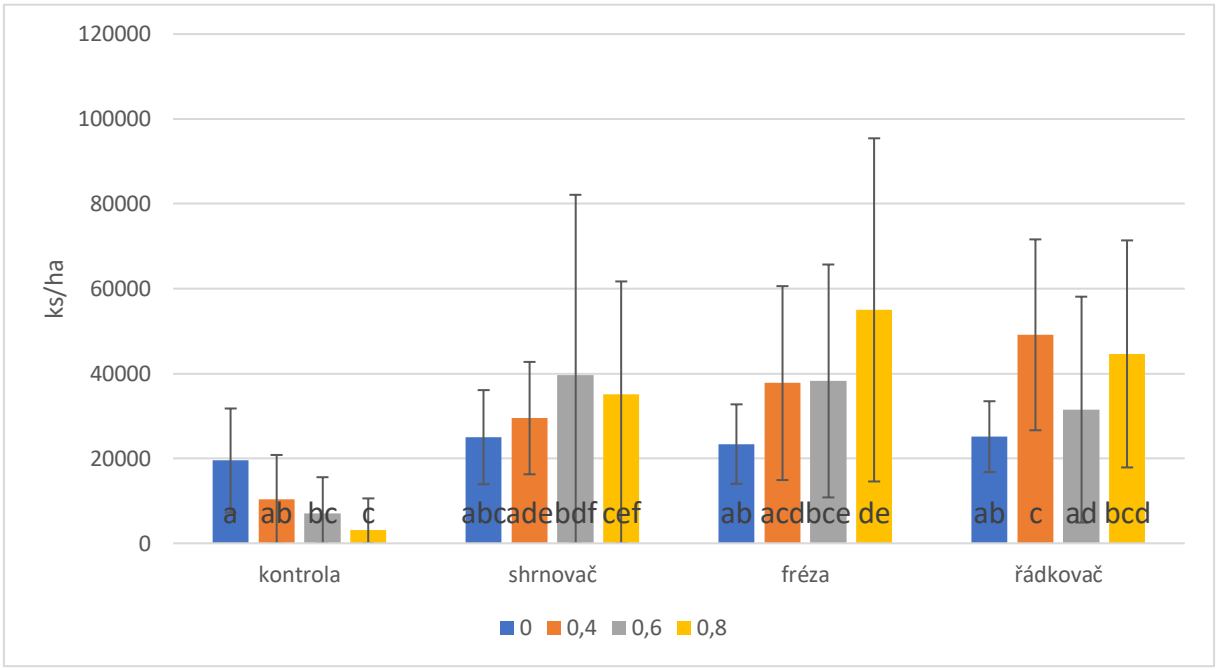



| | kontrola | shrnovač | fréza | řádkovač |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 24125 | 44375 | 48500 | 39375 |
| 0,4 | 17875 | 43875 | 51500 | 67625 |
| 0,6 | 9125 | 80500 | 85500 | 62250 |
| 0,8 | 4500 | 70250 | 113625 | 85750 |

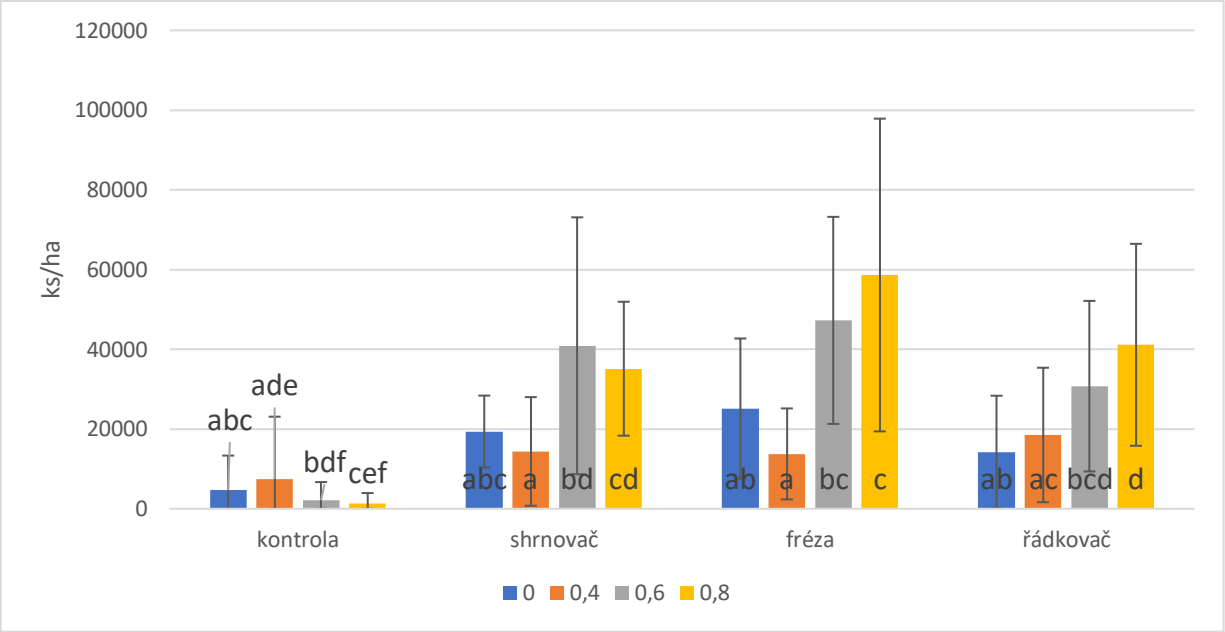
*Obrázek 9: Graf znázorňující průměrný počet jedinců obnovy na hektar, chybová úsečka znázorňuje směrodatnou odchylku. Rozdílné indexy označují signifikantní rozdíly mezi variantami (0: holina; 0,4 – 0,8: stupně zakmenění v porostu po těžebním zásahu)*

*Tabulka 1 Výsledky Kruskal-Wallisova testu pro počty jedinců; červené hodnoty = odlišnost; černé hodnoty = podobnost; 0= kontrolní holina, 4 = zakmenění 4, 6 = zakmenění 6, 8 = zakmenění 8; K = kontrolní varianta bez přípravy půdy, S = příprava půdy shrnovačem, R = příprava půdy řádkovačem, F = příprava půdy půdní frézou*

| | Multiple Comparisons p values (2-tailed); A (Počty jedinců in Podklady pro statisticu BP)<br>Independent (grouping) variable: B<br>Kruskal-Wallis test: H ( 15, N= 320) =162,7785 p =0,000 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Depend.: A | K_0 R:93,775 | K_4 R:72,050 | K_6 R:45,275 | K_8 R:29,425 | S_0 R:159,30 | S_4 R:157,25 | S_6 R:198,63 | S_8 R:209,20 | R_0 R:144,63 | R_4 R:213,43 | R_6 R:185,82 | R_8 R:231,10 | F_0 R:173,15 | F_4 R:169,40 | F_6 R:225,78 | F_8 R:259,80 |
| K_0 | | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,040651 | 0,009570 | 1,000000 | 0,005186 | 0,198485 | 0,000322 | 0,800170 | 1,000000 | 0,000772 | 0,000002 |
| K_4 | 1,000000 | | 1,000000 | 1,000000 | 0,343485 | 0,430842 | 0,001820 | 0,000332 | 1,000000 | 0,000162 | 0,012091 | 0,000007 | 0,065906 | 0,105210 | 0,000018 | 0,000000 |
| K_6 | 1,000000 | 1,000000 | | 1,000000 | 0,011673 | 0,015551 | 0,000019 | 0,000003 | 0,082140 | 0,000001 | 0,000187 | 0,000000 | 0,001486 | 0,002652 | 0,000000 | 0,000000 |
| K_8 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | | 0,001084 | 0,001498 | 0,000001 | 0,000000 | 0,009882 | 0,000000 | 0,000011 | 0,000000 | 0,000108 | 0,000206 | 0,000000 | 0,000000 |
| S_0 | 1,000000 | 0,343485 | 0,011673 | 0,001084 | | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,071101 |
| S_4 | 1,000000 | 0,430842 | 0,015551 | 0,001498 | 1,000000 | | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,054775 |
| S_6 | 0,040651 | 0,001820 | 0,000019 | 0,000001 | 1,000000 | 1,000000 | | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 |
| S_8 | 0,009570 | 0,000332 | 0,000003 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 |
| R_0 | 1,000000 | 1,000000 | 0,082140 | 0,009882 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | | 1,000000 | 1,000000 | 0,374407 | 1,000000 | 1,000000 | 0,665176 | 0,009917 |
| R_4 | 0,005186 | 0,000162 | 0,000001 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 |
| R_6 | 0,198485 | 0,012091 | 0,000187 | 0,000011 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 |
| R_8 | 0,000322 | 0,000007 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,374407 | 1,000000 | 1,000000 | | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 |
| F_0 | 0,800170 | 0,065906 | 0,001486 | 0,000108 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | | 1,000000 | 1,000000 | 0,367211 |
| F_4 | 1,000000 | 0,105210 | 0,002652 | 0,000206 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | | 1,000000 | 0,240343 |
| F_6 | 0,000772 | 0,000018 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,665176 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | | 1,000000 |
| F_8 | 0,000002 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,071101 | 0,054775 | 1,000000 | 1,000000 | 0,009917 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,367211 | 0,240343 | 1,000000 | |




*Obrázek 10: Graf znázorňující průměrný počet jedinců nad 10 cm na hektar*

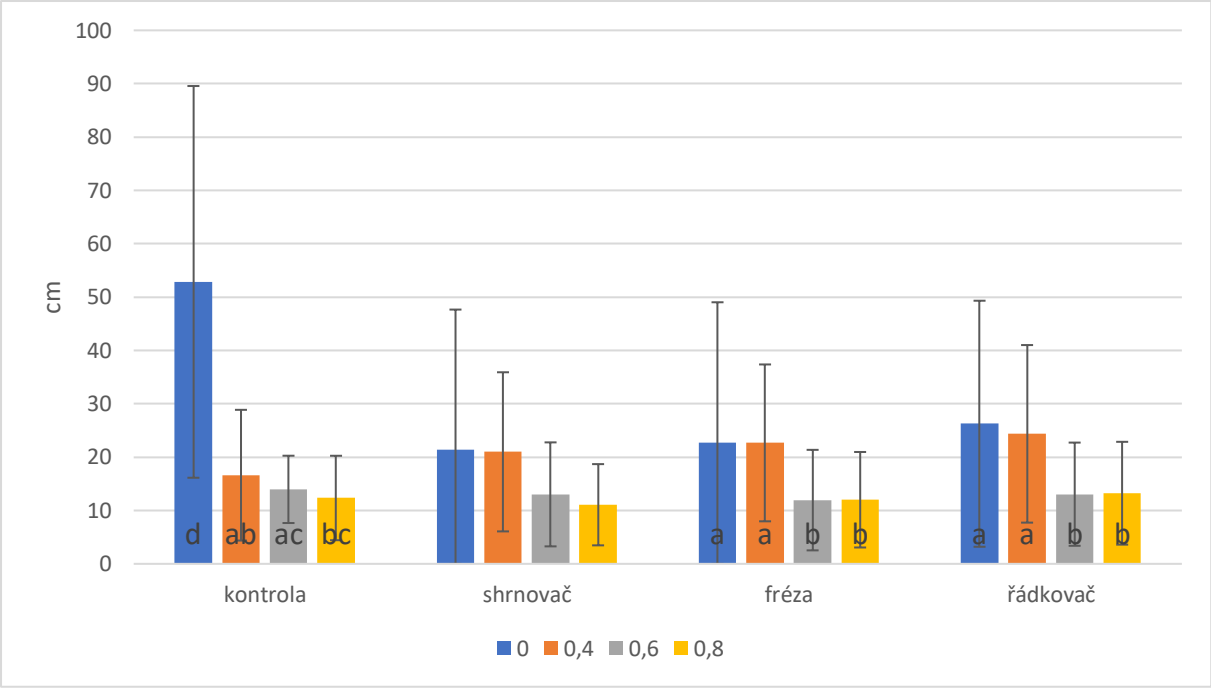



*Obrázek 11: Graf znázorňující průměrný počet jedinců do 10 cm na hektar*

## 5.3. Výšky jedinců obnovy dle variant pěstebních opatření

Z obrázku č. 12 jasně vyplývá, že nejvyšších hodnot výšky dosahují jedinci na kontrolní holině v kontrolní variantě bez přípravy půdy. To odpovídá světlomilnosti borovice lesní. Vyšších výšek dále dosahovali jedinci v zakmenění 0,4. Celkově vliv přípravy půdy na výšku jedinců se zdá nevýrazný. Ve variantě přípravy půdy shrnovačem nebyly prokázány žádné statisticky významné rozdíly.

Tabulka č. 2 ukazuje statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými stupni zakmenění a variantami přípravy půdy.




*Obrázek 12: Graf znázorňující průměrnou výšku jedinců obnovy, chybová úsečka znázorňuje směrodatnou odchylku. Rozdílné indexy označují signifikantní rozdíly mezi variantami (0: holina; 0,4 – 0,8: stupně zakmenění v porostu po těžebním zásahu)*

*Tabulka 2 Výsledky Kruskal-Wallisova testu pro výšku jedinců; červené hodnoty = odlišnost; černé hodnoty = podobnost*
*0= kontrolní holina, 4 = zakmenění 4, 6 = zakmenění 6, 8 = zakmenění 8;*
*K = kontrolní varianta bez přípravy půdy, S = příprava půdy shrnovačem, R = příprava půdy řádkovačem, F = příprava půdy půdní frézou*

Multiple Comparisons p values (2-tailed); A (Výška in Podklady pro statisticu BP)
Independent (grouping) variable: B
Kruskal-Wallis test: H ( 15, N= 3767) =849,4883 p =0,000

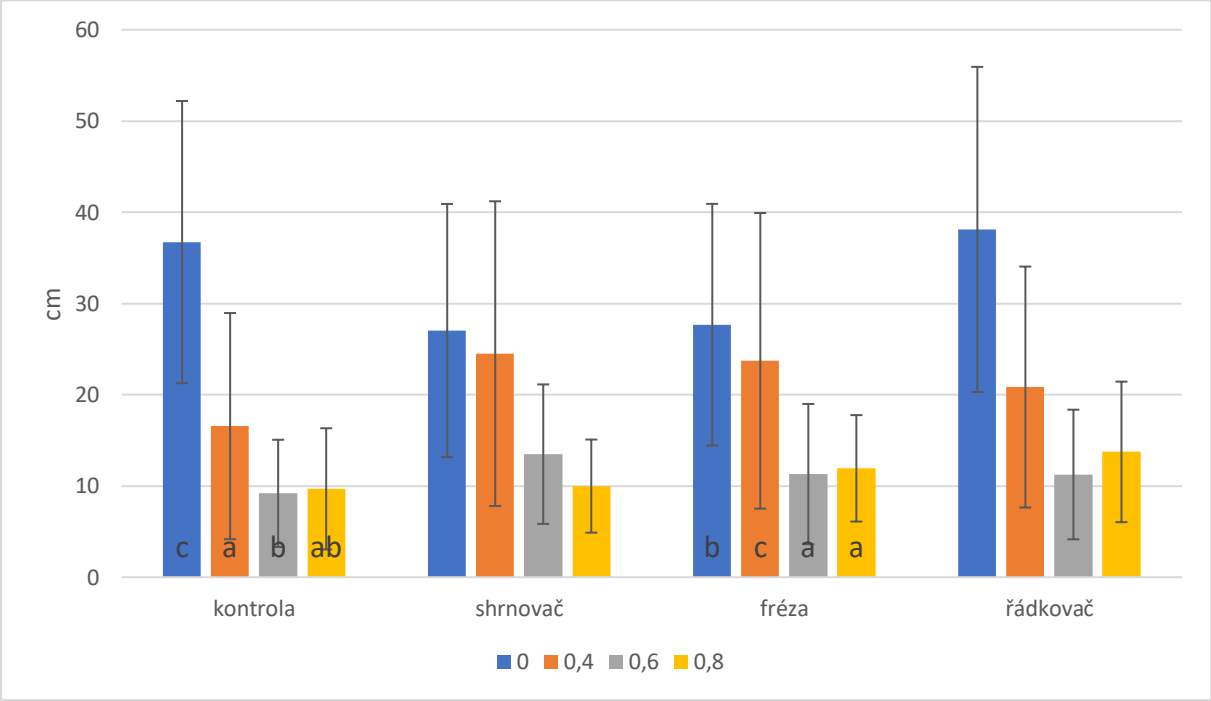
| Depend.: A | **K_0 R:3268,5** | K_4 R:1690,9 | K_6 R:1262,9 | K_8 R:1361,7 | S_0 R:2398,0 | S_4 R:2018,7 | S_6 R:1756,2 | S_8 R:1132,2 | R_0 R:2461,9 | R_4 R:2391,4 | R_6 R:1741,5 | R_8 R:1571,3 | F_0 R:2434,9 | F_4 R:2179,3 | F_6 R:1481,5 | F_8 R:1362,1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **K_0** | | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| K_4 | 0,000000 | | 1,000000 | 1,000000 | 0,000065 | 1,000000 | 1,000000 | 0,001234 | 0,000001 | 0,000001 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000005 | 0,012086 | 1,000000 | 0,775320 |
| K_6 | 0,000000 | 1,000000 | | 1,000000 | 0,000000 | 0,001144 | 0,444026 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,754053 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000006 | 1,000000 | 1,000000 |
| K_8 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | | 0,001223 | 0,467679 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000216 | 0,000525 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000437 | 0,035361 | 1,000000 | 1,000000 |
| S_0 | 0,000000 | 0,000065 | 0,000000 | 0,001223 | | 0,076267 | 0,000001 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000003 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| S_4 | 0,000000 | 1,000000 | 0,001144 | 0,467679 | 0,076267 | | 0,597371 | 0,000000 | 0,001500 | 0,001882 | 0,829588 | 0,000035 | 0,007986 | 1,000000 | 0,000001 | 0,000000 |
| S_6 | 0,000000 | 1,000000 | 0,444026 | 1,000000 | 0,000001 | 0,597371 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000248 | 0,290056 | 0,000191 |
| S_8 | 0,000000 | 0,001234 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000022 | 0,000000 | 0,000000 | 0,010454 | 0,510977 |
| R_0 | 0,000000 | 0,000001 | 0,000000 | 0,000216 | 1,000000 | 0,001500 | 0,000000 | 0,000000 | | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,449998 | 0,000000 | 0,000000 |
| R_4 | 0,000000 | 0,000001 | 0,000000 | 0,000525 | 1,000000 | 0,001882 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| R_6 | 0,000000 | 1,000000 | 0,754053 | 1,000000 | 0,000003 | 0,829588 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | | 1,000000 | 0,000000 | 0,001099 | 1,000000 | 0,004831 |
| R_8 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000035 | 1,000000 | 0,000022 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,628965 |
| F_0 | 0,000000 | 0,000005 | 0,000000 | 0,000437 | 1,000000 | 0,007986 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| F_4 | 0,000000 | 0,012086 | 0,000006 | 0,035361 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000248 | 0,000000 | 0,449998 | 1,000000 | 0,001099 | 0,000000 | 1,000000 | | 0,000000 | 0,000000 |
| F_6 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000001 | 0,290056 | 0,010454 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | | 1,000000 |
| F_8 | 0,000000 | 0,775320 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000191 | 0,510977 | 0,000000 | 0,000000 | 0,004831 | 0,628965 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | |

## 5.4. Šířky korun jedinců obnovy dle variant pěstebních opatření

Z obrázku č. 13 vyplývá, že šířka koruny dosahovala největších rozměrů na kontrolní holině nehledě na přípravu půdy. Poté na variantách se sníženým zakmeněním na 0,4. Předpoklad je reakce borovic na množství dopadajícího slunečního záření, kterého je na kontrolní a na variantě se sníženým zakmeněním větší množství.

Statisticky významnou podobnost vykazují data v zakmeněních 0,4 s 0,8 a 0,6 s 0,8 na kontrolní variantě bez přípravy půdy. Dále data v zakmeněních 0,6 s 0,8 na variantě přípravy půdy provedené půdní frézou. Ve variantě přípravy půdy shrnovačem a řádkovačem nebyly zaznamenány žádné významné statistické rozdíly.

Tabulka č. 3 ukazuje statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými stupni zakmenění a variantami přípravy půdy.




*Obrázek 13: Graf znázorňující šířku koruny jedinců obnovy, chybová úsečka znázorňuje směrodatnou odchylku. Rozdílné indexy označují signifikantní rozdíly mezi variantami (0: holina; 0,4 – 0,8: stupně zakmenění v porostu po těžebním zásahu)*

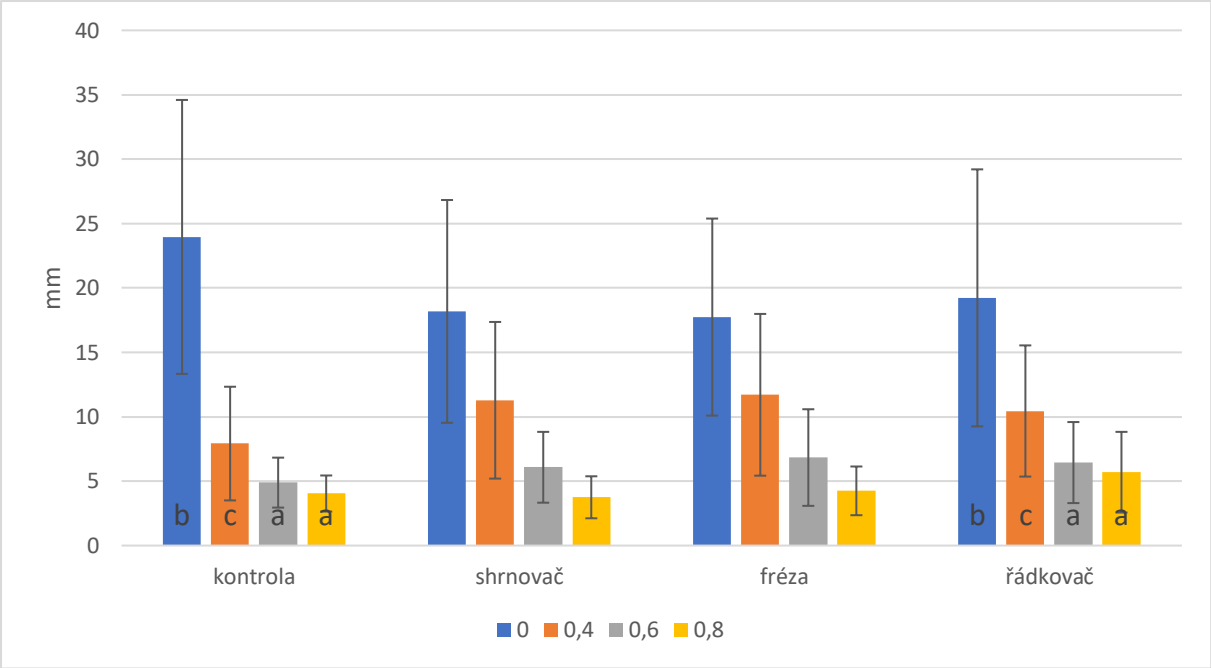
*Tabulka 3 Výsledky Kruskal-Wallisova testu pro šířku koruny; červené hodnoty = odlišnost; černé hodnoty = podobnost 0= kontrolní holina, 4 = zakmenění 4, 6 = zakmenění 6, 8 = zakmenění 8; K = kontrolní varianta bez přípravy půdy, S = příprava půdy shrnovačem, R = příprava půdy řádkovačem, F = příprava půdy půdní frézou*

| | Multiple Comparisons p values (2-tailed); A (Šířka korun in Podklady pro statisticu BP)<br>Independent (grouping) variable: B<br>Kruskal-Wallis test: H ( 15, N= 3771) =1218,994 p =0,000 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Depend.: A | K_0 R:3108,6 | K_4 R:1747,9 | K_6 R:985,53 | K_8 R:1029,1 | S_0 R:2616,2 | S_4 R:2307,9 | S_6 R:1572,1 | S_8 R:1142,6 | R_0 R:3135,9 | R_4 R:2153,3 | R_6 R:1267,6 | R_8 R:1588,0 | F_0 R:2698,4 | F_4 R:2254,7 | F_6 R:1264,8 | F_8 R:1411,8 |
| K_0 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,011098 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,076131 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| K_4 | 0,000000 | | 0,007587 | 0,371210 | 0,000000 | 0,001240 | 1,000000 | 0,000151 | 0,000000 | 0,094142 | 0,036305 | 1,000000 | 0,000000 | 0,005117 | 0,013105 | 0,563132 |
| K_6 | 0,000000 | 0,007587 | | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,067776 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,036367 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 |
| K_8 | 0,000000 | 0,371210 | 1,000000 | | 0,000000 | 0,000002 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000066 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000007 | 1,000000 | 1,000000 |
| S_0 | 0,011098 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,665949 | 0,000000 | 0,000000 | 0,001047 | 0,001016 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,093050 | 0,000000 | 0,000000 |
| S_4 | 0,000000 | 0,001240 | 0,000000 | 0,000002 | 0,665949 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,022348 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| S_6 | 0,000000 | 1,000000 | 0,067776 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,000262 | 0,000000 | 0,000000 | 0,322895 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,083671 | 1,000000 |
| S_8 | 0,000000 | 0,000151 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000262 | | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000015 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,099229 |
| R_0 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,001047 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,009039 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| R_4 | 0,000000 | 0,094142 | 0,000000 | 0,000066 | 0,001016 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,000002 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| R_6 | 0,000000 | 0,036305 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,322895 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,098151 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 |
| R_8 | 0,000000 | 1,000000 | 0,036367 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000015 | 0,000000 | 0,000000 | 0,098151 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,014767 | 1,000000 |
| F_0 | 0,076131 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,022348 | 0,000000 | 0,000000 | 0,009039 | 0,000002 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,001245 | 0,000000 | 0,000000 |
| F_4 | 0,000000 | 0,005117 | 0,000000 | 0,000007 | 0,093050 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,001245 | | 0,000000 | 0,000000 |
| F_6 | 0,000000 | 0,013105 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,083671 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,014767 | 0,000000 | 0,000000 | | 1,000000 |
| F_8 | 0,000000 | 0,563132 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,099229 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | |

## 5.5. Tloušťka kořenového krčku jedinců obnovy dle variant pěstebních opatření

Obrázek č. 14 ukazuje že tloušťka kořenového krčku dosahuje nejvyšších hodnot v kontrolní variantě zakmenění (holina), přičemž mírně vyšší jsou v kombinaci s kontrolní přípravou půdy. Vesměs ale lze vidět, že příprava půdy nemá takový vliv na tloušťku kořenového krčku na rozdíl od hodnoty zakmenění. Pro přípravu půdy shrnovačem a půdní frézou nebyly zaznamenány významné statistické rozdíly.

Tabulka č. 4 ukazuje statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými stupni zakmenění a variantami přípravy půdy.




*Obrázek 14: Graf znázorňující tloušťku kořenového krčku jedinců obnovy, chybová úsečka znázorňuje směrodatnou odchylku. Rozdílné indexy označují signifikantní rozdíly mezi variantami (0: holina; 0,4 – 0,8: stupně zakmenění v porostu po těžebním zásahu)*

*Tabulka 4 Výsledky Kruskal-Wallisova testu pro šířku koruny; červené hodnoty = odlišnost; černé hodnoty = podobnost*
*0= kontrolní holina, 4 = zakmenění 4, 6 = zakmenění 6, 8 = zakmenění 8;*
*K = kontrolní varianta bez přípravy půdy, S = příprava půdy shrnovačem, R = příprava půdy řádkovačem, F = příprava půdy půdní frézou*

Multiple Comparisons p values (2-tailed); A (Tloušťka krčku in Podklady pro statisticu BP)
Independent (grouping) variable: B
Kruskal-Wallis test: H ( 15, N= 3771) =2015,416 p =0,000

| Depend.: A | K_0 R:3330,6 | K_4 R:1869,6 | K_6 R:1155,1 | K_8 R:869,32 | S_0 R:3040,6 | S_4 R:2377,7 | S_6 R:1485,3 | S_8 R:750,76 | R_0 R:3111,2 | R_4 R:2311,0 | R_6 R:1548,5 | R_8 R:1338,8 | F_0 R:3079,6 | F_4 R:2423,8 | F_6 R:1589,1 | F_8 R:923,89 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| K_0 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| K_4 | 0,000000 | | 0,021295 | 0,004611 | 0,000000 | 0,007572 | 0,274552 | 0,000000 | 0,000000 | 0,030762 | 1,000000 | 0,001480 | 0,000000 | 0,000917 | 1,000000 | 0,000000 |
| K_6 | 0,000000 | 0,021295 | | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 |
| K_8 | 0,000000 | 0,004611 | 1,000000 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,806807 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,397043 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,179373 | 1,000000 |
| S_0 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000001 | 0,000000 | 0,000000 |
| S_4 | 0,000000 | 0,007572 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| S_6 | 0,000000 | 0,274552 | 1,000000 | 0,806807 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 |
| S_8 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 |
| R_0 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| R_4 | 0,000000 | 0,030762 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| R_6 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,397043 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 |
| R_8 | 0,000000 | 0,001480 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,352334 | 0,000004 |
| F_0 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| F_4 | 0,000000 | 0,000917 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000001 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,000000 | 0,000000 |
| F_6 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,179373 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,352334 | 0,000000 | 0,000000 | | 0,000000 |
| F_8 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 1,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000004 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | |

# 6. Diskuse

Výzkum prováděný v této práci potvrzuje, že uvolnění zápoje mateřského porostu borovice lesní v kombinaci s přípravou půdy má významný vliv na počet a kvalitu přirozené obnovy. Sledovaný parametr hustota přirozené obnovy dosahoval nejvyšších hodnot ve variantě se zakmeněním porostu 0,8 a variantou přípravy půdy půdní frézou, a to v přepočtu na hektar 113 625 jedinců. Obecně byl pozorován trend, že čím vyšší bylo zakmenění mateřského porostu, tím početnější byla přirozená obnova vyjma kontrolní varianty bez přípravy půdy. Z toho vyplývá, že na přirozenou obnovu má klíčový vliv v podstatě jakákoliv příprava půdy, nicméně nejlepších hodnot dosahovala příprava půdní frézou. Naproti jedincům vyskytujícím se na kontrolní holině, dosahovali jedinci pod mateřským porostem jemnějšího větvení, nižších dimenzí a menších výšek, což dává předpoklad k vyšší budoucí kvalitě. V minulosti se již podobným výzkumem vlivu přípravy půdy a zakmenění na přirozenou obnovu zabývali například (Aleksandrowicz-Trzcińska, 2013; Brichta, 2020; Nilsson, 2019; Béland, 2010).

Vlivem různých druhů přípravy půdy na přirozenou obnovu borovice lesní v lesích východního Polska se zabývali Aleksandrowicz-Trzcińska (2013). Výzkum probíhal na čtyřech vytvořených holinách, kdy na každé z nich byly realizovány tři druhy přípravy půdy – lesním pluhem, půdní frézou a aktivním pluhem. Z jejich výzkumu vyplynulo, že nejvyšší hustoty 188 000 jedinců/ha dosahovala stanoviště upravená aktivním pluhem, kdy bylo dosaženo optimální vlhkosti pro vyklíčení a dostatečného obnažení minerální půdy kde, jak zjistili, klíčení semen probíhá nejlépe. Výzkum ukazuje, že příprava půdy je významným faktorem podporujícím hustotu i kvalitu přirozené obnovy borovice lesní. Závěry tohoto výzkumu potvrzují výsledky zjištěné v této bakalářské práci.

V podmínkách jižního Švédska se Béland (2010) zabýval přirozenou obnovou borovice lesní na výzkumné ploše o 10 hektarech ve třech variantách hustoty mateřského porostu ve věku 78 let – kontrolní holina, porost se 160 jedinci/ha a porost s 200 jedinci/ha, spolu se skarifikací půdy. V nejhustší variantě se vyskytovalo 90 000 jedinců/ha, ve variantě s nižší hustotou se vyskytovalo 53 000 jedinců/ha a na kontrolní holině pouze 3 700 jedinců/ha. Skarifikace půdy obnažením minerálního horizontu výrazně podpořila klíčení semen. Výsledky zpracovávané

bakalářské práce jsou v souladu s výsledky tímto experimentem,v porostech s vyšší hustotou se objevuje více jedinců přirozené obnovy, jestliže byla přítomna příprava půdy.

Nilsson (2019) pozoroval vliv přípravy stanoviště na živinami chudých a bohatších lokalitách metodami odstraněním humusu, hluboké kultivace půdy a kontroly bez přípravy na výsadby smrku ztepilého a borovice lesní. Výzkum potvrdil hypotézu, že borovice lesní rostla rychleji na všech stanovištích, kde byla provedena příprava půdy. Počáteční růst borovice byl rychlejší než u smrku.

V České republice již také probíhala a probíhá série výzkumů na obnovu borovice lesní podrostním způsobem. Brichta (2020) sledoval přirozenou obnovu borovice na ploše Mariana I. rovněž v oblasti Doks. Výzkum sledoval vliv zakmenění mateřského porostu a přípravy půdy na množství a kvalitu přirozené obnovy. Sledované parametry byly hustota, množství dopadajících semen, výšky sazenic, šířky korun sazenic. Sledovanými údaji byl též vodní potenciál půdy a teplota půdy. Nejvyšší počet semen byl v porostu s nejvyšším zakmeněním mateřského porostu (0,8). Nejvyšší hustoty přirozené obnovy se nacházely ve variantě zakmenění 0,4, což je rozdíl proti této práci, kde nejvyšší hustoty byly zaznamenány v zakmenění 0,8. Pozitivní vliv přípravy půdy na parametry kvality jedinců obnovy nebyl prokázán, což je v souladu s výsledky této práce. Zároveň se shoduje tvrzení, že na hustotu obnovy má zásadní vliv příprava půdy.

Ve srovnání s tímto výzkumem na ploše Mariana I kde nejvyšší hustota vycházela 32 402 jedinců na hektar, vycházejí na výzkumné ploše Mariana II této bakalářské práce mnohem vyšší hustoty přesahující i 100 000 jedinců na hektar. Pravděpodobně se tak stalo vlivem spolupůsobení klimaticky příznivějšího roku a bohaté úrody semen.

# 7. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vyhodnotit hustotu a kvalitu přirozené obnovy borovice lesní v rámci různých stupňů zakmenění mateřského porostu v kombinaci s přípravou půdy a nalézt optimální kombinaci. Vyhodnocovanými parametry byly hustota, výška, tloušťka kořenového krčku a šířka koruny jedinců přirozené obnovy.

Po vyhodnocení výsledků dat inventarizace přirozené obnovy za 4 roky od provedeného těžebního zásahu, se potvrdilo že pro přirozenou obnovu borových porostů je klíčová příprava půdy bez významného rozdílu mezi jednotlivými druhy. Zároveň příprava půdy nevykazuje významný vliv na kvalitativní parametry obnovy. Je patrné že kvalitativní znaky (tloušťka kořenového krčku, výška, šířka koruny) nejvíce reagují na stupeň zakmenění. Nejvyšší hustota (113 625 jedinců/ha) byla pozorována ve stupni zakmenění 0,8 v kombinaci s přípravou půdy půdní frézou.

Nejvyšší hodnoty výškových přírůstů, tloušťky kořenového krčku a šířky koruny nabývali jedinci na kontrolní holině. Z výsledků je patrný trend čím větší stupeň zakmenění, tím jsou nižší hodnoty růstových parametrů.

Z výzkumu vyplývá, že podrostní obnova borovice lesní je možná a do budoucna přináší možnost pěstovat odolnější borové lesy vůči klimatickým změnám. Zároveň přináší poměrně efektivní nástroj hospodaření v borových porostech přirozených stanovišť pro vlastníky a správce lesa v případě, že tradičně uplatňované holosečné hospodaření již nebude efektivní či dokonce povolené vlivem tlaku k odklonění k přírodě blízkému hospodaření v lesích.

# 8. Seznam literatury a použitých zdrojů


ALEKSANDROWICZ-TRZCIŃSKA, Marta, Stanisław DROZDOWSKI, Bogdan BRZEZIECKI, Paulina RUTKOWSKA a Barbara JABŁOŃSKA, 2013. Effects of different methods of site preparation on natural regeneration of Pinus sylvestris in Eastern Poland. *Dendrobiology* [online]. 73-81 [cit. 2023-01-01]. ISSN 16411307. Dostupné z: doi:10.12657/denbio.071.007

BERÁNEK, Jakub, 2008. Škůdci borovice lesní. In: ČESKÁ LESNICKÁ SPOLEČNOST. *Přirozené zmlazování borovice: sborník referátů*. Mimoň: Lesnická práce, s. 33-36. ISBN 978-80-02-02070-7.

BÉLAND, M., E. AGESTAM, P. M. EKÖ, P. GEMMEL a U. NILSSON, 2010. Scarification and Seedfall affects Natural Regeneration of Scots Pine Under Two Shelterwood Densities and a Clear-cut in Southern Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research [online]. 15(2), 247-255 [cit. 2023-03-29]. ISSN 0282-7581. Dostupné z: doi:10.1080/028275800750015064

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

BÍLEK, Lukáš, Zdeněk VACEK, Stanislav VACEK, Daniel BULUŠEK, Rostislav LINDA a Jan KRÁL, 2018. Are clearcut borders an effective tool for Scots pine (Pinus sylvestris L.) natural regeneration?. *Forest Systems* [online]. **27**(2) [cit. 2023-03-09]. ISSN 2171-9845. Dostupné z: doi:10.5424/fs/2018272-12408

BRICHTA, Jakub, Lukáš BÍLEK, Rostislav LINDA a Jan VÍTÁMVÁS, 2020. Does shelterwood regeneration on natural Scots pine sites under changing environmental conditions represent a viable alternative to traditional clear-cut management?. *Central European Forestry Journal* [online]. **66**(2), 104-115 [cit. 2022-12-30]. ISSN 0323-1046. Dostupné z: doi:10.2478/forj-2020-0014

DVOŘÁK, Petr, 2022. *Lesní zákon: komentář*. 2. vydání. Praha: Wolters Kluwer. Komentáře (Wolters Kluwer ČR). ISBN 978-80-7676-526-9.

EŠNEROVÁ, Jana, Ivan KUNEŠ a Martin BALÁŠ, 2014. *Určování dřevin pro lesní školkaře: [studijní materiál pro posluchače předmětu Pěstování lesa I a Biologické základy lesního hospodářství]*. Praha: Katedra pěstování lesů, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-2500-5.

HOLUŠA, Jaroslav, ZAHRADNÍK, Petr, ed., 2014. *Metodická příručka integrované ochrany rostlin pro lesní porosty*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-7458-057-4.

KACÁLEK, Dušan, Oldřich MAUER, Vilém PODRÁZSKÝ, et al., 2017. *Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin: Soil improving and stabilising functions of forest trees*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-7458-102-1.

KREMER, Bruno P., 2006. *Stromy: v Evropě zdomácnělé a zavedené druhy*. Vyd. 3. Přeložil Josef POLÁČEK. V Praze: Knižní klub. Průvodce přírodou (Euromedia Group - Knižní klub). ISBN 80-242-1636-1.

KNÍŽEK, Miloš a Jan LUBOJACKÝ, ed., 2020. Podkorní hmyz: Podkorní hmyz na borovici. In: KNÍŽEK, Miloš a Jan LIŠKA. *Zpravodaj ochrany lesa: Supplementum 2020 Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 2019 a jejich očekávaný stav v roce 2020* [online]. VÚLHM, v. v. i, s. 31-35 [cit. 2023-03-20]. ISSN 1211-9350. Dostupné z: file:///C:/Users/rysav/Downloads/ZOL_Suppl_2020.pdf

LUBOJACKÝ, Jan, 2013. Škody působené větrem. *Lesnická práce: Časopis pro lesnicko-dřevařskou vědu a praxi*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, **92**(12). ISSN 0322-9254.

LUBOJACKÝ, Jan, František LORENC, Michal SAMEK, Miloš KNÍŽEK a Jan LIŠKA, 2021. Hlavní problémy v ochraně lesa v Česku v roce 2021 a prognóza na rok 2022. In: *Škodliví činitelé v lesích Česka 2021/2022: Škody zvěří*. s. 17-26. ISBN 978-80-7417-229-8. ISSN 1211-9342.

MADĚRA, Petr a Luboš ÚRADNÍČEK, 2001. *Dřeviny České republiky*. Písek: Matice lesnická. ISBN 80-86271-09-9.

MERLIN, Morgane, Thomas PEROT, Sandrine PERRET, Nathalie KORBOULEWSKY a Patrick VALLET, 2015. Effects of stand composition and tree size on resistance and resilience to drought in sessile oak and Scots pine. *Forest Ecology and Management* [online]. **339**, 22-33 [cit. 2023-03-20]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2014.11.032

MODLINGER, Roman a Miloš KNÍŽEK, 2009. Klikoroh borový: Hylobius abietis L. *Lesnická práce: Časopis pro lesnicko-dřevařskou vědu a praxi*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, **88**(10). ISSN 0322-9254.

MUSIL, Ivan, Jan HAMERNÍK a Gabriela LEUGNEROVÁ, 2003. *Lesnická dendrologie 1: jehličnaté dřeviny: přehled nahosemenných (i výtrusných) dřevin*. 2. ed. Praha: Česká zemědělská univerzita. ISBN isbn80-213-0992-x.

NILSSON, Oscar, Karin HJELM a Urban NILSSON, 2019. Early growth of planted Norway spruce and Scots pine after site preparation in Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research [online]. 34(8), 678-688 [cit. 2023-03-29]. ISSN 0282-7581. Dostupné z: doi:10.1080/02827581.2019.1659398

PATŘIČNÝ, Martin, 2005. *Dřevo krásných stromů*. Třetí, přepracované vydání, v nakladatelství Grada Publishing, a.s., první vydání. Praha: Grada Publishing. ISBN 80-247-1193-1.

PEŠKOVÁ, Vítězslava a Dana ČÍŽKOVÁ, 2015. Lesnická fytopatologie. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská. ISBN 978-80-213-2603-3.

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

POLENO, Zdeněk, 1999. ZPŮSOBY HOSPODAŘENÍ VE VYSOKOKMENNÉM LESE - III. *Lesnická práce: Časopis pro lesnicko-dřevařskou vědu a praxi*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, **78**(7), 310-313. ISSN 0322-9254.

SLODIČÁK, Marian, Jiří NOVÁK a David DUŠEK, 2013. Výchova porostů borovice lesní: certifikovaná metodika. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-069-0.

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

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

ŠINDELÁŘ, Jiří, 2004. Přirozená obnova borovice lesní. *Lesnická práce: Časopis pro lesnicko-dřevařskou vědu a praxi* [online]. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, **83**(8) [cit. 2023-03-06]. ISSN 0322-9254. Dostupné z: https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-83-2004/lesnicka-prace-c-8-04/prirozena-obnova-borovice-lesni

ŠRÁMEK, Vít a Radek NOVOTNÝ, 2022. Povětrnostní podmínky a abiotická poškození v roce 2021. In: *Škodliví činitelé v lesích Česka 2021/2022– Škody zvěří: Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí*. Průhonice: Lesní ochranná služba, s. 11-16. ISBN 978-80-7417-229-8. ISSN 1211-9342.

UHLÍŘOVÁ, Hana a Petr KAPITOLA, 2004. *Poškození lesních dřevin*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 80-86386-56-2.

ULBRICHOVÁ, Iva, Lukáš BÍLEK a Jiří REMEŠ, 2017. Vliv zpracování těžebních zbytků na charakteristiky bylinného a keřového patra na přirozených borových stanovištích. *Zprávy lesnického výzkumu* [online]. VÚLHM, v. v. i, **62**(3), 142-152 [cit. 2023-03-20]. ISSN ISSN 0322-9688. Dostupné z: https://www.vulhm.cz/files/uploads/2019/02/491.pdf

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

VACEK, Stanislav, Jiří REMEŠ, Zdeněk VACEK, Lukáš BÍLEK, Igor ŠTEFANČÍK, Martin BALÁŠ a Vilém PODRÁZSKÝ, 2022. *Pěstování lesů*. Vydání: druhé (upravené a doplněné). V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-3203-4.

VEJPUSTKOVÁ, Monika, Kateřina NUDERTOVÁ HELLEBRANDOVÁ, Tomáš ČIHÁK, Zdeněk VÍCHA a Petr FABIÁNEK. Zdravotní stav borových porostů hodnocený metodikou ICP Forests. *Škodliví činitelé v lesích Česka 2019/2020: Krize zdravotního stavu borovice lesní*. **2020**(23), 42. ISSN ISSN 1211-9342.

VĚTVIČKA, Václav, 2017. *Stromy a keře, mé životní lásky*. Ilustroval Zdeněk BERGER, ilustroval Zdeňka KREJČOVÁ, ilustroval Jan MAGET, ilustroval Jan MAŠEK, ilustroval Věra NIČOVÁ, ilustroval Anna SKOUMALOVÁ-HADAČOVÁ, ilustroval Pavel ŽILÁK. Praha: Aventinum. ISBN 978-80-7442-093-1.

Vyhláška č. 298/2018 Sb.: Vyhláška o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů, 2018. In: *Zakonyprolidi.cz*. ročník 2018, částka 149, číslo 298. Dostupné také z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-298

*Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic : stav k roku 2021*, 2022. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce. ISBN 978-80-7434-625-5.

*Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic : stav k roku 2020*, 2021. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce. ISBN 978-80-7434-625-5.

*Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic : stav k roku 2019*, 2020. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce. ISBN 978-80-7434-625-5.

*Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic : stav k roku 2018*, 2018. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce. ISBN 978-80-7434-625-5.