

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesa (FLD)



**Heterogenita stanovištních podmínek v rámci  
holosečného obnovního prvku a její vliv  
na přirozenou obnovu**

Diplomová práce

Autor: Bc. Jan Fiedler

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

2020

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jan Fiedler

Lesní  
inženýrství  
Lesní  
inženýrství

Název práce

**Heterogenita stanovištních podmínek v rámci holosečného obnovního prvku a její vliv na přirozenou obnovu**

Název anglicky

**Heterogeneity of site conditions within clearcut area and its impact on natural regeneration**

---

### Cíle práce

Vyhodnotit výskyt a kvalitu jedinců přirozené obnovy borovice lesní a dalších přimíšených dřevin na pruhové holé seči v závislosti na orientaci a vzdálenosti porostní stěny, charakteru mikrostanoviště a světelných podmínkách.

### Metodika

Metodika:

- Získání detailního přehledu publikovaných informací k danému tématu
- Výběr a založení reprezentativních zkusných ploch
- Inventarizace přirozené obnovy se zohledněním kvantitativních a kvalitativních parametrů
- Analýza stanovištních faktorů (světelných podmínek a přízemní vegetace) a jejich vlivu na přirozenou obnovu
- Formulování pěstebních doporučení pro obnovu lesních porostů na daných stanovištích

## Doporučený rozsah práce

Minimálně 50 normovaných stran textu bez příloh

## Klíčová slova

porostní okraj, světelné podmínky, přízemní vegetace, pruhová holá seč, příprava půdy, přimíšené dřeviny, konkurence

---

## 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., Vacek Z., Vacek S., Bulušek D., Linda R., Král J. (2018): Clearcut borders as an effective tool for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) natural regeneration? *Forest Systems* e010. <https://doi.org/10.5424/fs/2018272-12408>.
- de Chantal M., Leinonen K., Kuuluvainen T., Cescatti A. (2003): Early response of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings to an experimental canopy gap in boreal spruce forest. *Forest Ecology and Management*, 176: 321-336.
- Erefur Ch., Bergsten U., de Chantal M. (2008): Establishment of direct seeded seedlings of Norway spruce and Scots pine: Effects of stand conditions, orientation and distance with respect to shelter tree, and fertilisation. *Forest Ecology and Management*, 255: 1186-1195.
- 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.
- Mikeska M., Vacek S., Prausová R., Simon J., Minx T., Podrázský V. et al. (2008): Typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR. Kostelec nad Černými lesy, *Lesnická práce*. 447 s. ISBN 978-80-87154-20-5.
- Nilsson U., Gemmel P., Johansson U., Karlsson M., Welandar T. (2002): Natural regeneration of Norway spruce, Scots pine and birch under Norway spruce shelterwoods of varying densities on a mesic-dry site in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 161: 133-145.
- Poleno Z., Vacek, S. et al. (2009): Pěstování lesů III. – Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, *Lesnická práce*, 1012 s.
- 

## Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

## Vedoucí práce

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 5. 6. 2019

**prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

**prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.**

Děkan

V Praze dne 07. 03. 2020

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „*Heterogenita stanovištních podmínek v rámci holosečného obnovního prvku a její vliv na přirozenou obnovu*“ vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Lukáše Bílka, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

Ve..... dne.....

Podpis autora

Touto cestou bych rád poděkoval všem, kteří přispěli radou, či pomocí při zpracování dat a dokončení této diplomové práce.

Především velice děkuji svému školiteli doc. Ing. Lukáši Bílkovi, Ph.D. za příkladné vedení při zpracování diplomové práce, poskytnutí doplňujících odborných publikací, konzultací a rad, při kterých byl vždy maximálně ochotný a věnoval mi dostatek času. Můj dík také patří jeho kolegyni Ing. Ivě Ulbrichové, Ph.D. za pomoc při zpracování hemisférických fotografií a Ing. Jakubu Brichtovi za dodatečné komentáře k diplomové práci. Dále bych chtěl poděkovat Josefu Homolkovi a kolektivu jeho pracovníků, kteří mi poskytli hospodářskou knihu a informace o zkoumaných porostech, pánovi Bc. Jakubu Myškovi za četné debaty nad problematikou pěstování borovice lesní a korekturou diplomové práce a paní Janě Kučerové DiS. za pomoc při sběru dat v terénu.

Rovněž děkuji své rodině a kamarádům za různorodou podporu po celou dobu mého vysokoškolského studia, jehož je tato práce, jakožto součást státní závěrečné zkoušky, závěrečným výstupem.

## Abstrakt

### **Téma: Heterogenita stanovištních podmínek v rámci holosečného obnovního prvku a její vliv na přirozenou obnovu**

Na území České republiky v přírodní lesní oblasti Severočeská pískovcová plošina a Český Ráj, severně od města Liběchov, bylo zkoumáno přirozené zmlazení borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) v holosečném způsobu hospodaření na konkrétním lesním celku soukromého vlastníka. Na třech holých sečích s celoplošnou přípravou půdy, založených v porostech s hlavní dřevinou borovicí lesní, byly vytyčeny čtyři transekty a na nich v pravidelných rozestupech 3 m prováděno měření na kruhových zkusných plochách o průměru 45 cm vždy v obou místech reliéfu, brázdě a vrcholu. Měřeno bylo množství a kvalita přirozeného zmlazení v závislosti na vlivu hlavních faktorů na pruhové holé seči. Hodnoceno bylo působení orientace ke světové straně, západní vzdálenosti od mateřského porostu, slunečního záření na semenáčky a vliv konkrétních mikrostanovištních podmínek. Měřena byla také procentuální pokrývnost plochy bylinami, dřevinami či bez pokrytí. Změřená data byla následně vyhodnocena a zpracována v programu STATISTICA 12 a CANOCO 5. Měřením bylo zjištěno a následně vypočítáno množství přirozené obnovy na hektar, které dosahovalo počtu 89 074–497 619 jedinců v závislosti na roku měření a na zkoumané holé seči. Výrazný vliv na počet přirozeného zmlazení měla celoplošná příprava půdy, která podpořila přirozenou obnovu diferenciací plochy a snížila prvotní konkurenceschopnost přizemní vegetace. I přes to byl na ploše pozorován významný vliv třtiny křovištní (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth) na jižní straně holé seče a omezení růstu semenáčků borovice. Významným ovlivňujícím faktorem byl také mateřský porost obklopující holou seč. Působení se projevilo především v orientaci ke světové straně, které je závislé na působení slunečního záření, kdy jižní a západní strana holé seče nedosahuje takového oslunění jako zbytek plochy. Z výsledků bylo odvozeno, že volba pruhové holé seče na hospodářském souboru přirozených borových stanovišť je vhodný obnovní způsob, který zajišťuje dostatečný počet a rozmístění přirozeného zmlazení pro zalesnění a zajištění porostu.

**Klíčová slova:** borovice lesní; holá seč; přirozená obnova; mikrostanoviště; pruhová holá seč; celoplošná příprava půdy

## Abstract

### **Topic: Heterogeneity of site conditions within clearcut area and its impact on natural regeneration**

In the Czech Republic natural forest area Severočeská pískovcová plošina and Český Ráj, north of the Liběchov city, was examined natural regeneration of Pine (*Pinus sylvestris* L.) in the private property forest where was used clear felling system of forest managing. In the three selected clear cut units with compartment site preparation, which was made in stand with domination of pines were established four transects, where was measured circle area of 45 cm in systematic spacing by three metres on the top and furrow of terrain. It was measured quantity and quality of natural regeneration and it was depended on main factors of line clear cuts. It was rated the effect of cardinal direction, distance of the west side of mature stand, effect of light radiation and the influence of microhabitats. Also percentage cover of the area by herbs, trees or area without cover. Collected data was evaluated and processed in programs STATISTICA 12 and CANOCO 5. By collecting information about natural regeneration we have determined and calculated number of seedling per hectare, which came up from 89 074 to 467 617 seedling which depended on the year of the measurement and also differentiation of clearcuts. The effect of site preparation were observed by highly influence in support of natural regeneration and also reduce primary competition ability of another herb species by differentiation of clear cut. Despite of site preparation we have observed highly competition of cane shrub (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth) in the south area of clear cuts which has limited growth of pine seedlings. Important factor was also maternal growth which was placed over the clearcut. The effect was demonstrated in orientation to the world side which is dependent on the sunlight where south and west side of clearcut has not reached so much sunlight as rest of the area. From the results we have deduced that choosing of the strip felling clear cutting in the management set of stands in naturally pinewood forest is eligible silvicultural system which provides sufficient number and arrangement of natural regeneration for forestation and provision of forest plantation.

**Key words:** Pines; clear felling; natural regeneration; microsite; strip felling clear cutting; compartment site preparation

1	Úvod .....	11
2	Cíl práce.....	13
3	Literární rešerše .....	14
3.1	Základní charakteristika borovice lesní .....	14
3.1.1	Přírozený areál rozšíření borovice lesní.....	14
3.1.2	Borové porosty v České republice .....	15
3.1.3	Ekologické nároky a funkce borovice lesní.....	18
3.1.3.1	Stanovištní nároky.....	18
3.1.3.2	Růstová forma a strategie borovice lesní .....	20
3.1.3.3	Vliv opadu borovice lesní na půdní podmínky .....	21
3.1.4	Ekotypy borovice lesní .....	22
3.1.5	Vliv abiotických a biotických činitelů na zdravotní stav a růst borovice ..	23
3.1.5.1	Abiotičtí činitelé.....	23
3.1.5.2	Biotičtí činitelé .....	24
3.1.6	Reakce borovice na klimatickou změnu .....	26
3.2	Význam borovice lesní v lesním hospodářství.....	27
3.2.1	Produkční význam borovice lesní.....	27
3.2.1.1	Dřevoprodukční význam borovice lesní .....	28
3.3	Pěstování borovice lesní.....	32
3.3.1	Přírozená obnova borovice lesní.....	32
3.3.2	Vliv mikrostanovištních podmínek na přírozenou obnovu.....	35
3.3.3	Umělá obnova borovice lesní .....	38
3.3.4	Mechanická příprava půdy.....	40
3.3.5	Výchova .....	42
3.3.6	Porostní směsi s borovicí .....	44
3.3.7	Adaptační opatření pro zlepšení stability borových porostů v probíhající klimatické změně.....	45



3.4	Hlavní hospodářské způsoby v borových hospodářských lesích .....	46
3.4.1	Hospodářský způsob podrostní .....	47
3.4.2	Hospodářský způsob holosečný .....	48
3.5	Charakteristika území .....	50
3.5.1	Imisní zátěž v oblasti .....	51
3.5.2	Geomorfologie oblasti .....	52
3.5.3	Pedologické podmínky .....	52
3.5.4	Regionálně geologické a stratigrafické zařazení lokality .....	52
3.5.5	Klimatické podmínky .....	53
3.6	Produkční potenciál lokality .....	55
3.6.1	Hospodářský soubor přirozených borových stanovišť .....	55
3.6.2	Kyselá ekologická řada .....	56
3.6.3	Soubor lesních typů kyselý bor .....	56
4	Metodika .....	58
4.1	Charakteristika zkusných ploch .....	58
4.1.1	Použitý semenný materiál na zkusných plochách .....	60
4.1.2	Vytyčení transektů .....	61
4.2	Sběr dat a hemisférických fotografií z terénu .....	62
4.3	Zpracování dat .....	64
5	Výsledky .....	65
5.1	Charakteristika mateřského porostu .....	65
5.2	Počty jedinců přirozené a umělé obnovy na holinách .....	65
5.3	Výška a výškový růst obnovy .....	67
5.4	Vliv mikrostanoviště .....	70
5.5	Vliv slunečního záření na holé ploše .....	77
5.6	Vliv zvěře .....	80
6	Diskuze .....	81

7	Závěr.....	86
8	Použitá literatura.....	88
9	Přílohy .....	102

## Seznam obrázků

Obr. 1. Areál rozšíření borovice lesní (Musil, Hamerník 2007).....	15
Obr. 2. Mapa s vyznačením zastoupení borů na území České republiky (lesní vegetační stupeň 0 – bory) v ČR (GIS – ÚHÚL 2005).....	16
Obr. 3. Procentuální zastoupení borů (lesní vegetační stupeň 0 – bory) v ČR (GIS – ÚHÚL 2005).....	17
Obr. 4. Rozdílné růstové formy habitu borovice lesní (Musil, Hamerník 2007).....	21
Obr. 5. Vliv aplikovaného obnovního postupu na hustotu dřeva u borovice lesní (Bílek et al. 2018a).....	29
Obr. 6. Průměrné roční ceny borových sortimentů za 1 m <sup>3</sup> v korunách českých seřazeny dle jednotlivých jakostních tříd s vyznačením nejnižší a nejvyšší ceny v období mezi roky 2010 a 2019 (upraveno podle: ČSÚ 2020).....	31
Obr. 7. Kumulace fotosynteticky aktivního záření (FAR, MJ × m <sup>-2</sup> ) přijaté během dvou vegetačních sezón kdy na ploše rostli semenáčky borovice lesní (Chantal et al. 2003). 37	
Obr. 8. Model výchovy pro kvalitní a nekvalitní porosty s údaji o počtu stromů (N) z růstových tabulek Černý et. al. (1996) pro +1 (32) a 5 (22) bonitu (Slodičák et al. 2013).....	43
Obr. 9. Vyznačení zkusných ploch na letecké mapě (Mapy.cz 2020).....	58
Obr. 10. Porostní mapa se zakreslením testovaných ploch a umístěním zkusných ploch v přilehlých mateřských porostech. ....	60
Obr. 11. Nárůst průměrné výšky měřených jedinců během měření v roce 2018 a 2019.....	67
Obr. 12a a 12b Korelace výšky přirozené obnovy a tloušťky kořenového systému měřeno v roce 2018 (vlevo) a 2019 (vpravo). ....	67
Obr. 13a a 13b. Rozložení výšek přirozené obnovy borovice lesní měřených v roce 2018 (vlevo) a 2019 (vpravo). ....	68
Obr. 14. Porovnání výšek jedinců přirozené obnovy borovice lesní na holinách měřených v roce 2018.....	69
Obr. 15. Porovnání výšek jedinců přirozené obnovy borovice lesní na holinách měřených v roce 2019.....	69
Obr. 16. Závislost množství jedinců na reliéfu mikrostanoviště v roce 2018 a 2019.....	70
Obr. 17. Závislost výšky přirozeného zmlazení na reliéfu v roce 2018. ....	71

Obr. 18. Závislost výšky přirozeného zmlazení na reliéfu v roce 2019. ....	71
Obr. 19. Závislost množství jedinců na světové orientaci měřeno v roce 2018 a 2019. ....	72
Obr. 20. Závislost výšky přirozené obnovy na orientaci ke světové straně měřené v roce 2018.....	72
Obr. 21. Závislost výšky přirozené obnovy na orientaci ke světové straně měřené v roce 2019.....	73
Obr. 22. Průměrná výška přirozeného zmlazení ve vztahu ke vzdálenosti od západního okraje mateřského porostu v roce 2018. ....	73
Obr. 23. Průměrná výška přirozeného zmlazení ve vztahu ke vzdálenosti od západního okraje mateřského porostu v roce 2019. ....	74
Obr. 24. Průměrná procentuální pokryvnost na ploše ve vegetační sezóně 2018 a 2019. ....	74
Obr. 25a a 25b. Vyjádření závislosti půdního pokryvu k orientaci ke světové straně a reliéfu terénu ve vegetační sezóně 2018 (vlevo) a 2019 (vpravo). ....	75
Obr. 26a a 26b. Vyjádření závislosti věku, výšky, tloušťky kořenového krčku a poškození přirozeného zmlazení borovice lesní k orientaci ke světové straně a reliéfu terénu ve vegetační sezóně 2018 (vlevo) a 2019 (vpravo). ....	76
Obr. 27. Celkové přímé fotosynteticky aktivní záření pod korunami stromů vztažené v závislosti na orientaci ke světové straně. ....	77
Obr. 28. Celkové přímé fotosynteticky aktivní záření pod korunami stromů vztažené v závislosti ke vzdálenosti od západní stěny mateřského porostu. ....	78
Obr. 29. Korelace Průměrného celkového fotosynteticky aktivního záření pod korunami stromů a procentuální prostupnosti světelného záření na plochu. ....	78
Obr. 30a, 30b a 30c. PPF <sub>D</sub> celkové přímé fotosynteticky aktivní záření pod korunami stromů ( $\text{MJ} \times \text{m}^{-2} \times \text{den}^{-1}$ ) znázornění ve 3D grafu na holině 1 (vpravo nahoře), 2 (vlevo dole) a 3 (vpravo dole).....	79
Obr. 31a a 31b. Poškození přirozeného zmlazení borovice lesní způsobeného tlakem zvěře v roce 2018 (vlevo) a 2019 (vpravo).....	80
Obr. 33. Letecká mapa se znázorněním oblasti výzkumu (Mapy.cz 2020).....	102
Obr. 34. Mapa přírodních lesních oblastí České republiky se znázorněním oblasti výzkumu (ÚHÚL 2020).....	102
Obr. 35. Mapa CHKO Kokořínsko se znázorněním zonací a oblasti výzkumu (AOPK 2009).....	103

Obr. 36. Průmyslová zařízení IPPC v roce 2016 na území střeđočeského kraje s označením umístění lokality výzkumu (Mertl et al. 2016). .....	104
Obr. 37. Mapa půdních typů v oblasti (Česká geologická služba 2020). .....	104
Obr. 38. Mapa klimatických oblastí ČSR se zobrazením konkrétní lokality v blízkosti města Liběchov (Quitt 1971). .....	105
Obr. 39. Mapa se znázorněním Langova dešřového faktoru na území České republiky s vyznačením umístění zkusných ploch (Tolasz 2007). .....	105
Obr. 40. Porovnání vývoje holé seče ve vegetační sezóně 2018 a 2019. ....	108
Obr. 41. Fenotypově kvalitní mateřský porost s vysokými, rovnými a málo sukátými kmeny.....	108

## Seznam tabulek

Tab. 1. Vyznačená poloha a šířka tolerance borovice lesní ve stadiu dospělosti vůči hlavním faktorům prostředí (Thomasius, Schmidt 1996).....	20
Tab. 2. Druhé složení lesů v ha a % z celkové plochy půdy na území České republiky (upraveno podle: MZe 2018). .....	28
Tab. 3. Cílové tloušťky borovice lesní pro stanoviště kyselých smíšených dubových bučin a kyselých smíšených dubových jedlin (upraveno podle: Bílek et al. 2017).....	30
Tab. 4. Prodané množství surového dříví v m <sup>3</sup> pro tuzemsko za ČR v roce 2017 a 2019 od nejvýznamnějších společností obchodujících se dřevem (upraveno podle: ČSÚ 2020). .....	31
Tab. 5. Obnova lesa na území České republiky v hektarech (upraveno podle: MZe 2018). .....	33
Tab. 6. Umělá obnova borovice lesní na území České republiky (Upraveno podle: MZe 2018). .....	39
Tab. 7. Charakteristika PLO 18 – Severočeská pískovcová plošina a Český ráj (upraveno podle: OPRL 2001). .....	50
Tab. 8. Ekologická charakteristika pásem ohrožení v PLO 18 (upraveno podle: ÚHÚL 2001). .....	51
Tab. 9. Stratigrafické zařazení oblasti (Chlupáč et al. 2002). .....	53
Tab. 10. Regionálně geologické zařazení oblasti (Brunclík et al. 1986) .....	53
Tab. 11. Klimatická charakteristika teplé oblasti T2 dle Quittovi klasifikace (upraveno podle: AOPK 2020). .....	54
Tab. 12. Průměrná teplota vzduchu a průměrný roční úhrn srážek za období mezi roky 1991–2010 pozorované na meteorologické stanici v Doksanech v Ústeckém kraji (upraveno podle: ČHMÚ 2020). .....	54
Tab. 13. Cílový hospodářský soubor přirozených borových stanovišť (Upraveno podle: příloha č. 3 k vyhlášce č. 298/2018 Sb.).....	55
Tab. 14. Souhrnné informace z hospodářské knihy LHC: 101 174.....	59
Tab. 15. Porostní veličiny mateřských porostů v blízkosti zkoumaných holých sečí. ...	65
Tab. 16. Počet jedinců změřených na zkusných plochách v roce 2018 a 2019. ....	66

Tab. 17. Počty jedinců přirozené obnovy borovice lesní na jednotlivých holinách v letech 2018 a 2019 s vypočítaným počtem jedinců vztažených na 1 m <sup>2</sup> a 1 ha. ....	66
Tab. 18. Sluneční záření nad korunami v oblasti měření vztažené na vegetační období od konce dubna do konce října, k nadmořské výšce a zeměpisné poloze. ....	77
Tab. 19. Jakostní třídy honitby pro jednotlivé druhy zvěře a jejich minimální a normované stavy (podle vyhlášky MZe č. 491/2002 Sb., o způsobu stanovení minimálních a normovaných stavů zvěře a o zařazování honiteb nebo jejich částí do jakostních tříd). ....	80
Tab. 20. Souhrnná tabulka s výsledky z různých studií s obdobnou tematikou prováděných na území České republiky a Evropy. ....	83
Tab. 21. Průměrné roční ceny borových sortimentů za 1 m <sup>3</sup> v korunách českých seřazeny dle jednotlivých jakostních tříd s vyznačením nejnižší a nejvyšší ceny v období mezi roky 2010 a 2019 (upraveno podle: ČSÚ 2020). ....	106
Tab. 22. Mateřské porosty a jejich údaje v hospodářské knize. ....	106

## Seznam použitých zkratek a symbolů

AOPK.....Agentura ochrany přírody a krajiny ČR

HS .....hospodářský soubor

CHKO .....chráněná krajinná oblast

CHS.....cílový hospodářský soubor

LHC .....lesní hospodářský celek

LT.....lesní typ

k.ú. ....katastrální území

OPRL .....oblastní plán rozvoje lesů

PLO .....přírodní lesní oblast

PUPFL .....pozemek určený k plnění funkcí lesa

SLT .....soubor lesních typů

ÚHÚL .....Ústav pro hospodářskou úpravu lesů

UKT .....univerzální kolový traktor

zkratky dřevin jsou použity podle přílohy č. 4 k vyhlášce č. 84/1996 Sb., o lesním hospodářském plánování



# 1 Úvod

Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) patří mezi hospodářsky nejvýznamnější dřeviny Evropy. Na jejím území zabírá 20 % z celkové plochy produkčních lesních pozemků (Mason, Alía 2000). V České republice je, hned po smrku ztepilém (*Picea abies* L.), nejvýznamnější dřevinou pro dřevozpracující průmysl, čemuž odpovídá i její aktuální zastoupení v lesních porostech, které je 16,2 % (MZe 2019).

Historicky u nás obnova borových porostů probíhala prostřednictvím holosečí, v mnoha případech se tak jednalo o tzv. toulavou seč. Tyto často náhodně umístěné těžby navíc zpravidla nedoprovázelo následné zalesnění, odlesněná plocha pak byla naopak ponechávána přirozené sukcesi. S ohledem na celou řadu dokumentů lesní legislativy, ale také na technologický pokrok, byla v lesích zavedena povinnost zalesňování holých ploch (Poleno et al. 2009). Rovněž vznikla doporučení pro pěstování jednotlivých dřevin. Ještě na konci 20. století Plíva (1980) jasně uvádí, že obnova borovice lesní holosečným způsobem hospodaření je pro tuto dřevinu optimální.

V současné době se začínají uplatňovat pěstební postupy, které jsou s tímto tvrzením v částečném rozporu. Holosečný způsob je dobrou volbou, avšak jen za přesně stanovených podmínek a dodržení postupů obnovy a následné výchovy vycházejících z přírodních procesů (Bílek et al. 2017). Lze pozorovat, že faktory, které jsou klíčové pro podrostní způsob hospodaření, můžeme cílenými zásahy ovlivnit a využít i na pruhové holé seči.

Zvyšující se zájem široké veřejnosti o lesy samozřejmě působí tlak na existenci výrazné polyfunkčnosti lesních ekosystémů (Šišák et al. 2013). Dnes již ale mění preference také celý lesnický sektor, kdy klade důraz na využívání takových obnovních způsobů a metod výchovy porostů, které minimalizují rizika spojená s pěstováním lesních porostů (Poleno et al. 2009). Souhrnně pak opatření pěstování lesa s respektováním přirozených procesů, označujeme jako přírodě blízké hospodaření v lesích (Vacek, Podrázský 2006). Tyto principy lze v borovém hospodaření uplatňovat především efektivním využitím přirozeného zmlazení. Dosáhne se tak dřívější zalesnění a zajištění vzniklých holin a s výsledným vyšším počtem jedinců přirozené obnovy na

hektar máme lepší možnosti výchovy následných porostů. I přes to však mezi lety 2010 a 2018 počet přirozeně obnovených hektarů PUPFL klesl o 1052 (Mze 2018).

## 2 Cíl práce

Diplomová práce, jejímž základem je výzkum prováděný na holých plochách v oblasti přirozených borových stanovišť, zkoumá kvalitativní a kvantitativní vlastnosti přirozené obnovy borovice lesní a ostatních přimíšených dřevin. Vyhodnocení změřených hodnot přirozené hodnoty v kombinaci se změřenými aspekty umístění na ploše, jako jsou orientace ke světové straně, vzdálenost od západní stěny mateřského porostu, umístění v reliéfu orby a konkurence ostatní vegetace na ploše, formuluje růstové schopnosti semenáčků na mikrostanovišti. Z výsledků shromážděných při měření přirozené obnovy, lze následně posoudit vhodnost provádění holosečného způsobu hospodaření s využitím přirozené obnovy pro následnou obnovu těžené plochy v oblastech podobného charakteru.

### 3 Literární rešerše

#### 3.1 Základní charakteristika borovice lesní

Borovice lesní je jehličnatá dřevina z čeledi borovicovitých (*Pinaceae* Lindl.). Řadí se mezi takzvané dvou–jehličné borovice, kdy jehlice vyrůstají z brachyblastu po dvou kusech. Mezi dvou–jehličné borovice patří například i borovice kleč (*Pinus mugo* Turra) nebo borovice blatka (*Pinus uncinata* Businský). Jehlice přetrvávají na letorostech po dobu tří let, poté opadávají (Úradníček, Maděra 2001).

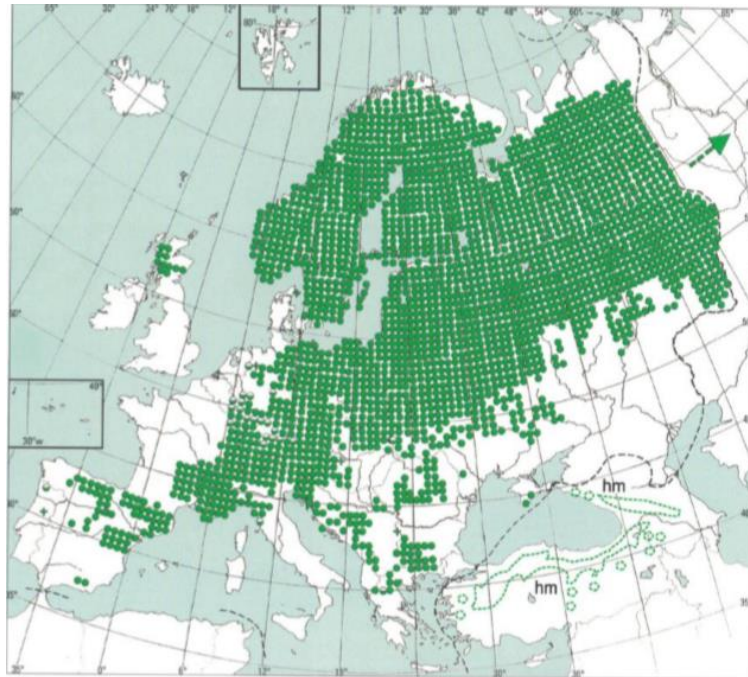
Strom dorůstá obvykle výšky 15–25 m, ve výjimečných případech až 40 m. Borka je šedohnědé barvy, deskovitě rozpukaná, v horních částech kmene je naopak lístkovitě odlupčivá, rezavě oranžová. Samčí šištice jsou žlutavé a vyrůstají na bázi letorostu, kde tvoří dvě sprašná pouzdra s pylovými zrny. Samičí šištice jsou po 1–3 umístěny pod vrcholovým pupenem na letorostu. Šišky jsou kuželovitě vejcovité, zhruba 3–6 cm dlouhé a dozrávají druhým až třetím rokem po opylení (Koblížek 2006).

Borovice lesní je větrosnubnou (anemogamní) dřevinou, kdy po opylení odkvétá. Děje se tak v období května až začátku června. Semena jsou křídlatá zhruba 0,3–0,4 cm dlouhá s křídlem světle hnědé až černé barvy. Šíření semen může probíhat na velké vzdálenosti a to díky jejich malé hmotnosti a dobré schopnosti nesení větrem. Standartní vzdálenost šíření od mateřského porostu je 50–100 m, avšak za silnějších větrných porывů se dokáží dostat až 1 km daleko. Borovice začíná plodit ve věku 30–40 let s reprodukční schopností přetrvávající do 200 let. Semenné roky nastupují v intervalu 3–6 let v závislosti na stanovišti a současných klimatických podmínkách (Musil, Hamerník 2007).

##### 3.1.1 Přirozený areál rozšíření borovice lesní

V rámci světového měřítka má borovice mezi stromovými dřevinami nejrozsáhlejší areál rozšíření. Její přirozený výskyt je pozorován v řadě rozmanitých fyziografických oblastí od horských lesů až po oblastí stepi (Reich, Oleksyn 2008). Nejvyšší zastoupení je v oblasti kontinentální Eurasie a to především v oblastech na jižním okraji boreálních lesů severní polokoule. V rámci evropského kontinentu lze

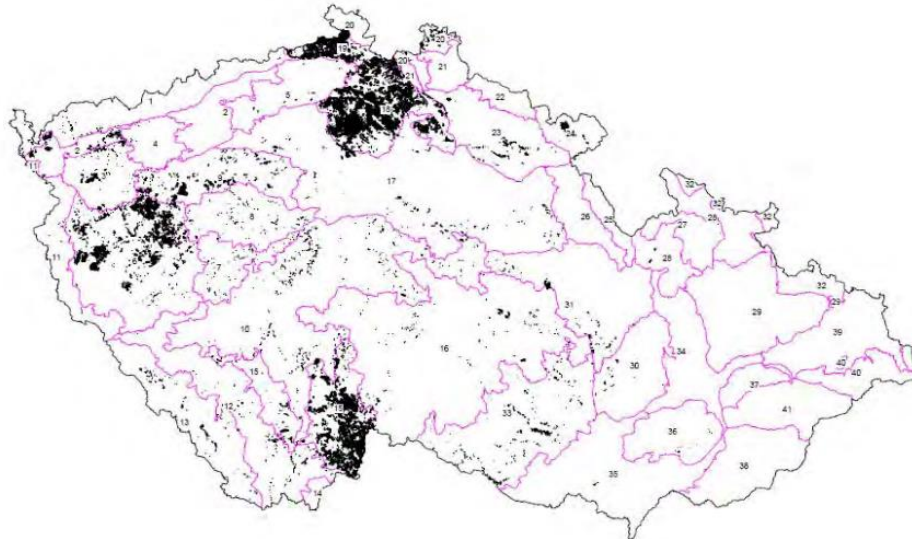
pozorovat rozšíření borovice lesní především v oblasti severní, střední a východní Evropy v nižších a středních nadmořských výškách (viz Obr. 1).



Obr. 1. Areál rozšíření borovice lesní (Musil, Hamerník 2007).

### 3.1.2 Borové porosty v České republice

V České republice tvoří borovice lesní autochtonní porosty (reliktní bory) jen ostrůvkovitě na sutích, štěrcích, písčích a obecně na lokalitách s extrémním charakterem, kde ostatní dřeviny nejsou schopny růstu (viz. Obr. 2). Její nejnížší výskyt je vázán na oblast Polabí, na nízkých terasách podél řeky Labe, na vátých písčích (Mikeska et al. 2008; Poleno et al. 2009).

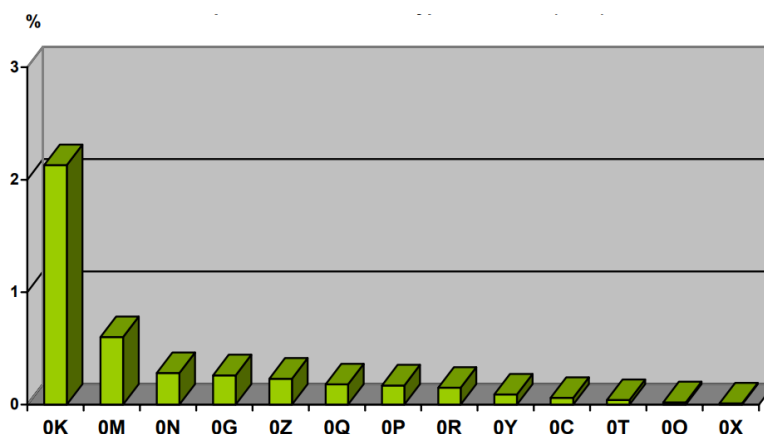


Obr. 2. Mapa s vyznačením zastoupení borů na území České republiky (lesní vegetační stupeň 0 – bory) v ČR (GIS – ÚHÚL 2005).

Z fytoocenologického hlediska rozlišujeme osm typů borových lesů. Každý druh borových porostů je diferencovaný signifikantními bylinnými zástupci vázanými na půdní typ nebo geografickou lokalitu výskytu. Rozlišeny jsou **kontinentální bory**, které se váží na šterkopískové terasy a pahorky a dochovaly se jen ve fragmentech v oblasti Polabí, **bazifilní (květnaté) reliktní bory** s výskytem na vápnatých půdách, **pěchavové hadcové bory**, vázané na hadcové rendziny v teplých oblastech, **květnaté hadcové bory**, odlišující se od již zmíněných hadcových borů výskytem v chladnějším oblastech, **reliktní bory**, které zaujímají hrany říčních oblastí v oblasti mezofytika ve stupni doubrav, **reliktní bory s vřesovcem**, rostoucí na kyselých žulových a fylitických horninách v bukovém stupni, **chudé reliktní bory** vyskytující se na nejchudších dystrofních rankerech nebo podzolech, na půdách silně kyselých, kde dokáží růst i na sutích či skalních výchozech a **podmáčené rašelinné bory** rostoucí v oblasti otevřených rašelinišť (Kučera 1999; Mikeska et al. 2008).

Lesnicko–typologický systém členění borů a borových doubrav ÚHÚL podle Plívy (1971) uvádí členění založené na rozlišení je 13 SLT v azonálním stupni 0 – bory (viz Obr. 3), kde má borovice dominantní postavení. Hlavními SLT jsou **0C – Hadcový bor** (*Pinetum serpentanicum*) vyskytující se na vyhraněném podloží tvořených hadci, **0G – Podmáčený smrkový bor** (*Piceeto–Pinetum paludosum /oligo–mesotrophicum/*) vyznačující se kombinací smrku a borovice na půdách ovlivněných vodou, **0K – Kyselý (dubo – bukový) bor** (*/Querceto–Fagi–Pinetum acidophilum*), který je svým areálem

rozšíření nejběžnějším v České republice a to především na severočeské křídové tabuli, **0M – Chudý (dubovo–bukový) bor** (*Querceto–fagi–Pinetum oligotrophicum*) podmíněně vázaný na chudé půdy, **0N – Bukovosmrkový kamenitý bor** (*Fagi/Piceet–Pinetum /lapidosum acidophilum*), který je představitel výskytu v inverzních kamenitých polohách a je obdobou 0K, **0O – Svěží jedlodubový bor** (*Pinetum quercino–abietinum variohumidum /mesotrophicum*) sdružující živné chlumní bory a půdách oglejených, **0P – Kyselý jedlodubový bor** (*Pinetum quercino–abietinum variohumidum acidophilum*), přestavitel společenstev písčitých stanovišť se střídavým zamokřením a podzolizací, **0Q – Chudý jedlodubový bor** (*Pinetum quercino–abietinum variohumidum oligotrophicum*) na nejchudších souborech s výskytem smíšených porostů borovice s jedlí, **0R – Rašelinný bor (blatkový bor, borová březina)** – (*Pinetum turfosum, Pineto–Betuletum*) vyhraněných na rašelinné pozůstatky porostů borovice z doby postglaciálu, **0T – Chudý březový bor** (*Betuleto–Pinetum /paludosum oligotrophicum*) na střídavě zamokřených až trvale zamokřených půdách, **0X – Dealpínský bor** (*Pinetum dealpinum /xerothermicum*), který je reliktem poslední doby ledové na karbonátových horninách extrémního charakteru, **0Y – Skeletový roklinový bor** (*Pinetum saxatile faucibile*) vázaný na lokality údolí, kde je vystaven extrémnímu charakteru půdy, specifickému mikroklimatu a zvýšenou vlhkostí a **0Z – Zakrslý reliktní bor** (*Pinetum relictum humile*) v skalnatých polohách, kde tvoří původní reliktní porosty sníženého zápoje. Mimo tohoto dominantního postavení v LVS 0 se bory vyskytují i v ostatních LVS, převážně na kyselých stanovištích (Plíva 1987; Mikeska et al. 2008).



Obr. 3. Procentuální zastoupení borů (lesní vegetační stupeň 0 – bory) v ČR (GIS – ÚHÚL 2005).

### 3.1.3 Ekologické nároky a funkce borovice lesní

#### 3.1.3.1 Stanovištní nároky

Pionýrská dřevina, za kterou je borovice lesní označována, má výrazné nároky na dostupnost světelného záření, které je pro její výskyt limitujícím faktorem. Požadavky na světlo jsou vyšší než na množství živin v půdě, teplotu nebo množství vody. Přirozená obnova se proto vyskytuje na volných holých plochách nebo v dostatečně velkých porostních mezerách. Obnova pod zapojeným porostem je velmi vzácná (Thomasius, Schmidt 1996; Richardson 1998; Erefur et al. 2008; Poleno et al. 2009; Gaudio et al. 2011).

Částečné zastínění u světlomilné dřeviny může do jisté míry podporovat její boj se suchem. Zastíněním se zlepšují hydrologické podmínky, dochází k menšímu odparu a dřevina tak může využívat i minimum srážek, které by se jinak na slunci vypařily. Ve zvýšeném zastínění se projevují fyziologické vlastnosti dřeviny. Při vysokém podílu zastínění pak dochází ke snížení růstu a vyšší mortalitě (Kobe, Coates 1997). Tolerance k zástinu je u mladých jedinců borovice na hranici míry osvětlení 30 % radiace volné plochy. Při této úrovni osvětlení dokáže mladý porost udržet 60 % svého normálního růstu (Mason et al. 2004).

Borovice je cílovou dřevinou na přirozených borových stanovištích a rovněž na exponovaných, kyselých, oglejených a chudých podmáčených stanovištích, tedy na místech, kde většina domácích dřevin má omezený růst a přežívání. Na půdách dostatečně kyprých, hlubokých, s přiměřeným zásobením vody dokáže borovice tvořit velmi kvalitní porosty s dobrou produkcí (Kacálek et al. 2017; Vacek et al. 2018).

Vysoká schopnost tolerance k extrémním půdním podmínkám je zmiňováno takřka v každé publikaci, které vlastnosti této dřeviny popisují. Její nároky na půdní živiny jsou velmi nízké a dokáže přežít i na stanovištích oligotrofních s nízkým obsahem živin v půdě (Kacálek et al. 2017). Nenáročnost, extrémní schopnosti růstu a přežití reprezentuje nejznámější borovice v Česku, 350 let stará Chudobínská borovice, rostoucí na ostrově ve Vířské přehradě, která v roce 2020 vyhrála anketu Evropský strom roku (EPA 2020).



I přes schopnost růstu v nepříznivých podmínkách má kvalitní humusová vrstva, určená poměrem surové a rozložené organické hmoty, významný vliv na klíčivost semen, následnou hustotu jedinců přirozené obnovy a na CHS je předpokladem pro zakládání kvalitních porostů (Ulbrichová et al. 2018).

S klesajícím množstvím vody na stanovišti je borovice vystavena stresu způsobeným suchem. V takto zhoršených podmínkách lze pozorovat rozdílný růst nadzemních a podzemních částí stromu. Borovice si pro umožnění přežití na těchto stanovištích tvoří bohatší kořenový systém, který jí umožní lepší získávání vody z půdy a dosahuje tak i lepší stability (Boucher et al. 1995).

Snížené množství vody ani množství živin na ploše borovici lesní tolik neovlivňují a s tímto druhem stresu si díky své ekologické amplitudě dokáže poradit opatřeními jako je například úprava velikosti kořenového systému. Hlavní limitujícím faktorem jejího růstu je množství světla (Gaudio et al. 2011).

Množství průměrných měsíčních srážek a průměrné měsíční teploty má pozitivní vliv na tloušťkový přírůst, avšak ke korelaci těchto faktorů nedochází pravidelně. Nejčastější prokazatelné ovlivnění je v jarním období na začátku vegetační sezóny v měsíci březnu (Vacek et al. 2016).

S rostoucí vlhkostí na mikrostanovišti se zlepšují podmínky pro vyklíčení semenáčků a i pro jejich následné uchycení a růst na ploše (Kamra 1968). Míra vlhkosti půdy by však dlouhodobě neměla být příliš vysoká. Především u jedinců částečně zastíněných může být zvýšená vlhkost iniciátorem pro vstup hniloby do kořenového systému semenáčků (Vítámvás et al. 2019).

Rozsah polohy a šířky tolerance v dospělosti borovice lesní vůči hlavním stresovým faktorům shrnuli do přehledné tabulky Thomasius a Schmidt (1996). Zohlednili hlavní faktory, kterými jsou světlo, teplo, voda a živiny v kombinaci s mírou tolerance. Tolerance označili jako oligostenopotenci, výskyt rostliny s úzce vymezenou tolerancí vázaná na nízké množství působení daného faktoru, eurypotenci, rostliny se širokou tolerancí a polystenopotence, výskyt rostliny s úzce vymezenou tolerancí vázaná na vysoké množství působení daného faktoru.

Tab. 1. Vyznačená poloha a šířka tolerance borovice lesní ve stadiu dospělosti vůči hlavním faktorům prostředí (Thomasius, Schmidt 1996).

Faktor prostředí	Oligostenopotence	Eurypotence	Polystenopotence
Světlo			
Teplo			
Voda			
Živiny			

### 3.1.3.2 Růstová forma a strategie borovice lesní

Borovice je pěstována na širokém spektru stanovišť od míst, kde je významnou hospodářskou dřevinou až po místa na extrémních stanovištích, kde plní celou řadu důležitých ekologických funkcí (Mikeska et al. 2008). Zvláště na extrémních stanovištích je vysazována díky své toleranci vůči stresu způsobeného nedostatkem živin, která je nezbytná pro přežití a růst (Richardson 1998).

Borovice má vysokou ekologickou amplitudou. Je velmi přizpůsobivá k výkyvům teplot, menšímu množství srážek a imisní zátěži. Odolnost vůči těmto stresovým faktorům řadí borovic do skupiny S–stratégů, rostlin, které svou růstovou strategii zakládají na své odolnosti vůči stresu. (Slavíková 1986). Jiní autoři jako například Kučera (1999) uvádí slabou konkurenční schopnost vůči ostatním dřevinám či bylinám a označuje borovici jako dřevinu pionýrského charakteru s minimálními nároky na půdní živiny. Takové označení dřeviny ji řadí spíše do skupiny R–stratégů.

Vzhledem k jejímu pionýrskému charakteru dokáže růst na místech, kde ostatní dřeviny nejsou schopny přežít nebo nedosahují takového růstu. Typickým příkladem jsou skalnaté převisy, příkré svahy nebo extrémně suchá, či silně kyselá stanoviště. Takto specifické podmínky mají však vliv na fenotypový projev borovice, růstovou formu (viz. Obr. 4). V hlubokých, kyprých, hlinitopísčítých a písčítých půdách, přiměřeně zásobených vodou prokazují borovice dobrý výškový přírůst, rovné kmeny a jehlancovitou nebo válcovitou korunu. V půdách jílovitých, minerálně chudých v kombinaci s níže položenou podzemní vodou, borovice nedosahuje takové stability kořenového systému a s tím související i odlišnou tvorbou koruny, kdy se její délka zkracuje a tvar je spíše deštníkový. Vliv na růst borovice má i její postavení v rámci

porostní skupiny. Stromy tvořící okraj porostu jsou silnějšího růstu, větší tloušťky a celkově vyšší stability oproti stromům uvnitř porostu, které jsou limitovány v růstu konkurencí okolních jedinců (Musil, Hamerník 2007; Mikeska et al. 2008).



Obr. 4. Rozdílné růstové formy habitu borovice lesní (Musil, Hamerník 2007).

### 3.1.3.3 Vliv opadu borovice lesní na půdní podmínky

Mladé porosty borovice ve věku do 30 let jsou schopné produkovat  $2\text{--}8 \text{ t} \times \text{ha}^{-1}$  sušiny, ve které je, mimo jiné, obsaženo zhruba 0,6 % dusíku. Při ohledu na průměrné množství jedinců na hektar bylo odvozeno, že produkce dusíku je až  $24 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$  (Kacálek et al. 2017). Dospělá borovice ročně vyprodukuje 85–1916 kg celkového opadu, v přepočtu na hektar plochy dospělého borového porostu průměrně 13–45 t, kam se řadí staré jehličí, větvičky a opadané šišky. Jehlice tvoří zhruba  $3,9\text{--}4 \text{ t} \times \text{ha}^{-1} \times \text{rok}^{-1}$ . Množství opadu závisí na stáří porostu, lokálních stanovištních podmínkách, ale i na výskytu jedince v zeměpisné šířce (Berg et al. 1999). Mimo množství opadu na zeměpisné šířce závisí i množství živin ve spadáných jehlicích, kdy s rostoucí zeměpisnou šířkou klesá obsah dusíku a fosforu v opadu (Oleksyn et al. 2003).

Borovice spolu se smrkem ztepilým a smrkem sitkou (*Picea sitchensis* (Bong.) Carrière) patří mezi dřeviny, které jsou schopny silné acidifikace půdy (Augusto et al. 2002). Opad má významný vliv na půdní chemismus a mikrobiální aktivity pod porostem. V rámci pěstování borovice její opad nedosahuje tak špatných parametrů jako například u smrku, ale zároveň ani nepodporuje vznik příznivějších forem humusu jako listnaté dřeviny, například bříza bělokorá (*Betula pendula* Roth), která má dobré meliorační vlastnosti (Priha 1999).

Ačkoliv není zaznamenán výrazný pozitivní vliv opadu na půdní chemismus, Palviainen (2010) se zaměřil na pozorování vlivu ponechaných pařezů a na množství živin, které poskytují. Na rozdíl od břízy, jejíž pařezy během 40 let ztratily zhruba dvě třetiny živin, se pařezy borovice ukázaly jako vhodný prostředek pro zásobování budoucích porostů živinami. Měřením bylo zjištěno, že jejich obsah fosforu a hořčíku se po 40 letech dokonce navýšil. Tento fakt byl způsoben především výskytem specifických forem dekompozitorů.

### 3.1.4 Ekotypy borovice lesní

Dřeviny v návaznosti na odlišné nároky na stanovištní podmínky a dle areálu rozšíření rozlišujeme na ekotypy. Ekotyp lze označit jako nejstálejší a nejodolnější růstovou formu dřeviny v oblasti přirozeného výskytu. Diferenciace borovice lesní na území České republiky si zakládá důraz na rozlišení ekotypů dle LVS, kdy v každém jsou na růst dřeviny odlišné přírodní nároky jako teplota, množství srážek, meteorologické jevy poškozující dřeviny, například námraza nebo množství sněhové pokrývky. Na tyto vlivy dřevina reaguje svým fenotypovým projevem, kdy se liší její celkový vzhled, konkrétně pak velikost koruny, hustota větvení, kořenový systém. Je však důležité mimo tohoto hlavního zařazení, oddělovat ekotypy i podle edafického a geografického rozšíření. Rozlišování jednotlivých ekotypů je důležité především v rámci managementu a ochrany přírody v borech. Na různosti ekotypu se odlišuje výchova a pěstební postupy, které jsou pro dřevinu ideální. (Messier et al. 1999; Mikeska et al. 2008).

Mezi hlavní ekotypy na území České republiky patří:

**Nížinný ekotyp**, taktéž označován jako východočeská borovice lesní s rozšířením do 350 m n. m. (LVS 1–2) a výskytem na štěrkopískových půdách v oblastech pleistocénních teras. Tento ekotyp je označován jakožto jedna z nejplastičtějších populací a to především díky své dobré schopnosti se přizpůsobit. Borovice se zde přizpůsobily nižšímu množství ročních srážek, což se projevilo i na jejich fenotypu.

**Chlumní ekotyp**, s nejznámější treboňskou borovicí, který značí její dominantní výskyt v oblasti jižních Čech v nadmořské výšce 300–500 m n. m. (LVS 3–4).

Méně známým ekotypem je heralitická borovice vyskytující se pouze jako příměs v lesních porostech v oblasti Opavska.

**Náhorní ekotyp**, je vázáný na vyšší nadmořské výšky v oblastech v rozmezí 550–700 m n. m. (LVS 5–6). V těchto oblastech je již v zimních měsících četnější množství sněhových srážek, což má vliv na tvar korunu a sílu větví, které musí odolávat těžkému sněhu. Mezi nejznámější ekotypy patří adršpašská, lánská a ranská borovice

**Horský ekotyp**, pod něhož spadá skupina ekotypů velmi odolných vůči zhoršeným klimatickým podmínkám v oblastech 700–1000 m n. m (LVS 7). Na Šumavě je typickým zástupcem stožecká borovice, vyskytující se na skalnatých i vlhkých stanovištích (Kaňák 1999, Hladilín 1997)

### **3.1.5 Vliv abiotických a biotických činitelů na zdravotní stav a růst borovice**

#### **3.1.5.1 Abiotičtí činitelé**

Kořenový systém borovice je křivý a jeho vývoj silně závisí na půdních podmínkách v oblasti jejího růstu. Horizontální a vertikální kořeny jsou od sebe důsledně odděleny (Kacálek et al. 2017). Velikost křivého kořenu koreluje s velikostí kořenů horizontálních. S rostoucím průměrem křivého kořenu se zmenšuje průměr kořenů horizontálních a naopak. Kořenový systém se v mládí rozrůstá excentricky v závislosti na konkurenci okolních jedinců, následně ve vyšším věku rovnoměrně (Köstler et al. 1968). Excentricita kořenů se však zachovává u jedinců na okraji porostu, které mají zlepšenou možnost tvorby kořenů směrem ven z porostu. Jedinci s excentrickými kořeny, zesílenými na jedné straně růstu, mají vyšší stabilitu oproti jedincům uvnitř porostu. Stěna porostu tak dokáže odolávat bořivým větrům a chránit tak ostatní jedince v porostní skupině (Mickovski, Ennos 2002). Kořeny dosahují do vzdálenosti zhruba 2,5 m, avšak plně vyvinuté jsou jen do vzdálenosti 2 m (Köstler et al. 1968).

Růst kořenů je kromě hlavních faktorů, kterými jsou půdní typ, velikost nadzemní části a dostupnost vody, závislý i na teplotě. Nejvyššího přírůstu kořenového systému dosahuje borovice při 15 °C (Mickovski 2018). V extrémních podmínkách na hlubokých písčitéch půdách dokáže borovice kořenovým systémem dosáhnout až do

vzdálenosti 12 m. Boční kořeny, po dokončení maxima růstu, začnou postupně odumírat a nahrazují je kořeny vyššího řádu (Wagenhoff 1938). Celkovou stabilitu kořenového systému však nejvíce ovlivňuje hladina podzemní vody. Nejvyšší stability dosahuje borovice na SLT 5P, 1M a 7K avšak i na ostatních stanovištích SLT má borovice lesní vysoké předpoklady k zajištění mechanické stability stromu (Kacálek et al. 2017).

Přízpusobením odlišných ekotypů borovice, v závislosti na lokálních podmínkách, pomáhá borovici v boji se sněhem a námrazou. Odlišná intenzita a síla větvení ve výše položených oblastech pomáhá borovici zachycovat méně sněhu a nedochází tak ke zlomům v korunách. V nižších polohách s výskytem nížinného ekotypu borovice, který není k vyššímu množství sněhových srážek uzpůsoben, dochází ke zlomům zvláště v situacích, kdy jsou sněhové srážky doprovázeny kolísáním teplot. Následná pokrývka mokřým sněhem působí extrémní zatížení koruny a způsobuje tak velké škody na porostech (Mikeska et al. 2008).

### 3.1.5.2 Biotičtí činitelé

Houbové patogeny jsou jedním z chronických problémů na borovici lesní. Stromy ovlivňují v růstu působením na různé části v závislosti na druhu patogenu, nejčastěji na asimilační orgány. V kombinaci s jiným stresovým faktorem mohou způsobit i odumření jedince, výjimečně i kalamitní stav porostu. Jedná se především o tři druhy sypavek, sypavka borová (*Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chev.), sypavka borovicová (*Lophodermium seditiosum* (Minter, Staley et Millar)) a mramorová sypavka (*Cyclaneusma minus* (Butin) DiCosmo). Borovice lesní a její pěstování je však ovlivněno i kalamitní červenou sypavkou borovic (*Mycosphaerella pini* Rostrup ap. Munk). Dalšími patogeny jsou rez jehlicová (*Coleosporium tussilaginis* (Pers.)), která se vyskytuje, stejně jako předešlé zmíněné houbové patogeny, na jehlicích a *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko & Sutton (syn. *Diplodia pinea* (Desm.) J. Kickx), která způsobuje chřadnutí a prosychání borových porostů, ve kterých postihuje pupeny stromu a způsobuje jejich odumírání. Zvýšený výskyt tohoto patogenu může být vyvolán suchem či jiným abiotickým stresovým faktorem (Pešková, Soukup 2001; Soukup, Pešková 2010; Pešková et al. 2016). Na větvích borovice se vyskytuje kornice borová (*Cenangium ferruginosum* Fr.), která je označována jako slabý či příležitostný

parazit na borovicích. Nejčastěji působí chronické potíže ve starších porostech, kde způsobuje odumírání větví. Kornice borová dokáže však způsobit i kalamitní odumírání borovice lesní, jedná se však o případy, kdy byly borovice vystaveny extrémnímu suchu a zároveň i jinému druhu biotického poškození (Pešková, Soukup 2011).

Mezi hlavní zástupce podkorního hmyzu vyskytujícího se na borovici lesní patří zejména lýkožrout vrcholkový (*Ips acuminatus* (Gyll.)), dále pak lýkohub sosnový (*Tomicus piniperda* (L.)), krasec borový (*Phaenops cyanea* (F.)) a smoláci rodu *Pissodes* spp. Podkorní hmyz se živý lýkem, což narušuje strukturu kmene nebo jiné části, na které se daný škůdce vyskytuje a následnou ztrátu funkčnosti, zejména proudění vody a živin, v důsledku čehož dochází k odumírání poškozené části a následné možnosti odumření celého jedince nebo omezení jeho růstových schopností. Další hmyzí škůdce, který se na borovici lesní vyskytuje, je například sosnokaz borový (*Panolis flammea* (Denis et Schiffermüller)), motýl z čeledi můrovitých (*Noctuidae* (Latreille)), způsobující defoliaci dospělých borových porostů (Pešková et al. 2016; Véle, Liška 2019). Borovice lesní však dokáže snést až 90% defoliaci, což představuje výraznou výhodu v překonání žíru škůdců (Beránek 2008).

Na mladých vysazovaných sazenicích nebo semenáčcích pak významného škůdce představuje vyhláškou č. 76/2018 Sb. stanovený kalamitní škůdce klikoroh borový (*Hylobius abietis* (Linnaeus)). Boj s tímto škůdcem je založen hlavně na prevenci, kdy se jeden rok po smýcení mateřského porostu ponechává jeden rok pasečného klidu. Larvy klikoroha jsou totiž vázány na čerstvé pařezy, kde ve svých juvenilních stádiích žijí a provádí žír. Tento druh žíru ničemu nevádí, jelikož je zaměřen na hmotu ponechanou v porostu. Škody tvoří až následní dospělí jedinci, kteří cílí svůj žír na kořenový krček jedinců na ploše. Takto degradované sazenice nemají šanci na další růst (Modlinger, Knížek 2009).

Škody zvěří jsou u borovice lesní především na mladých porostech ve věku do 20 let. Okus zvěří je cílen na terminální a nejvyšší boční výhony. Takto dekapitovaný jedinec v útlém věku následně tvoří takzvaný „dvoják“, též „vidlák“, podporu růstu do bočních výhonů, které nahrazují terminální pupen. Okus je způsobován především dančí a srnčí zvěří v rámci celého roku (Nárovec 2000). S bojem proti škodám na porostech se dá bojovat několika způsoby, chemickou, mechanickou a biologickou ochranou. Mechanická ochrana je založena na znepřístupnění chráněné

dřeviny nebo porostu před zvěří. Nejběžnější je skupinová ochrana mladých porostů vytvořením oplocenek, které brání celou porostní skupinu nebo alespoň její část. Tato možnost je uplatňována hlavně v oblastech, kde je silný tlak zvěře způsobující velké škody na porostech. Pro ochranu jednotlivců je možné umístit individuální mechanickou ochranu v podobě tubusu nebo oplocení jednotlivce. Chemická ochrana zvěř odpuzuje pachem. Není tak potřeba vytvářet žádné zařízení na ochranu, protože se natírá každý jedinec zvlášť. Nátěr je směřován na nejčastěji poškozovanou část stromu, tedy terminální a výše postavené boční výhony. Nevýhodou je, že chemická ochrana se musí pravidelně, dle pokynů výrobce, obnovovat. Biologická obrana slouží hlavně jako prevence. Je založena na hospodaření se zvěří a udržování minimálních stanovených stavů, poměru pohlaví, věku zvěře, způsobu jejího lovu a dokrmování (Švestka et al. 1996; Cieslerová 2001).

### **3.1.6 Reakce borovice na klimatickou změnu**

Ačkoliv se borovice považuje za dřevinu vysoce odolnou vůči extrémním vlivům počasí, kterými jsou především vysoké jarní a letní teploty doprovázené dlouhodobým suchem, může v rámci jejího pěstování docházet ke zhoršení růstových podmínek a životaschopnosti jedinců, a to převážně v nižších polohách (Dubrovský et al. 2005). Nejvýraznější vliv má klimatická změna na obnovu porostů, v důsledku které se zhoršují podmínky pro obnovu umělou, kdy ujímavost sazenic klesá. Taktéž se prodlužuje periodičita semenných roků, snižuje se procento semen schopných vyklíčit a se následná životaschopnost semenáčků. Tyto zhoršené podmínky v současnosti postihují jižní části Evropy, kde mají za následek snížení produktivity a posun optima hospodářských dřevin do severních oblastí (Rojo et al. 1994; Kellomäki, Kolström 2003). Rebetz a Doberstin (2004) se soustředili na pozorování rozpadu borových porostů v oblasti Alp ve Švýcarsku, které je v této oblasti intenzivní od roku 1995. Výsledkem bylo zjištění až padesátiprocentní mortality v těchto porostech, kdy jako hlavní příčinu určili menší schopnost odolávání stresovým faktorům vlivem zvýšené teploty. Nárůst teploty ve vyšších polohách rovněž nastolil vhodnější podmínky pro šíření patogenů a hmyzích škůdců, které borovice napadají.

Čihák (2018) provedl modelové analýzy v programu Sibyla. Jeho výsledky uvádí, že na území České republiky, by budoucí vývoj klimatických podmínek neměl mít výrazný vliv na hospodářskou produkci borovice lesní. Postupné zvyšování teplot



a výrazná ekologická amplituda borovice umožní posun jejího produkčního optima do vyšších LVS. V nižších LVS, kde v současnosti borovice dominuje, dle prognóz dojde k jejímu postupnému úbytku a nahrazování dubem.

V rámci klimatické změny však Hanewinklen (2013) odhaduje, že se v Evropě postupně rozšíří středozevní typ lesa s převahou dubu. Tato změna bude mít za následek pokles rozlohy lesů produkčních jehličnatých dřevin, u smrku zhruba 50 % a u borovice na 40 % oproti současné rozloze. I přes tyto prognózy bude i nadále borovice jedním z hospodářsky nejvýznamnějších druhů v Evropě, kde v současnosti zaujímá 20 % produkční plochy lesních porostů (Mason, Alía 2000).

Pozitivem současné situace, kdy smrkové porosty v rámci Evropy podléhají rozpadu vlivem kůrovcové kalamity, se borové hospodářství dostává stále více do popředí. V minulých dekáдах bylo hospodaření s borovicí do jisté míry opomíjeno právě vůči smrkovým porostům, které dosahují vyšších produkčních hodnot. Můžeme tak předpokládat, vzhledem k současnému klimatickému vývoji, nízkým ekologickým nárokům borovice a jejímu zvláštnímu azonálnímu postavení postupně zvyšující se význam borových porostů a to jak z hlediska ekonomického, tak i ekologického (Vacek et al. 2017). Je však nutno počítat, že i porosty borovice jsou v současné době vystaveny silnému náporu působení disturbancí, které jejich stabilitu a životaschopnost výrazně snižují, a to především v oblastech, kde byly již před několika lety na hranici svých růstových schopností a možnosti přežití. Takto poškozené porosty je v současné době možno pozorovat v oblasti Polabí, kde lze v několika uplynulých letech pozorovat snížení množství srážek způsobující sesychání borovic a následné odumírání celých porostů (Erber 2019).

## **3.2 Význam borovice lesní v lesním hospodářství**

### **3.2.1 Produkční význam borovice lesní**

Na území České republiky je borovice druhou nejvýznamnější hospodářskou dřevinou hned po smrku. Její zastoupení v současnosti (vztaženo k roku 2018) je 16,2 % z celkové plochy porostní půdy (viz Tab. 2), tedy PUPFL. Doporučené zastoupení je 16,8 % a jako přirozená skladba je uvedeno pouze 3,4 %.

Tab. 2. Druhé složení lesů v ha a % z celkové plochy půdy na území České republiky (upraveno podle: MZe 2018).

Dřevina	Rok					
	2000	2010	2015	2016	2017	2018
	Plocha porostní půdy ha / %					
Borovice	453 159	436 308	428 030	425 687	424 201	422 243
	17,6	16,8	16,5	16,4	16,3	16,2

V cílovém hospodářském souboru 23 je pozorováno nejvyšší zastoupení v porostech na našem území a to až 43,5 % z celkového zastoupení borovice. Mezi ostatní hospodářské soubory, kde má borovice lesní hlavní, převládající zastoupení patří HS 27, 21, 39 a 13, kdy v posledním jmenovaném souboru Plíva (1980) uvádí cílové zastoupení až 80 %.

Porosty s převahou borovice lesní lze dělit do následující kategorií.

1. Přírozené reliktní borové porosty na mozaikovitě roztroušených, zpravidla skalnatých suťovitých stanovištích.
2. Přírozené reliktní borové porosty na zamokřených a podmáčených stanovištích.
3. Přírozené souvislé borové a smíšené porosty nižších a středních poloh.
4. Hospodářské borové a smíšené porosty na diferencovaných stanovištích nižších a středních poloh.

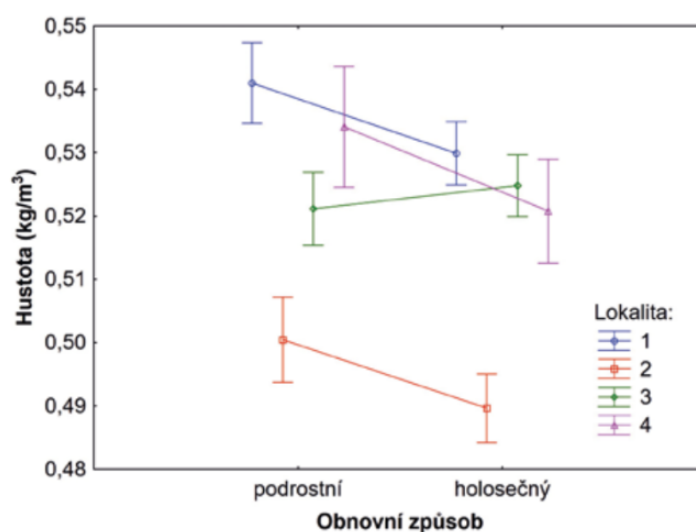
V jednotlivých kategoriích má borovice odlišné produkční významy, někdy je produkční funkce zcela podřízena funkcí ekologické, zvláště v oblastech ZCHÚ. V porostech vyskytujících se v lesích ochranných může být borovice dřevinou cílovou, ale taktéž i přípravnou, pro dřeviny cílové. Její variabilita a schopnost růstu ji umožňuje používat jako příměs na rozsáhlé škále stanovišť a nadmořských výšek. (Kacálek et al. 2017).

### 3.2.1.1 Dřevoprodukční význam borovice lesní

Borovice lesní, jakožto slunná dřevina, má velmi často kulminaci celkového běžného přírůstu v porostech nejvyšších bonit ve velmi mladém věku okolo 15–20 let. Velmi časná je i kulminace běžného objemového přírůstu ve věku 30 let. Tyto aspekty

vymezují oblast intenzivního vývoje porostu, ve které je vhodné provádět v hospodářských lesích první zásahy za účelem zvýšení kvantity a v lesích borových hlavně kvality porostu (Mikeska et. al 2008).

Významný vliv na kvalitu pěstovaného dříví má hospodářský způsob. Jsou to především kvalitativní vlastnosti struktury dřeva. Hustota dřeva, která je u borovice v průměru  $431 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$  (Vacek et al. 2018), má přímý vliv na pevnostní a pružnostní charakteristiky, které jsou důležité ve stavebnictví pro konstrukční účely. Bílek et al. (2018a) ve své studii, na základě těchto požadavků, zkoumal, který ze dvou hospodářských způsobů nejčastěji používaných v borovém hospodaření (holosečný a podrostní způsob) dosáhne lepších vlastností dřeva v mytním věku. Bylo zjištěno, že při pozvolném přírůstu pod clonou mateřského porostu, v podrostním způsobu pěstování, dosahuje dřevo výrazně vyšší hustoty a tedy i pevnosti v ohybu a tlaku. Je tomu tak především díky vyrovnanému přírůstu po celou dobu růstu. Holosečný způsob, který je charakteristický rychlým přírůstem v mládí, má tyto vlastnosti výrazně horší (viz Obr. 5).



Obr. 5. Vliv aplikovaného obnovního postupu na hustotu dřeva u borovice lesní (Bílek et al. 2018a).

Od nároků odběratelů na borové dříví se odvíjí i pěstební požadavky. Pro dřevozpracující průmysl je důležité co nejmenší množství vad, na kterých závisí i provedení sortimentace dle jakostních tříd (Klír 1981, MZe 2007). Cílem majitele nebo správce lesního porostu je pěstování geneticky kvalitních jedinců s vysokým, rovným kmenem a korunou s jemným větvením. Výsledkem toho je produkce cenných

sortimentů pro maximální výtěžnost z mýtně zralých porostů (Poleno et al. 2009). O mýtním věku a těžbě jedinců rozhoduje v borových porostech především cílová tloušťka. Tato tloušťka je stanovena na základě křivky, kterou tvoří poměr tloušťky borovice a hodnoty stromu. Takto stanovená cílová tloušťka jednoho jedince v porostu závisí na stupni diferenciaci porostu, předpokládané velikosti přírůstu vztažené k relativní délce koruny a velikosti hodnotového přírůstového procenta (viz. Tab. 3). Ve výpočtech je nutné také počítat s úrokovou mírou, která je pro borové porosty ve třech variantách 2 %, 1,5 % a 1 %. Na základě těchto faktorů lze spolehlivě odvodit cílovou tloušťku, při které je ekonomicky nejefektivnější borové porosty na daných stanovištích mýtit (Bílek et al. 2017).

Tab. 3. Cílové tloušťky borovice lesní pro stanoviště kyselých smíšených dubových bučin a kyselých smíšených dubových jedlin (upraveno podle: Bílek et al. 2017).

<b>Borovice</b>		<b>Koruna nadprůměrná</b>			<b>Koruna průměrná</b>			<b>Koruna podprůměrná</b>		
<b>Stanoviště</b>	<b>Hodnotové přírůstové procento (úroková míra)</b>	2 %	1,5 %	1 %	2 %	1,5 %	1 %	2 %	1,5 %	1 %
<b>Dubové bučiny</b>	<b>Cílová výčetní tloušťka <math>d_{1,3}</math> (cm)</b>	<b>37</b>	<b>61</b>	<b>&gt; 80</b>	<b>26</b>	<b>52</b>	<b>&gt; 80</b>	1,4 % ( $d_{1,3} = 46 - 52$ cm) *		
<b>Dubové jedliny</b>		<b>32</b>	<b>56</b>	<b>&gt; 80</b>	<b>26</b>	<b>44</b>	<b>&gt; 80</b>	<b>-</b>	<b>26</b>	<b>47</b>

\* kulminace hodnotového přírůstového procenta

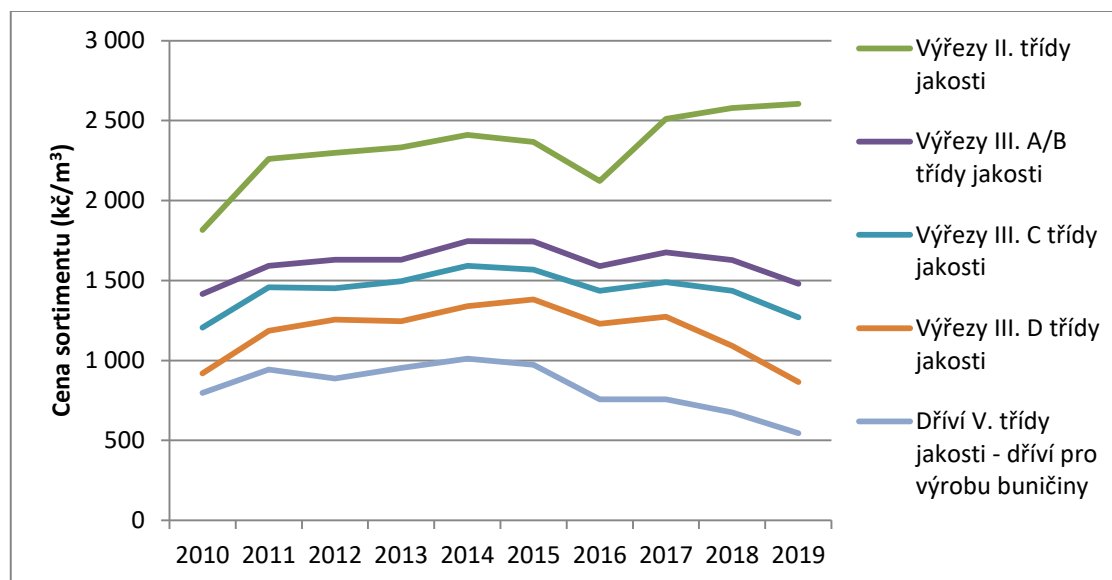
S vytěženým dřívím je nutné nakládat způsobem, který minimalizuje možnost jeho znehodnocení. Výskyt vad dřeva na skládce či v dřevoskladu může být podmíněn častým kolísáním teplot nebo vlhkosti, která může zapříčinit vznik trhlin nebo může být iniciátorem pro vstup houbového patogenu do sortimentu (Klír 1981).

Nejčastěji vyráběným borovým sortimentem je dříví V. jakosti pro výrobu buničiny, tedy sortimenty nízké kvality určené pro zpracování papírenskými závody. V porovnání mezi roky 2017 a 2019 lze pozorovat pokles produkce kvalitních sortimentů III. A/B třídy jakosti a naopak zvýšení těžby nekvalitních sortimentů třídy V. (viz Tab. 4). Je tomu tak především z důvodu zvýšení procenta nahodilých těžeb v borových porostech, kdy nelze z poškozených stromů, zpracovaných nahodilou těžbou, vyrobit tak kvalitní sortiment jako z mýtní úmyslné těžby (ČSÚ 2020).

Tab. 4. Prodané množství surového dříví v m<sup>3</sup> pro tuzemsko za ČR v roce 2017 a 2019 od nejvýznamnějších společností obchodujících se dřevem (upraveno podle: ČSÚ 2020).

Název sortimentu	Objem 2017 (m <sup>3</sup> )	Objem 2019 (m <sup>3</sup> )	Objem celkem (m <sup>3</sup> )
Výřezy I. třídy jakosti	176	66	242
Výřezy II. třídy jakosti	5 187	1 196	6 383
Výřezy III. A/B třídy jakosti	130 436	32 404	162 840
Výřezy III. C třídy jakosti	44 313	23 539	67 852
Výřezy III. D třídy jakosti	71 612	61 269	132 881
Dříví V. třídy jakosti - dříví pro výrobu buničiny	163 305	192 498	355 803

Ceny borového dříví jsou dlouhodobě nižší než ceny smrku. Je tomu tak kvůli poptávce po borovém dříví a zároveň kvůli jeho fyziologickým vlastnostem. Na obrázku 6 lze pozorovat vývoj cen v období od roku 2010 do dnešní doby. Nejvyšší nárůst cen většiny sortimentů lze pozorovat v letech 2015 a 2016. Klesající tendence od tohoto období je zapříčiněna přebytkem dříví smrkového, které zaplavilo trh vlivem kůrovcové kalamity.



Obr. 6. Průměrné roční ceny borových sortimentů za 1 m<sup>3</sup> v korunách českých seřazeny dle jednotlivých jakostních tříd s vyznačením nejnížší a nejvyšší ceny v období mezi roky 2010 a 2019 (upraveno podle: ČSÚ 2020).

### 3.3 Pěstování borovice lesní

V pěstování borovice lesní je typický pozdější začátek obnovy, v porovnání s hospodařením se smrkem a jeho rychlejším postupem na větších plochách. Cílem je tvorba rozsáhlých porostů s minimální věkovou rozrůzněností, které jsou pro borovici lesní na jejích přirozených stanovištích typické (Poleno et al. 2009; Mikeska et al. 2008).

Plíva (1980) uvádí, že pěstování borovice lesní holosečným způsobem hospodaření je pro obnovu borových porostů typičtější, než využívání přirozeného zmlazení v rámci podrostního způsobu hospodaření.

Obnova borovice lesní, a to ať na holé seči nebo v případě podrostního způsobu ve fázi domýcení nad nárostem, musí splňovat limity pro zajištění a zalesnění PUPFL. Pro zalesnění platí lhůta dva roky od vzniku holé seče a splnění kritéria růstu nejméně 90 % minimálního počtu životaschopných jedinců rovnoměrně rozmístěných po ploše. V tomto množství může být maximálně 15 % pomocných dřevin, kterými se rozumí ty druhy lesních dřevin, které nejsou pro daný CHS uvedeny mezi dřevinami základními nebo melioračními a zpevňujícími. Rovněž musí být dodrženy požadavky pro zajištění do pěti let od zalesnění holé plochy.

Při posuzování zajištěnosti lesního porostu se hodnotí tato kritéria:

- a) stromky vykazují trvalý výškový přírůst
- b) stromky jsou po ploše rovnoměrně jednotlivě nebo skupinovitě rozmístěny a jejich počet nepoklesl pod 80 % minimálního počtu pro obnovu nebo zalesnění
- c) stromky jsou odrostlé negativnímu vlivu buřene a nejsou výrazně poškozeny (Vyhláška č. 139/2004 Sb.).

*Tyto limity platí na území České republiky s výjimkou kalamitních zón stanovených ministerstvem zemědělství v rámci opatření obecné povahy platného od 3. dubna 2019, které posouvá dobu zalesnění ze 2 na 5 let a zajištění ze 7 na 10 let.*

#### 3.3.1 Přirozená obnova borovice lesní

Úspěšné využití přirozené obnovy je základním pilířem přírodě blízkého hospodaření, které lze považovat jako vyšší stupeň hospodaření v lesních porostech

(Aleksandrowicz–Trzcina et al. 2017). Nejznámější místo, kde hospodaří s přirozenou obnovou borovice lesní je lesní závod Bärenthronen. Oblast se stala vzorem pro inspiraci lesních hospodářů a slouží jako zajímavá ukázka specifického hospodaření v borových porostech v Evropě (Bílek et al. 2018a).

Ačkoliv se za posledních pár let podíl přirozené obnovy na území České republiky snížil, a to o 1052 přirozeně obnovených hektarů PUPFL mezi lety 2010 a 2018 (viz Tab. 5), je možné očekávat jeho postupné zvyšování v následujících letech. Tento pokles je v současné době způsoben především vznikem rozsáhlých ploch způsobených nahodilou těžbou kůrovcového dříví. Na těchto plochách je snižena možnost obnovovat porost přirozeně, kvůli absenci mateřského porostu (MZe 2018).

Tab. 5. Obnova lesa na území České republiky v hektarech (upraveno podle: MZe 2018).

<b>Způsob obnovy</b>	<b>Plocha 2000 (ha)</b>	<b>Plocha 2010 (ha)</b>	<b>Plocha 2015 (ha)</b>	<b>Plocha 2016 (ha)</b>	<b>Plocha 2017 (ha)</b>	<b>Plocha 2018 (ha)</b>
<b>Umělá</b>	21 867	21 859	18 797	19 929	19 973	21 245
<b>Z toho opakovaná</b>	4 371	3 087	5 246	4 433	4 095	3 941
<b>Přirozená</b>	3 422	5 127	4 749	4 813	4 479	4 075
<b>Celkem</b>	25 309	26 986	23 546	24 742	24 446	25 320

V rámci přirozené obnovy je nutné dodržovat minimální počty sazenic a jejich kvalitu stanovené vyhláškou č. 139/2004 Sb. (3) počet a kvalita sazenic, popřípadě stromků z přirozené obnovy jednotlivých druhů lesních dřevin se volí tak, aby bylo dosaženo zajištěného lesního porostu a vytvořeny předpoklady k dosažení druhové skladby porostu dané pro cílový hospodářský soubor. Nedosahuje-li přirozená obnova alespoň jedno z těchto kritérií, je nutné přistoupit k zalesnění obnovou umělou. I přes to mají přirozeně obnovované plochy vyšší potenciál na úspěšné zalesnění a zajištění v rámci naplnění této vyhlášky, díky svým vyšším počtům na hektar.

Přirozená obnova je využívána především v HZ podrostním, clonném, či výběrném, avšak má své uplatnění i ve způsobu holosečném, typickým pro obnovu borovice lesní, kdy se na holé ploše ponechávají vybraní jedinci označovaní jako výstavky (Kolibáč, Jelínek 2011). Pro hospodářské způsoby násečný a podrostní je vhodné využívat náhorního ekotypu borovice, díky své nižší náročnosti na sluneční

záření, kdy v krytu mateřského porostu probíhá klíčení a následný růst juvenilních stádií v částečném zástínu. Růst a požadavky náhorního ekotypu borovice lze přirovnat ke klimaxovým dřevinám (Mikeska et al. 2008).

Využívání přirozené obnovy je levnější než umělé zalesňování a snižuje tak náklady na obnovu porostů. Nevýhodou je však může být delší doba zalesnění a s tím spojené vystavení holé plochy působení půdní eroze (Hytönen et al. 2019). Využíváním přirozené obnovy se dosahuje vyšší stability porostů, což lze považovat v současné době za klíčový prvek. Přirozeným klíčením semen v půdě nedochází k deformaci kořenového systému, který je spojen s nekvalitně provedenou umělou výsadbou (Kolibáč, Jelínek 2011).

Přirozená obnova má v prvních letech kontinuální věkové rozdělení, kdy se postupným klíčením semen utváří členitá věková a výšková struktura (González-Martínez, Bravo 2000). Rovněž dochází k vyšší celkové mortalitě semenáčků, jelikož množství přirozeného zmlazení je po většinou vyšší než množství umělé obnovy a přírodní procesy jsou zde patrnější. V takto vzniklých přehoustlých náletech dochází k přirozeným výchovným zásahům, kdy zastínění jedinci postupně odumírají (Ackzell 1993).

Souvislost a celistvost přirozené obnovy borovice je úzce spjatá s počty jedinců vyskytujících se na obnovované ploše. Při vyšších počtech na hektar je výšková i věková diference nižší, než v rámci velkého rozvolnění. Menší množství semenáčků na ploše způsobuje především konkurence ostatních bylin a dřevin. Největšími konkurenty, jsou druhy, které v dané oblasti zaujímají své cílové stanoviště a dosahují maximálního růstu. Celoplošnou přípravou půdy lze tyto konkurenty do značné míry omezit (González-Martínez, Bravo 2000).

Pro podporu přirozené obnovy je vhodné využití celoplošné mechanické přípravy půdy. V případech, kdy je konkurenceschopnost ostatních bylin či dřevin na ploše dominantní, je tento zásah nutný a ojediněle může být zkombinovaný i se zásahem chemickým. Chemický zásah spočívá v užití herbicidů, kdy můžeme zvolit nad totálním, odstraňující veškerou živou hmotu nebo selektivním, specifikovaným na jeden nebo více cílových druhů. Zásah a jeho intenzita se odvíjí od lokálních podmínek a ekologického optima cílové dřeviny (Peřina et al. 1964).



### 3.3.2 Vliv mikrostanovištních podmínek na přirozenou obnovu

Hospodářskou produkci lesních porostů a množství přirozené obnovy cílové hospodářské dřeviny může výrazně ovlivnit management bylinného a keřového patra (Wagner et. al 2006). Se snižováním zakmenění porostu pro zlepšení podmínek přirozeného zmlazení se však zlepšují i podmínky růstu pro konkurenceschopné druhy bylin, travin a ostatní přízemní vegetaci vyskytující se na obnovovaných plochách (Kuuluvainen, Pukkala 1898). Kromě konkurentů se na obnovované ploše mohou vyskytovat i druhy podporující jejich klíčení a následný růst. Těmito druhy jsou především mechy, ale i dokonce některé byliny. Mechy jsou nenáročné na živiny, mají pomalejší rozklad, dobře drží vlhkost a zabraňují ostatním rostlinám v růstu. Příkladem mechu vyskytujícího se na borových stanovištích je rod dvouhrotců (*Dicranum sp.*). Semena borovice a následné semenáčky mají tak zlepšené podmínky růstu, což je především v počátečních fázích obnovy klíčové (Wardle et al. 2003). V závislosti na výšce a hustotě pokryvu mohou přirozenou obnovu podporovat i keřiky brusnice brusinky (*Vaccinium vitis-idaea L.*). Brusnice brusinka na rozdíl od brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus L.*), která je silným konkurentem na kyselých písčitých půdách, nedosahuje takové výšky a hustoty na ploše (Kuuluvainen, Pukkala 1989; Scott et al. 2000; Vacek et al. 2016).

V kyselých temperátních lesích jsou rovněž rizikem a konkurenty semenáčků borovice, ve vytvořených porostních mezerách, vřes obecný (*Calluna vulgaris*), hasivka orličí (*Pteridium aquilinum L.*) a bezkolenc modrý (*Molinia caerulea L.*). Na území České republiky je z těchto tří bylin nejběžnější vřes obecný, který je silnou kompetiční bylinou v oblastech s nižším obsahem písku v půdě. (Gaudio et al. 2011).

Růstové podmínky ovlivňují i některé C-stratégy traviny. Jejich vliv je především na potlačení schopnosti klíčení nalétajícím semenům borovice, které v často husté a vysoké travině nejsou schopny kontaktu s minerální půdou. Rovněž však představují konkurenta pro provedenou umělou výsadbu, kdy svým zástínem a množstvím využití vody snižují její celkový přírůst. Příkladem jsou kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea Schreb.*), která snižuje přírůst umělé výsadby o 16 %, metlička křivolaká (*Avenella flexuosa L.*), metlice trsnatá (*Deschampsia caespitosa L.*), ostřice (*Carex sp.*)

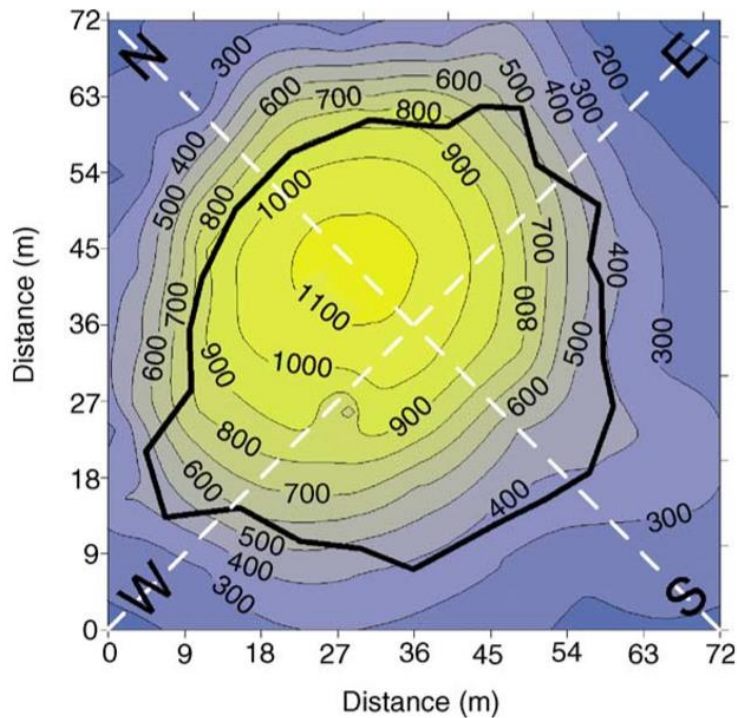
nebo třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth), která je silně invazivní na vodou ovlivněných stanovištích (Fredericksen et al. 1990; Ulbrichová et al. 2017).

Každá ze zmíněných rostlin má odlišnou intenzitu vlivu na mikrostanoviště. Rostliny se liší především ve výšce růstu, množství živin, které z půdy čerpají a především v intenzitě pokryvnosti, kterou dokáží vytvořit a znepřístupnit tak světelným paprskům prostupnost pro semenáčky borovice, čímž ovlivňují jejich výškový a tloušťkový přírůst (González-Martínez, Bravo 2000; Gaudio et al. 2011).

V rámci území Evropského kontinentu, konkrétně ve Finsku, Hallikainen et al. (2019) zkoumal vliv mateřského porostu na přirozenou obnovu v rámci kruhových obnovních prvků o průměru 20, 40 a 80 m v pěti letech od provedení těžebního zásahu. Bylo zjištěno, že s rostoucí velikostí obnovního prvku a se vzdáleností od okraje mateřského porostu klesá množství přirozené obnovy, která se na vytvořené holině nacházela. Kuuluvainen, Pukkala (1989), rovněž na území Finska, uvádí jako optimální vzdálenost 3–6 m od dospělého jedince a Erefur et al. (2008), uvádí jako optimální vzdálenost pro růst semenáčků vzdálenost 4–7 m od dospělého jedince. Oba dva posledně zmíněné výzkumy se však shodují na minimální vzdálenosti, která je pro semenáčky 1 m. Při menších vzdálenostech k dospělému jedinci se růstové podmínky výrazně zhoršují.

Podobný výzkum byl proveden i Bílkem (2018) na území České republiky, kde rovněž zkoumal vliv okraje porostu na přirozené zmlazení, avšak pod zástínem mateřského porostu. Zkoumán byl vliv dopadajícího světla v rámci vytvořené holoseče v blízkosti porostu. Ve vzdálenost 5–10 m od okraje porostu, byl zjištěn nejvyšší počet semenáčků,  $19\,000 \text{ ks} \times \text{ha}^{-1}$ , který se s rostoucí vzdáleností úměrně zmenšoval. Obdobný výzkum v České republice prováděla Ulbrichová et al. (2018) s výrazně nižší optimální vzdálenosti od mateřského porostu v rámci clonné obnovy. Jako optimální vzdálenost prezentovali 2–4 m od dospělých jedinců.

Kromě výzkumu vlivu mateřského porostu se Chantal et al. (2003) zaměřila i na zkoumání vlivu a intenzity záření při vytvoření porostní mezery o průměru 50 m. Nejvyšší intenzita oslunění byla zhruba 10 m severně od středu uvolněné plochy (viz Obr. 7). V této oblasti bylo vyšší množství semenáčků a vyšší přírůst dřevin.



Obr. 7. Kumulace fotosynteticky aktivního záření (FAR, MJ × m<sup>-2</sup>) přijaté během dvou vegetačních sezón kdy na ploše rostli semenáčky borovice lesní (Chantal et al. 2003).

Souček (2015) detailně zkoumal pohyb slunce na obloze, míru intenzity slunečního záření v závislosti na ročním období a míru zastínění plochy v závislosti na výšce porostu, expozici a sklonu svahu. Na základě těchto faktorů byl odvozen vzorec pro výpočet pronikání přímého slunečního záření do maloplošných obnovních prvků a pod okolní porosty.

$$L = \frac{h}{(\text{tg } SH \pm \text{tg } \beta \times \cos \gamma)}$$

**h** výška stromu

**β** úhel sklonu svahu

**γ** směrník stínu od směru maximálního spádu

**SH** výška slunce

Na jižně orientovaných svazích, za stejného ovlivnění mateřským porostem a stejným sklonem svahu jako na svazích orientovaných severně, je výrazně vyšší procento oslunění vytvořené porostní mezery. Mimo samotné uvolněné plochy dosahovalo sluneční záření i do mateřského porostu v severním okraji plochy.

### 3.3.3 Umělá obnova borovice lesní

V rámci umělé obnovy a přenosu genetického materiálu mezi jednotlivými LVS, musí být dodržována a brána v potaz vyhláška č. 139/2004 Sb. Vyhláška, o přenosu semen a sazenic lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnosti o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa. Rovněž je touto vyhláškou, v příloze číslo 6 stanoven minimální počet sazenic na hektar, který pro umělou obnovu borovice v nižších polohách je  $9\ 000\ ks\ ha^{-1}$  a v polohách středních a vyšších  $8\ 000\ ks\ ha^{-1}$ . Obdobný minimální počet sazenic je zákonem stanovený i v Polsku. Zákon stanovuje výsadbu 8 000–10 000 jedinců jednoletých sazenic borovice na hektar (Information Center of Polish state Forests 2012).

Obnova borovice lesní se může provádět dvěma hlavními způsoby a to sítí nebo výsadbou. Sítí je nejstarším druhem umělé obnovy lesních porostů. První zmínky jsou z roku 1368 z Norimberského říšského lesa, kde byly sítí obnovovány právě borové porosty. V současné době zaujímá v České republice 9,8% z celkové umělé obnovy borovice lesní (viz Tab. 6). Obnova sítí vyžaduje vždy přípravu půdy pro podporu klíčení semenného materiálu obnovovaných dřevin. V současné době se sítí provádí jen příležitostně pro obnovu přípravných dřevin na kalamitních plochách. Nejběžnější je obnova porostu výsadbou. Hlavní výhodou výsadby sazenic je nezávislost na kvalitě původního porostu, kdy umělou výsadbou lze zlepšit genetickou kvalitu porostů a jejich potenciální produkce, nezávislost na semenných letech mateřského porostu, protože pro pěstování sazenic ve školkách lze používat i semena řadu let stará (závisí na typu dřeviny) a schopnost sazenic rychleji překonat juvenilní stádia a období, která by pro semenáčky na rozdíl od jednoletých či dvouletých sazenic, které se nejčastěji vysazují, byla kritická (ÚHÚL 2001; Poleno et al. 2009). Naopak nevýhody jsou vysoké náklady na začátku produkční doby, kdy na rozdíl od obnovy přirozené musíme investovat nemalou částku a taktéž možnost deformace kořenového systému. Deformace vznikají u špatně provedené výsadby. Sazenice, které mají takto deformované kořeny, jsou méně stabilní než přirozená obnova a celkově je kořenový systém méně vyvinutý (Mauer et al. 2004). Jako nevýhodu lze uvést i nižší množství jedinců v následné kultuře a menší možnost výběru při výchově.

Tab. 6. Umělá obnova borovice lesní na území České republiky (Upraveno podle: MZe 2018).

	2000	2010	2015	2016	2017	2018
<b>Sadba (ha)</b>	2 597	2 171	2 130	2 101	1 778	2 076
<b>Síje (%)</b>	11,9	9,9	11,3	10,5	8,9	9,8

Borovice lesní je dostupná nejčastěji jako jednoletá, či dvouletá podřezávaná prostokořenná sazenice nebo jako obalovaná sazenice umístěna v Quickpotu či ROOTu. V závislosti na typu sazenic musí být přizpůsobený typ sadby. Pro umělou obnovu borovice se nejčastěji používají štěrbínová nebo jamková sadba. **Štěrbínová sadba** je prováděna pomocí speciálního náradí tzv. sazeče. Sazeče jsou různých tvarů a šíří čepele v závislosti na sázené dřevině a půdních podmínkách. Sazečem je vytvořena jamka, do které se následně vkládá sazenice dřeviny. Tato výsadba je používána především pro sazenice prostokořenné, sazenice s obnaženými kořeny. Tento způsob výsadby je málo náročný, zvláště na půdách písčitých, kde se borovice povětšinou vyskytuje. Nelze jej uplatňovat na půdách extrémně kamenitých nebo zamokřených. Při špatné kvalitě provedení dochází často k deformaci kořenového systému. **Sadba jamková**, která je nejběžnějším způsobem, je prováděna jamkovačem nebo pomocí nástroje určeného k vyhloubení jamky, v lesnictví nejčastěji používanou sekeromotykou. Velikost jamky se odvíjí od dřeviny, která se vysazuje a v závislosti na typu materiálu. Na rozdíl od sadby štěrbínové, lze do jamkové použít i sadbu krytokořenou v Quickpotech, kontejnerech či jiných obalech, ve kterých je semenný materiál v lesní školce pěstován. Krytokořenná sadba má vyšší ujímavost, ale zároveň její vyšší kvalitě odpovídá i vyšší cena (ÚHÚL 2001; Poleno et al. 2009; Mauer, Jurásek 2015). K výsadbě lze mimo manuálních způsobů, které byly zmíněny, použít i motomanuální vrták pro hloubení jamek nebo speciální nástavbu na UKT či speciální stroj určený k sázení tzv. sázecí adaptér (Kriegel 1984).

Důležitým aspektem výsadby je množství vysázených sazenic. Zákonem jsou uvedeny minimální stavy vysazovaných dřevin, avšak počty maximální nejsou stanoveny a je tedy jen na zkušenostech lesního hospodáře, pro jaký celkový počet se rozhodne. Na základě počtu sazenic na hektar se odvozuje velikost a druh sponu, který udává vzájemný rozestup jednotlivých vysazovaných dřevin. Nejběžnější je spon obdélníkový, též označován jako řadový, či čtvercový, který má pro výpočet takřka stejný vzorec, avšak existuje i spon trojúhelníkový, který zajišťuje o 7,46% větší

rozestup sazenic při stejných počtech sazenic a ploše obnovy (Poleno et al. 2009). Pro porosty na přirozených borových stanovištích je doporučováno užívat sponu řadového (ÚHÚL 2001).

Vzorec pro výpočet obdélníkového sponu:

$$a \times b = \frac{P}{N}$$

**a, b** rozměry sponu

**P** plocha výsadby

**N** požadovaný počet sazenic na 1 hektar

### 3.3.4 Mechanická příprava půdy

Přípravou půdy je myšleno úmyslné zraňování, či rozrušení půdního krytu a odstranění nahromaděné vrstvy opadu a to buď ručně, nebo mechanizovaně. Ruční příprava půdy je pro svou náročnost takřka nepoužívanou a její realizaci by bylo možné vztahovat jen na malé plochy v nepřístupných místech nebo v oblastech, kde chceme šetrně hospodařit. Ruční příprava půdy spočívá ve ztržení svrchního drnu a odrytí minerální zeminy. Mechanická příprava půdy za použití stroje (talířová půdní fréza, lesní pluh s dvojitou radlicí, aktivní talířový pluh či jiné zařízení určeného k této činnosti jakožto nástavbu na UKT) je vhodnější především na rozsáhlé holé seče v blízkosti mateřského porostu (Neruda, Šimanov 2006). Mimo základní dělení ve smyslu způsobu přípravy lze rozlišovat, zda příprava probíhá pod mateřským porostem, či na vytvořené holé seči. První ze dvou variant není příliš používanou a to především díky obtížné manipulaci v dospělém porostu a rizikům spojeným s narušením kořenového systému dospělých stromů a možnému znehodnocení kvalitních sortimentů (Klimešová 2010).

Příprava půdy je vztažena především pro způsoby hospodaření, kdy se vytváří větší seče, holé plochy, ale lze ji použít i v hospodářském způsobu podrostním (González-Martínez, Bravo 2000). Dřeviny, které v takto připravené půdě prosperují nejvíce, jsou dřeviny světlomilné a to především borovice a bříza, které využívají zlepšeného přístupu k živinám. Nilsson (2002) v rámci svého výzkumu však objevil,

že mimo tyto dvě typické dřeviny je celoplošná příprava půdy vhodná i pro smrk ztepilý.

Na mechanicky připravované půdě je četnější výskyt semenáčků, než na půdě nechané po provedené těžbě v původním stavu (Ackzell 1993; Hytönen 2019). Orbou a otočením půdy pluhem dochází k promísení půdních horizontů s vrchní hrabankou a humusovou vrstvou. Tímto zásahem se upraví chemický, fyzikální, teplotní a vodní režim vrchní vrstvy půdního horizontu. Takto promísená půda podporuje vyšší klíčivost semen dřevin a rovněž následný přístup semenáčků k živinám (Černý, Neruda 2001; Erefur et al. 2008; Helenius, Saarinen 2013; Stuiver et al. 2016). Na podílu minerální půdy v promísené směsi hrabanky a humusové vrstvy závisí i množství přirozeného zmlazení. Čím je vyšší obsah minerální půdy a s tím související dostupnost živin, tím je vyšší počet semenáčků (Saurasnet et al. 2018).

Rozdíly představuje i použití jednotlivých technologií mechanické přípravy půdy. Aleksandrowicz–Trzcin'ská (2014, 2017, 2018) v rámci svého výzkumu jako nejvhodnější pro podporu přirozeného zmlazení zmiňuje přípravu pomocí lesního pluhu s dvojitou radlicí, který provádí orbu a vytváří na ploše brázdy. Výsledná orba je 70 cm široká s hloubkou 5–10 cm. Orbou dochází k otočení a přesunu humusové vrstvy a hrabanky na hřeben orby a odhalení minerální půdy v brázdě orby, do které se následně provádí výsadba sazenic. Vhodnou metodou je také orba pomocí aktivního talířového pluhu, který vytváří orbu širokou 40 cm a hlubokou 10 cm. Orba s aktivním talířovým pluhem promísí hrabanku a humusovou vrstvou a umístí jí na hřeben orby. V brázdě orby zůstává jen část hrabanky promísená s minerální půdou. Tento typ přípravy půdy je vhodný pro přirozenou obnovu v dekadách s vyššími srážkami a pro výsadbu prováděnou sítí. Jako nejméně vhodný se ukázal způsob přípravy pomocí půdní frézy, která rotujícími kladivy či noži mísí humus, minerální půdu a hrabanku do hloubky 30 cm po celé šířce plochy.

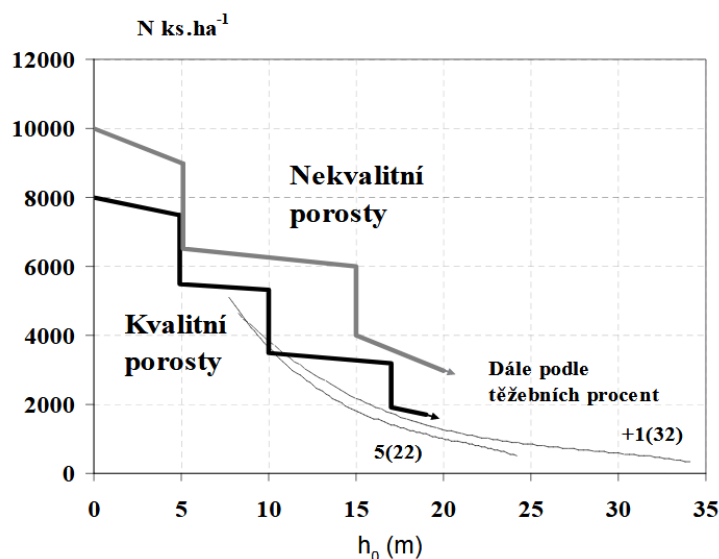
Podporou semenáčků v následném růstu je také myšlena jejich podpora oproti ostatním rostlinám, které se přípravou půdy zaorají a omezí se tak jejich schopnost konkurence o přístup k vodě, živinám a světlu (Nilsson, Örlander 1999). Mechanická příprava půdy nachází v kombinaci s pasečným klidem vhodné uplatnění v boji proti klikorohu borovému (*Hylobius abietis*). Preventivní zásah v podobě orby půdy je účinný na holé seči i v obnově pod porostem a může pomoci proti škodám na

semenáčcích způsobených žírem na kořenovém krčku v důsledku zvýšeného množství biotického škůdce na těžných plochách (Petersson 2003).

### 3.3.5 Výchova

Hlavním cílem pěstování borovice je především produkce kvalitních sortimentů. Předpokladem je dobrá genetická základna a rovněž dobře zvolená intenzita a časový odstup zásahů. Borovice lesní, jakožto slunná dřevina, v mládí výrazně reaguje na uvolnění tvorbou silných větví a rozložitější koruny, která je pro onu tvorbu kvalitních jedinců negativní. Je proto nezbytné mladé borové porosty udržovat v dostatečném zápoji, kde dochází k opadu spodních suchých odumřelých větví a tedy i ke zlepšení kvality. Slodičák et al. (2013) uvádí množství  $8\ 000\ ks \times ha^{-1}$  ve výsadbě pro tvorbu mlaziny s perspektivou vytvořit kvalitní dospělí porost. Pro porosty nekvalitní je hustota vyšší  $10\ 000\ ks \times ha^{-1}$  (viz Obr. 8) a zároveň je nutné udržovat po celou dobu výchovy vyšší počty jedinců než v porostech kvalitních. S rostoucím věkem reakce na uvolnění klesá, kdy v dospívajících porostech může dojít až k růstové depresi. Vysoká genetická variabilita musí být zohledněna i při výchově porostů. Významné kvalitativní vlastnosti borovice se projevují ve věku od 8–9 let do fáze tyčoviny, tedy porostu ve věku okolo 20–30 let. První výchovný zásah by měl být směřován do toho juvenilního období, kdy porost dosahuje výšky maximálně 2 m. Eliminace by měla být zaměřena na obrostlíky a předrostlíky, jedince předrůstající ostatní jedince v porostu. Odstraněním těchto předrůstavých stromů, podpoříme kvalitní jedince, kteří jsou v jejich zástinu a při jejich ponechání by odumřeli. Vhodnou úpravou obrostlíků a předrostlíků je jejich vrškování, odstranění terminálu ve výšce 1,5 m. Tento druh zásahu sníží finanční náročnost a rovněž ponechaný dekapitovaný jedinec přispěje k výchově okolních stromů (Mikeska et al. 2008).





Obr. 8. Model výchovy pro kvalitní a nekvalitní porosty s údaji o počtu stromů ( $N$ ) z růstových tabulek Černý et. al. (1996) pro +1 (32) a 5 (22) bonitu (Slodičák et al. 2013).

Další výchovné zásahy se svou intenzitou a množstvím opakování odvíjí od aktuální struktury a věku porostu. Intenzivní výchova ve všech věkových stádiích porostu dokáže výrazně zvýšit vitalitu a stabilitu dospělého porostu. Takto intenzivní péče je však návratnou a odůvodnitelnou pouze v porostech geneticky kvalitních (Erber 2019). Porost však musí zůstat po celou dobu výchovy hustý, výškově minimálně diferencovaný s malým podílem nekvalitních jedinců. Pokud by byl porost příliš mezernatý nelze nikdy dosáhnout vyšší kvality sortimentů (Mikeska et al. 2008). Při postupném prořezávání by se mělo strategicky uvolňovat 200–250 cílových jedinců na hektar. Tyto stromy by měly být nejvyšší kvality z původního porostu a v době obmýtí zůstat jedinými stromy v porostu (Poleno et al. 2009).

V porostech borovice na místech, která jsou živinově chudá, se výrazně doporučuje po výchovných zásazích ponechat těžební zbytky v porostu. Ještě významnější je jejich ponechání po smýcení porostu. Odstraňováním porostních zbytků dochází k dalšímu odebrání živin ze stanoviště a následnému snížení jeho bonity. Bez vhodné alternativy, jak nahradit dostupnost živin z těžebních zbytků, je jejich odstranění velmi rizikové pro budoucí půdní podmínky. Jako alternativa může být použito například přihnojování půdy pomocí popelu, štěpky či hnojiv (Remeš et al. 2015, 2016).

### 3.3.6 Porostní směsi s borovicí

Nejznámější směs tvoří borovice s dubem v hospodářském souboru kyselých stanovišť nižších poloh. Vytváří zde borové doubravy /*Genisto germanicae–Quercion* (Neuhäusl et Neuhäuslová–Novotná 1967)/–*Vaccinio vitis–idaeae–Quercetum* (Oberdorfer 1957), *Festuco ovinae–Quercetum roboris* (Jurasek 1928) a *Viscario–Quercetum* (Stöcker 1965), přechod mezi kyselými doubravami a vlastními bory. V těchto porostech dub jednotlivě dosahuje vrchní etáže porostu, kterou následně tvoří spolu s borovicí. Často však dub vytváří v těchto porostech druhou etáž, která je málo tvárná a není hospodářsky využitelná. Před obnovou porostu je žádoucí tuto spodní etáž porostu odstranit a pařezy vhodně ošetřit arboricidem nebo totálním herbicidem (Poleno et al. 2009).

V přiměřeně vlhkých až oglejených oblastech lze vytvářet kvalitnější směsi se smrkem ztepilým, které se kvalifikují jako borové smrčiny roklinové /*Piceion abietis* (Pawlowski in Pawlowski, Sokolowski et Wallisch 1928)/ – *Betulo petraeae–Piceetum* (Sýkora, Hadač 1984) především v oblastech inverzních poloh a borové smrčiny mokré /*Piceion abietis–Molinio–Piceetum* (Reinh 1939). Jako optimální poměr zastoupení je uváděn 70 % smrku a 30 % borovice. Při vyšším procentuálním zastoupení borovice smrk ustupuje do podúrovně a ztrácí tak svůj produkční a hodnotový potenciál. Vhodnou obnovou pro tyto porosty je skupinovitě clonný způsob. Přirozené zmlazení s vyšším podílem smrku, který má v první části obnovy před borovicí výškový náskok, je postupně borovicí výškově dohnán a docílí se tak výškově vyrovnané porostní směsi (Poleno 1975).

V hospodářském souboru oglejených chudých stanovišť nižších a středních poloh jsou velice zajímavé směsi borovice s jedlí bělokorou (*Abies alba* Mill.) tvořící borové jedliny /*Piceion abietis–Vaccinio vitis–idaeae–Abietetum* (Oberdorfer 1957 et Sýkora, Hadač 1984). Směsi jsou obnovovány clonnou sečí a při dobře uplatněném postupu dochází k přirozené obnově obou zmíněných dřevin. Obdobně hospodářsky cenné jsou směsi borovice s bukem lesním (*Fagus sylvatica* L.). Vzhledem k vyšší nadmořské výšce a dominanci přírodní obnovy buku, se přirozená obnova borovice musí nahrazovat obnovou umělou. I přes to je tato směs dobrou ukázkou využití stín

snášejší a slunné dřeviny. Mimo to se v těchto porostech uplatňuje dobrá meliorační funkce buku, který zlepšuje půdní podmínky (Poleno et al. 2009).

Na chudých písčitéch stanovištích se ukazuje jako vhodná kombinace dřevin borovice, bříza bělokorá a olše lepkavá (*Alnus glutinosa* L.) s olší šedou (*Alnus incana* L.), které u borovice podporují její kořenový systém. Porostní směsi tohoto složení jsou velmi stabilní proti působení bořivých větrů (Gailis 1958).

### **3.3.7 Adaptační opatření pro zlepšení stability borových porostů v probíhající klimatické změně**

Zvýšená nahodilá těžba borových souší nebo dokonce celých porostů v letech 2015 a 2016 ukazuje, že i stabilní borové porosty na svých přirozených stanovištích, kde má borovice optimální růstové podmínky, budou potřebovat častější zásahy na podporu jejich vitality a schopnosti boje se suchem. Jako vhodný zásah se naskytuje rozvolňování porostů, odstraňováním souší a stromů škodících jedincům cílovým na výsledný zápoj 0,8–0,5. Redukce hustoty porostu má hned několik výhod, které poskytuje zbylým jedincům. Srážky lépe pronikají k povrchu půdy, čímž zlepšují hydrologické podmínky, rovněž rychleji uvolňují živiny a podporují mineralizaci. Výhodou je i podpora rozvoje kořenového systému v borových porostech a jejich celkové stability. Takto intenzivně vychovávané porosty mají vyšší šanci odolat celé řadě synergicky působících vlivů, které v ostatních porostech působí ekonomické a ekologické ztráty (Erber 2019). V dospělých porostech, se sníženým zakmeněním, se kromě zlepšení jejich celkové stability naskytuje i možnost podpory přírodních procesů v podrostu. S klesajícím zakmeněním, roste procento přirozeného zmlazení a možnost obnovy způsobem, který nevyžaduje tvorbu holé seče (Vacek et al. 2016).

Lesní hospodaření s malými obnovními prvky v přírodě blízkém hospodaření má v současné době odůvodnitelný nárůst zájmu lesních hospodářů. Tento způsob hospodaření se ukazuje jako vhodný systém na podporu a zvýšení odolnosti lesních porostů vůči stále častějším disturbancím, plasticitě dřevin k výkyvům srážek a teplot a celkově jejich schopnosti se vyrovnat s aktuální klimatickou změnou (Franklin et al. 2007; Merlin et al. 2015; Vacek et al. 2016). Jako konkrétní opatření se naskytuje zmenšování holosečí nebo přistoupení k jiným obnovním způsobům hospodářských

dřevin například clonnou sečí, která by pomohla k vyšší ujímavosti přirozené obnovy (Bílek et al. 2018b).

Na dlouhodobé problémy a řešení, která by zvýšila odolnost stávajících borových porostů, se zaměřil projekt NAZV QJ1520037 Zvyšování adaptability borového hospodářství v podmínkách České republiky. V rámci tohoto projektu bylo vydáno několik vědeckých publikací zaměřujících se na aktuální stav borovice v České republice a alternativní možnosti jejího pěstování, především pak pěstování borovice clonnou obnovou v rámci podrostonního způsobu. Vydané metodické příručky mohou být vodítkem pro české lesníky ve snaze zlepšit kvalitu a stabilitu borových porostů s co nejmenšími ekonomickými ztrátami (Bílek et al. 2017).

### **3.4 Hlavní hospodářské způsoby v borových hospodářských lesích**

Hospodářský způsob a způsob obnovy jsou dva rozdílné termíny, které však z části označují stejnou věc, kterou je obnova porostu a způsob jejího provedení. V rámci obnovního způsobu dělíme obnovu na celé ploše porostu, na četných malých ploškách v porostu nebo v případě, kdy v rámci obnovy nevzniká holá plocha. Rozdělení v rámci této klasifikace určuje především velikost obnovního prvku. Vyhláška č. 298/2018 Sb. Vyhláška o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů kdežto definuje 4 základní hospodářské způsoby.

**Podrostonní**, při němž obnova lesních porostů probíhá pod ochranou těžného porostu.

**Násečný**, při němž obnova lesních porostů probíhá na souvislé vytěžené ploše, jejíž šíře nepřekročí průměrnou výšku těžného porostu, popřípadě i pod ochranou přilehlého porostu.

**Holosečný**, při němž obnova lesních porostů probíhá na souvislé vytěžené ploše, širší než průměrná výška těžného porostu.

**Výběrný**, při němž těžba za účelem obnovy a výchovy lesních porostů není časově a prostorově rozlišena a uskutečňuje se výběrem jednotlivých stromů nebo skupin stromů na ploše porostu.

### 3.4.1 Hospodářský způsob podrostní

Podrostní způsob, též označován jako clonný, v návaznosti na obnovu porostu pod clonnou mateřského porostu byl vyvinut pro obnovu stinných dřevin. Obnovu však lze aplikovat i na obnovu dřevin světlomilných. V podmínkách obnovy jsou však dřeviny světlomilné často diskriminovány oproti dřevinám stín tolerujících. Tento způsob obnovy světlomilných dřevin však v mnohých případech končí nezdarem. Následné určení hlavního důvodu nebo špatně zvoleného postupu bývá velmi obtížné (Vítámvás et al. 2019).

Cílem podrostního způsobu je vytvořit vhodné podmínky pro růst cílové dřeviny a to především snížením zápoje mateřského porostu. Mezery, takto vytvořené, by měly být dostatečně velké, aby poskytly množství optimální množství světla pro přirozenou obnovu pod porostem, avšak rovněž by měla být jejich velikost limitována, jako prevence proti kolonizaci plochy ostatní kompetiční vegetací (Pardos et al. 2007).

Jedním z nejznámějších typů obnovy podrostním způsobem je provedení velkoplošné clonné seče, taktéž označované jako Hartig-Heyerova clonná seč. Tento způsob hospodaření je určen k obnově porostů na velkých plochách, které se postupně prosvětlují. Je velmi důležité sledovat semenný rok cílové dřeviny, na kterém je závislá doba provedení první seče. Následně dojde v několika málo sečích k smýcení celého porostu. Jednotlivé seče lze popsat jako:

**Seč přípravná** zajišťuje podporu semenění a přípravu půdy pro nálety. Odstraňují se především nekvalitní jedinci pro zajištění kvalitního semenného materiálu.

**Seč semenná** je cílená do semenného roku dřeviny s prosvětlením zápoje na celé ploše a snížením na hodnoty zakmenění na 0,6–0,7. Rovněž by měly být hodnoceny lokální podmínky stanoviště a intenzita zabuřnění.

**Seč prosvětlovací** následuje několik let po semenném roce. Tato seč je podmíněna dostatečným růstem semenáčků v podrostu mateřského porostu.

**Seč domýtná** je poslední fází obnovního postupu. V této seči se odstraňují zbylí jedinci na ploše. V případech, kdy se nálet těžbou poškodí, se rovněž provádí vylepšení zmlazení umělou obnovou (Poleno et al. 2007).

Tento způsob obnovy porostu byl prováděn především v bukových porostech, avšak lze jej aplikovat i u jiných dřevin. Hlavní výhodou je zajištění přirozené obnovy v jednom roce, čímž dosáhneme věkovou i výškovou homogenitu následného porostu (Vacek et al. 2018).

Jako praktický příklad uplatnění podrostního způsobu lze uvést obnovu dvou hlavních hospodářských dřevin, smrku a borovice. Na chudých, kyselých půdách při použití clonné seče nedochází k tvorbě holé seče, která vystavuje půdu erozi a možnosti její degradace. Mateřský porost v posledních fázích obnovy poskytuje dostatečnou ochranu semenáčkům, které mají vyšší schopnost přežití pod clonnou mateřského porostu než na holině, kde by byli vystaveni vyšší teplotě, suchu a dalším stresovým faktorům negativně působících na jejich růst (Stuiver et al. 2016).

### **3.4.2 Hospodářský způsob holosečný**

Z historického hlediska se holosečný způsob postupně vyvinul z tzv. toulavé seče, tedy nahodilé, neregulované a neřízené těžbě lesního porostu. Zavedení holosečného obnovního a hospodářského způsobu v druhé polovině 18. století, je považováno za jeden z významných kroků k zavedení řádného lesního hospodářství (Poleno et al. 2009).

Holosečným způsobem hospodaření je myšleno provedení těžebního zásahu na celé nebo jen části porostu, kdy jsou na této ploše vytěženy všechny stromy naráz nebo v několika menších sečích po sobě jdoucích v krátkém časovém úseku. Takto vytěžená plocha ztrácí charakter lesa, který je s rostoucí velikostí holé plochy zřetelnější a má dopad na ekologické podmínky (Vacek et. al 2018). V rámci výzkumu a poznatků o ideální velikosti holé seče pro porosty douglasky tisolité (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.) a borovice lesní na konci 20. století Röhig, Gussone (1990) uvádí ideální velikost 1–3 ha velkou seč.

V rámci platné legislativy na území České republiky, je tvorba holin striktně omezena velikostí do 1 ha a šířkou, která nesmí přesáhnout dvojnásobek výšky těženého porostu. Specifickými případy jsou exponované HS, kdy šířka holé seče nesmí přesáhnout jednonásobek výšky těženého porostu. Takto vytvořená holá seč je považována za maloplošnou holou seč. Pro tvorbu větších holých sečí s velikostí do dvou hektarů jsou vyčleněny tři výjimky na:

a) **hospodářském souboru přirozených borových stanovišť (HS 13)** na písčitých půdách a na **hospodářském souboru přirozených lužních stanovišť (HS 19)** do velikosti 2 ha holé seče bez omezení šíře,

b) **dopravně nepřístupných horských svazích delších než 250 m**, nejedná-li se o exponované hospodářské soubory, do velikosti 2 ha holé seče (Zákon č. 289/1995 Sb.).

Na takto vzniklé holé ploše se výrazně mění lokální ekologické podmínky. Nejvýraznější je změna teplotního a světelného režimu na ploše, kdy může docházet k přehřívání holé plochy nebo naopak jejímu výraznému podchlazení v podobě pozdních mrazů. Tyto hlavní faktory mají za následek vznik problémům se zalesněním takto vzniklé holé seče. Jako řešení těchto problémů se naskytuje použití přípravných dřevin na velkých odlesněných plochách z důvodu provedení nahodilé těžby ve velkém objemu. Pionýrské dřeviny dokáží takto vzniklé holiny rychle zalesnit, čímž se dokáže snadno splnit zákonné podmínky pro zalesnění obnovovaných ploch (Poleno et al. 2009).

### 3.5 Charakteristika území

Sběr dat byl prováděn v severní části střeđočeského kraje v okrese Mělník severně od obce Jeřovice (50°25'58.5"N, 14°26'38.1"E; viz Obr. 33). Lesní porosty zde zaujímají oblasti určené jako nevhodné k zemědělské činnosti a to z důvodu složitého reliéfu jako jsou sklonité terény, svahy a rokly, oblasti s důležitou hydrologickou funkcí v rámci zásob podzemních vod anebo s nevhodnými půdními poměry. Dřevinou skladbu zde ovlivňuje nadmořská výška, která v oblasti výzkumu dosahuje 225 m n. m. a rovněž klima okolí řeky Labe (AOPK 2020).

Oblast zkusných ploch spadá do PLO 18 Severočeská pískovcová plošina a Český Ráj (viz Obr. 34), dle kategorizace ÚHÚL Brandýs nad Labem, konkrétně PLO 18a Severočeská pískovcová plošina, jižnější ze dvou částí území tvořících zmíněné PLO (Vyhláška č. 298/2018). PLO má lesnatost 39% (viz Tab. 7), což je vyšší zastoupení, než celorepublikový průměr (ÚHÚL 2001, 2018). Vyšší lesnatost je ovlivněna velkým množstvím terénních zajímavostí, turistických oblastí a chráněných území, kterým je především CHKO Kokořínsko. Oblast v blízkosti Jeřovic spadá do 3. zóny CHKO Kokořínsko (viz Obr. 35), oblasti s mírnějším stupněm ochrany. Působení CHKO na území má vliv na hospodaření ve zdejších lesích a to jak státních, tak soukromých. Orgány ochrany přírody v chráněných krajinných oblastech požadují vyšší procento obnovy pomocí přírodních procesů, tvorbu menších holosečí v rámci omezení expozice půdy a obecně vyšší uplatnění mimoprodukční funkce lesa (ÚHÚL 2001; AOPK 2020).

Tab. 7. Charakteristika PLO 18 – Severočeská pískovcová plošina a Český ráj (upraveno podle: OPRL 2001).

<b>PLO 18 – Severočeská pískovcová plošina a Český ráj má plochu:</b>
<b>78 917 ha porostní půdy</b> (plocha zjištěná z LHP) <b>84 706 ha PUPFL</b> (plocha zjištěná z digitalizace)
<b>4% v Ústeckém kraji</b> <b>62% v Libereckém kraji</b> <b>30% ve Střeđočeském kraji</b> <b>4% ve Královehradeckém kraji</b>
<b>V PLO 18 se vyskytuje 19 910 ha (porostní – r. 1997) vojenských lesů</b>
<b>Katastrální rozloha PLO 18 činí: 218 763 ha</b>
<b>Lesnatost oblasti činí: 39,0 %</b>



### 3.5.1 Imisní zátěž v oblasti

V severní části střeđočeského kraje je zvýšené množství průmyslové výroby vytvářející imisní zátěž. Porosty v blízkosti obce Ješovice patří do pásma ohrožení C (viz Tab. 8). Nejvyšší imisní zátěž SO<sub>2</sub> v oblasti způsobuje Elektrárna Mělník a to již od roku 1960, kdy byla uvedena do provozu. Zahájením provozu a vypouštěním SO<sub>2</sub> vznikly podmínky pro vývoj imisních škod na lesních porostech. Nejsilněji jsou poškozovány lesní oblasti nejbliže položené k elektrárně. Průběh poškozování má v této části chronický charakter a imisní škody a poškození porostů nelze kvalifikovat jako kalamitní (ÚHÚL 2001). Kalamitní stav borových porostů na území České republiky nebyl historicky monitorován na rozdíl od porostů smrkových, které imisní zátěž v 20. století silně zasáhla (Mikeska et al. 2008). Exhalační těžby, charakterizující míru rozpadu porostů dosáhly za období 1993–1998 pouze 7 % z celkové nahodilé těžby v oblasti. Borovice je tolerantní vůči působení SO<sub>2</sub> a jeho vliv snáší bez výrazných příznaků poškození. I přes to bylo v roce 1976 v porostech v okolí Ješovic patrné výrazné poškození v důsledku imisí výše zmíněné elektrárny. Na silné působení SO<sub>2</sub> borovice reaguje rezivěním jehlic v porostech všech věkových stupňů, nejvýrazněji se projevující na okrajích porostních stěn. Na chronické působení SO<sub>2</sub> v nízké koncentraci borovice nereaguje. Mimo elektrárnu Mělník jsou dalšími výraznými zdroji imisní zátěže Papírma Štětí, ŠKO-ENERGO Mladá Boleslav a okrajově také Rafinérie Kralupy a Spolana Neratovice (viz Obr. 35). Celkové imise SO<sub>2</sub> z těchto uvedených zdrojů k roku 2000 byly 9,7 tisíc tun. (ÚHÚL 2001; Mertl et al. 2016).

Tab. 8. Ekologická charakteristika pásem ohrožení v PLO 18 (upraveno podle: ÚHÚL 2001).

Pásma A	V oblasti se nevyskytuje
Pásma B	V oblasti se nevyskytuje
Pásma C	Terénní vrcholy zhruba nad vrstevnicí 480–500 m Dospívající a dospělé SM porosty ve st. I/II–II. <b>Borové porosty nejbliže položené k elektrárně Mělník, relativně nejvíce zatížené imisemi, poškození dospělých BO porostů I–II. stupně</b>
Pásma D	Chráněná údolí, báze svahů a rozlehlé plošiny, relativně nejméně zatížené území imisemi, borové porosty bez příznaků poškození, smrkové porosty ve st. 0/I.

### **3.5.2 Geomorfologie oblasti**

Geomorfologické zařazení oblast zahrnuje pod oblast s úvaly řek při Labi a Ohři. Nejmenší jednotkou je zde pak určen VIA - 1A a Polomenné hory, který padá pod Dokeskou pahorkatinu, oblast spadající pod Ralskou pahorkatinu, pojmenované po stejnojmenném vrchu na severu Čech. Obecné číselné označení určuje, že území je kategorizováno pod Českou tabuli, přesněji pak pod Severočeskou tabuli (Demek 2006).

### **3.5.3 Pedologické podmínky**

Postupná eroze pískovce, naplavení a sedimentace nebo navátí větrem vytvořilo půdy hluboké s vysokou mocností půdy, ale i místa s plochami obnaženými až na skalní podloží. Půdní typy zde reprezentuje kambizem dystrická arenická podzolovaná (viz Obr. 36) ve vyšších nadmořských výškách s vyšším nasycením hliníku ve vrstvě Bv, na lesních půdách až 20 % a v oblastech níže umístěných kambizem arenická s mocností jemně zrnitých horizontů až do hloubky 60 cm. Půda je písčitá, sypká, mírně vlhká až suchá, velmi silně kyselá a extrémně sorpčně nasycená. Oba půdní typy jsou ohroženy vysycháním a při expozici způsobené odlesněním je možnost jejich degradace (Mikeska et al. 2008; Světová referenční báze pro půdní zdroje 2014).

### **3.5.4 Regionálně geologické a stratigrafické zařazení lokality**

Oblast vývojově nejmladší, se stárím 90–100 milionů let (viz Tab. 9), na území České republiky, spadá do české křídové pánve a řadí se do lužické litofaciální oblasti (viz Tab. 10). Horniny převážně sedimentárního typu jsou zde zastoupeny pískovci a vápenci. Nejčastěji vyskytovaným podložím je zde kvádrový kaolinicko–jílovitý pískovec (ÚHÚL 2001; Chlupáč et al. 2002; Brunclík et al. 1986).

Tab. 9. Stratigrafické zařazení oblasti (Chlupáč et al. 2002).

Stratigrafické zařazení	
Eon	phanerozoikum
Éra	mesozoikum
Perioda	křída
Epocha	svrchní
Věk	turon–cenoman
Interval	90–100 mil. let

Tab. 10. Regionálně geologické zařazení oblasti (Brunclík et al. 1986).

Regionální geologické zařazení	
Soustava	Český masiv
Oblast	platformní vývoj
Jednotka	česká křídová pánev
Úsek	lužická litofaciální oblast

### 3.5.5 Klimatické podmínky

Oblast jižní části Kokořínska v blízkosti města Liběchov lze na mapě klimatický oblastí identifikovat v místech ústí potoku Liběchovky do řeky Labe. V rámci Quittovi klasifikace (1971) je území zařazeno do teplé oblasti T2 (viz Obr. 37), termofytika, s počtem letních dnů v rozmezí 50–60, což značí dlouhé a suché letní období s průměrnou teplotou 18–19 °C (Quitt 1971; viz Tab. 10). Během roku na území převládá spíše bezvětří a to až 30 % dnů. Ostatní dny vanou nejčastěji větry ze severozápadního a jihovýchodního směru. Langova klasifikace podnebí dle dešťového faktoru (1915), která je odvozena z poměru průměrného ročního úhrnu srážek v milimetrech a průměrné roční teplotě vzduchu, odpovídá indexu (L)Df 50–60 (viz Obr. 38), označující semiaridní oblasti. Tyto oblasti jsou typické malým úbytkem srážek v kombinaci s vysokou průměrnou teplotou (AOPK 2020). Dle údajů z pozorování na meteorologické stanici v Doksanech za období v letech 1991–2010 (viz Tab. 11) dosahovala průměrná roční teplota 9,69 °C a množství srážek bylo v průměru 485,5 mm za rok (Minářová 2011, ČHMU 2020).

Tab. 11. Klimatická charakteristika teplé oblasti T2 dle Quittovi klasifikace (upraveno podle: AOPK 2020).

<b>Klimatická charakteristika teplé oblastí T2</b>	
Počet letních dní	50–60
Počet dní s průměrnou teplotou 10°C a více	160–170
Počet dní s mrazem	100–110
Počet ledových dní	30–40
Průměrná lednová teplota	-2 – -3
Průměrná červencová teplota	18–19
Průměrná dubnová teplota	8–9
Průměrná říjnová teplota	7–9
Průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více	90–100
Suma srážek ve vegetačním období	350–400
Suma srážek v zimním období	200–300
Počet dní se sněhovou pokrývkou	40–50
Počet zatažených dní	120–140
Počet jasných dní	40–50

Tab. 12. Průměrná teplota vzduchu a průměrný roční úhrn srážek za období mezi roky 1991–2010 pozorované na meteorologické stanici v Doksanech v Ústeckém kraji (upraveno podle: ČHMÚ 2020).

<b>Měsíc</b>												<b>Rok Ø</b>
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
<b>Průměrná teplota vzduchu (°C)</b>												<b>9,69</b>
-0,32	1,44	4,62	10,22	14,92	17,97	19,75	19,19	14,55	9,27	4,42	0,27	
<b>Měsíc</b>												<b>Rok celkem</b>
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
<b>Úhrn srážek (mm)</b>												<b>485,5</b>
26,6	21,2	27,6	21,6	52,3	58,8	74,2	68,9	41,9	30,8	32,1	29,5	

### 3.6 Produkční potenciál lokality

#### 3.6.1 Hospodářský soubor přirozených borových stanovišť

Pro pěstování borovice lesní na hospodářském souboru přirozených borových stanovišť, taktéž označovaném číslem 13, jsou rozlišeny tři základní typy porostů. Diferenciace v hospodaření s lesními porosty spočívá na jejich kvalitě. Rozlišeny jsou porosty kvalitní, běžné kvality a nepřirůstavé. Na základě tohoto faktu jsou definovány i tři základní délky obmýtí. Pro borové porosty kvalitní je definována základní doba obmýtí 130 let s možností úpravy na 110–140 let, borové porosty běžné kvality mají dobu obmýtí zkrácenou na 100 let s možností úpravy na 90–130 let a borové porosty nepřirůstavé s dobou obmýtí 110 let a možností úpravy na 90–140 (viz Tab. 13). Pro všechny typy borových porostů na HS 13 je definována stejná obnovní doba 20 let (ÚHÚL 2001).

Tab. 13. Cílový hospodářský soubor přirozených borových stanovišť (Upraveno podle: příloha č. 3 k vyhlášce č. 298/2018 Sb.).

Hospodářský soubor			Obmýtí (v letech)	Obnovní doba (v letech)	
Cílový hospodářský soubor	Porostní typ				
13 Přirozená borová stanoviště (a stanoviště borových doubrav)	1	i	SM ohrožený	60–80	20–30
	2	k	<b>BO kvalitní</b>	<b>130 (110–140)</b>	<b>20</b>
	3		<b>BO běžné kvality</b>	<b>100 (90–130)</b>	<b>20</b>
	4	s	<b>BO nepřirůstavý</b>	<b>110 (90–140)</b>	<b>20</b>
	5		DB běžné kvality	130 (120–150)	20–30
	6		Listnatý	70 (60–80)	20
	7	a	AK	70–80	20
	8		DZP běžné kvality	20–50	20
	9	x	Pařezina tvrdá	20 (20–40)	10

Dřívější tvorba monokulturních porostů borovice lesní na HS 13 je v současné době omezena novou legislativní vyhláškou č. 298/2018 Sb. Vyhláška o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů, která nařizuje využití příslušného procentuálního zastoupení vyjmenovaných MZD pro jednotlivé CHS. Borovice lesní již nadále není touto vyhláškou definována jakožto MZD. I přesto borové monokultury, byly a jsou považovány za velice stabilní porosty bez výrazně nepříznivého vlivu na půdní vlastnosti a chemismus. Pro HS 13 na stanovištích kyselé ekologické řady jsou povoleny BK, BR, DBZ, DG, HB, JD (pouze na LVS 2 a vyšších), MD, OS, JR a DB. S těmito melioračními a zpevňujícími dřevinami lze vytvořit dobře

fungující kombinace porostních směsí, které nejen, že zajistí celkovou stabilitu porostu, ale také umožní vyšší ekonomickou návratnost (Poleno et al. 2009).

Doporučené postupy ÚHÚLem (2001) uvádí jako vhodné před zalesněním půdy její zranění pruhovou či brázdovou orbou s ponecháním výstavků pro podpoření přirozené obnovy na holých sečích. Výchova by měla být v mladých porostech cílena především na likvidaci obrostlíků, předrostlíků a redukci nalétající břízy. První prořezávku je vhodné uskutečnit v sedmi letech. Následující zásahy cílit neutrálně, kombinovaným výběrem v intervalu 5–10 let do 30 let věku porostu. V dospívajících porostech od 40 let věku je doporučeno zásahy směřovat především do podúrovně s negativním výběrem slabší intenzity v intervalu 10–15 let.

### **3.6.2 Kyselá ekologická řada**

V rámci typologické klasifikace vypracované Plívou (1987) jsou diferencovány jednotlivé ekologické řady a edafické kategorie. Ekologická řada K, kyselá, je plošně nejvýznamnější (43,21 %) ekologickou řadou na území České republiky. Vyznačuje se minerálně chudými kyselými půdami, které jsou dobře provzdušněné, ale mají zhoršenou humifikaci. Takto provzdušněné půdy mají rovněž zhoršený vodní režim, jsou náchylné k vysychání a mají horší chemické vlastnosti. Na těchto územích dominují acidofilní druhy snášející menší pH půdy a také méně vody v půdě. Charakteristická je zde snížená produkce hospodářských dřevin oproti ekologické řadě B, bohaté. Snížená dostupnost živin v závislosti na horších půdních podmínkách však rovněž poskytuje vhodné podmínky k využití přirozené obnovy cílových dřevin, jelikož nedochází k tak silnému zabuření přízemní vegetací. Lesní společenstva na těchto stanovištích vytvářejí tzv. kyselé klimaxy (Plíva 1987).

### **3.6.3 Soubor lesních typů kyselý bor**

Na území české republiky zaujímají bory a borové doubravy na souboru lesních typů 0K kyselý bor /*Querceto-Fagi-Pinetum acidophilum* k roku 2001 celkem 56 925 ha. Kyselá řada je typická právě pro výskyt borovice lesní, konkrétně pak v PLO 18 zaujímá rozlohu 28 334 ha. Konkretizováno na LT 0K1 rozloha činí 1 517 ha. 0K je nejrozšířenější soubor borů v severočeské křídové tabuli na písčitých sedimentech. Rozšíření se vztahuje především do LVS dubobukovém, avšak zasahuje

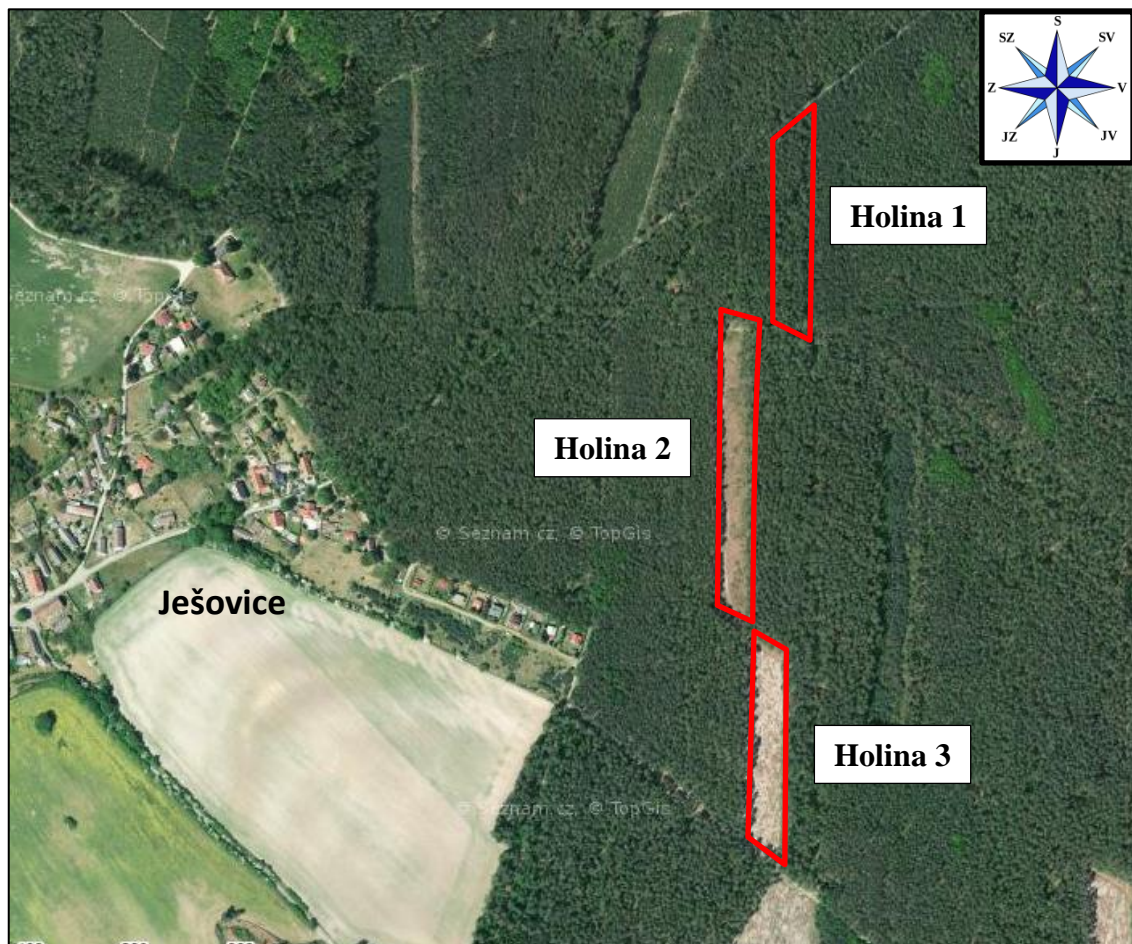
až do LVS bukového. Stanoviště jsou méně extrémní, než v ostatních suchých souborech a proto, zde lze očekávat konkurenci DB a DBZ a pomístní azonální výskyt SM. Převažujícím půdním typem je podzol arenický v kombinaci s kambizemí arenickou dystrickou podzolovanou. Půdy jsou písčité, sypké, silně kyselé, suché, místy vlhké. Bylinné patro v SLT 0K tvoří dominantní druhy ovlivňující mikrostanovištní podmínky jako brusnice borůvka, vřes obecný, dvouhrotce a pomístně brusnice brusinka (Mikeska et al. 2008).

V případě nekvalitních porostů umístěných v SLT 0K se doporučuje postupovat holosečným způsobem hospodaření a změnit tak genetickou základnu porostu. Pokud jsou porosty vhodné pro generativní obnovu, dává se přednost obnovnímu způsobu násečnému nebo podrostnímu. V takto vytvořených porostech se ve spodní etáži udržují přimíšené listnaté dřeviny, především bříza a dub, které přispívají ke zlepšení stavu půdy na kyselých stanovištích (Bílek et al. 2017).

## 4 Metodika

### 4.1 Charakteristika zkusných ploch

Zkusné plochy se nachází v katastrálním území obce Ješovice (681911) na parcele s číslem 268, která je ve vlastnictví soukromé osoby pana Josefa Homolky (CUZK 2020). Jednotlivé zkoumané holé seče byly označeny čísly 1, 2 a 3 v rámci posloupnosti od severu k jihu. Následně bylo provedeno jejich zaměření dle souřadnicového systému WGS-84 lokalizováno jejich středem.



Obr. 9. Vyznačení zkusných ploch na letecké mapě (Mapy.cz 2020).

#### **Holina 1**

Lokalizace: 50°25'52.73"N, 14°26'32.07"E

Holina 1, umístěna v porostní skupině 436 D 11, měla obdélníkový tvar a rozměry 197×30 m s rozlohou 0,59 ha a severní orientací. Plocha byla vytěžena v lednu 2017, kdy bylo vytěženo celkem 209,34 m<sup>3</sup> BO dříví. Zalesnění proběhlo na jaře v roce 2018,



kdy bylo vysazeno 5040 ks BO na ploše 0,56 ha a 240 ks BK na ploše 0,03 ha. Okolní mateřské porosty tvořily porostní skupiny ze strany severní 430 J 8, západní 436 D 11, východní 436 C 5 a jižní 436 E 11.

## Holina 2

Lokalizace: 50°26'01.19"N, 14°26'30.36"E

Holina 2, umístěna v porostní skupině 436 E 11, měla obdélníkový tvar a rozměry 290×33 m s rozlohou 0,96 ha a severní orientací. Plocha byla vytěžena v lednu 2016, kdy bylo vytěženo celkem 344,48 m<sup>3</sup> BO dříví. Zalesnění proběhlo v následujícím roce 2017 v jarním období, kdy bylo vysazeno 7830 ks BO na ploše 0,87 ha a 720 ks BK na ploše 0,09 ha. Okolní mateřské porosty tvořily porostní skupiny ze strany severní 436 D 11, západní 436 E 9, východní 436 E 11 a jižní 436 G 9.

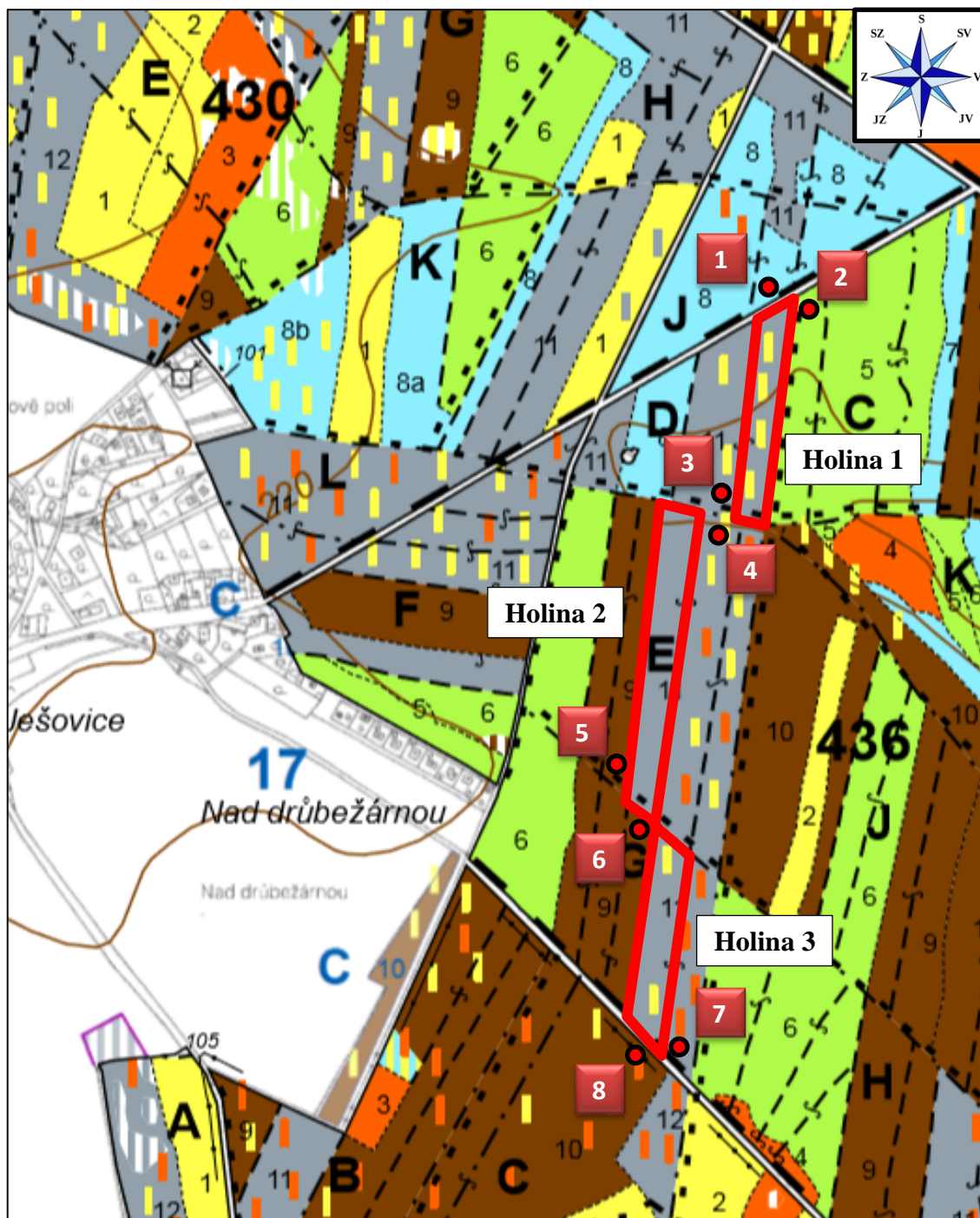
## Holina 3

Lokalizace: 50°26'08.78"N, 14°26'33.65"E.

Holina 3, umístěna v porostní skupině 436 G 11, měla obdélníkový tvar a rozměry 227×30 m s rozlohou 0,68 ha a severní orientací. Plocha byla vytěžena v prosinci 2015, kdy bylo vytěženo celkem 260,922 m<sup>3</sup> BO dříví a 5 m<sup>3</sup> AK dříví. Zalesnění proběhlo na jaře v roce 2017, kdy bylo vysazeno 5490 ks BO na ploše 0,61 ha a 560 ks BK na ploše 0,07 ha. Okolní mateřské porosty tvořily porostní skupiny ze strany severní 436 E 11, západní 436 G 9, východní 436 G 11 a jižní 435 C 10.

*Tab. 14. Souhrnné informace z hospodářské knihy LHC: 101 174.*

LO: 18 – severočeská pískovcová plošina a Český ráj	LHC: 101714	Platnost 1.1.2015–31.12.2024	LS(LZ): LHP Lesní hospodářství Josef Homolka
Ochrana přírody: Chráněná krajinná oblast: 23 – Kokořínsko – Máchův kraj 3. zóna			
Les. typ: OK1	LVS: 0	CHS: 13	OPR: Mělník
Název KÚ Liběchov			



Obr. 10. Porostní mapa se zakreslením testovaných ploch a umístěním zkusných ploch v přilehlých mateřských porostech.

#### 4.1.1 Použitý semenný materiál na zkusných plochách

Sazenice borovice lesní a buku lesního byly kupovány od dodavatele Lesní školka Vědomice s.r.o. (identifikační číslo 28704282) Dodávané sazenice byly prostokořenné, kdy buk lesní, proveniencí 1 Krušné hory, měl pěstební vzorec 0,5–2,5. Vysazovaly se

2,5 leté sazenice jednou podřezávané s garantovanou výškou 26–35 cm a tloušťkou kořenového krčku 5 mm a borovice lesní, provenienci 18 severočeská, 1–1 ve stáří 2 let po jednom roce podřezávané s garantovanou výškou 15–25 cm a tloušťkou kořenového krčku 4 mm nebo s výškou 26–35 cm a tloušťkou kořenového krčku 5 mm. Poměr dvou typů sazenic byl dodržován přibližně 1:1.

#### **4.1.2 Vytyčení transektů**

Na každé z holin, na kterých probíhalo měření, byly pomocí dřevěných kolíků stabilizovány čtyři transekty. Jeden kolík byl vždy umístěn u západního okraje v těsné blízkosti mateřského porostu, druhý pak na straně východní. Pro lepší určování linie transektu byl zatlučen i kolík prostřední, aby bylo možno co nejpřesněji pohlížet na linii transektu a stanovit tak přesný střed zkusné plochy. Dva transekty byly vytyčeny 10 m od severního a jižního okraje nezávisle na tvaru holiny, což znamená, že transekt byl v celé délce vzdálen od mateřského porostu 10 m. Následně byly podle tvaru holiny vypočítány vzdálenosti prostředních transektů. Uvede-li se příklad holiny o délce 110 m obdélníkového tvaru, budou transekty ve vzdálenostech 10, 40, 70 a 100 m od severního okraje. V konkrétních případech však takto přesná čísla nejsou změřitelná a proto byly tyto vzdálenosti zaokrouhleny na desítky metrů a zohledněn byl i odlišný tvar holiny.

## 4.2 Sběr dat a hemisférických fotografií z terénu

Měření a sběr dat byl prováděn ve dvou po sobě jdoucích vegetačních sezónách, konkrétně na podzim roku 2018 a na podzim roku 2019. Z těchto měření lze sestavit časovou řadu a určit tak vývoj na jednotlivých zkusných plochách. Měření bylo prováděno na jednotlivých zkusných plochách ve stabilizovaných transektech. Jednotlivé zkusné plochy byly vymezeny kruhem o poloměru 45 cm (0,16 m<sup>2</sup>). Kruh byl vždy vkládán svým středem na linii transektu a byl párově umístěn vždy doprostřed brázdy a vrcholku. Jelikož na holinách byla orba s šířkou brázdy okolo 75 cm, zkusné plochy se přesně nedotýkaly a do měření tak nebylo nutné zahrnout okraj brázdy. První zkusná plocha byla vždy vzdálena 3 m od stěny mateřského porostu. V případech, kdy 3 m vycházely na vrcholek orby, byla plocha umístěna do nejbližší brázdy. Pokud se do 3 m od kraje porostu nenacházela žádná brázda, automaticky se brala první započatá. Zkusné plochy se vytyčovaly ob jednu brázdu, to jest od konce okraje poslední zkusné plochy ve vzdálenosti 1,5 m. Jednotlivé zkusné plochy, transekty i holiny byly postupně číslovány od nejsevernější holiny.

U semenáčků a sazenic na zkoumaných holinách byla měřena výška, která se stanovovala s přesností na 0,5 cm a u náhodně vybraných jedinců i tloušťka kořenového krčku s přesností na 0,1 mm. Spolu s výškou se určoval i věk, který se stanovil podle počtu přeslenů. U semenáčků, se muselo postupovat pečlivě, protože první přesleny byly často nasazeny teprve pár centimetrů od povrchu. Dále bylo určeno, zda byl semenáček poškozen zvěří (označeno nepoškozené nebo poškozené). Nejčastěji se jednalo o okus terminálního výhonu a tito jedinci byli označeni jako poškození. U měřených jedinců bylo rovněž rozlišeno, zda se jedná o přirozenou obnovu borovice nebo o sazenice uměle vysazené.

Na každé měřené plošce byla s přesností na 5 % určena pokryvnost půdního povrchu. Rozlišovalo se mezi místy bez pokrytí s odhaleným půdním povrchem, označena jako půda, plochou pokrytou dřevinou, mechem, bylinou a travinou. U bylinného a travinného pokryvu bylo určeno, o jaký druh se jedná.

V oblasti měřených ploch byla pořízena vždy jedna série hemisférických fotografií pro každý pár plošek umístěných na vrcholku a v brázdě. Znamená to, že celkový počet fotografií byl poloviční oproti celkovému počtu měřených ploch.

Pořízení fotografií bylo vázáno na přísné podmínky. Pro proveditelné pořízení validních fotografií musely nastat vhodné klimatické podmínky, kdy byla obloha zcela zatažena oblaky typu stratus, tvořící jednodlitou vrstvu oblačnosti, přes kterou nebylo vidět ostré sluneční záření. Při následném měření byl fotoaparát umístěn na stativ ve výšce čočky objektivu 130 cm nad zemí, čelo fotoaparátu bylo orientováno na sever a zároveň byla srovnána do vodorovné polohy. Byla pořízena série tří fotografií s různou intenzitou jasu nastavenou na hodnoty -3; -2 a -1.

V okolí zkoumaných holých sečí byly v mateřských porostech vytyčeny zkusné plochy o výměře pět arů. Zkusné plochy byly vytyčeny tak, aby co nejvíce reprezentovaly celý porost. Celkem bylo vytyčeno osm zkusných ploch, tak aby byl změřen každý z mateřských porostů dotýkající se holých ploch. Na zkusných plochách byly změřeny a stanoveny porostní veličiny. Výška byla měřena s přesností na 0,1 m pomocí výškoměru Vertex IV a výčetní tloušťka pomocí průměrky s přesností na 1 mm. Stanovení objemu a zásoby porostu bylo stanoveno pomocí tabulek ÚLT a taxačních tabulek.

### 4.3 Zpracování dat

Získaná data byla prvotně zpracovaná v programu MS Excel 2007 a následně převedena do programu STATISTICA 12, kde byla provedena statistická analýza rozptylu a vytvořeny grafické výstupy pro jednotlivé zkoumané informace. Programem byly rovněž odvozeny korelace mezi vybranými daty a provedeny Kruskal–Wallisův (K–W) a Sharipo–Wilkův (S–W) testy. Při zamítnutí normality dat, pomocí S–W testu, byl při zpracování použit K–W neparametrický test. Zpracování získaných hemisférických fotografií bylo prvotně provedeno v programu Adobe Photoshop CS5, kde byl upraven kontrast a jas a následně byla fotografie převedena do černobílého barevného rozlišení. Tento postup byl nutný pro následné vyhodnocení v programu WinSCANOPY, kde byly exportovány výsledné hodnoty. Nejdůležitějšími hodnotami byly PPF<sub>D</sub> (Photosynthetic photon flux density) vyjadřující aktivní složku slunečního záření v závislosti na hustotě toku fotonů. Data vyjadřují průměrnou hodnotu za vegetační sezónu (konec dubna až konec října). Hlavní měřené údaje, závislé na mateřském porostu, byly PPF<sub>D</sub> DifuseUnder (rozptýlené záření pod korunami stromů) a PPF<sub>D</sub> DirectUnder (přímé záření pod korunami stromů), které následně sjednocuje PPF<sub>D</sub> TotalUnder (celkové záření pod korunami stromů). Doplňujícími údaji byla Openess (prostupnost světelného záření na plochu), Canopy (zápoj) a GapFraction (mezernatost mateřského porostu). Tato data byla exportována do textového souboru a následně upravena v MS Excel 2007.

## 5 Výsledky

### 5.1 Charakteristika mateřského porostu

Hlavní dřevinou tvořící dotyčné mateřské porosty byla borovice lesní (viz Tab. 15), kdy ve čtyřech studovaných porostech byla zastoupena ve výši 100 %. V ostatních porostech ji pak doplňoval trnovník akát (*Robinia pseudoacacai* L.), bříza bělokorá, jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia* L.) či dub letní (*Quercus robur* L.). Pro každý jednotlivý porost a zároveň pro každou jeho dřevinu, byly odvozeny vlastní porostní veličiny.

Tab. 15. Porostní veličiny mateřských porostů v blízkosti zkoumaných holých sečí.

Porost	Dřevina	d <sub>Weiss</sub> (cm)	Výška (m)	Hektarová zásoba (m <sup>3</sup> )	Zastoupení dle kruhové základny (%)
1	BO	31,0	28,0	520	100
2	BO	23,8	23,1	400	100
3	BO	30,1	27,4	480	100
4	BO	29,6	27,0	480	88,37
	AK	12,5	12,9	80	10,26
	BR	10,2	10,4	40	1,28
	JR	4,6	5,14	20	0,09
5	BO	30,8	27,9	520	99,90
	BR	4,5	9,6	40	0,10
6	BO	32,4	29,0	540	100
7	BO	32,5	29,0	540	93,62
	AK	11,8	12,6	80	3,08
	DB	5,5	5,6	20	2,79
	BR	9,4	10,3	40	0,52
8	BO	30,8	27,9	520	95,74
	JR	6,3	8,9	20	1,38
	AK	7,2	11,1	20	0,36
	BR	5,4	9,7	40	0,96

### 5.2 Počty jedinců přirozené a umělé obnovy na holinách

Procentuální zastoupení semenáčků dřevin na holé seči se odvíjí od dřevinného složení přilehlých mateřských porostů (viz Tab. 22). Dominance borovice v mateřských porostech se projevila i v procentuálním zastoupení na holých sečích (viz. Tab. 16), kdy

v roce 2018 dosahovala 100 % v měřených úsecích a v roce 2019 pak 98,50 % z celkového množství přirozeně obnovených dřevin. Dalšími dřevinami, které byly zastoupeny v přirozeném zmlazení, byly bříza a akát. Dub, který je v této oblasti vnášen do porostů především jako MZD, v mateřském porostu pozorován nebyl.

Tab. 16. Počet jedinců změřených na zkusných plochách v roce 2018 a 2019.

Dřevina – způsob obnovy	Počet jedinců (ks) měřeno v roce 2018	Počet jedinců (ks) měřeno v roce 2019
BO – umělá	74	83
<b>BO – přirozená</b>	<b>1171</b>	<b>994</b>
BK – umělá	1	4
BR – přirozená	0	10
AK – přirozená	0	5
<b>Celkem</b>	<b>1246</b>	<b>1096</b>

Při převedení počtů jedinců přirozené obnovy na hektarové počty, získáme výrazně vyšší hodnoty na holině 2 a 3, kde dosahovaly v prvním roce  $497\,619 \text{ ks} \times \text{ha}^{-1}$  a  $415\,143 \text{ ks} \times \text{ha}^{-1}$ , v roce následujícím se jednalo o  $426\,659 \text{ ks} \times \text{ha}^{-1}$  a  $324\,859 \text{ ks} \times \text{ha}^{-1}$ . Tyto počty jsou mnohonásobně vyšší než počty zákonem stanovené pro umělou obnovu borovice lesní, které činí  $9\,000 \text{ ks} \times \text{ha}^{-1}$ . Holina 1, kvůli jejímu pozdějšímu založení, má opoždění nástup do fáze postupu přirozené obnovy než holiny 2 a 3. Počty jedinců na holině 1 se od počtu jedinců na zbylých dvou holinách výrazně liší, dosahují zde pouze  $89\,074 \text{ ks} \times \text{ha}^{-1}$  v prvním roce měření a  $101\,300 \text{ ks} \times \text{ha}^{-1}$  ve druhém roce měření. Lze však předpokládat, že s ohledem na pozdější založení této plochy, se zde počty jedinců v následujících letech vyrovnají právě počtům holiny 2 a 3, které byly založeny dříve (viz. Tab. 17).

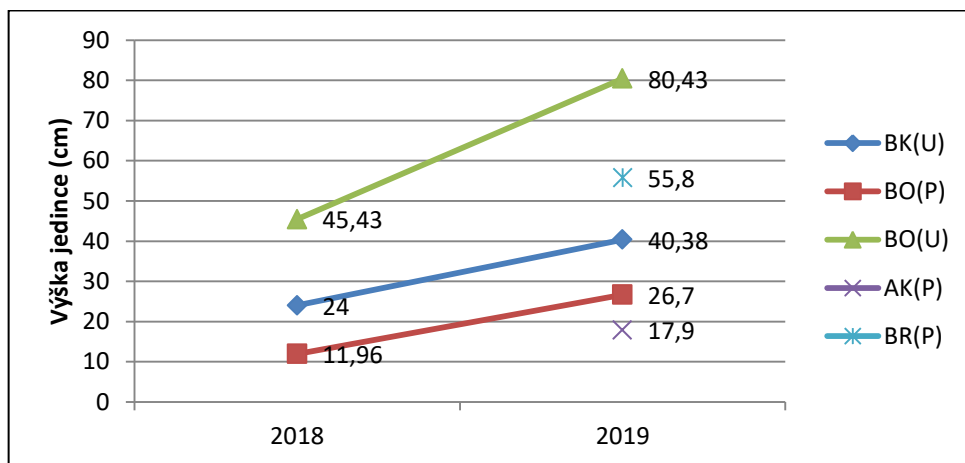
Tab. 17. Počty jedinců přirozené obnovy borovice lesní na jednotlivých holinách v letech 2018 a 2019 s vypočítaným počtem jedinců vztahených na  $1 \text{ m}^2$  a  $1 \text{ ha}$ .

Holina	Počet plošek (ks)	Měření v roce 2018			Měření v roce 2019		
		Počet jedinců (ks)	Počet jedinců ( $\text{ks} \times \text{m}^2$ )	Počet jedinců ( $\text{ks} \times \text{ha}^{-1}$ )	Počet jedinců (ks)	Počet jedinců ( $\text{ks} \times \text{m}^2$ )	Počet jedinců ( $\text{ks} \times \text{ha}^{-1}$ )
1	72	102	8,91	89074	116	10,13	101300
2	70	554	49,76	497619	475	42,67	426659
3	78	515	41,51	415143	403	32,49	324859



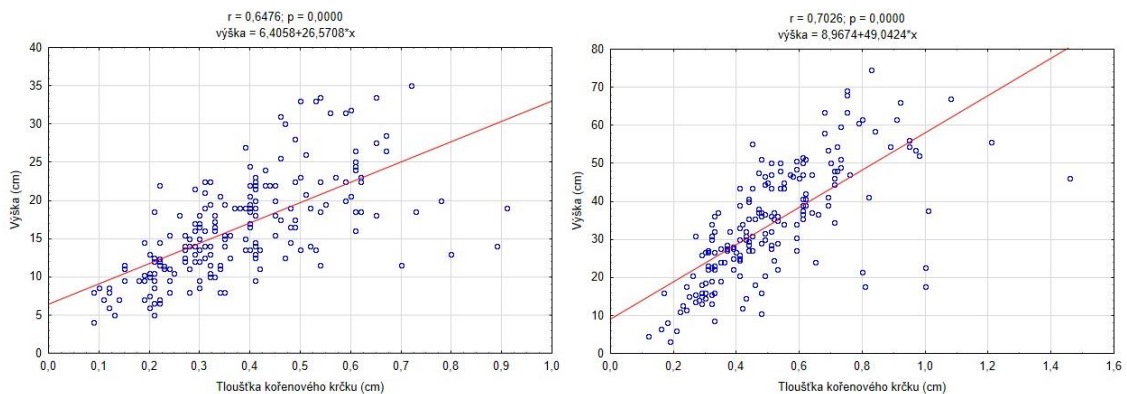
### 5.3 Výška a výškový růst obnovy

Mezi měřeními v jednotlivých letech je patrný nárůst průměrné výšky měřených dřevin podle druhu (viz Tab. 11). Některé dřeviny, např. bříza či akát, se v prvním roce na holé ploše nevyskytovaly, byly změřeny až druhou vegetační sezónu a proto nelze evidovat jejich výškový přírůst. Nejvyšší přírůst byl zaznamenán u umělé obnovy borovice lesní, který činil 35 cm. Výškový přírůst přirozené obnovy borovice byl srovnatelný s přírůstem jedinců umělé obnovy buku.



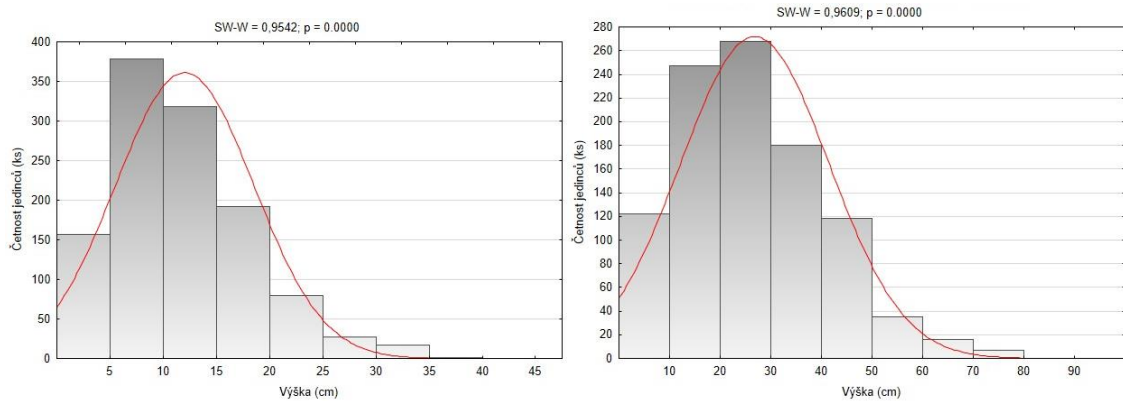
Obr. 11. Nárůst průměrné výšky měřených jedinců během měření v roce 2018 a 2019.

U vybraného počtu jedinců zvolených náhodným výběrem byla měřena tloušťka kořenového krčku. Na tomto základě byl odvozen vztah mezi těmito dvěma hodnotami, který lze označit jako úměrnost, jelikož se její hodnota bude každým rokem měnit (viz Obr. 12a a 12b).



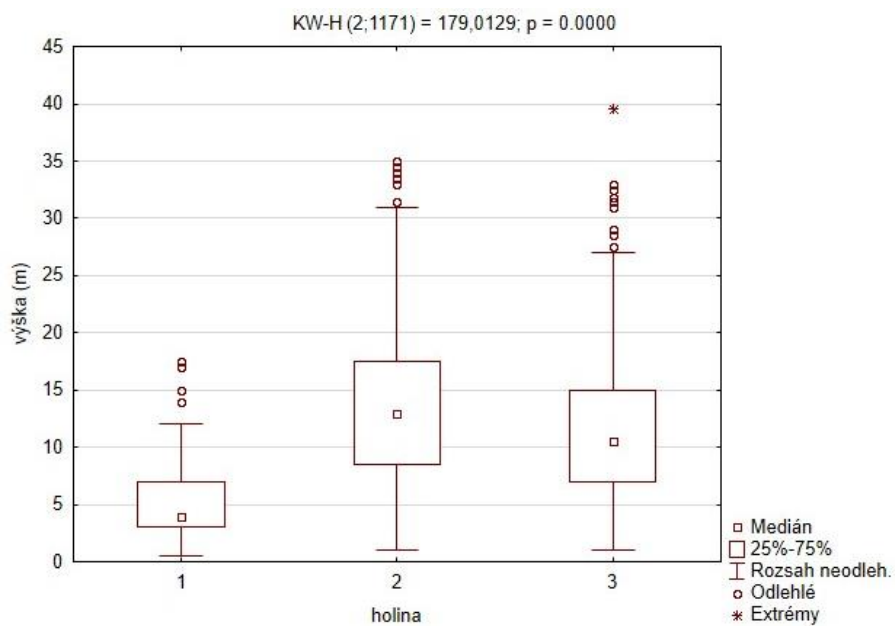
Obr. 12a a 12b Korelace výšky přirozené obnovy a tloušťky kořenového systému měřeno v roce 2018 (vlevo) a 2019 (vpravo).

Při vyhodnocení histogramů výše měřených jedinců lze pozorovat jejich normální rozdělení v obou ze dvou měření provedených v roce 2018, kdy dosahovalo zmlazení průměrné výšky 24 cm, v roce 2019 pak dosahovalo již 40,38 cm (viz Obr. 13a a 13b).

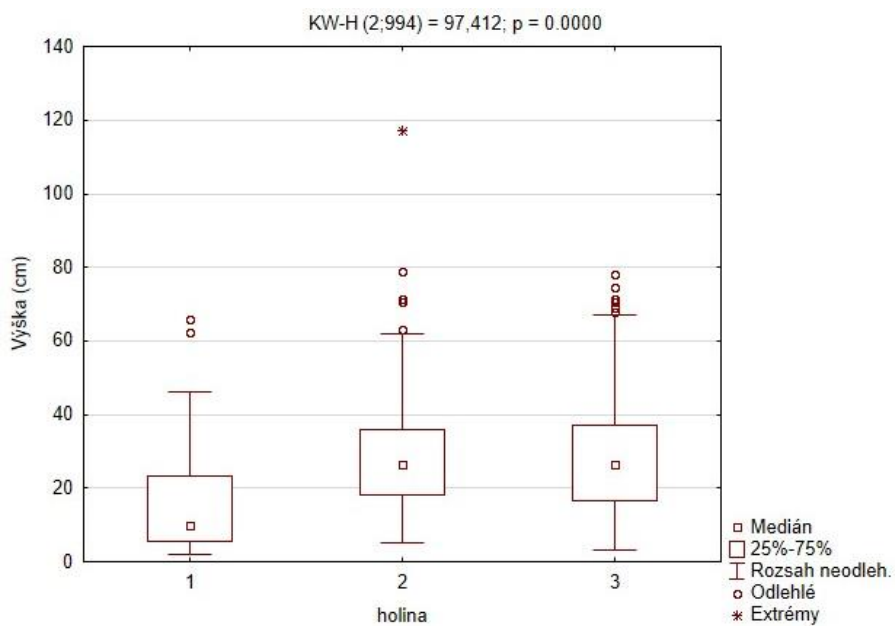


Obr. 13a a 13b. Rozložení výšek přirozené obnovy borovice lesní měřených v roce 2018 (vlevo) a 2019 (vpravo).

Největší hodnoty přirozeného zmlazení borovice lesní byly změřeny na holině 2, kde dosahovaly mediánu 13 cm (viz. Obr. 14 a 15) Na významný rozdíl výšek jedinců na holině 1 a výšek jedinců na ostatních holinách, má opět vliv právě pozdější založení holiny 1. Měření z roku 2019 nicméně odhaluje, že výška jedinců přirozené obnovy na holině 1 se postupně přibližuje výškám jedinců na ostatních holinách. Zajímavým zjištěním je také skutečnost značného výškového přírůstu na holině 3.



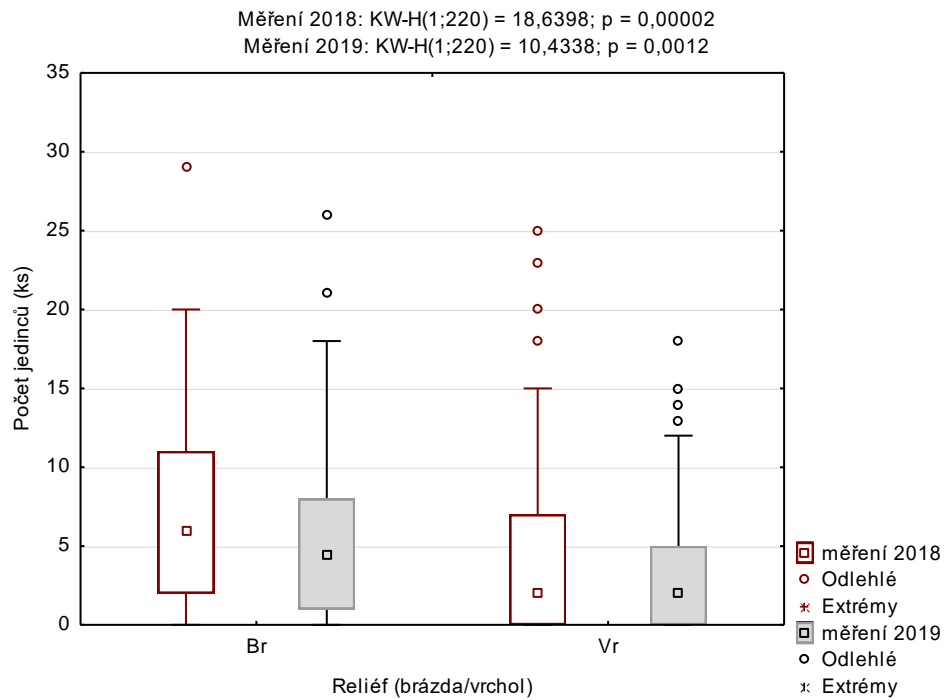
Obr. 14. Porovnání výšek jedinců přirozené obnovy borovice lesní na holinách měřených v roce 2018.



Obr. 15. Porovnání výšek jedinců přirozené obnovy borovice lesní na holinách měřených v roce 2019.

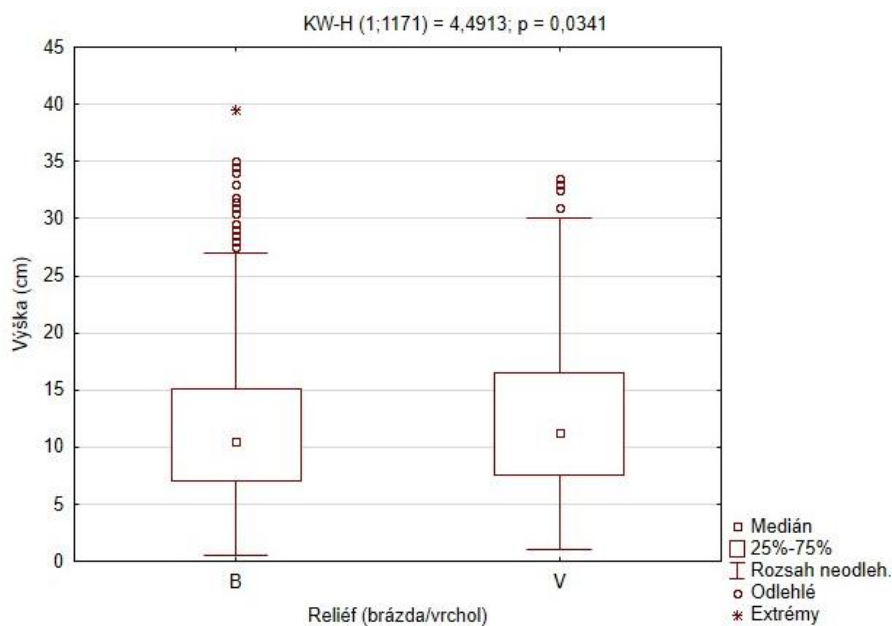
## 5.4 Vliv mikrostanoviště

Vyšší množství jedinců přirozené obnovy lze pozorovat v brázdách celoplošně upravené holé seče (viz Obr. 16). Medián obou měření v brázdě výrazně převyšuje počty jedinců na vrcholu orby.

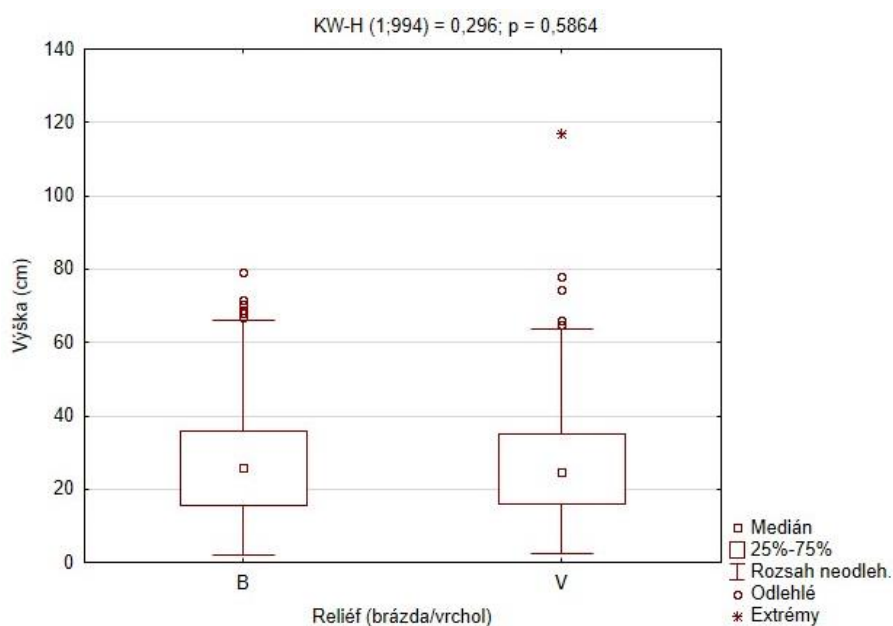


Obr. 16. Závislost množství jedinců na reliéfu mikrostanoviště v roce 2018 a 2019.

Výškou jedinců plocha splňovala předpoklad výškové heterogenity, nicméně nebyla pozorována výrazná diferenciacce výšek jedinců v brázdě a na vrcholku orby (viz Obr. 17 a 18).

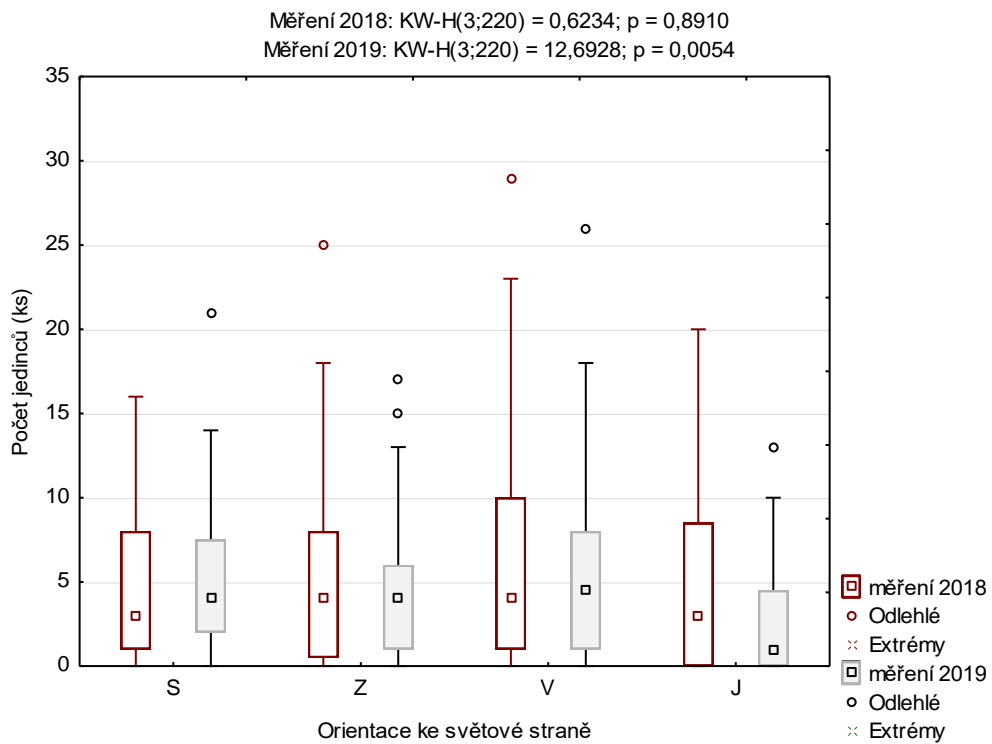


Obr. 17. Závislost výšky přirozeného zmlazení na reliéfu v roce 2018.

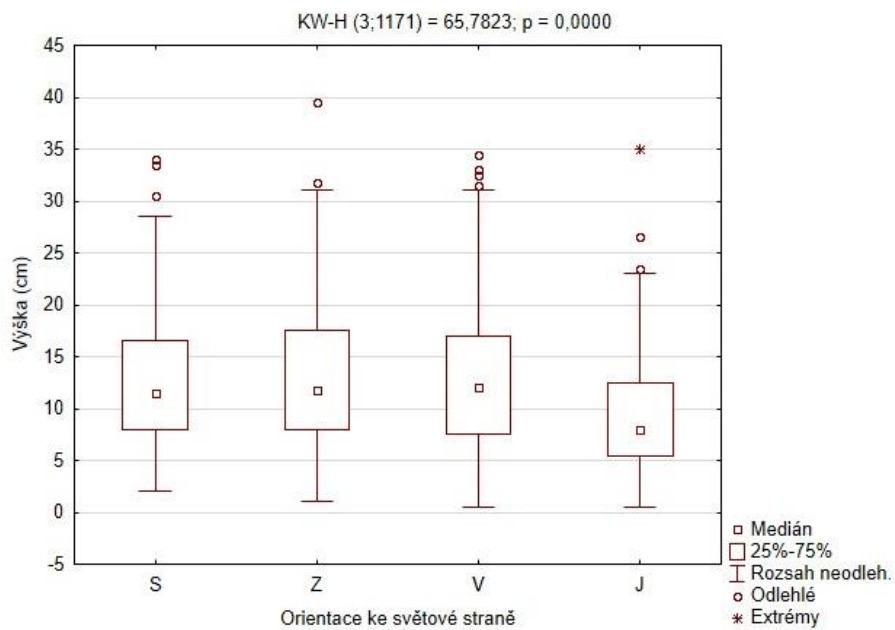


Obr. 18. Závislost výšky přirozeného zmlazení na reliéfu v roce 2019.

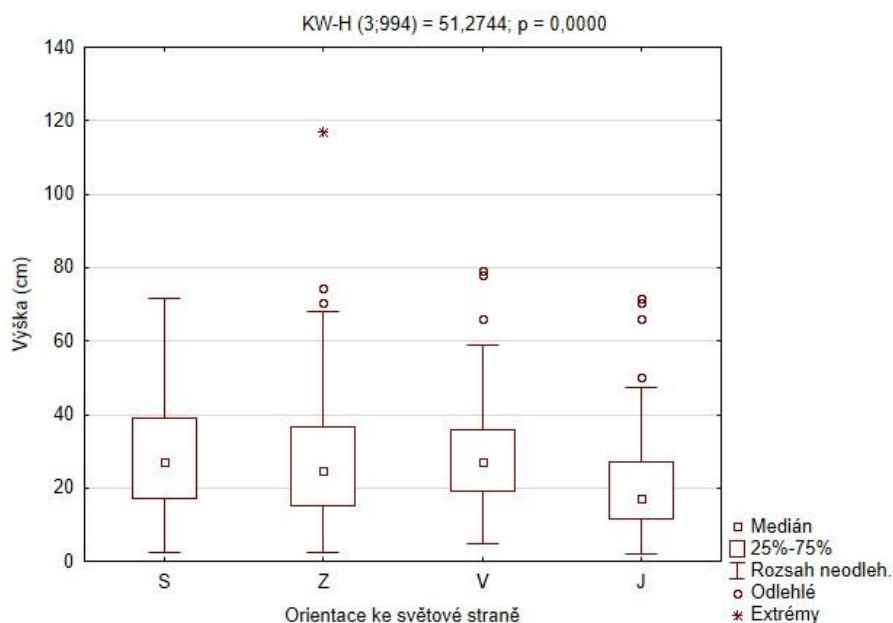
Počet jedinců přirozené obnovy (viz Obr. 19) ani průměrná výška (viz Obr. 20 a 21) neodhaluje závislost přirozené obnovy borovice na orientaci ke světové straně na holé ploše. Mírně zvýšené počty jedinců na ploškách byly zaznamenány pouze na východní straně holiny, průměrnou výškou se však nelišily od zbylých světových stran. Nejnižší množství a zároveň nejnižší průměrná výška byly pozorovány na jižní straně plochy.



Obr. 19. Závislost množství jedinců na světové orientaci měřeno v roce 2018 a 2019.

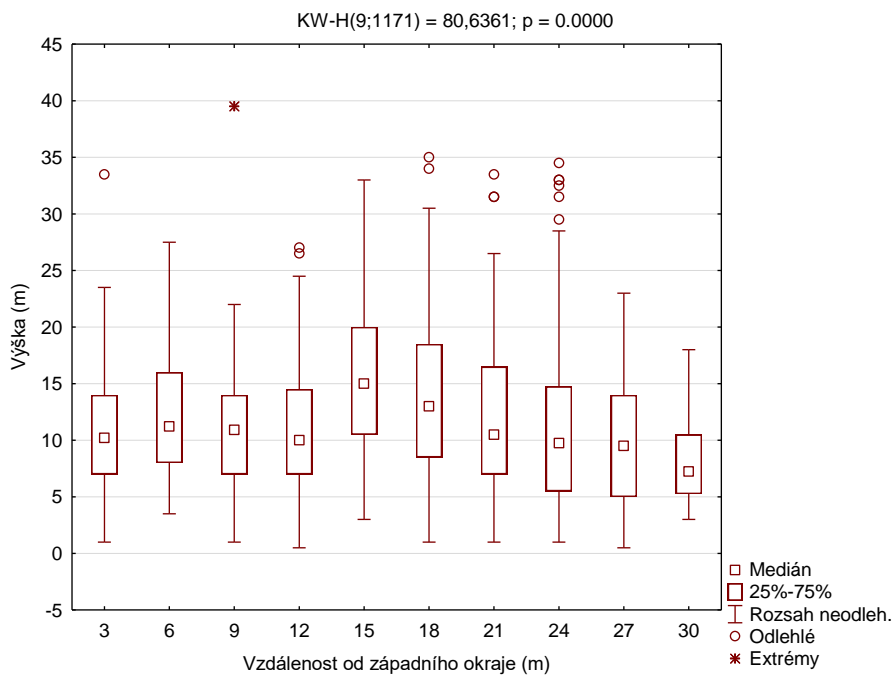


Obr. 20. Závislost výšky přirozené obnovy na orientaci ke světové straně měřené v roce 2018.

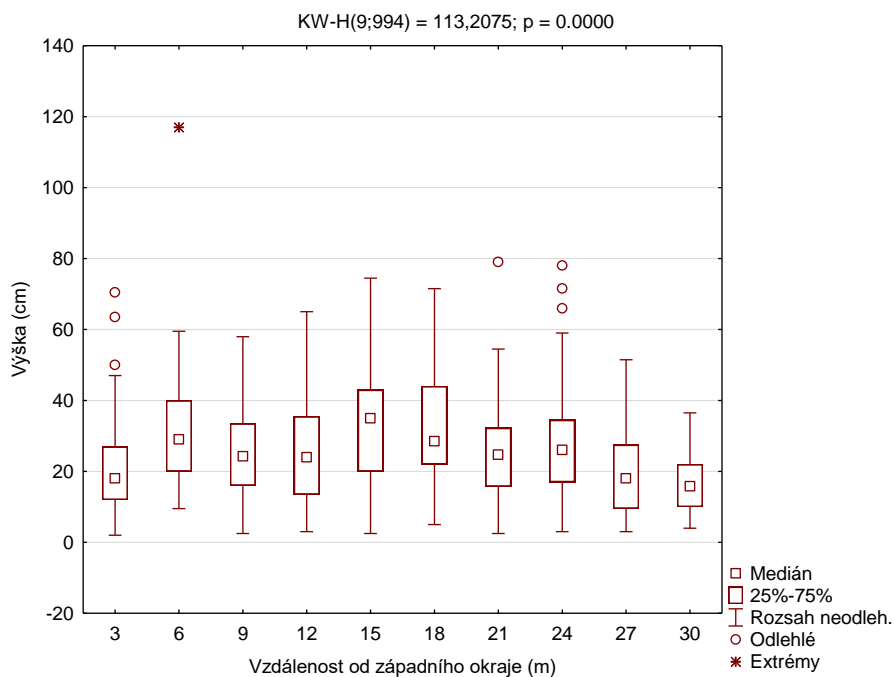


Obr. 21. Závislost výšky přirozené obnovy na orientaci ke světové straně měřené v roce 2019.

Poloha středu holé seče byla pro odrůstání semenáčků nejvíce pozitivní. Ve vzdálenosti 15 a 18 m od západního okraje mateřského porostu dosahovala průměrná výška semenáčků právě nejvyšších hodnot (viz Obr 22 a 23). S klesající vzdáleností od středu holé seče, klesala také průměrná výška semenáčků.

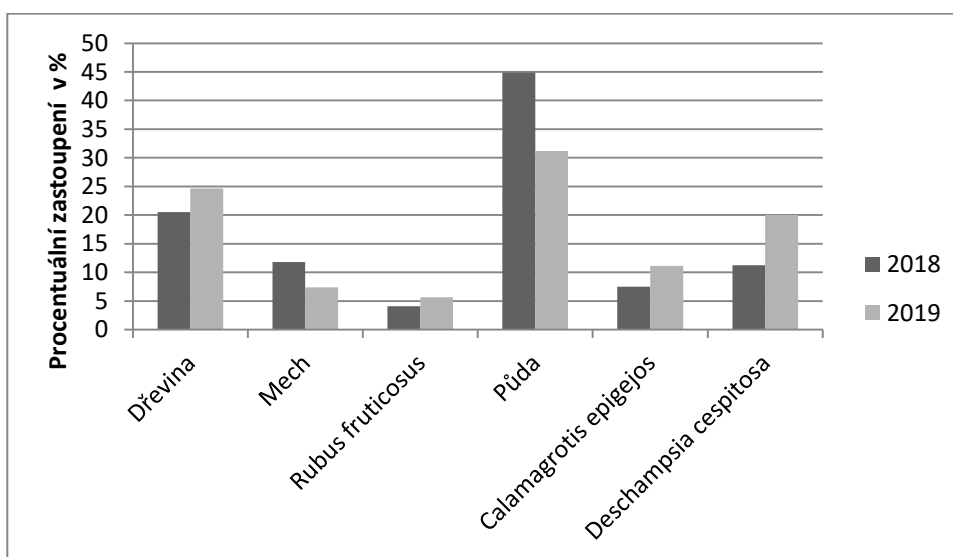


Obr. 22. Průměrná výška přirozeného zmlazení ve vztahu ke vzdálenosti od západního okraje mateřského porostu v roce 2018.



Obr. 23. Průměrná výška přirozeného zmlazení ve vztahu ke vzdálenosti od západního okraje mateřského porostu v roce 2019.

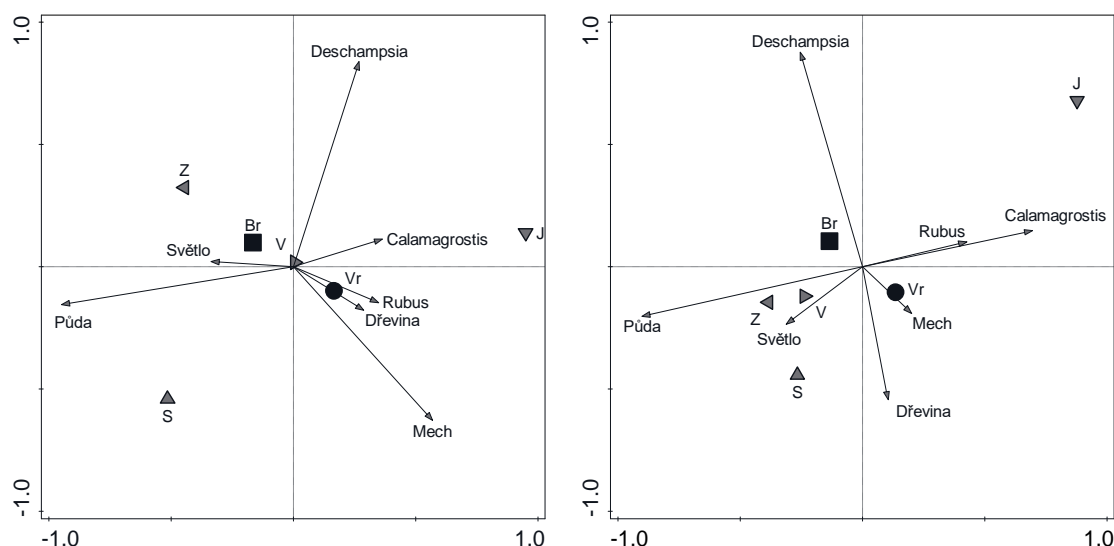
S přibývajícím stářím holiny, se místa s odhalenou půdou, která byla nepokryta obnovou, postupně začala zaplňovat jedinci přirozené obnovy, ale rovněž také konkurenční vegetací (viz obr. 24). Ačkoliv se počet jedinců přirozeného zmlazení s odstupem jedné vegetační sezony snížil (viz Tab. 17), jeho výška a obsazená plocha naopak vzrostla. Vyšší zastoupení pokryvnosti ostatní přízemní vegetací, především travinami a ostružiníkem, pak bude v následujících letech pravděpodobně představovat významný stresový faktor.



Obr. 24. Průměrná procentuální pokryvnost na ploše ve vegetační sezóně 2018 a 2019.



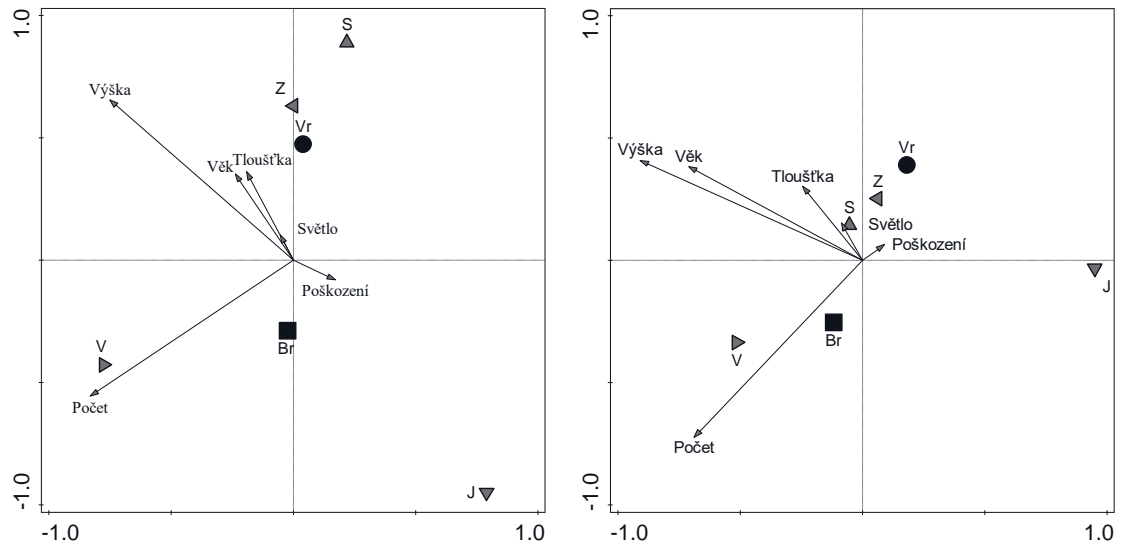
Preference ke světovým stranám je nejvíce patrná u třtiny křovištní, která byla silně vázána na jižní stranu (viz Obr. 25a a 25b). V rámci mikrostanovištních podmínek byly preference rostlin rozděleny na brázdu a vrcholek. Vrcholek byl v obou měření vyhledáván mechem rodu dvouhrotců, brázda byla naopak upřednostňována metlicí trsnatou. Ostatní přízemní vegetace neměla výraznou preferenci k reliéfu ani světové straně.



Obr. 25a a 25b. Vyjádření závislosti půdního pokryvu k orientaci ke světové straně a reliéfu terénu ve vegetační sezoně 2018 (vlevo) a 2019 (vpravo).

Umístění v reliéfu: Br – brázda, Vr – vrcholek; orientace ke světové straně: S – sever, Z – západ, V – východ a J – jih; světlo – celkové fotosynteticky aktivní záření dopadající pod koruny stromů; druh pokryvnosti: Rubus – *Rubus fruticosus*, Calamagrostis – *Calamagrostis epigejos*, Deschampsia – *Deschampsia caespitosa*, Mech – *Dicranum sp*

Tloušťka, věk ani výška nebyly závislé na reliéfu ani světové straně. Přímo závislý byl jen počet jedinců, který byl nejvyšší na východní straně plochy a zároveň v poloze brázdy (viz Obr. 26a a 26b).



Obr. 26a a 26b. Vyjádření závislosti věku, výšky, tloušťky kořenového krčku a poškození přirozeného zmlazení borovice lesní k orientaci ke světové straně a reliéfu terénu ve vegetační sezoně 2018 (vlevo) a 2019 (vpravo).

Umístění v reliéfu: Br – brázda, Vr – vrcholek; orientace ke světové straně: S – sever, Z – západ, V – východ a J – jih; světlo – celkové fotosynteticky aktivní záření dopadající pod koruny stromů; Výška – výška semenáčků, Počet – počet semenáčků, Poškození – poškození semenáčků zvěří, Tloušťka – tloušťka kořenového krčku semenáčku, Věk – věk semenáčků.

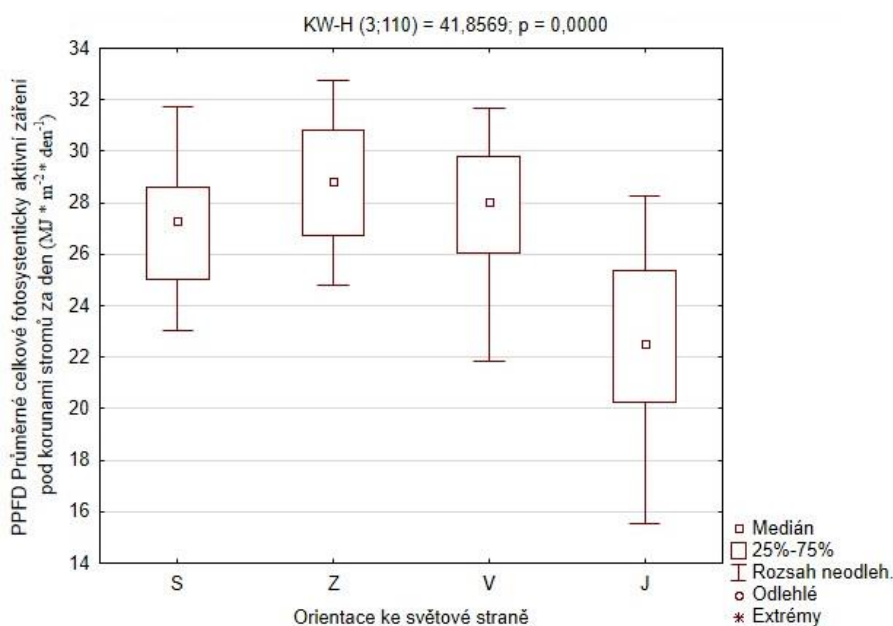
## 5.5 Vliv slunečního záření na holé ploše

S ohledem na vegetační dobu (konec dubna – konec října) bylo v oblasti měření zjištěno přímé sluneční záření nad korunami v množství  $35,08 \text{ MJ} \times \text{m}^{-2} \times \text{den}^{-1}$  a rozptýlené sluneční záření nad korunami  $5,26 \text{ MJ} \times \text{m}^{-2} \times \text{den}^{-1}$  (viz tab. 18).

Tab. 18. Sluneční záření nad korunami v oblasti měření vztažené na vegetační období od konce dubna do konce října, k nadmořské výšce a zeměpisné poloze.

Přímé sluneční záření nad korunami ( $\text{MJ} \times \text{m}^{-2} \times \text{den}^{-1}$ )	Rozptýlené sluneční záření nad korunami ( $\text{MJ} \times \text{m}^{-2} \times \text{den}^{-1}$ )	Celkové sluneční záření nad korunami ( $\text{MJ} \times \text{m}^{-2} \times \text{den}^{-1}$ )
<b>35,08</b>	<b>5,26</b>	<b>40,35</b>

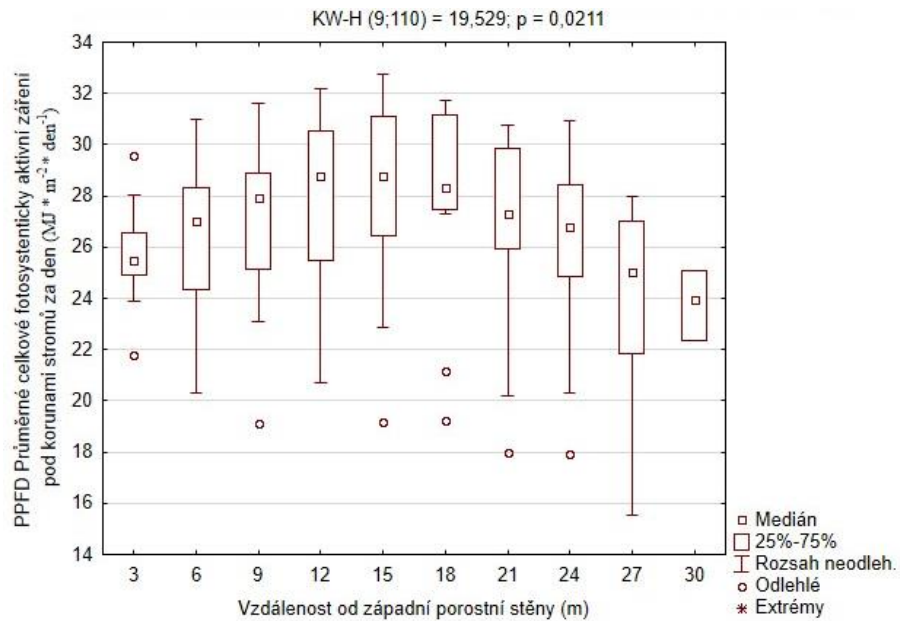
Nejvyšší roční průměr celkového fotosynteticky aktivního záření dopadajícího pod koruny stromů byl vypočítán na západně orientovaných částí holých seči (viz obr. 27), kde medián dosahoval hodnoty vyšší než  $28 \text{ MJ} \times \text{m}^{-2} \times \text{den}^{-1}$ .



Obr. 27. Celkové přímé fotosynteticky aktivní záření pod korunami stromů vztažené v závislosti na orientaci ke světové straně.

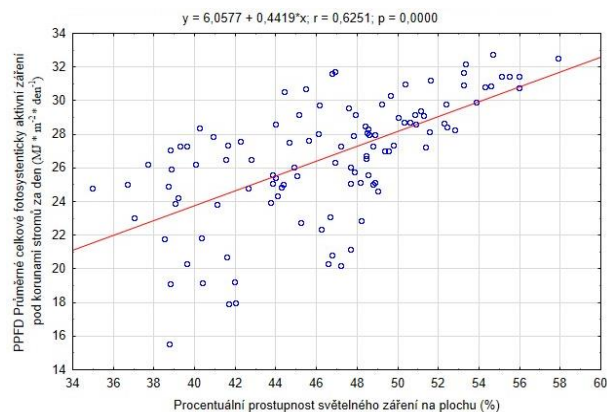
Vliv vzdálenosti od západní strany hranice holé seče a mateřského porostu je velmi zřetelný. Nejvyšší osvětlenost přímým fotosynteticky aktivním zářením je patrná v poloze středu holiny (viz Obr. 28). Případné výkyvy v měření na okrajích porostů jsou

způsobeny diferenciací mateřských porostů, které holé seče obklopují. Největší množství záření ovlivňuje zápoj a výška mateřského porostu.



Obr. 28. Celkové přímé fotosynteticky aktivní záření pod korunami stromů vztahované v závislosti ke vzdálenosti od západní stěny mateřského porostu.

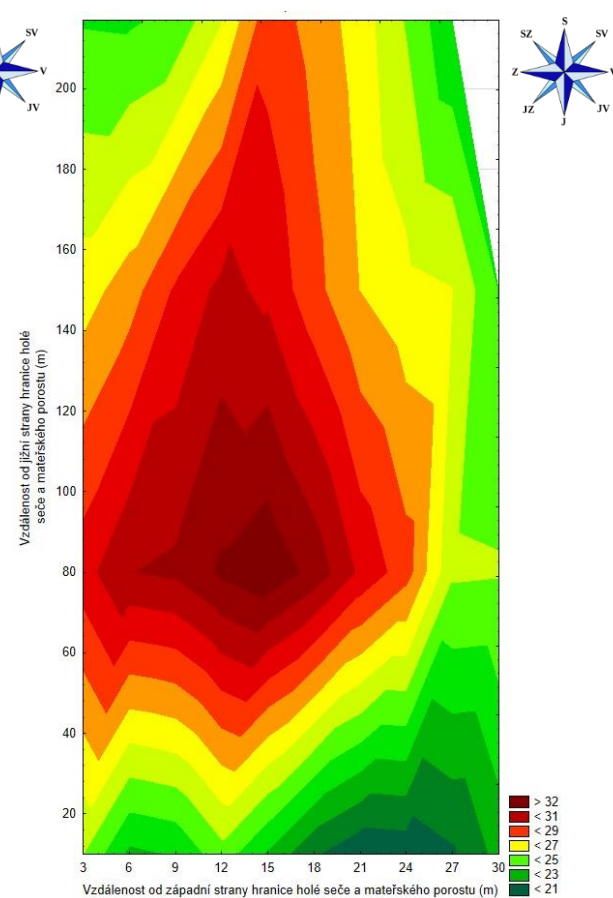
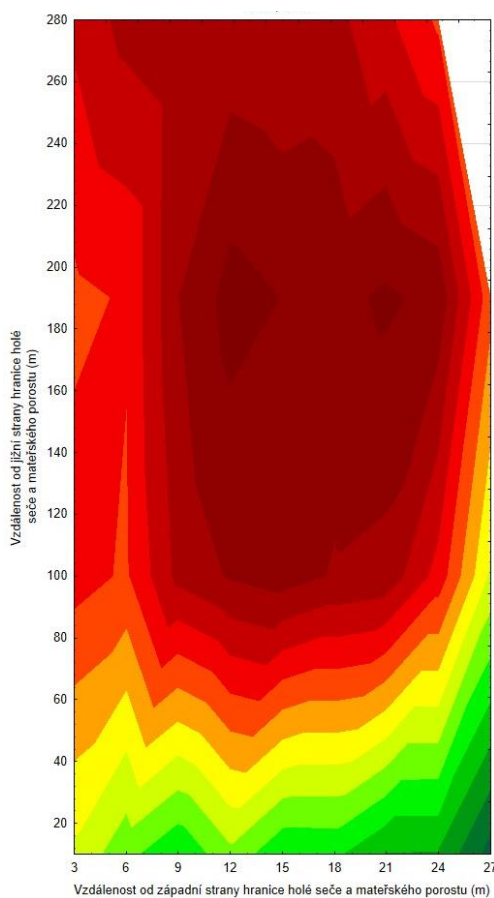
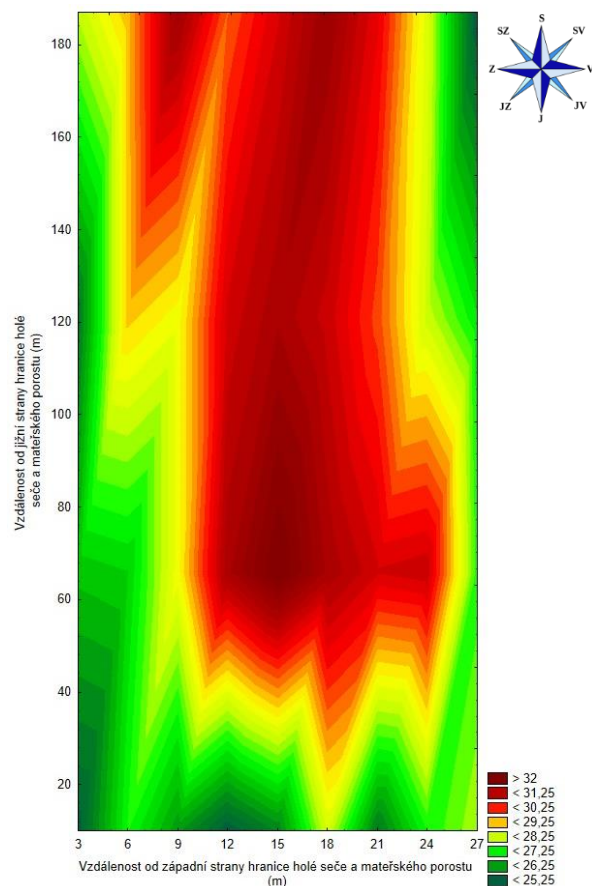
Procentuální prostupnost světelného záření na plochu (Openness) vykazuje střední korelační závislost s průměrnou hodnotou fotosynteticky aktivního záření pod korunami stromů (viz Obr. 29). Tento aspekt lze logicky odvodit tak, že uvolněním korunového zápoje roste i množství světelného záření, které může dopadat na plochu pod porostem. Na základě tohoto faktu není relevantní hodnocení závislosti (Openness) ke světovým stranám, či vzdálenosti od západní porostní stěny. Takto zjištěné výsledky by tak byly velmi podobné a postrádaly by vypovídající hodnotu.



Obr. 29. Korelace Průměrného celkového fotosynteticky aktivního záření pod korunami stromů a procentuální prostupnosti světelného záření na plochu.

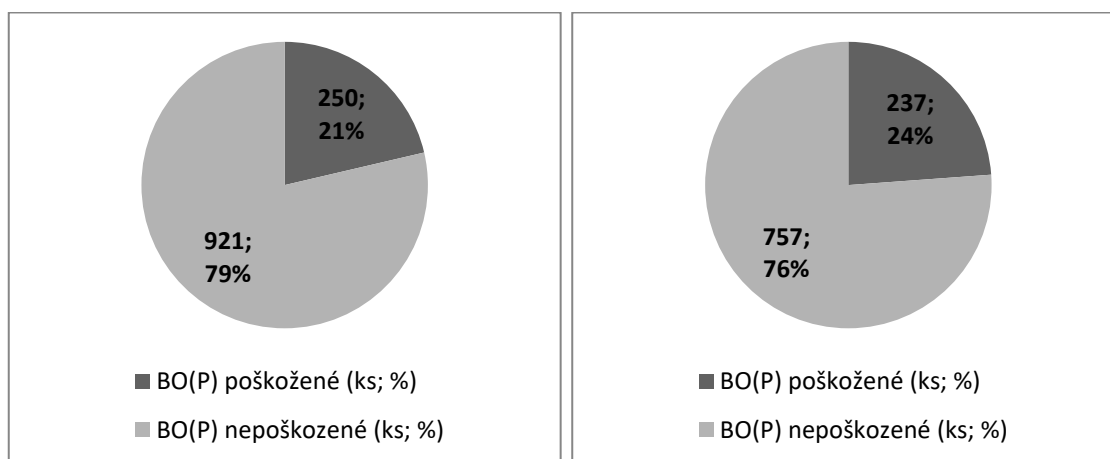
Pro lepší prezentaci míry oslunění na holých sečích bylo zvoleno použití 3D grafů (viz Obr. 30a, 30b a 30c) pro prezentaci oblastí s nejvyšším dopadem fotosynteticky aktivního záření na plochu. Z výsledných grafů je dobře čitelné, že nejvyšší intenzity záření dosahují holiny ve svém středu a na severní straně. Výrazný vliv na oslunění holiny má umístění slunce na obloze v závislosti na zeměpisné poloze a velikost objektů, v tomto případě mateřského porostu, kde dospělé stromy plochu zastiňují.

Obr. 30a, 30b a 30c. PPFd celkové přímé fotosynteticky aktivní záření pod korunami stromů ( $MJ \times m^{-2} \times den^{-1}$ ) znázornění ve 3D grafu na holině 1 (vpravo nahoře), 2 (vlevo dole) a 3 (vpravo dole).



## 5.6 Vliv zvěře

Na přirozené obnově borovice lesní byl zaznamenán významný podíl jedinců poškozených okusem zvěře. V roce 2018 se jednalo o 21 %, v roce 2019 dokonce o 24 % z celkových změřených jedinců přirozené obnovy. Nicméně celkový počet poškozených jedinců klesl (viz Obr. 31a a 31b). Snížení celkového absolutního počtu poškozených jedinců bylo způsobeno především jejich mortalitou v důsledku poškození okusem zvěří, podíl poškozených jedinců se naopak zvýšil.



Obr. 31a a 31b. Poškození přirozeného zmlazení borovice lesní způsobeného tlakem zvěře v roce 2018 (vlevo) a 2019 (vpravo).

Normované stavy zvěře jsou v oblasti stanoveny pro srnce obecného v celkovém počtu 34 ks, daňka skvrnitého v počtu 17 ks a muflona v počtu 8 ks (viz Tab. 19).

Tab. 19. Jakostní třídy honitby pro jednotlivé druhy zvěře a jejich minimální a normované stavy (podle vyhlášky MZe č. 491/2002 Sb., o způsobu stanovení minimálních a normovaných stavů zvěře a o zařazování honiteb nebo jejich částí do jakostních tříd).

druh zvěře:	jakostní třída:	výměra (ha) :	minimální stav (ks) :	normovaný stav (ks) :	poměr pohlaví:	koeficient očekávané produkce:
srnec obecný pole:	II.	789	8	38	1 : 1	1,0
srnec obecný les:	III.	1033	26	32	1 : 1	1,0
daňk skvrnitý:	III.	1110	17	24	1 : 1	0,8
muflon:	III.	350	5	8	1 : 1	0,9
prase divoké:	III.	1110	6	11	1 : 1	4,5

## 6 Diskuze

Ve studovaných mateřských porostech naprosto převažovala borovice (zastoupení 88–100 %) doprovázená vtroušením dubu, břízy, akátu a jeřábu ptačího. Ačkoliv aktuální vyhláška č. 298/2018 Sb. pro hospodářský soubor 13 stanoví podíl MZD 5–15 %, v závislosti na SLT (v SLT 0K, vyskytujícím se na většině zkoumané plochy, vyhláška určuje podíl 15 % MZD), nebyl na zkoumaných plochách, z důvodu jejich dřívějšího zalesnění, zjištěn legislativně přijatelný podíl MZD v umělé ani přirozené obnově.

Vnesení buku do směsi s borovicí je vhodnější realizovat zejména ve středních polohách kyselých stanovišť (Poleno et al. 2009). Racionální se zde jeví využití například dubu. Dub a bříza je známou kombinací vídanou v borových doubravách, přechodem mezi kyselými doubravami a vlastními bory. Pěstebně vhodná je taktéž směs borovice a břízy. Je však nutné brát v potaz pionýrský charakter břízy a nutnost její redukce výchovnými zásahy (Gailis 1958; Priha 1999).

Množství a intenzita přirozeného zmlazení borovice lesní byla v diplomové práci zjištěna jako výrazně nadprůměrná vůči ostatním provedeným bakalářským a diplomovým pracím, či výzkumům napříč regiony České republiky a Evropy (viz Tab. 20).

Velké množství těchto prací bylo zaměřeno na výzkum přirozeného zmlazení pod porostem. Počty přirozeného zmlazení pod zástiněm mateřského porostu, ve kterém bylo sníženo zakmenění, a v rozvolněném porostu tak nastaly vhodné podmínky pro nálet semen a jejich schopnosti klíčit, publikují ve svých pracích Ulbrichová et al. (2018), Kolesárová (2018), Pavlík (2018), Kratochvílová (2018) či Brichta et al. (2020). Průměrné počty přirozeného zmlazení pod zástiněm mateřského porostu dosahují množství necelých 20 000 ks  $\times$  ha<sup>-1</sup>. S těmito dílčími výzkumy koresponduje i dlouhodobý výzkum prováděný Bílkem et al. (2018a), jehož výsledky se pohybovaly v rozmezí 5 000–20 000 ks  $\times$  ha<sup>-1</sup>. Nejprekvapivější výsledky však publikuje Beland et al. (2000) ve své studii ve Švédsku. Ve výsledcích, které autor publikuje, uvádí nižší počty přirozeného zmlazení na holé seči (3 700 ks  $\times$  ha<sup>-1</sup>), než pod zástiněm mateřského porostu (53 000 ks  $\times$  ha<sup>-1</sup>). V porovnání se závěry této práce jsou však výsledky Bílka et al. (2018a) také relevantní, třebaže se ve své studii věnuje přirozené

obnově pod porostem. V pruhových holých sečích, zkoumaných v této práci, jsou totiž podmínky růstu semenáčků výrazně ovlivněny zástínem mateřského porostu, obdobně jako na plochách sledovaných právě zmíněným autorem.

V rámci Evropy bylo realizováno obdobné měření především na území Finska, kde Szarsaunet et al. (2018), ale také Hallikainen (2019) zkoumali přirozenou obnovu borovice na holé seči s významným zastoupením břízy. Počty přirozeného zmlazení se pohybovaly v rozmezí 10 991–24 930 ks  $\times$  ha<sup>-1</sup>.

Obdobné šetření prováděl rovněž Hytönen et al. (2019), který však zkoumal porostní směs borovice, smrku a břízy. V této směsi se pro borovici ukázal smrk jako silně limitující pro její zmlazení, což se projevilo v počtu semenáčků, které se vyskytovaly v počtu pouze 4 552 ks  $\times$  ha<sup>-1</sup>.

Mirschel et al. (2010) zkoumal přirozenou obnovu borovice v Německu, kde měřil přirozenou obnovu pouze s výškou nad 50 cm. I přes tento fakt změřil na ploše 17 000 ks  $\times$  ha<sup>-1</sup>, což dokazuje, že ačkoliv je mortalita přirozené obnovy vysoká, i přes to není problém se zajištěností nárůstu.

Nejvíce podobnou metodiku měření, zároveň také výsledky, zmiňuje Myška (2018) ve své bakalářské práci. Průměrné počty jedinců v jeho studii dosahovaly 375 000 ks  $\times$  ha<sup>-1</sup>. Studie byla prováděna v PLO Polabí ve výše položeném HS 23. Myškovy výsledky tak spolu s výsledky této diplomové práce potvrzují vhodnost provádění holosečného způsobu obnovy lesních porostů v níže položených oblastech České republiky, konkrétně pak v HS 13 a 23.

Myškovy (2020) výsledky rovněž odhalují vysoké počty přirozeného zmlazení v prvním měření ve dvou letech od smýcení porostu a provedení celoplošné přípravy půdy. Následujícím měřením, ve dvou navazujících vegetačních sezónách, potvrdil postupnou přirozenou mortalitu sazenic, která ve třetím roce od založení holiny dosahovala 87,4 % z původních 269 565 ks  $\times$  ha<sup>-1</sup>. Myškovy (2020) data jsou shodná s daty zjištěnými touto prací. Druhý rok, od vzniku holé seče a provedení celoplošné přípravy půdy, se objevuje nejvyšší počet jedinců přirozené obnovy. Na ploše se vyskytují jedinci z prvního a rovněž i z druhého roku přirozené obnovy. Zároveň se mezi jedinci neobjevuje přirozená mortalita jedinců spojená s jejich rostoucí výškou.



Tab. 20. Souhrnná tabulka s výsledky z různých studií s obdobnou tematikou prováděných na území České republiky a Evropy.

<b>Autor, či kolektiv autorů (rok)</b>	<b>Země výzkumu</b>	<b>Počty přirozeného zmlazení BO (ks × ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Obnovní způsob, použité technologie nebo jiné podmínky mající významný vliv na zjištěné výsledky</b>
Aleksandrowicz–Trzcina et al. (2014)	Polsko	<b>188 000</b> <b>36 000</b> <b>121 000</b>	Pruhová seč s celoplošnou přípravou půdy rozdílné způsoby přípravy: • lesnický pluh s dvěma radlicemi • talířová půdní fréza • aktivní talířový pluh
Aleksandrowicz–Trzcina et al. (2017)	Polsko	<b>75 593</b> <b>22 826</b> <b>46 097</b>	Pruhová seč s celoplošnou přípravou půdy rozdílné způsoby přípravy: • lesnický pluh s dvěma radlicemi • talířová půdní fréza • aktivní talířový pluh
Brichta et al. (2020)	Česká republika	<b>21 960</b> <b>13 550</b> <b>17 110</b> <b>11 500</b>	Holá seč s celoplošnou přípravou půdy rozdílné způsoby přípravy: • kotoučový mulčovač • půdní fréza • dozer • bez přípravy
Beland et al. (2000)	Švédsko	<b>53,000</b> <b>3,700</b>	Obnova pod porostem Holá seč s celoplošnou přípravou
Aleksandrowicz–Trzcina et al. (2018)	Polsko	<b>15 000</b>	Pruhová seč bez celoplošné přípravy půdy
Hallikainen et al. (2019)	Finsko	<b>22 000</b>	Kruhová holá seč (0,5 ha, průměr 80 m) smíšený porost s břízou
Hytönen et al. (2019)	Finsko	<b>4 552</b>	Pruhová holá seč s celoplošnou přípravou půdy smíšené porosty s břízou a smrkem
Mirschel et al. (2010)	Německo	<b>17 000</b>	Jedinci vyšší než 50 cm
Sazrsaunet et al. (2018)	Finsko	<b>10 991 až</b> <b>24 930</b>	Holá seč (smíšený porost s břízou) Čísla počtu zmlazení na základě míry promísení humusu
Ulbrichová et al. (2018)	Česká republika	<b>4 285 až</b> <b>18 570</b>	Clonná obnova (0,25 ha)
Kratochvílová (2018)	Česká republika	<b>22 000</b>	Obnova pod porostem
Pavlík (2018)	Česká republika	<b>14 300</b>	Obnova pod porostem
Kolesárová (2018)	Česká republika	<b>22 050</b>	Obnova pod porostem
Myška (2018)	Česká republika	<b>375 000</b>	Obnova na holé seči

Mechanická příprava půdy, která byla na zkoumaných holinách před výsadbou provedena, se ukázala jako efektivní způsob podpory přirozeného zmlazení. Výsledky potvrdily, že zvlněný reliéf holé seče zlepšuje mikrostaništní podmínky stanoviště rozdělením homogenní plochy holé seče na místa na dně brázdy s příznivějšími podmínkami pro klíčení semen a vrcholek orby, který je více exponovaný. Rovněž se potvrdila účinnost lesního pluhu se dvěma radlicemi, kterou ve svých výzkumech testovali i Aleksandrowicz–Trzcina'ská et al. (2014, 2017, 2018) a při jejímž použití, jakožto prostředku pro celoplošnou přípravu půdy, bylo dosaženo právě nejlepších výsledků. Zároveň prokázali výrazný rozdíl ve schopnosti iniciace přirozené obnovy na ploše bez skarifikace oproti ploše s provedenou celoplošnou přípravou půdy, kdy ve výsledcích z roku 2014 a 2018 byl rozdíl  $173\ 000\text{ks} \times \text{ha}^{-1}$ . Obdobný výzkum byl proveden na území České republiky, kde Brichta et al. (2020) zkoumal vliv celoplošné přípravy půdy na holé seči a pod rozvolněným porostem se zakmeněním od 0,4 do 0,8. Jeho výsledky korespondují s měřeními v Polsku, kdy rovněž prokázal pozitivní vliv celoplošné přípravy půdy na přirozenou obnovu. Nejefektivněji byla výzkumem vyhodnocena celoplošná příprava půdy pomocí půdní frézy a to jak na holině, kde byly nejvyšší měřené počty  $21\ 960\ \text{ks} \times \text{ha}^{-1}$ , tak pod zastíněním mateřského porostu se zakmeněním 0,4, kde dosahovaly počtu dokonce  $34\ 208\ \text{ks} \times \text{ha}^{-1}$ .

Kladný vliv celoplošné přípravy půdy prokázali v měřeních rovněž Ackzell (1993) a Hytönen et al. (2019), kteří zhodnotili vztah mezi počtem přirozeného zmlazení na ploše s celoplošnou přípravou půdy. Jejich měření rovněž potvrzuje preferenci počtu přirozené obnovy v brázdě reliéfu. S tímto zjištěním, tato diplomová práce souhlasí a potvrzuje ho. Naopak Myškova (2020) diplomová práce tento fakt však neguje a uvádí pouze vztah mezi výškou semenáčků a dnem brázdy orby.

Celoplošná příprava půdy taktéž eliminovala prvotní konkurenceschopnost ostatní vegetace na ploše, která by se bez jejího provedení už od počátku vytvoření holé seče projevila. S rostoucí dobou od realizace celoplošné úpravy bude konkurenceschopnost pionýrských druhů dřevin a bylin výrazně narůstat. Jedním z dominantních druhů bylin zde byla třtina křovištní, kterou jako silně konkurenční druh popisuje také Ulbrichová et al. (2017). Její konkurenceschopnost byla patrná především na jižních stranách holin, kde byly semenáčky borovice ovlivněny vyšším zastíněním vlivem mateřského porostu. Stejnou preferenci třtiny k jižní světové straně pozoroval i Myška (2018) na HS 23. Ačkoliv Ulbrichová et al. (2017) uvádí, že v podmínkách HS 13 není

významná konkurence přízemní vegetace do pěti let od vytěžení porostu, v tomto případě od provedení celoplošné přípravy půdy, nijak omezujícím faktorem, zde byla na jižních stranách holé seče výrazně ovlivňující. Na rozdíl od negativního působení třtiny se jako pozitivní projevil vliv mechů z rodu dvouhrotců, díky své schopnosti zadržet vodu, který uvádí například Wardle et al. (2003).

Výsledky našeho měření světelných podmínky na holé seči v závislosti na mateřském porostu korespondují se závěry Chantal et al. (2003) a Součka (2015), kteří ve svých výzkumech zjistili nejvyšší hodnoty u severního okraje seče. Ačkoliv se v jejich případě jednalo o seč kruhovou, vliv mateřského porostu lze do jisté míry transformovat na seč pruhovou. Sewerniak (2015) k těmto poznatkům, o vztahu světelných podmínek k růstu a vývoji borovice lesní, doplňuje preferenci borovice k severní expozici, kde měly semenáčky výrazně vyšší výšku a rovněž vyšší hustotu oproti jižní expozici.

Preference jedinců přirozené obnovy borovice vůči světové straně se však nikterak neprojevila a to jak v této práci, tak i v obdobných pracích, například Peřiny et al. (1964) nebo Myšky (2018, 2020), kteří rovněž hodnotili zmlazení borovice jako homogenní v závislosti ke světovým stranám.

Vyšší poškození okusem zvěří na holé ploše lze odůvodnit vyššími stavy dančí a srnčí zvěře, která dle majitele a rovněž uživatele honitby nekorresponduje s minimálními ani normovanými stavy. Nejvyšší počty dančí zvěře byly pozorovány v zimním období, kdy se zvěř stahuje z vyšších poloh do nížin a přirozeně se také snižuje úživnost honitby. Nárovec (2000) zmiňuje, že tyto dva druhy zvěře jsou největšími původci okusu terminálního pupenu. Je proto v zájmu majitele pozemků, aby skutečné stavy přizpůsobil normovaným, ideálně minimálním, stavům stanovených vyhláškou č. 491/2002 sb.

## 7 Závěr

Množství přirozeného zmlazení na zkoumaných holých sečích je dostačující pro zákonem stanovené počty pro zajištění a zalesnění holé plochy. Za podmínky kvalitního mateřského porostu, jeho přirozená obnova zajišťuje geneticky vhodný a dostatečně početný nálet borovice lesní pro následnou výchovu. S ohledem na stále se měnící klimatické podmínky, nabývá přirozená obnova borových porostů jistě velké důležitosti. Lepší vitalita jedinců, silnější kořenový systém s výraznějším kořenovým vlášením a vyšší hektarové počty, snížení nákladů na zalesnění - tento výčet hlavních výhod práce s přirozenou obnovou je jistě dostatečným argumentem pro její uplatňování v praxi ve vyšší míře. Diplomová práce zabývající se výzkumem v oblasti přirozených borových stanovišť prokázala, že hustota a rychlost růstu právě jedinců přirozené obnovy zde může předčít výsledky obnovy umělé.

Současné studie s obdobnou tematikou se zabývají zkoumáním působení klimatických vlivů, lokálních faktorů, stresorů a samotného mikrostanoviště na kvalitu a množství přirozené obnovy. Na základě zjištění mnohých studií, lze zajistit v budoucnu ideální podmínky pro přirozenou obnovu borovice na ploše a přizpůsobit je lokálním faktorům jako jsou půdní, či klimatické podmínky, na které nemá člověk vliv. Jsou však i faktory, které může lesní hospodář při obnově porostu ovlivnit. Jedná se především o velikost a tvar vytvořené holé plochy, orientace ke světové straně, technologie celoplošné přípravy půdy, zápoj okolních mateřských porostů a následná použitá umělá obnova. Vhodnou mírou ovlivnění těchto faktorů dokážeme zajistit podmínky pro kvalitní a početné přirozené zmlazení borovice lesní a následnou výchovu směřující k tvorbě odolných, geneticky kvalitních lesních porostů.

Měřením dat v terénu a následným vyhodnocením se prokázalo, že přirozené zmlazení borovice lesní, při provedení pruhové holé seče v HS 13, dokáže plně zastoupit umělou obnovu. Můžeme začít uvažovat, zda je vysazování umělé obnovy, kterou se do oblasti vnáší lokálně nepůvodní sadební materiál, vhodným postupem obnovy porostů. Pokud je porost dostatečně geneticky kvalitní, měla by být odlesněná plocha v jeho blízkosti zalesněná generací semenného materiálu jím vyprodukovaným. Rovněž se, vzhledem k současnému nedostatku pracovní síly na trhu práce, sníží počet pracovníků nutných pro výsadbu umělé obnovy, a tudíž i počáteční náklady. Následná

finančně náročnější výchova přehoustlých porostů, umožní rozprostření investice do několika decenií a nebude pro vlastníka tak náročnou jednorázovou finanční a personální zátěží.

Na základě těchto faktů by měl každý lesní hospodář usoudit, zda je manipulace s přirozenou obnovou na jeho lokalitě vhodná, či nikoliv. S rostoucími informacemi je však využívání zmlazení dřevin v lesním hospodaření stále efektivnější, jednodušší a může být považováno za základ trvale udržitelného hospodaření.

## 8 Použitá literatura

### Legislativní dokumenty:

Česko. Vláda. Zákon č. 289 ze dne 15. prosince 1995 o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon). In *Sbírka zákonů České republiky*. 1995, částka 76, s. 3946–3984. Dostupné také z WWW: <<https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=289&r=1995>>.

Česko. Vláda. Zákon č. 449 ze dne 31. prosince 2001 o myslivosti. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2001, částka 168, s. 9746–9792. Dostupné také z WWW: <<https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=449&r=2001>>.

Česko. Ministerstvo zemědělství. Vyhláška č. 139 ze dne 1. dubna 2004, kterou se stanoví podrobnosti o přenosu semen a sazenic lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnosti o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2004, částka 46, s. 1954–1968. Dostupné také z WWW: <<https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=139&r=2004>>.

Česko. Ministerstvo zemědělství. Vyhláška č. 76 ze dne 11. května 2018, kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 101/1996 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o opatřeních k ochraně lesa a vzor služebního odznaku a vzor průkazu lesní strážce, ve znění vyhlášky č. 236/2000 Sb. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2018, částka 38, s. 1002–1008. Dostupné také z WWW: <<https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=76&r=2018>>. ISSN 1211-1244.

Česko. Ministerstvo zemědělství. Vyhláška č. 298 ze dne 20. prosince 2018 o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2018, částka 149, s. 5050–5080. Dostupné také z WWW: <<https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=298&r=2018>>.

### **Odborné publikace:**

ACKZELL L. (1993). *A comparison of planting, sowing and natural regeneration for Pinus sylvestris (L.) in boreal Sweden*. Forest Ecology and Management, 61: s. 229–245.

ALEKSANDROWICZ–TRZCIN'SKA M., DROZDOWSKI S., BRZEZIECKI B., RUTKOWSKA P., JABŁOŃSKA B. (2014). *Effect of different methods of site preparation on natural regeneration of Pinus sylvestris in eastern Poland*. Dendrobiol 71: s. 73–81.

ALEKSANDROWICZ–TRZCIN'SKA M., DROZDOWSKI S., STUDNICKI M., ZYBURA, H. (2018). *Effects of Site Preparation Methods on the Establishment and Natural-Regeneration Traits of Scots Pines (Pinus sylvestris L.) in North-Eastern Poland*. Forests 9: 717.

ALEKSANDROWICZ–TRZCIN'SKA M., DROZDOWSKI S., WOLCZYK S., BIELAK K., ZYBURA, H. (2017). *Effects of Reforestation and Site Preparation Methods on Early Growth and Survival of Scots Pine (Pinus sylvestris L.) in South-Eastern Poland*. Forests 8: 421.

AUGUSTO L., RANGER J., BINKLEY D., ROTHE A. (2002). *Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility*. Annals of Forest Science, 59, 3: s. 235–253.

BELAND M., AGESTAM E., EKÖ P. M., GEMMEL P., NILSSON U., (2000). *Scarification and seedfall affects natural regeneration of Scots pine under two shelterwood densities and a clear-cut in southern Sweden*. Scandinavian Journal of Forest Research, 15: s. 247–255.

BERÁNEK J. (2008). *Škůdci borovice lesní (Pinus sylvestris L.)*. In: *Přirozené zmlazování borovice*. Kostelec nad Černými Lesy: Lesnická práce s.r.o. s. 33–36. ISBN 978-80-02-02070-7.

BERG B. et al. (1999). *Amounts of litter fall in some pine forests in a European transect, in particular Scots pine*. Annals of Forest Science, 56: s. 625–639.

BÍLEK L. et al. (2017). *Ekologicky orientované pěstování borových porostů v podmínkách nižších až středních poloh*. VÚLHM: Lesnický průvodce 9/2017. ISBN 978-80-7417-149-9.

BÍLEK L. et al. (2018a). *Pěstební a ekonomické aspekty clonné obnovy borovice lesní*. VÚLHM: Lesnický průvodce 8/2018. ISBN 978-80-7417-169-7.

BÍLEK L., VACEK Z., BULUŠEK D., LINDA R., KRÁL J. (2018b). *Are clearcut borders an effective tool for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) natural regeneration?* Forest Systems, 27 (2): 14 s.

BRICHTA J., BÍLEK L., LINDA R., VÍTÁMVÁS J. (2020). *Does shelterwood regeneration on natural Scots pine sites under changing environmental conditions represent a viable alternative to traditional clear-cut management?* Central European Forestry Journal 66: s. 104–115

BRUNCLÍK O. et al. (1986). *Geologie a půdoznalství III a: Geologie*. 1. vyd. Praha: VN MON, 127 s.

CIESLEROVÁ E. (2001). *LOS VÚLHM: škody působené zvěří*. Lesnická práce 12/2001. 4 s.

ČERNÝ Z., NERUDA J. (2001). *Příprava půdy v lesním hospodářství*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, 2001. 63 s. ISBN 80-7105-221-3.

DEMEK J. et al. (2006). *Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČR*. 2. vyd. Brno: MŽP ČR, 582 s. ISBN 80-86064-99-9.

DUBROVSKÝ et al. (2005). *Uncertainties in climate change scenarios for the Czech republic*. Climate Research 2 (2): s. 139–156.

ERBER A. (2019). *Jsou borové porosty připraveny odolávat suchu? Jaký postup obnovy zvolit při adaptaci porostů na suchu?* Lesnická práce 2: s. 112–115.

EREFUR CH., BERGSTEN U., CHANTAL D. M. (2008). *Establishment of direct seeded seedlings of Norway spruce and Scots pine: Effects of stand conditions,*



*orientation and sitance with respect to shelter tree, and fertilisation*. Forest Ecology and Management 255: s. 1186–1195.

FRANKLIN J. F., MITCHEL R. K., PALIK B. (2007). *Natural disturbance and stand development principles for ecological forestry*. USDA Forest Service, Northern Research Station, General Technical Report 19. USA. 44 s.

FREDERICKSEN T. S., ZEDAKER S. M., SMITH D. V., SEILER J. R., KREH R. E. (1990). *Early stand dynamics in a field competition experiment with loblolly pine, red maple and black locust*. Sixth biennial Southern silvicultural research conference, Memphis, s. 630–640.

GAILIS J. (1958). *The root system of Scots pine, birch, Alnus Ivana and A. glutinosa in mixed stands on infertile soils*. Riga, Trudy Inst. Lesohoz. Probl., 14: s. 13–59.

GAUDIO N., BALANDIER P., PHILIPPE G., DUMAS Y., JEAN F., GINISTY C. (2011). *Light-mediated influence of three understorey species (Calluna vulgaris, Pteridium aquilinum, Molinia caerulea) on the growth of Pinus sylvestris seedlings*. European Journal of Forest Research 130: s. 77–89.

GIS – ÚHÚL BRANDÝS N. L. (2005). *Údaje z datového skladu lesnických typologických map*. (depon. in: ÚHÚL Brandýs/L).

GONZÁLEZ-MARTINÉZ C. A., BRAVO F. (2000). *Density and population structure of the natural regeneration of Scots pine (Pinus sylvestris L.) in the High Ebro Basin (Northern Spain)*. Annals of Forest Science, 58: s. 277–288.

HALLIKAINEN V., HÖKKÄ H., HYPPÖNEN M., RAUTIO P., VALKONEN S. (2019). *Natural regeneration after gap cutting in Scots pine stands in northern Finland*. Scandinavian Journal of Forest Research, 34 (2): s. 115–125.

HELENIUS P., SAARINEN M. (2013). *Regeneration result of excavator-mounted rototiller in direct seeding of Scots pine on forestry-drained peatland*. Scandinavian Journal of Forest Research 28 (8): s. 752–757.

HLADILÍN V. (1997). *Borovice Šumavy a její pěstování*. Vimperk, Správa NPŠ, 46 s.

HYTÖNEN J., HÖKKÄ H., SAARINEN M. (2019). *The Effect of Site Preparation on Seed Tree Regeneration of Drained Scots Pine Stands in Finland*. *Baltic Forestry* 25 (1): s. 132–140.

CHANTAL D. M., LEINONEN K., KUULUVAINEN T., CESCATTI A. (2003). *Early response of Pinus sylvestris and Picea abies seedlings to an experimental canopy gap in boreal spruce forest*. *Forest Ecology and Management* 176: s. 321–336.

CHLUPÁČ I. et al. (2002). *Geologická minulost České republiky*. Praha: Academia Praha, 436 s. ISBN 80-200-0914-0.

Information Center of Polish state Forests (2012). *Participles of Silviculture in Poland*. Warsaw, Poland s. 72. ISBN 978-83-61633-65-5.

KACÁLEK D., MAUER O., PODRÁZSKÝ V., SLODIČÁK M. et al. (2017). *Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin*. VÚLHM: Lesnická práce, 300 s. ISBN 978-80-7458-102-1.

KAMRA S. K. (1968). *Effect of different distances between water level and seed bed on Jacobsen apparatus on the germination of Pinus sylvestris L. seed*. *Studia Forestalia Suecica* 65: s. 1–18 .

KAŇÁK K. (1999). *Historie výzkumu borovice lesní*. *Acta Průhonická* 68, Průhonice.

KELLOMÄKI S., KOLSTRÖM M. (2003). *The influence of climate change on the productivity of Scots pine, Norway spruce, Pendula birch and Pubescent birch in southern and northern Finland*. *Forest Ecology and Management*. 65: s. 201–217.

KLIMEŠOVÁ K. (2010). *Diplomová práce: Vyhodnocení přirozené obnovy smrku ztepilého na majetku Velkostatku rodiny Podstatzských*. Brno: Mendelova univerzita v Brně.

KLÍR J. (1981). *Vady dřeva*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. 232 s.

KOBE R. K., COATES K. D. (1997). *Models of sapling mortality as a function of growth to characterize interspecific variation in shade tolerance of eight tree species of northwestern British Columbia*. Canadian Journal of Forest Research, 27: s. 227–236.

KOBLÍŽEK J. (2006). *Jehličnaté a listnaté dřeviny našich zahrad a parků*. ISBN 80-7323-117-4.

KOLESÁROVÁ S. (2018). *Diplomová práce: Vliv mikrostanoviště na přirozenou obnovu borovice lesní pod clonou mateřského porostu*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská. 67 s.

KOLIBÁČ P., JELÍNEK M. (2011). *Realizace přírodě blízkého hospodaření v lesích*. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, ISBN: 978-80-87457-17-7.

KÖSTLER J. N., BRÜCKNER E., BIEBELRIETHER H. (1968). *Die Wurzeln der Waldbäume*. Hamburg und Berlin, Verlag Paul Parey: 284 s.

KRATOCHVÍLOVÁ I. (2018). *Diplomová práce: Vliv podmínek na růst přirozené obnovy borovice lesní pod porostem (Třeboňsko)*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská. 85 s.

KRIEGEL H. (1984). *Problematika mechanizované výsadby a sadbového materiálu borovice lesní*. Lesnická práce, 63: 348–354.

KUČERA T. (1999). *Reliktní bory, suťové a roklinové lesy*. AOPK ČR, Praha, 27 s.

KUULUVAINEN T., PUKKALA T. 1989. *Effect of Scots pine seed trees on the density of ground vegetation and tree seedlings*. Silva Fennica, 23 (2): s. 159–169.

MASON W. L., ALÍA R. (2000). *Current and future status of Scots pine (Pinus sylvestris L.) forests in Europe*. Investogación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales. Fuera de serie 1: s. 317–333.

MASON W. L., EDWARDS C., HALE S. E. (2004). *Survival and early seedling growth of conifers with different shade tolerance in a Sitka spruce spacing trial and relationship to understorey light climate*. Silva Fennica, 38 (4): s. 357–370.

MAUER O. et al. (2004). *Kořenový systém – základ stromu*. LDF MZLU v Brně, Křtiny, 155 s.

MAUER O., JURÁSEK A. (2015). *ČSN 48 2116 Umělá obnova a zalesňování*. Česká technická norma. Praha, Vydavatelství ÚNMZ: 21 s.

MERLIN M., PEROT T., PERRET S., KORBOULEWSKY N., VALLET P. (2015). *Effects of stand composition and tree size on resistance to drought in sessile oak and Scots pine*. *Forest Ecology and Management* 339: s. 22–33.

MERTL J. et al. (2016). *Zpráva o životním prostředí ve Středočeském kraji*. Ministerstvo životního prostředí, Praha, CENIA, Česká informační agentura životního prostředí. ISBN 978-80-87770-33-7.

MICKOVSKI B. S. (2018). *The effect of environmental factors on the development of pine root systems*. Glasgow Caledonian University. *Recent Advances in Environmental Science from the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions*: s. 1193–1195.

MICKOVSKI B. S., ENNOS R. A. (2002). *A morphological and mechanical study of the root systems of suppressed crown Scots pine *Pinus sylvestris**. *Trees* 16: s. 274–280.

MIKESKA M., VACEK S., PRAUSOVÁ R., SIMON J., MINX T., PODRÁZSKÝ V., MALÍK V., KOBLIKA J., ANDĚL P., MATĚJKA K. (2008). *Lesnicko-typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR*. Lesnická práce s.r.o., nakladatelství a vydavatelství, Kostelec nad Černými lesy, 448 s.

MINÁŘOVÁ J. (2011). *Bakalářská práce: Aktuální stav problematiky klasifikace klimatu*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta. 74 s.

MIRSCHER F., ZERBE S., JANSEN F. (2011). *Driving factors for natural tree rejuvenation in anthropogenic pine (*Pinus sylvestris* L.) forests in NE 62 Germany*. *Forest ecology and management: Forest ecology and management* 261. s. 683–694. ISSN 0378-1127.

- MUSIL I., HAMERNÍK J. (2007): *Jehličnaté dřeviny: přehled nahosemenných i výtrusných dřevin: dendrologie I*. Praha: Academia, 2007. 352 s. ISBN 978-80200-1567-9.
- MYŠKA J. (2018). *Bakalářská práce: Přirozená obnova borovice lesní na holé seči ve vztahu k mikrostanovištním podmínkám*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská. 65 s.
- MYŠKA J. (2020). *Diplomová práce: Vývoj přirozené obnovy borovice lesní na holé seči ve vztahu k porostním okrajům, světelným podmínkám a charakteru povrchu půdy*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská. 91 s.
- MZE (2007). *Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice 2008*. Lesnická práce. 147 s. ISBN 978-80-87154-01-4.
- MZe (2018). *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2018*. Praha: Ministerstvo životního prostředí. 111 s. ISBN 978-80-7434-530-2.
- MŽP (2018). *Rámec pro mezinárodní klasifikaci, korelaci a komunikaci: aktualizovaná verze 2015*. Praha: Ministerstvo zemědělství. 192 s. ISBN 978-80-7434-482-4.
- NERUDA J., SIMANOV V. (2006). *Technika a technologie v lesnictví*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-988-2.
- NILSSON U., GEMMEL P., JOHANSSON U., KARLSSON M., WELANDER T. (2002). *Natural regeneration of Norway spruce, Scots pine and birch under Norway spruce shelterwoods of varying densities on a mesic-dry site in southern Sweden*. *Forest ecology and management* 161: s. 133–145.
- NILSSON U., ÖRLANDER G. (1999). *Vegetation management on grass-dominated clearcuts planted with Norway spruce in southern Sweden*. *Canadian Journal of Forest Research* 29: s. 1015–1026.
- OLEKSYN J., REICH P. B., ZYTKOWIAK R., KAROLEWSKI P., TJOELKER M. G. (2003). *Nutrient conservation increases with latitude of origin in European Pinus sylvestris population*. *Oecologia*, 136 s.

- PARDOS M., MONTES F., ARANDA I., CANELLAS I. (2007). *Influence of environmental conditions on gemitant survival and diversity of Scots pine (Pinus sylvestris L.) in central Spain*. European Journal of Forest research 126: s. 37–47.
- PAVLÍK J. (2018). *Bakalářská práce: Vliv stanovištních podmínek na růst přirozené obnovy Pinus sylvestris pod porostem (LS Hluboká nad Vltavou)*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská. 67 s.
- PEŠKOVÁ V., SOUKUP F. (2001). *LOS VÚLHM: Mycosphaerella pini Rostrup ap. Munk červená sypavka borovic*. Lesnická práce 12/2001. 4 s.
- PEŠKOVÁ V., SOUKUP F. (2011). *Cenangium ferruginosum Fr. Kornice borová*. Lesnická práce, příloha 90 (12): 1–4.
- PEŠKOVÁ V., SOUKUP F., KNÍŽEK M. (2016). *LOS VÚLHM: Biotičtí škodliví činitelé na borovici a sucho*. Lesnická práce 4/2016. 8 s.
- PETERSSON M., ÖRLANDER G., ZACKRISSON O. (2003). *Effectiveness of combinations of shelterwood, scarification and feeding barriers to reduce pine weevil damage*. Canadian Journal of Forest Research 33: 64–73.
- PLÍVA K. (1971). *Typologie lesů – Metodika a pracovní postupy*. Manuscript, Depon. In ÚHÚL Brandýs nad labem.
- PLÍVA K. (1980). *Diferencované způsoby hospodaření v lesích ČSR*. Státní zemědělské nakladatelství. 212 s.
- PLÍVA K. (1987). *Typologický klasifikační systém ÚHÚL*. ÚHÚL, Brandýs n. L. 52 s.
- POLENO Z. (1975). *Smíšené porosty smrku s borovicí*. Lesnictví, 21: 10: s. 899–912.
- POLENO Z., VACEK S. et al. (2007). *Pěstování lesů II.: Teoretická východiska pěstování lesů*. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. 463 s. ISBN 978-80-87154-09-0.
- POLENO Z., VACEK S. et al (2009). *Pěstování lesů III: Praktické postupy pěstování lesů*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. 951 s. ISBN 978-8087154-34-2.

PRIHA O. (1999). *Microbial activities in soils under Scots pine, Norway spruce and silver birch*. Helsinki, Finish Forest Research Institute, 50 s.

PŘÍRODA, s.r.o. (2015). *Hospodářská kniha: LHP lesní hospodářství Josef Homolka. LHC 101714*.

QUITT E. (1971). *Klimatické oblasti Československa*. Brno: Academia. 73 s.

REBETZ M., DOBBERTIN M. (2004). *Climate change may already threaten Scots pine stands in Swiss Alps*. Theoretical and Applied Climatology 79, 1–9.

REICH P. B., OLEKSYN J. (2008). *Climate warming will reduce growth and survival of Scots pine expect in the far north*. Ecol. Lett., 11: s. 588–597.

REMEŠ J., BÍLEK L., FULÍN M. (2015). *Vliv zpracování těžebních zbytků a následné mechanické přípravy půdy na chemické vlastnosti půd přirozených borů*. Zprávy lesnického výzkumu 60 (2): s. 138–146.

REMEŠ J., BÍLEK L., JAHODA M. (2016). *Vliv přípravy půdy a hnojení dřevěným popelem na růst sazenic borovice lesní*. Zprávy lesnického výzkumu 61 (3): s. 197–202.

RICHARDSON D. M. (1998). *Ecology and biogeography of Pinus*. Cambridge, Cambridge University Press. 527 s.

ROJO A., MONTERO G., ORTEGA C. (1994). *Natural regeneration in Pinus sylvestris L*. Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales, Fuera de series 3: s. 2107–2125.

SAURSAUNET M., MATHISEN M. K., SKARPE CH. (2018). *Effects of Increased Soil Scarification Intensity on Natural Regeneration of Scots Pine Pinus sylvestris L. and Birch Betula spp. L*. Forests 9: 262.

SCOTT D., WELCH D., THURLOW M., ELSTON D. A. (2000). *Regeneration of Pinus sylvestris in natural pinewood in NE Scotland following reduction in grazing by Cervus elaphus*. Forest Ecology and Management, 130: s. 199–211.

SLAVÍKOVÁ J. (1986): *Ekologie rostlin*. Praha: SPN. 366 s.

SLODIČÁK M., NOVÁK J., DUŠEK D. (2013). *Lesnický průvodce – Výchova porostů borovice lesní*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2013. 23 s. ISBN 978-80-7417-069-0.

SOUČEK J. (2015). *Stanovení délky a průběhu stínu v maloplošných obnovních prvcích*. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.: Lesnický průvodce 2/2015.

SOUKUP F., PEŠKOVÁ V. (2010). *Chřadnutí a prosychání borovice lesní v roce 2010*. Lesnická práce 89(8): 42–43.

STUIVER M. B., WARDLE A. D., GUNDALE J. M., NILSSON M. (2016). *Seedling responses to change in canopy and soil properties during stand development following clear-cutting*. Forest Ecology and Management 378: s. 31–43.

ŠIŠÁK L., SLOUP R., STÝBLO J. (2013). *Diferencované oceňování společenské sociálně-ekonomické významnosti funkcí lesa podle vztahu k trhu a jeho aplikace a rámci ČR*. Zprávy lesnického výzkumu. 2013, 58 (1): s 50–57.

ŠVESTKA M., HOCHMUT R., JANČAŘÍK V. (1996). *Praktické metody v ochraně lesa*. Silva Regina. 309 s.

THOMASIIUS H., SCHMIDT P. (1996). *Wald, Forstwirtschaft und Umwelt*. Bonn.

TOLASZ R. (2007). *Atlas podnebí Česka*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 255 s. ISBN: 978-80-86690-26-1.

ÚHÚL (2001). *Oblastní plán rozvoje lesů přírodní lesní oblasti 18*. ÚHÚL Brandýs n. L., pob. Hradec Králové, 570 s.

ULBRICHOVÁ I., BÍLEK L., REMEŠ J. (2017). *Vliv zpracování těžebních zbytků na charakteristiky bylinného a keřového patra na přirozených borových stanovištích*. Zprávy lesnického výzkumu, 62, 2017 (3): 142–152

ULBRICHOVÁ I., JANEČEK V., VÍTÁMVÁS J., ČERNÝ T., BÍLEK L. (2018). *Clonná obnova borovice lesní (Pinus sylvestris L.) ve vztahu ke stanovištním a porostním podmínkám*. Zprávy lesnického výzkumu 63 (3): s. 153–164.



ÚRADNÍČEK L., MADĚRA P. (2001). *Dřeviny České republiky*. Písek: Matice lesnická, 2001. 333 s. ISBN 80-86271-09-9.

VACEK S., PODRÁZSKÝ V. (2006) *Přírodě blízké lesní hospodářství v podmínkách střední Evropy*. Kostelec nad Černými lesy: ÚZPI Praha. 74 s. ISBN 80-213-1561-10.

VACEK S., REMEŠ J., VACEK Z., BÍLEK L., ŠTEFANČÍK I., BALÁŠ M., PODRÁZSKÝ V. (2018). *Pěstování lesů*. Česká zemědělská univerzita v Praze. 389 s. ISBN 978-80-213-2891-4.

VACEK S., VACEK Z., BÍLEK L. (2017). *Borové hospodářství ve světle klimatických změn a rostoucího významu mimoprodukčních funkcí lesů: Struktura, vývoj a management borových porostů nižších poloh ve vztahu ke klimatickým změnám*. Česká lesnická společnost, z. s.: 56 s. ISBN 978-80-02-02769-0.

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* vol. 50 no. 4 article id 1564.

VÉLE A., LIŠKA J. (2019). *Sosnokaz borový *Panolis flammea* (Denis & Schiffermüller, 1775)*. *Lesnická práce* 12/2019. 4 s.

VÍTÁMVÁS J., BÍLEK L., ULBRICHOVÁ I., BAŽANT V., DRESLEROVÁ J., VACEK Z. (2019). *Vzcházení, přežívání a kořenový systém semenáčků borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) při různých intenzitách slunečního záření a závlahy*. *Zprávy lesnického výzkumu* 64 (2): s. 102–110.

WAGENHOFF A. (1938). *Investigations into the development of the root-system of Pine on diluvial sandy soils*. *Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen*, 70: s. 449–494.

WAGNER R. G., LITTLE K. M., RICHARDSON B., MCNABB L. (2006). *The role of vegetation management of enchanging productivity of the world's forests*. *Forestry* 79: s. 57–79.

WARDLE D. A., NILSSON M-C., ZACKRISSON O., GALLET CH. (2003).  
*Determinants of litter mixing effects in Swedish boreal forest.* Soil Biology and  
Biochemistry 35 (6): s. 827–835.

## Seznam internetových zdrojů:

Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky [online]. © 2020 AOPK ČR [cit. 23.1.2020]. Dostupné z WWW: <<http://kokorinsko.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/>>.

Česká geologická služba [online]. © 2020 ČGS [cit. 27.1.2020] Dostupné z WWW: <<https://mapy.geology.cz/pudy/>>.

Český hydrometeorologický ústav [online]. © 2020 ČHMÚ [cit. 23.1.2020] Dostupné z WWW: <<http://portal.chmi.cz/>>.

Český úřad zeměměřický a katastrální [online]. © 2020 ČÚZK [cit. 23.1.2020]. Dostupné z WWW: <<https://nahlizenidokn.cuzk.cz/>>.

Environmental partnership association [online]. © 2020 EPA [cit. 23.3.2020] Dostupné z WWW: <<https://www.treeoftheyear.org/results>>.

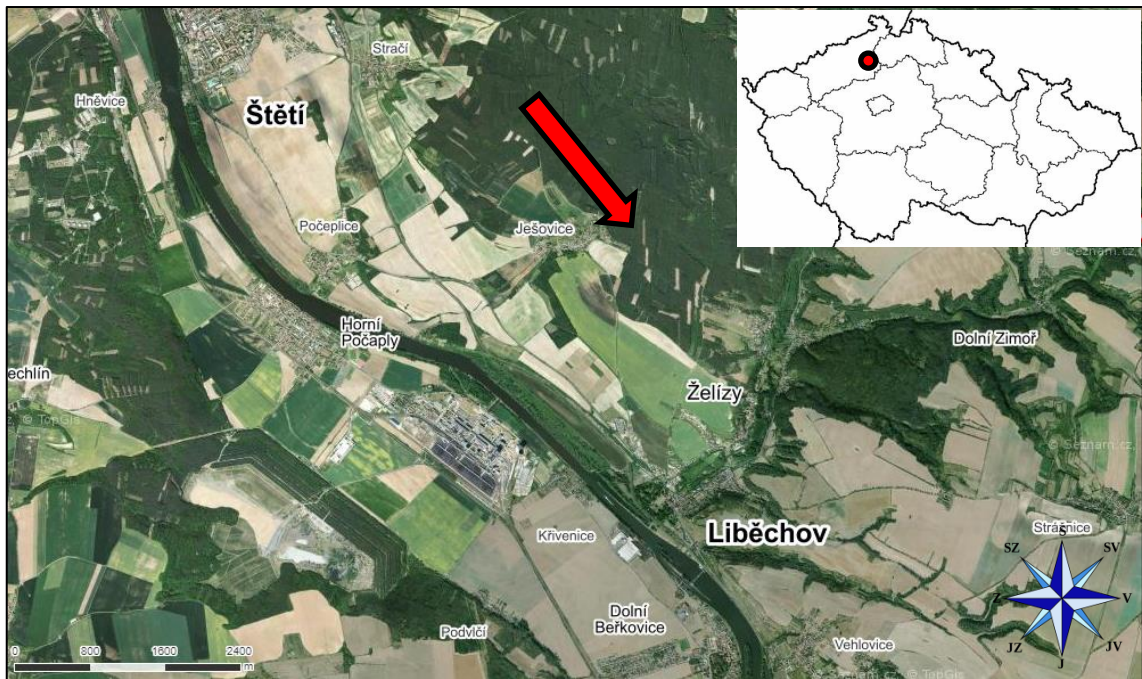
Google Maps [online]. © 2020 CNES/Airbus, GEODIS Brno, GeoContent, Landsat/Copernicus, Maxar Technologies © 2020 GeoBasis-DE/BKG (2009) [cit. 23.1.2020]. Dostupné z WWW: <<https://www.google.cz/maps>>.

Mapy.cz [online]. © 2020 Seznam.cz a.s. [cit. 23.1.2020]. Dostupné z WWW: <<http://www.mapy.cz/>>.

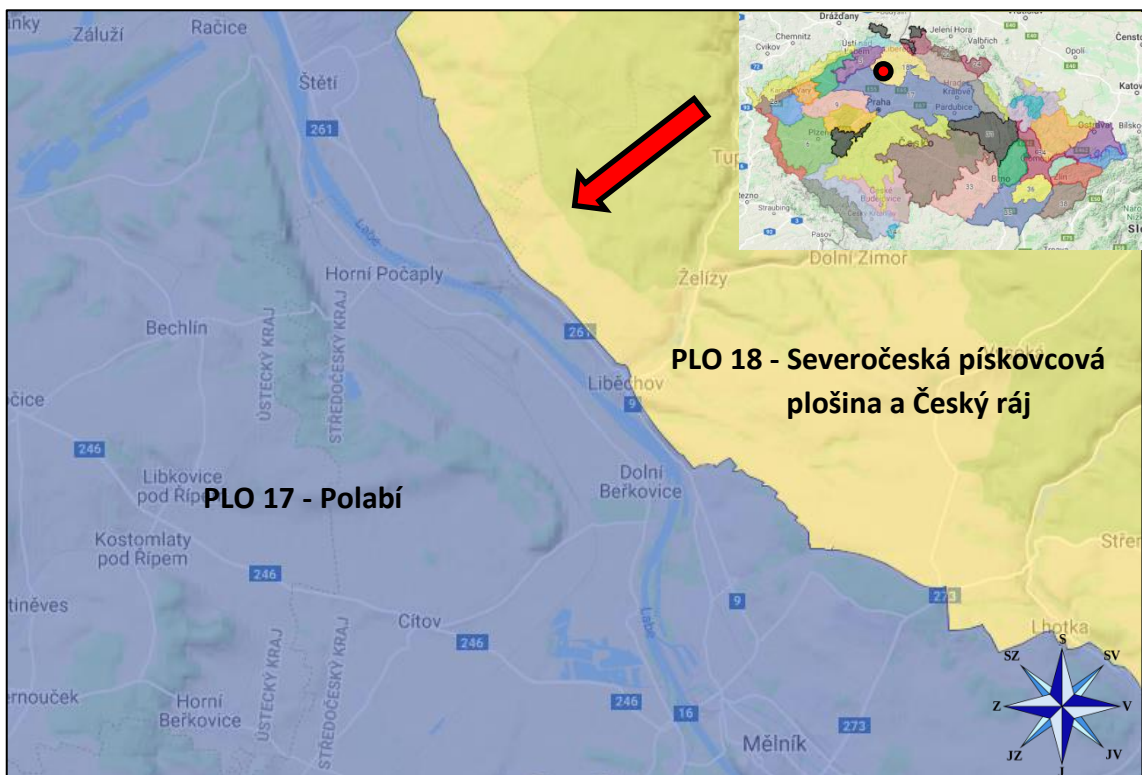
Ústav pro hospodářskou úpravu lesů [online]. © 2020 ÚHÚL [cit. 4.3.2020] Dostupné z WWW: <<http://www.uhul.cz/index.php>>.

Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem [online]. © 2020 ÚHÚL [cit. 23.1.2020]. Dostupné z WWW: <<http://www.uhul.cz/mapy-a-data/katalog-mapovych-informaci>>.

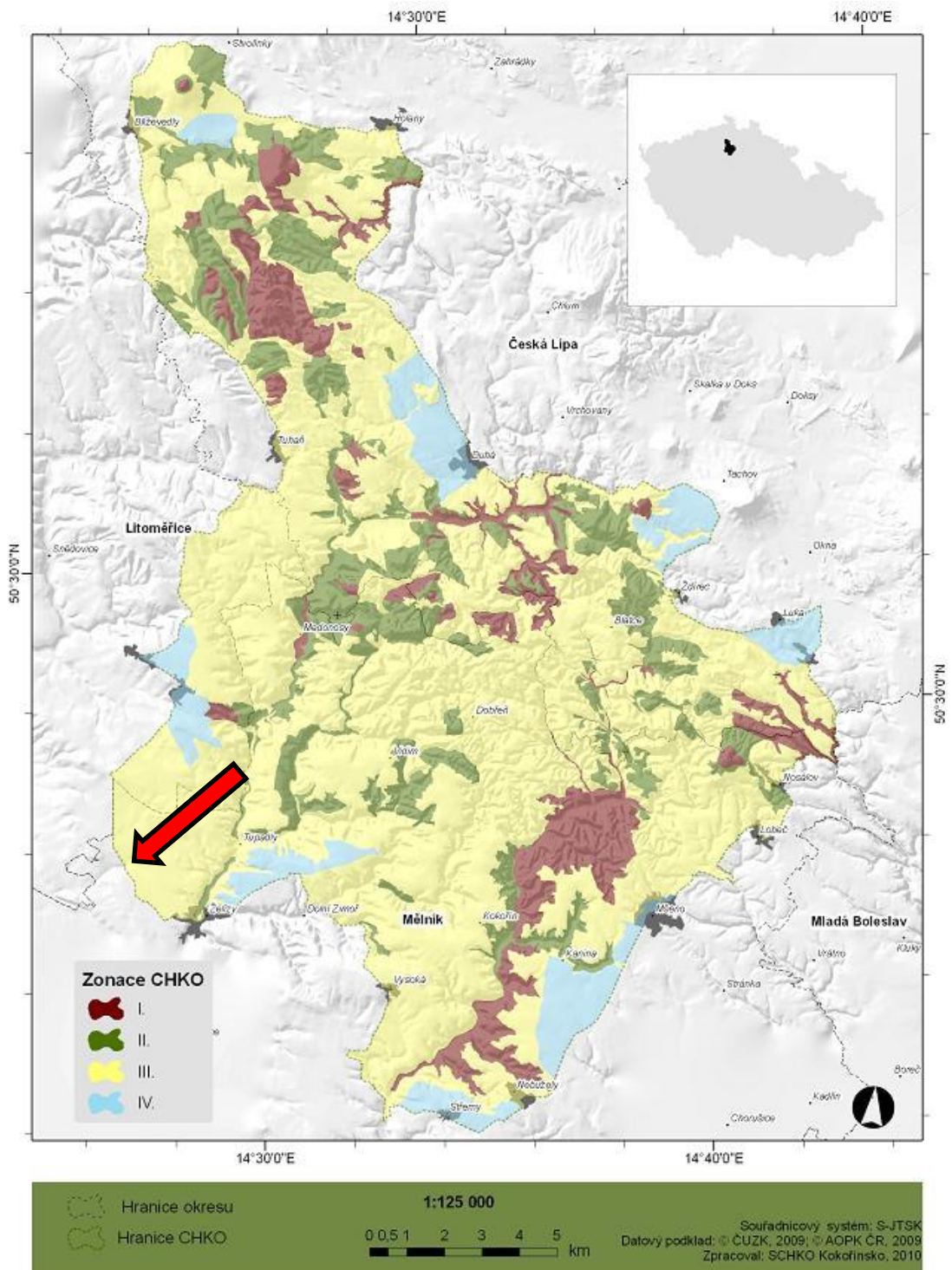
## 9 Přílohy



Obr. 32. Letecká mapa se znázorněním oblasti výzkumu (Mapy.cz 2020).

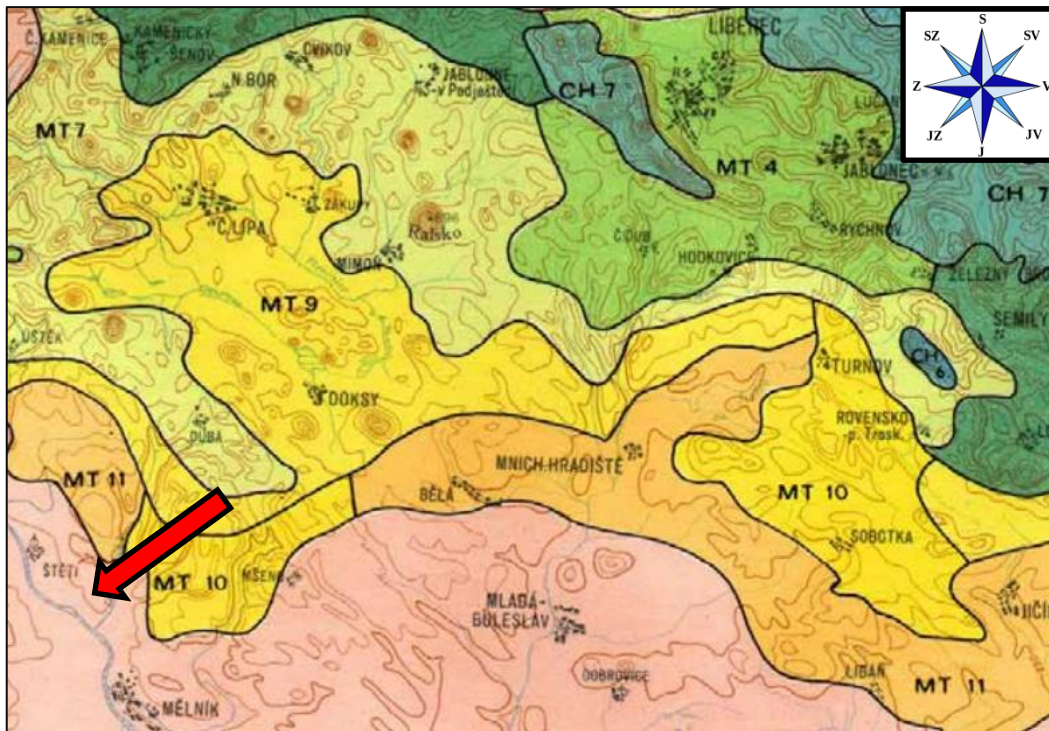


Obr. 33. Mapa přírodních lesních oblastí České republiky se znázorněním oblasti výzkumu (ÚHÚL 2020).

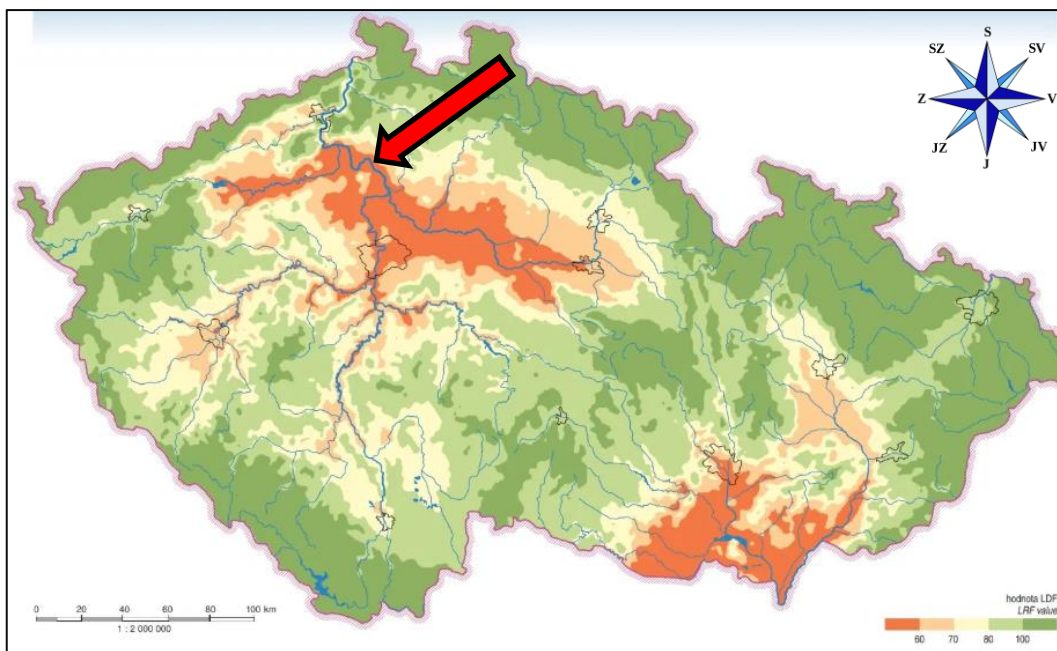


Obr. 34. Mapa CHKO Kokořínsko se znázorněním zonací a oblasti výzkumu (AOPK 2009).





Obr. 37. Mapa klimatických oblastí ČSR se zobrazením konkrétní lokality v blízkosti města Liběchov (Quitt 1971).



Obr. 38. Mapa se znázorněním Langova dešťového faktoru na území České republiky s vyznačením umístění zkusných ploch (Tolasz 2007).

Tab. 21 průměrné roční ceny borových sortimentů za 1 m<sup>3</sup> v korunách českých seřazeny dle jednotlivých jakostních tříd s vyznačením nejnižší a nejvyšší ceny v období mezi roky 2010 a 2019 (upraveno podle: ČSÚ 2020).

Název sortimentu	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Výřezy I.	2 293	2 712				1 731				
Výřezy II.	1 817	2 261	2 299	2 332	2 410	2 367	2 122	2 511	2 578	2 604
Výřezy III. A/B	1 415	1 591	1 630	1 629	1 745	1 743	1 589	1 676	1 627	1 480
Výřezy III. C	1 206	1 457	1 451	1 495	1 591	1 568	1 435	1 489	1 436	1 269
Výřezy III. D	920	1 185	1 255	1 245	1 339	1 381	1 230	1 274	1 091	866
Dříví V.	798	943	888	954	1 011	973	757	757	676	544

Tab. 22. Mateřské porosty a jejich údaje v hospodářské knize (Příroda, s.r.o. 2015).

Oddělení: <b>430</b>	Plocha: <b>70,3</b>	LO: 18 - Severočeská pískovcová plošina a Český ráj	LHC: <b>101714</b>	Platnost: <b>1.1.2015 - 31.12.2024</b>	Strana: <b>203</b>															
Dílec: <b>J</b>	Plocha: <b>5,12</b>	Kategorie/překryv: <b>10</b>	Zvlst.: <b>C</b>	Pásmo ohrož.: <b>C</b>	LS(L)HP Lesní hospodářství <b>Josef Homolka</b>	Revír:														
Popis dílce: <b>Porost v mírně zvlněném terénu, rozdělený parcelou jiného vlastnictví.</b>																				
Ochrana přírody: <b>Chráněná krajinná oblast: 23 - Kokořínsko-Máchův kraj, 3.zóna</b>																				
Por.skupina: <b>8</b>	Plocha por.skup.: <b>2,36</b>	Les.typ.: <b>0K1</b>	LVS:	CHS: <b>13</b>	ORP:	<b>MĚLNÍK</b>	Ter.typ:	Ter.sk:	Název KÚ:	<b>Ješovice</b>										
Popis por. skupiny: <b>2 části. +BOC. BO kmenovina. Probírka.</b>																				
Etáž:	<b>8</b>	Skut. plocha etáže: <b>2,36</b>	Kód majetku: <b>11</b>	Model. těž. %: <b>0</b>	Obmýtlí / Obn.doba: <b>120 / 20</b>	% mel. a zpevn. dřevin														
<b>133</b>	<b>76</b>	<b>9</b>	<b>BO</b>	<b>100</b>	<b>25</b>	<b>23</b>	<b>0,45</b>	<b>24</b>	<b>3</b>	<b>C</b>	<b>317</b>	<b>748</b>	<b>13</b>	<b>30</b>						
Por. skupina celkem											<b>317</b>	<b>748</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2,36</b>	<b>13</b>	<b>30</b>			

Oddělení: <b>436</b>	Plocha: <b>84,73</b>	LO: 18 - Severočeská pískovcová plošina a Český ráj	LHC: <b>101714</b>	Platnost: <b>1.1.2015 - 31.12.2024</b>	Strana: <b>285</b>															
Dílec: <b>D</b>	Plocha: <b>2,68</b>	Kategorie/překryv: <b>10</b>	Zvlst.: <b>C</b>	Pásmo ohrož.: <b>C</b>	LS(L)HP Lesní hospodářství <b>Josef Homolka</b>	Revír:														
Popis dílce: <b>Porost ve kterém jsou 2 cizí parcely. Rovina s vyvýšeninou a stavbou v JZ okraji.</b>																				
Ochrana přírody: <b>Chráněná krajinná oblast: 23 - Kokořínsko-Máchův kraj, 3.zóna</b>																				
Por.skupina: <b>11</b>	Plocha por.skup.: <b>2,07</b>	Les.typ.: <b>0K1</b>	LVS:	CHS: <b>13</b>	ORP:	<b>MĚLNÍK</b>	Ter.typ:	Ter.sk:	Název KÚ:	<b>Ješovice</b>										
Popis por. skupiny: <b>3 části. Mýtná BO kmenovina se zmlazením až nárostí BO. Začít s obnovou holou sečí v Z okraji.</b>																				
Etáž:	<b>11</b>	Skut. plocha etáže: <b>2,07</b>	Kód majetku: <b>11</b>	Model. těž. %: <b>25</b>	Obmýtlí / Obn.doba: <b>120 / 20</b>	% mel. a zpevn. dřevin	<b>5</b>													
<b>133</b>	<b>103</b>	<b>9</b>	<b>BO</b>	<b>100</b>	<b>28</b>	<b>24</b>	<b>0,59</b>	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>C</b>	<b>338</b>	<b>699</b>	<b>203</b>		<b>BO</b>	<b>90</b>	<b>0,53</b>	<b>BK</b>	<b>10</b>	<b>0,06</b>
Por. skupina celkem											<b>338</b>	<b>699</b>	<b>0,59</b>	<b>203</b>	<b>3</b>	<b>100</b>	<b>0,59</b>			
Dílec celkem											<b>888</b>									

Oddělení: <b>436</b>	Plocha: <b>84,73</b>	LO: 18 - Severočeská pískovcová plošina a Český ráj	LHC: <b>101714</b>	Platnost: <b>1.1.2015 - 31.12.2024</b>	Strana: <b>283</b>																
Dílec: <b>C</b>	Plocha: <b>7,89</b>	Kategorie/překryv: <b>10</b>	Zvlst.: <b>C</b>	Pásmo ohrož.: <b>C</b>	LS(L)HP Lesní hospodářství <b>Josef Homolka</b>	Revír:															
Popis dílce: <b>Rovina, na několika místech vystupuje skála.</b>																					
Ochrana přírody: <b>Chráněná krajinná oblast: 23 - Kokořínsko-Máchův kraj, 3.zóna</b>																					
Por.skupina: <b>5</b>	Plocha por.skup.: <b>3,57</b>	Les.typ.: <b>0K1</b>	LVS:	CHS: <b>13</b>	ORP:	<b>MĚLNÍK</b>	Ter.typ:	Ter.sk:	Název KÚ:	<b>Ješovice</b>											
Popis por. skupiny: <b>Integrovaná skupina (44,55 let) nasávající kmenoviny.Další LT 0M6, 0Z1. BR+.</b>																					
Etáž:	<b>5</b>	Skut. plocha etáže: <b>3,57</b>	Kód majetku: <b>11</b>	Model. těž. %: <b>0</b>	Obmýtlí / Obn.doba: <b>120 / 20</b>	% mel. a zpevn. dřevin	<b>5</b>														
Hosp.soubor	Věk:	Zakmenění	Dřev:	Zast. %	Výčet tl. cm	Výška m	Obj.stř. kmene m3 bk	Borita abs.	Borita rel. 3/2008 Sb.	Fanot třída	Poškození Druh	% Imise	Zásoba v m3 b.k. Na 1 ha pl.et.	Souše	Celkem	Těžba výchovná	Těžba obnovní	Prořezávky	Zalesnění	Plocha ha	
<b>133</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>BO</b>	<b>95</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>0,32</b>	<b>28</b>	<b>1</b>				<b>293</b>	<b>1045</b>	<b>38</b>	<b>136</b>					
			<b>DB</b>	<b>3</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>0,39</b>	<b>30</b>	<b>1</b>				<b>8</b>	<b>29</b>	<b>1</b>	<b>4</b>					
			<b>MD</b>	<b>2</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	<b>0,45</b>	<b>30</b>	<b>1</b>				<b>8</b>	<b>27</b>	<b>1</b>	<b>4</b>					
Por. skupina celkem											<b>309</b>	<b>1101</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3,57</b>	<b>40</b>	<b>144</b>				



Oddělení:	<b>436</b>	Plocha:	<b>84,73</b>	LO: 18 - Severočeská pískovcová plošina a Český ráj	LHC:	<b>101714</b>	Platnost:	<b>1.1.2015 - 31.12.2024</b>	Strana:	<b>287</b>							
Dílec:	<b>E</b>	Plocha:	<b>5,46</b>	Kategorie/překryv:	<b>10</b>	Zvlst.:	Pásmo ohrož.:	<b>C</b>	LS(L)HP Lesní hospodářství <b>Josef Homolka</b>	Revír:							
Popis dílce: <b>Porost na rovině s borovými kmenovinami.</b>																	
Ochrana přírody: <b>Chráněná krajinná oblast: 23 - Kokofínsko-Máchův kraj, 3.zóna</b>																	
Por. skupina:	<b>9</b>	Plocha por. skup.:	<b>1,22</b>	Les. typ.:	<b>OK1</b>	LVS:	<b>CHS: 13</b>	ORP:	<b>MĚLNÍK</b>	Ter. typ:	Ter. sk:	Název KÚ:	<b>Ješovice</b>				
Popis por. skupiny: <b>BO kmenovina. Probírka.</b>																	
Etáž:	<b>9</b>	Skut. plocha etáže:	<b>1,22</b>	Kód majetku:	<b>11</b>	Model. těž. %	<b>0</b>	Obmýti / Obn. doba:	<b>120 / 20</b>	% mel. a zpevň. dřevin	<b>5</b>						
<b>133</b>	<b>83</b>	<b>9</b>	<b>BO</b>	<b>100</b>	<b>27</b>	<b>25</b>	<b>0,57</b>	<b>26</b>	<b>3</b>	<b>C</b>	<b>356</b>	<b>435</b>	<b>16</b>	<b>20</b>			
Por. skupina celkem											<b>356</b>	<b>435</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1,22</b>	<b>16</b>	<b>20</b>
Por. skupina:	<b>11</b>	Plocha por. skup.:	<b>3,01</b>	Les. typ.:	<b>OK1</b>	LVS:	<b>CHS: 13</b>	ORP:	<b>MĚLNÍK</b>	Ter. typ:	Ter. sk:	Název KÚ:	<b>Ješovice</b>				
Popis por. skupiny: <b>+BR, BO mýtná kmenovina s nárosty BO, SM, AK, DB, BR. Výšková diference 23-29m. Začít obnovu holou sečí.</b>																	
Etáž:	<b>11</b>	Skut. plocha etáže:	<b>3,01</b>	Kód majetku:	<b>11</b>	Model. těž. %	<b>25</b>	Obmýti / Obn. doba:	<b>120 / 20</b>	% mel. a zpevň. dřevin	<b>5</b>						
<b>133</b>	<b>104</b>	<b>8</b>	<b>BO</b>	<b>99</b>	<b>32</b>	<b>27</b>	<b>0,86</b>	<b>26</b>	<b>3</b>	<b>C</b>	<b>350</b>	<b>1054</b>	<b>337</b>	<b>BO</b>	<b>90</b>	<b>0,86</b>	
Por. skupina celkem											<b>2</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>BO</b>	<b>10</b>	<b>0,10</b>	
Dílec celkem											<b>352</b>	<b>1060</b>	<b>0,96</b>	<b>339</b>	<b>3</b>	<b>100</b>	<b>0,96</b>
Dílec celkem											<b>1892</b>						

Oddělení:	<b>436</b>	Plocha:	<b>84,73</b>	LO: 18 - Severočeská pískovcová plošina a Český ráj	LHC:	<b>101714</b>	Platnost:	<b>1.1.2015 - 31.12.2024</b>	Strana:	<b>293</b>							
Dílec:	<b>G</b>	Plocha:	<b>3,95</b>	Kategorie/překryv:	<b>10</b>	Zvlst.:	Pásmo ohrož.:	<b>C</b>	LS(L)HP Lesní hospodářství <b>Josef Homolka</b>	Revír:							
Popis dílce: <b>Borové kmenoviny na rovině.</b>																	
Ochrana přírody: <b>Chráněná krajinná oblast: 23 - Kokofínsko-Máchův kraj, 3.zóna</b>																	
Por. skupina:	<b>9</b>	Plocha por. skup.:	<b>1,43</b>	Les. typ.:	<b>OK1</b>	LVS:	<b>CHS: 13</b>	ORP:	<b>MĚLNÍK</b>	Ter. typ:	Ter. sk:	Název KÚ:	<b>Ješovice</b>				
Popis por. skupiny: <b>+BR, OL, BO kmenovina. Probírka.</b>																	
Etáž:	<b>9</b>	Skut. plocha etáže:	<b>1,43</b>	Kód majetku:	<b>11</b>	Model. těž. %	<b>0</b>	Obmýti / Obn. doba:	<b>120 / 20</b>	% mel. a zpevň. dřevin	<b>5</b>						
<b>133</b>	<b>83</b>	<b>9</b>	<b>BO</b>	<b>100</b>	<b>28</b>	<b>25</b>	<b>0,62</b>	<b>26</b>	<b>3</b>	<b>C</b>	<b>356</b>	<b>510</b>	<b>14</b>	<b>20</b>			
Por. skupina celkem											<b>356</b>	<b>510</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1,43</b>	<b>14</b>	<b>20</b>
Por. skupina:	<b>11</b>	Plocha por. skup.:	<b>1,28</b>	Les. typ.:	<b>OK1</b>	LVS:	<b>CHS: 13</b>	ORP:	<b>MĚLNÍK</b>	Ter. typ:	Ter. sk:	Název KÚ:	<b>Ješovice</b>				
Popis por. skupiny: <b>+JL, JIV, BR, BO mýtná kmenovina s místy mezernatým zápojem a podrostem BRAK, DB, BO. Obnova holou sečí po zajištění sousedních obnovních prvků.</b>																	
Etáž:	<b>11</b>	Skut. plocha etáže:	<b>1,28</b>	Kód majetku:	<b>11</b>	Model. těž. %	<b>25</b>	Obmýti / Obn. doba:	<b>120 / 20</b>	% mel. a zpevň. dřevin	<b>5</b>						
<b>133</b>	<b>104</b>	<b>9</b>	<b>BO</b>	<b>98</b>	<b>34</b>	<b>26</b>	<b>0,94</b>	<b>26</b>	<b>3</b>	<b>C</b>	<b>370</b>	<b>474</b>	<b>251</b>	<b>BO</b>	<b>90</b>	<b>0,61</b>	
Por. skupina celkem											<b>5</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>BK</b>	<b>10</b>	<b>0,07</b>	
Dílec celkem											<b>375</b>	<b>480</b>	<b>0,68</b>	<b>254</b>	<b>3</b>	<b>100</b>	<b>0,68</b>
Dílec celkem											<b>1366</b>						

Oddělení:	<b>435</b>	Plocha:	<b>60,53</b>	LO: 18 - Severočeská pískovcová plošina a Český ráj	LHC:	<b>101714</b>	Platnost:	<b>1.1.2015 - 31.12.2024</b>	Strana:	<b>241</b>						
Dílec:	<b>C</b>	Plocha:	<b>7,11</b>	Kategorie/překryv:	<b>10</b>	Zvlst.:	Pásmo ohrož.:	<b>C</b>	LS(L)HP Lesní hospodářství <b>Josef Homolka</b>	Revír:						
Popis dílce: <b>Kmenoviny na rovině.</b>																
Ochrana přírody: <b>Chráněná krajinná oblast: 23 - Kokofínsko-Máchův kraj, 3.zóna</b>																
Por. skupina:	<b>10</b>	Plocha por. skup.:	<b>5,52</b>	Les. typ.:	<b>OK1</b>	LVS:	<b>CHS: 13</b>	ORP:	<b>MĚLNÍK</b>	Ter. typ:	Ter. sk:	Název KÚ:	<b>Liběchov</b>			
Popis por. skupiny: <b>+AK (v SV okraj), BR, BO kmenovina s pomístným zmlazením BO a nárosty BRAK, DB. Předmýtný klid.</b>																
Etáž:	<b>10</b>	Skut. plocha etáže:	<b>5,52</b>	Kód majetku:	<b>11</b>	Model. těž. %	<b>0</b>	Obmýti / Obn. doba:	<b>120 / 20</b>	% mel. a zpevň. dřevin	<b>5</b>					
<b>133</b>	<b>98</b>	<b>8</b>	<b>BO</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>25</b>	<b>0,71</b>	<b>26</b>	<b>3</b>	<b>C</b>	<b>318</b>	<b>1753</b>				
Por. skupina celkem											<b>318</b>	<b>1753</b>				



*Obr. 39. Porovnání vývoje holé seče ve vegetační sezóně 2018 a 2019.*



*Obr. 40. Fenotypově kvalitní mateřský porost s vysokými, rovnými a málo sukatými kmeny.*