

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



Iniciální fáze přirozené obnovy borovice lesní při
uplatnění maloplošného clonného postupu

Diplomová práce

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

Autor práce: Bc. Martin Pros

2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Martin Pros

Lesní inženýrství

Název práce

Iniciální fáze přirozené obnovy borovice lesní při uplatnění maloplošného clonného postupu

Název anglicky

Initial phase of Scots pine natural regeneration under small-scale shelterwood method

Cíle práce

Cílem práce je vyhodnotit vliv mikrostanoviště na přirozenou obnovu borovice lesní pod clonou mateřského porostu v podmínkách přirozených borových stanovišť a odvodit pěstební doporučení pro dané podmínky.

Metodika

Získání základního přehledu z publikovaných prací k danému tématu

Výběr vhodných porostů a formulování vhodných metodických postupů pro popis mikrostanovištních charakteristik a stavu přirozené obnovy

Analýza stanovištních a porostních faktorů a jejich dopad na přirozenou obnovu

Formulování závěrů výzkumu a doporučení pro lesnickou praxi

Doporučený rozsah práce

Minimálně 50 normovaných stran textu bez příloh

Klíčová slova

mikrostanoviště, přizemní vegetace, zápoj, konkurence, přirozená obnova

Doporučené zdroje informací

- Bílek L., Vacek S., Vacek Z., Remeš J., Král J., Bulušek D., Gallo J. 2016: How close to nature is close-to-nature pine silviculture? *Journal of Forest Science* 62(1): 24-34
- Gonzalez-Martínez S., Bravo F. 2001: Density and population structure of the natural re-generation of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the High Ebro Basin (Northern Spain). *Annals of Forest Science* 58(3): 277-288
- Poleno Z., Vacek S. et al. 2009. Pěstování lesů III. – Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce. 1012 p
- Schütz JP. 2002. Silvicultural tools to develop irregular and diverse forest structures. *Forestry* 75: 329-337
- Vacek S., Vacek Z., Bílek L., Simon J., Remeš J., Hůnová I., Král J., Putalová T., Mikeska M. 2016: Structure, regeneration and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands with respect to changing climate and environmental pollution. *Silva Fennica* 50(4) article id 1564. 21 p.
<http://dx.doi.org/10.14214/sf.1564>
-

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 23. 4. 2018

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 2. 2019

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 19. 04. 2019

Abstrakt

V současné době stoupá zájem lesníků o tzv. přírodě blízké postupy pěstování lesů. U borovice lesní, jakožto světlomilné dřeviny, je však možnostem využití jemnějších postupů obnovy pod porostem věnována poměrně malá pozornost, i když v reakci na extrémní teploty a sucha už o ní může uvažovat nejen jeden lesní hospodář. Z těchto důvodů bylo cílem této diplomové práce vyhodnotit vliv mikrostanoviště na přirozenou obnovu borovice lesní pozornost při užití maloplošného clonného postupu a odvodit pěstební doporučení pro dané stanovištní podmínky.

Ke sběru dat byly využity trvalé výzkumné plochy (TVP) o výměře 50 × 50 m, které byly založeny v letech 2015-2017. Výzkum byl zahájen v roce 2018, kdy na stávajících TVP byly založeny a stabilizovány 3 trvalé plochy (TP) o velikosti 10 x 20 m. První praktické měření v porostu proběhlo v září roku 2018, kdy pomocí pásma byla pro každého jedince obnovy a stromové etáže zaznamenána jeho poloha. Dále byla pro každého jedince obnovy změřena výška, tloušťka krčku u přirozené obnovy (stanovena dbh \geq 4 cm), tloušťka v prsní výšce u mateřského porostu a stanovena pěstební kvalita. Na subplochách 2 x 2 m byly v prosinci roku 2018 pořízeny hemisférické fotografie a následně v softwaru Winscanopy stanoveny světelné charakteristiky (přímé, rozptýlené a celkové záření a míra otevření zápoje). Na subplochách 0,5 x 0,5 m byl stanoven převažující typ půdního pokryvu. V programu Statistica 13 byl pro vyhodnocování dat využit Kruskal-Wallisův test pro všechny parametry na hladině významnosti do 0,05.

Klíčová slova: mikrostanoviště, přízemní vegetace, zápoj, konkurence, přirozená obnova, borovice lesní

Abstract

Currently, the interest of foresters in the so-called nature-friendly forest growing practices is increasing. Because of extreme drought of the soil and extreme temperatures in past couple years, there is slightly increased interest in softer approach for recovery under the canopy. For these reasons, the aim of this thesis was to evaluate the impact of the micro-site on the natural renewal of the pine using a small-scale screening procedure and to derive cultivation recommendations for the site conditions.

Permanent research areas (TVP) with an area of 50 × 50 m, which were established in 2015-2017, were used for data collection. I started my research in 2018, when 3 permanent areas (TP) of 10 x 20 m were established and stabilized on existing TVPs. The first practical measurement in the stand took place in September 2018, when renewal and tree floors were used for each individual zone recorded its location. In addition, height, neck diameter of natural recovery ($dbh \geq 4$ cm), diameter measured in breast height only for maternal trees, and growth quality were determined for each recovery subject. Hemispheric photographs were taken in December 2018 on sub-areas of 2 x 2 m, and then light characteristics (direct, scattered and total radiation and canopy opening rate) were determined in Winscanopy software. The dominant type of soil cover was determined on subfields 0.5 x 0.5 m. The Kruskal-Wallis test for all parameters at significance level up to 0.05 was used in the Statistica 13 program for data evaluation.

Keywords: micro-sites, ground vegetation, canopy, competition, natural regeneration, pine

Čestné prohlášení

"Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Iniciální fáze přirozené obnovy borovice lesní při uplatnění maloplošného clonného postupu vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby. "

V.....dne.....

.....

Podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat především mému vedoucímu práce doc. Ing. Lukáši Bílkovi, Ph.D. a Ing. Ivě Ulbrichové, Ph.D., za jejich ochotu, cenné rady a vstřícný přístup. Za konzultaci při zpracování dat děkuji Ing. Zdeňku Vackovi Ph.D. Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům Městských lesů Doksy za poskytnutí porostů ke zpracování výzkumu. Děkuji také těm, kteří mou práci četli nebo jinak pomohli k jejímu napsání.

Obsah

1	Úvod.....	14
2	Cíle práce	15
3	Rozbor problematiky.....	16
3.1	Charakteristika borovice lesní	16
3.1.1	Taxonomie borovice lesní.....	16
3.1.2	Morfologie borovice lesní.....	17
3.1.3	Přirozený areál borovice lesní.....	19
3.1.4	Ekologické nároky borovice lesní.....	20
3.1.5	Hospodářský význam borovice lesní	23
3.1.6	Ohrožení borovice lesní.....	24
3.1.6.1	Abiotičtí škodliví činitelé.....	24
3.1.6.2	Biotická ohrožení.....	25
3.2	Pěstební opatření využívaná při hospodaření s borovicí lesní	29
3.2.1	Hospodářské způsoby a jejich význam pro borovici lesní	29
3.2.2	Výchova borovice lesní.....	30
3.2.3	Obnova borovice lesní.....	34
3.2.3.1	Obnova umělá.....	34
3.2.3.2	Přirozená obnova	35
3.2.3.3	Limitující faktory přirozené obnovy borovice lesní	37
3.2.4	Pěstování borovice lesní na přirozených borových stanovištích	39
3.3	Popis zájmové lokality.....	40
3.3.1	PLO 18 - Severočeská pískovcová plošina a Český ráj	40
3.3.2	Klimatické poměry	42
4	Metodika.....	44
4.1	Lokalita	44

4.2	Sběr dat	51
4.3	Zpracování a analýza dat.....	52
5	Výsledky	55
5.1	Porostní a stanovištní charakteristiky.....	55
5.1.1	Charakteristika mateřského porostu.....	55
5.1.2	Světelné podmínky.....	57
5.1.3	Charakteristika přizemní vegetace.....	62
5.2	Charakteristika přirozené obnovy	63
5.2.1	Základní dendrometrické charakteristiky.....	63
5.2.2	Vztah mikrostanovištních podmínek a přirozené obnovy.....	67
5.2.3	Horizontální struktura přirozené obnovy	71
6	Diskuze.....	78
6.1	Dendrometrické charakteristiky	78
6.2	Pokryvnost.....	79
6.3	Světelné podmínky	80
6.4	Kompetice mezi přirozenou obnovou a bylinným a stromovým patrem	81
7	Závěr a doporučení pro lesnickou praxi	82
8	Seznam citované literatury.....	84

Seznam obrázků

Obr. 01. Přirozený areál borovice lesní	20
Obr. 02. Zastoupení borů v Lesním vegetační stupni 0	23
Obr. 03. Graf výchovy borovice lesní v kvalitních a nekvalitních porostech.....	33
Obr. 04. Obnova lesa v roce 2017	35
Obr. 05. Lokalizace Přírodní lesní oblasti 18.....	42
Obr. 06. Klimatické rajony Kokořínsko	43
Obr. 07. Horizontální struktura stromového patra na ploše 1 (dbh \geq 4)	45
Obr. 08. Horizontální struktura stromového patra na ploše 2 (dbh \geq 4)	45
Obr. 09. Horizontální struktura stromového patra na ploše 1 (dbh \geq 4)	46
Obr. 10. Porostní mapa Plocha 1 (7Ba17)	47
Obr. 11. Porostní mapa Plocha 2 (5Ba8) a Plocha 3 (5Ca9/1b)	48
Obr. 12. Upravená fotografie v softwaru WinSCANOPY	53
Obr. 13. Horizontální struktura přirozené obnovy borovice s výškou do 0,5 m (vlevo) a s výškou nad 0,5 m (vpravo) na ploše 1 vyjádřená L- funkcí	76
Obr. 14. Horizontální struktura přirozené obnovy borovice s výškou do 0,5 m (vlevo) a s výškou nad 0,5 m (vpravo) na ploše 2 vyjádřená L- funkcí	76
Obr. 15. Horizontální struktura přirozené obnovy s výškou do 0,5 m (vlevo) a s výškou nad 0,5 m (vpravo) na ploše 3 vyjádřená L- funkcí.....	77

Seznam tabulek

Tab. 01. Taxonomické zařazení borovice lesní	17
Tab. 02. MZE Vyhláška 84/1996 – procenta deceniálních probírek.....	33
Tab. 03. Výpis z hospodářské knihy (Plocha 1, porost 7Ba17)	49
Tab. 04. Výpis z hospodářské knihy (Plocha 2, porost 5Ba8)	49
Tab. 05. Výpis z hospodářské knihy (Plocha 3, porost 5Ca9/1b)	50
Tab. 06. Přehled indexů popisujících horizontální strukturu porostu a jejich interpretace.....	54
Tab. 07. Zásoba mateřského porostu	55
Tab. 08. Statistické vyhodnocení grafu 02	56
Tab. 09. Statistické vyhodnocení grafu 03	58
Tab. 10. Statistické vyhodnocení grafu 04	59
Tab. 11. Statistické vyhodnocení grafu 05	60
Tab. 12. Statistické vyhodnocení grafu 06	61
Tab. 13. Počty jedinců na plošné jednotky	64
Tab. 14. Statistické vyhodnocení grafu 09 na základě Kruskal – Wallisova testu	68
Tab. 15. Pokryv na Ploše 1	73
Tab. 16. Pokryv na Ploše 2	74
Tab. 17. Pokryv na Ploše 3	74
Tab. 18. Legenda k tabulkám 13, 14 a 15	74
Tab. 19. AgregáčnÍ indexy popisující prostorové rozmístění přirozené obnovy ..	75

Seznam grafů

Graf 01. Počty jedinců (dbh \geq 4) /ha na jednotlivých plochách v letech 2015–2017	55
Graf 02. Průměrná výčetní tloušťka jedinců (dbh \geq 4) na jednotlivých plochách v letech 2015-2017	56
Graf 03. Míra otevření zápoje (%) na jednotlivých plochách.....	57
Graf 04. Složka rozptýleného záření na jednotlivých plochách.....	58
Graf 05. Složka přímého záření na jednotlivých plochách	59
Graf 06. Celková složka záření na jednotlivých plochách.....	60
Graf 07. Pozitivní lineární vztah míry otevření zápoje na celkovém slunečním záření	61
Graf 08. Procentuální podíl zastoupení p okryvností na jednotlivých plochách ..	62
Graf 09. Zastoupení dřevin na jednotlivých plochách	63
Graf 10. Věk jedinců na jednotlivých plochách	64
Graf 11. Kvalita jedinců vzhledem k věku.....	65
Graf 12. Spojnicový graf výšek přirozené obnovy borovice lesní na jednotlivých plochách	66
Graf 13. Krabicový graf výšek přirozené obnovy borovice lesní	67
Graf 14. Množství přirozené obnovy na subplochách.....	68
Graf 15. Výskyt jedinců obnovy na jednotlivých typech pokryvu.....	69
Graf 16. Pozitivní lineární vztah výšky přirozené obnovy na míře otevření zápoje	70
Graf 17. Negativní lineární vztah množství obnovy borovice na celkovém slunečním záření	71
Graf 18. Rozmístění na Ploše 1	72
Graf 19. Rozmístění na Ploše 2	72
Graf 20. Rozmístění na ploše 3	73

Seznam zkratk

MZe – Ministerstvo zemědělství

ÚHÚL – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů

LVS – Lesní vegetační stupeň

CHS – Cílový hospodářský soubor

SLT – Soubor lesních typů

MZD – Meliorační a zpevňující dřevina

PLO – Přírodní lesní oblast

ČR – Česká republika

ULT – Univerzální lesnické tabulky

TVP – Trvalá výzkumné plocha

PPFD – Hustota toku fotonů fotosynteticky aktivního záření (v $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

1 Úvod

Borovice lesní patří mezi nejvýznamnější hospodářské dřeviny České republiky, což dokazuje její plošné zastoupení, které činí 16,3 % (MZE 2017). Přirozené zastoupení borovice je pouze 3,4 %, doporučené zastoupení borovice v českých lesích a pro současné české lesnictví ovšem činí 16,8 % (MZE 2017). Navíc na některých lokalitách je jedinou dřevinou, které je schopna tolerovat vyhraněné stresové podmínky stanoviště, a to hlavně na písčitých půdách, kde má dřevoprodukční funkci jako možná jediná dřevina. Borovice jako pionýrská dřevina je přizpůsobena různým klimatickým podmínkám, což se odráží i v jejím rozsáhlém přirozeném areálu rozšíření. V současné době je však borovice kvůli smrku a smrkovým monokulturám často opomíjenou dřevinou. Maloplošné hospodaření s přirozenou obnovou s delším obmýtím je praktikováno hlavně u stínomilných dřevin. U dřevin světlomilných, jako je právě borovice, je nejdůležitější pro úspěšnost využití podrostitního nebo dokonce výběrného způsobu hospodaření použít výrazné snížení hustoty porostu. Na druhou stranu je s těmito postupy spjata především vyšší stabilita porostů s nižším rizikem velkoplošného kalamitního rozpadu, nižší vstupy do lesního ekosystému zejména během jeho obnovy a celkově vyšší flexibilita hospodaření. Dalšími pozitivy jsou uplatnění přirozeného výběru (autoregulace) a posílení mimoprodukčních funkcí lesa včetně hlediska estetického a hlediska zvyšování biodiverzity. Významným problémem současného lesnického hospodaření je globální změna klimatu, která by mohla výrazně ovlivnit vitalitu, odolnost a stabilitu lesních dřevin. Přirozenou obnovu lesa lze pak zařadit mezi jedno z nejvýznamnějších adaptačních opatření k zachování a využívání vysokého lesa.

2 Cíle práce

Cílem této práce bylo analyzovat vliv stanovištních a porostních faktorů na přirozenou obnovu borovice lesní při aplikaci maloplošných pěstebních postupů. Mezi sledované mikrostanovištní proměnné patřily světelnostní charakteristiky (míra otevření zápoje, přímé, difusní a celkové záření), charakter bylinného patra, respektive charakteristika dominantního pokryvu půdy (borůvka/ brusinka, mech, hrabanka a mrtvé dřevo).

3 Rozbor problematiky

Borovice lesní (*Pinus sylvestris*) je jehličnatý strom z čeledi borovicovitých. Po smrku patří k nejvýznamnějším hospodářským jehličnatým dřevinám v ČR. Na nejlepších stanovištích dosahuje výšky až 40 metrů s průměrem kmenu až 1 metr, na extrémních stanovištích vytváří nízké jedince, někdy dokonce keřovitého charakteru. Je to velmi odolná, rychle rostoucí dřevina, což ji řadí mezi tzv. pionýrské dřeviny. Mezi stromovitými dřevinami má, díky své nenáročnosti na půdu a vláhu, nejrozsáhlejší areál s největší ekologickou amplitudou. Dožívá se zhruba 300 let.

3.1 Charakteristika borovice lesní

3.1.1 Taxonomie borovice lesní

Borovice se taxonomicky řadí do rodu *Pinus* (Tab. 01), který je se dále dělí na dva podrody (subgenus *Strobus* a subgenus *Pinus*), a na nižší jednotky kolem jednotlivých charakteristických druhů (BUSINSKÝ 1999).

Podrod *Strobus* se vyznačuje jehlicemi ve svazečku po 5 na brachyblastu. Tento podrod se člení na skupinu „vejmutovek“: *Pinus strobus*, (také *P. monticola*), *P. peuce*, *P. wallichiana* a skupinu limb: *P. cembra*, *P. sibirica* (také *P. pumila*, *P. parviflora*, *P. aristata* aj.) (BUSINSKÝ 1999).

Podrod *Pinus* se dělí na dvě skupiny, podle počtu jehlic na brachyblastu. Druhy, které mají obvykle dvě jehlice na brachyblastu jsou *Pinus sylvestris*, *P. nigra*, *P. heldreichii*, *P. banksiana*, *P. contorta* a *P. mugo* agg. (*P. mugo sensu stricta*, *P. rotundata*, *P. × pseudopumilio* a *P. uncinata*) aj. Druhy, které mají jehlice obvykle po třech na brachyblastu jsou *Pinus ponderosa*, *P. rigida*, *P. jeffreyi* a *P. radiata* aj.

Druh *Pinus sylvestris* se dále člení na následující tři poddruhy (BUSINSKÝ 1999). Poddruh *Pinus sylvestris subsp. sylvestris* roste hlavně v

Evropě. Skandinávskou verzí je *P. sylvestris subsp. sylvestris var. Laponica*. Druhým poddruhem je *Pinus sylvestris subsp. hamata*, který roste na Krymu, v Malé Asii, v Kavkazské oblasti a v Zakavkazí (BUSINSKÝ 1999). Poddruh *Pinus sylvestris subsp. sibirica* roste především na Sibiři, ale sahá až po sv. Čínu, včetně *P. sylvestris subsp. sibirica var. mongolica*, která roste v s. Mongolsku, jv. Sibiři a sv. Číně (BUSINSKÝ 1999).

Tab. 01. Taxonomické zařazení borovice lesní

Říše	Rostliny (<i>Plantae</i>)
Podříše	Cévnaté rostliny (<i>Tracheobionta</i>)
Oddělení	Nahosemenné (<i>Pinophyta</i>)
Třída	Jehličnany (<i>Pinopsida</i>)
Řád	Borovicotvaré (<i>Pinales</i>)
Čeleď	Borovicovité (<i>Pinaceae</i>)
Rod	Borovice (<i>Pinus</i>)

3.1.2 Morfologie borovice lesní

Na severní části Evropy je koruna spíše štíhlá s jemným ovětvením a směrem ke střední a jižní části přibývají, a nakonec i převažují jedinci s klenutou až deštníkovitou korunou se silnými větvemi (MUSIL a HAMERNÍK 2003). Borovice vytváří přeslenité větvení s jehlicemi spojenými do svazečku na malých zkrácených výhonech (brachyblastech) (MUSIL a HAMERNÍK 2003).

Na bohatých stanovištích je kmen přímý, větví se až v horní čtvrtině, naopak na extrémních stanovištích je pokroucený. Borka je v přízemní části silná a popraskaná, v horní části stromu je tenká a odlupuje se v lístcích. Je rezavá, rezavě červená až oranžová. Dřevo je měkké s jádrem. Letorosty jsou zelenohnědé, později šedohnědé, jednočlánekové.

Kořenový systém je mohutný se zachovalým kúlovým kořenem, který sahá 1,5-3 m hluboko (v suchých, písčitých půdách ještě hlouběji). Někdy se objevují i boční kořeny, které se posléze obracejí dolů. Horizontální kořeny rostou ve vrstvě do 20 cm pod půdním povrchem. Na pohyblivých písčích mohou vznikat i chůdovité kořeny (MUSIL a HAMERNÍK 2003). Kořenový systém velmi dobře kotví nadzemní část v zemi a netrpí vývraty, proto je považována za zpevňovací dřevinu.

Samčí šištice jsou vejcovité, 4–8 mm dlouhé a obvykle bledě žluté. Rostou v dolní části koruny na krátkých bočních větvičkách. Samičí šištice jsou spíše kulovité, popřípadě vejcovitokulovité, 5–6 mm dlouhé, obvykle růžové barvy. Jsou umístěny po 1–2 na nejvitálnějších koncích výhonů v horní části koruny, popřípadě v osluněných částech koruny. Šišky jsou ve 2. roce ještě zelené, kuželovité na bázi zaoblené. Jejich velikost je 3 až 6 x 2 až 3,5 cm. V předjaří 3. roku se otevírají. Mají šedohnědou nelesklou barvu, štítek mají plochý až vyklenutý, pupek bez černého lemování (MUSIL a HAMERNÍK 2003).

Semena mají světle hnědou až černou barvu a jsou opatřena "kleštičkovitě" objímavým křídlem. Dosahují velikosti 3 až 4 (5) mm délky. Všechna jsou okřídlena. Křídla jsou zhruba 10 až 17 mm dlouhá. Schopnosti tvorby semen je dosaženo brzy (zpravidla od 30 do 40 let). Kvete a plodí každý rok v období května až června, i když s různou intenzitou. S dobrým semenným rokem můžeme počítat obvykle každých 3 až 6 let. V příhodných podmínkách začíná borovice lesní kvést již mezi 5. a 8. rokem, častěji však až kolem 15. roku, v zápoji se však tato doba může zvýšit až na 30. a 40. rok. Šišky se životaschopnými semeny může produkovat nejméně do 200 let, ale kvalita semen se stářím jedince klesá. Semena dozrávají v září nebo v říjnu následujícího roku a větrem se mohou dostat až do vzdálenosti 50 až 100 metrů od mateřského stromu (MUSIL a HAMERNÍK 2003).

Nejlépe klíčí za plného slunečního světla, nebo alespoň částečného. V mládí je velmi rychle rostoucí dřevinou s ročním výškovým přírůstem až kolem 80 cm. Výškový přírůst vrcholí mezi 15.-25. rokem a ustává asi ve

100 letech. V průběhu roku má prodlužovací růst výhonů zpravidla monocyklický charakter, to znamená že probíhá poměrně krátce na jaře, končí již většinou během května či června. Pak se vytváří ihned terminální pupen a pupeny boční (laterální), které raší obvykle až příštím rokem. Výjimkou však není ani dicyklický růst, kdy v období od 2. poloviny června do září dochází u právě vytvořených pupenů k narašení, nebo dokonce k úplnému vyrašení nových, letních výhonů. Tak vznikají tzv. jánské výhony (z terminálního pupenu), příp. proleptické výhony (z bočních pupenů). Ty druhé jsou z pěstebního hlediska méně vhodné až nežádoucí (NÁROVEC 2000; MUSIL a HAMERNÍK 2003).

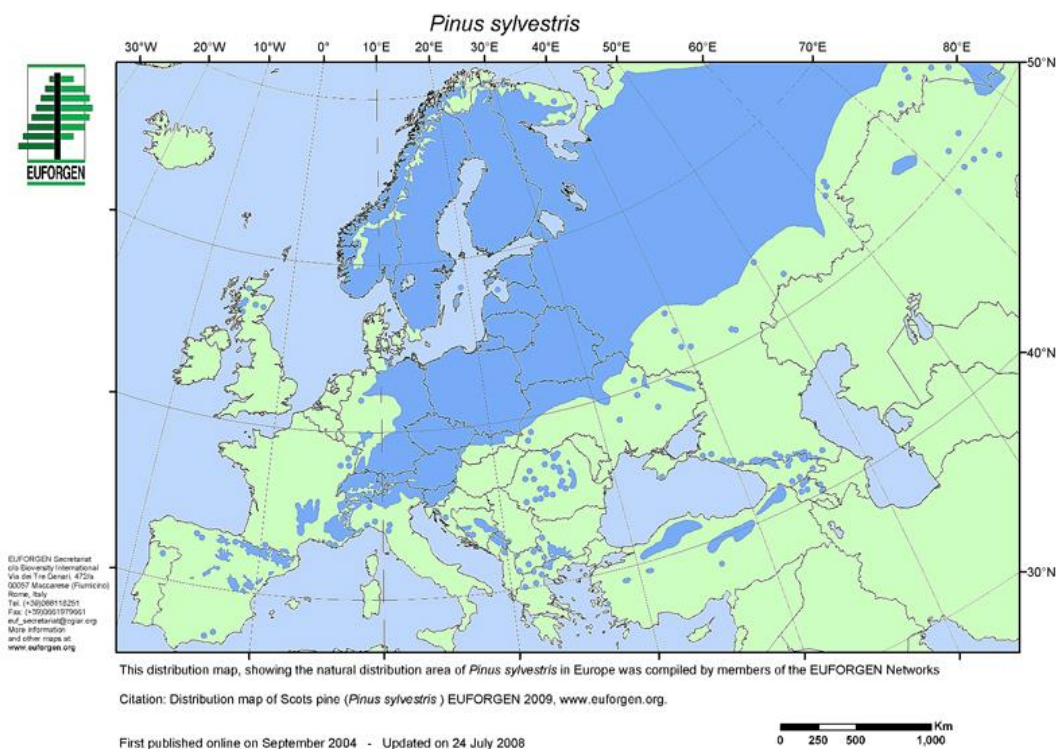
3.1.3 Přirozený areál borovice lesní

Borovice lesní má mezi stromovitými dřevinami nejrozsáhlejší areál. Rozkládá se na značné části Eurasie. Od Atlantiku prochází Evropou přes celou Sibiř až téměř k Pacifiku, tj. od Skotska, resp. od sz. části Pyrenejského poloostrova (5° - 7° z.d.) až k moři Ochotskému (140° v.d.); nejjihněji zasahuje v Sierra Nevadě (nejvyšší španělské kontinentální pohoří; leží v mediteránu na 37° s. š.), nejseverněji ve Skandinávii, kde jde až za s. polární kruh, na hranici tundry a lesotundry (70° s. š.) (MUSIL a HAMERNÍK 2003). Ve střední Evropě rozlišujeme tři skupiny reliktních borů. Kontinentální východoevropské až jihosibiřské bory, reliktní bory (od Balkánu až po předhůří Alp) a oligotrofní bory (MIKESKA 2006). Jiné zdroje dělí borovici na klimatypy severské, stepní a horské (SVOBODA 1953).

Vertikálně roste od 0–2100 m n.m., kavkazské typy až do 2600 m n.m. V severní oblasti je dřevinou nížin a na jihu zpravidla dřevinou horskou (např. ve Španělsku sahá až do 2200 m n. m.) (MUSIL a HAMERNÍK 2007).

Původně je v ČR v mezofytiku, v horských polohách je zastoupena jen roztroušeně s výškovým maximem na Šumavě u Plešného jezera v 1070 m n. m. Vzácně je zastoupena také v obou stupních termofytika. Autochtonní porosty borovice lesní se u nás nyní vyskytují jen ostrůvkovitě na extrémních reliktních stanovištích, nejčastěji se nachází na skalnatých

ostožinách, na balvanitých svazích, na sutích, štěrcích, píscích a na některých částečně zpevněných písečných přesypech, na lokalitách často suchých a mělkých, ale i vlhkých lemech rašelinišť (MUSIL a HAMERNÍK 2003).



Obr. 01. Přirozený areál borovice lesní
 (<http://www.euforgen.org/species/pinus-sylvestris/>, 2019)

3.1.4 Ekologické nároky borovice lesní

Borovice je světlomilnou dřevinou, intolerantní k zastínění. V preboreálu rychle ovládla střední Evropu (doba borová), později byla z lepších stanovišť vytlačena expanzí dřevin více tolerujících zastínění. Zachovala se pouze na (reliktních) extrémnějším stanovištích, méně příznivých pro růst náročnějších, zastínění snázejících druhů (MUSIL a HAMERNÍK 2003).

Adaptuje se na velmi široký klimatický rozsah, to jí umožňuje růst na územích s délkou vegetační doby 90-200 dnů (90 dnů je průměrná

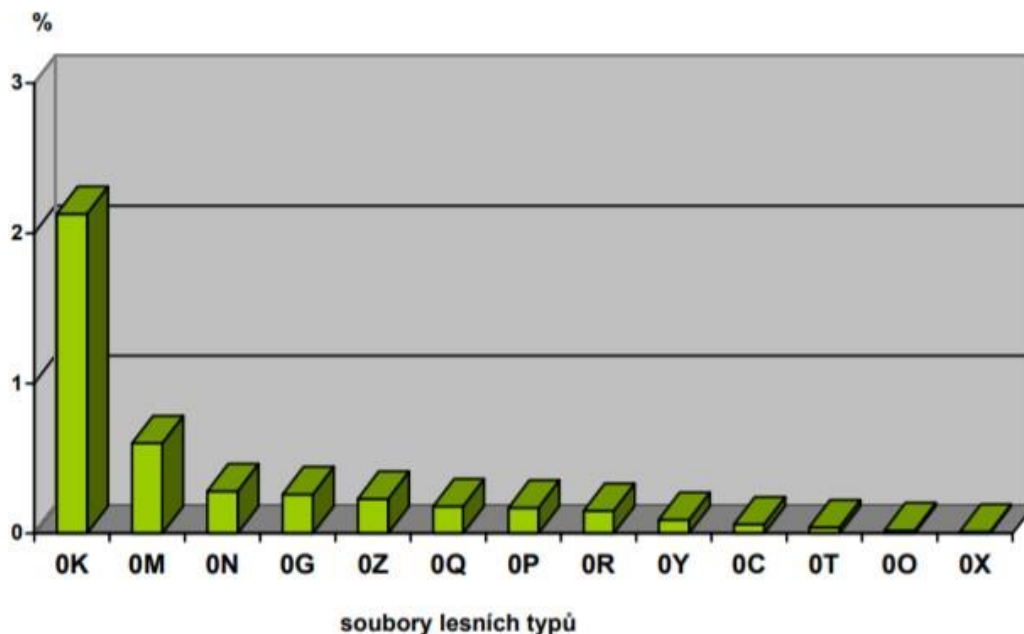
vegetační doba na permafrostu, např. Sibiř, 200 dnů je naopak vegetační doba na jihu Španělska s vysokou průměrnou denní teplotou) s průměrnými ročními srážkami 200-1780 mm. Roste na mělkých, chudých půdách písčitých až kamenitých, sušších, vzniklých na horninách silikátových.

Vyskytuje se ale i na vápencích a také na hadcích, kde často působí jako hlavní či dokonce jediná stromovitá dřevina. Obsazuje rovněž půdy bažinaté a rašelinné, avšak na nich roste obvykle velmi špatně mnohdy zakrsle. Na úrodnějších půdách, kde by rostla výborně, je v přirozených porostech vytlačena konkurencí druhů tolerantnějších k zastínění. Často vytváří silnou vrstvu opadu a surového humusu. Potřeba vody u borovice lesní může být kryta z větších hloubek než u jiných dřevin. Proto může růst i na stanovištích (na povrchu) extrémně suchých (MUSIL a HAMERNÍK 2003). Nejúspěšnější obnova vzniká na osvětlených holinách, nebo na jen velmi málo zastíněné ploše s odkrytou minerální půdou, bez souvislé vrstvy surového humusu. Nálet může vznikat také v devastovaných lesích nebo po požárech. V extrémních případech je však schopna klíčit a růst i ve štěrbinách holých skal. Řadí se mezi dřeviny pionýrské, tudíž dřeviny schopné osídlovat nejrůznější volné plochy. V ČR nejčastěji roste v kombinaci s dubem zimním, dále lípou malolistou, habrem obecným, javorem babykou, břízou bělokorou. Vzácněji se přiměšují bříza karpatská, hrušeň planá, jeřáb břek, j. muk, j. ptačí, střemcha obecná, mahalebka, krušina, kalina, svída, ptačí zob, dříšťál.

Kvůli své dominanci nebo význačnému podílu pouze na písčitých podložích, na hadcích, v extrémních případech i na vápencích, rašelinách a na skalnatých výchozech různých kyselých hornin ji lesnicko-typologická klasifikace ÚHÚL dělí na 13 souborů lesních typů do azonálního lesního vegetačního stupně 0 – bory. Těmito 13 soubory jmenovitě jsou (Obr. 02) 0C, 0G, 0K, 0M, 0N, 0O, 0P, 0Q, 0R, 0T, 0X, 0Y a 0Z. Stupeň 0 vznikl, protože tato půdně výrazná stanoviště překrývají specifickou povahou rozdílů klimatu. Největší zastoupení má v LVS 0 soubor lesního typu 0K, což je kyselý (dubový - bukový) bor. Největší zastoupení LVS 0 je v rozpětí klimatu 3. – 5. LVS. Navíc má borovice zastoupení v některých kyselých

souborech 1. LVS – především borové doubravě (1M), březové doubravě (1Q) popřípadě kyselé doubravě (1K, 1I, 1S). Další přirozenou příměs tvoří v chudých kategoriích vodou ovlivněných i neovlivněných (M, Q, R), v jednotlivých extrémních typech do 6. LVS (6M, 6Q – typy s borovicí). Výjimečně se pak objevuje v 7. LVS (7Q, 7P, 7G, 7R) (MIKESKA 2007, POLENO et al. 2009).

V České republice lze rozlišit dva hlavní přirozené ekotypy borovice lesní – tzv. náhorní ekotyp vyšších poloh, považovaný za reliktní a tzv. chlumní ekotyp nízkých poloh, považovaný za evolučně mladší (KAŇÁK 2011). Oba typy jsou charakteristické svými vlastnostmi kmene, koruny, příp. některými dalšími morfologickými charakteristikami, dále pak růstem a adaptací na podmínky prostředí. V lesnické praxi se k těmto dvěma navíc přidávají ještě regionální populace – ekotypy, které se vyznačují určitými typickými vlastnostmi – např. borovice jihočeská (třeboňská), která se cení zejména s ohledem na tvárnost kmene a jakost dřeva (stejněměrné letokruhy), dále borovice šumavská (stožecká), polabská, týništská (východočeská), západočeská, severočeská, na Moravě svratecká (oblast Českomoravské vrchoviny), heraltická (oblast Nízkého Jeseníku), záhorská (rohatecká, hodonínská) a karpatská (z oblasti Ždánického lesa a nižších poloh Bílých Karpat). V některých případech lze současné regionální populace s ohledem na původ, i když většinou neznámý, a adaptaci na místní podmínky prostředí označit jako nezáměrně vzniklé kulturní odrůdy (ŠINDELÁŘ et al. 2007, MÁCHOVÁ et al. 2016).



Obr. 02. Zastoupení borů v Lesním vegetační stupni 0 (MIKESKA 2007)

3.1.5 Hospodářský význam borovice lesní

Borovice lesní se řadí mezi nejvýznamnější hospodářské dřeviny. Pěstuje se pro pružné, lehké a měkké pryskyřičnaté dřevo s výraznou kresbou letokruhů. Využívá se k výrobě výdřevu v dolech nebo na výrobu pražců, či ke stavbě lodí. Truhláři ji moc v oblibě nemají vzhledem k značné smolnatosti a špatné vyhladitelnosti jejího dřeva. Využívá se jako palivové dřevo pro velkou výhřevnost a dobrou hořlavost. Nejvíce se od lesníků dodává jako vláknina do papírenského průmyslu.

Dalším způsobem využití může být použití borové pryskyřice, která je zdrojem terpenických látek, z nichž se vyrábí mj. kalafuna, zřídka se také přidává do léčivých mastí. Pro antiseptické a uklidňující účinky se využívají éterické oleje z dřeva a jehličí v aromaterapii a inhalačních směsích.

3.1.6 Ohrožení borovice lesní

3.1.6.1 Abiotičtí škodliví činitelé

Borovice je přizpůsobena růstu na velmi suchých, nebo naopak i na trvale zamokřených půdách. Hluboké kořeny ji umožňují čerpat vodu i z větších hloubek, a tak jí běžné sucho, kdy voda chybí na povrchu z nedostatku srážek, neublíží (MUSIL a HAMERNÍK, 2007). Současné extrémní sucho a nedostatek srážek ale způsobuje pokles hladiny spodní vody, a to může být zásadním faktorem pro její přežití. V posledních letech dochází na řadě lokalit ke kalamitnímu prosychání především starších borovic, ale při trvajících podmínkách odumírají i mladší porosty. K usychání borovic dochází prakticky všude, hlavně na přirozeně sušších lokalitách (píscité) (SOUKUP a PEŠKOVÁ 2004).

Dalším abiotickým činitelem, který ohrožuje růst borovice, je kvůli její stavbě dřeva (křehkost) mokrý sníh s jinovatkou, který způsobuje vrcholové zlomy (ÚŘADNÍČEK a RIEDMILLER 2009).

Na mnohých stanovištích ovlivněných vodou není ani příliš odolná vůči větru (POLENO et al. 2009). V roce 2017 byl celkový objem nahodilých těžeb způsobených abiotickými vlivy 4,8 mil. m³ u všech dřevin. Jedná se o nárůst o téměř 40 % oproti roku 2016, kdy bylo vytěženo 3,5 mil. m³, v roce 2015 4,2 mil. m³. Největší podíl (přes 60 %) na abiotickém poškození byl způsoben větrem. Polomy byly primárně nejvíce zasaženy porosty jehličnatých dřevin, a to především smrk a borovice. Podíl větru, sněhu a námrazy na poškození představoval cca 64 %, z toho vítr způsobil těžbu 2 957 tis. m³, tj. cca 62 %, a mokrý sníh způsobil těžbu 66 tis. m³, tj. cca 1 %, a námraza (ledovka) 25 tis. m³, tj. cca 0,5 % (MZE 2017).

Borovice také podléhá znečištěným prostředím průmyslových oblastí a větších měst (imise) (MUSIL a HAMERNÍK, 2007). Na extrémních stanovištích, v bezzásahových zónách, je z přírůstu stromů vidět, že trpí velkou zátěží v případě společného působení zvýšené koncentrace SO₂ a extrémního sucha a teplého počasí (VACEK et al. 2017). Lidská činnost

negativně působí na lesní ekosystémy v celé Evropě. Skládá se z mnoha dílčích aspektů, počínaje depozicí atmosférických látek, z nichž je pro lesy v současné době problematický zejména dusík a jeho sloučeniny, a konče např. krádežemi (neoprávněnými těžebními zásahy) či úmyslně nebo neúmyslně založenými požáry. V posledních letech zůstává vykazované poškození lesních porostů přímým působením exhalací (imisemi) stejné. V roce 2017 činily tzv. exhalační těžby zhruba 23 tis. m³ (2016 – 22 tis. m³, 2015 – 22 tis. m³, 2014 – 18 tis. m³). Naopak narůstá vliv tzv. novodobých typů poškození, které mohou být popisovány jako poškození lesních porostů podél komunikací. Především lesní porosty v blízkosti komunikací bývají poškozovány působením splachů a rozstříků posypových solí v zimním období či různých výživových deficiencí, pramenících především z poškození půd předchozí silnou imisní zátěží v kombinaci s nepříznivými meteorologickými situacemi (MZE 2017).

3.1.6.2 Biotická ohrožení

Množství evidovaného borového dříví napadeného podkorním hmyzem v roce 2017 bylo 81,5 tis. m³, což je alarmující číslo pro české lesnictví, protože těžba napadeného dřeva narostla na téměř šestinásobek oproti hodnotě z roku 2016, kdy bylo evidováno 14,7 tis. m³ (2015 – 14,1 tis. m³) (MZE 2017).

Výskyt houbových onemocnění závisí každoročně na počasí. Sypavky na borovici působené houbami *Lophodermium pinastri* a *L. seditiosum* byly v roce 2017 zjištěny ve zvýšené míře pouze regionálně. Škody způsobené sypavkou borovou byly hlášeny z 2,3 tis. ha (2016 – 2 tis. ha) (MZE 2017).

V porovnání s ostatními dřevinami borovice na okus zvěří až na výjimky netrpí (POLENO et al. 2009). Pokud bývá zvěří poškozována, tak k tomu dochází pouze v mládí, kdy má ještě hladkou kůru (ÚŘADNÍČEK a RIEDMILLER 2009). Výhoda spočívá v tom, že po loupání netrpí hnilobou,

rány jsou obvykle relativně rychle zavaleny. Reakcí na loupání, ale dochází k významnému poklesu kvality dříví (ČERVENÝ 2009).

Mortalitu veškerých semenáčků z výsadby mohou způsobit ponravy listorohých brouků chroustů (*Melolontha spp.*), které svým žírem poškozují kořenový systém semenáčků. Housenky osenic (*Agrotis spp.*) ožírají nejmenší vzešlé semenáčky (BERÁNEK 2008).

Dvou až pětileté stromky bývají napadány ploskohřbetkou sazenicovou (*Acantholyda hieroglyphica*). Housenice ožírají borovičky od vrcholku, kdy ponechávají pouze kratičké pahýlky jehlic (BERÁNEK 2008). Defoliace je sice nápadná, ale zpravidla zdravotní stav poškozených jedinců příliš neovlivňuje (HOLUŠA A LIŠKA 2005). Jedním z nejviditelnějších škůdců jsou štítenky, konkrétně štítenka borová (*Leucaspis pini*), štítenka sosnová (*L. pusilla*), štítenka obecná (*L. loewi*) nebo štítenka (*Lepidosaphes newsteadii*). Jedná se o savý hmyz, který svým sáním způsobuje opadávání jehlic. Při silném žíru dochází k odumírání větviček nebo celých větví. Další druh, který je nápadný svou barvou je korovnice borová (*Pineus pini*). Savý hmyz škodí na jehlicích, na větvičkách nebo kmíncích. Napadané jehlice se zbarvují do žlutohněda, a v místě sání se obvykle lámou. V případě silného postižení jehlice opadávají, popřípadě mohou odumřít celé výhonky.

Klikoroh borový (*Hyllobius abietis*) a lýkohub borový (*Hylastes ater*) se na mladých jedincích z přirozené obnovy vyskytují jen zřídka. U umělých výsadeb brouci svým zralostním (mladí brouci) a regeneračním (staří brouci) žírem v okolí kořenového krčku sazenic (cca 3 až 10 letých) vážně ohrožují jejich zdravotní stav. Poškozené sazenice roní pryskyřici nebo se kříví, a při silném napadení kmínku stromky hynou (BERÁNEK 2008).

Mezi další škůdce, které napadají jehlice borovice se řadí Bejlmorka borová (*Thecodiplosis brachyntera*), Tmavoskvrnáč borový (*Bupalus piniarius*), Obaleč prýtový (*Rhyacionia buoliana*), Obaleč pryskyřičný (*Retinia resinella*), Bourovec borový (*Dendrolimus pini*), Bekyně mniška (*Lymantria monacha*), Sosnokaz borový (*Panolis flammea*), Lišaj borový (*Sphinx pinastri*), Hřebenule ryšavá (*Neodiprion sertifer*), Hřebenule borová (*Diprion pini*), Ploskohřbetka sosnová (*Acantholyda nemoralis*). Další

škůdci napadající lýko pak mohou být Smolák mlazinový (*Pissodes notatus*), Smolák sosnový (*Pissodes pinii*), Smolák borový (*Pissodes piniphilus*), Lýkožrout borový (*Ips sexdentatus*), Lýkožrout dvojzubý (*Pityogenes bidentatus*), Lýkožrout čtyřzubý (*Pityogenes quadridens*), Lýkožrout vrcholkový (*Ips acuminatus*), Lýkohub sosnový (*Tomicus piniperda*), Lýkohub menší (*Tomicus minor*), Krasec borový (*Melanophila cyanea*), Kozlíček dazule (*Acanthocinus aedilis*), Tesařík korový (*Rhagium inquisitor*), Tesařík borový (*Spondylis buprestoides*) (KŘÍŠTEK et al. 2002).

Ztráty asimilačního aparátu borovic jsou nejčastěji způsobeny sypavkami. Typickým zástupcem je sypavka borová (*Lophodermium seditiosum*) nebo skulinatec borový (*Lophodermium pinastri*). Jejich vývoj stejně tak jako u ostatních sypavek podporuje zvýšená vlhkost prostředí (JANKOVSKÝ 2003). Tyto výhodné podmínky se vyskytují především na záhonech ve školkách a můžou mladé borovice velmi ohrozit. Zvláště jsou v nebezpečí malé sazenice, které ještě nejsou odrostlé přizemní vrstvě vegetace (ŠRŮTKA 2003). Zvýšený výskyt sypavek nastává zejména v důsledku nedodržení technologie ochrany, v kulturách dochází při zavlečení s infikovaným sadebním materiálem (JANKOVSKÝ 2003). Starší borové porosty sypavkou rovněž velmi trpí, nicméně pokud jsou sazenice již dobře zakořeněné a bez útlaku buřeně, nákazu většinou přežijí (JANKOVSKÝ 2003).

Rez sosnokrut (*Melampsora pinitorqua*) se řadí mezi nejvýznamnější parazitické houby borovic. Nejvíce ohroženy jsou mladé borovice ve školkách a výsadbách, které mohou při silné a opakované nákaze i zcela odumřít. V případě přežití zůstávají trvale poškozeny růstovými deformacemi (esovité zkroucení, rozkošatění a metlovitost, snížená kvalita dřeva) (SOUKUP 1999).

Václavka smrková (*Armillaria ostoyae*) je nejrozšířenějším druhem na našem území, a je odpovědná za převážnou většinu kořenových hnilob.

Sphaeropsis sapinea je houbový patogen zjištěný na borovicích až na více než 35 druzích rodu *Pinus*. Často se s ní setkáváme při nápadném prosychání hlavně borovice černé (*Pinus nigra*). Napadá ale i další jehličnany. Jeho škodlivost vzrůstá v teplejších krajích (SOUKUP a PEŠKOVÁ

2004). Vlivem vhodných podmínek se patogen rozšířil prakticky na celé území ČR. Patogen způsobuje poškození na různých částech stromu ve všech vývojových stádiích. Je přenosný osivem, který následně způsobuje hniloby semen, redukce klíčení, zahnívání nově vznikajících kořínků a padání mladých semenáčků. Na starších semenáčcích způsobuje hniloby kořenového krčku a mladých letorostů (ZAPLETALOVÁ a BAJEROVÁ 2012).

Kornice borová (*Cenangium ferruginosum*) bývá zpravidla označována za slabý patogen, popřípadě příležitostného parazita, dokáže občas způsobit i odumírání borovic ve velkém rozsahu. Je schopná se rychle adaptovat a prosadit na oslabených borovicích (nejčastěji suchem), a ty pak i zahubit. Mnohem častěji se však s touto houbou setkáme ve starších borových porostech, kde působí odumírání jednotlivých větví, či jednotlivých stromků krátce po výsadbě (PEŠKOVÁ a SOUKUP 2011).

Ve středním a vyšším věku je napadána rzí borovou vyvolanou dvěma druhy rzí – *Cronartium asclepiadeum* a *Endocronartium pini*. Nejnápadnější je na starších borovicích, kde vrcholek usychá a odumírá. Na bázi dochází i k silnému výronu pryskyřice a k prosmolení kůry i povrchové části dřeva (POLENO et al. 2009).

3.2 Pěstební opatření využívaná při hospodaření s borovicí lesní

Základním kamenem hospodaření v lesích ČR je trvale udržitelné obhospodařování s cílem vytvoření ekologicky, druhově, ekotypově, prostorově stabilního a věkově diferencovaného lesa, schopného nepřetržitě plnit všechny produkční, ekologické a environmentální funkce. Z tohoto důvodu jsou hledány a vytvářeny přírodě blízké způsoby hospodaření, které nepřetržitost a relativní vyrovnanost všech funkcí lesa umožňují. Rozhodujícím faktorem strategie trvale udržitelného obhospodařování lesů v ČR je diferenciací podle stanovištních a porostních podmínek, rámcově vyjádřených cílovými hospodářskými soubory (CHS). Základní zásadou účinné výchovy lesních porostů je aplikace takových výchovných postupů, které odpovídají požadavkům a nárokům jednotlivých dřevin.

V současné době je největší zastoupení borovice lesní v cílovém hospodářském souboru 23, kyselá stanoviště nižších a středních poloh, s plochou téměř 200 tis. hektarů neboli 43,5 % z celkového zastoupení borovice. Další CHS, kde borovice převládá, pak jsou soubory 27 - oglejená chudá stanoviště nižších a středních poloh, 13 – přirozená borová stanoviště, 21 – exponovaná stanoviště nižších poloh a 39 – podmáčená chudá stanoviště (POLENO et al. 2009). Pro tyto CHS se pak doporučuje zastoupení 60 až 70 %, v CHS 13 dokonce 80 % (PLÍVA 1980).

3.2.1 Hospodářské způsoby a jejich význam pro borovici lesní

Hospodářské způsoby se dělí na způsob podrostití, 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

přílehlého porostu, a 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 a holosečný, při němž obnova lesních porostů probíhá na souvislé vytěžené ploše, širší než průměrná výška těženého porostu (MZE 2018). Rozhodujícím kritériem při výběru hospodářského způsobu je charakter stanoviště vyjádřený souborem lesních typů, expozicí, rozlohou, dřevinnou skladbou, zakmeněním, věkem, technologickou dostupností porostu, hodnotovým přírůstem a zdravotním stavem, respektive odolnostní potenciál porostu (POLENO et al. 2009, BÍLEK 2018).

V rámci rozdílných podmínek borového hospodářství lze přirozenou obnovu docílit holosečným obnovním způsobem s různou velikostí a orientací sečí, násečným způsobem, kotlíkovou sečí a velkoplošným i maloplošným clonným obnovním způsobem s přechodem až do skupinovitého nebo jednotlivého výběru (BÍLEK et al. 2017).

Vhodná je kombinace obnovních postupů, zejména pokud chceme docílit smíšeného porostu, kdy slunné dřeviny (borovice) upřednostňují holosečnou obnovu, a naopak stinné dřeviny jsou zvýhodněny při clonné seči. Zpravidla se používá dvou a více základních obnovních sečí, které se časově a prostorově vhodně zkombinují.

3.2.2 Výchova borovice lesní

Borovice má v mládí rychlý výškový vývoj. Běžný roční výškový přírůst dosahuje kulminace v dobrých podmínkách už mezi 10. a 15. rokem. Již ve 30. roku kulminuje také běžný objemový přírůst. Průměrný roční objemový přírůst taktéž kulminuje velmi brzy, a to po 80. roce věku dřeviny.

Prosvětlování porostů, jak z přirozené, tak z umělé obnovy kulminaci průměrného ročního objemového přírůstu ještě usolíší. Při přítomnosti velkého množství světla vytváří borovice tlustší větve a rozložitou korunu, což je jedním z problémů v hospodaření borovic. V průběhu věku se mění

reakce na uvolnění zápoje. V mládí reaguje na změnu v uvolnění dobře, méně pak ve středním věku, ve vysokém věku pak může dojít dokonce k růstové depresi. Malou reakci na uvolnění mají potlačené nebo přeštíhlené borovice (POLENO et al. 2009).

Dalším problémem výchovy je velká genetická variabilita borovice, která způsobuje různou hodnotovou produkci. Proto se rozlišují ekotyp náhorní borovice, která snese i silnější uvolnění bez silného rozrůstání korun, a ekotyp nížinné nebo také pahorkatinné (chlumní) borovice, která má sklony vytvářet po uvolnění široké koruny připomínající obrostlíky.

Borovice se pěstuje za cílem získat co nejlepší kvalitativní sortimenty s malou sukatostí, nejlépe dýhárenské výřezy o tloušťce 40–50 cm s pravidelnými letokruhy. Předpokladem získání těchto kvalitních sortimentů jsou husté a rovnoměrně rostoucí kultury a nárosty s jednotlivou příměsí listnáčů (POLENO et al. 2009).

Porosty z přirozené obnovy zpravidla nevyžadují zvláštní péči. Prostřihávky se většinou nerealizují, pokud se ale v nárostech objeví spontánní přirozené zmlazení pionýrských dřevin, a to hlavně břízou ale také jívou či osikou, je nutná jejich redukce. Nárosty s výraznými mezerami se doplní skupinovitou výsadbou listnáčů (např. dubem nebo bukem) kvůli melioraci. Pokud jsou borové kultury založeny odpovídajícími technologickými postupy, nevyžadují zvláštní péči. Potřebná je pouze ochrana proti biotickým škodlivým činitelům (klikorohu, václavce a zvěři a na vlhčích a středně bohatých stanovištích SLT 2S, 3S také proti buřeni). V borových kulturách může docházet k narušení jejich kvality tvorbou proleptických výhonů, které mohou způsobit závažnou deformaci – zakřivení kmínků borovic. V dostatečně hustých kulturách se deformované stromky odstraní při prvých pročištěních. V nedostatečně hustých porostech je ale nutné preventivní a nápravné odstranění proleptických výhonů ořezem, či preventivní redukce počtu pupenů (SLODIČÁK 2013).

První výchovné zásahy se provádí brzy, ve věku 6–8 let nebo nejdéle při horní výšce 2 m, a proto by měly být velmi mírné. Z porostu se odstraňují jedinci potlačující kvalitnější jedince (tzv. obrostlíci) nebo jedinci, kteří

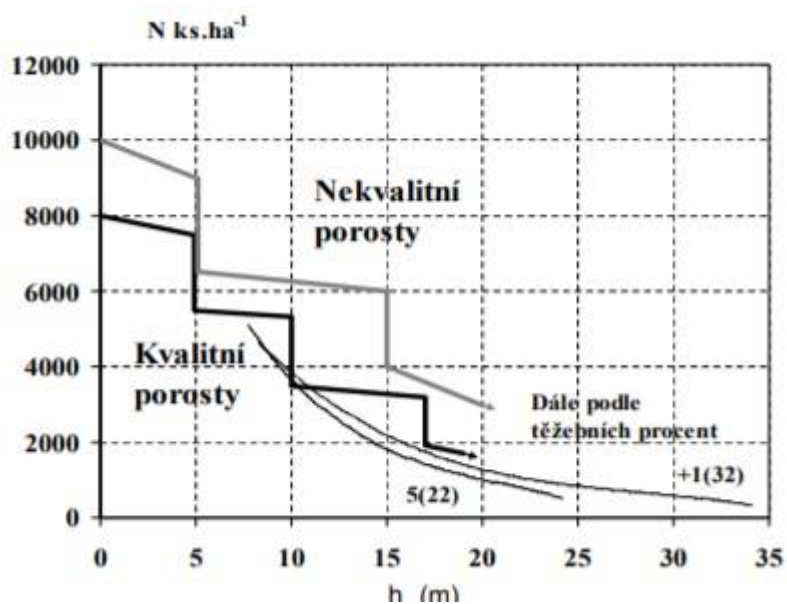
výrazně předrůstají ostatní jedince (tzv. předrostlíci). Síla první pročistky by se měla pohybovat kolem 7–10 % (POLENO et al. 2009). Při prvním výchovném zásahu se porost také rozdělí na pracovní pole o šířce 20 m linkami širokými 4 m. Dle tabulkových hodnot by se číselně měla hustota porostu snížit u kvalitnějších porostů až na cca 5 500 jedinců na jeden ha, u méně kvalitních porostů na ca 6 500 stromků na 1 ha (Obr. 03). Tento první zásah je možné provést v porostech s pravidelným sponem kombinovaně odstraněním každé čtvrté řady, s individuálním negativním výběrem netvárných a méně vitálních jedinců ve zbývajících ponechaných řadách na požadovaný počet.

Dalším zásahem při horní výšce 10 m (zhruba po 6–10 letech) se hustota porostu sníží opět negativním výběrem v podúrovni na cca 3 500 stromů. Následující podúrovňový zásah s negativním výběrem probíhá při horní porostní výšce přibližně 17 m u kvalitnějších porostů a 15 m u méně kvalitních porostů. Tímto zásahem jsou eliminováni ustupující jedinci a nemělo by dojít k výraznějšímu porušení zápoje, hlavním kritériem selekce zůstává kvalita kmene a postavení stromu v porostu. Od 30 let věku porostů na bohatších stanovištích a od 40 let na stanovištích chudších, čemu odpovídá přibližně dosažení horní výšky 20 m, jsou možnosti ovlivnit statickou stabilitu borových porostů minimální a kvalita porostů by již měla být včasným odstraněním nekvalitních jedinců při prvních zásazích zajištěna.

Další výchova je proto zaměřena na odstraňování podružného porostu. Tímto způsobem lze získat na 1 ha porostu na bohatších stanovištích až 300 m³ a na chudších až 200 m³ dřeva v předmýtní těžbě. Postupovat lze podle procent decennálních probírek uvedených v tabulce (Tab. 02) (SLODIČÁK 2013). Obecně se dá říci, že zásahy v porostu by se měli řídit redukcí jedinců v závislosti na jejich horní výšce, tedy pokud porost dosáhne požadované horní výšky, tak provedeme zásah. Budeme-li ale chtít horní výšku převést na časový údaj, tak by se probírka nebo prořezávka měla provádět jednou za decennium.

Tab. 02. MZE Vyhláška 84/1996 – procenta deceniálních probírek

Dřevina	Zakmenění	Věk									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Borovice	1	19	15	14	12	11	10	9	8	8	
	0,9	14	7	7	6	6	5	4	3	3	
	0,8	6	4	6	6	5	4	3	3	3	
	0,7	4	4	5	5	4	3	3	3	2	



Obr. 03. Graf výchovy borovice lesní v kvalitních a nekvalitních porostech

3.2.3 Obnova borovice lesní

Obnovu lesních porostů lze provádět třemi způsoby. Jde o obnovu umělou (síví nebo sadbou), přirozenou (generativní, vegetativní) nebo kombinovanou (v rámci jednoho porostu nebo na části obnovované plochy se kombinují dva druhy obnovy).

3.2.3.1 Obnova umělá

Umělá obnova vzniká výhradně záměrnou činností lesního hospodáře. Lze ji charakterizovat jako způsob tvorby nového porostu, a to buď sadbou semenáčků a sazenic vypěstovaných v lesních školkách nebo síví semen a plodů přímo na obnovovanou plochu. Umělá obnova se používá převážně na holosečných obnovních prvcích. Při využití clonné seče se uplatňuje forma podsadeb a podsíví. Podsadba (podsazování) znamená umělé vytváření nového porostu sadbou pod clonou staršího (obnovovaného) porostu. Používá se hlavně při doplňování přirozené obnovy dřevinami, které nemohou z různých důvodů nasemenit v dostatečném rozsahu, nebo dřevinami obnovního cíle, které nejsou zastoupeny v mateřském porostu. Podsíje (podsévání) je pak umělé vytváření nového porostu síví semen nebo plodů pod clonou staršího (obnovovaného) porostu. U borovice se však nevyužívá (http://ldf.mendelu.cz/uzpl/pestovani_v_heslech/obnova/obn_um.html 2019).

Umělá obnova borovice lesní v roce 2017 činila 1778 hektarů z celkových 19 973 hektarů, což je 8,9 % z celkové plochy zalesněné umělou obnovou (MZE 2017). Umělou obnovou vzniká tzv. kultura neboli mladý porost o stejných výškových parametrech, cca do věku 10 let. Kultury se dělí na nezajištěné a zajištěné.

Porosty z umělé obnovy vznikají nejčastěji výsadbou většinou prostokořenného sadebního materiálu, jehož minimální počty jsou

stanoveny Vyhláškou MZe č. 139/2004 Sb. a pohybují se od 8 000 v CHS 27, 29, 41 a 51 do 9 000 sazenic na 1 hektar v CHS 13, 21, 23 a 25. V současné době je snaha o přetváření druhové skladby lesů, a proto bude potřeba velkou část porostu nahradit právě sadbou (ŠINDELÁŘ 2004).

Vážným problémem při využití umělé obnovy borovice je deformace kořenových systémů, přičemž je požadován průběžný kmínek s relativně pravidelně rozmístěnými bočními (laterální) výhony a pupeny (MARTINCOVÁ 1999).

Ve školkách mají semenáčky dostatek živin a jsou pravidelně zavlažovány. Reakcí na vhodné podmínky je velké množství horizontálních kořenů. Proto zesílená tvorba horizontálních kořenů a následná pomalá tvorba vertikálně rostoucích kořenů vytvářejí predispozice pro menší mechanickou stabilitu mladších borových porostů založených sadbou. Deformace mají také vliv na zvýšenou citlivost k infekcím.

Obnova lesa (v ha)

Způsob obnovy	2000	2010	2015	2016	2017
Umělá	21 867	21 859	18 797	19 929	19 973
z toho: opakovaná	4 371	3 087	5 246	4 433	4 095
Přirozená	3 422	5 127	4 749	4 813	4 473
Celkem	25 309	26 986	23 546	24 742	24 446

Pramen: ČSÚ

Obr. 04. Obnova lesa v roce 2017 (MZe 2017)

3.2.3.2 Přirozená obnova

Přirozená obnova borovice, zejména na území střední Evropy, se využívá poměrně zřídka a v České republice patří její podíl k jedné z nejnižších v Evropě (POLENO et al. 2009). Uplatňuje se především ve Skandinávii, kde jsou na základě ekologických podmínek a systémů těžby a obnovy porostů pro využití přirozené obnovy vhodné podmínky (ŠINDELÁŘ 2004).

Uskutečňuje se clonně, obrubně i násečně, ve výjimečných případech holosečně. Zmlazení se nejlépe zdaří, pokud zajistíme náletu

dostatečné světlo a vhodně upravenou minerální půdu. Typickým aspektem tohoto hospodaření je zejména pozdější začátek obnovy, ve srovnání se smrkovým hospodářstvím, s rychlejším postupem na větších rozlehlejších plochách, aby se vytvořili porosty s minimální rozrůzněností. Hlavním předpokladem je proto krátká obnovní i návratná doba (JURČA 1988).

Přirozená obnova začíná fruktifikací semenných stromů a končí dosažením fáze mlaziny (POLENO et al. 2009). Přirozená obnova jako pojem znamená obnova semenného (generativního) původu. Vegetativní schopnost je u borovice i u ostatních jehličnanů velmi slabá nebo žádná.

Předpokladem přirozené obnovy je opad šišek s životaschopnými semeny v obnovovaném porostu. Opad šišek probíhá v tzv. semenném roku. Dalším předpokladem je vhodný stav půdy pro klíčení semene a počáteční přežití (POLENO et al. 2009). Třetím ovlivňujícím faktorem jsou vhodné klimatické podmínky, příznivý stav porostního mikroklimatu a vzdušné proudění.

Počáteční etapu přirozené obnovy lze rozdělit do tří fází. První fáze (předčasná) se dostavuje v době, kdy pro ujímání a přežívání semenáčků ještě nejsou vytvořeny vhodné podmínky, a proto často pak hynou. Důvodem je nevhodný stav půdních a mikroklimatických podmínek. Zejména úpravou zápoje lze někdy ještě tuto situaci příznivě ovlivnit. Druhá fáze (optimální) nastává, když jsou v porostu vhodné půdní a mikroklimatické podmínky pro klíčení semene a vzcházení a přežívání semenáčku. Třetí fáze (promeškaná) nastane v případě, jestliže vhodné podmínky pro klíčení už zanikly, např. zabařením porostu. Tento stav se řeší mechanickou nebo chemickou cestou, popřípadě umělou obnovou. S opakovaným nasemeněním bez úpravy podmínek už nelze počítat (POLENO et al. 2009).

3.2.3.3 Limitující faktory přirozené obnovy borovice lesní

Mezi hlavní limitující faktory se řadí zejména světelné podmínky, vláhové poměry, konkurence přizemní vegetace, dostupnost živin a půdní podmínky.

Z dendrologického hlediska se borovice řadí k dřevinám výrazně světlomilným, intolerantním k zastínění a patří tak mezi dřeviny pionýrské, schopné osidlovat nejrůznější volné plochy (MUSIL, HAMERNÍK 2007). Borovice lesní má významnou ekologickou amplitudu, je neobyčejně přizpůsobivá, tolerantní k teplu, suchu i nízkým teplotám (POLENO et al. 2009). Úspěch přirozené obnovy závisí na fruktifikaci, úrodě semen, klíčení a obnově (BÄBLER 2003).

Tradiční přístup k obnově borových porostů vychází z předpokladu, že nejúspěšnější obnova vzniká na holinách nebo jen velmi málo zastíněných plochách, přičemž nedostatek světla s ohledem na zástin působí na přirozenou obnovu negativně (MUSIL a HAMERNÍK 2007). Zápoj a stín ale může potlačit konkurenci přizemní vegetace, a tím usnadňuje růst semenáčků. Některé aktuálnější studie ukazují, že semenáčky borovice přežívají lépe pod clonou těžného porostu nebo v porostech se sníženým zakmeněním než na holinách (WAGNER et al. 2011). Přítomnost zápoje může zvýšit vlhkost a dostupnost vody v horních vrstvách půdy a tím i snížit ztrátu vlhkosti semenáčků transpirací, a tudíž i jejich mortalitu (ØKLAND et al. 2003, GREENE et al. 1999). Zápoj může snižovat přítomnost teplotních extrémů na povrchu půdy, což může vést k snížení rizika poškození mrazem, zejména na začátku a na konci vegetačního období (LANGVALL a ÖRLANDER 2001). Přítomnost clony obnovovaného porostu ovlivňuje charakter mikrostaništních podmínek z hlediska vláhky i teploty. S předpokládaným růstem teploty způsobeným změnou klimatu a častějším výskytu klimatických extrémů je nutné clonou obnovu dřevin chápat jako adaptační opatření na extrémní sucha, které sužují ČR v posledních letech.

Zvýšená teplota může způsobit dřívější ukončení dormance u pupenů a tím zvýšit riziko semenáčků vystavených mrazem (HÄNNINEN 1991).

Vzájemné působení přirozené obnovy na světelných podmínkách je poměrně variabilní s ohledem na stanoviště a ekotyp borovice. S přibývajícím věkem nároky na světlo značně stoupají (BÍLEK et al. 2017).

Snížení úmrtnosti semenáčků lze docílit snížením zápoje. Ze začátku by se měl ponechat hustší zápoj, aby se usnadnilo jejich přežití, a poté by se měla odstranit část zápoje, aby se tak zvýšila dostupnost světla a tím i podpořil růst semenáčků (STUIVER et al. 2016). Uvolňování zápoje nesmí být náhlé, a mělo by probíhat pouze tehdy, pokud byla zajištěna stabilní přirozená obnova. V opačném případě hrozí narůst konkurenční vegetace, a to zejména trav, která pak může přerůst borovici a konkurovat tak i ve vodním příjmu, a zhoršit tím její zmlazení (BÄBLER 2003).

Vlaha je pro úspěšnou přirozenou obnovu rozhodujícím faktorem. Borovice má vysokou spotřebu vody, proto roční rozložení srážek je pro přirozenou obnovu dalším podstatným faktorem. Rovnoměrné rozložení zajistí i při nižší úrovni srážek potřebné množství vody, zatímco rostoucí nerovnoměrnost srážek má vliv na posun vegetačního klidu a ohrožuje přirozenou obnovu borovice (HAFEMANN 2004). Dostupnost vody na lokalitě má někdy větší vliv na pokryvnost přízemní vegetace než živinová bohatost půd (vyšší pokryvnost trav a mírně nižší zastoupení drobných keříků). Na vodou ovlivněných plochách dochází k výraznému zarůstání třtinou křovištní (*Calamagrostis epigejos*) (ULBRICOVÁ et al. 2017).

Nároky na půdu má borovice minimální, proto se půdní podmínky nepovažují za jeden z limitujících faktorů. Největší potenciál má přirozená obnova na produktivnějších, ale stále ještě degradovaných půdách. Proto se nejčastěji objevuje tam, kde živinové složení a zásobování vodou dává prostor přízemní vegetaci, která není konkurentem, nebo je jen slabým konkurentem pro semenáčky borovice (HAFEMANN 2004).

Hůře proveditelné je zmlazení na velmi suchých, hrubozrnných až kamenitých, minerálně chudých půdách. V těchto případech může existovat

zvýšené nebezpečí, že nálet v průběhu několika let uschne důsledkem sucha, případně pro nedostatek živin (ŠINDELÁŘ 2004). Nejsnadnější dosažení přirozené obnovy nastává zpravidla na edafické kategorii kyselé, která patří mezi nejrozšířenější kategorie lesních stanovišť v ČR (POLENO et al. 2009).

3.2.4 Pěstování borovice lesní na přirozených borových stanovištích

V CHS 0 je snaha v co největší míře využít přirozenou obnovu všech geneticky vhodných dřevin. Ke zlepšení podmínek pro využití přirozené obnovy u stabilních nepoškozených porostů je vhodné využít přípravnou seč. Provádí se pomocí okrajové clonné seče nebo prostorové clonné seče – násek, v nenutnějším případě se může použít i holá seč s ponecháním výstavek. U nekvalitních a poškozených borových porostů se obnovují pomocí pruhové holé seče s ponecháním výstavek nejkvalitnějších borovic pro nasemenění. Důležitá je ovšem také kvalitní a včas provedená příprava půdy, například naoráním. Výchova se provádí v delších časových intervalech negativním výběrem s podporou MZD. Intervaly probírkových zásahů se zde prodlužují až na 15 let. K těžbě se doporučují stromy poškozené, nemocné, netvárné a stromy, které svými korunami utlačují vybrané cílové stromy. Cílový počet stromů na hektar se v těchto porostech pohybuje mezi 200 až 250. Celou dobu výchovy se podporují přimíšené listnaté dřeviny pro dosažení cílového zastoupení MZD.

3.3 Popis zájmové lokality

3.3.1 PLO 18 - Severočeská pískovcová plošina a Český ráj

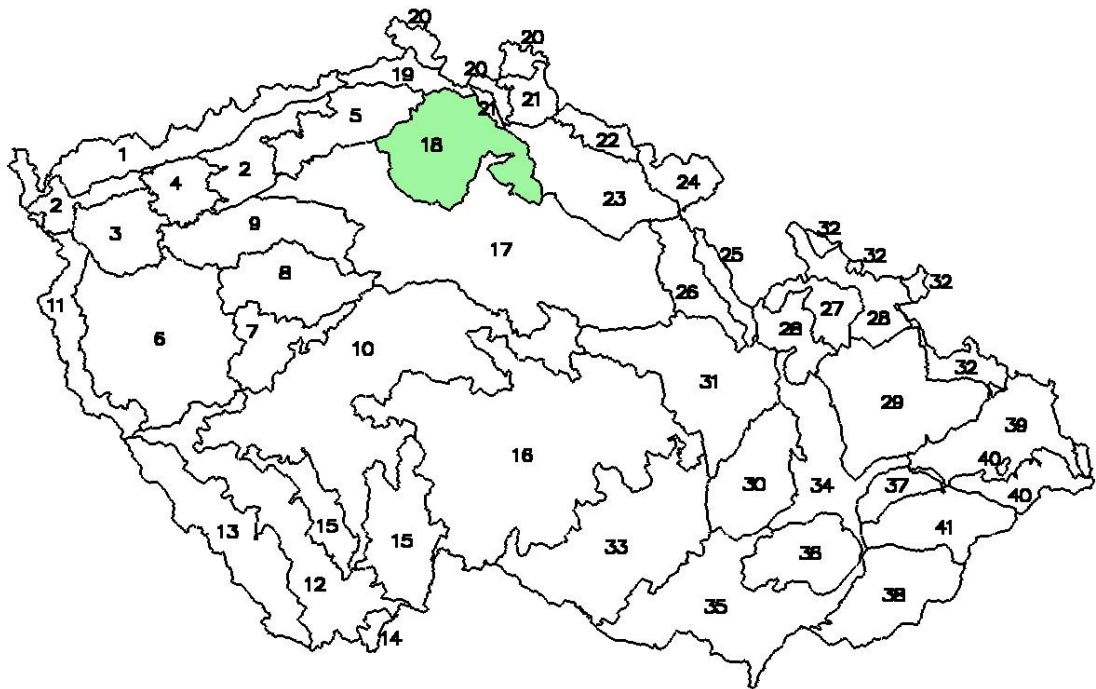
Bezděžská vrchovina leží na plochem vrchovinném povrchu mezi jizersko-ploučnickým rozvodím a východním okrajem Jestřebské kotliny. Skládá se z stupňovitě uspořádané strukturně denudační plošiny, nízkých pískovcových skalních měst, svědeckých skalek a hřbítků. Nad touto rovinou vystupují kuželové a kupovité vulkanické suky, z nichž nejvyšší je Bezděz (604 m), Malý Bezděz (578 m), Velká Buková (474 m), Malá Buková (431 m). Místy se vytvořily pokryvy a nízké přesypy vátých písků (OPRL 2001).

Přírodní lesní oblast 18 - Severočeská pískovcová plošina a Český Ráj (Obr. 05) je jednou z částí České křídové tabule. Skládá se z horizontálně uložených sedimentů svrchní křídly. Křídová tabule vznikla v jediném sedimentačním období před 95–65 miliony let. Nejnižše uloženy jsou jezerní a brakické uloženiny, výše mořské uloženiny, převážně v pískovcovém vývoji. Ve střední mořské části vrstevního sledu se významně uplatňují i jílovce a slínovce. V závěru sedimentace převládají opět pískovce. V miocénu byla saxonskými tektonickými pohyby původně jednotná tabule rozlámána v řadu ker vysunutých do různých výškových poloh a byla rozptýleně proražena vulkanickými sukami, většinou sopečnými komíny a žilami. V malém rozsahu se v oblasti uplatňuje i krystalinikum (Maršovický hřbet). Na Vyskeřské vrchovině jsou relikty náplavů pliocenní terasy Jizery. Obecně se v oblasti vyskytují různé typy kvarterních sedimentů (OPRL 2001).

Nejvýznamněji je v této PLO zastoupena kyselá řada (69,4 %) a mezi kyselou a živnou řadou přechodná stanovištní kategorie S (8,0 %). Nadprůměrné je zastoupení extrémních stanovišť, kategorie X, Z a Y, javořin (kategorie J) a rašelinišť ochranného charakteru, které zaujímají 5,8 %. Charakteristické je pro PLO 18 - Severočeská pískovcová plošina a Český ráj vysoké zastoupení „borů“, které zaujímají 51,2 % lesní půdy.

Protože existují značné rozdíly mezi oběma částmi PLO 18, mezi Severočeskou pískovcovou plošinou (18 a) a Českým rájem (18 b).

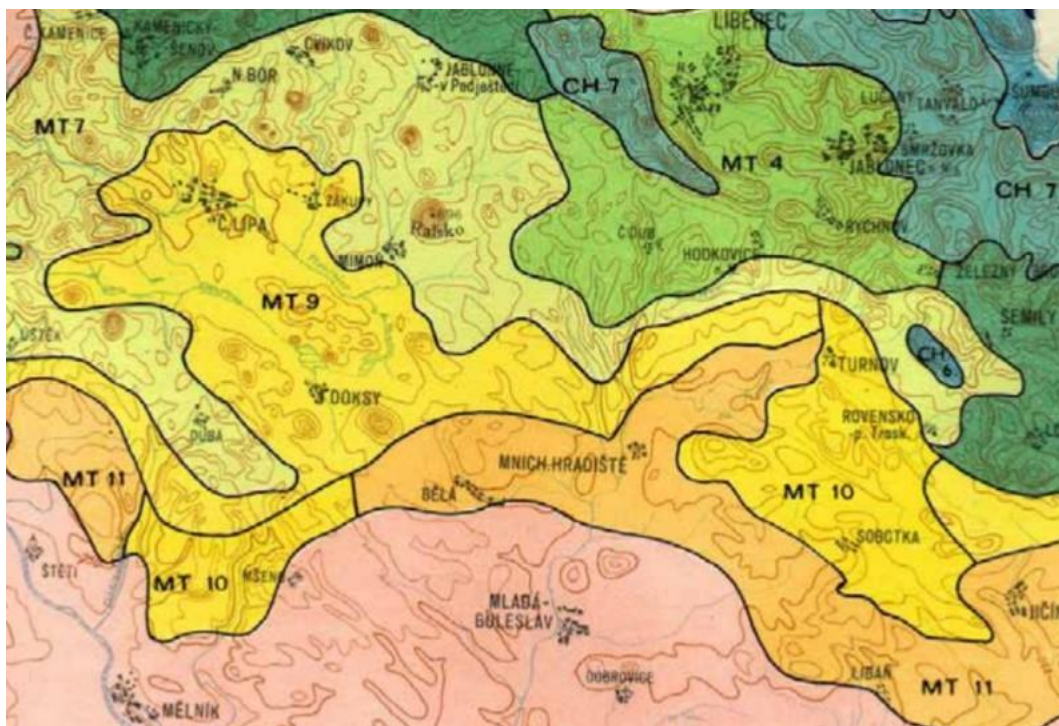
V části PLO 18 a – Severočeská pískovcová plošina je nápadně vyšší zastoupení kyselé řady (71,5 %) a borů (55,4 %) oproti 22,9 % v Českém ráji (18 b). Jejich vysoké zastoupení je podmíněno vyšším zastoupením kvádrových kaolinových pískovců v této části. Nejrozšířenějšími soubory lesních typů zde jsou 0K – Kyselé dubobukové bory (38,4 %), v extrémnějších půdních podmínkách 0M - Chudé dubové bory (5,3 %), v roklích 0N - (Buko)smrkové bory údolní (5,5 %). Druhou plošně významnou skupinu tvoří soubory lesních typů 3K - Kyselé dubové bučiny (11,1 %), 3I - Uléhavé kyselé dubové bučiny (4,6 %) a chudší větev 3S - Svěží dubové bučiny (4,2 %). V rybniční oblasti je charakteristické zastoupení rašelin (SLT 0R, 4R, 5R - 0,8 %), glejových a oglejených písků (SLT 0T, 0G - 0,4 % a slt 0P - 0,3 %). V části PLO 18b – Český ráj jsou stanovištní podmínky odlišné. Je zde méně borů a častější jsou zonální společenstva, zejména 3. lesního vegetačního stupně (dubové bučiny), které zaujímají přes 50 % lesní půdy této části. Nejčastěji se vyskytují 3K – kyselé dubové bučiny (16 %), 3I - uléhavé kyselé dubové bučiny (6,7 %), 3N - kamenité kyselé dubové bučiny (4,6 %) a 3S - svěží dubové bučiny (9,0 %). Významné je také zastoupení níže položených 2K – kyselých bukových doubrav (4,8 %). Bory jsou zde zastoupeny zejména SLT 0K – kyselými dubobukovými bory (13,6 %), které jsou druhým nejrozšířenějším souborem lesních typů v této části. Za zmínku stojí i zastoupení reliktních a roklinových borů (SLT 0Z a 0Y - 5,8 %), které jsou nejčastěji vázány na obvody skalních měst (OPRL 2001).



Obr. 05. Lokalizace Přírodní lesní oblasti 18

3.3.2 Klimatické poměry

Z klimatologického hlediska patří oblast Kokořínska (Dokeska) do dvou základních klimatických oblastí, kterými jsou teplá oblast „rajon T2“, který zasahuje zejména do jižního okraje území, a mírně teplá oblast „rajon MT 11, MT 10 a MT 9“ ve střední části území. Nejsevernější části území pak spadají do mírně teplé oblasti „rajonu MT 7“ (QUITT 1971).



Obr. 06. Klimatické rajony Kokořínsko

Průměrná roční teplota se pohybuje mezi 7 a 7,5 °C v jádrové části území a okolo 8,5 °C v okrajových jižních, jihovýchodních a západních částech území.

Větry vanou nejčastěji severozápadně, jihovýchodně a nejméně jihozápadně. Ovšem nejčastější je zde bezvětří (30 %).

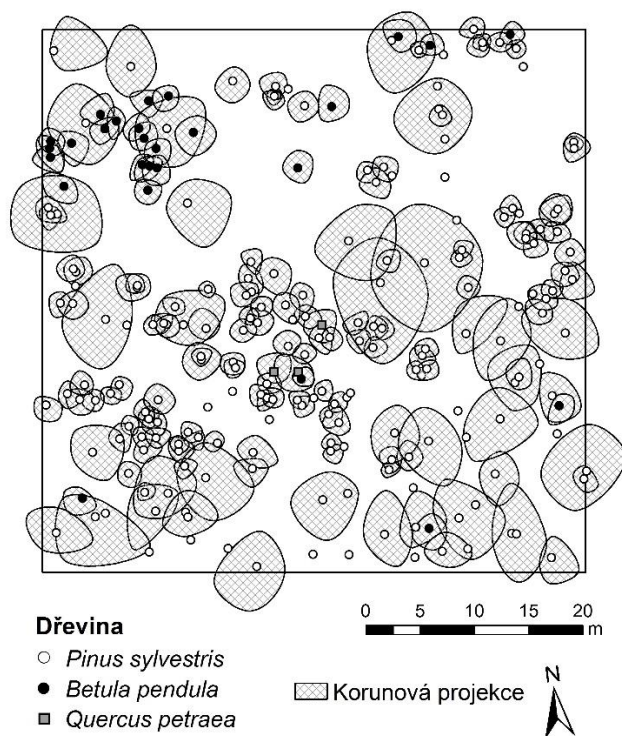
Z hlediska průměrných ročních srážek dosahuje oblast Dokeska od 600 mm (jih) do 700 mm (sever). Nejméně srážek je v únoru s průměrným měsíčním úhrnem 30–40 mm, nejdeštivějším měsícem je pak červenec s průměrným měsíčním úhrnem 60–100 mm srážek. Jednodenní absolutní maximum srážek se v daném území pohybuje mezi 81-100 mm. Podíl měsíců zasažených suchem je 30–40 %. Průměrný sezonní počet dní, kdy sněží, se pohybuje okolo 60 dní, průměrný počet dní se sněhovou pokrývkou je mezi 50 a 80 dny. Průměrná roční relativní vlhkost vzduchu je 75–80 %, průměrný roční úhrn výparu z vodní hladiny je max. 550 mm (AOPK, 2019).

4 Metodika

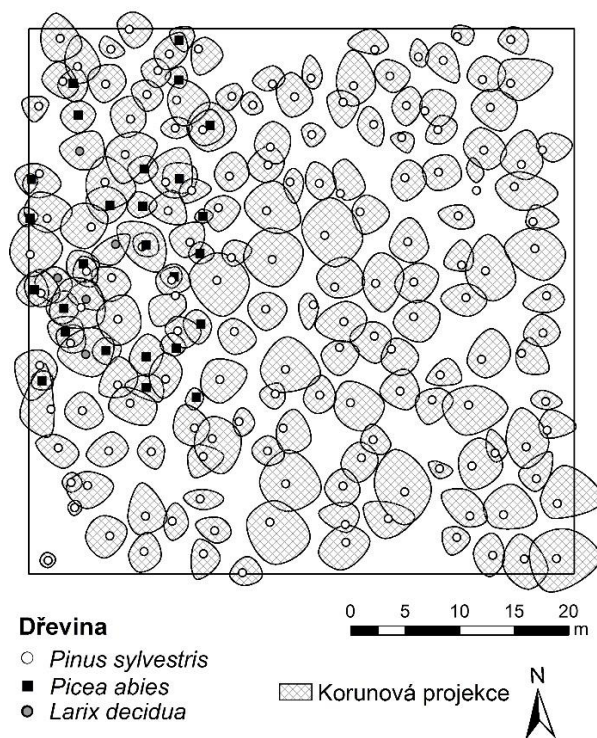
4.1 Lokalita

Trvalé výzkumné plochy byly založeny v letech 2015 až 2017 o výměře 50 x 50 metrů, kdy byly jednotlivé stromy zaměřeny pomocí technologie Fieldmap (Obr. 7–9). Ze získaných dat byla vypočtena pomocí programu MS Excel zásoba porostů použitím objemových rovnic u borovice lesní, u ostatních dřevin byly použity tabulky ULT.

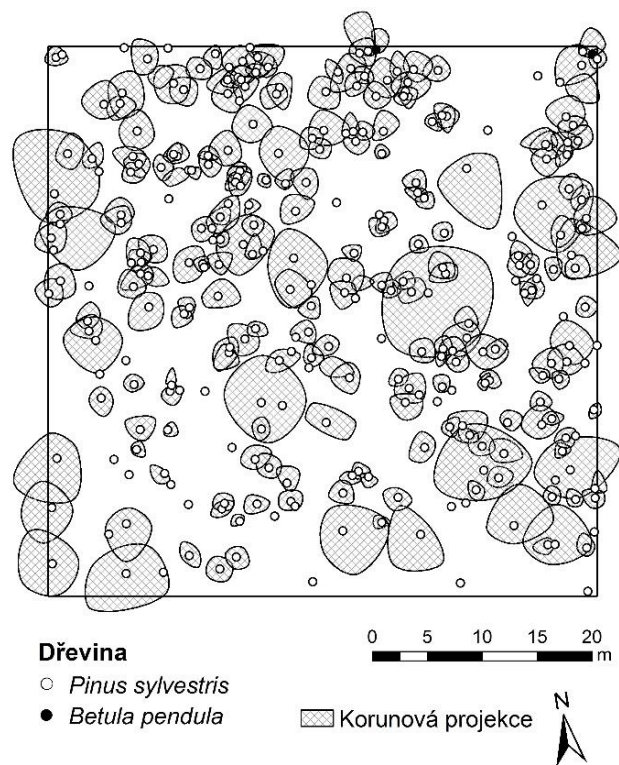
Sběr dat přirozené obnovy proběhl v září roku 2018. Byli zinventarizováni jedinci v porostech 7Ba17 (plocha 1, Obr. 10), 5Ba8 (plocha 2, Obr. 11) a 5Ca9/1b (plocha 3, Obr. 11). Všechny porosty jsou ve vlastnictví města Doksy v katastrálním území Doksy u Máchova jezera. Porostní charakteristiky jsou uvedeny jako výpis z lesního hospodářského plánu (Tab. 03–05). Ve všech porostech je dominantní (hlavní) dřevinou borovice lesní. Borovice je na těchto pozemcích dominantní kvůli souborům lesních typů, konkrétně plocha 1 je na 0P, a plochy 2 a 3 jsou na 0M. Zásoba na hektar byla podle hospodářské knihy v porostu 7Ba17 86 m³, v porostu se vyskytuje pouze borovice. V druhém porostu 5Ba8 je zásoba borovice 254 m³/ha, břízy, vejmutovky a smrku shodně po 2 m³/ha. Ve třetím porostu byla přítomna opět pouze borovice se zásobou 221 m³/ha.



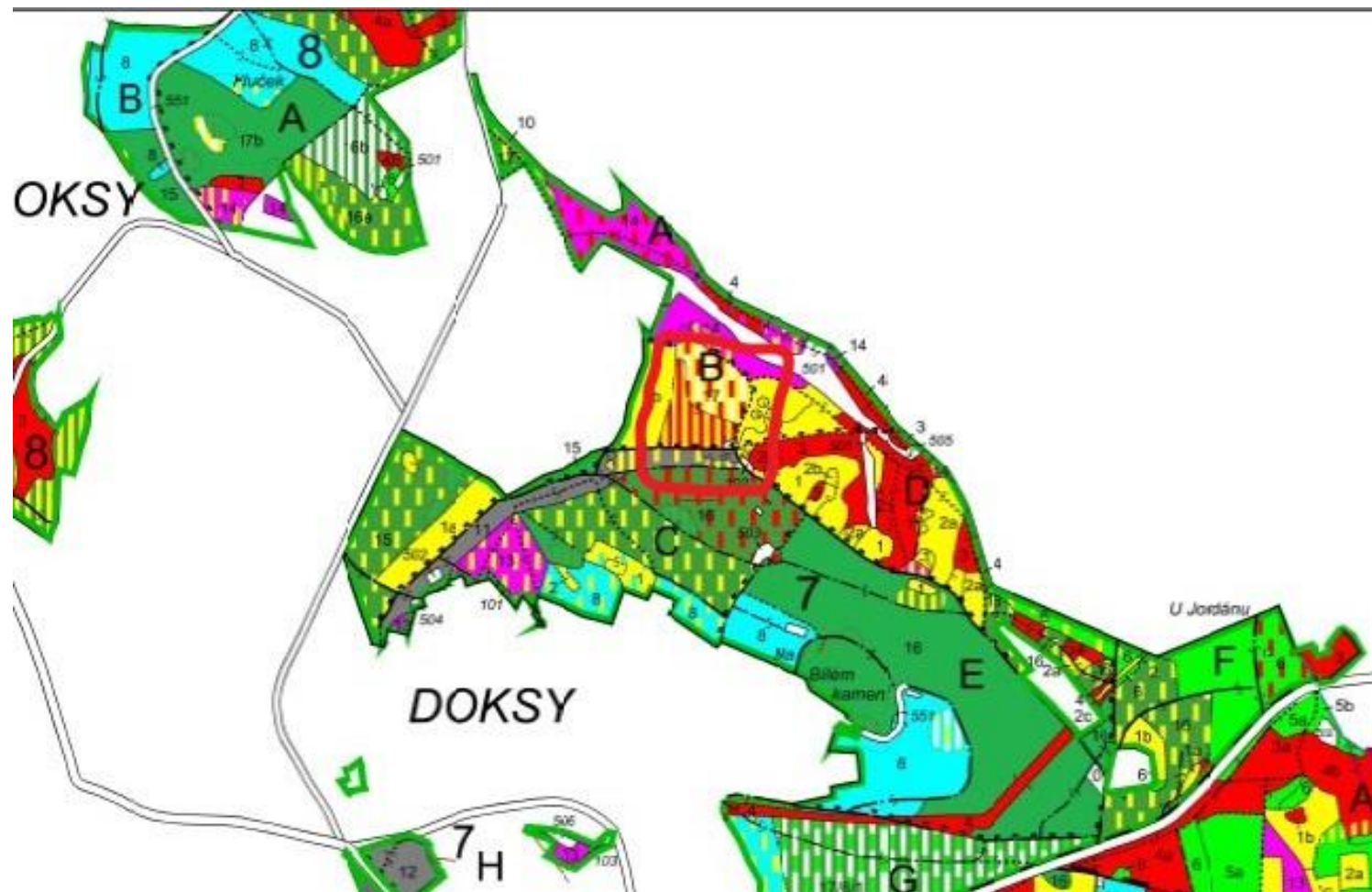
Obr. 07. Horizontální struktura stromového patra na ploše 1 (dbh \geq 4)



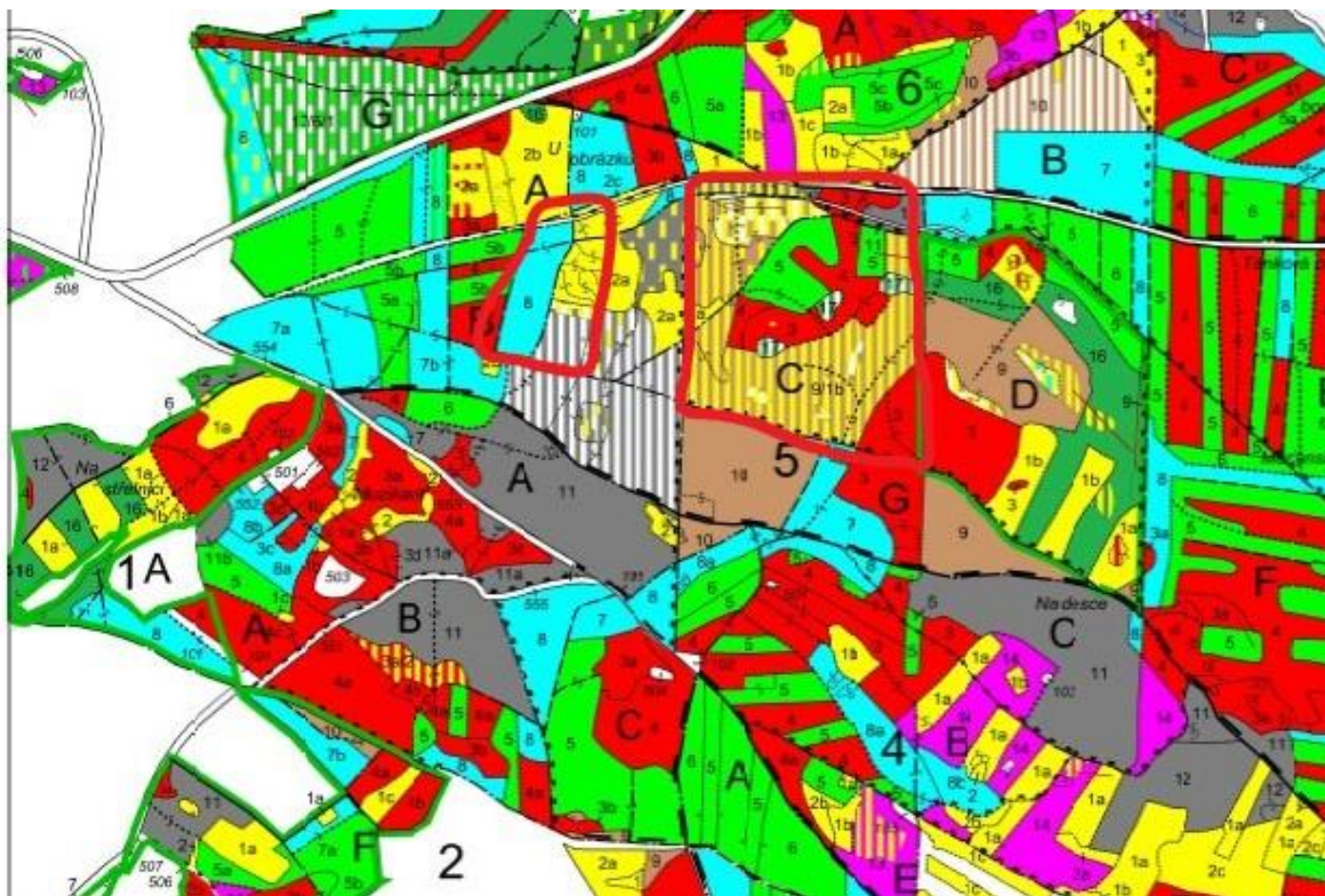
Obr. 08. Horizontální struktura stromového patra na ploše 2 (dbh \geq 4)



Obr. 09. Horizontální struktura stromového patra na ploše 1 (dbh \geq 4)



Obr. 10. Porostní mapa Plocha 1 (7Ba17) (LHP Město Doksy 2014)



Obr. 11. Porostní mapa Plocha 2 (5Ba8) a Plocha 3 (5Ca9/1b) (LHP Město Doksy 2014)

Oddělení: 7	Plocha: 60.36	Majitel: Město Doksy		LHC: 408419 - Město Doksy	Platnost: 1.1.2014 - 31.12.2023																							
Díl: B	Plocha: 6.36			Zvl.Stat.: 16\$18 -	LS(LZ): Město Doksy																							
Por.: a	Plocha: 6.36	Kategorie/Překryv: 32c/	Pásmo ohrož.: D	LO: 18 - Severočeská pískovcová plošina a Český ráj	OLH: 1																							
Popis: Zvl.st: 16: PHO 2b, 18 CHOPAV. Dílec na SV okraji města Doksy okolo rekreačního areálu, terén bez výraznější expozice.Les zvláštního určení																												
Por. skupina: 17	Plocha por. skup.: 1.76	Les. typ: 0P1	Les. veg. st.: 3	Les. úřad: 5101 - Česká Lípa	KÚ: 628212 - DOKSY U MÁCHOVA JEZERA																							
Popis por. skup.: Bohaté zmlazení BO, BR, JR. Dotěžení proředené horní etáže.																												
Etáž: 17	Kód majetku: 1		Model. těž procento: 100	Podíl MZD: 5	Obmýti/obn. doba: 140/20																							
HS	Věk	Zakme- nění	Dře- vina	Zas- tou- pení [%]	Výč. tloušťka [cm]	Výška [m]	Objem střed. kmenu [m ³ b. k.]	Bonita abs.	Bonita rel.	Gen klasif.	Poškození			Zásoby v m3 b. k.			Těžba výchovná			Těžba obnovní		Prořezávky		Zalesnění				
											Druh	%	Imise	Na 1 ha	Souše na 1 ha	Celkem	Dře- vina	Naléh. /násob.	Plocha ha	Objem m3	Plocha ha	Objem m3	Naléh. /násob.	Plocha ha	Dře- vina	Druh	Zast. v [%]	Plocha ha
6123	178	2	BO	100	27	24	0.55	22	5	C				0/1	86	151	BO				1.59	14			BO		95	1.51
																									DB		5	0.08
Por. sk. celk:														86	151				1.59	14			2		100	1.59		

Tab. 03. Výpis z hospodářské knihy (Plocha 1, porost 7Ba17) (LHP Město Doksy 2014)

Oddělení: 5	Plocha: 89.65	Majitel: Město Doksy		LHC: 408419 - Město Doksy	Platnost: 1.1.2014 - 31.12.2023																									
Díl: B	Plocha: 16.38			Zvl.Stat.: 16\$18 -	LS(LZ): Město Doksy																									
Por.: a	Plocha: 16.38	Kategorie/Překryv: 10/	Pásmo ohrož.: D	LO: 18 - Severočeská pískovcová plošina a Český ráj	OLH: 1																									
Popis: Zvl.st: 16: PHO 2b, 18 CHOPAV. Svah a rovina. Převaha starších a těžebně rozpracovaných porostů. Podrostní způsob ve většině skupin.																														
Por. skupina: 8	Plocha por. skup.: 1.51	Les. typ: 0M2	Les. veg. st.: 3	Les. úřad: 5101 - Česká Lípa	KÚ: 628212 - DOKSY U MÁCHOVA JEZERA																									
Popis por. skup.: Kmenovina. Místy podrůstá BO nárstem.																														
Etáž: 8	Kód majetku: 1		Model. těž procento: 0	Podíl MZD:	Obmýti/obn. doba: 130/20																									
HS	Věk	Zakme- nění	Dře- vina	Zas- tou- pení [%]	Výč. tloušťka [cm]	Výška [m]	Objem střed. kmenu [m ³ b. k.]	Bonita abs.	Bonita rel.	Gen klasif.	Poškození			Zásoby v m3 b. k.			Těžba výchovná			Těžba obnovní		Prořezávky		Zalesnění						
											Druh	%	Imise	Na 1 ha	Souše na 1 ha	Celkem	Dře- vina	Naléh. /násob.	Plocha ha	Objem m3	Plocha ha	Objem m3	Naléh. /násob.	Plocha ha	Dře- vina	Druh	Zast. v [%]	Plocha ha		
133	76	8	BO	97	23	21	0.35	22	5	C				254	383	BO	0/1	1.51	11											
			BR	1	22	19	0.29	20	3	C				2	3	BR														
			VJ	1	17	17	0.15	18	7	C				2	3	VJ														
			SM	1	18	17	0.20	18	7	C				2	4	SM														
Por. sk. celk:														260	393				1.51	11										

Tab. 04. Výpis z hospodářské knihy (Plocha 2, porost 5Ba8) (LHP Město Doksy 2014)

Mapa		Prohlížeč x		Prohlížeč x																							
Obsah																											
Oddělení: 5		Plocha: 89.65		Majitel: Město Doksy																							
Díl: C		Plocha: 11.65		LHC: 408419 - Město Doksy																							
Por.: a		Plocha: 11.65		Zvl.Stat.: 16\$18 -																							
		Kategorie/Překryv: 10/		Pásmo ohrož.: D																							
				LO: 18 - Severočeská pískovcová plošina a Český ráj																							
				Platnost: 1.1.2014 - 31.12.2023																							
				LS(LZ): Město Doksy																							
				OLH: 1																							
Popis: Zvl.st: 16: PHO 2b, 18 CHOPAV. Svah se skalnatými výběžky a vrchol kopce. V porostu aplikován podrovní způsob.																											
Por. skupina: 9/1b		Plocha por. skup.: 6.85		Les. typ: OM2																							
				Les. veg. st.: 3																							
				Les. úřad: 5101 - Česká Lípa																							
				KÚ: 628212 - DOKSY U MÁCHOVA JEZERA																							
Popis por. skup.: Kmenovina po clonné seči. Na ploše silný podrost BO nárostu, vytvářející druhou etáž, zakm. 4-6. G kolísá od 15,5do 30. V procloněné části zakm.5-6. NMD:Zmlazení BO. DTO:Předčasná obnova z důvodu uvolnění zmlazení.																											
Etáž: 1b		Kód majetku: 1		Model. těž procento: 0																							
				Podíl MZD:																							
				Obmýti/obn. doba: 130/20																							
HS	Věk	Zakme- nění	Dře- vina	Zas- tou- pení [%]	Výč. tloušťka [cm]	Výška [m]	Objem střed. kmenu [m ³ b. k.]	Bonita abs.	Bonita rel.	Gen klasif.	Poškození		Zásoby v m3 b. k.			Těžba výchovná			Těžba obnovní		Prořezávky		Zalesnění				
											Druh	%	Imise	Na 1 ha	Souše na 1 ha	Celkem	Dře- vina	Naléh. /násob.	Plocha ha	Objem m3	Plocha ha	Objem m3	Naléh. /násob.	Plocha ha	Dře- vina	Druh	Zast. v [%]
133	8	7	BO	100		2	0.00	22	4							BO						0/1	2.20				
Etáž celkem:		100																									
Etáž: 9		Skut. plocha etáže: 6.85		Kód majetku:		Model. těž procento:		Podíl MZD:																			
133	89	7	BO	100	22	22	0.34	22	5	C			221	1514	BO			2.31	510					BO	95	2.19	
																								BR	5	0.12	
Etáž celkem:		100										221		1514				2.31		510				2		100 2.31	
Por. sk. celk:												221		1514				2.31		510				2.2		2 100 2.31	

Tab. 05. Výpis z hospodářské knihy (Plocha 3, porost 5Ca9/1b) (LHP Město Doksy 2014)

4.2 Sběr dat

Sběr dat probíhal na třech trvalých výzkumných plochách (TVP) o výměře 50 × 50 m (0,25 ha), které byly založeny v roce 2015 až 2017. V každé TVP byl vytyčen transekt, každý o výměře 10 × 20 m. Pracovně byly TVP nazvány Plocha 1, Plocha 2 a Plocha 3. TVP byly v terénu vyznačeny šesti dubovými kolíky. Uvnitř každého transektu byla provedena inventarizace všech zástupců dřevin, které se na transektu nacházely. U každého jedince byla zaměřena pomocí pásma a skládacího metru jeho poloha v metrech s přesností na centimetry. Dalšími měřenými parametry byly výška, která byla měřena pomocí skládacího metru, a to v centimetrech s přesností na milimetry, a tloušťka krčku měřená pomocí posuvného měřítka v centimetrech s přesností na milimetry. U stromů, kde tloušťka krčku překročila 40 milimetrů, se navíc změřila tloušťka ve výšce 1,3 m nad zemí. Hranice mezi přirozenou obnovou a konkurenčními stromy byla stanovená právě na 40 mm.

K určení kvality jedinců se použila stupnice od 1 do 4, kde číslo 1 představovalo jedince nejlepší kvality bez jakýchkoliv vad, číslem 2 byl označen mírně poškozený jedinec, částečně ohnutý. Číslo 3 vykazovaly stromky s vážnějšími nedostatky například v podobě vidličnatosti nebo složitější křivosti. Číslo 4 bylo použito u nejhorších jedinců s vážnými deformacemi, například jim chyběl terminální pupen nebo měli plagiotropní růst.

V porostu se neměřili pouze jedinci borovice, ale i ostatní druhy dřevin a rozlišovali se jedinci jednoletí a víceletí. Transekt se v další části měření rozdělil na čtvercové subplochy o velikosti 0,5 × 0,5 m, to znamená vytvoření 800 půlmetrových čtverců, kde se v každém čtverci zjišťovala převažující (dominantní) pokryvnost. Pokryvnost se zaznamenávala v kategoriích borůvky/brusinky, mrtvé dřevo (převážně staré pařezy), hrabanka a mech. Pokud některé semenáčky rostly na ploše, kde byla zaznamenána určitá převažující pokryvnost (např. mrtvé dřevo), neznamená to, že se semenáček vyvíjí přímo na dané pokryvnosti, ale v její

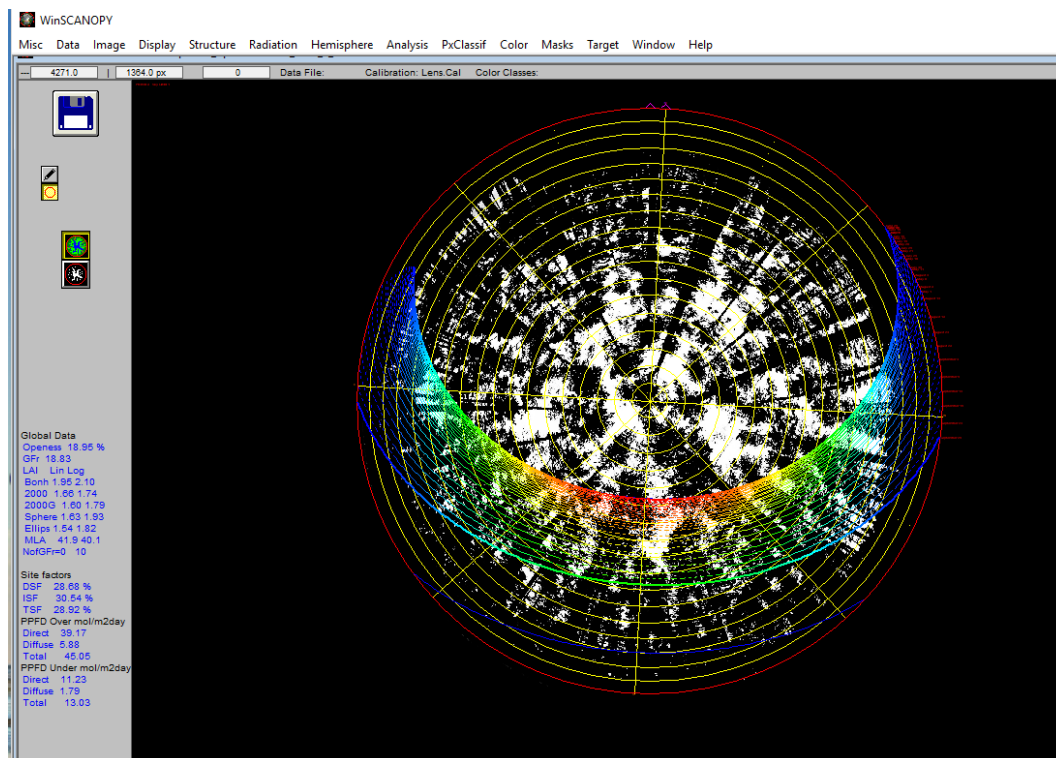
blízkosti, použitá pokryvnost však zaujímala na subploše více jak 50 % plochy.

Dalším měřeným aspektem byly světelné poměry každého transektu. V tomto případě se transekt rozdělil na subplochy o velikosti 2 m × 2 m, to nám udává 50 ploch na transekt. Pro odhad světelných podmínek byl použit fotoaparát Canon EOS 1100D, kde byly pořízeny tzv. hemisférické fotografie ve výšce 1,3 m nad zemí. Tyto snímky byly fotografovány při zatažené obloze, aby vynikl stav zápoje. Vždy došlo k pořízení třech snímků – nejtmaší, normální a nejsvětlejší.

4.3 Zpracování a analýza dat

Z hemisférických fotografií byla vybrána fotografie s nejlepšími světelnými charakteristikami a ta byla upravena do požadované kvality a formátu v programu Adobe Photoshop kvůli správnému výpočtu procentuálního zápoje a fotosynteticky aktivní složky záření v programu WinSCANOPY (Obr. 12). Fotosynteticky aktivní záření se dá vyjádřit jako hustota toku fotonů, obvykle značenou PPF_D (z anglického photosynthetic photon flux density) zprůměrované za vegetační období. Tyto složky záření byly rozděleny na přímé sluneční záření (PPFD direct), difúzní složku záření (PPFD diffuse) a celkové sluneční záření (PPFD total). Udává se v $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

V programu Statistica 13 byl proveden test normality pomocí K–S & Lillieforsova testu. Z důvodu nenormálního rozdělení byl pro porovnání rozdílů na úrovni jednotlivých ploch použit neparametrický Kruskal-Wallisův test. Vztah mezi závislými a nezávislými proměnnými byl testován Spearmanovým korelačním koeficientem. Všechny statistické testy byly prováděny na hladině významnosti 0,05.



Obr. 12. Upravená fotografie v softwaru WinSCANOPY

Horizontální struktura byla na jednotlivých plochách zhodnocena u všech jedinců přirozené obnovy borovice lesní diferencovaně dle výšky do 0,5 m a nad 0,5 m. Byly spočítány Hopkins-Skellamův index (HOPKINS, SKELLAM 1954), Pielou-Mountfordův index (PIELOU 1959; MOUNTFORD 1961), Clark-Evansův index (CLARK, EVANS 1954), Ripleyova L - funkce (RIPLEY 1981; PENTTINEN et al. 1992), které reprezentují způsob rozmístění jedinců po ploše porostu. Na grafických výstupech černá linie zachycuje L - funkci pro reálné vzdálenosti jedinců na TVP, silná šedá čára střední průběh pro náhodné rozdělení stromů v prostoru a dvě slabší středové křivky prezentují 95 % interval spolehlivosti. Když je černá linie rozdělení stromů na TVP pod tímto intervalem, tak indikuje tendenci jedinců k pravidelnému rozmístění, a pokud je nad tímto intervalem, tak tendenci ke shlukovitosti. Kritéria agregačních indexů jsou uvedena v Tab. 06.

Tab. 06. Přehled indexů popisujících horizontální strukturu porostu a jejich interpretace

Kritérium	Kvantifikátor	Označení	Reference	Hodnocení
Horizontální struktura	Index nenáhodnosti	α (P&Mi)	PIELOU 1959; MOUNTFORD 1961	střední hodnota $\alpha = 1$, shlukovitost $\alpha > 1$, pravidelnost $\alpha < 1$
	Index shluku	A (H&Si)	HOPKINS, SKELLAM 1954	střední hodnota A = 0,5, shlukovitost A > 0,5, pravidelnost A < 0,5
	Agregační index	R (C&Ei)	CLARK, EVANS 1954	střední hodnota R = 1, shlukovitost R < 1, pravidelnost R > 1

Pro výpočet těchto charakteristik popisujících horizontální uspořádání jedinců na ploše byl použit program PointPro 2.2 (CZU, Zahradník). Test významnosti odchylek oproti hodnotám očekávaným pro náhodné uspořádání bodů byl proveden pomocí Monte Carlo simulací. Střední hodnoty L - funkce byly odhadnuty jako aritmetické průměry z L - funkcí spočítaných pro 1999 náhodně vygenerovaných bodových struktur.

5 Výsledky

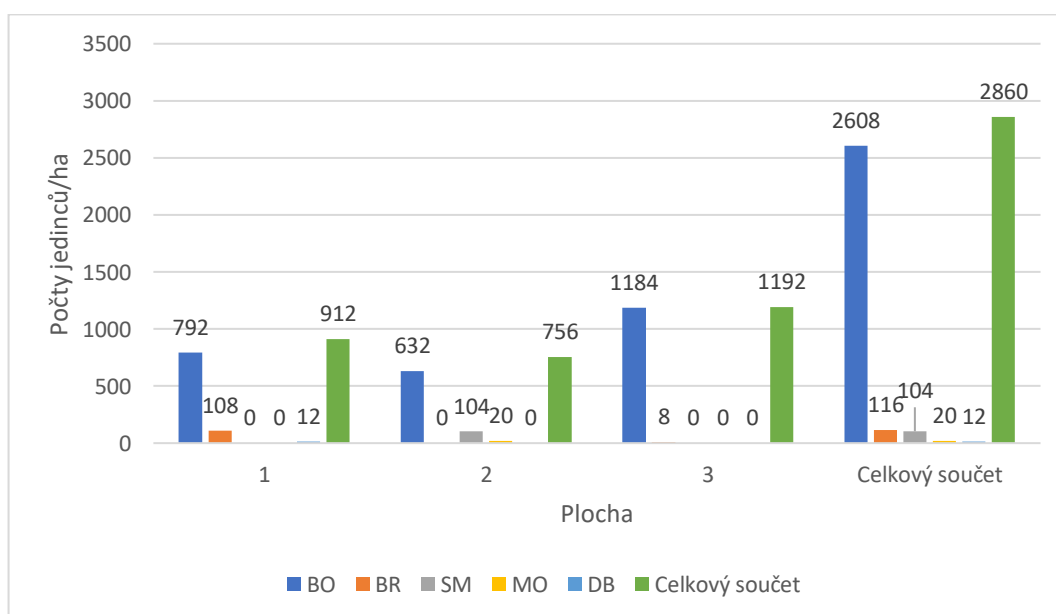
5.1 Porostní a stanovištní charakteristiky

5.1.1 Charakteristika mateřského porostu

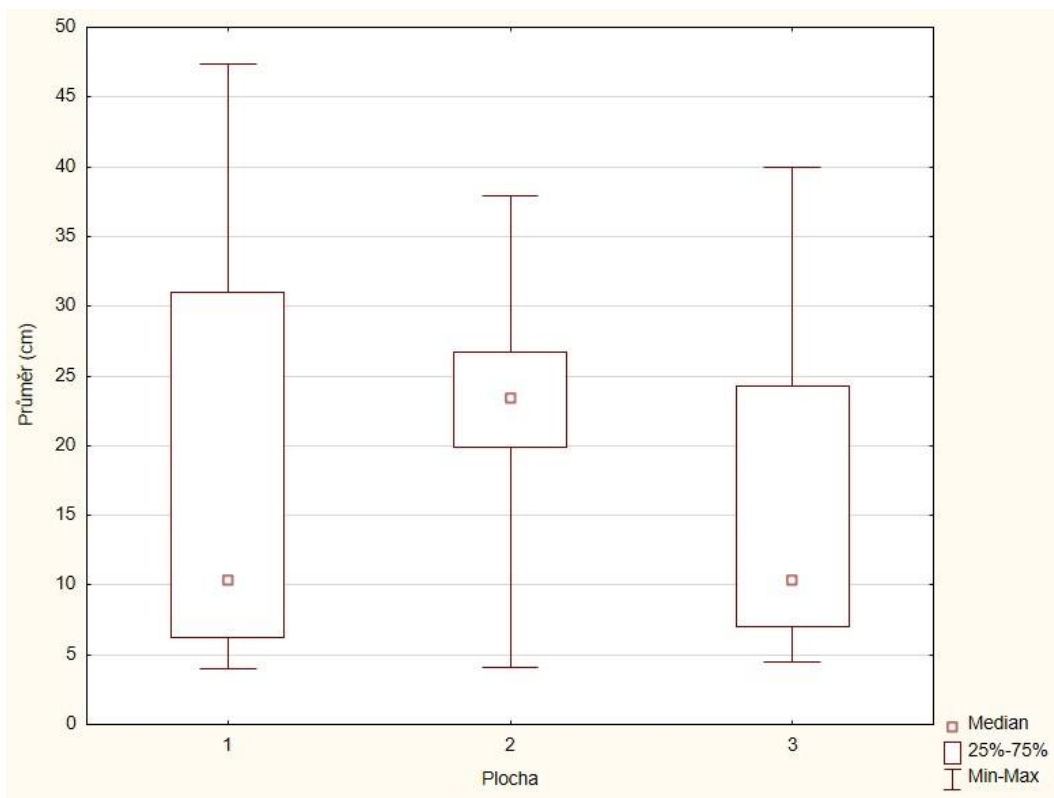
V letech 2015 až 2017 byly na všech lokalitách umístěny TVP o výměře 50 m x 50 m. Na těchto TVP byly zaměřeny jednotlivé stromy, a jejich počty převedeny na základní plošnou jednotku, tedy hektar (graf 01). Ze získaných dat se pomocí objemových rovnic získala zásoba porostu, ale pouze pro borovici lesní. Pro ostatní dřeviny (smrk, modřín, dub) byly použity tabulky ULT. Získaná a vypočtená data jsou v tabulce 07. Další měřenou jednotkou byl průměr dřevin (graf 02, tab. 08)

Tab. 07. Zásoba mateřského porostu v m³/ha

	Borovice	Smrk	Modřín	Dub
Plocha 1	132	1	0	1
Plocha 2	324	2	9	0
Plocha 3	68	0	0	0



Graf 01. Počty jedinců (dbh ≥ 4) /ha na jednotlivých plochách v letech 2015–2017



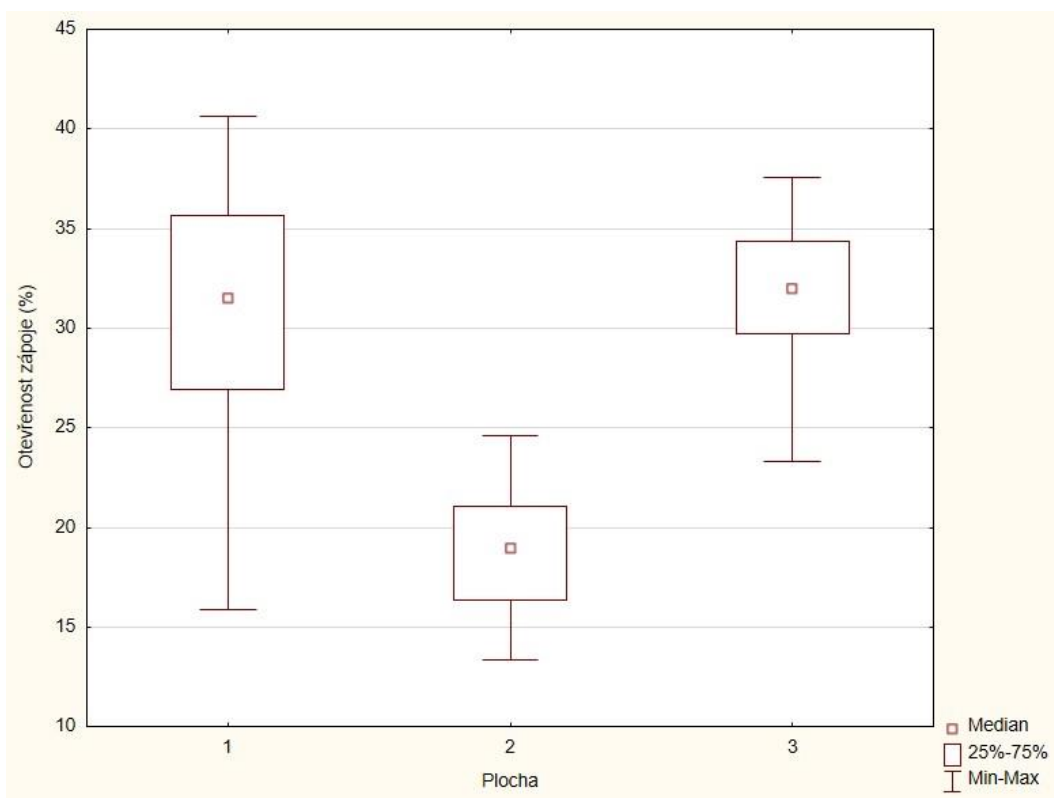
Graf 02. Průměrná výčetní tloušťka jedinců (dbh \geq 4) na jednotlivých plochách v letech 2015-2017

Tab. 08. Statistické vyhodnocení grafu 02 na základě Kruskal – Wallisova testu

Kruskal-Wallis test: $H(2, N = 354) = 25,85717$ $p = ,0000$			
Plocha	1 R = 1093,7	2 R = 1113	3 R = 1365
1		0,006197	0,321058
2	0,006197		0,000005
3	0,321058	0,000005	

5.1.2 Světelné podmínky

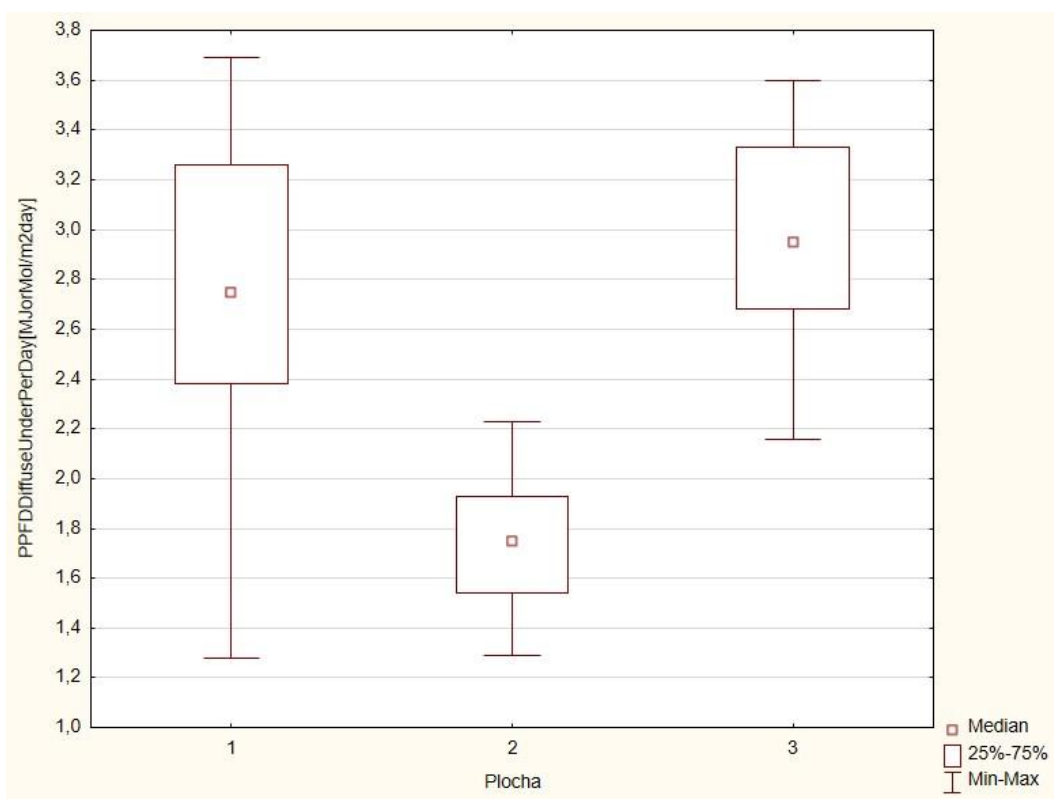
Světelné podmínky na trvalých plochách byly vyjádřeny pomocí krabicových grafů. Graf 03 obsahuje míru otevření zápoje vzhledem k TVP, kdy se největší zastoupení otevřeného zápoje vyskytovalo na Ploše 3 pohybující se okolo 25 %. Další grafy (04, 05 a 06) mají světelnostní průběh velmi podobný. U všech naměřených světelností (zápoj, rozptýlené záření, přímé záření, celkové záření) byl statisticky potvrzen vztah mezi TP a světelnými podmínkami. Ke všem grafům jsou přiřazeny tabulky (9, 10, 11 a 12) se statistickým vyhodnocením.



Graf 03. Míra otevření zápoje (%) na jednotlivých plochách

Tab. 09. Statistické vyhodnocení grafu 03 na základě Kruskal – Wallisova testu

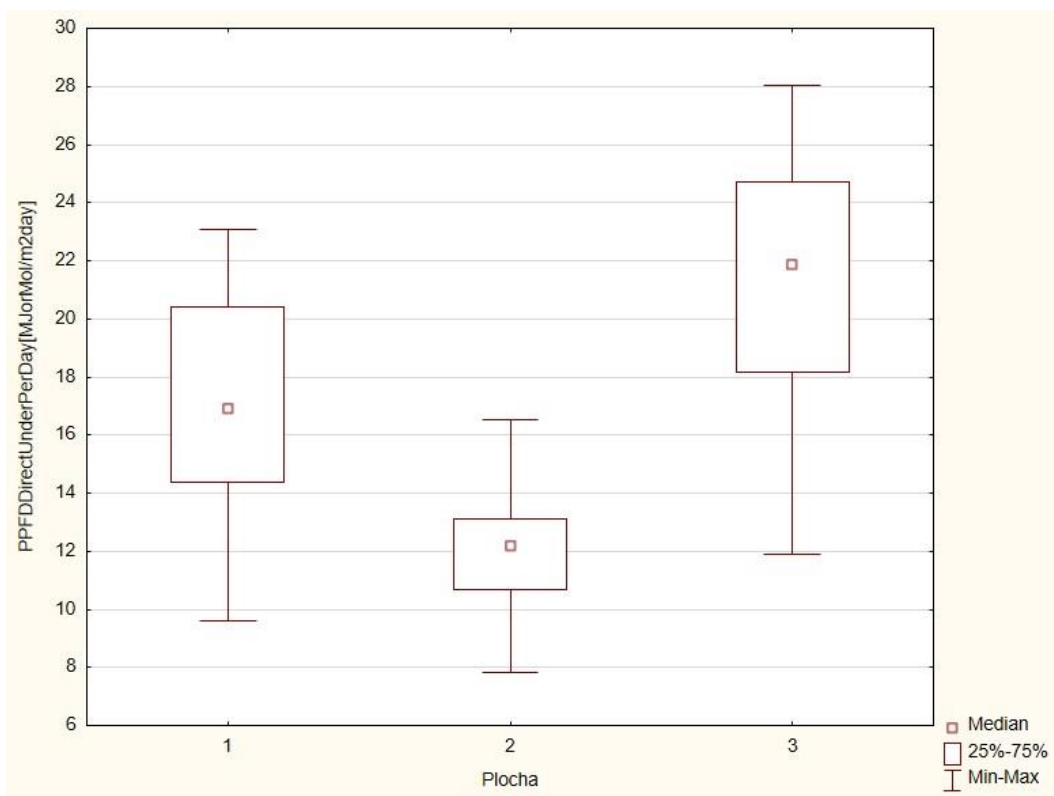
Kruskal-Wallis test: $H(2, N= 150) = 92,55252$ $p = 0,000$			
Plocha	1 R = 96,130	2 R = 27,4	3R = 102,97
1		7,909934	0,787196
2	7,909934		8,697130
3	0,787196	8,697130	



Graf 04. Složka rozptýleného záření na jednotlivých plochách

Tab. 10. Statistické vyhodnocení grafu 04 na základě Kruskal – Wallisova testu

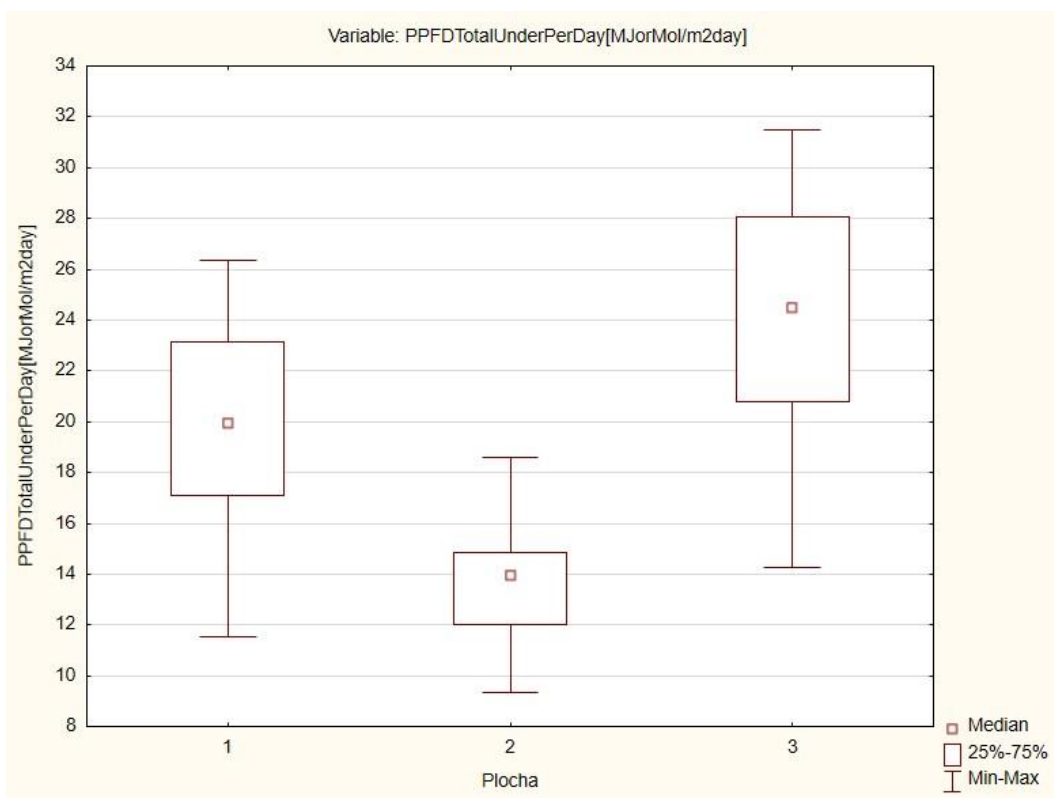
Kruskal-Wallis test: $H(2, N= 150) = 93,35234$ $p = 0,000$			
Plocha	1 R = 92,57	2 R = 27,68	3 R = 106,25
1		7,468000	1,574391
2	7,468000		9,042391
3	1,574391	9,042391	



Graf 05. Složka přímého záření na jednotlivých plochách

Tab. 11. Statistické vyhodnocení grafu 05 na základě Kruskal – Wallisova testu

Kruskal-Wallis test: H (2, N= 150) =86,90153 p =0,000			
Plocha	1 R = 81,59	2 R = 32,3	3 R = 112,61
1		5,672642	3,570001
2	5,672642		9,242642
3	3,570001	9,242642	

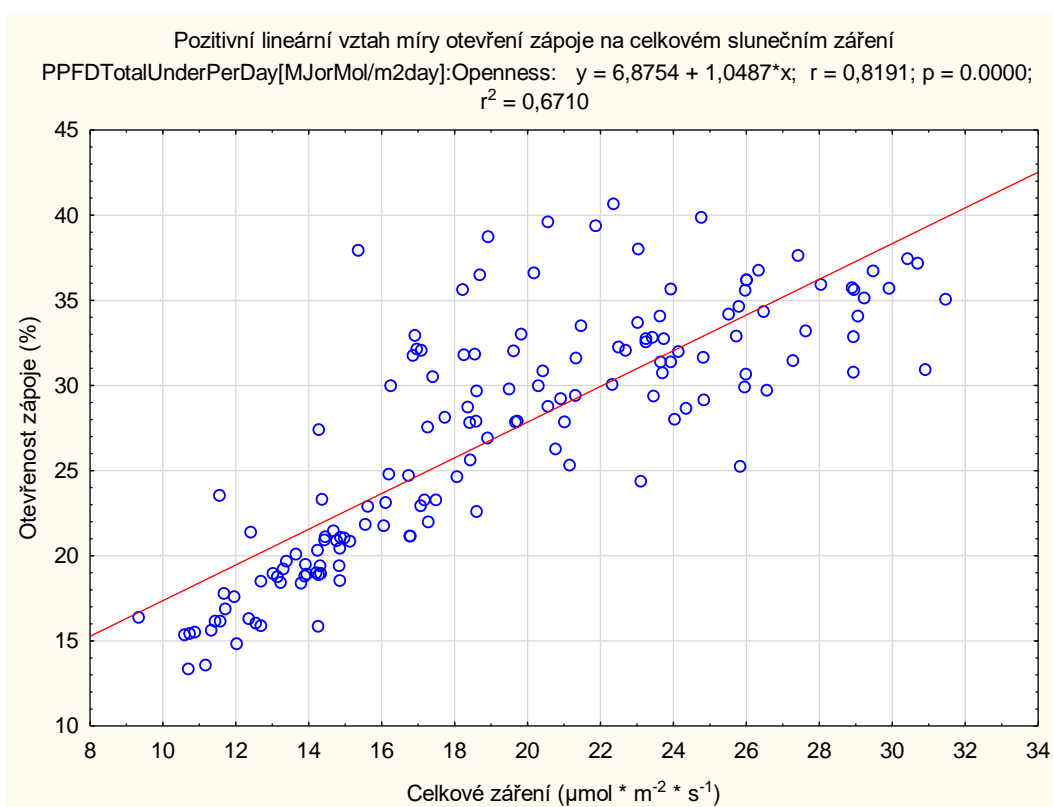


Graf 06. Celková složka záření na jednotlivých plochách

Tab. 12. Statistické vyhodnocení grafu 06 na základě Kruskal – Wallisova testu

Kruskal-Wallis test: H (2, N= 150) =91,22337 p =0,000			
Plocha	1 R = 82,69	2 R = 30,88	3 R = 112,93
1		5,962661	3,480233
2	5,962661		9,442894
3	3,480233	9,442894	

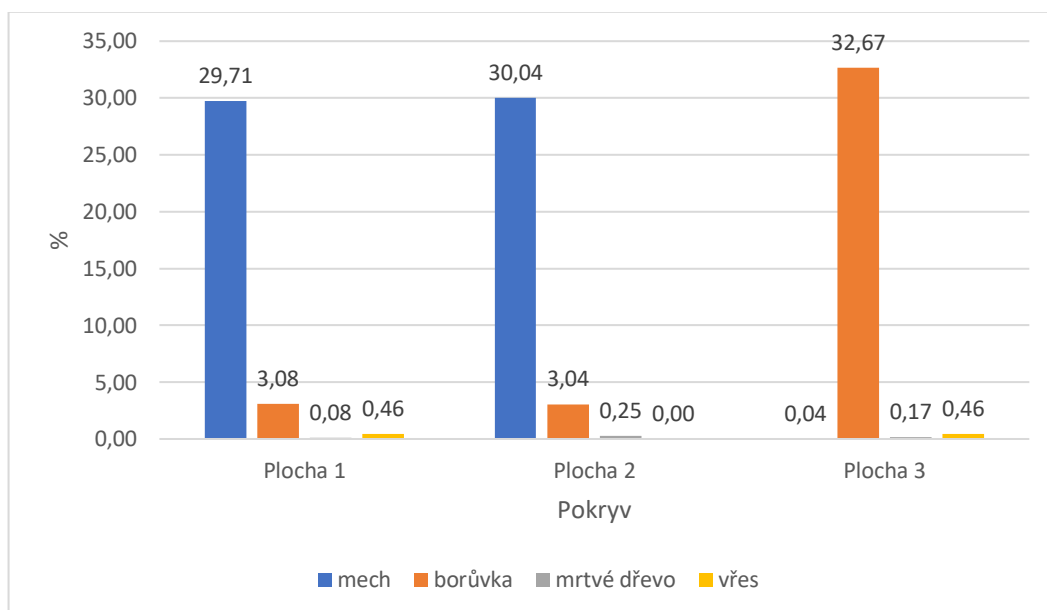
Z grafu 07 vyplývá silná korelace celkové sluneční radiace na míru otevření zápoje. Tento silný vztah je zřejmý i z hodnoty koeficientu determinace $r^2 = 0,67$. Graf vykazuje pozitivní lineární závislost.



Graf 07. Pozitivní lineární vztah míry otevření zápoje na celkovém slunečním záření

5.1.3 Charakteristika přízemní vegetace

V grafu 08 jsou znázorněny celkové počty pokryvností v rámci jednotlivých subploch. Je zde naprosto dominantní mech, následovaný borůvkou (brusinkou). Naopak oproti těmto dvou byly nalezeny naprosto minimálně počty subploch s dominantní pokryvností opadanky, mrtvého dřeva či vřesu.



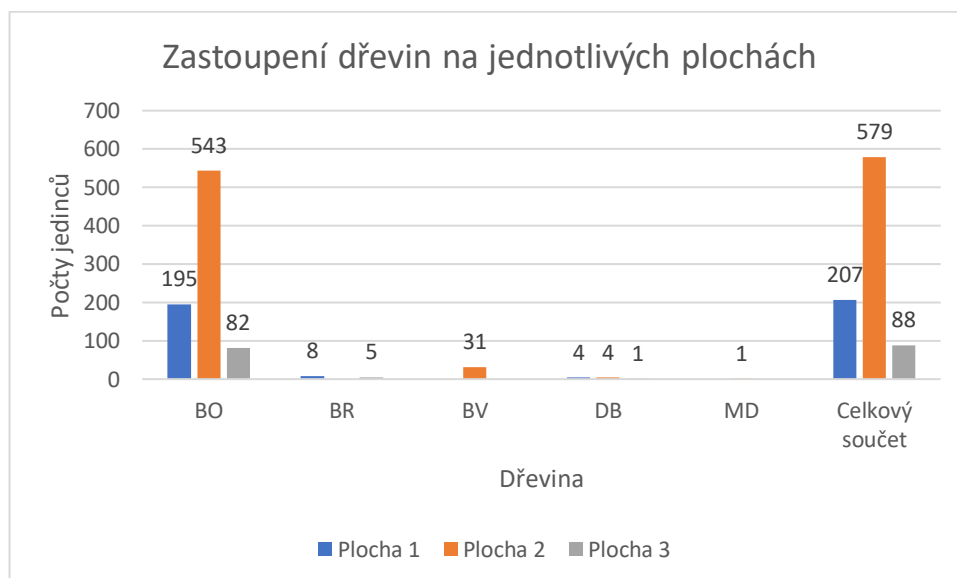
Graf 08. Procentuální podíl zastoupení pokryvností na jednotlivých plochách

5.2

5.2 Charakteristika přirozené obnovy

5.2.1 Základní dendrometrické charakteristiky

Zjištění počtu jedinců na ploše bylo jedním z hlavních výstupů tohoto výzkumu. Přehled počtu jedinců je zobrazen v grafu 09. Na Ploše 1 bylo zinventarizováno 207 jedinců, z toho 195 kusů byla borovice, 8 kusů bříza a 4 kusy dub. Na Ploše 2 bylo změřeno 543 kusů borovice lesní, 31 kusů borovice vejmutovky, 4 duby a 1 modřín, celkem 579 jedinců. Plocha 3 obsahovala nejméně jedinců, a to 88. Z toho 82 jedinců obsáhla borovice lesní, 5 bříza a 1 dub.



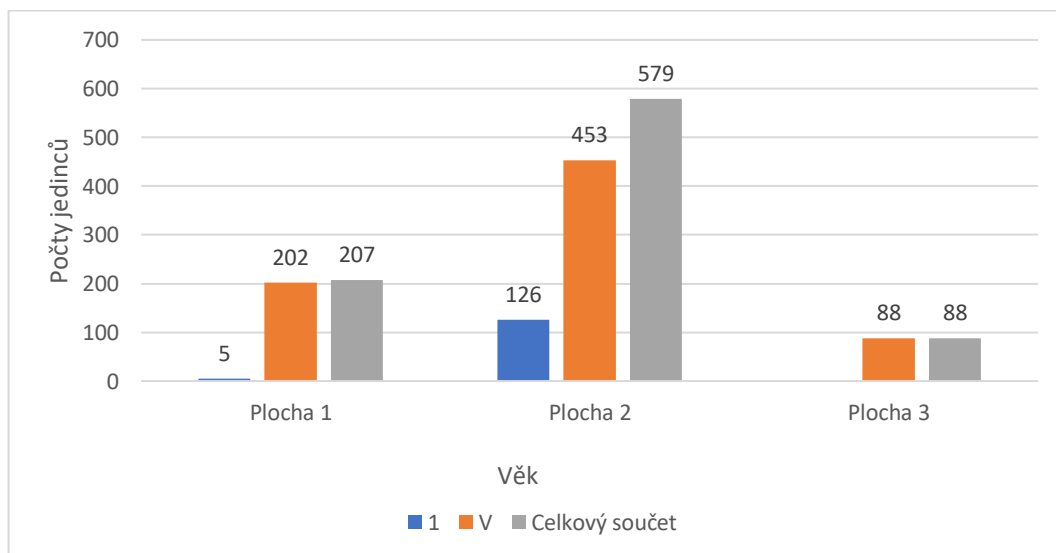
Graf 09. Zastoupení dřevin na jednotlivých plochách

Tabulka 13 obsahuje počty jedinců všech dřevin a samostatně borovice na jednotlivých plochách a následný přepočet jedinců na základní plošné jednotky používané v lesnictví, tedy na hektar a metr čtvereční. Ze zjištěných hodnot je patrné, že na Ploše 1 a 2 dosáhly počty jedinců přes 10000 kusů na hektar. Na Ploše 3 nedosáhla tato hodnota ani polovinu hodnoty.

Tab. 13. Počty jedinců na plošné jednotky

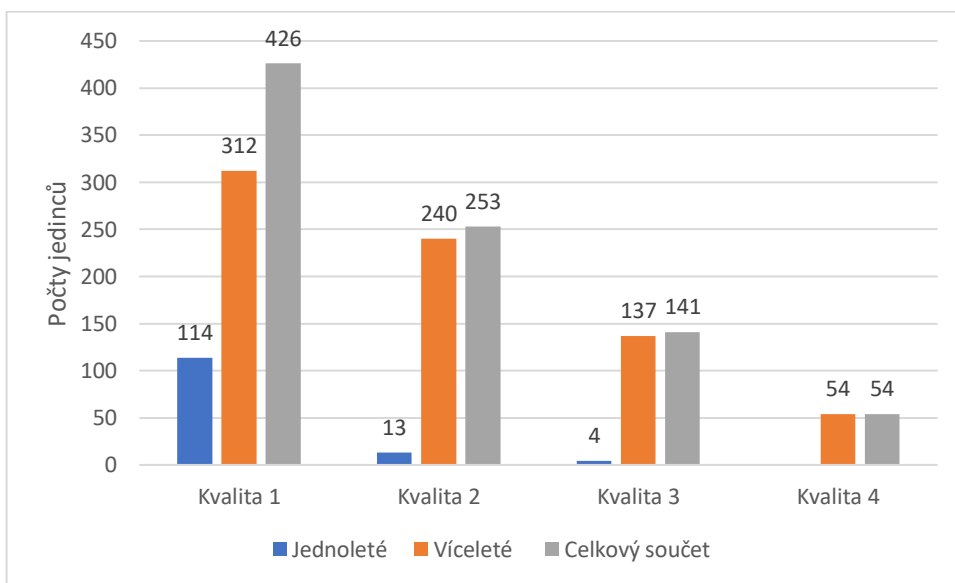
Počty jedinců na ploše (200 m ²)						
Plocha	BO	BR	BV	DB	MD	Celkem
1	195	8		4		207
2	543		31	4	1	579
3	82	5		1		88
Celkem	820	13	31	9	1	874
Počty jedinců na hektar						
Plocha	BO	BR	BV	DB	MD	Celkem
1	9750	400	0	200	0	10350
2	27150	0	1550	200	50	28950
3	4100	250	0	50	0	4400
Celkem	41000	650	1550	450	50	43700

Graf 10 ukazuje zastoupení jednoletých a víceletých jedinců na jednotlivých plochách (modrý sloupec Plocha 1, oranžový Plocha 2, šedivý Plocha 3). Je z něj patrné, že víceletí jedinci jsou na plochách dominantní, ale přirozená obnova na Ploše číslo 2 se velmi zdařila. Na této ploše bylo zjištěno 126 jedinců jednoletých, což by mohlo znamenat semenný rok v minulém roce. Naopak na Ploše číslo 3 se přirozená obnova nezdařila, a tudíž na ní nebyl nalezen žádný jednoletý jedinec.



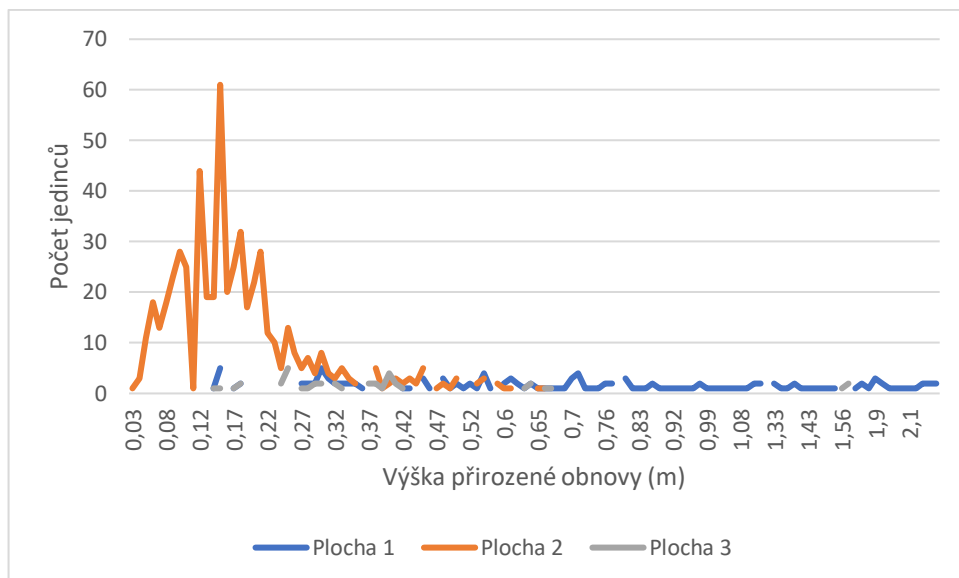
Graf 10. Věk jedinců na jednotlivých plochách

Dalším měřeným ukazatelem byla kvalita jedinců a přirozené obnovy. Tyto ukazatele jsou znázorněny v grafu 11, kde je barevně označena kvalita jedinců (modrá je nejlepší kvalita 1, oranžová kvalita 2, šedá kvalita 3 a žlutá je nejhorší kvalita 4), vztažena k věku jedinců. Největší počet jedinců byl v kvalitě 1. S ubývající kvalitou schodovitě ubývaly i počty jedinců dané kvality, a tudíž nejmenší počet jedinců byl nalezen právě u nejméně kvalitních.



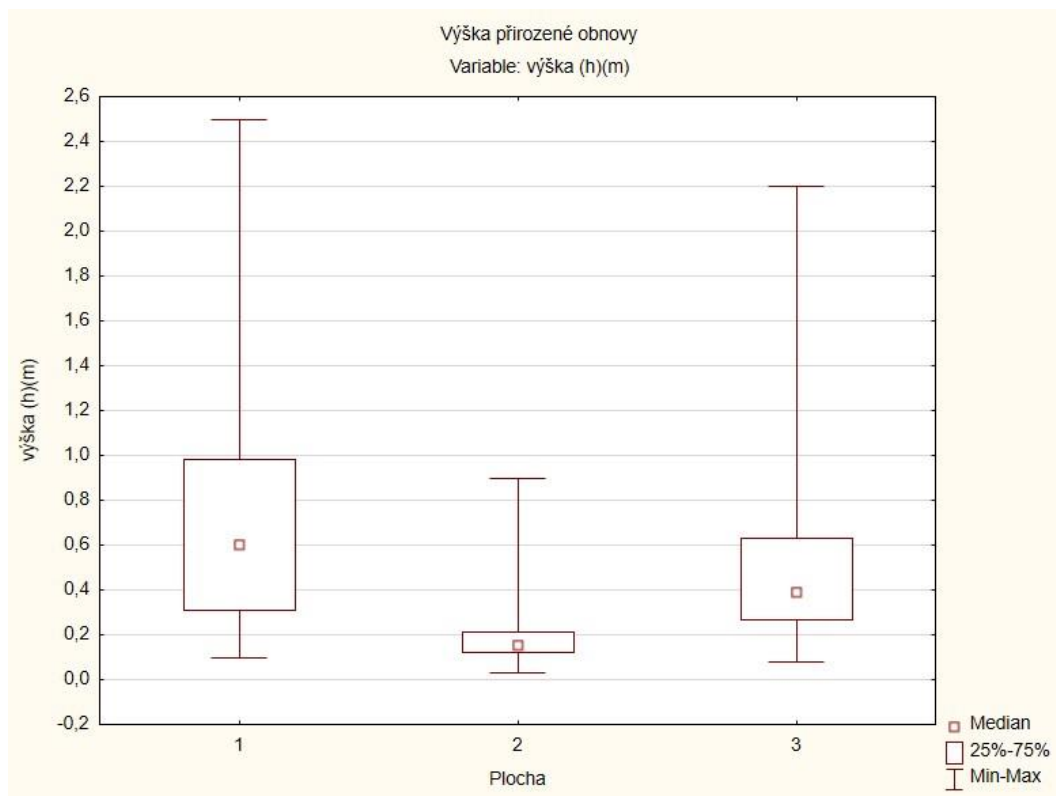
Graf 11. Kvalita jedinců vzhledem k věku

Dále byl vytvořen graf výšek přirozené obnovy borovice lesní (Graf 12). Z výsledků lze usoudit, že se na plochách borovice zmlazovala ve stejnou dobu, a jedinci, ať už semenáčky nebo kultura mají stejné růstové podmínky.



Graf 12. Spojnicový graf výšek přirozené obnovy borovice lesní na jednotlivých plochách

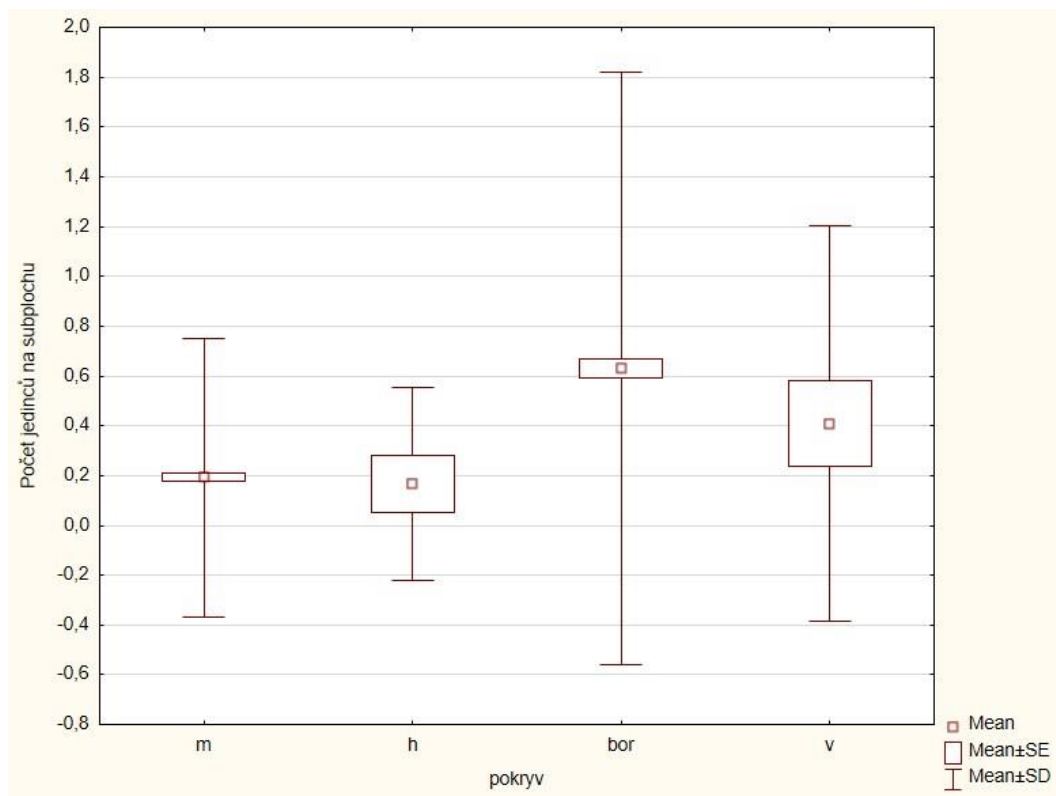
Pro přirozenou obnovu byl pak následně vytvořen graf výšek (Graf 13). Z něj je patrná průměrná výška přirozené obnovy a extrémní hodnoty výšek přirozené obnovy.



Graf 13. Krabicový graf výšek přirozené obnovy borovice lesní

5.2.2 Vztah mikrostanovištních podmínek a přirozené obnovy

V grafu 14 jsou zobrazeny počty přirozené obnovy v závislosti na převažující pokryvnosti na subplochách o velikosti 0,5x0,5 m. K tomuto grafu náleží tabulka 14, která obsahuje statické vyhodnocení. Z něj vyplývá, že statisticky významný rozdíl v počtech obnovy byl potvrzen pouze mezi borůvkou a mechem.



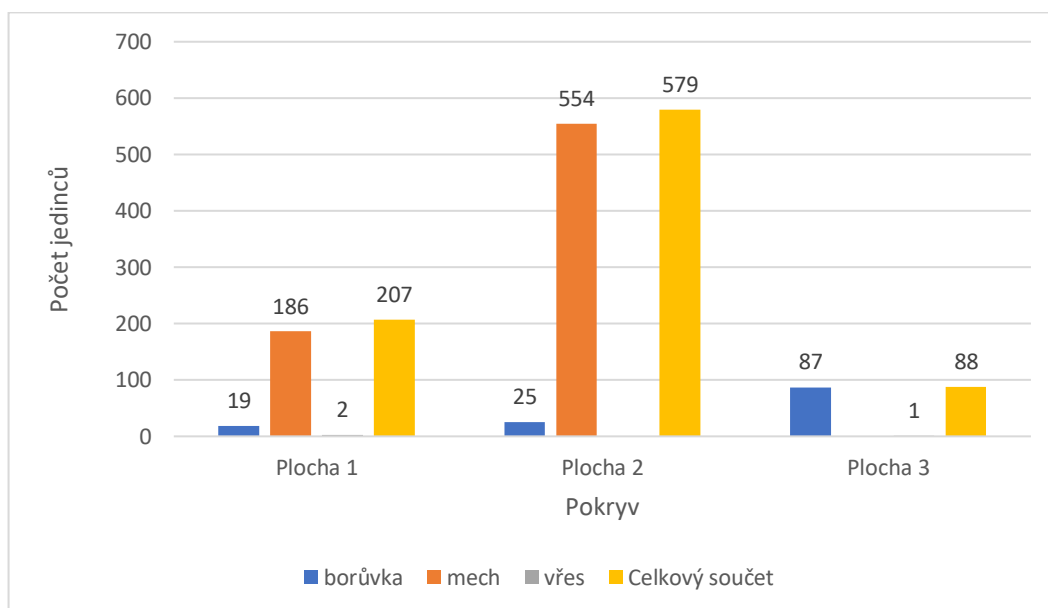
Graf 14. Množství přirozené obnovy na subplochách o velikosti 0,5 x 0,5 m (0,25 m²) na různých pokryvnostech (m-mech, h-hrabanka, bor-borůvka/brusinka, v-vřes)

Tab. 14. Statistické vyhodnocení grafu 09 na základě Kruskal – Wallisova testu

Kruskal-Wallis test: H (3, N= 2400) =162,5673 p =0,000				
	mech R = 1093,7	hrabanka R = 1113	borůvka R = 1365	vřes R = 1255,5
mech		0,096303	9,305179	1,087471
hrabanka	0,096303		1,251761	0,573198
borůvka	9,305179	1,251761		0,732341
vřes	1,087471	0,573198	0,732341	

V grafu 15 je znázorněn pokryv přízemní vegetace. Na ose X jsou jednotlivé hodnocené druhy (borůvka, mech, vřes), na ose Y jsou počty jedinců, kteří se na daném pokryvu vyskytují v jednotlivých plochách (1, 2,

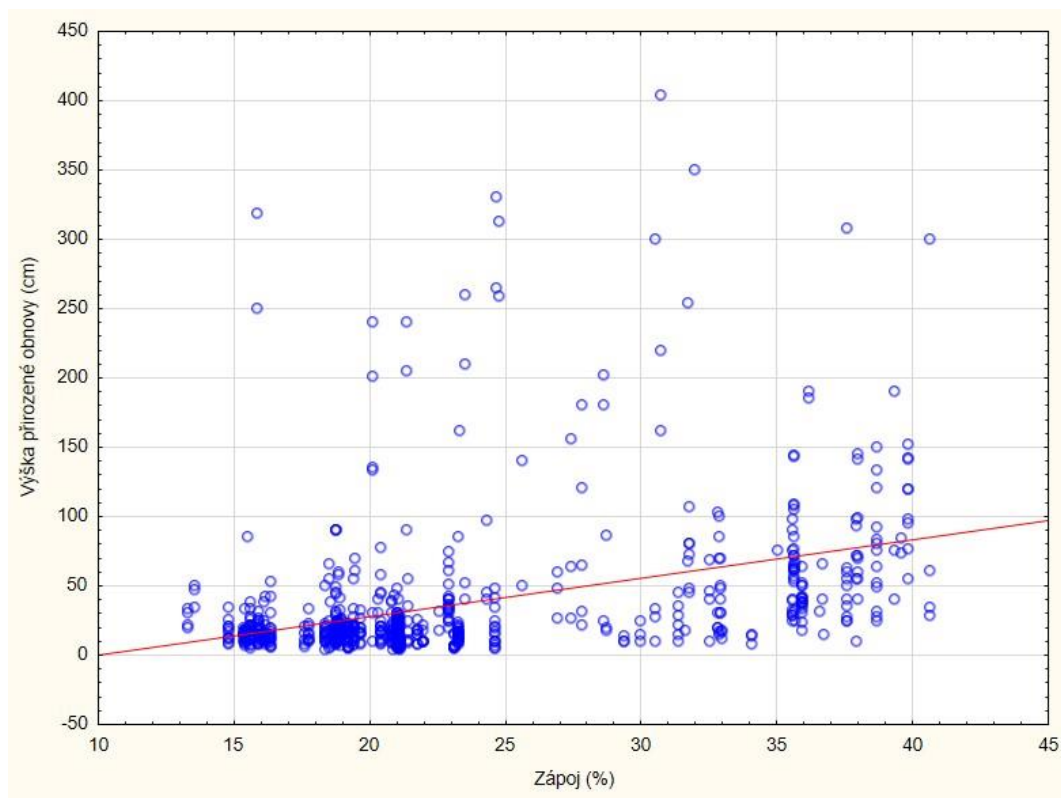
3). Z těchto parametrů je patrné, že na ploše 1 a 2 rostla naprostá většina jedinců na mechu, na ploše 3 rostli jedinci v podstatě výhradně na borůvce. Někteří jedinci rostli na subplochách, kde převažovala borůvka nebo brusinka, nejméně jedinců pak rostlo na plochách s vřesem. Na subplochách, kde bylo dominující mrtvé dřevo nebo hrabanka, nebyl nalezen ani jeden jedinec.



Graf 15. Výskyt jedinců obnovy na jednotlivých typech pokryvu

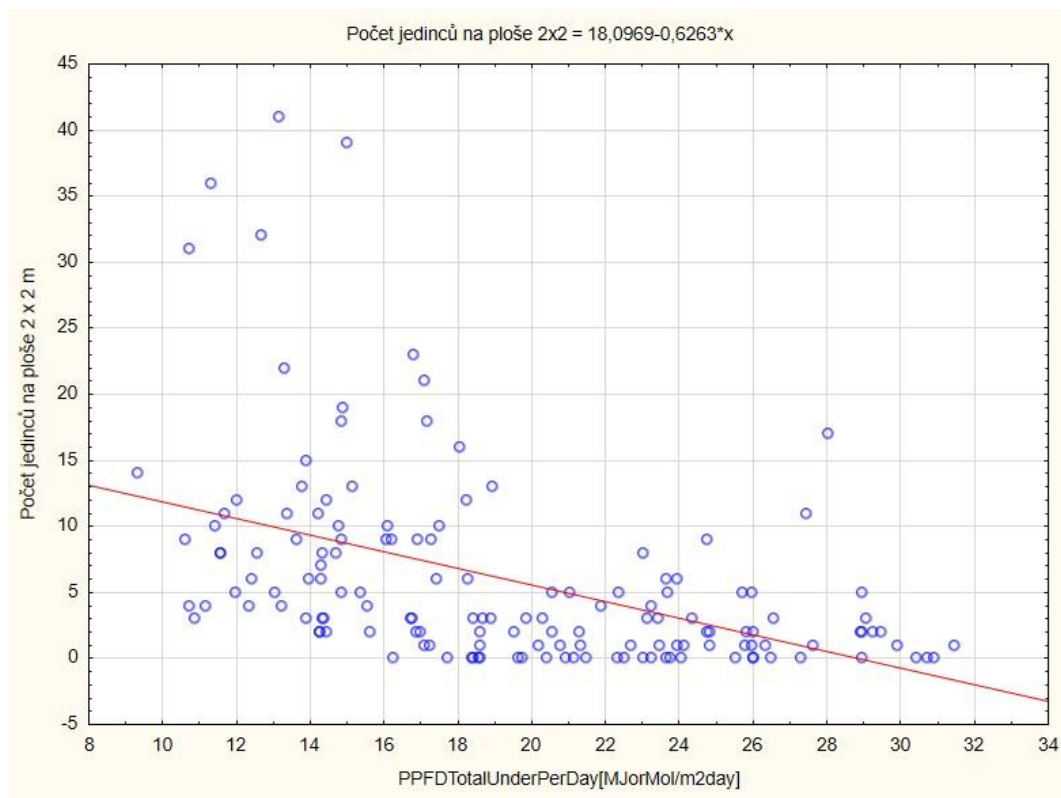
I když počty subploch s dominantní pokryvností borůvkou (brusinkou) nebyly oproti mechu tak velké, počty jedinců, kteří na nich rostly, byly velmi rozdílné. Borůvka byla dominantní na 931 plochách a mech na 1435. Jedinců na borůvce bylo 131 a na mechu 740, což je skoro šestinásobek.

Bodový graf 16 znázorňuje vztah počtu přirozené obnovy borovice ke světelnostním podmínkám. Tento graf vykazuje pozitivní závislost výšky přirozené obnovy na rostoucím zápoji.



Graf 16. Pozitivní lineární vztah výšky přirozené obnovy na míře otevření zápoje

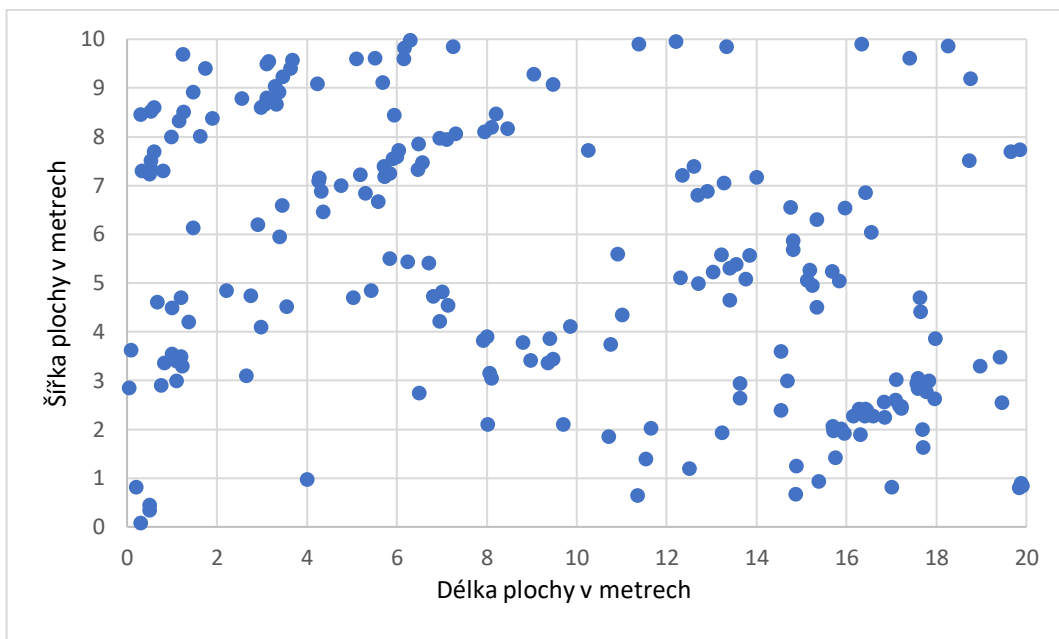
Bodový graf 17 znázorňuje vztah počtu jedinců na subploše 2 m x 2 m v závislosti na celkové složce záření. Tento graf vykazuje negativní závislost počtu přirozené obnovy na rostoucí celkové složce záření.



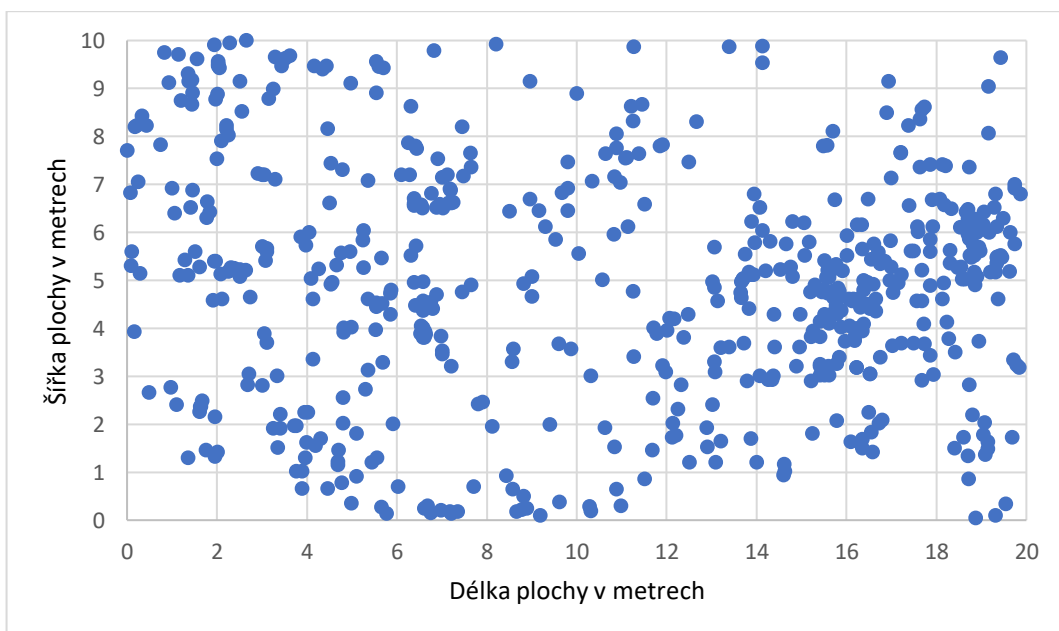
Graf 17. Negativní lineární vztah množství obnovy borovice na celkovém slunečním záření

5.2.3 Horizontální struktura přirozené obnovy

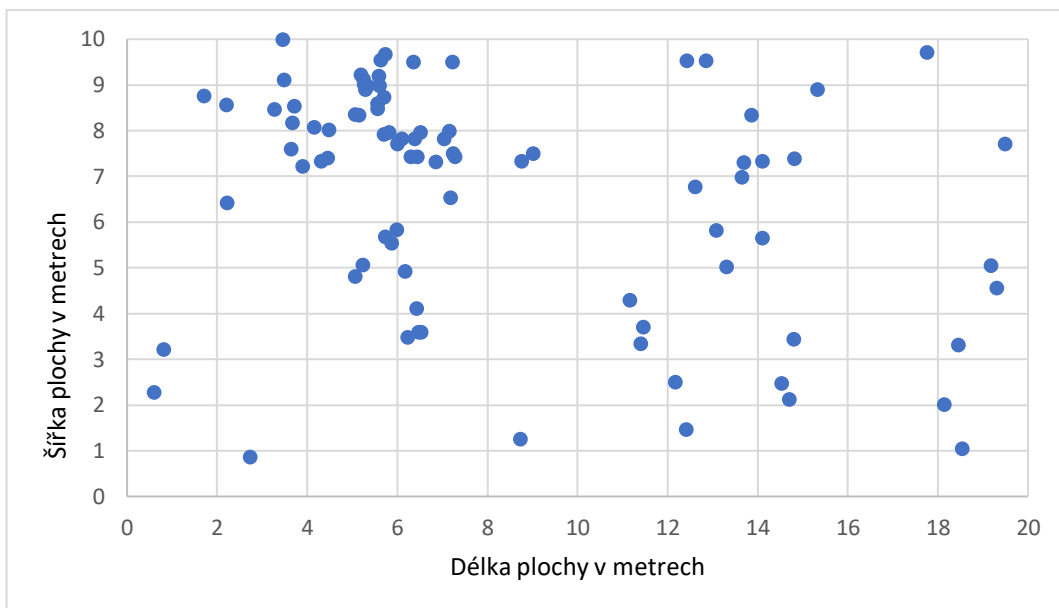
Aby bylo rozmístění všech jedinců na ploše zřetelnější, tak byly vytvořeny bodové grafy 18, 19 a 20. Každý bod v grafu znázorňuje právě jednoho jedince. Na osách X a Y jsou délka a šířka (velikost) transektu, tudíž 20 x 10 metrů.



Graf 18. Rozmístění na Ploše 1



Graf 19. Rozmístění na Ploše 2



Graf 20. Rozmístění na ploše 3

Poté byly pro jednotlivé plochy vytvořeny tabulky (15, 16 a 17) s pokryvností, kdy různé barvy znamenají různý pokryv (viz. Legenda, Tab. 18).



Tab. 15. Pokryv na Ploše 1



Tab. 16. Pokryv na Ploše 2



Tab. 17. Pokryv na Ploše 3

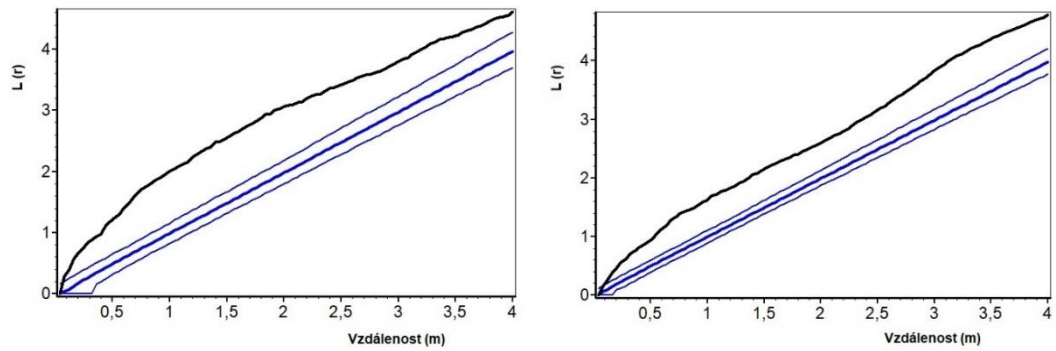
	mech
	borůvka / brusinka
	hrabanka
	mrtvé dřevo
	vřes

Tab. 18. Legenda k tabulkám 13, 14 a 15

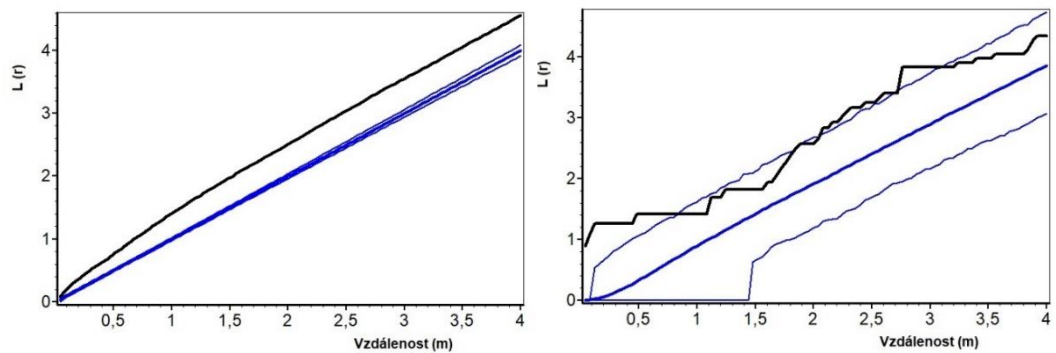
Prostorové rozmístění přirozené obnovy borovice lesní na plochách 1-3 je uvedené v Tab. 19 a znázorněno Ripleyovou L- funkcí na Obr. 16-18. Dle všech tří vypočtených indexů (Hopkins-Skellam index, Pielou-Mountford index, Clark-Evans index) vyplývá, že přirozené obnova na všech zkoumaných plochách je signifikantně agregovaná u obnovy s výškou do 0,5 m. U obnovy s výškou nad 0,5 m je obnova signifikantně shlukovitá dle všech tří indexů pouze na ploše 1 v ostatních případech značí náhodné uspořádání s tendencí k agregovanosti dle α (P&Mi) indexu na ploše 2 a dle A (H&Si) a R (C&Ei) indexů na ploše 3. Celkově nejvíce agregovaná obnova byla na ploše 3 u jedinců s výškou do 0,5 m. Výrazně agregované prostorové rozmístění vyplývá i z L- funkcí (Obr. 13-15). U obnovy s výškou do 0,5 m je obnova borovice agregovaná dle vzdálenosti v celém průběhu rozmístění jedinců, podobně jako na ploše 1 u obnovy s výškou nad 0,5 m. Na ploše 2 je vyspělá obnova signifikantně agregovaná pouze do vzdálenosti ca 1 m, poté dominuje náhodné uspořádání. Na ploše 3 je vyspělá obnova převážně náhodná při rozmístění jedinců do ca 1,5 m, poté při větších vzdálenostech značí agregovanou strukturu.

Tab. 19. AgregáčnÍ indexy popisující prostorové rozmístění přirozené obnovy borovice diferencovaně dle výšky na plochách 1-3. Signifikantní hodnoty ($\alpha = 0,05$) značící agregovanou strukturu jsou zvýrazněny a označeny *

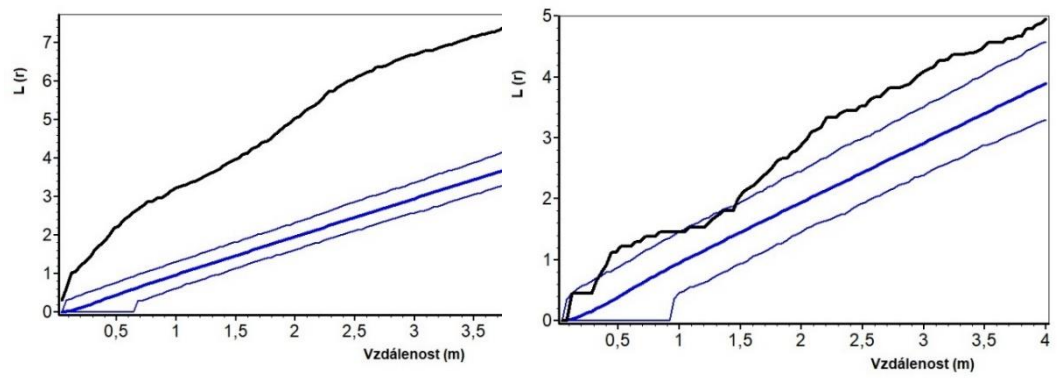
	Plocha 1		Plocha 2		Plocha 3	
	h < 0,5 m	h ≥ 0,5 m	h < 0,5 m	h ≥ 0,5 m	h < 0,5 m	h ≥ 0,5 m
Hopkins-Skellam index	0.760 *	0.810*	0.743*	0.764*	0.900*	0.640
Pielou-Mountford index	2.798*	3.185*	2.345*	1.700	6.800*	2.559*
Clark-Evans index	0.778*	0.704*	0.775*	0.628*	0.431*	1.037



Obr. 13. Horizontální struktura přirozené obnovy borovice s výškou do 0,5 m (vlevo) a s výškou nad 0,5 m (vpravo) na ploše 1 vyjádřená L- funkcí



Obr. 14. Horizontální struktura přirozené obnovy borovice s výškou do 0,5 m (vlevo) a s výškou nad 0,5 m (vpravo) na ploše 2 vyjádřená L- funkcí



Obr. 15. Horizontální struktura přirozené obnovy s výškou do 0,5 m (vlevo) a s výškou nad 0,5 m (vpravo) na ploše 3 vyjádřená L- funkcí

6

6 Diskuze

6.1 Dendrometrické charakteristiky

Z výsledků výzkumu vyplývá, že počty jedinců na jednotlivých plochách se výrazně liší. Na Ploše 1 se nacházelo 207 jedinců celkem z toho 195 jedinců borovice, v přepočtu na hektar se jedná o 10350 jedinců celkem, respektive 9750 jedinců borovice. Na Ploše 2 byl počet přirozené obnovy borovice znatelně větší. Bylo naměřeno 579 jedinců celkem, z toho 543 borovice lesní, v přepočtu 28950 jedinců na hektar, z toho 27150 borovice lesní. Na Ploše 3 bylo naměřeno 88 jedinců celkem, z toho 82 jedinců borovice lesní, v přepočtu 4400 jedinců na hektar, z toho 4100 jedinců borovice lesní.

Pro umělou obnovu borovice jsou minimální počty pro zalesňování stanoveny vyhláškou č. 139/2004 Sb., pro CHS 13 na 9000 jedinců a CHS 27 na 8000 jedinců. Těchto počtů bylo dokonce ve větší míře dosaženo na Ploše 1 a Ploše 2. Pokud zvážíme, že se v daných podmínkách jedná o uplatňování velice jemných pěstebních postupů s dlouhou obnovní dobou, a tedy s možností pro uplatnění vícero kohort přirozené obnovy, lze dané počty považovat za dostatečné i na Ploše 3.

Z hlediska zastoupení ostatních dřevin byla nejpestřejší Plocha 2 s příměsí vejmutovky s zastoupením 5 %, dubu s zastoupením 1 % a modřínu také 1 %. Na Ploše 1 byla příměs břízy s zastoupením 4 % a dubu s zastoupením 1 %. Na Ploše 3 byla taktéž příměs břízy s zastoupením 6 % a dubu s zastoupením 1 %.

6.2 Pokryvnost

Bylinná přizemní vegetace hraje v borových porostech za určitých podmínek hlavní roli. Dominantní byl na Plochách 1 a 2 mech, na ploše 3 pak borůvka/brusinka. Pouze v nepatrném množství, v jednotkách subploch 0,5 x 0,5 metru, se pak objevily pokryvy typu hrabanka, vřes a mrtvé dřevo, přičemž z těchto tří byl nejčastěji zastoupen vřes.

Na zkoumaných plochách byl potvrzen negativní vliv borůvky na přirozenou obnovu borovice. Jak už ve svých výzkumech avizují SCOTT et al. (2000) a MIRSCHEL et al. (2011) v prvních fázích vývoje mohou hrát roli zejména vytrvalé a keříkové druhy, kterým je právě brusnice borůvka. Nepříznivý vliv borůvky na růst semenáčků smrku uvádí i SCHMIDT-VOGT (1989) a MARTINEZ, BRAVO (2001). I v tomto výzkumu se ukázal značný vliv borůvky na přirozené zmlazení borovice. Mechová pokryvnost byla na dvou plochách dominantní, a tomu také odpovídají počty přirozené obnovy na těchto plochách. Tento pozitivní vliv zmlazení podporuje i ŠINDELÁŘ (2004), dle kterého mechy představují ochranu zmlazení před vysycháním půdy.

Hrabanka ve srovnání s mechy nabízí menší zábranu pro semenáčky při prorůstání do půdy, ale nevýhodou je její vysýchavost, proto při vodním stresu může být tato vlastnost pro přirozenou obnovu borovice limitující (KRPEC 2012). Pro vyvození nějakého závěru ohledně přirozené obnovy na opadance však nebyl ani na jedné ploše dostatečný počet subploch. To samé se dá říct i o pokryvnost mrtvým dřevem.

Žádná plocha nevykazovala bohužel žádnou významnou pestrost, proto nejde s jistotou porovnat vliv pokryvnosti v rámci jednotlivých ploch, pouze se mohou porovnat mezi sebou jednotlivé plochy. Například GOLDBLUM (1997) ve své práci potvrdil, že větší počet druhů se nachází při větší otevřenosti korunového zápoje. Bohužel na příkladu tohoto výzkumu jeho tvrzení nelze ověřit.

6.3 Světelné podmínky

Řada důležitých ekologických procesů v lesních ekosystémech je spojena s dynamikou mezer v zápoji stromového patra v čase i prostoru. Na všech TVP byla obnova prováděna maloplošným clonným způsobem skupinovitého charakteru s přechodem k výběrným principům. Ze získaných hemisférických fotografií bylo zjištěno, že míra otevření zápoje a hustota toku fotonů fotosynteticky aktivního záření se mezi jednotlivými plochami statisticky signifikantně liší. Podle ŠINDELÁŘE (2004) stačí, dle půdních poměrů a klimatu, pro vznik přirozené obnovy snížit zakmenění na hodnotu 0,7. Tomuto zakmenění odpovídají Plocha 1 a 3, kde se míra otevření zápoje pohybovala okolo 30 % a tudíž by odpovídala právě tomuto zakmenění. Uvolnění zápoje podpořilo fruktifikaci a nedošlo k silnému zabuřenění. Podle VACKA a PODRÁZSKÉHO (2006) je vhodné nejprve snížit zakmenění na 0,7 – 0,5 pro úspěšné vyklíčení semen. Pro existenci nové generace je nutné provést další zásah, což doporučuje i většina autorů, kteří se věnují clonným postupům. Na Ploše 2 se míra otevření zápoje pohybovala na necelých 20 %.

Plocha 3 měla z hlediska přímé sluneční radiace veliký (největší ze všech ploch) rozptyl hodnot pohybující se od 12–28 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, následovaná Plochou 1 s rozptylem 10 – 23 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Nejmenší rozptyl z hlediska přímé sluneční radiace byl zaznamenán u Plochy 2 (8 – 16 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) MUSIL (2003) tvrdí, že borovice je světlomilná se silnou intolerancí k zastínění. Tento výzkum však ukázal že při nejmenší hodnotě zápoje byla přirozená obnova nejhojnější.

Z hlediska dalších parametrů světla se jednotlivé plochy velmi lišily, a to hlavně v rámci extrémních hodnot. Nejmenší extrémy ze všech hodnocených kritérií však měla opět Plocha 2. Dle Ulbrichová et al. (2018) vliv přímého slunečního záření pod porostem je menší, patrně díky jeho větší variabilitě a kolísání. To bylo potvrzeno i tímto výzkumem. Vliv světla na morfologii asimilačního aparátu může být ovlivněn i rychlostí růstu obnovy a živinovou bohatostí stanoviště (Niinemets et al. 2002).

6.4 Kompetice mezi přirozenou obnovou a bylinným a stromovým patrem

Pro objektivní posouzení rozmístění přirozené obnovy je vhodné použít analýzu kompetice obnovy se stromovým patrem, kterou může ovlivnit řada faktorů. Nejdůležitější v dnešní době jsou hlavně ochrana horní stromové vrstvy před vysoušením, vyšší spad semen v blízkosti mateřských stromů, případně komunikace mezi dřevinami, které si v případě nouze pomáhají skrz kořeny a mykorrhizu (GORZELAK et al. 2015).

Za zmínku stojí i vyšší opad jehličí, který může ovlivnit živiny a pH v půdě a následně pak přirozenou obnovu a bylinné patro.

WARD et al. (1996) ve své studii popisuje vliv rozmístění dřevin v závislosti na jejich toleranci k zastínění. Z této studie vyplývá zřetelný trend k agregované struktuře přirozené obnovy jako důsledek preference určitého mikrostanoviště. V tomto případě se jedná o přítomnost světlin v zápoji s vyšším světelným požitkem. Obdobně i v dalších studiích bylo zjištěno, že ve smíšených bukových porostech je horizontální struktura přirozené obnovy výrazně agregovaná (BULUŠEK et al., 2016; VACEK et al., 2014).

KUULUVAINEN, JUNTUNEN (1998) ve své práci potvrzují význam konkurence stromového patra na zmlazení, kdy cca 80 % semenáčků borovice se vyskytovalo mimo projekci korun stromů. To může být vysvětleno intercepcí a zamezením slunečního záření s vlivem na snížení klíčivosti a přežívání semenáčků pod korunami stromů (KUULUVAINEN et al. 1994).

Jiné studie však tvrdí, že růst a přežívání semenáčků je více ovlivněn přízemní konkurencí, boj o vláhu, které je v dnešní době velký nedostatek, a živiny než konkurencí světla, za kterým semenáčky směřují (KALELA 1942, BJÖRKMAN 1945).

7 Závěr a doporučení pro lesnickou praxi

Cílem této práce bylo analyzovat stanovištní a porostní faktory a jejich dopad na přirozenou obnovu na třech trvalých plochách. Mezi hlavní sledované mikrostanovištní proměnné patřily světelnostní charakteristiky (míra otevření zápoje, přímé, difusní a celkové záření), dále pak charakter bylinného patra, respektive charakteristika dominantního pokryvu půdy (borůvka/ brusinka, mech, hrabanka a mrtvé dřevo).

Na jednotlivých plochách byly změřeny počty přirozené obnovy borovice ($d < 4$ cm), a to 10350/ha na Ploše 1, 28950/ha na Ploše 2 a na Ploše 3 4400/ha. Z hlediska světelnosti se přímé záření pohybovalo na Ploše 1 okolo $17 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, na Ploše 2 okolo $12 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a $22 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ na Ploše 3. Rozptyl hodnot na jednotlivých plochách byl od 8 do $28 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Hodnoty rozptýleného záření se pohybují v rozmezí 1,3 až $3,5 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ na jednotlivých plochách. Hodnota celkového záření se pohybovala od 9 do $32 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Je zde patrný pozitivní lineární vztah v počtu jedinců na míře otevření zápoje.

Na studovaných plochách byly na všech plochách jedinci obnovy skupinovitě shlukovány. To může být způsobeno sníženou konkurencí o světlo a vláhu, a tedy může být i snížena mortalita jedinců ve spodní etáži. Lze očekávat, že se nejedná o ojedinělý jev, a i v dalších výzkumech může být obnova vázána na krátkou vzdálenost od mateřských stromů.

Na základě výsledků této práce lze tvrdit, že v CHS 13 má maloplošný clonný způsob hospodaření skupinovitého charakteru při odpovídajícím snížení zakmenění své opodstatnění, a to díky dostatečným počtům jedinců obnovy, a to zejména na Ploše 1 a 2, kdy počty jedinců přesáhly hodnotu 10000/ha. Tento způsob hospodaření by mohl zmírnit i případné škody způsobené zvěří, kdy přirozená obnova probíhá v dostatečné intenzitě a odrůstají dostatečné počty jedinců přirozené obnovy při nadměrném tlaku zvěře.

Výzkum probíhal na přirozených borových stanovištích (CHS 13), kde je konkurenční schopnost ostatních dřevin výrazně snížena. Nicméně

další výzkum by mohl být směřován i do podmínek cílového hospodářského souboru 23 (kyselá stanoviště nižších poloh), kde lze očekávat významný podíl listnaté složky v porostu. Optimalizace světelných a mikrostanovištních podmínek by pak mohla být vedle dosažení optimální hustoty namířena i na zvýšení podílu melioračních a zpevňujících dřevin.

8 Seznam citované literatury

Bäßler H. (2003): KiefernNaturverjüngung. Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg und Landesforstanstalt Eberswalde, Berlin.

Beránek J. (2008): Škůdci borovice lesní. In: Přirozené zmlazování borovice. Sborník referátů z celostátního semináře. Mimoň, 17. září 2008. Česká lesnická společnost, s. 33–36.

Bílek, L., Remeš, J., Švec, O., Vacek, Z., Štícha, V., Vacek, S., Javůrek, P. (2017): Ekologicky orientované pěstování borových porostů v podmínkách nižších a středních poloh. Certifikovaná metodika. 1. vydání. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2017. 48 s. – Lesnický průvodce 9/2017. – ISBN 978-80-7417-149-9.

Bílek, L., Zeidler, A., Pulkrab, K., Ulbrichová, I., Vacek, S., Borůvka, V., Vítámvás, J., Remeš, J., Vacek, Z., Sloup, R. (2018): Pěstební a ekonomické aspekty clonné obnovy borovice lesní. Certifikovaná metodika. 1. vydání. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2018. 56 s. – Lesnický průvodce 4/2018. – ISBN 978-80-7417-169-7.

Björkman E. (1945): On the influence of light on the height growth of pine plants on pine heaths in Norrland. Medd.Skogsförsöksanstalt 34: 497–592.

Bulušek D., Vacek Z., Vacek S., Král J., Bílek L. (2016): Spatial pattern of relict beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in the Sudetes of the Czech Republic and Poland. J. For.Sci., 62: 293-305.

Businský R. (1999): Taxonomic revision of Eurasian pines (genus *Pinus* L.) - survey of species and infraspecific taxa according to latest knowledge, *Acta Průhoniana*, Průhonice. 127 s.

Clark P.J., Evans F.C. (1954): Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationship in populations. *Ecology*, 35: 445–453.

Červený M. (2009): Pěstování lesa pod tlakem jelena siky. *Myslivost* 2/2009: s. 22.

Goldblum D. (1997): The effects of treefall gaps on understory vegetation in New York State. - *Journal of Vegetation Science* 8: s.125–132.

Gorzalak M. A., Asay A. K., Pickles B. J., Simard S. W. (2015): Inter-plant communication through mycorrhizal networks mediates complex adaptive behaviour in plant communities. *AoB Plants* 7. (dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4497361/>)

Greene D. F. et al. (1999): A review of the regeneration dynamics of North American boreal forest tree species. *Canadian Journal of Forest Research* 29 (6): s. 824–839.

Hafemann E. (2004): Rückblick auf das Thema „Kiefern-Naturverjüngung“ – gesicherte Erkenntnisse, offene Fragen. In: *Naturverjüngung der Kiefer, Erfahrungen, Probleme, Perspektiven*. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band XXI, Potsdam und Eberswalde, 65 s.

Hänninen H. (1991): Does climatic warming increase the risk of frost damage in northern trees? *Plant, cell and Environment* 14 (5): s. 449–454.

Heinsdorf, M. (1994): Scots pine natural regeneration - an historical review, Forstliche Forschungsanstalt Eberswalde e.V. (Germany). Abt. Waldbau

Holuša J., Liška J. (2005): Ploskohřbetky rodu *Acantholyda* na borovici. Lesnická práce, VÚLHM Jíloviště Strnady, 12/2005 (4): 4s.

Hopkins B., Skellam J.G. (1954): A new method of determining the type of distribution of plant individuals. *Annals of Botany*, 18: 213–227.

Jankovský L. (2003): Sypavky borovic. Sypavka borová – skulinatec borový, 82/2003 (06/03): s. 24.

Jurča (1988): Pěstění lesů. Mendelova univerzita v Brně. 293 s.

Kalela E. K. (1942): Das verhalten der Wurzeln von Kieferpflanzen zu den Wurzeln des Mutterbaumes. *Acta For.Fenn.*50., 52 s.

Krpec P. (2012): Vliv mechů na přirozenou obnovu lesa. – ms, [dipl.pr., depon.in: Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, Katedra ekologie a životního prostředí, Univerzita Palackého v Olomouci].

Křížtek J. (2002): Ochrana lesů a přírodního prostředí. Matice lesnická, Písek. 386 s.

Kuuluvainen T. (1994): Gap disturbance, ground microtopography, and the regeneration dynamics of boreal coniferous forests in Finland: a review., *Ann. Zool. Fenn.* 31: s. 35–51.

Kuuluvainen T., Juntunen P. (1998): Seedling establishment in relation to microhabitat variation in a windthrow gap in a boreal *Pinus sylvestris* forest. *Journal of Vegetation Sciences* 9, Uppsala, s. 551–562.

Langvall O., Örlander G. (2001): Effects of pine shelterwoods on microclimate and frost damage to Norway spruce seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 31(1): 155-164.

Máchová P., Cvrčková H., Poláková L., Trčková O. (2016): Genetická variabilita vybraných populací borovice lesní v České republice. *Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště, Zprávy lesnického výzkumu*, 61, 2016 (3): s. 223–229.

Martinez S. G., Bravo F. (2001): 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, Springer Verlag/EDP Sciences*, 2001, 58 (3), s. 277-288.

Mikeska M. (2006): Bory jako potenciální přirozená vegetace. *Lesnická práce, Hradec Králové*, 85 (7): s. 11-13.

Mikeska M. (2007) Disertační práce – Posouzení lesnicko-typologického vymezení stanovišť borů v severovýchodních čechách: Česká zemědělská univerzita, 230 s.

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.

Mirschel F., Zerbe S., Jansen F. (2011): Driving factors for natural tree rejuvenation in anthropogenic pine (*Pinus sylvestris*L.) forests of NE Germany. *Forest Ecology and Management*, 261, s. 683-694.

Modlinger R., Knížek M. (2009): Klikoroh borový, *Hylobius abietis* (L.).
Lesnická práce 10, VÚLHM Jíloviště Strnady, 4 s.

Mountford M.D. (1961): On E. C. Pielou's index of nonrandomness.
Journal of Ecology, 49: 271–275.

Musil I., Hamerník J. (2007): Jehličnaté dřeviny. Academia, Praha. 352 s.

Musil I., Hamerník J. (2003): Lesnická dendrologie. 3. ed. Praha: Česká zemědělská univerzita. 177 s.

Nárovcová J., Nárovec V. (2009): Kontrola kvality semenáčků a sazenic borovice lesní. VÚLHM, Opočno, 6 s.

Nárovec V. (2000): Dicyklický růst výhonů u borovice a nápravná pěstební opatření v nejmladších kulturách. Lesnická práce, Opočno, s. 124-125.

Niinemets Ü., Cescatti A., Lukjanova A., Tobias M., Truus L. (2002): Modification of light-acclimation of *Pinus sylvestris* shoot architecture by site fertility. *Agricultural and Forest Meteorology*, 111: 121–140. DOI: 10.1016/S0168-1923(02)00011-4

Økland T., Rydgren K., Økland R. H., Storaunet K. O., Rolstad J. (2003): Variation in environmental conditions, understorey species number, abundance and composition among natural and managed *Picea abies* forest stands. *Forest Ecology and Management* 177.

OPRL – oblastní plány rozvoje lesů, ÚHÚL Brandýs nad Labem, pobočka Jablonec nad Nisou, duben 2001.

Penttinen A., Stoyan D., Henttonen H. (1992): Marked Point Processes in Forest Statistics. *Forest Science*, 38 (4): 806–824.

Pešková V., Soukup F. (2011): *Cenangium ferruginosum* Fr., kornice borová. *Lesnická práce*, VÚLHM.

Pielou E.C. (1959): The use of point-to-plant distances in the study of the pattern of plant populations. *Journal of Ecology*, 47: 607–613.

Plíva K. (1980): Diferencované způsoby hospodaření v lesích ČSR. Praha, Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR: 216 s.

Poleno Z., Vacek S., Podrázský V. (2009): Pěstování lesů. *Lesnická práce*, Kostelec nad Černými lesy, 951 s.

Quitt E. (1971): Klimatické oblasti Československa, Praha: Academia. *Studia geographica*, 16 s.

Ripley B.D. (1981): *Spatial statistics*. New York, John Wiley & Sons, 252 s.

Scott D., Welch D., Thurlow M., Elston D.A. 2000. Regeneration of *Pinus sylvestris* in a natural pinewood in NE Scotland following reduction in grazing by *Cervus elaphus*. *Forest Ecology and Management*, 130: s. 199–211. DOI: 10.1016/S0378-1127(99) 00191-7

Slodičák M., Novák J., Dušek D.: Výchova porostů borovice lesní. [Thinning of Scots pine stands]. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2013. – *Lesnický průvodce* 5/2013. 23 s. – ISBN 978-80-7417-069-0. (Výstup za MZE0002070203)

Soukup F. (1999): Rez sosnokrut (*Melapsora pinitorqua* Rostr.). Lesnická práce 10, VÚLHM Jíloviště-Strnady.

Soukup, Pešková (2004): *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko et Sutton (prosychání borovic). Lesnická práce č. 9, VÚLHM Jíloviště – Strnady.

Stuiver B. M. et al. (2016): Seedling responses to changes in canopy and soil properties during stand development following clear-cutting. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Ecology and Management 378, Umea.

Svoboda P. (1953): Lesní dřeviny a jejich porosty. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 411 s.

Šindelář J. (2004): Přirozená obnova borovice lesní, Lesnická práce č 08/04, ročník 83, s. 25-27.

Šrůtka P. (2003): Sypavka borová, *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chev. Lesnická práce č. 6, VÚLHM Jíloviště – Strnady, 4 s.

Ulbrichová I., Bílek L., Remeš J.: Vliv zpracování těžebních zbytků na charakteristiky bylinného a keřového patra na přirozených borových stanovištích. [Processing of logging residues and its impact on herbaceous and shrub layer on natural pine sites] 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. [Shelterwood regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) with respect to site and stand conditions]. Zprávy lesnického výzkumu, 63, 2018, č. 3, s. 153-164.

Úřadníček L., Riedmiller A. (2009): Dřeviny České republiky, Lesnická práce, 368 s.

Vacek S., Podrázský V. (2006): Pěstování lesů, Přírodě blízké lesní hospodářství v podmínkách střední Evropy. Česká zemědělská univerzita v Praze. 76 s.

Vacek S., Vacek Z., Remeš J., Bílek L. Hůnová I., Bulušek D., Putalová T., Král J., Simon J. (2017): Sensitivity of unmanaged relict pine forest in the Czech Republic to climate change and air pollution. TREES-STRUCTURE AND FUNCTION, 2017, roč. 31, č. 5, s. 1599-1617.

Vyhláška 298/2018 Sb., o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů, Ministerstvo zemědělství stanoví podle § 23 odst. 4 a § 31 odst. 7 zákona č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon).

Vyhláška č. 139/2004 Sb., 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.

Wagner S., Fischer H., Huth F. (2011): Canopy effects on vegetation caused by harvesting and regeneration treatments. European Journal of Forest Research 130 (1): s. 17-40.

Ward J.S., Parker G.R. Ferrandino, F.J. (1996): Long-term spatial dynamics in an oldgrowth deciduous forest. Forest Ecol. Manag. 83, s. 189-202.

Wittich W. (1938): Wasserfaktor und Kiefernwirtschaft auf diluvialen Sandböden. Die Bedeutung der Bodendecke. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen, 70, s. 337-389.

Zapletalová E., Bajerová V. (2012): Původce chřadnutí a prosychání borovic. Ministerstvo zemědělství, Praha. 2 s. (dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/166327/Listovka_S.sophinea_25._6.opr.pdf)

Zelená zpráva (2017): Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství ČR v roce 2017. Ministerstvo zemědělství, Praha. 118 s.