

**Česká zemědělská univerzita
v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů

**Vliv clony mateřského porostu na přirozenou obnovu
borovice lesní**

**The effect of parents stand shelter on natural
regeneration of Scots pine**

Bakalářská práce

Autor: Jiří Fučík

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

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jiří Fučík, DiS.

Lesnictví
Lesnictví

Název práce

Vliv clony mateřského porostu na přirozenou obnovu borovice lesní

Název anglicky

The effect of parent stand shelter on natural regeneration of Scots pine

Cíle práce

Cílem práce je vyhodnotit vliv clony mateřského porostu na přirozenou obnovu borovice lesní v podmínkách Lesní správy Třeboň, Lesy České republiky, s. p. a odvodit pěstební doporučení pro dané stanovištní podmínky při uplatnění podrostního způsobu hospodaření.

Metodika

Získání základního přehledu z publikovaných prací k danému tématu

Výběr vhodných porostů a formulování vhodných metodických postupů pro popis porostních 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 30 normovaných stran textu bez příloh

Klíčová slova

clonná obnova, přirozená borová stanoviště, zápoj, světelné podmínky, konkurence

Doporučené zdroje informací

- Bílek L., Remeš J., Švec O., Vacek Z., Štícha V., Vacek S., Javůrek P. 2017. Ekologicky orientované pěstování borových porostů v podmínkách nižších až středních poloh. Jíloviště-Strnady. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. 48 p. ISBN 978-80-7417-149-9.
- Kuuluvainen T., Pukkala T. (1989): Effect of Scots pine seed trees on the density of ground vegetation and tree seedlings. *Silva Fennica*, 23: 159–167.
- Poleno Z., Vacek S. et al. 2009. Pěstování lesů III. – Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce. 1012 p
- Schütz JP. 2002. Silvicultural tools to develop irregular and diverse forest structures. *Forestry* 75: 329-337
- Vacek S., Vacek Z., Bílek L., Simon J., Remeš J., Hůnová I., Král J., Putalová T., Mikeska M. 2016: Structure, regeneration and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands with respect to changing climate and environmental pollution. *Silva Fennica* 50(4) article id 1564. 21 p. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1564>
-

Předběžný termín obhajoby

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. Vítězslav Podrázský, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 2. 2019

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 23. 05. 2020

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Vliv clony mateřského porostu na přirozenou obnovu borovice lesní vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Lukáše Bílka, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Chlumu u Třeboně dne 30. 5. 2020

Na tomto místě bych rád poděkoval zejména svému vedoucímu práce doc. Ing. Lukáši Bílkovi, Ph.D. za odborné vedení, vstřícný přístup a cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Zdeňku Vackovi, Ph.D. a Ing. Anně Prokúpkové za pomoc se zpracováním dat v softwaru SIBYLA, Ing. Ivě Kratochvílové za pomoc s překladem anglických odborných textů a svému nadřízenému, lesnímu správci Ing. Stanislavu Hanušovi, za vstřícný přístup po celou dobu mého studia.

Abstrakt

Cílem práce bylo vyhodnotit vliv clony mateřského porostu na přirozenou obnovu borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) v podmínkách Třeboňska a odvodit pěstební doporučení pro dané stanovištní podmínky při uplatnění podrostního způsobu hospodaření.

V roce 2019 byly na revíru Kunšach (Lesy ČR, s.p., LS Třeboň) založeny tři trvalé výzkumné plochy (TVP) o rozměrech 50 x 50 m (0,25 ha). Všechny plochy byly založeny v dospělých borových porostech na stanovištích zmapovaných jako SLT 0K – kyselý dubo-bukový bor.

V každé TVP byla pomocí technologie FieldMap zaměřena pozice všech jedinců a jejich rozdělení do dvou kategorií: stromy ($d_{1,3} > 4$ cm) a přirozená obnova ($d_{1,3} < 4$ cm, $h > 1,50$ m). V kategorii stromy byly zjišťovány následující veličiny: výčetní tloušťka, výška, výška nasazení koruny a korunová projekce. V kategorii přirozená obnova byly zjišťovány veličiny: výčetní tloušťka, výška, šířka koruny a třída pěstební kvality. Ve středu každé plochy byl vyznačen transekt o velikosti 10 x 20 m (0,02 ha), kde byla zaměřena pozice přirozené obnovy s výškou do 1,50 m. U každého jedince byla změřena výška a určen případný okus zvěří. V těchto transektech byla dále na ploškách 50 x 50 cm určována převažující pokryvnost v bylinném patře.

Na základě tloušťkové struktury byla u všech TVP určena hranice mezi horní a dolní etáží ve výčetní tloušťce $d_{1,3} = 15$ cm. Počty jedinců dolní etáže se pohybovaly v rozmezí 0,46 – 0,82 ks.m⁻². Spodní etáž byla složena prakticky jen z borovice, celkové zastoupení ostatních vtroušených dřevin nepřekročilo 1 %. Nejvíce obnovy se vyskytovalo na mechové vegetaci, nejméně naopak na keříčkové, která ale převažovala. Byl prokázán kladný vliv přípravy půdy na vznik přirozené obnovy. Vzhledem k více než nadpolovičnímu podílu nadějných jedinců obnovy byla potvrzena schopnost borovice odrůstat i pod clonou mateřského porostu. Okusem zvěří byla v průměru poškozena 4 % jedinců obnovy. Výskyt jmelí byl zaznamenán v obou etážích, v průměru bylo napadeno 5 % jedinců.

Klíčová slova: *Pinus sylvestris*, přirozená obnova, obnova pod porostem

Abstract

The aim of the study was to evaluate the influence of the shelter of the parent stand on the natural regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the conditions of the Třeboň region and to formulate silvicultural recommendations for the given site conditions when applying the shelterwood regeneration method.

In 2019, three permanent research plots (PRP) measuring 50 x 50 m (0.25 ha) were established in the Kunšach district (Lesy ČR, s.p., LS Třeboň). All PRP were established in mature pine stands on sites mapped as SLT 0K - acid oak-beech pine forest type.

In each PRP, the position of all individuals was mapped using FieldMap technology in two categories: trees ($dbh_{1.3} > 4$ cm) and natural regeneration ($dbh_{1.3} < 4$ cm, $h > 1.50$ m). The following characteristics were measured in the category of trees: diameter at breast height, height, crown height and crown projection area. In the category of natural regeneration diameter at breast height, height, crown width and growing quality class were estimated. A transect measuring 10 x 20 m (0.02 ha) was marked in the center of each area, where the position of natural regeneration individuals with a height of up to 1.50 m was mapped. The height of each individual was measured and the game browsing was estimated. In these transects, the predominant cover in the herbaceous layer was further determined on 50 x 50 cm areas.

As shown in the dbh structure, the boundary between the upper and lower storey was determined for all TVPs around $d_{1.3} = 15$ cm. The numbers of individuals of the lower storey ranged from 0.46 to 0.82 ind.m⁻². Dominant tree species was Scots pine, the total proportion of other woody species did not exceed 1%. Most regeneration occurred on mossy vegetation, the least on shrub vegetation, which, however, prevailed. The positive effect of soil preparation on the emergence of natural regeneration was confirmed. As more than half of the regeneration individuals were in the 1st and 2nd quality class, the ability of pine to grow even under the shelter of the parent stand was confirmed. On average 4% of individuals were damaged by game browsing. The occurrence of mistletoe was recorded in both forest stand stories, on average 5% of individuals were affected.

Keywords: *Pinus sylvestris*, natural regeneration, shelterwood regeneration

Obsah

1. Úvod.....	11
2. Cíl práce.....	12
3. Literární rešerše	13
3. 1. Systematické zařazení borovice lesní, popis rodu a druhu	13
3. 2. Ekologické nároky	14
3. 3. Areál a vývoj rozšíření, ekotypy	16
3. 4. Ohrožení borovice	20
3. 5. Výchova borovice	23
3. 6. Obnova borovice	25
3. 7. Charakteristika studovaného území	35
4. Metodika	40
4. 1. Výběr a založení výzkumných ploch	40
4. 2. Sběr dat v terénu.....	41
4. 3. Zpracování a analýza dat.....	42
5. Výsledky	44
5. 1. Trvalé výzkumné plochy	44
5. 2. Charakteristika přirozené obnovy na transektech	52
6. Diskuse.....	61
7. Závěr	64
8. Seznam použité literatury	65

Seznam tabulek, obrázků a grafů

Tabulky

Tabulka č. 1: Základní představení sledovaných porostů a v nich založených trvalých zkusných ploch (TVP).

Tabulka č. 2: Přehled indexů popisujících strukturu porostu a jejich interpretace.

Tabulka č. 3: Strukturální a produkční charakteristiky sdruženého porostu na trvalých výzkumných plochách (TVP) v roce 2019.

Tabulka č. 4: Ukazatelé porostní biodiverzity sdruženého porostu na trvalých výzkumných plochách (TVP) v roce 2019.

Tabulka č. 5: Taxační charakteristika horní a dolní etáže v jednotlivých trvalých výzkumných plochách (TVP) v roce 2019.

Tabulka č. 6: Vícenásobné porovnání výšek jedinců obnovy dle pokryvnosti v transektech.

Tabulka č. 7: Vícenásobné porovnání počtů jedinců obnovy na 1 m² podle typu dominantního pokryvu.

Obrázky

Obrázek č. 1: Areál borovice lesní.

Obrázek č. 2: Glaciální refugia borovice lesní v Evropě.

Obrázek č. 3: Šíření borovice z glaciálních refugií.

Obrázek č. 4: Lokalizace trvalých výzkumných ploch (TVP).

Obrázek č. 5: Vertikální a horizontální struktura na trvalé výzkumné ploše (TVP) 1.

Obrázek č. 6: Vertikální a horizontální struktura na trvalé výzkumné ploše (TVP) 2.

Obrázek č. 7: Vertikální a horizontální struktura na trvalé výzkumné ploše (TVP) 3.

Obrázek č. 8: Grafické zpracování transektu č. 1.

Obrázek č. 9: Grafické zpracování transektu č. 2.

Obrázek č. 10: Grafické zpracování transektu č. 3.

Grafy

Graf č. 1: Vztah výčetní tloušťky a výšky u trvalé výzkumné plochy (TVP) 1.

Graf č. 2: Četnost tloušťkových stupňů v trvalé výzkumné ploše (TVP) 1.

Graf č. 3: Vztah výčetní tloušťky a výšky u trvalé výzkumné plochy (TVP) 2.

Graf č. 4: Četnost tloušťkových stupňů v trvalé výzkumné ploše (TVP) 2.

Graf č. 5: Vztah výčetní tloušťky a výšky u trvalé výzkumné plochy (TVP) 3.

Graf č. 6: Četnost tloušťkových stupňů v trvalé výzkumné ploše (TVP) 3.

Graf č. 7: Podíl tříd pěstební kvality u přirozené obnovy na jednotlivých trvalých výzkumných plochách (TVP).

Graf č. 8: Výskyt jmelí na jednotlivých trvalých výzkumných plochách (TVP).

Graf č. 9: Vegetační pokryvnost transektů.

Graf. č. 10: Podíl obnovy dle pokryvnosti v transektech.

Graf č. 11: Krabicový graf výšek jedinců obnovy dle dominantního typu pokryvnosti v transektech.

Graf č. 12: Krabicový graf počtů jedinců přirozené obnovy ($h \leq 1,5$ m) v jednotlivých transektech.

Graf č. 13: Krabicový graf počtů jedinců přirozené obnovy ($h \leq 1,5$ m) podle dominantního typu půdního pokryvu.

Graf č. 14: Podíl tříd pěstební kvality v transektech.

Graf č. 15: Okus zvěří v transektech.

Graf. č. 16: Podíl výškových tříd v transektech.

1. Úvod

Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) je jednou z nejvýznamnějších hospodářských dřevin severní a střední Evropy včetně České republiky, kde je naší druhou nejzastoupenější dřevinou (16,2 %) tvořící zhruba jednu šestinu našich lesů. Oproti svému přirozenému rozšíření (3,4 %) je tedy zastoupena téměř pětinasobně. Současné a výhledové doporučené zastoupení borovice je srovnatelné a do budoucna není prozatím počítáno s výraznější změnou (MZE, 2019).

Borovice lesní je dřevina s velmi širokou tolerancí k prostředí, schopná přežívat téměř v jakýchkoliv podmínkách od podmáčených poloh až po jihozápadní slunné svahy. Není ale silná konkurenčně, což má za následek, že je za přirozených podmínek z mezických stanovišť vytlačována klimaxovými dřevinami. V současnosti je vlivem umělé obnovy rozšířena i na území, kde se pravděpodobně původně nevyskytovala vůbec nebo velmi zřídka, tedy na stanoviště, kde by přirozeně dominovaly smíšené porosty (MIKESKA, 2008).

Nejen u nás, ale i v dalších evropských oblastech s významným zastoupením borovice byl vzhledem k její světlomilnosti a provozní jednoduchosti využíván holosečný způsob obnovy porostů s následným využitím přirozené nebo, a to převážně, umělé obnovy. Vlastníci lesů a jejich lesní hospodáři musí v současnosti reagovat nejen na probíhající klimatickou změnu, ale také na zvyšující se zájem široké veřejnosti o životní prostředí i lesní hospodářství jako takové, což má zhruba od poloviny 20. století v různých částech Evropy za následek stále se zvětšující zájem o přírodě bližší či ekologicky orientované způsoby hospodaření, a to nejen ze strany lesnického výzkumu, ale i lesnické praxe (BÍLEK, 2018; ULBRICHOVÁ, 2018).

Významným důvodem rozšíření tohoto alternativního způsobu hospodaření je ale také možnost značné úspory nákladů při obnově lesních porostů pomocí clonných postupů, jelikož hlavním cílem většiny vlastníků lesů bývá zvyšování nebo alespoň udržení rentability hospodaření na jejich majetku (BÍLEK, 2018).

Při podrobném způsobu hospodaření s dlouhou obnovní dobou, kdy jsou hlavními znaky snaha o maximální využívání přírodních procesů a tvorba stabilních porostů, reaguje v rámci porostních mezer borovice poměrně silně na různou dostupnost světla, a to zejména výškovým přírůstem, tvorbou nadzemní biomasy a listové plochy (BÍLEK, 2017).

2. Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je vyhodnotit vliv clony mateřského porostu na přirozenou obnovu borovice lesní v podmínkách Třeboňska a odvodit pěstební doporučení pro dané stanovištní podmínky při uplatnění podrostního způsobu hospodaření.

3. Literární rešerše

3. 1. Systematické zařazení borovice lesní, popis rodu a druhu

Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) systematicky spadá do rodu Borovice (*Pinus* L.) a čeledi Borovicovité (*Pinaceae* Lindl.).

Rod Borovice (*Pinus* L.) jsou vřdyzelené stromy nebo řidčeji keře. Na severní polokouli se vyskytuje přes 100 druhů. Borka je v mládí hladká, později tlustě korkovitá a brázditá. Větve jsou přeslenitě uspořádané, rozlišené na auxiblasty a brachyblasty. Pupy se šupinami jsou ve šroubovici, přičemž šupiny jsou buď přitisklé anebo na špičce odstálé až ohnuté nazpět. Jehlicovité listy, rostoucí ve svazečcích po dvou až pěti, jsou na bázi obalené šupinami, které tvoří blanitou pochvu. Jehlice mají 2 až 20 nečlánkovaných pryskyřičných kanálků a jeden až dva svazky cévní. Samčí šištice jsou umístěny na letorostech v paždí podpůrných listenů, samičí po jedné až třech na letorostech pod vrcholovým pupenem. Šišky jsou nejčastěji kosočtverečné, případně mohou být vejcovité nebo kulovité, dozrávají druhým nebo třetím rokem. Semena jsou křídlatá, jen vzácně bez křídel (HEJNÝ, SLAVÍK 1988).

Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L., dále jen „borovice“) je až 40 m vysoký strom s přímým kmenem a přeslenitě uspořádaným větvením. Kořenový systém bývá mohutný se zachovalým křlovým kořenem. Borka je v mládí hladká, rezavě oranžová, odlupující se v tenkých lístcích, ve stáří šedohnědá, rozpukaná. Letorosty jsou zelenohnědé (HEJNÝ, SLAVÍK 1988).

AMANN (1997) uvádí, že koruna bývá vysoko posazená, v mládí kuželovitá, později silně sklenutá a ve stáří až deštníkovitá. Jako solitér dosahuje dospělosti mezi 15. až 20. rokem, v zápoji zhruba ve 40 letech, na vodou ovlivněných stanovištích i později. Kvete během května, semeno zraje v říjnu až listopadu druhého roku a vylétá v březnu až dubnu roku třetího. Plodí každým rokem, ale bohatší úroda semen se objevuje po dvou až čtyřech letech. DUŠEK (1970) uvádí značný podíl plných semen – zhruba 95 %, vysokou klíčivost 85-90 % a životnost 3 roky.

Kořenový systém je v půdě velmi dobře zakotven, tudíž borovice netrpí vývraty a může být považována za zpevňující dřevinu (MUSIL, HAMERNÍK, 2003). Detailněji se kořenovému systému věnují např. SLODIČÁK a NOVÁK (2011), kteří u borovice rozlišují více typů modifikací, které se utvářejí na základě stanovištních podmínek. Jako nejčastější typ uvádějí mohutnou kořenovou soustavu s dlouhým křlovým kořenem a

s daleko sahajícími bočními kořeny, a to zejména na lehkých, hlubokých a svěžích půdách. Na půdách mělkých, podmáčených nebo naopak balvanitých zůstává kořenový systém mohutný, nevytváří se ale křivý kořen. Na pohyblivých písčích se může vyvinout systém chůdovitý. Značnou závislost architektiky kořenové soustavy borovice vůči stanovišti potvrzuje i KACÁLEK (2017), zejména v míře ovlivnění vodou.

ÚRADNÍČEK (2001) k popisu druhu ještě dodává, že borovice nikdy netvoří výmladky a nekořenuje z řízků. Nemá rezervní spící pupeny, takže poškozené pupeny nenahradí. Ulomený vrchol nahrazuje pouze bočními větvemi tvorbou tzv. bajonetů (MUSIL, HAMERNÍK, 2003).

Co se týče maximálního fyzického věku, HEJNÝ a SLAVÍK (1988) uvádí 300-350 let, ÚRADNÍČEK (2001) 300, vzácně až 500 let a AMANN (1997) dokonce až 600 let.

3. 2. Ekologické nároky

Podle řady českých (MIKESKA, 2008; MUSIL, HAMERNÍK, 2003; ÚRADNÍČEK, 2001; HEJNÝ, SLAVÍK, 1988; KYZLÍK, 1963) i zahraničních (AMANN, 1997) autorů je borovice mimořádně přizpůsobivá dřevina rostoucí na nejrůznějších stanovištích. K čemuž MIKESKA (2008) dodává, že na tuto její vlastnost lesníci často hřeší a nedbají na zásadu, že každý organismus vyžaduje vhodné prostředí, má-li dobře prospívat.

Je to dřevina výrazně světlomilná, ÚRADNÍČEK (2001) ji řadí mezi tzv. pionýrské dřeviny volných ploch, neschopné růstu v zástínu, tolerantnější k zastínění je náhorní ekotyp borovice (ČERVENSKÝ, 2017). Světločnost borovice dokládá MIKESKA (2008) i kvůli brzké kulminaci výškového přírůstu ve věku 15–20 let, ale i přírůstu objemového zhruba ve třiceti letech. KYZLÍK (1963) uvádí, že mírný zástin mateřským porostem snáší pouze semenáčky, a to nejvýše do pěti let věku. K tomuto tématu v poslední době probíhá řada výzkumů, zejména v zahraničí (např. COBAN, 2016), ale i u nás (např. ULBRICHOVÁ, 2018).

Jakožto dřevina převážně kontinentálního klimatu je velmi tolerantní vůči klimatickým podmínkám (ÚRADNÍČEK, 2001), je odolná vůči mrazu i vedru (AMANN, 1997; KŘÍSTEK, 2002), pouze na sypkých půdách může být v mládí ohrožena holomrazy (KYZLÍK, 1963).

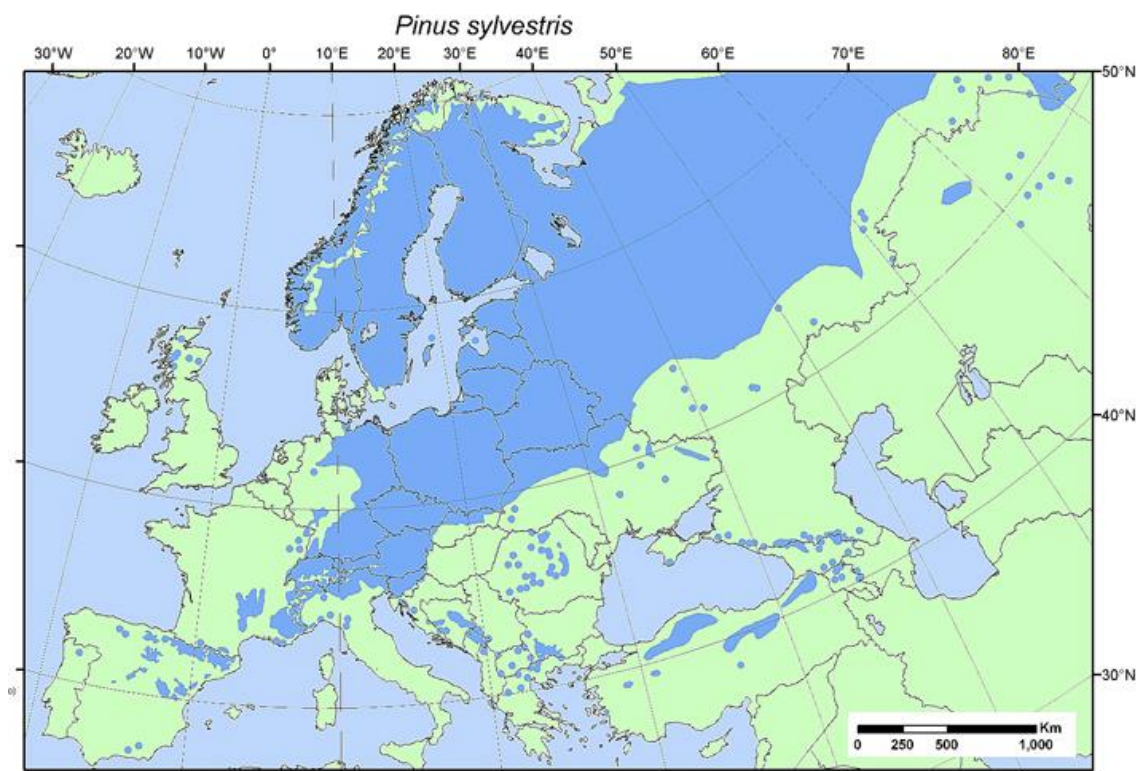
V nárocích na půdu je borovice označována za nejskromnější dřevinu (AMANN, 1997; KYZLÍK, 1963) rostoucí na stanovištích extrémně suchých i podmáčených (MIKESKA, 2008). Toleruje velmi široké pH (BÍLEK, 2017), roste na suchých i vátých písčích, dunách, šterku, kamenitých sutích a skalních ostrozích tvořených nejrozličnějšími horninami, ale i na rašelinných podkladech (ÚRADNÍČEK, 2001). Nejlepší vývoj popisuje AMANN (1997) na hlubokých, kyprých a vyrovnaně svěžích půdách, odkud však (v přirozených podmínkách) bývá vytlačována klimaxovými dřevinami (KUČERA, 1999; ÚRADNÍČEK, 2001). K tomuto POLENO (2007b) a MIKESKA (2008) dodávají, že borovice si zachovala dominanci nebo významný podíl (v přirozených podmínkách) jen na podloží písčitých sedimentů, hadců a na skalnatých výchozech kyselých hornin, v extrémních podmínkách i na vápencích a rašelinách (tzv. reliktní bory) – tedy v podmínkách, kde jiné dřeviny nejsou vůbec schopny růstu nebo by značně trpěly.

Pro borovici (pro její výživu, růst a zdravotní stav), jakožto dřevinu zejména extrémních stanovišť, je velmi významné symbiotické soužití jejích kořenů s houbami, označované jako mykorhiza, přičemž u borovice, tak jako u většiny jehličnanů, se jedná o ektomykorhizu (GRYNDLER, 2004). Na borových kořenech je tato symbióza pozorována s více než 120 druhy hub (MUSIL, HAMERNÍK, 2003).

Borovice je schopna růst ve směsích s většinou dřevin, musí se ale vyskytovat v horní etáži, aby byl zajištěn její odpovídající růst a vitalita (SOUČEK, 2018). ÚRADNÍČEK (2001) jako nejčastější uvádí směs s dubem zimním (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) MIKESKA (2008) hodnotí smíšené porosty borovice s jedlí bělokorou (*Abies alba* Mill.) nebo bukem lesním (*Fagus sylvatica* L.) jako hospodářsky vysoce cenné. Zmiňuje i borové porosty se souvislým podrostem smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) H. Karst.), avšak upozorňuje na jeho značně rozrůzněnou kvalitu způsobenou zejména nedostatkem živin a vody v půdě. Za vhodnou příměs borových porostů NOVÁK (2017b) považuje břízu bělokorou (*Betula pendula* Roth). Z dalších dřevin MUSIL a HAMERNÍK (2003) vyjmenovávají lípu srdčitou (*Tilia cordata* Mill.), habr obecný (*Carpinus betulus* L.) a jalovec obecný (*Juniperus communis* L.). PRETZSCH provedl rozsáhlý výzkum vedoucí napříč Evropou, kde se zabýval smíšenými porosty borovice s bukem (PRETZSCH, 2015) a dubem letním a zimním (PRETZSCH, 2019). Obě směsi hodnotí pro evropské poměry jako velice výhodné a doporučuje jejich další rozšiřování, a to zejména z ekologických důvodů, u směsi s bukem ale zmiňuje i vyšší produkci takového porostu oproti monokultuře (borové i bukové).

3. 3. Areál a vývoj rozšíření, ekotypy

Borovice lesní je borovicí s největším areálem na světě, kdy od Atlantiku prochází Evropou a Sibiří až téměř k Pacifiku (Obrázek č. 1). Nejjižněji se objevuje ve španělském pohoří Sierra Nevada a nejseverněji ve Skandinávii až za polárním kruhem. V celém tomto obrovském eurasijském areálu chybí jen v nížinách s oceánickým klimatem (Anglie, Wales, Irsko, severozápadní Francie a Dánsko), v maďarské nížině a v jihoruských stepích (MUSIL, HAMERNÍK, 2003). Rovněž KYZLÍK (1963) popisuje borovici jako jednu z nejrozšířenějších dřevin na Zemi s areálem na jedné třetině severní polokoule sahajícím od Skotska po Kamčatku. V Evropě borovice vertikálně dosahuje až do výšky 2 200 m n. m. v pohoří Sierra Nevada a 2 700 m n. m. na Kavkaze, v Asii (v pohoří Altaj) vystupuje do výšky téměř 1 600 m n. m. Obecně lze uvést, že borovice je v severských oblastech dřevinou nížin a na jihu naopak dřevinou pohoří (MUSIL, HAMERNÍK, 2003).

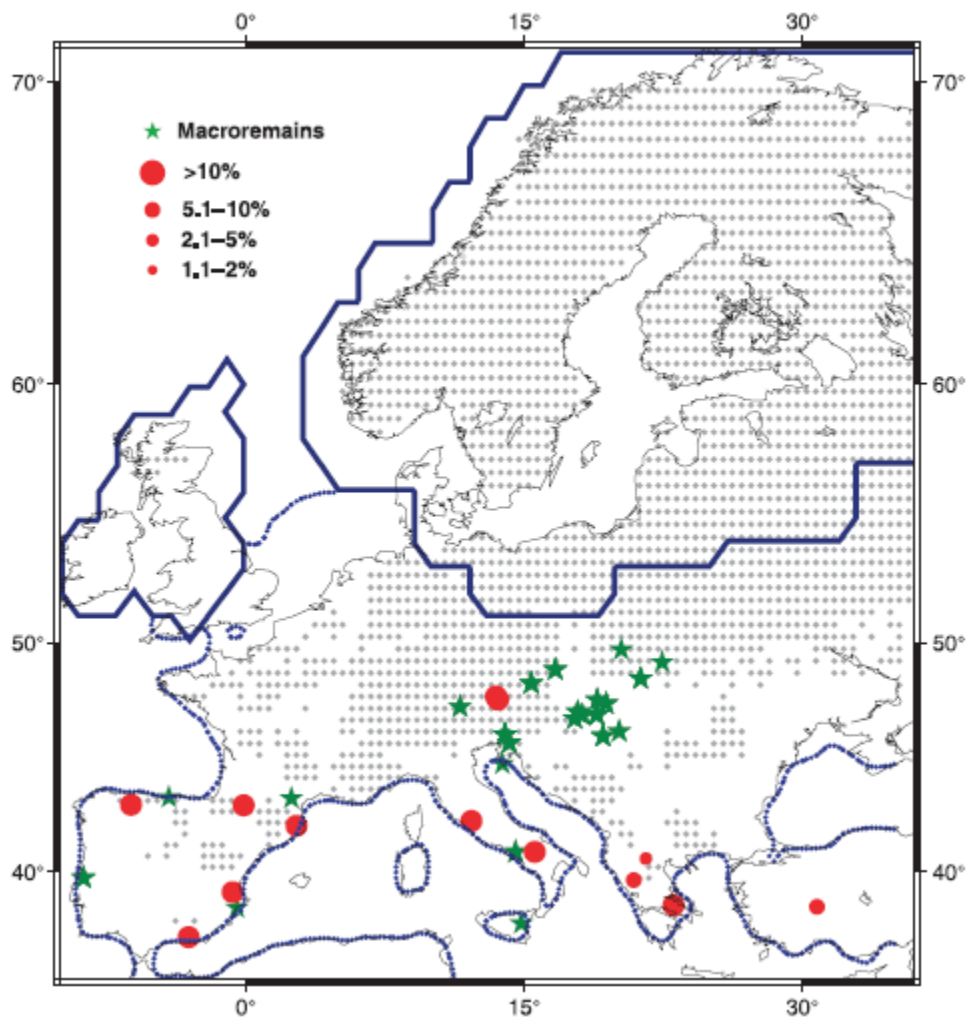


Obrázek č. 1: Areál borovice lesní. Zdroj: Euforgen, 2009.

Borové porosty se vyskytují téměř na celém evropském kontinentu, avšak ty, které jsou tvořené konkrétně borovicí lesní, mají těžiště v severní, střední a východní Evropě (MIKESKA, 2008). Ve střední Evropě jsou rozlišovány tři skupiny reliktních borů:

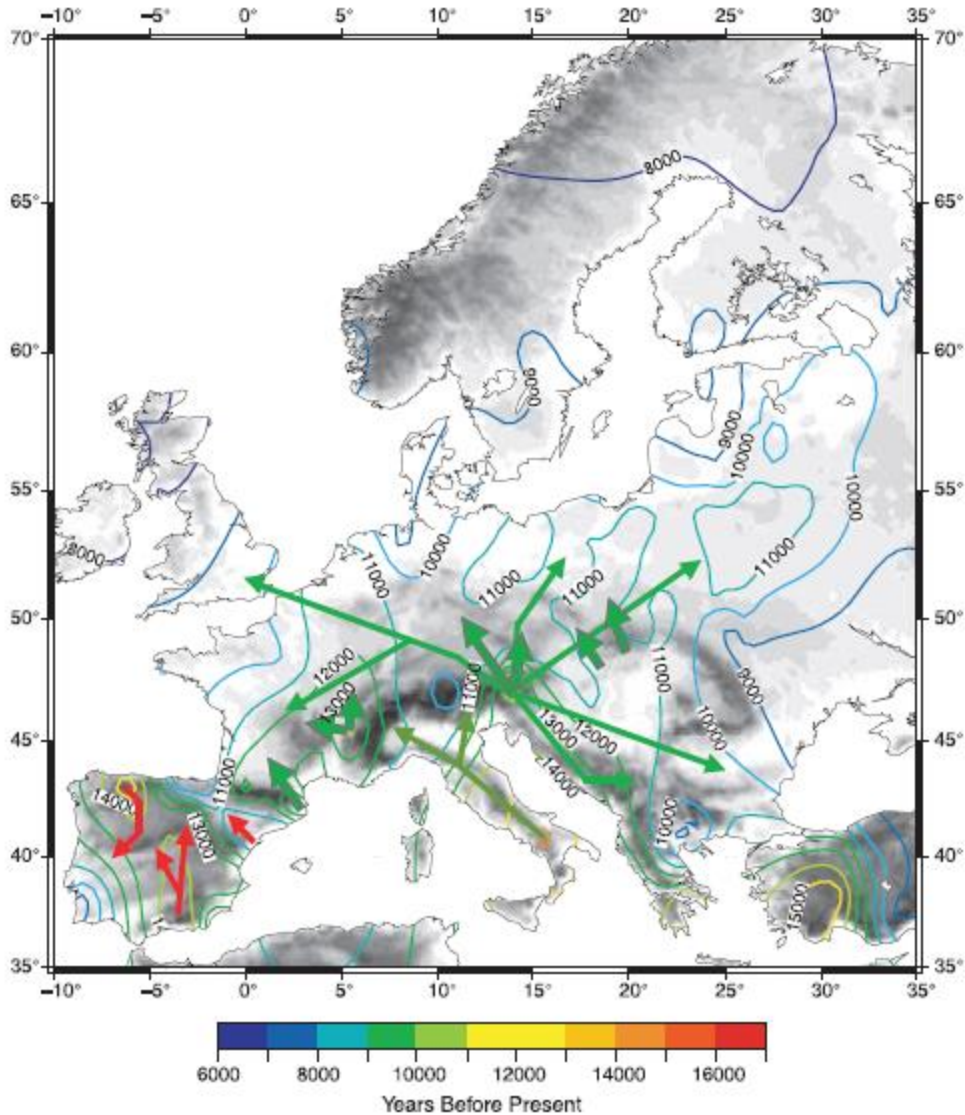
kontinentální východoevropské až jihosibiřské bory, bazofilní (květnaté) bory a oligotrofní bory, které jsou na našem území nejčastější (KUČERA, 1999).

Výzkumem šíření borovice v postglaciální době se zabýval např. CHEDDADI (2006), který zjistil, že v Evropě se v izolovaných refugii zachovaly tři odlišné haploidní genotypy (haplotypy), a to v okolí Alp a na Apeninském a Pyrenejském poloostrově (Obrázek č. 2). Obě populace z jižní Evropy mají pravděpodobně podobné klimatické nároky, zejména citlivost vůči nižším zimním teplotám a nižší nároky na vodu. Naproti tomu severněji položená alpská populace je vůči nízkým teplotám tolerantnější, má však vyšší nároky na vodu.



Obrázek č. 2: Glaciální refugia borovice lesní v Evropě; červené body – refugia dle pylové analýzy, zelené hvězdičky – refugia dle fosilních nálezů, šedé tečky – současné rozšíření. Zdroj: Cheddadi, 2006

Tím se pravděpodobně vysvětluje původ vzniku populací na severu Evropy, které jsou odlišné od populací na Apeninském a Pyrenejském poloostrově. Šíření třech uvedených evropských haplotypů ukazuje Obrázek č. 3 (CHEDDADI, 2006).



Obrázek č. 3: Šíření borovice z glaciálních refugií. Zdroj: Cheddadi, 2006

V České republice se autochtonní porosty borovice vyskytují v několika ekotypech ve vegetačních stupních od nížin do hor (MIKESKA, 2008). Tyto porosty pocházejí ze středoevropských populací, které v různých izolovaných refugiích přežily poslední a pozdní glaciál (NEUHÄUSLOVÁ, 1998; KUČERA, 1999), kdy byla borovice nejzastoupenější dřevinou (15 000 – 10 000 let B. P.), dále se hojněji vyskytovaly bříza bělokorá (*Betula pendula* Roth) a pýřitá (*B. pubescens* Ehrh.), topol osika (*Populus tremula* L.), jalovce (*Juniperus* L.) a smrky (*Picea* A. Dietr.). V teplejších výkyvech došlo

k vytváření světlých lesostepních březo-borových porostů nebo naopak ve výkyvech chladnějších vznikaly porosty boro-březové, zakrslé (NEUHÄUSLOVÁ, 1998). Tento stav přetrvával i v prvním teplejším období – preboreálu – kdy se pouze nově objevila olše (*Alnus* Mill.). V boreálu (9 000 – 7 500 let B. P.) byla borovice stále ještě hojně zastoupena, avšak začíná se uplatňovat dub (*Quercus* L.), jilm (*Ulmus* L.) a především líska (*Corylus* L.). Během období atlantiku (7 500 – 4 500 let B. P.), který je označován jako holocenní klimatické optimum, subboreálu (4 500 – 2 500 let B. P.) a i nejmladšího subatlantiku (2 500 let B. P. – současnost) je borovice postupně vytlačována konkurenčně silnějšími druhy, zejména expanzí buku lesního (*Fagus sylvatica* L.), jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.) a smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) H. Karst.) na reliktní stanoviště (HEJNÝ, SLAVÍK, 1988), kdy se na našem území její přirozené zastoupení odhaduje na 3,4 % (MZE, 2019). Tento vývoj zastoupení borovice na našem území potvrdil i nenovější výzkum (ABRAHAM, 2016), třebaže u jiných dřevin byly zjištěny i značné rozdíly. V současnosti (zhruba od 18. století) je borovice v podmínkách střední Evropy opět hojně zastoupena (NEUHÄUSLOVÁ, 1998), avšak díky umělé obnově, kdy byla rozšířena i na území, kde se pravděpodobně původně nevyskytovala vůbec nebo velmi zřídka (MIKESKA, 2008), tedy na stanoviště, kde by přirozeně dominovaly smíšené porosty (SOUČEK, 2018). Často je velmi obtížné určit, zda se jedná o bory kulturní nebo reliktní (KUČERA, 1999).

ČERVENSKÝ (2017) vylisuje na našem území dva základní ekotypy – borovici nížinnou (chlumní) v 1. – 4. LVS a borovici horskou (náhorní) v 5. – 7. LVS. Tyto se od sebe liší zejména svým habitem a ekologickými nároky, přičemž vytvářejí různé biocenózy. Někteří autoři (např. MIKESKA, 2008) ale rozlišují borové ekotypy podrobněji na nížinnou v 1. a 2. LVS, chlumní v 3. a 4. LVS, náhorní v 5. a 6. LVS a horskou v 7. a 8. LVS. Tyto ekotypy, tak jako i u jiných druhů dřevin, se navzájem liší svými vlastnostmi a jedním nebo i více znaky a tyto odlišnosti jsou dědičné (ŠINDELÁŘ, 2005).

Výzkumem ověřovacích borových výsadeb založených na potomstvech 126 uznaných jednotek z České a Slovenské republiky se mezi některými regionálními populacemi (v rámci semenářských oblastí) prokázaly někdy i značné rozdíly, například mezi borovici heraltickou, severočeskou, šumavskou, třeboňskou a východočeskou, kdy u třeboňského ekotypu byla prokázána dobrá tvárnost kmene, jemné ovětvení a kvalitní dřevo. Toto potvrzuje i MIKESKA (2008), který třeboňskou borovici popisuje jako velice

kvalitní ekotyp s rovným, plnodřevným a bezsukým kmenem o výšce až 35 m a s vysoko nasazenou korunou. Zároveň považuje tento ekotyp i za poměrně odolný vůči sněhovým polomům, přestože borovice obecně je k tomuto poškození značně náchylná (ÚRADNÍČEK, 2001). Rovněž ČÁP (2016) pomocí analýzy DNA s využitím čtrnácti jaderných mikrosatelitových markerů potvrdil genetickou variabilitu mezi některými regionálně či lokálně významnými populacemi borovice včetně třeboňské.

V současné době se na území České republiky borové porosty rozkládají na ploše 422 243 ha, což v celkové dřevinné skladbě našich lesů představuje zastoupení 16,2 % (MZE, 2019). Nejčastěji (téměř 44 % celkového zastoupení) se vyskytuje v hospodářském souboru 23 – kyselá stanoviště nižších poloh, dále pak 27 – oglejená chudá stanoviště nižších a středních poloh, 13 – přirozená borová stanoviště, 21 – exponovaná stanoviště nižších poloh a 39 – podmáčená chudá stanoviště (POLENO, 2009). Toto její značné současné rozšíření, téměř pětinasobné oproti přirozenému stavu 3,4 % (MZE, 2019), je dáno její velmi širokou tolerancí k prostředí a velkým hospodářským významem (BÍLEK, 2018).

3. 4. Ohrožení borovice

V mladých borových porostech se na mortalitě jedinců kromě lidského faktoru (36 %) podílejí sucho s 28 %, houbová onemocnění 12 %, útlak okolní vegetací 10 %, klikoroh borový (*Hyllobius abietis* L.) a škody zvěří shodně po 5 % (NÁROVCOVÁ, NÁROVEC 2013).

3. 4. 1. Abiotická ohrožení

Borovice je značně odolná vůči větru (ÚRADNÍČEK, 2001), jelikož její mohutný kořenový systém je v zemi velmi dobře zakotven (MUSIL, HAMERNÍK, 2003) a je tedy možno považovat ji za zpevňující dřevinu (KACÁLEK, 2017). KŘÍSTEK (2002) popisuje náhorní ekotyp borovice vůči větru za odolnější než ekotypy z nižších poloh, a to zejména z důvodu tvaru a velikosti koruny, s čímž souhlasí i ČERVENSKÝ (2017).

Převažuje názor, že borovice je dřevinou velmi odolnou vůči suchu (HEJNÝ, SLAVÍK, 1988; ÚRADNÍČEK, 2001; MIKESKA, 2008), ale naopak KŘÍSTEK (2002) ji označuje jako za jednu z nejohroženějších, k čemuž LIŠKA (2018) dodává, že odolnost borovice vůči suchu je značně přeceňována, zejména na nevhodných stanovištích.

NOVÁK (2017a) a SOUČEK (2018) upozorňují na fyziologický stres borovic způsobený nízkými úhrny srážek v posledních letech, zejména ve vegetačním období. Zamokření snáší dobře (KŘÍSTEK, 2002).

Vůči mokrému sněhu je v našich podmínkách borovice nejohroženější dřevinou, a to již od věku 10 let. Jednou z příčin je křehkost jejího dřeva, kdy ze stejného důvodu je zmiňována i možnost poškození námrazou (KŘÍSTEK, 2002) a jinovatkou (ÚRADNÍČEK, 2001). Za nejškodlivější je považován sníh o hmotnosti 400–500 kg/m³ (POLENO, 2007a). NOVÁK (2017a) ve smyslu odolnosti dřevin vůči abiotickým vlivům (zejména sněhu, tzv. bezpečnost produkce) konstatuje, že borovici nebyla v minulosti věnována dostatečná pozornost.

Většině našich dřevin škodí dlouhodobé horko s teplotami nad 35 °C, kdy dochází k přehřátí povrchu stromů a tím ke vzniku korní spály. Vůči tomuto poškození je borovice značně odolná (KŘÍSTEK, 2002). Díky hluboko položenému kořenovému systému a silné borce nebývá poškozována požáry (MUSIL, HAMERNÍK, 2003). Je velmi odolná i vůči mrazu (AMANN, 1997).

3. 4. 2. Biotická ohrožení

PALOVČÍKOVÁ (2008) uvádí jako nejzávažnější problém choroby jehlic, a to především sypavky *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chevall, *Lophodermium seditiosum* Minter, Staley, Millar, *Cyclaneusma minus* (Butin) DiCosmo, Peredo, Minter a *Cyclaneusma niveum* (Pers.) DiCosmo, Peredo, Minter, a následně některé druhy borovicových rzí (*Coleosporium* spp.). Z patogenů kořenů a kmene zmiňuje *Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat., *Sparassis cripsa* (Wulfen) Fr., *Onnia triqueter* (Per.) Imazeki a *Phellinus pini* (Brot.) A. Ames. Z chorob letorostů a kambia uvádí *Cenangium ferruginosum* Fr., *Sphaeropsis sapinae* (Fr.) Dyko, B. Sutton, *Gremmeniella abietina* (Laferb.) M. Morelet, *Sirococcus strobilinus* Desm. a *Melampsora populnea* (Pers.: Pers.) P. Karst.

Hmyzím škůdcům borovice se podrobněji věnuje např. BERÁNEK (2008), který mimo jiné zmiňuje, že borovice je díky svým ekologickým nárokům vhodným hostitelem pro celou řadu druhů hmyzu a v každém věku má hned několik mortalitních škůdců.

V nejranější životní fázi zmiňuje ponravy chroustů (*Melolontha* spp.) na kořenech rostlin, housenky osenic (*Agrotis* spp.), ploskohřbetku sazenicovou (*Acantholyda*

hieroglyphica Christ.), štítenky (*Leucaspis* spp.), korovnici borovou (*Pineus pini* L.), klikoroha borového (*Hylobius abietis* L.) a lýkohuba borového (*Hylastes ater* Payk.). Klikoroh borový (*Hylobius abietis* L.) představuje svým úživným i regeneračním žírem významné ohrožení umělých BO výsadeb, avšak v porostech vzniklých z přirozené obnovy se vyskytuje jen zřídka.

Ze škůdců mlazín a tyčkovin vyjmenovává obaleče prýtového (*Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff.), obaleče pryskyřičného (*Retinia resinella* L.), hřebenuli ryšavou (*Neodiprion sertifer* Fourcr.), ploskohřbetku borovou (*Acantholyda erythrocephala* L.), smoláka mlazínového (*Pissodes castaneus* Deg.), lýkožrouta dvouzubého (*Pityogenes bidentatus* Hbst.), nosatce borového (*Brachonyx pineti* Payk.), medovnici borovou (*Cinara pini* L.) a podkornici zhoubnou (*Aradus cinnamomeus* Panz.), která se vyskytuje jen na pro borovici nevhodných stanovištích.

U starších porostů ve stádiu tyčovin a kmenovin uvádí zejména různé druhy motýlů, jejichž larvy škodí na jehlicích – sosnokaz borový (*Panolis flammea* Dem. et Schiff.), tmavoskvrnák borový (*Bupalus piniarius* L.), bourovec borový (*Dendrolimus pini* L.) a lišaj borový (*Sphinx pinastri* L.). Z dalších defoliátorů zmiňuje hřebenuli borovou (*Diprion pini* L.) a smoláka borového (*Pissodes piniphilus* Hbst.) a sosnového (*P. pini* L.). Z kůrovců za významné škůdce, ikdyž spíše sekundárního charakteru, považuje lýkohuba menšího (*Tomicus minor* Htg.) a sosnového (*T. piniperda* L.) a lýkožrouta vrcholkového (*Ips acuminatus* Gyll.)

Z obratlovců lesní dřeviny nejvíce poškozují druhy z čeledi jelenovití (*Cervidae*), v lesnicko-myslivecké terminologii označované jako zvěř spárkatá (ČERVENÝ, 2016) – daněk skvrnitý (*Dama dama* L.), jelen evropský (*Cervus elaphus* L.), sika japonský (*Cervus nippon* T.) a srnec obecný (*Capreolus capreolus* L.) – přičemž dřeviny poškozují několikerým způsobem – okusem pupenů a letorostů, ohryzem a loupáním kůry, oděrem kůry, vytloukáním paroží, vytahováním a zašlapáváním sazenic a žírem semen (KŘÍSTEK, 2002). Při okusu pupenů a letorostů se nárosty a kultury postupně stávají nejen početně, ale především druhově, stále chudší (včetně bylinného patra) a rostou mnohem pomaleji, jelikož každý okus terminálu způsobuje zhruba půlroční ztrátu na přírůstu (POLENO, 2009). Při loupání a ohryzu a následném rozvoji ranových hnilob dochází jednak ke zhoršení kvality dřevní hmoty a ztrátě na přírůstu, ale také ke snížení mechanické stability porostů a predispozici pro další poškození, ať už biotickými nebo abiotickými činiteli (ČERMÁK, JANKOVSKÝ, 2006).

3. 5. Výchova borovice

Cílem pěstování borovice je produkce kvalitních sortimentů s malou sukatostí, především pak dýhárenské výřezy o tloušťce přes 40 cm (MIKESKA, 2008). Pěstební požadavky borovice jsou kvůli jejím biologickým vlastnostem shodnější s listnáči než s jehličnany, je to zejména z důvodu, kdy při náhlém uvolnění a zvýšeném množství světla má tendenci k tvorbě silných větví, ale naopak jen pomalu a slabě reaguje růstem kořenového systému a zvýšeným přírůstem (PLÍVA, 2000). POLENO (2009) navíc upozorňuje, že při silně intenzivní výchově hrozí dlouhodobý pokles přírůstu i celková ztráta na objemové produkci, naproti tomu ale jen slabé zásahy nepříznivě ovlivňují mikroklimatické podmínky uvnitř porostů. Detailněji se vlivu výchovných zásahů v borových porostech věnuje CHROUST (1997), který na základě svých rozsáhlých výzkumů potvrzuje, že po silně intenzivních prořezávkách došlo ke zvýšení nadzemní biomasy stromů (zvětšila se délka korun a větví), což ale mělo za následek nárůst fotosyntetického výkonu jehličí (FAR), zejména z důvodu navýšení jeho množství. Dále uvádí, že výškový přírůst mlazin není intenzitou výchovy ovlivněn, k výraznější pozitivní reakci na úroňovou probírku ale dochází v porostech 30 až 40letých. Naopak u přírůstu tloušťkového se pozitivní vliv výchovy projevil pouze v mlazinách, ve starších porostech je již reakce na uvolnění nízká (CHROUST, 1997).

Podle MIKESKY (2008) jsou pro borovici prořezávky a první probírka rozhodujícím faktorem pro možnost formování porostu. SLODIČÁK a NOVÁK (2011) definují cíl výchovy borových porostů především jako zvýšení jejich kvality a odolnosti proti stresovým faktorům. Rovněž CHROUST (1997) jako hlavní smysl v borovici prováděné výchovy uvádí zajištění její kvality. V mládí vyžaduje borovice podle PLÍVY (2000) dostatečnou hustotu, umožňující při výchově dostatečnou možnost selekce, a tudíž jsou prostřihávky a prořezávky omezeny na negativní výběr obrostlíků, předrostlíků a tvarově nevhodných jedinců, s čímž souhlasí i SANIGA (2017) a doporučuje uplatňovat zásadu „včas, mírně a často“. POLANSKÝ (1966) k tomuto ještě navíc doplňuje možnost odstranění hynoucích podúrovňových jedinců, hlavně z důvodu přehlednosti porostu. S tímto ale někteří autoři (např. MIKESKA, 2008) nesouhlasí, zejména z ekonomických důvodů. Z důvodu nutného zvýšení druhové rozmanitosti borových porostů musí být výchovou podporovány veškeré, stanovištně vhodné, vtroušené a přimíšené dřeviny (MIKESKA, 2008; NOVÁK, 2017a).

Z hlediska ekologických efektů výchovy borových mlazin a tyčkovin CHROUST (1997) uvádí, že v důsledku nižší intercepce světelného záření v borových korunách je možnost zvětšení ozářenosti nitra porostu a korun jednotlivých stromů pomocí prořezávek poměrně nízká. Rovněž nízká je po výchovném zásahu i změna teploty vzduchu a půdy a obsahu vody v půdě. Naopak výrazný je vliv výchovy mladých porostů na snížení intercepčních ztrát, což má význam nejen z hlediska produkčního, ale i vodohospodářského (CHROUST, 1997). NOVÁK (2013) dále uvádí, že výchovný zásah se může v borových porostech projevit také snížením opadu, tím pádem i pomalejší tvorbou surového humusu, a to až po dobu osmi let.

Přestože PRŮŠA (2001) uvádí, že ačkoliv jsou probírky nejvíce ovlivňovány prostředím, a proto nemůžeme u jedné dřeviny použít všude stejného způsobu a intenzity probírek, u borovice podle něj převládají probírky podúrovňové se slabou intenzitou, což uvádí také POLENO (2009). Zastáncem podúrovňových probírek v borových porostech je i ŠIMERDA (2002).

Jelikož od stadia tyčovin již borovice nemá tendenci ke košatění, doporučuje SANIGA (2017) přechod na úrovnovou probírku s pozitivním výběrem, kdy cílem je uvolnění korun kvalitních stromů a tím dosáhnout vyššího světlostního přírůstu, přičemž zakmenění by nemělo klesnout pod hodnotu 0,80. Rovněž MIKESKA (2008) doporučuje během probírkových zásahů, jejichž cílem je jak zvýšení kvality produkce, tak vytvoření optimální struktury a textury porostu, neklesnout pod kritické zakmenění 0,80 – 0,85. Také z výzkumu ŠMUDLY (2011) vyplývá jako optimální zakmenění 0,80 – 0,90, které umožňuje dobrý vývoj porostů zajišťujících vhodný poměr mezi tloušťkou a výškou a zároveň není omezen celkový běžný přírůst. Zastáncem úrovnových probírek je i SOUČEK (2018), podle kterého cílené a pozvolné prosvětlování porostu zlepšuje stabilitu uvolněných jedinců a podpoří tvorbu pravidelných korun a jejich produkční potenciál. Zhruba od 6. věkového stupně MIKESKA (2008) doporučuje určení asi 150 až 300 (dle produkční schopnosti stanoviště) nejkvalitnějších cílových stromů a ty během probírek systematicky podporovat, aby byl zajištěn jejich zdárný vývoj.

SLODIČÁK a NOVÁK (2011) k probírkám ještě dodávají, že důležitým předpokladem kvalitního provedení výchovy je včasné a řádné rozčlenění porostu na pracovní pole, jehož účelem je zpřístupnění porostu a tím i dosažení minimalizace poškození stromů při těžbě a soustředování dříví. Šířku linek doporučují 3-3,5 m.

Za účelem zvýšení podílu cenného dříví je některými autory (MIKESKA, 2008; VÁLEK, 2011; SOUČEK, 2018) zmiňováno i vyvětřování nejkvalitnějších jedinců v porostu.

Jelikož bude i v budoucnu borovice patřit mezi významné porostotvorné dřeviny v České republice, bude podle MIKESKY (2008) nutné, vzhledem k měnícím se přírodním podmínkám, upravit optimální výchovné programy pro tuto dřevinu. S tímto souhlasí i BÍLEK (2018), který zmiňuje zejména rozdílné výchozí podmínky porostů při využití maloplošných obnovních postupů.

3. 6. Obnova borovice

Obnova lesa, jakožto proces nahrazování stávajícího porostu porostem novým, patří k základním úkolům pěstování lesů. Základní členění obnovy je podmíněno způsobem vytváření nových porostů. Rozlišují se dvě základní formy – obnova přirozená a obnova umělá, případně jejich kombinace (POLENO, 1994). V roce 2018 proběhla v České republice obnova lesa na celkové ploše 25 320 ha, přičemž z 84 % se jednalo o obnovu umělou a jen z 16 % o obnovu přirozenou (MZE, 2019).

3. 6. 1. Přirozená obnova

Přirozenou obnovou se označuje způsob vzniku nového porostu autoreprodukcí porostu mateřského, nejčastěji generativní (semennou) cestou. V úvahu připadá i cesta vegetativní, kořenovou a pařezovou výmladností (POLENO, 1994). Mezi základní předpoklady úspěšné přirozené obnovy MIKESKA (2008) řadí fenotypickou vhodnost mateřského porostu, jeho včasnou přípravu k obnově a vhodnou úpravou půdního prostředí. POLENO (2009) k těmto ještě doplňuje vhodné klimatické podmínky a příznivý stav porostního mikroklimatu.

Z předností přirozené obnovy POLENO (2009) vyjmenovává možnost zachování autochtonních (ale i osvědčených alochtonních) populací a jejich vysoké genetické diverzity, snazší přizpůsobení se poměrům mikrostanoviště, lepší a stabilnější růst, jelikož nedochází k poškození kořenového systému (školkování, podřezávání, výsadba), obrovské možnosti výběru během výchovných zásahů a značná úspora nákladů oproti zalesnění a následné péči o kultury. K významným přednostem přirozené obnovy ČERVENÝ (2012) dodává také méně významné škody zvěří, jelikož dochází ke zvýšení

úživnosti lesa a rozptýlení zvěře po celé honitbě. Samozřejmě je ale nutné zmínit i nevýhody, jako jsou závislost na fruktifikaci stromů, dřevinné skladbě mateřského porostu, nerovnoměrnost hustoty náletů a zvýšené náklady u prvních výchovných zásahů (POLENO, 2009). MÍCHAL (1992) považuje přirozenou obnovu za velice významnou pro stabilitu lesních ekosystémů a pro reprodukci genových zdrojů. Rovněž upozorňuje na značný pokles jejího využití v druhé polovině minulého století, který na našem území vyvrcholil v r. 1986, kdy jen 2 % výměry obnovovaných ploch bylo zajištěno přirozeným zmlazením.

Podle PRŮŠI (2001) jsou možnosti přirozené obnovy zásadně větší, než je v současnosti využíváno. Jako nejpříznivější, zejména z důvodu pomalého rozvoje buřeně, označuje stanoviště na mírně chudých půdách s řídkou vegetací tvořenou trávami a keříčky. Rovněž POLENO (2009) považuje dosažení přirozené obnovy jako nejsnazší na stanovištích kyselé ekologické řady (dle metodiky UHUL), která je zároveň nejrozšířenější řadou v ČR (PRŮŠA, 2001).

Přirozená obnova borovice se na území Evropy uplatňuje jen zřídka a k většímu využití dochází pouze ve Skandinávii. Za velmi významný důvod nárůstu podílu přirozené obnovy v borových porostech na území České republiky považuje ŠINDELÁŘ (2004) aspekt zachování a reprodukce genových zdrojů hospodářsky mimořádně hodnotných regionálních populací (zejména treboňské, heraltické a šumavské).

KARLSSON a NILSSON (2005) uvádějí, že přirozená obnova nastupuje pouze v případě dostatečné semenné úrody a současně je nutný vhodný průběh počasí na jaře v létě, tedy v době klíčení (BÍLEK, 2017), důležitý je ale i průběh počasí již v době kvetení a zrání semene, který má významný vliv na klíčivost a energii klíčení (BEZDĚČKOVÁ, 2018). Semenný rok není nezbytnou nutností, jelikož borovice při dostatečném světelném požitku plodí každým druhým rokem (ÚRADNÍČEK, 2001). Při bohaté úrodě (semenném roce) nalétne na jeden hektar obnovované plochy tři až sedm miliónů borových semen (POLENO, 2009). Borové semeno nejčastěji spadne do dvaceti metrů od mateřského stromu (SCOTT, 2000), běžně létá do 50 až 100 m, avšak při vhodných povětrnostních podmínkách se může objevit i ve vzdálenosti jednoho kilometru (MUSIL, HAMERNÍK, 2003). Významným limitujícím faktorem přirozené obnovy borovice je výskyt buřeně, a to zejména v prvních dvou až třech letech (DANČÁKOVÁ, 2008), kdy na plochách bez bylinné vegetace jsou počty přirozené obnovy až trojnásobně vyšší (SCOTT, 2000). KORPEL (1991) uvádí, že klíčení a ujímání semenáčků

znemožňují hlavně trávy (*Gramineae* Juss.), SCOTT (2000) a MIKESKA (2008) zmiňují zejména brusnici borůvku (*Vaccinium myrtillus* L.) a vřes obecný (*Calluna vulgaris* L.), s čímž souhlasí i ULBRICHOVÁ (2018). Naopak za výhodný je možné považovat výskyt mechů rodu *Dicranum* Hedw., *Hylocomium* Schimp. a *Hypnum* Hedw. (ŠINDELÁŘ, 2004; MIKESKA, 2008), jelikož lépe zadržují vodu, kterou mohou semenáčky využít (WARDLE, 2003). Klíčení probíhá nejlépe za plného nebo částečného slunečního světla (MUSIL, HAMERNÍK, 2003) a při vhodných podmínkách může vzejít až 150 tis. semenáčků na hektar (ZERZÁN, 2008). Tento počet se však v dalších letech výrazně snižuje autoredukci, která může činit až 95 % (POLENO, 2009).

3. 6. 2. Umělá obnova

Umělá obnova je způsob tvorby nového porostu buď sadbou semenáčků a sazenic vypěstovaných v lesních školkách, nebo sítí semen. Zcela převládá na holosečných obnovních prvcích, ale může se použít i při podrostním hospodaření ve formě podsadeb a podsítí (POLENO, 1994).

POLENO (2009) řadí mezi hlavní výhody umělé obnovy nezávislost na stavu obnovovaného porostu, nezávislost na výskytu semenných roků, záruku genetické kvality sadebního materiálu a tím i zvýšení potenciální produkce následného porostu, jednoduchost zabezpečení cílové dřevinné skladby a jejího prostorového rozmístění, rychlejší zajištění kultur a méně nákladná následná výchova. Naopak za hlavní nevýhodu umělé obnovy považuje vysoké náklady při zalesňování. Nevýhodou je i vysoká mortalita semenáčků a sazenic po výsadbě, která bývá nejčastěji způsobená použitím nekvalitního sadebního materiálu nebo nesprávnou manipulací s ním během transportu a zalesňovacích prací (NÁROVCOVÁ, NÁROVEC, 2012).

V roce 2018 byla borovice v České republice uměle obnovena na ploše 2 076 ha, čímž její podíl na celkové umělé obnově činil necelých 10 % (MZE, 2019). Nový borový porost lze uměle založit jak sítí, tak prostokořennou i krytokořennou sadbou (NÁROVCOVÁ, NÁROVEC, 2012). Nejčastěji je používána prostokořenná sadba (SLODIČÁK a kol., 2013), ale podíl sadby krytokořenné postupně narůstá (FOLTÁNEK, 2018). Podíl sítě u borovice bohužel zdaleka nedosahuje hodnot, jaké by si zasloužil (POLENO, 2009).

V minulosti byly borové porosty zakládány ve velmi hustých sponech při použití 20 až 40 tisíc sazenic na hektar (MIKESKA, 2008), od čehož se již v současnosti upouští a nejčastěji je zalesňováno 10 až 15 tisíc sazenic (POLENO, 2009), přičemž z hlediska platné legislativy nesmí hektarové počty klesnout pod 8 až 9 tisíc sazenic dle stanoviště (NÁROVCOVÁ, NÁROVEC, 2013).

Borovice jakožto heliosciofyt snáší jak zastínění, tak je tolerantní i ke 100 % relativnímu ozáření, což vede k tomu, že se při její obnově nabízí celá řada postupů a mohou být použity seče různých velikostí i s různou orientací ke světovým stranám (NÁROVCOVÁ, NÁROVEC, 2012). Z českých výzkumů (NÁROVCOVÁ, NÁROVEC, 2012) jsou zmíněny kvalitně odrůstající borové kultury na holosečích i o maximální povolené velikosti dva hektary, ale např. ve Švédsku i na plochách několikanásobně větších (PRESCHER, 2018).

Vhodnou alternativou umělé obnovy borovice jsou síje (SOUČEK, 2018). Celkové ekonomické porovnání sadby nebo síje je sice značně problematické, ale POLENO (2009) upozorňuje hlavně na ekologické přednosti síjí, které přirovnává k přirozené obnově, a to zejména u dřevin s křivým kořenovým systémem (borovice-buk-dub-jedle). Borovou síjí doporučuje po přípravě půdy provést v časném jaře, jelikož je v půdě dostatek vláhy pro klíčení, a to při použití 2 až 3 kilogramů semene na hektar. Takový postup doporučují i ČÍŽEK a kol. (1959), zejména na vodou neovlivněných půdách. Vhodně uskladněné osivo má životnost až 15 let (MUSIL, HAMERNÍK, 2003) ale DUŠEK (1970) nedoporučuje vysévat semena starší tři let, jelikož u nich poté velmi rychle klesá klíčivost, která jinak činí 85-90 %. Pro zlepšení klíčivosti navíc CUKOR (2017) doporučuje provést aplikaci brassinosteroidů – fytohormonů významně ovlivňujících růst a fyziologické procesy rostlin. Úspěšnost síjí spočívá zejména na půdních a klimatických podmínkách v době klíčení a odrůstání (SOUČEK, 2018).

Borové síje byly využívány zejména v minulosti, kdy se první písemná zmínka objevuje roku 1368 z oblasti bavorského Norimberku, z našeho území pak v roce 1589 v blízkosti Prahy. Dodnes je tento způsob obnovy využíván ve Finsku a Švýcarsku (POLENO, 2009).

3. 6. 3. Kombinovaná obnova

Jedná se o obnovu porostu, kdy je na jedné obnovované ploše záměrně využito obou výše zmíněných forem. Základem nového porostu je obvykle přirozené zmlazení, které je účelně uměle doplněno buďto stejnou dřevinou nebo i dalšími dřevinami obnovního cíle (POLENO, 1994). Pokud se borové porosty obnovují na úzkých kulisách bočním náletem, doporučuje ŠINDELÁŘ (1997) opačný postup, tedy nejprve vysadit dřeviny, které mají tvořit příměs, nejlépe v hloučcích nebo skupinách, a zbytek plochy nechat přirozeně nalétnout borovicí.

3. 6. 4. Příprava ploch pro obnovu

Ještě před vlastní obnovou – ať již přirozenou nebo umělou – je nutné provést některé přípravné práce, které spočívají hlavně v úklidu (příp. odstranění) těžebních zbytků, likvidaci nežádoucí buřeny a přípravě půdy (POLENO, 2009).

Dříve preferované pálení klestu je v současnosti na ústupu, a to zejména z bezpečnostních, ale i ekonomických a ekologických důvodů (POLENO, 2009). DANČÁKOVÁ (2008) uvádí jako nejčastější formu úklidu klestu a těžebních zbytků jejich drcení pomocí půdních fréz a drtičů nebo mechanizované shrnování do valů. Tyto varianty popisují jako účinné i ZERZÁN (2008) a VÁLEK, HRON (2016). POLENO (2009) dále zmiňuje možnost vyvážení těžebních zbytků pro další zpracování, s čímž však na borových stanovištích nesouhlasí REMEŠ (2015) a BÍLEK (2016) z důvodu ochuzování stanoviště o důležité živiny, zejména fosfor, draslík a dusík.

Pod pojmem příprava půdy se rozumí především úprava jejího povrchu, přičemž cílem je vytvoření vhodného prostředí pro vznik a pěstování následného porostu. Bývá prováděna mechanickým, chemickým nebo biologickým způsobem, případně jejich kombinací (POLENO, 2009). Rovněž SOUČEK (2018) definuje přípravu půdy jako činnost zajišťující vhodné podmínky pro uchycení a odrůstání následného porostu a rychlejší dekompozici svrchních vrstev humusu.

V borových porostech je nejčastěji využívána příprava půdy mechanická (POLENO, 2009). Při mechanické přípravě půdy je nutné použítou techniku a technologii zvolit dle podmínek na jednotlivých lokalitách, zejména je důležité věnovat pozornost terénním a půdním poměrům (KOVÁČ, 2017). Dle pěstebního cíle volíme nejčastěji pásovou, pruhovou nebo ploškovou variantu (POLENO, 2009).

KARLSSON a NILSSON (2005) zmiňují důležitost přípravy půdy, jelikož charakter půdního povrchu je pro uchycení borových semenáčků zásadním faktorem (EREFUR, 2008; MIRSCHEL, 2011). Rovněž PRŮŠA (2001), ŠINDELÁŘ (2004) a ALEKSANDROWICZ-TRZCIŃSKA (2014) považují přípravu půdy za základ úspěšné přirozené obnovy borovice. Při podrostním hospodaření je v borových porostech nejčastější formou pomístné nebo pruhové zraňování půdy, tj. povrchové porušení kompaktní vrstvy surového humusu a vrchní vrstvy půdy (ČÍŽEK a kol., 1959; POLENO, 2009). MIRSCHEL (2011) doporučuje provádět přípravu půdy tak, aby došlo k promísení minerální půdy se surovým humusem. V borových porostech dříve hojně používaná celoplošná příprava půdy hlubokou orbou je v posledních letech na ústupu, zejména z ekonomických (SOUČEK, 2018), ale i ekologických důvodů (MIKESKA, 2008). Naopak celoplošná příprava půdy spojená s likvidací těžebních zbytků pomocí půdních fréz a drtičů klestu je na vzestupu (DANČÁKOVÁ, 2008; ZERZÁN, 2008; VÁLEK, HRON, 2016) a současné výzkumy (REMEŠ, 2016b) naznačují dobré výsledky této technologie. V případě přípravy půdy pod porostem BÍLEK (2017) upozorňuje na zvýšené riziko poškození kořenového systému jednotlivých stromů mateřského porostu.

Biologická příprava půdy má podle SOUČKA (2018) na borových stanovištích jen velmi omezené možnosti a chemickou přípravu hnojením doporučuje jen na nejkudších stanovištích nebo na stanovištích s výrazně pozměněným chemickým složením, vždy však až po chemickém rozboru půdy. Na základě zahraničních zkušeností a vlastních ověřovacích experimentech REMEŠ (2016a) na přirozených borových stanovištích doporučuje přihnojení dřevěným popelem.

3. 6. 5. Obnovní postupy

Pro obnovu borových porostů se v závislosti na stanovištních a porostních podmínkách používají holoseče, náseky a clonné seče. Na holosečích a násecích jsou často ponechány výstavky (PLÍVA, 2000). Oproti smrkovým porostům je v borech typický především pozdější začátek obnovy s rychlejším postupem, tzn. kratší dobou obnovy i návratnou, a na větších plochách, kdy cílem jsou porosty s minimální věkovou a výškovou rozrůzněností (POLENO, 2009). Při využití holosečného a násečného způsobu ŠINDELÁŘ (2004) doporučuje z důvodu převažujících západních větrů postup obnovy od východu, kdy na obnovovanou plochu nalétává značný podíl semen.

3. 6. 5. 1. Holosečný způsob

Holosečný způsob je jednou z forem pasečného hospodářství, který je dále členěn na holoseč maloplošnou, kdy její maximální plocha činí jeden hektar a její šířka nesmí překročit dvojnásobek průměrné výšky obnovovaného porostu, a holoseč velkoplošnou, jejíž maximální plocha je stanovena na dva hektary a šířka není omezena (POLENO, 1995).

Jako jeden z důvodů značného rozvoje holosečného hospodaření SOUČEK (2018) uvádí jeho provozní jednoduchost a tím pádem i menší nároky kladené na lesní personál. MÍCHAL (1992) a POLENO (2007b) zmiňují výhody holosečného hospodaření v podstatě jen technického rázu – vysoká produktivita pracovníků i strojů, a to jak během těžebních prací, tak i během následné pěstební činnosti. Naproti tomu nevýhody jsou převážně biologického a ekologického charakteru – nepříznivé mikroklimatické podmínky, zvýšené riziko eroze půdy a ztráty živin v ní a chybějící ochrana následného porostu i lesní půdy mateřským porostem. Volba druhového složení nového porostu je značně omezena jen na dřeviny snášející plné oslunění a zároveň odolné vůči klimatu holých ploch (MÍCHAL, 1992). Porosty vzniklé holosečnou obnovou jsou samozřejmě stejnověké a často i stejnorodé (SOUČEK, 2018). Jelikož podle VACKA (2007) holoseč znamená zmýcení naráz celé obnovované plochy, ztrácí tato plocha dočasně charakter lesa, přičemž čím je tato plocha větší, tím výrazněji se projevují ekologické podmínky nelesních půd. Snaha o hledání kompromisu mezi výhodami a nevýhodami holosečí postupně vedla ke zmenšování jejich ploch (POLENO, 2009).

Holosečné hospodářství je v borových porostech naprosto převažujícím způsobem obnovy vycházející z popisu borovice jakožto světlo milné pionýrské dřeviny (BÍLEK, 2017). Výhodou je i snazší příprava půdy (ULBRICHOVÁ, 2017) a celková provozní jednoduchost (SOUČEK, 2018).

3. 6. 5. 2. Násečný způsob

Tak jako u výše uvedeného holosečného způsobu, i u způsobu násečného se jedná o formu pasečného hospodářství, kdy ale šířka holé seče nepřesahuje střední výšku obnovovaného porostu (POLENO, 1995).

KORPEL (1991) považuje násečnou obnovu za jakýsi přechod mezi holosečným a podrobným způsobem hospodaření. REMEŠ (2013) toto tvrzení dokládá také z hlediska stavu humusových forem, kdy jím uvedené výsledky ukazují oproti clonné seči na náseku intenzivnější rozklad organické hmoty, pokles množství celkového nadložního humusu, pokles půdní reakce v celém profilu provázený poklesem obsahu bází a nasycením sorpčního komplexu bázemi a ve svrchních horizontech naopak zvýšení hydrolytické acidity. Avšak tyto změny jsou méně významné než na klasických holosečích (MÍCHAL, 1992).

ŠINDELÁŘ (2004) rozděluje tento způsob do třech variant: obnovu na holině bočním náletem, obnovu z výstavků a obnovu v porostních krajích, k čemuž POLENO (2009) dodává, že může být samozřejmě použito i jejich kombinace. Dle jiné definice (VACEK, 2007) dokonce násečné hospodářství ani rozdělovat nelze, jelikož se obnova realizuje od okraje porostu ve dvou na sebe navazujících pruzích, z nichž jeden je holosečný a druhý clonný (ve směru postupu obnovy), přičemž charakteristický je vznik dvou okrajů – vnějšího při holé seči a vnitřního při seči clonné.

K vnitřnímu (clonnému) okraji náseku je nutné zmínit tzv. okrajový efekt, jakožto významný faktor ovlivňující množství a kvalitu přirozené obnovy borovice. Bylo prokázáno, že s rostoucí vzdáleností od porostního okraje a tím pádem i klesající intenzitou bočního světla dochází jak k výraznému poklesu celkového množství přirozené obnovy, tak i ke snížení podílu nejkvalitnějších jedinců obnovy. Na základě tohoto výzkumu je doporučeno cílené využití přirozeného zmlazení borovice do vzdálenosti jedné porostní výšky od okraje porostu a další postup obnovy směřovat na sever a západ (VACEK, 2017b).

ŠINDELÁŘ (2000) uvádí tento způsob obnovy borových porostů jako nejvhodnější.

Jako výstavky se ponechávají nejkvalitnější stromy s mimořádně velkým hodnotovým přírůstem, a to buď jednotlivě nebo ve skupinách (POLENO, 2009), přičemž podle MIKESKY (2008) je nutné takovéto stromy včas uvolňovat a pro budoucí soliterní stav připravovat, protože naráz uvolněné stromy často živoří nebo dokonce rovnou odumírají, případně jsou zničeny větrem. Z důvodu minimalizace škod na následném porostu se doporučuje (ŠINDELÁŘ, 2004) ponechávat výstavky při porostních okrajích a přibližovacích linkách, aby mohlo dojít k jejich bezproblémové těžbě a vyklizení.

Případně mohou být ponechány až do obmýtní doby dalšího porostu (POLANSKÝ, 1966), což ale přináší řadu rizik – mj. chřadnutí a předčasné odumírání výstavků a omezení přírůstu a kvality následného porostu (POLENO, 2009). Doporučené množství ponechaných výstavků se u řady autorů různí – podrobný soupis přináší např. POLENO (2009), kdy nejnižší počty začínají na deseti stromech, nejčastěji jde o 20 až 30, ale výjimečně je zmiňováno i 45 až 60 stromů na hektar.

3. 6. 5. 3. Podrovní způsob

Přestože mateřský porost není odtěžen najednou, jako je tomu u holoseče, ale postupně v odstupu několika zásahů rozložených do celé obnovní doby, i podrovní způsob je považován za formu pasečného hospodářství (POLENO, 1995). VACEK (2007) k tomuto doplňuje, že podrovní způsob není a ani nemůže být jednoznačně definován, poněvadž má mnoho forem a modifikací, zejména pokud jde o plošný rozsah seče (velkoplošná/maloplošná), plošné rozmístění těžebních zásahů (pravidelné/nepravidelné), počet fází (nejčastěji čtyři – přípravná, semenná, uvolňovací a domýtná) a časový průběh seče (krátkodobý/dlouhodobý).

REININGER (1997) považuje podrovní hospodářství za spojovací článek mezi holosečným a výběrným lesem a poukazuje na značné změny, který tento systém během svého dlouhého vývoje prodělal. Z hlediska ekologické stability MÍCHAL (1992) považuje porosty obhospodařované podrovním způsobem za optimální na většině našeho území. Rovněž SIMON (2010) tento hospodářský způsob označuje za provozně nejvhodnější, zejména pro lesní území se zvláštním statutem ochrany, jako jsou například chráněné krajinné oblasti.

Přestože byl tento způsob vyvinut pro obnovu porostů složených ze stinných dřevin (smrk-jedle-buk), je vhodný i pro obnovu porostů složených ze dřevin slunných včetně borovice, kdy ale postup dalšího uvolňování musí být rychlejší (POLENO, 2009; SANIGA, 2017). Při respektování ekologické valence borovice je z pohledu přírodě blízkého pěstování lesů podrovní hospodářství nejvhodnějším způsobem obnovy borů a borových doubrav (VACEK, 2017a). Jako velmi vhodný uvádí ŠINDELÁŘ (2004) podrovní způsob obnovy borových porostů na nezabuřenělých stanovištích horších až středních bonit s relativně dostupnou hladinou podzemní vody, jako je například Třeboňská pánev.

Pro vznik přirozené obnovy postačuje snížení zakmenění mateřského porostu na hodnotu 8 (spojení přípravné a semenné fáze clonné seče), ale zpravidla do dvou až tří let porost vyžaduje další těžební zásah (BÍLEK, 2017), případně je možné snížit zakmenění jednorázově na hodnotu 6 nebo i méně (VÁLEK, HRON, 2016). Během odrůstání spodní etáže se mateřský porost postupně odtěží, v klasické formě dvěma sečemi – uvolňovací a domýtnou (POLENO, 2009). BÍLEK (2018) doporučuje uvolňovací fázi rozdělit na dva zásahy s odstupem zhruba deseti let, kdy je při každém zásahu odebráno přibližně 40 % stávající zásoby, a až poté provést seč domýtnou. Někteří autoři (PRŮŠA, 2001; ŠINDELÁŘ, 2004; POLENO, 2009) doporučují postupovat mnohem rychleji a mateřský porost odtěžit nejdéle do deseti let, jelikož při delší cloně jsou vzniklé nárosty nekvalitní (ŠIMERDA, 2002). S tímto souhlasí i VACEK (2017a), ovšem dodává, že se tak děje jen v podrostech extrémně dlouho cloněných, kde nedochází k postupnému uvolňování. Naopak jiní autoři (EREFUR, 2008; COBAN, 2016) toto unáhlené domycování horní etáže vysloveně odmítají.

Z hlavních předností podrostního hospodářství (nejen v borových porostech) je zmiňována možnost využití autoredukce spodní etáže, vyšší stabilita porostů, posílení mimoprodukčních funkcí a příznivější klimatické podmínky bez vlivu extrémních výkyvů (REININGER, 1997; EREFUR, 2008; BÍLEK, 2017). ČERVENÝ (2012) považuje za důležitou i vyšší úspěšnost odrůstání náletů a nárostů při vysokých stavech zvěře.

Naopak za negativa tohoto způsobu obnovy je označován zejména nízký světelný požitek borovic v podrostu (SCOTT, 2000; ULBRICHOVÁ, 2018) a na sušších stanovištích i nedostatečné vláhové poměry (BÍLEK, 2017; SANIGA, 2017), což vede ke kompetici horní a spodní etáže o vodu (KORPEL, 1991; VÁLEK, HRON, 2016), kdy případný přísušek může způsobit silnou mortalitu náletů a nárostů (ŠINDELÁŘ, 2004). Z negativ technického rázu je zmiňována složitější příprava půdy (ULBRICHOVÁ, 2018), která při nevhodném provedení může u mateřského porostu způsobit poškození kořenových systémů jednotlivých stromů (BÍLEK, 2017).

Předmětem dalšího výzkumu je i otázka vyšší kvality dřeva z takto obnovovaných porostů, neboť současné výsledky ukazují, že clonou mateřského porostu zpomalený růst spodní etáže způsobuje tzv. jemnoletost dřeva a tím pádem i jeho vyšší a vyrovnanější hustotu (SCHÖNFELDER, 2017; BÍLEK, 2018).

3. 6. 5. 4. Výběrný způsob

Při výběrném způsobu, jakožto formě nepasečného hospodářství, není obnovní a výchovná těžba lesních porostů časově ani prostorově oddělena a uskutečňuje se výběrem jednotlivých stromů, případně jejich skupin. Objektem hospodaření je důsledně strom nebo malá skupina stromů, nikdy ne plocha (VACEK, 2007).

Využití jemnějších způsobů obnovy borových porostů a možnosti jejich trvalé strukturalizace byla v minulosti věnována jen omezená pozornost (BÍLEK, 2017), a to hlavně z důvodu vysokých nároků borovice na světlo (ULBRICHOVÁ, 2018). O výběrném hospodaření v borových porostech se intenzivněji diskutovalo zejména v Německu ve 20. a 30. letech minulého století v souladu s Möllerovou myšlenkou „lesa trvale plně tvořivého – Dauerwald“, kdy byly doloženy borové porosty velmi různověké, s nejednotnou výstavbou a porosty vzniklé ve stálém světelném omezení (REININGER, 1997). Zhruba od druhé poloviny minulého století, ale zejména v posledních letech, jsou přírodě blízké postupy pěstování borových lesů oblastí zájmu hlavně ve Skandinávii (SCOTT, 2000; KARLSSON, NILSSON, 2005), ale i ve střední Evropě (MIRSCHEL, 2011) včetně České republiky (BÍLEK, 2017; ULBRICHOVÁ, 2017). O možnosti užití výběrných principů v porostech světlomilných dřevin včetně borovice se mimo jiné kladně zmiňují i švýcarští lesníci AMMON (2009) a SCHÜTZ (2011). Vzhledem ke světlomilnosti borovice ovšem nelze uvažovat o bohatě strukturovaných porostech (VACEK, 2017b).

3. 7. Charakteristika studovaného území

3. 7. 1. Geologie

Lokalita náleží do oblasti Jihočeských pánví, do celku Třeboňská pánev. Pánev má mírný sklon od jihu k severu a nadmořská výška území se pohybuje od 421 do 550 m n. m. Podloží Třeboňské pánve je budováno horninami moldanubika, které v západní části tvoří skalní podklad a ve východní části významně vystupují na povrch, kde již navazují na soustavu Českomoravské vrchoviny (Javořická vrchovina). Na tomto území se vyskytují jednak metamorfované horniny (především pararuly a migmatity) předprvohorního stáří, jednak granitoidy (různě zrnité žuly a granodiority) moldanubického plutonu, které jsou stáří prvohorního. Tektonicky podmíněná pánev je vyplněna sedimenty stáří druhohorního až třetihorního, které vývojově patří k

mělkovodním jezerně-říčním sedimentům a vznikaly snášením rozrušených a kaolinizovaných hornin z vyvýšených okrajů do depresí pánevního prostoru. Svrchnokřídová sedimentace, představovaná především klikovským souvrstvím, je plošně nejrozsáhlejší a nejmocnější výplní Třeboňské pánve a místy dosahuje mocnosti až 300 m. Sedimenty tvoří různě barevné pískovce, slepence, jílovce, prachovce, jíly a písky různé zrnitosti a různého stupně zpevnění. Na podstatně menší ploše, především v západní části, vystupují na povrch třetihorní sedimenty neogénu, ty jsou tvořeny různě zbarvenými a různě zrnitými jíly, písky, diatomity a křemenci. Z kvartérních usazenin jsou plošně nejrozsáhlejší pleistocénní pokryvy říčních štěrků a písků (včetně živcových) v říčních nivách Lužnice a Nežárky o mocnosti až 30 metrů. Holocénní sedimenty představují nejmladší vrstvy fluviálních štěrků a písků, nivní a svahové hlíny, sedimenty vodních nádrží, kyselé slatiny a oligotrofní rašeliny. Významný je i výskyt vátých písků vzniklých zřejmě koncem posledního glaciálu či v postglaciálu navátím jemných písků z písčitých naplavenin Lužnice a Nežárky. Třeboňská rašeliniště se vyvíjela od konce posledního glaciálu na místech s příhodnou konfigurací terénu a málo propustným podložím. Často bývají definována jako rašeliniště přechodového typu, zejména v jižní části území se však zřejmě jedná o oligotrofní submontánní vrchoviště v netypické rovinaté poloze. Poněkud nejasná zůstává případná role vývěrů podzemních vod při vzniku a udržování vodního režimu těchto rašelinišť. Ty zřejmě hrají větší roli u lokalit v severní části území, které mají spíše charakter kyselých, avšak živinami bohatších slatinišť. V západní sedimentární části Třeboňské pánve se projevuje převážně plochý reliéf podcelku pánve Lomnické, ve východní části (na pevném skalním podloží tvořeném horninami krystalinika) se projevuje zvlněný reliéf Kardašorečické pahorkatiny (GÜRTLEROVÁ, 2012).

3. 7. 2. Klima

Třeboňsko patří do mírně teplé a mírně vlhké oblasti s mírnou zimou pahorkatinného typu B3. Na okrajích sem zasahuje typ B5 (mírně teplý, mírně vlhký, ale vrchovinný). Průměrná roční teplota ve střední části území je 8,0 °C, průměrná teplota ledna -2,8 °C a července 18 °C. Průměrné roční srážky dosahují 650 mm (600-700 dle nadmořské výšky). Průměrná délka trvání souvislé sněhové pokrývky je 50-60 dní s maximem 20-30 cm (QUITT, 1971; TOLASZ, 2007). Převládají západní a jihovýchodní větry. Celkově je klima Třeboňska, zejména jeho pánevní části, do určité míry specifické

a odlišuje se od okolních oblastí, což je způsobeno polohou, geomorfologií území a velkým zastoupením vodních ploch. Průměrná roční teplota je vyšší, než by odpovídalo nadmořské výšce a je zde delší skutečná délka slunečního svitu. Častý je výskyt vydatných srážek v letním období, výskyt inverzních situací s bezvětřím a výskyt mlh (AOPK, 2019; UHUL, 2001).

3. 7. 3. Pedologie

Půdní poměry Třeboňské pánve se výrazně odlišují od obdobně utvářených celků. V rámci Čech jde o nejrozsáhlejší území, kde se jako půdotvorný substrát uplatňují především nezpevněné předkvartérní sedimenty na úkor obvyklých zvětralin pevných hornin, případně kvartérních pokryvů. Třeboňsko je největším souvislým areálem semihydromorfních a hydromorfních půd v Čechách. Rozšířené jsou pseudogleje a gleje, organogenní (zejména rašelinné) půdy jsou zde z celých Čech nejpočetnější a vytvářejí plošně největší souvislé celky. Třeboňsko je druhým nejvýznamnějším územím (po severočeské pískovcové oblasti) s častým zastoupením hnědých půd (kambizem) v relativně nízké nadmořské výšce. Území se rovněž vyznačuje i hojným zastoupením extrémně lehkých půd na písčitém podloží. Vzhledem k charakteru geologického podloží s výrazným nedostatkem účinných dvojmocných bází (vápník, hořčík) a obecně nízkým obsahem živin bylo Třeboňsko původně územím velkoplošně oligotrofním (chudým živinami). Celá oblast byla dosycována živinami ze zemědělské a rybářské činnosti až v posledních desetiletích, kdy docházelo k postupné plošné eutrofizaci (zvyšování obsahu živin - dusíku a fosforu) původně chudých půd a vod. Nízká přirozená úrodnost písčiny, jílovitých a rašelinných půd nepříliš vhodných pro zemědělské využití je také příčinou toho, proč na Třeboňsku zůstaly až do dnešní doby zachovány v rovinaté krajině v relativně nízké nadmořské výšce rozsáhlé souvislé lesní celky i rybníční soustavy (AOPK, 2019; UHUL, 2001).

3. 7. 4. Hydrologie

Nejvýznamnějším tokem, který tvoří přirozenou osu území a odvodňuje jeho podstatnou část, je řeka Lužnice, která ve své horní části až po rybník Rožmberk bohatě meandruje, jelikož má zachovanou ukázkovou říční nivu s několika terasovými stupni. V této části se rovněž nachází přes 500 trvale zvodnělých tůní a starých meandrů. Dalšími

významnějšími toky jsou řeky Nežárka a Dračice a Koštěnický potok. Pro Třeboňsko je charakteristická nesmírně složitá síť umělých stok a kanálů sloužící k vypouštění a napájení rybníků, které jsou charakteristickým krajinným fenoménem oblasti a základem tradičního třeboňského rybářství. Nejznámější umělé kanály jsou Nová řeka a Zlatá stoka (AOPK, 2019).

3. 7. 5. Fauna a flóra

Velké pestrosti biotopů Třeboňska odpovídá i bohaté druhové složení fauny, zejména v zastoupení společenstev bezobratlých. Za nejcennější ekosystém Třeboňské pánve jsou považována rašeliniště a pro ně charakteristická tundrová a tajgová fauna tyrfobiontů – organismů úzce vázaných pouze na tento biotop (AOPK, 2019). Jsou to například žluťásek borůvkový (*Colias palaeno* L.), modrásek stříbroskvrný (*Vacciniina optilete* Knoch) a pouzdrovníček rojovníkový (*Coleophora ledi* Stainton), kteří jsou označováni za tzv. glaciální relikty (ČÍŽKOVÁ, 2017).

Význam fauny obratlovců spočívá především v bohatství druhů vázaných na různé typy mokřadních a lesních biotopů. Přežívají zde některé druhy ve střední Evropě ohrožených ryb, je zaregistrováno dvanáct druhů obojživelníků a šest druhů plazů. Je zaznamenán výskyt 277 druhů ptáků, přičemž nejtypičtějšími jsou ptáci vodní či nějakým způsobem vázaní na mokřady. Charakteristickým dravcem oblasti je orel mořský (*Haliaeetus albicilla* L.), vedle něj zde hnízdí dalších 12 druhů dravců. Ve velkých lesních komplexech hnízdí krkavec velký (*Corvus corax* L.) a čáp černý (*Ciconia nigra* L.), v rozvolněných partiích lelek lesní (*Caprimulgus europaeus* L.), poměrně hojný je datel černý (*Dryocopus martius* L.) a dalších šest druhů šplhavců včetně v České republice poměrně vzácného strakapouda prostředního (*Dendrocopos medius* L.). Hnízdí zde celkem osm druhů sov (AOPK, 2019). Z přibližně padesáti druhů savců je důležité zmínit příležitostný výskyt losa evropského (*Alces alces* L.) a v posledních letech i vlka obecného (*Canis lupus* L.). Významným zástupcem savců je zde i celoevropsky ohrožená vydra říční (*Lutra lutra* L.), která patří mezi běžné druhy oblasti (ČERVENÝ, 2016).

Třeboňská pánev je typická zejména bohatou vodní, mokřadní a rašeliništní flórou, vyskytuje se zde téměř 400 druhů rostlin, z nichž 104 náleží mezi zvláště chráněné (AOPK, 2019). Cenné jsou též rozsáhlé komplexy jehličnatých a listnatých lesů s výskytem místních proveniencí stredo-evropských stromů a keřů, za nejvýznamnější je

považována lokální varieta borovice lesní – tzv. Třeboňská (*Pinus sylvestris* L., var. *bohemica*) a borovice blatka (*Pinus rotundata* Link). Borovice blatka spolu s borovicí lesní a jejich vtroušeným křížencem vytvářejí na Třeboňsku rozsahem zcela unikátní rašelinné lesy s výskytem rojovníku bahenního (*Ledum palustre* L.), který zde vytváří i desítky hektarů souvislých porostů (CHYTRÝ, 2001). Na prostředí suchých písčitých borů jsou vázány například černýš český (*Melampyrum bohemicum* A. Kern.), zimozeleň okolíkatý (*Chimaphila umbellata* (L.) W. P. C. Barton) a mimořádně vzácný koniklec jarní (*Pulsatilla vernalis* (L.) Mill.). Jehličnaté lesy na jílovitých půdách vynikají masovým výskytem třtiny chloupkaté (*Calamagrostis villosa* (Chaix) J. F. Gmelin), který je v těchto nadmořských výškách naprosto neobvyklý (AOPK, 2019).

4. Metodika

4. 1. Výběr a založení výzkumných ploch

V roce 2018 byly v borových porostech na Třeboňsku založeny tři trvalé výzkumné plochy (TVP) o rozměrech 50 x 50 metů (0,25 ha). Všechny plochy se nacházejí na revíru Kunšach, LS Třeboň, Lesy ČR, s. p.

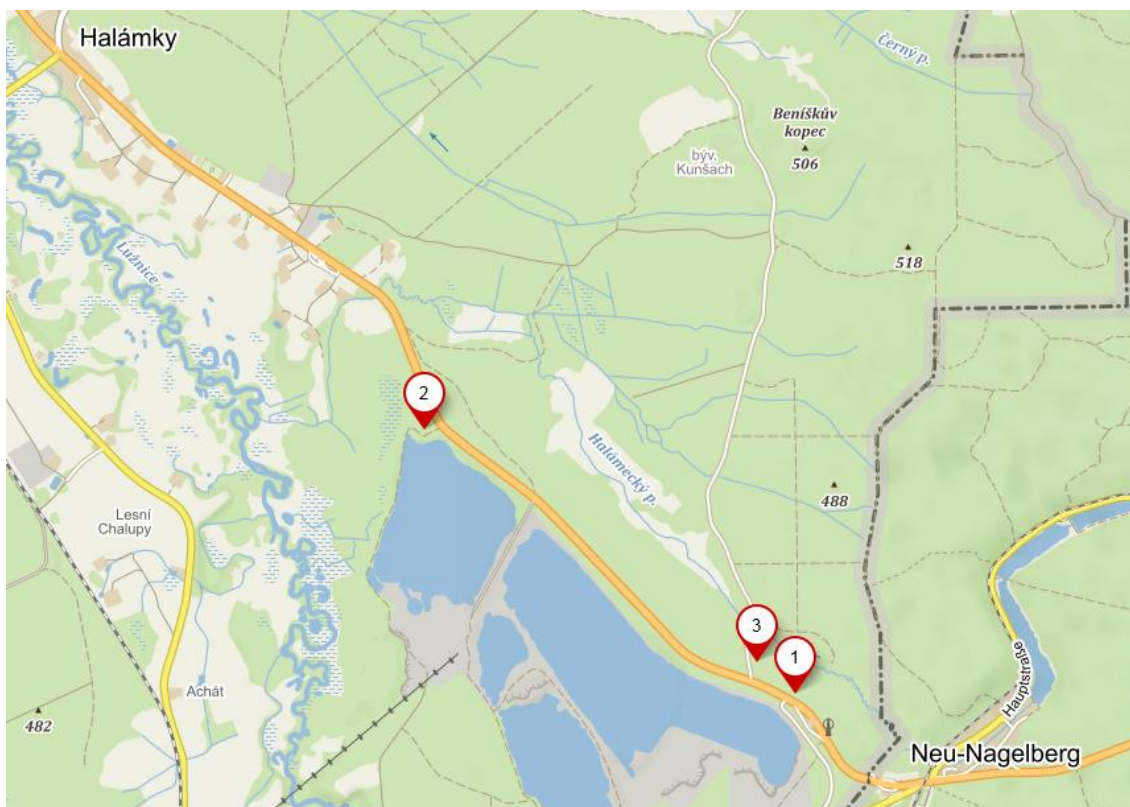
Porosty, ve kterých probíhal tento výzkum (Tabulka č. 1), se nacházejí jihovýchodně od obce Halámky (okr. Jindřichův Hradec, Jihočeský kraj) v blízkosti státní hranice s Rakouskem (Obrázek č. 4). Všechny plochy leží v II. zóně Chráněné krajinné oblasti Třeboňsko. Porosty byly vybírány tak, aby představovaly typickou ukázkou přírodě blízkého hospodaření v daných podmínkách, kdy postupné procloňování horní stromové etáže vede k nepravidelnému nástupu přirozené obnovy. Jedná se tedy o porosty v odpovídajícím stupni diferenciaci porostní struktury, kdy je možné v souladu se zaměřením práce odvodit vztah mezi mateřským porostem a jedinci přirozené obnovy.

Tabulka č. 1: Základní představení sledovaných porostů a v nich založených trvalých zkusných ploch (TVP).

TVP	PSK	NV (m n. m.)	SLT	HS	Z (%)
1	919C15	479	OK	13	BO 100
2	925A13a	468	OK	13	BO 100
3	919C10	477	OK	13	BO 100

Vysvětlivky: PSK – porostní skupina, NV – nadmořská výška (m n. m.), SLT – soubor lesních typů,

HS – hospodářský soubor, Z – zastoupení dřevin mateřského porostu (%), BO – borovice lesní.



Obrázek č. 4: Lokalizace trvalých výzkumných ploch (TVP). Zdroj: www.mapy.cz

4. 2. Sběr dat v terénu

Na přelomu let 2018 a 2019 proběhl pomocí technologie FieldMap (www.fieldmap.cz) sběr dat, a to jak o mateřském porostu, tak o přirozené obnově. U všech jedinců stromového patra (výčetní tloušťka $d_{1,3} > 4$ cm) byla zaznamenána jejich poloha, výčetní tloušťka ve dvou na sebe kolmých směrech s pomocí posuvné průměrky s přesností 0,1 cm, výška (h) a výška nasazení koruny (h_k) výškoměrem Haglöf Laser Vertex 5 s přesností na 0,1 m a korunová projekce na základě minimálně 4 záměrných bodů na obvodu koruny inkriminovaného jedince. U každého jedince byl zaznamenán výskyt jmelí (*Viscum* sp.).

Jedinci s $d_{1,3} \leq 4$ cm a s výškou $h > 1,5$ m byli registrováni jako jedinci obnovy a byla u nich zaznamenána poloha, výčetní tloušťka posuvnou průměrkou s přesností na 0,1 cm, výška výškoměrnou latí s přesností na 0,05 m, šířka koruny výškoměrnou latí s přesností na 0,05 m a třída pěstební kvality ve škále 1 až 4. Kvalita 1 představovala nejjakostnější jedince bez jakýchkoliv vad, 2 jedince s mírně sníženou kvalitou, 3 jedince s výraznými vadami, např. ve formě vidličnatosti, složité křivosti, nepravidelné koruny

apod. a nakonec 4 představovala nejméně kvalitní jedince s vážnými deformacemi, chybějícím terminálním pupenem, plagiotropním růstem nebo jedince silně poškozené (např. zvěří či těžební činností).

Přibližně ve středu každé TVP byl navíc vytyčen transekt o rozměrech 10 x 20 metrů (0,02 ha), kde byla provedena inventarizace veškeré přirozené obnovy s $h \leq 1,5$ m. Transekt se v další části měření rozdělil na plošky o rozměrech 0,5 x 0,5 m. Na těchto ploškách byla provedena inventarizace jedinců přirozené obnovy ($h \leq 1,5$ m), přičemž byly zjišťovány následující veličiny: poloha, dřevina, výška (s přesností na 0,01 m), kvalita (určená stejným principem jako u jedinců nad 1,50 m, hodnota 1 až 4) a okus zvěří (ano/ne). Pro každou plošku o rozměrech 0,5 x 0,5 m byla zjišťována převažující (dominantní, přes 50 %) pokryvnost v kategoriích keříčky (borůvka/brusinka/vřes), trávy, mechy, lišejníky, hrabanka a mrtvé dřevo (včetně pařezů).

4. 3. Zpracování a analýza dat

Zpracování dat bylo provedeno v programu Statistika 12. Vzhledem k nenormálnímu rozdělení dat (Shapiro-Wilkův test) byl pro porovnání více nezávislých skupin použit Kruskalův-Wallisův (K-W) test. Všechny testy byly prováděny na hladině významnosti 0,05.

Z naměřených dendrometrických údajů byly v softwaru SIBYLA Triquetra 10 (FABRIKA, ĎURSKÝ, 2005) pro každý porost vypočteny tyto porostní charakteristiky: průměrná výčetní tloušťka, střední porostní výška, výtvarnice, hektarová zásoba porostu, hektarový počet stromů, hektarová výčetní kruhová základna, štíhlostní kvocient, index hustoty porostu (REINEKE, 1933) a stupeň zápoje (CROOKSTONE, STAGE, 1999). Objem stromů je kalkulovaný podle objemových rovnic publikovaných v práci PETRÁŠ, PAJTÍK (1991). Standardně pro hodnocení produkce porostu je použit objem hroubí bez kůry.

V rámci hodnocení porostní struktury a diverzity je pro každou zkusnou plochu vypočítána tloušťková a výšková diference (FÜLDNER, 2005), agregací index (CLARK, EVANS, 1954), Arten-profil index (PRETZSCH, 2006), vertikální struktura, korunová diference a index celkové porostní diverzity (JAEHNE, DOHRENBUSCH, 1997). Kritéria strukturálních a komplexních indexů jsou uvedeny v Tabulce č. 2.

Tabulka č. 2: Přehled indexů popisujících strukturu porostu a jejich interpretace.

Kritérium	Kvantifikátor	Označení	Reference	Hodnocení
Vertikální struktura	Arten-profil index	A (Pi)	PRETZSCH 2006	rozpětí 0-1; vyrovnaná vertikální struktura $A < 0,3$, výběrný les $A > 0,9$
	Vertikální diverzita	S (J&Di)	JAEHNE, DOHRENBUSCH 1997	nízká $S < 0,3$, střední $S = 0,3-0,5$, vysoká $S = 0,5-0,7$, velmi vysoká diferenciace $S > 0,7$
Horizontální struktura	Agregační index	R (C&Ei)	CLARK, EVANS 1954	střední hodnota $R = 1$, shlukovitost $R < 1$, pravidelnost $R > 1$
Strukturální diferenciace	Tloušťková diferenciace	TM_d (Fi)	FÜLDNER 1995	rozpětí 0-1; nízká $TM < 0,3$, střední $TM = 0,3-0,5$, vysoká $TM = 0,5-0,7$, velmi vysoká diferenciace $TM > 0,7$
	Výšková diferenciace	TM_h (Fi)	FÜLDNER 1995	
	Korunová diferenciace	K (J&Di)	JAEHNE, DOHRENBUSCH 1997	nízká $K < 1,0$, střední $K = 1,0-1,5$, vysoká $K = 1,5-2,0$, velmi vysoká diferenciace $K > 2$
Komplexní diverzita	Porostní diverzita	B (J&Di)	JAEHNE, DOHRENBUSCH 1997	monotónní struktura $B < 4$, nerovnoměrná struktura $B = 6-8$, velmi různorodá struktura $B > 9$

5. Výsledky

5.1. Trvalé výzkumné plochy

Základní strukturální a produkční charakteristiky sdruženého porostu na jednotlivých TVP jsou uvedeny v Tabulce č. 3. V další tabulce (Tabulka č. 4) jsou pak pro tyto TVP uvedeny ukazatele porostní biodiverzity.

Tabulka č. 3: Strukturální a produkční charakteristiky sdruženého porostu na trvalých výzkumných plochách (TVP) v roce 2019.

TVP	d (cm)	h (m)	f	v (m ³)	N (ks.ha ⁻¹)	G (m ² .ha ⁻¹)	V (m ³ .ha ⁻¹)	h/d	CC (%)	SDI
1	21,4	12,12	0,883	0,385	724	26,1	279	56,6	66,9	0,57
2	16,9	12,15	0,885	0,241	1248	27,8	301	71,9	77,9	0,67
3	31,1	23,57	0,461	0,826	416	31,6	344	75,8	70,5	0,59

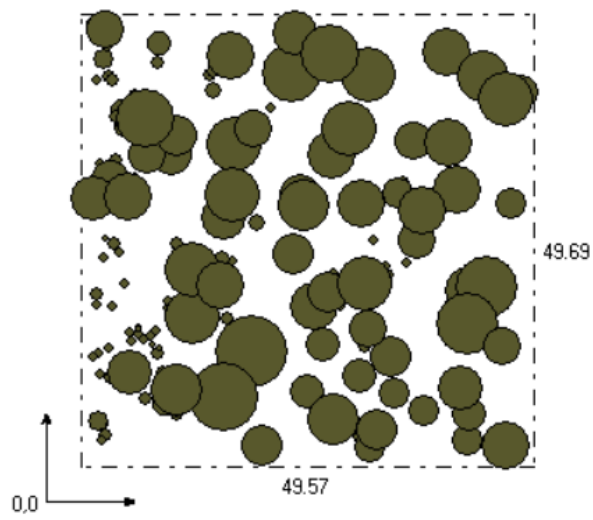
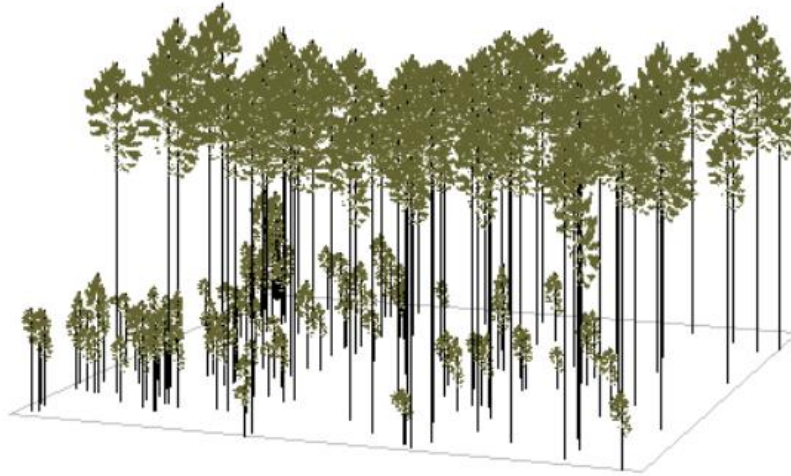
Vysvětlivky: d – průměrná výčetní tloušťka (cm), h – střední porostní výška (m), f – výtvarnice, v – průměrný objem stromů (m³), N – počet stromů (ks.ha⁻¹), G – výčetní kruhová základna (m².ha⁻¹), V – zásoba porostu (m³.ha⁻¹), h/d – štíhlostní kvocient, CC – stupeň zápoje (%), SDI – index hustoty porostu.

Tabulka č. 4: Ukazatele porostní biodiverzity sdruženého porostu na trvalých výzkumných plochách (TVP) v roce 2019.

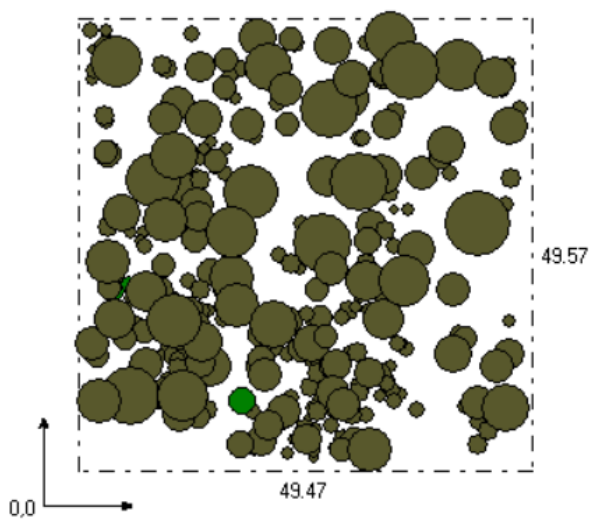
TVP	R		A		S (J&Di)		TM _d (Fi)		TM _h (Fi)		K (J&Di)		B (J&Di)	
	(C&Ei)	(Pi)												
1	0,840	a	0,604	↑	0,882	↑↑	0,413	↓	0,354	↓	1,904	↑↑	5,514	↑
2	0,853	a	0,566	↑	0,937	↑↑	0,502	↑	0,425	↓	2,093	↑↑	6,490	↑↑
3	1,105	n	0,473	↓	0,361	↓	0,192	↓↓	0,075	↓↓	0,817	↓	2,725	↓↓

Vysvětlivky: R – agregační index (a – agregovaná struktura, n – náhodná), A – Arten-profil index, S – vertikální struktura, TM_d – index tloušťkové diferenciace, TM_h – index výškové diferenciace, K – korunová diferenciace, B – celková porostní diverzita; škála diverzity: ↓↓ nízká, ↓ střední, ↑ vysoká, ↑↑ velmi vysoká

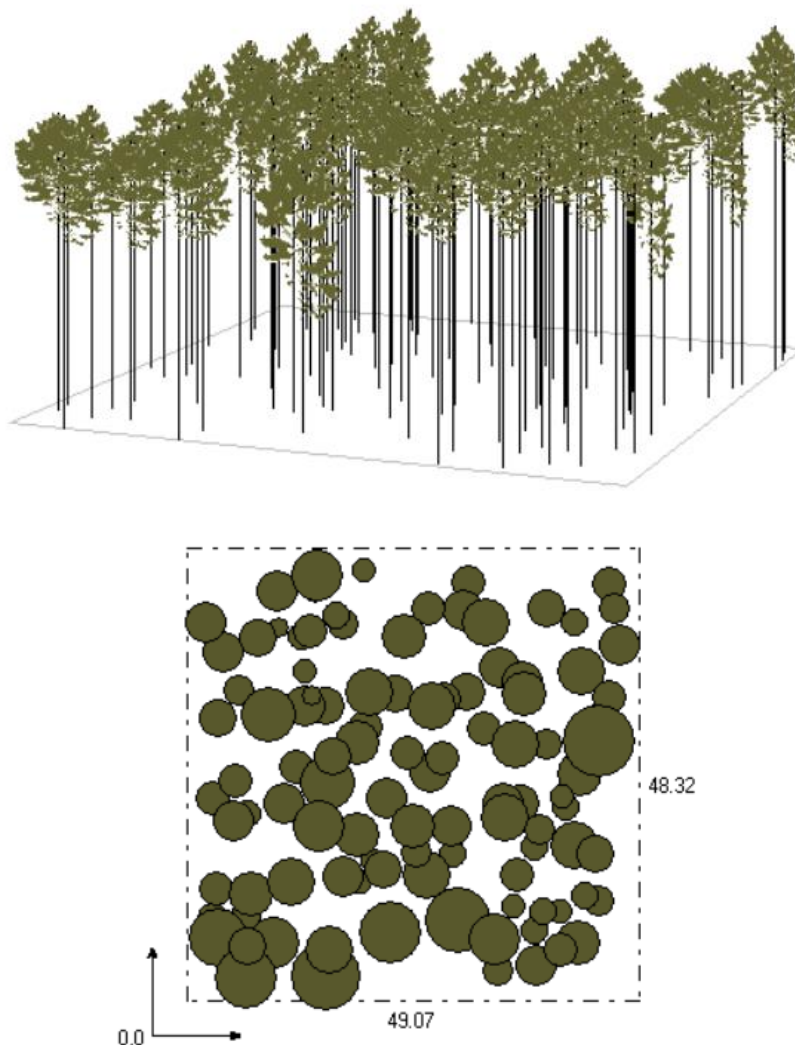
Na Obrázcích č. 5, 6 a 7 je pomocí softwaru SIBYLA znázorněna vertikální a horizontální struktura na jednotlivých TVP.



Obrázek č. 5: Vertikální a horizontální struktura porostu na trvalé výzkumné ploše (TVP) 1 – Halámky celnice I v r. 2019.

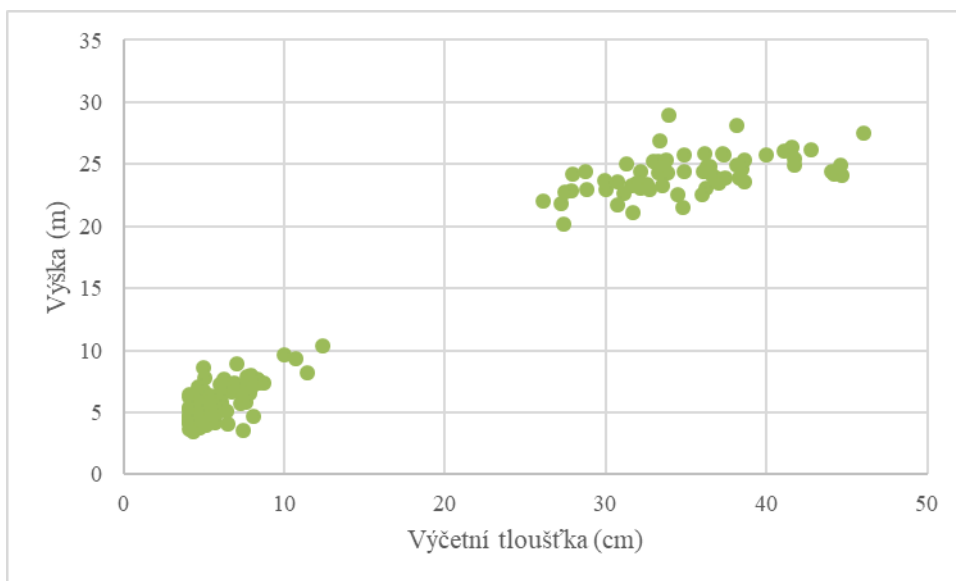


Obrázek č. 6: Vertikální a horizontální struktura porostu na trvalé výzkumné ploše (TVP) 2 – Halámky pískovna v r. 2019.

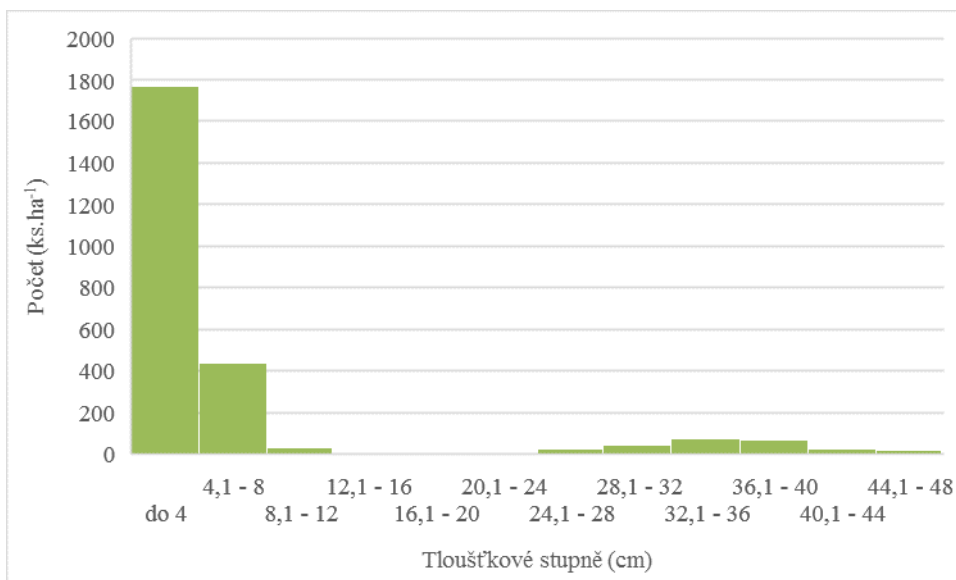


Obrázek č. 7: Vertikální a horizontální struktura porostu na trvalé výzkumné ploše (TVP) 3 – Halámky celnice II v r. 2019.

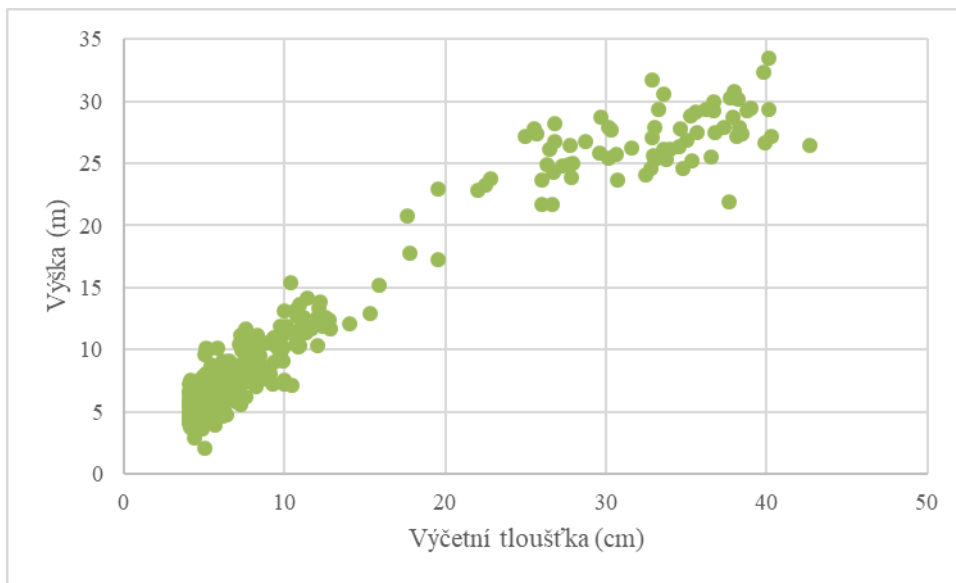
Níže uvedené grafy představují vztah výčetní tloušťky a výšky (Graf č. 1, 3 a 5) u stromového patra ($d_{1,3} > 4$ cm) a četnosti tloušťkových stupňů (Graf č. 2, 4 a 6) dle jednotlivých TVP. Na základě četnosti výškových stupňů je možné určit hranici mezi horní a spodní etáží, která u všech porostů představuje $d_{1,3} = 15$ cm. Z grafů je dále patrné, že v TVP 1 a 2 přirozená obnova nastoupila poměrně masivní a v krátké době a pro uplatnění dalších (mladších) kohort již nezbývá mnoho prostoru, kdežto v TVP 3 je vznik obnovy (spodní etáže) teprve v počátcích.



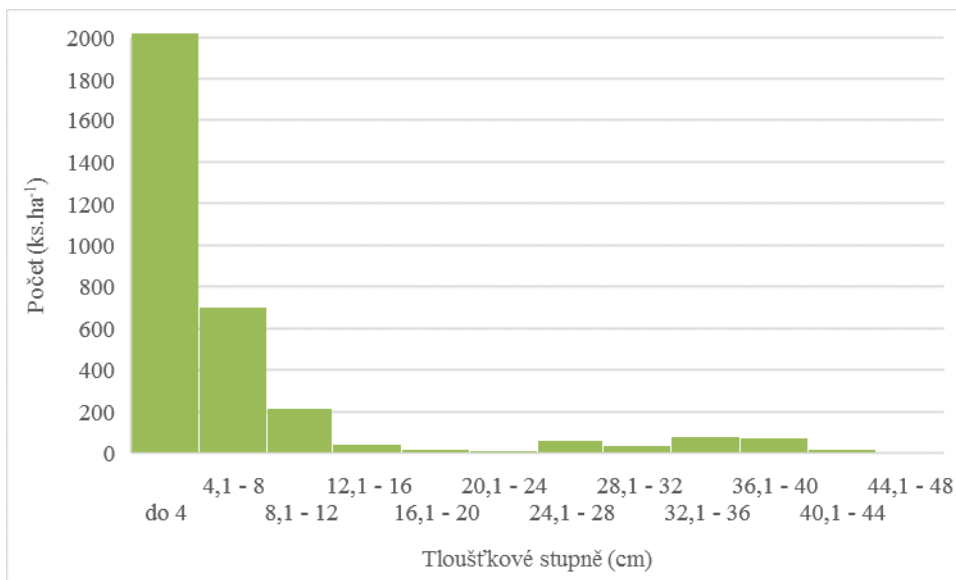
Graf č. 1: Vztah výčetní tloušťky a výšky u trvalé výzkumné plochy (TVP) 1.



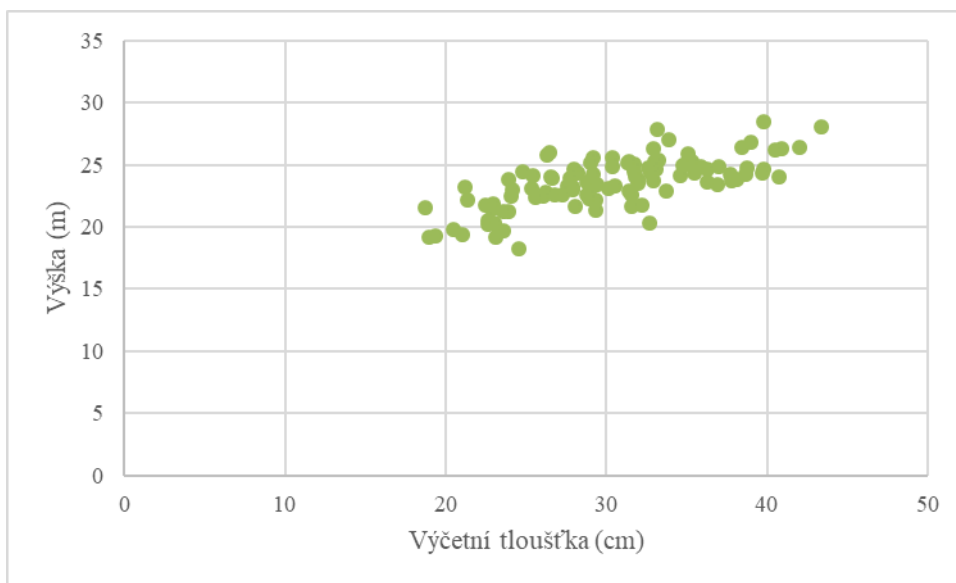
Graf č. 2: Četnost tloušťkových stupňů v trvalé výzkumné ploše (TVP) 1.



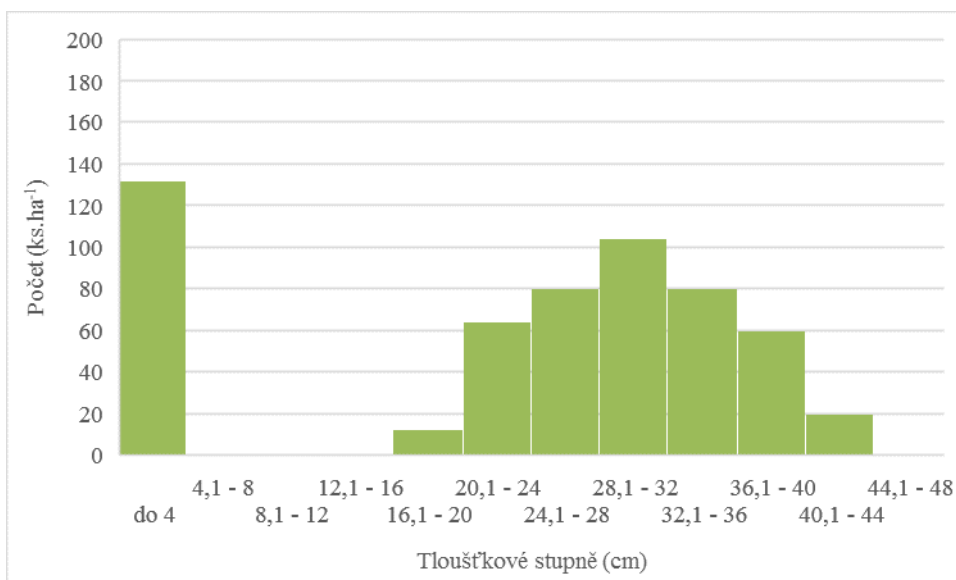
Graf č. 3: Vztah výčetní tloušťky a výšky u trvalé výzkumné plochy (TVP) 2.



Graf č. 4: Četnost tloušťkových stupňů v trvalé výzkumné ploše (TVP) 2.



Graf č. 5: Vztah výčetní tloušťky a výšky u trvalé výzkumné plochy (TVP) 3.



Graf č. 6: Četnost tloušťkových stupňů v trvalé výzkumné ploše (TVP) 3.

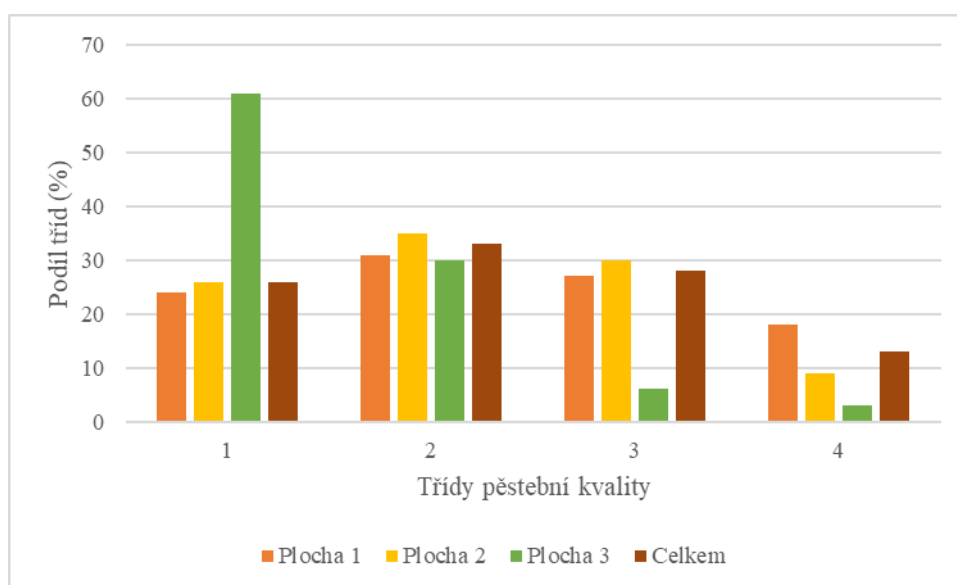
V Tabulce č. 5 je uvedena taxační charakteristika porostů nejen dle jednotlivých TVP, ale již s rozlišením horní a dolní etáže.

Tabulka č. 5: Taxační charakteristika horní a dolní etáže v jednotlivých trvalých výzkumných plochách (TVP) v roce 2019.

TVP	Etáž	N	V	d	h	P _k	N _t
		ks.ha ⁻¹	m ³ .ha ⁻¹	cm	m	m ²	ks.ha ⁻¹
1	HE	252	278	35,1	24,2	23,65	
	DE	2244	1	2,8	2,6	0,93	5929
2	HE	300	298	31,7	26,3	18,08	
	DE	3000	3	3,3	4,4	2,00	1600
3	HE	420	344	30,4	23,6	18,09	
	DE	132	0	1,3	2,3	0,76	6300

Vysvětlivky: HE – horní etáž, DE – dolní etáž, N – počet stromů (ks.ha⁻¹), V – zásoba (m³.ha⁻¹), d – střední výčetní tloušťka (cm), h – střední výška (m), P_k – střední plocha koruny (m²), N_t – počet jedinců obnovy v transektech (ks.ha⁻¹).

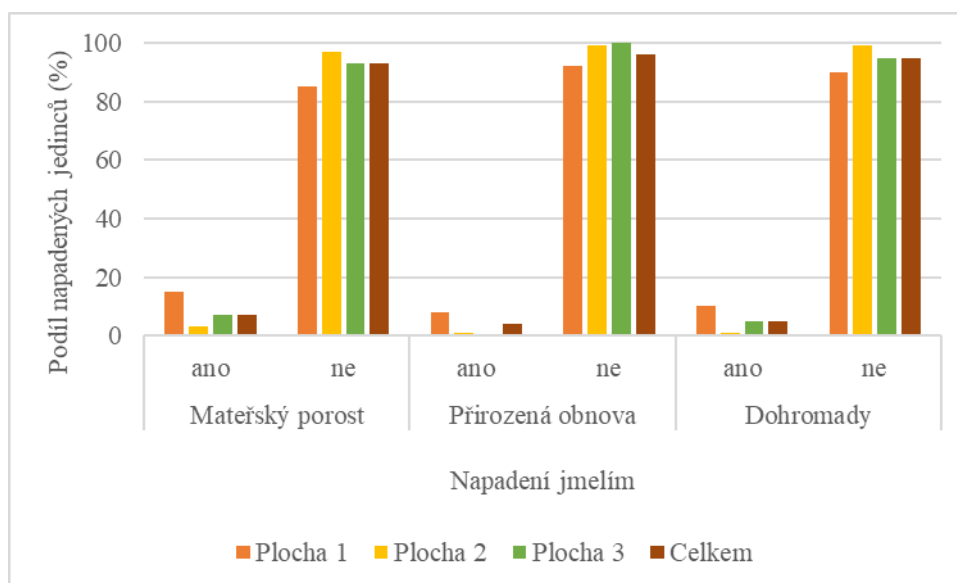
Z pohledu hodnocení kvality přirozené obnovy byl nejvyšší relativní podíl nejkvalitnějších jedinců na TVP č. 3, kde bylo do třídy 1 zařazeno 61 % jedinců, v TVP č. 1 a 2 to bylo 24 a 26 %. Při součtu podílů kvalit 1 a 2 je u všech TVP dosaženo nadpolovičního zastoupení nadějných jedinců, v TVP č. 3 je tento podíl dokonce 91 %. Z celkových dat je největší podíl jedinců – 33 % - zařazen do kvality 2. Kvalita 4 je ve všech TVP nejméně zastoupenou třídou a v celkovém průměru zaujímá 13 %. Kompletní přehled zastoupení jednotlivých kvalit dle TVP i v celkovém průměru ukazuje Graf č. 7.



Graf č. 7: Podíl tříd pěstební kvality u přirozené obnovy na jednotlivých trvalých výzkumných plochách (TVP).

Výskyt jmelí (*Viscum* sp.) byl zjištěn ve všech třech TVP. V celkovém průměru bylo napadeno 5 % jedinců, přičemž nejpostiženější byla TVP 1 s 10 %, naopak nejméně

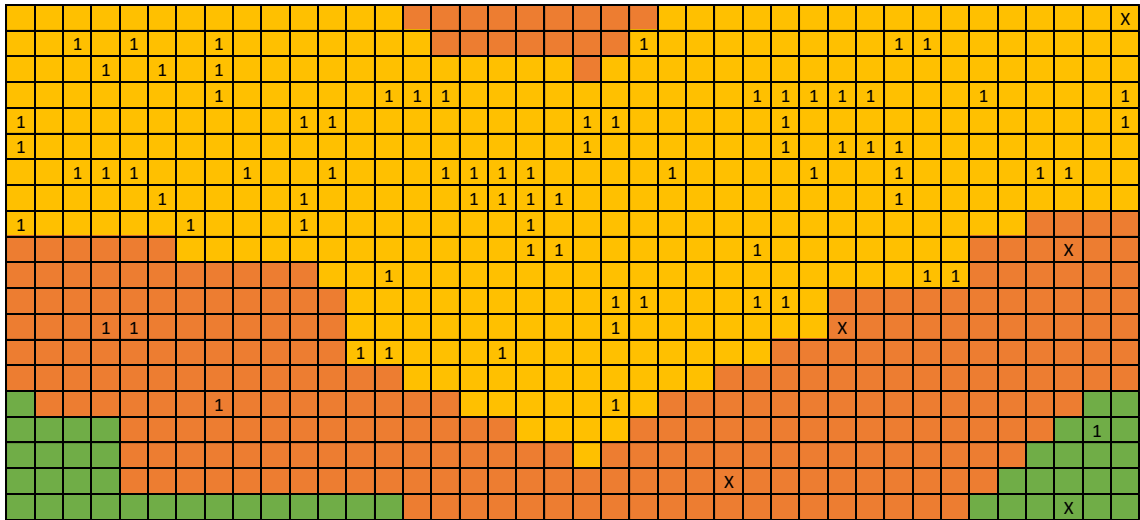
jedinců bylo poškozeno na TVP 2 – pouze 1 %. Na TVP 3 bylo jmelím poškozeno 5 % jedinců. Mateřský porost měl vyšší podíl napadených jedinců (7 %) než přirozená obnova (4 %). Celkový přehled o výskytu jmelí ukazuje Graf č. 8.



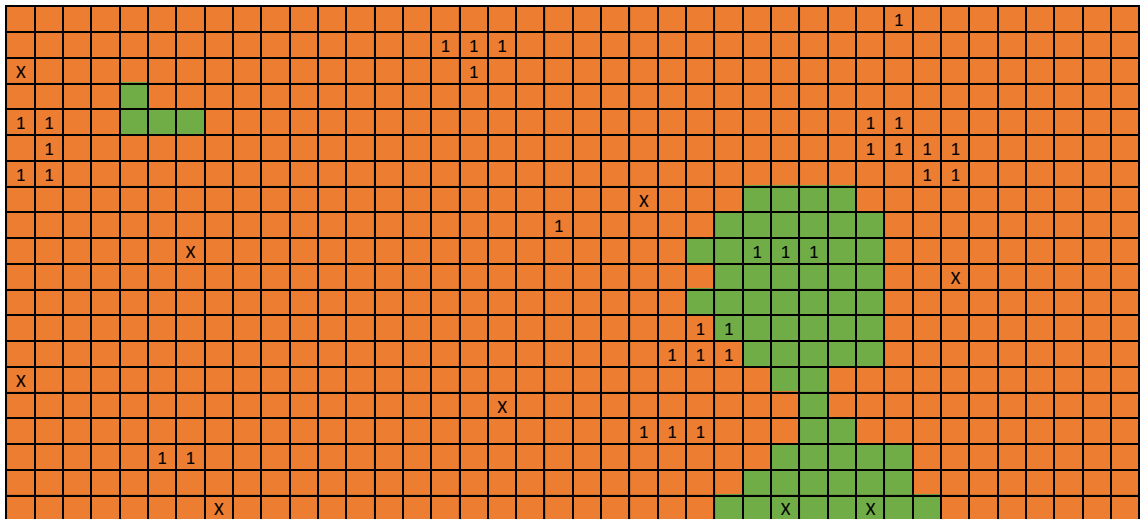
Graf č. 8: Výskyt jmelí na jednotlivých trvalých výzkumných plochách (TVP).

5. 2. Charakteristika přirozené obnovy na transektech

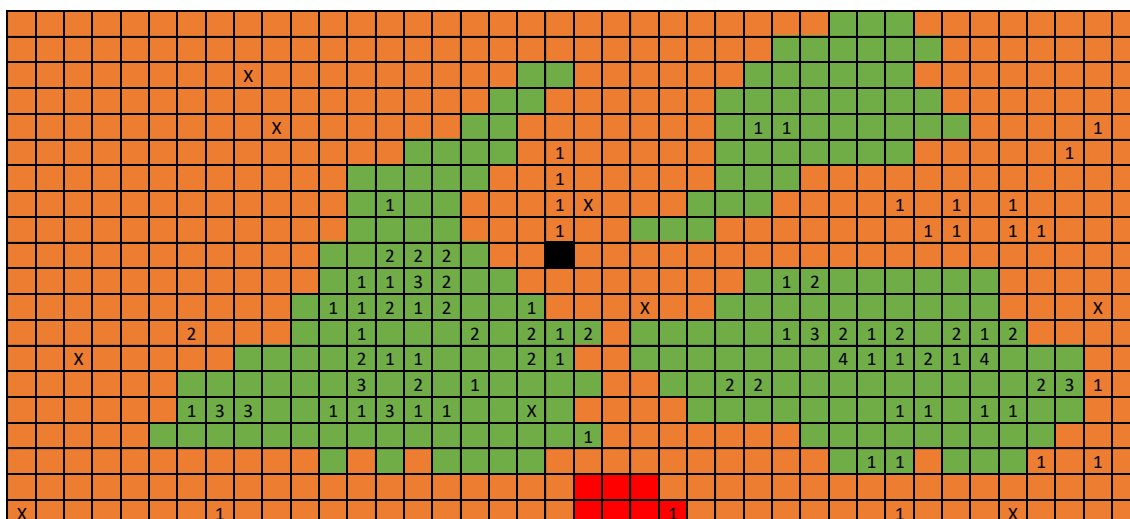
Po rozdělení transektů 10 x 20 m na plošky 0,5 x 0,5 m (800 plošek) byla zjišťována převažující vegetace a provedena inventarizace přirozené obnovy v těchto ploškách. Rovněž byla evidována i poloha jedinců mateřského porostu. Grafické zpracování těchto údajů ukazují Obrázky č. 8, 9 a 10.



Obrázek č. 8: Grafické zpracování transektu č. 1. X – poloha mateřského stromu, 1 – počet jedinců obnovy v dané plošce; oranžová – keřičky; zelená – mechy; žlutá – naorání.

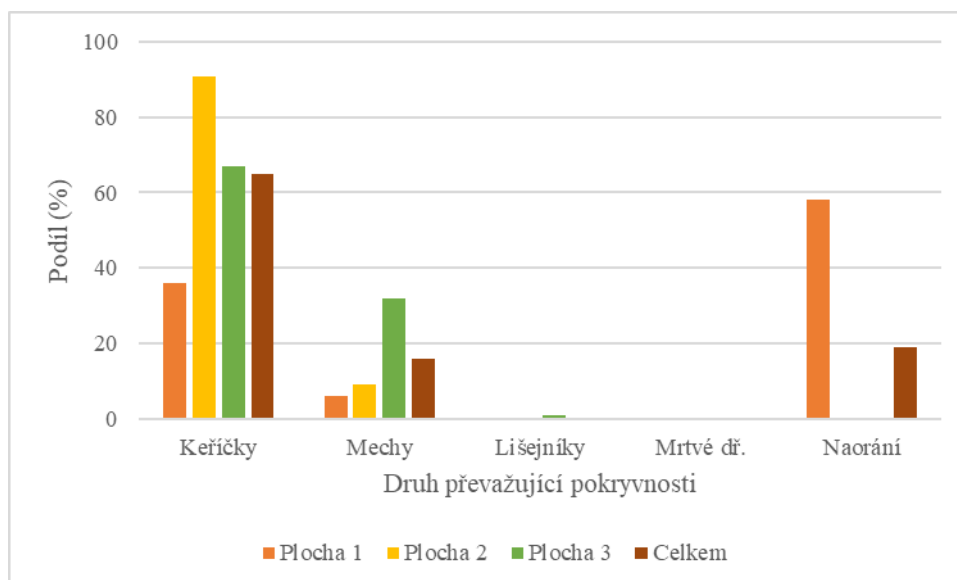


Obrázek č. 9: Grafické zpracování transektu č. 2. X – poloha mateřského stromu, 1 – počet jedinců obnovy v dané plošce; oranžová – keřičky; zelená – mechy.



Obrázek č. 10: Grafické zpracování transektu č. 3. X – poloha mateřského stromu, 1 – počet jedinců obnovy v dané plošce; oranžová – keřičky; zelená – mechy; černá – mrtvé dřevo; červená – lišejníky.

V transektu č. 1 byla na více než polovině plochy (58 %) provedena příprava půdy, v ostatních případech naprosto dominovala keřičková vegetace (celkový průměr 65 %), zejména brusnice borůvka, méně již vřes obecný. Významnější zastoupení dále vykazovaly mechy (16 %), lišejníky a mrtvé dřevo byly zastoupeny méně než jedním procentem, trávy a hrabanka netvořily dominantu v žádné z plošek. Procentuální zastoupení převažující vegetace na jednotlivých transektech ukazuje Graf č. 9.

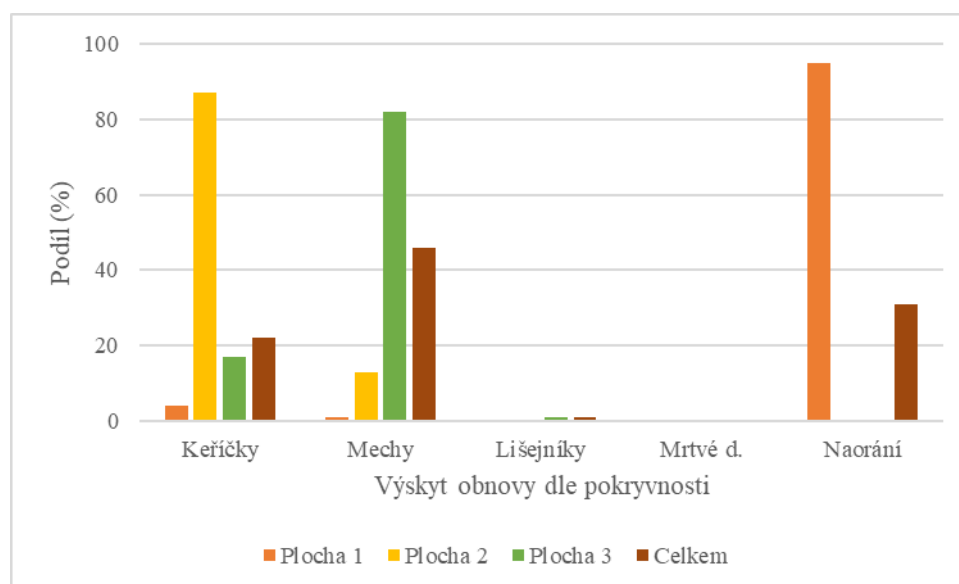


Graf č. 9: Vegetační pokrývnost transektů.

Jak na TVP, tak i na transektech nebyla hodnocena jen obnova borovice, ale samozřejmě i všech dalších vyskytujících se dřevin. Jednalo se o břízu bělokorou, buk

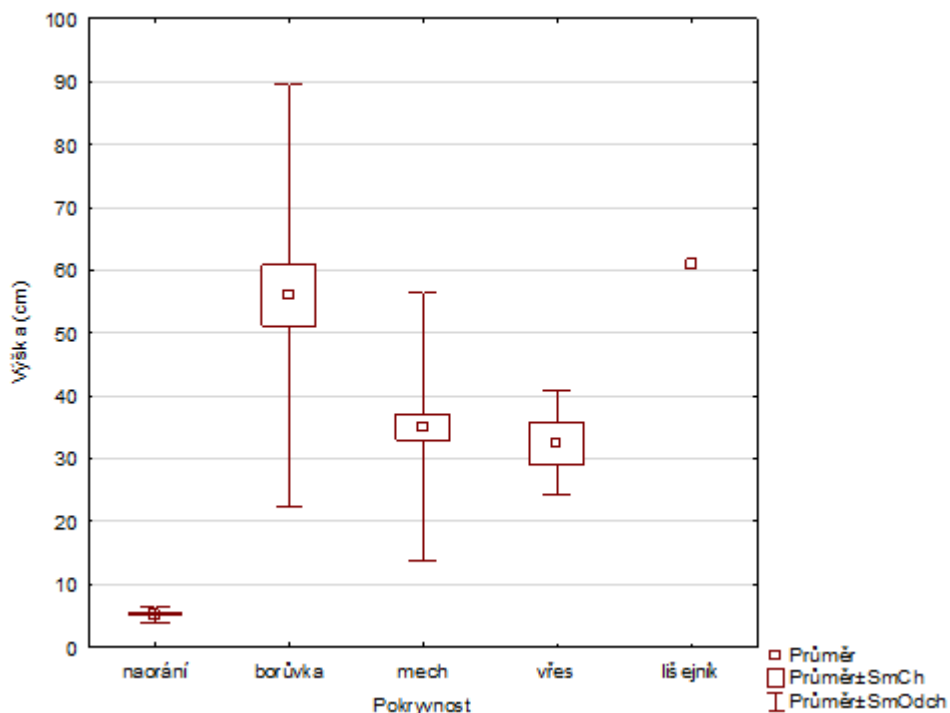
lesní, dub zimní, smrk ztepilý a vrbu jívu. Jejich celkový podíl na zastoupení však v žádné z TVP nedosahoval hodnoty 1 %.

V transektu č. 1 se prakticky veškerá přirozená obnova (95 %) nacházela v ploškách s provedenou přípravou půdy, přičemž se nejčastěji jednalo o jednoleté a dvouleté semenáčky. Spolu s keříčkovou vegetací se přirozená obnova nejčastěji nacházela v transektu č. 2 (87 %), oproti plochám 1 a 3 se však jednalo jen o malé množství jedinců. V transektu č. 3 se nejvíce přirozené obnovy vyskytovalo na mechovém podkladu (82 %), tato kombinace dominovala i v celkovém průměru (46 %). K tomuto je nutno dodat, že na transektu č. 3 byl v minulosti úklid klestu po nahodilé těžbě (sněhový polom, r. 2006) proveden shrnovačem klestu, což jistě vedlo i k narušení půdního povrchu. Detailněji tuto problematiku ukazuje Graf č. 10.



Graf. č. 10: Podíl obnovy dle pokryvnosti v transektech.

V Grafu č. 11 je znázorněno srovnání výšek jedinců přirozené obnovy borovice pro jednotlivé dominantní typy půdního pokryvu. Na základě K-W testu ($H = 105,91$, $df = 3$, $p = 0,00$) lze konstatovat, že rozdíly byly signifikantní. V Tabulce č. 6 jsou pak uvedeny výsledky vícenásobného porovnání. V případě půdního pokryvu lišejníkem a vřesem byly zjištěny celkově velice nízké počty jedinců obnovy.

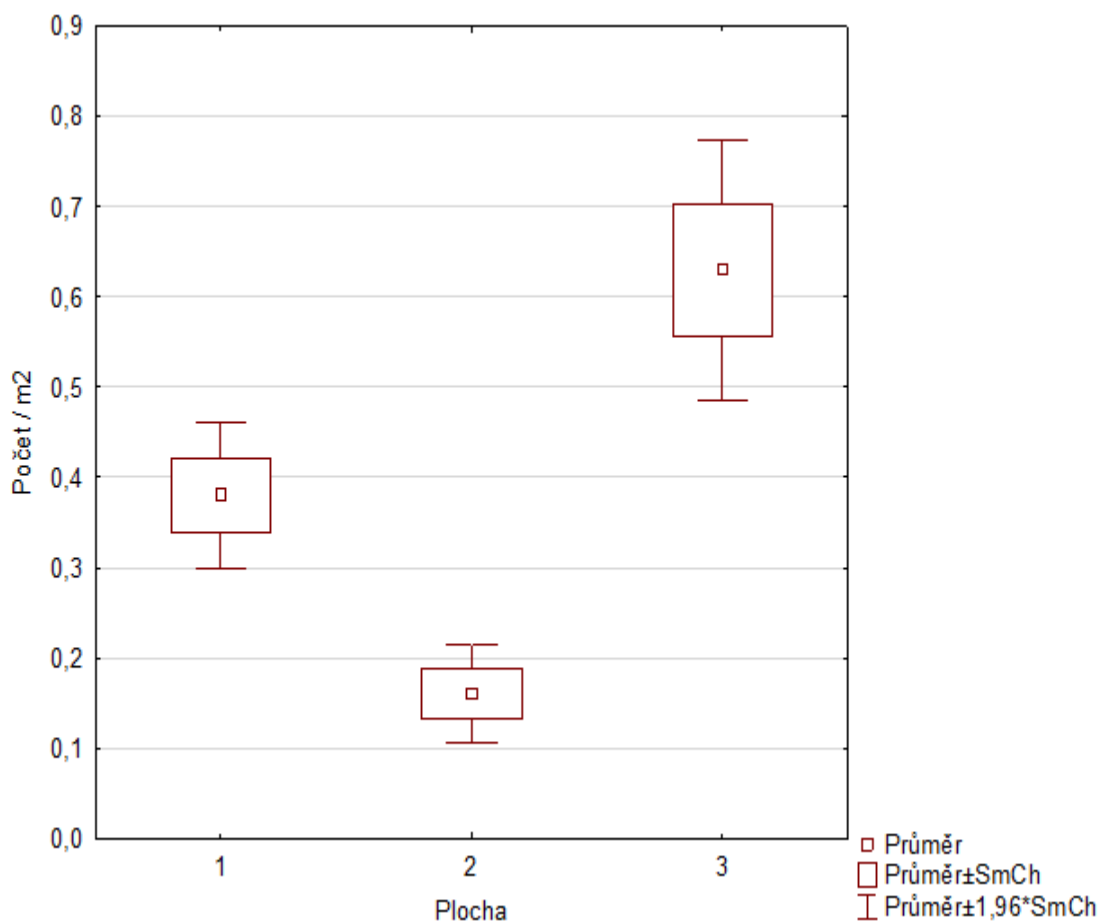


Graf č. 11: Krabicový graf výšek jedinců obnovy dle dominantního typu pokryvnosti v transektech.

Tabulka č. 6: Vícenásobné porovnání výšek jedinců obnovy dle pokryvnosti v transektech.

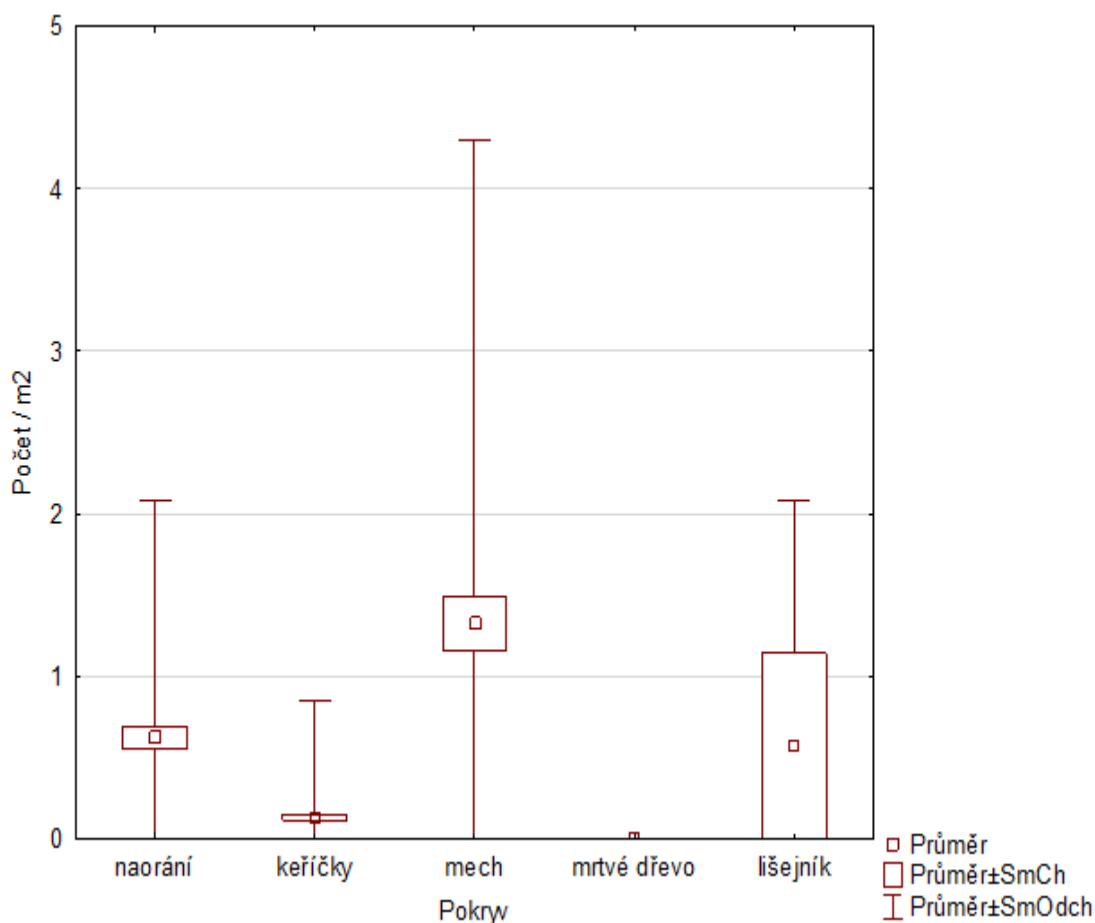
Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Výška (Kopie - Graf_PodílObnovy (B2:IB236 Nezávislá (grupovací) proměnná : Pokryvnost Kruskal-Wallisův test: H (4, N= 235) =151,9020 p =0,000					
Závislá: Výška	naorání R:39,158	borůvka R:176,85	mech R:143,00	vřes R:151,08	lišejník R:208,50
naorání		0,000000	0,000000	0,001059	0,133583
borůvka	0,000000		0,043842	1,000000	1,000000
mech	0,000000	0,043842		1,000000	1,000000
vřes	0,001059	1,000000	1,000000		1,000000
lišejník	0,133583	1,000000	1,000000	1,000000	

V Grafu č. 12 jsou znázorněny průměrné počty jedinců obnovy ($h \leq 1,5$ m) na 1 m² pro jednotlivé plochy. Mezi plochami nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.



Graf č. 12: Krabicový graf počtů jedinců přirozené obnovy ($h \leq 1,5$ m) v jednotlivých transektech.

V Grafu č. 13 je znázorněn průměrný počet jedinců obnovy ($h \leq 1,5$ m) na 1 m^2 pro jednotlivé typy pokryvu. V Tabulce č. 7 jsou pak uvedeny výsledky vícenásobného porovnání.



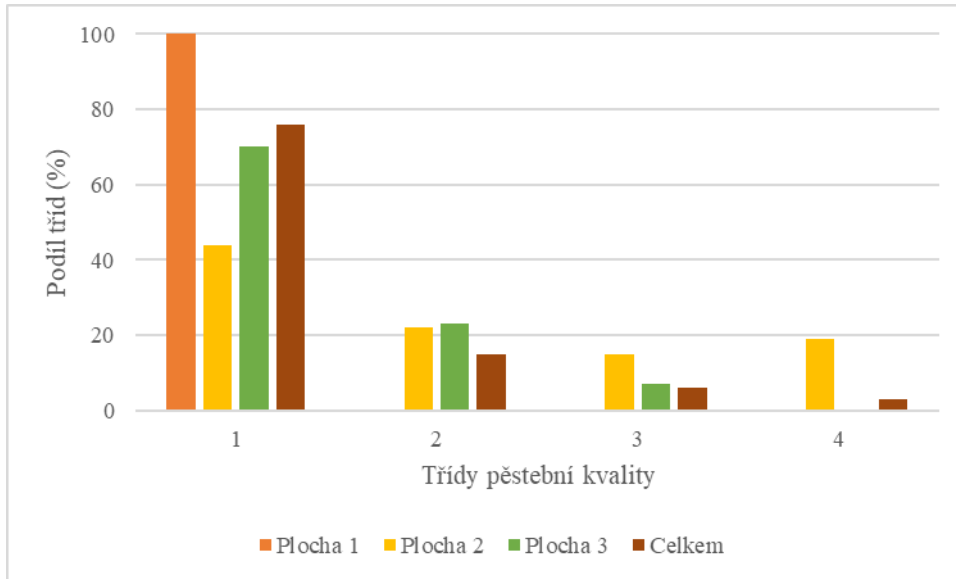
Graf č. 13: Krabicový graf počtů jedinců přirozené obnovy ($h \leq 1,5$ m) podle dominantního typu půdního pokryvu.

Tabulka č. 7: Vícenásobné porovnání počtů jedinců obnovy na 1 m^2 podle typu dominantního pokryvu.

Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Počet m2 Kruskal-Wallisův test: $H(4, N=2400) = 162,7131$ $p = 0,000$					
Závislá: Počet m2	naorání R:1289,1	keříčky R:1142,3	mech R:1358,1	mrtvé dřevo R:1104,5	lišejník R:1273,7
naorání		0,000603	1,000000	1,000000	1,000000
keříčky	0,000603		0,000003	1,000000	1,000000
mech	1,000000	0,000003		1,000000	1,000000
mrtvé dřevo	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000
lišejník	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

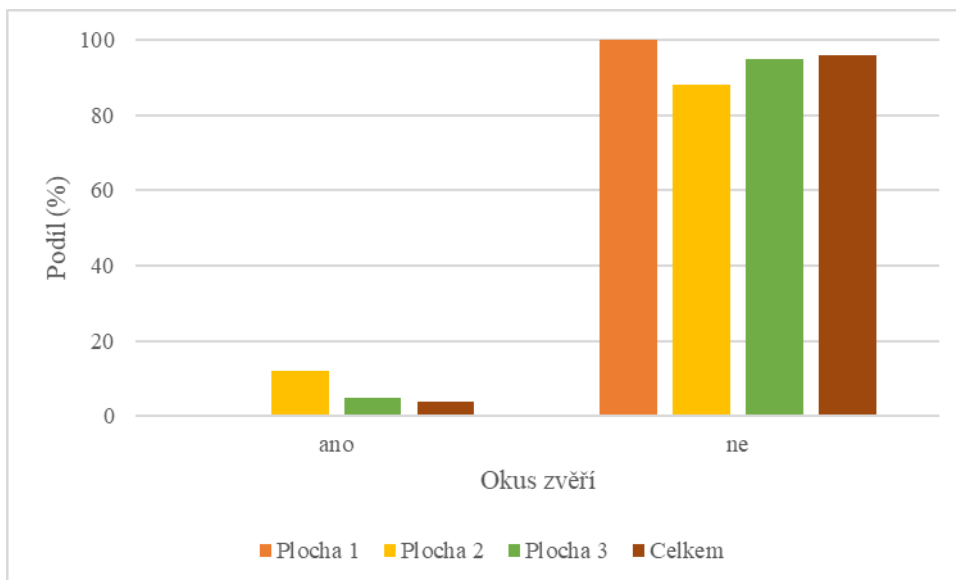
Další graf (Graf č. 14) ukazuje podíl tříd pěstební kvality, a to jak za jednotlivé transepty, tak i v celkovém průměru. Ve všech transektech převažovali jedinci zařazení do třídy pěstební kvality 1, kdy v transektu č. 1 této kvality dosáhlo dokonce celých 100 % jedinců. Při součtu podílů kvalit 1 a 2 na žádném z transektů nekleslo zastoupení kvalitních a nadějných jedinců pod 2/3 celkového počtu. V transektech č. 1 a 3 se

nenacházel žádný jedinec obnovy klasifikovaný kvalitou 4, v transektu č. 2 bylo těchto jedinců 6, což představovalo zastoupení 19 %.



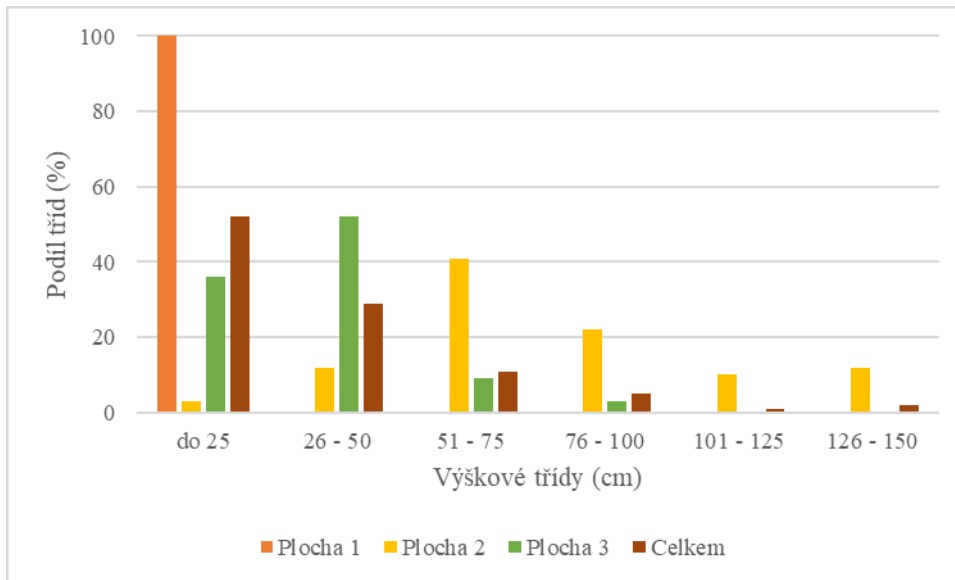
Graf č. 14: Podíl tříd pěstební kvality v transektech.

Graf č. 15 ukazuje, jaký podíl přirozené obnovy na transektech byl poškozen okusem zvěří. Na transektu č. 1 nebyly na přirozené obnově žádné škody okusem zaznamenány a rovněž i v ostatních transektech bylo okusem poškozeno poměrně málo jedinců – 12 % v transektu č. 2 a 5 % v transektu č. 3. V celkovém průměru bylo okusem poškozeno 4 % jedinců.



Graf č. 15: Okus zvěří v transektech.

Jelikož se v transektu č. 1 nacházely jen jednoleté a dvouleté semenáčky, spadali všichni jedinci do výškové třídy do 25 cm. Transekt č. 2 byl jediným, který zaujímal všechny výškové třídy a zároveň také jediným, kde se vyskytovala obnova vyšší než 100 cm. V transektu č. 3 spadalo nejvíce jedinců (52 %) do výškové třídy 26-50 cm. Zastoupení jednotlivých výškových tříd ukazuje graf. č. 16.



Graf č. 16: Podíl výškových tříd v transektech.

6. Diskuse

Počty jedinců spodní etáže dosahovaly hodnot 0,46 až 0,82 ks.m⁻², průměrně 0,64 ks.m⁻², tj. 4 600 až 8 200 ks.ha⁻¹, průměrně 6 400 ks.ha⁻¹. Tyto hodnoty jsou sice spíše na spodní hranici rozmezí, kterou uvádí jiní autoři (SCOTT, 2000; KARLSSON, NILSSON, 2005; EREFUR, 2008; VACEK, 2016; ULBRICHOVÁ, 2018) zabývající se touto problematikou, avšak autoři HYPPÖNEN (2013) a MORENO-FERNÁNDEZ (2015) považují za úspěšnou obnovu i 0,2 až 0,3 ks.m⁻². Vezmeme-li v potaz, že spodní etáž je výškově dosti rozrůzněná a dosahuje výšek i přes 10 m, musíme také zmínit silnou mortalitu borových semenáčků (až 95 %), která se až s jejich narůstající výškou snižuje (BÉLAND, 2000; POLENO, 2009). Pro zdárný vývoj a kvalitní kostru budoucího porostu BÍLEK (2018) považuje za dostatečnou četnost obnovy při průměrné výšce 3 m 0,50 ks.m⁻². Případně můžeme počty jedinců porovnat i s porosty po provedené výchově, kdy SLODIČÁK (2013) v borových porostech (holosečně obnovovaných) při porostní výšce 5 m doporučuje hustotu porostu 0,55 ks.m⁻² a při výšce 10 m již jen 0,35 ks.m⁻². Výšková rozrůzněnost spodní etáže je vcelku vítaná, jelikož řada výzkumů ukazuje, že nejvyšší jedinci dosahují zpravidla i nejlepší kvality, což je dáno jejich dominantním postavením s dostatečným světelným požitkem, kdy zároveň konkurence sousedních jedinců zabraňuje rozrůstání do šířky a tvorbě silných větví. U holosečně obnovovaných porostů tomu bývá přesně naopak – tvorba tzv. předrostlíků a obrostlíků (BÍLEK, 2018).

Dle českých (MIKESKA, 2008; ULBRICHOVÁ, 2018) i zahraničních (KARLSSON, NILSSON, 2005; MIRSCHEL, 2011) autorů je pro vznik přirozené obnovy velmi významný charakter půdního pokryvu. Podstatná je zejména mocnost nerozložených organických horizontů (nadložní humus) a minerální podíl na povrchu půdy (HILLE, OUDEN, 2004; EREFUR, 2008). V námi sledovaných porostech byla zjištěna poměrně silná vrstva nadložního humusu a jen tenký minerální horizont, což je kombinace vytvářející humusovou formu mor, která je pro borové porosty typická (PRŮŠA, 2001; MIRSCHEL, 2011). Nejvíce přirozené obnovy se na námi vyhodnocovaných TVP vyskytovalo na mechovém podkladu, čímž se potvrdil názor některých autorů (WARDLE, 2003; ŠINDELÁŘ, 2004; MIKESKA 2008) o kladném působení mechů na přirozenou obnovu borovice. Naopak nejméně přirozené obnovy se vyskytovalo v keříčkovitém porostu brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus* L.) a vřesu obecného (*Calluna vulgaris* L.). K těmto závěrům dochází i SCOTT (2000), HILLE, OUDEN (2004), MIRSCHEL (2011) či ULBRICHOVÁ (2018). Jako nejčastější důvod

negativního vlivu brusnice borůvky na přirozenou obnovu je uváděn konkurenční boj o vodu, světlo a živiny (MIKESKA, 2008; MIRSCHEL, 2011), ale i rychlejší hromadění surového humusu (SCOTT, 2000) a z toho důvodu i jeho vyšší vrstva (BUCCI, BORGHETTI, 1997).

Pro úspěšnost přirozené obnovy se jako velmi významná ukázala mechanická příprava půdy, zejména z důvodu jejího většího množství (BÉLAND, 2000; SCOTT, 2000), ale je uváděno i rychlejší klíčení (MIRSCHEL, 2011). Na námi sledovaných TVP byla příprava půdy provedena jen na velmi malé části, což může být jednou z příčin poměrně nízkých počtů přirozené obnovy na jednotku plochy.

Jak na hlavních TVP, tak i na transektech byla většina jedinců obnovy zařazena do třídy pěstební kvality 1 a 2. U jedinců obnovy s výškou do 1,50 m jejich podíl nikdy neklesl pod 2/3 a u jedinců obnovy vyšších pod 1/2 celkového množství obnovy na jednotlivých TVP. Naopak třída pěstební kvality 4 byla ve všech porostech zastoupena nejméně. Tato zjištění odpovídají tvrzením řady autorů – např. PLÍVA (2000) a PRŮŠA (2001) – že přirozená obnova borovice nejlépe odrůstá na stanovištích zařazených do SLT OK – kyselý dubo-bukový bor, kde se všechny TVP nacházely. Zároveň se tímto potvrzuje názor, že borovici, ač dřevinu silně světlomilnou (MUSIL, HAMERNÍK, 2003), je v nejranějším věku možné považovat za dřevinu stín snášející (COBAN, 2016; ULBRICHOVÁ, 2018), která dokáže odrůstat i pod clonou mateřského porostu (REININGER, 1997; SCOTT, 2000; KARLSSON, NILSSON, 2005; MIRSCHEL, 2011; BÍLEK, 2017; ULBRICHOVÁ, 2017). COBAN (2016) uvádí, že zápoj horní etáže četnost a přírůst obnovy sice potlačuje, avšak ta může být k zastínění poměrně tolerantní, a to po dobu 10 až 12 let, kdy po dalším proclonění (uvolnění korunového zápoje) spodní etáž reaguje zvýšeným přírůstem (EREFUR, 2011). Ve stejném duchu, avšak ve vztahu obnovy a výčetní kruhové základny mateřského porostu se vyjadřuje i STUIVER (2016). Autoři MIRSCHEL (2011) a STUIVER (2016) se shodují, že dostatek světla je zásadním faktorem pro nárosty s výškou nad 0,5 m. BÍLEK (2018) uvádí v počátečním vývoji obnovy schopnost borovice tolerovat zástin až 20 let, avšak již na úkor pěstební kvality a stability jedinců spodní etáže, kdy se zvyšuje štíhlostní kvocient.

Četnost obnovy a její rozložení v tloušťkových stupních dle jednotlivých TVP naznačují, že přirozená obnova vznikla najednou nebo jen v krátkém časovém období, tak jako ve svém výzkumu popisuje LUNDQVIST (2019). Ten uvádí, že v borových porostech přirozená obnova pod porostem (spodní etáž) vzniká nejčastěji jednorázově

během událostí, kdy jsou pro ni podmínky příznivé – disturbance nebo cílený hospodářský zásah – a poté dochází k výškovému rozvrstvení (stratifikaci) způsobenému rozdílnou rychlostí růstu uvnitř stejnověkových kohort přirozené obnovy, a nikoliv permanentní přirozenou obnovou a jejím dorůstáním do vyšších porostních vrstev, jako je tomu u stinných dřevin. LUNDQVIST (2019) uvádí, že pro vytvoření a udržení víceetážového borového porostu, který by měl být obhospodařován výběrným způsobem, by bylo nutné snížit výčetní kruhovou základnu G pod hodnotu $14 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, kdy ale již předpokládá značnou ztrátu na přírůstu.

Ve sledovaných TVP bylo zjištěno zastoupení dalších dřevin méně než 1 %. Oproti borovici v SLT 0K velmi nízké zastoupení jiných dřevin uvádí i PLÍVA (2000) a PRŮŠA (2001). Podle nich se nejčastěji vyskytují bříza bělokorá, buk lesní a dub zimní, což odpovídá i našim zjištěním. Autoři NOVÁK (2017) a SOUČEK (2018) však zmiňují nutnost pěstební péče o tyto vtroušené dřeviny a v případě, že se tyto dřeviny nevyskytují vůbec, doporučují jejich umělý vnos. O značných výhodách borových porostů pěstovaných ve směsi s bukem nebo dubem se ve svých výzkumech zmiňuje PRETZSCH (2015, 2019).

Okusem zvěří byla na námi sledovaných TVP v průměru poškozena 4 % jedinců s rozptylem v jednotlivých plochách od 0 do 12 %, což lze považovat jen za slabé poškození. Potvrzuje se tak názor ČERVENÉHO (2012), že škody zvěří na přirozené obnově pod porostem jsou nižší než na volné ploše. EREFUR (2008), jehož studie také uvádí nižší škody okusem u podrostního hospodářství oproti holosečnému, předpokládá, že je to způsobeno horší viditelností jednotlivých stromků. V oblasti, kde tento výzkum probíhal, se pravidelně a v hojných počtech vyskytuje zvěř černá a srnčí. V posledních letech je na rychlém vzestupu zvěř jelení, která byla ještě v nedávné minulosti na Třeboňsku poměrně vzácná, a příležitostně se objevuje i zvěř dančí.

Výskyt jmelí (*Viscum* sp.) byl zaznamenán ve všech třech sledovaných porostech, a to jak v horní, tak i spodní etáži. V celkovém průměru bylo jmelím poškozeno 5 % jedinců, s rozpětím od jednoho do 10 %. LIŠKA (2018) upozorňuje na stále častější nadměrný výskyt tohoto poloparazita v borových porostech, kdy jmelí odčerpáváním vody z dřevin zvyšuje jejich hydrický stres, při silném napadení dřeviny vykazují snížený přírůst a nižší odolnost vůči podkornímu hmyzu, případně může dojít i k jejich odumření (LORENC, 2019).

7. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vyhodnotit vliv clony mateřského porostu na přirozenou obnovu borovice lesní v podmínkách Třeboňska a odvodit pěstební doporučení pro dané stanovištní podmínky (HS 13 – přirozená borová stanoviště) při uplatnění podrostního způsobu hospodaření.

Z grafického znázornění četnosti tloušťkových stupňů a ze vztahů mezi výčetní tloušťkou ($d_{1,3}$) a výškou dřevin na jednotlivých TVP byla určena hranice mezi horní a dolní etáží při $d_{1,3} = 15$ cm. Četnost obnovy (spodní etáže) se pohybuje v rozmezí 0,46 – 0,82 ks.m⁻², kterou lze považovat za dostatečnou z hlediska dalšího vývoje porostu. Spodní etáž je poměrně výškově rozrůzněná, kdy se v porostech vyskytují vedle sebe prakticky veškerá věková stádia od náletů po tyčovinu s výškou přesahující 10 m. Ve spodní etáži naprosto dominuje borovice, celkové zastoupení ostatních vtroušených dřevin nedosáhlo ani hodnoty 1 %.

Ve vegetačním pokryvu převažovala keříčková vegetace (65 %), zejména brusnice borůvka, méně již vřes obecný. Poměrně významné bylo ještě zastoupení mechů (16 %). Obnova borovice se nejčastěji vyskytovala na mechovém podrostu, nejméně naopak na podrostu tvořeném keříčkovou vegetací. Kladně se pro vznik přirozené obnovy projevila mechanická příprava půdy provedená na jedné z TVP.

Dvoutřetinový podíl obnovy s výškou do 1,50 m a nadpoloviční podíl u obnovy s výškou nad 1,50 m byl zařazen do třídy pěstební kvality 1 a 2, šlo tedy o nadějně jedince schopných v budoucnu tvořit kostru hlavního porostu. Z celkového počtu pouze 4 % jedinců obnovy byla poškozena okusem zvěří.

Výše uvedené výsledky naznačují, že podrostní způsob obnovy borových porostů má na Třeboňsku své opodstatnění a při respektování ekologických nároků borovice je možné se pomocí přírodě blízkých způsobů hospodaření dopěstovat kvalitních porostů, které budou plnit nejen funkci produkční, ale i mimoprodukční, což je vzhledem k probíhající klimatické změně, ale i k historickému zařazení lokality do sítě chráněných krajinných oblastí jistě žádoucí.

8. Seznam použité literatury

Abraham, V., Kuneš, P., Petr, L., Svitavská-Svobodová, H., Kozáková, R., Jamrichová, E., Švarcová, M. G., Pokorný, P. (2016). A pollen-based quantitative reconstruction of the Holocene vegetation updates a perspective on the natural vegetation in the Czech Republic and Slovakia. *Preslia* 88: 409-434.

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

Amann, G. (1997). *Stromy a keře lesa*. 1. vydání. Vimperk: J. Steinbrener. ISBN 80-901324-9-9

Ammon, W. (2009). *Výběrný princip v lesním hospodářství*. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-87154-25-0

AOPK ČR (2019). *Správa CHKO Třeboňsko. Charakteristika oblasti* (online). Dostupné z: <http://trebonsko.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/>

Béland, M., Agestam, E., Ekö, P. M., Gemmel, P., Nilsson, U. (2000). Scarification and Seedfall affects Natural Regeneration of Scots Pine Under Two Shelterwood Densities and a Clear-cut in Southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15: 247-255.

Beránek, J. (2008). Škůdci borovice lesní. In: *Přirozené zmlazování borovice*. Sborník referátů z odborného semináře konaného v Mimoně 17. 9. 2008. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-02-02070-7

Bezděčková, L., Matějka, K. (2018). Vliv počasí na kvalitu semen borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) a smrku ztepilého (*Picea abies* L. Karst.). *Zprávy lesnického výzkumu* 63: 1-9.

Bílek, L., Remeš, J., Fulín, M., Chalupová, T., Procházka, J. (2016). Množství a distribuce nadzemní biomasy borovice lesní v oblasti přirozených borů. *Zprávy lesnického výzkumu* 61: 108-114.

Bílek, L. (2017). Možnosti ekologicky orientovaného pěstování lesů přirozených borových stanovišť. *Borové hospodářství ve světle klimatických změn a rostoucího*

významu mimoprodukčních funkcí lesů. Sborník referátů z odborného semináře konaného v Praze 24. 11. 2017. Česká lesnická společnost. ISBN 978-80-02-02769-0

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. Lesnický průvodce (4). Jíloviště-Strnady: VÚLHM. ISBN 978-80-7417-1697

Bucci, G., Borghetti, M. (1997). Understory vegetation as a useful predictor of natural regeneration and canopy dynamics of *Pinus sylvestris* forests in Italy. *Acta Ecologica* 18: 485-501.

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

Coban, S., Colak, A. H., Rotherham, I. D. (2016). Interactions between canopy cover density nad regeneration cores of older saplings in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. *Forest systems* 25 (3), e073.

Crookston, N. L., Stage, A. R. (1999). Percent canopy cover and stand structure statistics from the Forest Vegetation Simulator. Gen Tech. Rep. RMRS-GTR-24. Ogden, UT. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 11 p.

Cukor, J., Podrázský, V., Vacek, Z., Linda, R. (2017). Vliv brassinosteroidů na klíčivost semen borovice lesní v různých stresových variantách. Borové hospodářství ve světle klimatických změn a rostoucího významu mimoprodukčních funkcí lesů. Sborník referátů z odborného semináře konaného v Praze 24. 11. 2017. Česká lesnická společnost. ISBN 978-80-02-02769-0

Čáp, J., Fulín, M., Novotný, P., Cvrčková, H., Máchová, P., Trčková, O., Poláková, L., Dostál, J., Frýdl, J. (2016). Genetická charakterizace významných regionálních populací borovice lesní v České republice. Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce (19). Jíloviště-Strnady: VÚLHM. ISBN 978-80-7417-132-1

Čermák, P., Jankovský, L. (2006). Škody ohryzem, loupáním a následnými hnilobami. Monografie. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 80-86386-81-3

Červenský, J. (2017). Náhorní ekotyp borovice: Využití v horských a podhorských oblastech Šumavy. Lesnická práce (4).

- Červený, J., Šťastný, K., Koubek, P. (2016). Zvěř. Ottova encyklopedie. 1. vydání. Praha: Ottovo nakladatelství. ISBN 978-80-7451-521-7
- Červený, M. (2012). Hospodaření přírodě blízkým způsobem na revíru Špankov. Lesnická práce (8).
- Čížek, J., Kratochvíl, F., Peřina, V. (1959). Přeměny monokultur. 1. vydání. Praha: SZN.
- Čížková, H., Vlasáková, L., Květ, J. (2017). Mokřady. Ekologie, ochrana a udržitelné využívání. 1. vydání. České Budějovice: Jihočeská univerzita. ISBN 978-80-7394-658-6
- Dančáková, H. (2008). Přirozená obnova borovice lesní na hospodářském souboru 13 (přirozená borová stanoviště) u VLS ČR, s. p. Přirozené zmlazování borovice. Sborník referátů z odborného semináře konaného v Mimoni 17. 9. 2008. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-02-02070-7
- Dušek, V., Kotyza, F. (1970). Moderní lesní školkařství. 1. vydání. Praha: SZN.
- Erefur, Ch., Bergsten, U., de Chantal, M. (2008). Establishment of direct seeded seedlings of Norway spruce and Scots pine: Effect of stand conditions, orientation and distance with respect to shelter tree, and fertilisation. *Forest ecology and Management* 255: 1186-1195.
- Erefur, Ch., Bergsten, U., Lundmark, T., de Chantal, M. (2010). Establishment of planted Norway spruce and Scots pine seedlings: effect of light environment, fertilisation, and orientation and distance with respect to shelter tree. *New Forests* 41: 263-276.
- Euforgen (2009). Distribution map of Scots pine (*Pinus sylvestris*). Euforgen (online). Dostupné z <http://www.euforgen.org>
- Fabrika, M., Ďurský, J. (2005). Algorithms and software solution of thinning models for SIBYLA growth simulator. *Journal of Forest Science* 51: 431-445.
- Foltánek, V. (2018). Historie a současný stav užití krytokořenného sadebního materiálu v České republice. Užití krytokořenného sadebního materiálu při obnovách lesa, zalesňování a výsadbách v krajině. Sborník přednášek odborného semináře konaného v Brně 4. 10. 2018. Česká lesnická společnost. ISBN 978-80-02-02820-8
- Füldner, K. (1995). Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern. Dissertation Forstliche Fakultät Göttingen, Cuvillier Verlag, Göttingen, Germany.

- Gryndler, M., Baláž, M., Hršelová, H., Jansa, J., Vosátka, M. (2004). Mykorhizní symbióza. O soužití hub s kořeny rostlin. 1. vydání. Praha: Academia. ISBN 80-200-1240-0
- Gürtlerová, P., Poňavič, M., Hátle, M., Králová, M. (2012). Geologie chráněných krajinných oblastí České republiky: Třeboňsko. 1. vydání. Praha: Česká geologická služba. ISBN 978-80-7075-777-2
- Hejtný, S., Slavík, B. (1988). Květena ČSR. 1. vydání. Praha: Academia.
- Hille, M., den Ouden, J. (2004). Improved recruitment and early growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings after fire and soil scarification. *European Journal of Forest Research* 123: 213-218.
- Hyppönen, M., Hallikainen, V., Niemelä, J., Rautio, P. (2013). The contradictory role of understory vegetation on the success of Scots pine regeneration. *Silva Fennica* 47.
- Cheddadi, R., Vendramin, G. G., Litt, T., Francois, L., Kageyama, M., Lorentz, S., Laurent, J-M., de Beaulieu, J-L., Sadori, L., Jost, A., Lunt, D. (2006). Imprints of glacial refugia in the modern genetic diversity of *Pinus sylvestris*. *Global Ecology and Biogeography* 15: 271-282.
- Chroust, L. (1997). Ekologie výchovy lesních porostů. 1. vydání. Opočno: VÚLHM, Výzkumná stanice Opočno. ISBN 80-238-0889-3
- Chytrý, M., Kučera, T., Kočí, M. (2001). Katalog biotopů České republiky. 1. vydání. Praha: AOPK. ISBN 80-86064-55-7
- Jaehne, S. C., Dohrenbusch, A. (1997). Ein Verfahren zur Beurteilung der Bestandesdiversität. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 116: 333-345.
- Kacálek, D., Mauer, O., Podrázský, V., Slodičák, M. a kol. (2017). Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-7458-102-1
- Karlsson, M., Nilsson, U. (2005). The effects of scarification and shelterwood treatments on naturally regenerated seedlings in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 205: 183-197.
- Korpeľ, Š. (1991). Pestovanie lesa. 1. vydání. Bratislava: Príroda. ISBN 80-07-004-28-9

- Kováč, J., Krilek, J., Jobbágy, J., Dvořák, J. (2017). Technika a mechanizácia v lesníctve. 1. vydání. Zvolen: Technická univerzita. ISBN 978-80-228-3021-8
- Křístek, J., Jančařík, V., Mentberger, J, Vicena, I., Volný, S. (2002). Ochrana lesů a přírodního prostředí. Písek: Matice lesnická. ISBN 80-86271-08-0
- Kučera, T. (1999). Reliktní bory, suťové a roklinové lesy. Praha: AOPK ČR. ISBN 80-86064-32-8
- Kyzlík, L. (1963). Lesnická botanika. 1. vydání. Praha: SZN.
- Liška, J., Knížek, M., Lorenc, F. (2018). Kalamitní odumírání borovice lesní. Lesnická práce (11).
- Lorenc, F. (2019). Jmelí bílé: Nárůst výskytu v Česku. Lesnická práce (12).
- Lundqvist, L., Ahlström, M. A., Axelsson, E. P., Mörling, T., Valiger, E. (2019). Multi-layered Scots pine forests in boreal Sweden result from mass regeneration and size stratification. *Forest Ecology and Management* 441: 176-181.
- Mikeska, M., Vacek, S. a kol. (2008). Lesnicko-typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-87154-20-5
- Ministerstvo zemědělství. (2019). Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2018. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-530-2
- 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: 683-694.
- Míchal, I. a kol. (1992). Obnova ekologické stability lesů. 1. vydání. Praha: Academia. ISBN 80-85368-23-4
- Moreno-Fernández, D., Canellas, I., Barbeito, I., Sánchez-González, M., Ledo, A. (2015): Alternative approaches to assessing the natural regeneration of Scots pine in a Mediterranean forest. *Annals of Forest Science* 72: 569-583.
- Musil, I., Hamerník, J. (2003). Lesnická dendrologie I. Jehličnaté dřeviny. Praha: ČZU. ISBN 80-213-0992-X

- Nárovcová, J., Nárovec, V. (2012). Kritéria výběru sadebního materiálu borovice lesní pro stanoviště ohrožovaná suchem. Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce (6). Jíloviště-Strnady: VÚLHM. ISBN 978-80-7417-076-8
- Nárovcová, J., Nárovec, V. (2013). Pěstební opatření k udržení kvality borových mlazin. Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce (7). Jíloviště-Strnady: VÚLHM. ISBN 978-80-7417-076-8
- Neuhäuslová, Z. (1998). Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. Textová část a mapa. 1. vydání. Praha: Academia. ISBN 80-200-0687-7
- Novák, J., Dušek, D., Slodičák, M. (2013). Množství opadu v různě vychovávaných mladých borových porostech. Proceedings of Central European Silviculture. Sborník referátů z mezinárodní konference konané v Kostelci nad Černými lesy 2. – 3. 7. 2013. Praha: ČZU. ISBN 978-80-213-2381-0
- Novák, J., Dušek, D., Kacálek, D., Slodičák, M., Souček, J. (2017a). Pěstební postupy pro borové porosty 1. a 2. lesního vegetačního stupně. Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce (12). Jíloviště-Strnady: VÚLHM. ISBN 978-80-7417-150-5
- Novák, J., Dušek, D., Kacálek, D., Slodičák, M., Souček, J. (2017b). Pěstební postupy pro březové porosty 1. a 2. lesního vegetačního stupně. Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce (13). Jíloviště-Strnady: VÚLHM. ISBN 978-80-7417-151-2
- Palovčíková, D. (2008) – Choroby borovice lesní. Přirozené zmlazování borovice. Sborník referátů z odborného semináře konaného v Mimoně 17. 9. 2008. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-02-02070-7
- Petráš, R., Pajčík, J. (1991). Sústava česko-slovenských objemových tabuliek dřevín. Lesnícky časopis 37: 49-56.
- Plíva, K. (2000). Trvale udržitelné obhospodařování lesů podle souborů lesních typů. Brandýs nad Labem: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů.
- Polanský, B. a kol. (1966): Pěstění lesů. 1. vydání. Praha: Státní zemědělské nakladatelství.
- Poleno, Z., Morávek, F. a kol. (1994). Lesnický naučný slovník. 1. díl. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 80-7084-111-7

- Poleno, Z., Morávek, F. a kol. (1995). Lesnický naučný slovník. 2. díl. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 80-7084-131-1
- Poleno, Z., Vacek, S. a kol. (2007a). Pěstování lesů I.: Ekologické základy pěstování lesů. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-87154-07-6
- Poleno, Z., Vacek, S. a kol. (2007b). Pěstování lesů II.: Teoretická východiska pěstování lesů. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-87154-09-0
- Poleno, Z., Vacek, S. a kol. (2009). Pěstování lesů III.: Praktické postupy pěstování lesů. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-87154-34-2
- Prescher, F. (2018). The use of containerized seedlings in Sweden and their protection against pine weevil. Užití krytokořenného sadebního materiálu při obnovách lesa, zalesňování a výsadbách v krajině. Sborník přednášek odborného semináře konaného v Brně 4. 10. 2018. Česká lesnická společnost. ISBN 978-80-02-02820-8
- Pretzsch, H. (2006). Wissen nutzbar machen für das Management von Waldökosystemen. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 61: 1158-1159.
- Pretzsch, H., del Río, M., Ammer, Ch., Avdagic, A., Barbeito, I., Bielak, K., Brazaitis, G., Coll, L., Dirnberger, G., Drössler, L., Fabrika, M., Forrester, D. I., Godvod, K., Heym, M., Hurt, V., Kurylyak, V., Löf, M., Lobardi, F., Matovič, B., Mohren, F., Motta, R., den Ouden, J., Pach, M., Ponette, Q., Schütze, G., Schweig, J., Skrzyszewski, J., Sramek, V., Sterba, H., Stojanovic, D., Svoboda M., Vanhellemont, M., Verheyen, K., Wellhausen, K., Zlatanov, T., Bravo-Oviedo, A. (2015). Growth and yield of mixed versus pure stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) analysed along a productivity gradient through Europe. European Journal of Forest Research.
- Pretzsch, H., Steckel, M., Heym, M., Biber, P., Ammer, Ch., Ehbrecht, M., Bielak, K., Bravo, F., Ordóñez, C., Collet, C., Vast, F., Drössler, L., Brazaitis, G., Godvod, K., Jansons, A., de Dios-García, J., Löf, M., Aldea, J., Korboulewsky, N., Reventlow, D. O. J., Nothdurf, A., Engel, M., Pach, M., Skrzyszewski, J., Pardos, M., Ponette, Q., Sitko, R., Fabrika, M., Svoboda, M., Černý, J., Wolff, B., Ruíz-Peinado, R., del Río, M. (2019). Stand growth and structure of mixed-species and monospecific stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Quercus robur* L., *Q. petraea* (Matt.) Liebl.) analysed along a productivity gradient through Europe. European Journal of Forest Research.

- Průša, E. (2001). Pěstování lesů na typologických základech. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 80-86386-10-4
- Quitt, E. (1971). Klimatické oblasti Československa. *Studia geographica* (16). Praha: Academia.
- Reineke, L. H. (1933). Perfecting a stand density index for even-aged forests. *Journal of Agricultural Research* 46: 627-638.
- Reininger, H. (1997). Těžba cílových tloušťek anebo výběr v lese věkových tříd. 1. vydání. Praha: Ministerstvo zemědělství.
- Remeš, J., Fulín, M., Podrázský, V., Uhlíř, P. (2013). Srovnání stavu humusových forem ve clonném a násečném postavení. *Proceedings of Central European Silviculture*. Sborník referátů z mezinárodní konference konané v Kostelci nad Černými lesy 2. – 3. 7. 2013. Praha: ČZU. ISBN 978-80-213-2381-0
- Remeš, J., Bílek, L., Fulín, M. (2015). Vliv zpracování těžebních zbytků a následné mechanické přípravy půdy na chemické vlastnosti půd přirozených borů. *Zprávy lesnického výzkumu* 60: 138-146.
- Remeš, J., Bílek, L., Jahoda, M. (2016a). Vliv přípravy půdy a hnojení dřevěným popelem na růst sazenic borovice lesní. *Zprávy lesnického výzkumu* 61: 197-202.
- Remeš, J., Bílek, L., Ulbrichová, I., Borůvka, L. (2016b). Doporučené postupy pro využívání těžebních zbytků, přípravu půdy a obnovu borových porostů v podmínkách kyselých a chudých stanovišť nižších poloh. *Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce* (17). Jíloviště-Strnady: VÚLHM. ISBN 978-80-7417-130-7
- Saniga, M. (2017). *Pestovanie lesa*. 2. vydání. Zvolen: Technická univerzita. ISBN 978-80-228-2950-2
- Scott, D., Welch, D., Thurlow, M., Elston, D. A. (2000). Regeneration of *Pinus sylvestris* in a natural pinewood in NE Scotland following in grazing by *Cervus elaphus*. *Forest Ecology and Management* 130: 199-211.
- Schönfelder, O., Zeidler, A., Borůvka, V., Bílek, L. (2017). Influence of site conditions and silvicultural practise on the woody density of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) – a case study from the Doksy locality, Czech republic. *Journal of forest Science* 63: 457-462.

Schütz, J. (2011). Výběrné hospodářství a jeho různé formy. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-7458-011-6

Simon, J. a kol. (2010). Strategie managementu lesních území se zvláštním statutem ochrany. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-87154-50-2

Slodičák, M., Novák, J. (2011). Pěstování a zakládání porostů borovice lesní. Hospodaření na obecním majetku s vysokou rekreační funkcí, využívání přírodních procesů v borových a smrkových porostech nižších poloh. Sborník přednášek odborného semináře konaného v Doksech 21. – 22. 9. 2011. Jíloviště-Strnady: VÚLHM. ISBN 978-80-7417-042-3

Slodičák, M., Novák, J., Dušek, D. (2013). Výchova porostů borovice lesní. Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce (5). Jíloviště-Strnady: VÚLHM. ISBN 978-80-7417-069-0

Souček, J., Špulák, O., Dušek, D. (2018). Metodika přeměny a přestavby borových monokultur na stanovištích přirozených smíšených porostů. Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce (15). Jíloviště-Strnady: VÚLHM. ISBN 978-80-7417-180-2

Stuiver, B. M., Wardle, D. A., Gundale, M. J., Nilsson, M-Ch. (2016). Seedling responses to changes in canopy and soil properties during stand development following clear-cutting. *Forest Ecology and Management* 378: 31-43.

Šimerda, L. (2002). K úrovňové a podúrovňové výchově a obnově borových porostů. *Lesnická práce* (2).

Šindelář, J. (1997). Zakládání porostních směsí aneb o textuře lesních porostů. *Lesnická práce* (7).

Šindelář, J. (2004). Přirozená obnova borovice lesní. *Lesnická práce* (8).

Šindelář, J., Čáp, J., Novotný, P. (2005). Význam a možnosti využívání původních (autochtonních) populací lesních dřevin v ČR. *Lesnický průvodce* (2). Jíloviště-Strnady: VÚLHM. ISBN 80-86461-48-3

Šmudla, R. (2011). Predikce vlivu intenzivní výchovné těžby harvestorem na přírůst borových porostů. Hospodaření na obecním majetku s vysokou rekreační funkcí, využívání přírodních procesů v borových a smrkových porostech nižších poloh. Sborník

přednášek odborného semináře konaného v Doksech 21. – 22. 9. 2011. Jíloviště-Strnady: VÚLHM. ISBN 978-80-7417-042-3

Tolasz, R. a kol. (2007). Atlas podnebí Česka. 1. vydání. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-86690-26-1

Ulbrichová, I., Bílek, L., Vítámvás, J., Janeček, V. (2017). Světelné podmínky a odrůstání přirozené obnovy borovice pod mateřským porostem. Borové hospodářství ve světle klimatických změn a rostoucího významu mimoprodukčních funkcí lesů. Sborník referátů z odborného semináře konaného v Praze 24. 11. 2017. Česká lesnická společnost. ISBN 978-80-02-02769-0

Ulbrichová, I., Janeček, V., Vítámvás, J., Černý, T., Bílek, L. (2018). Clonná obnova borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) ve vztahu ke stanovištním a porostním podmínkám. Zprávy lesnického výzkumu 63: 153-164.

Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, pobočka České Budějovice. (2001). Oblastní plán rozvoje lesů: Přírodní lesní oblast 15 b – Třeboňská pánev. Textová část (online). Dostupné z: http://www.uhul.cz/images/ke_stazeni/oprl_oblasti/OPRL-LO15B-Trebonska_panev.pdf

Úradníček, L., Maděra, P. a kol. (2001). Dřeviny České republiky. 1. vydání. Písek: Matice lesnická. ISBN 80-86271-09-9

Vacek, S., Simon, J., Remeš, J. a kol. (2007). Obhospodařování bohatě strukturovaných a přírodě blízkých lesů. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-86386-99-7

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).

Vacek, S., Vacek, Z., Bílek, L. (2017a). Struktura, vývoj a management borových porostů nižších poloh ve vztahu ke klimatickým změnám. Borové hospodářství ve světle klimatických změn a rostoucího významu mimoprodukčních funkcí lesů. Sborník referátů z odborného semináře konaného v Praze 24. 11. 2017. Česká lesnická společnost. ISBN 978-80-02-02769-0

Vacek, Z., Bulušek, D., Vacek, S., Bílek, L. (2017b). Okrajový efekt jako významný faktor ovlivňující přirozenou obnovu borovice lesní. Borové hospodářství ve světle klimatických změn a rostoucího významu mimoprodukčních funkcí lesů. Sborník referátů z odborného semináře konaného v Praze 24. 11. 2017. Česká lesnická společnost. ISBN 978-80-02-02769-0

Válek, P. (2011). Hospodaření na lesním majetku města Doksy. Hospodaření na obecním majetku s vysokou rekreační funkcí, využívání přírodních procesů v borových a smrkových porostech nižších poloh. Sborník přednášek odborného semináře konaného v Doksech 21. – 22. 9. 2011. Jíloviště-Strnady: VÚLHM. ISBN 978-80-7417-042-3

Válek, P., Hron, M. (2016). Pěstování borovice s využitím nepasečných postupů – zkušenosti a výstupy po 10 letech. Průvodce z exkurze konané v Doksech 12. – 13. 5. 2016. Městské lesy Doksy, s.r.o., Pro Silva Bohemica, p.s. ČLS.

Wardle, D. A., Nilsson, M-C., Zackrisson, O., Gallet, Ch. (2003). Determinants of litter mixing effects in a Swedish boreal forest. *Soil Biology and Biochemistry* 35: 827-835.

Zerzán, M. (2008). Zkušenosti s přirozenou obnovou borovice lesní východočeského ekotypu v lesích města Hradec Králové. Přirozené zmlazování borovice. Sborník referátů z odborného semináře konaného v Míloni 17. 9. 2008. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-02-02070-7