

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra ekologie lesa



Vliv zástínu na přírůst obnovy borovice lesní pod porostem
Canopy effect on the Scotch pine regeneration in understory

Diplomová práce

Autor: Bc. Aneta Kostohryzová

Vedoucí práce: Ing. Iva Ulbrichová, Ph.D.

2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Aneta Kostohryzová

Lesní inženýrství

Název práce

Vliv zástínu na přírůst obnovy borovice lesní pod porostem

Název anglicky

Canopy effect on the Scotch pine regeneration in understory

Cíle práce

Vyhodnotit přírůst za posledních 5 let borovice u přirozené obnovy borovice lesní pod porostem s různou úrovní zápoje. Stanovit kritické zastínění, omezující nejen přírůst, ale i přežívání jedinců.

Metodika

Metodika:

1. Získání základního přehledu na základě publikovaných informací k danému tématu.
2. Založení pokusných ploch v 5 opakováních na volné ploše a pod porostem s různou úrovní zápoje.
3. Změření přírůstků za posledních 5 let (jednotlivé roky).
4. Vyhodnocení vlivu zápoje porostu na přírůst.
5. Zpracování práce po formální stránce.

Harmonogram zpracování:

Březen 2015 – zadání BP.

Květen – říjen 2015 – nastudování odborné literatury k tématům týkajícím se ekologických nároků borovice, přirozené obnovy borovice, růstu nejmladších věkových tříd borovice a vlivu klimatických faktorů a stresových faktorů na obnovu borovice.

Červen- říjen 2015 –Terénní měření na vybraných lokalitách: vyhodnocení intenzity světla pod porostem a současně změření celkové výšky a jednotlivých přírůstků přirozené obnovy v posledních 5 letech.

Listopad – prosinec 2015 – statistické zpracování získaných dat.

Leden 2016 – odevzdání první verze textu BP.

Duben 2016 (do 15.4.) – odevzdání BP školiteli.

Doporučený rozsah práce

35 – 45 str.

Klíčová slova

Přirozená a umělá obnova borovice, *Pinus sylvestris*, světlo milné dřeviny, vliv srážek a zástínu na růst borovice

Doporučené zdroje informací

- Androsiuk, P., Urbaniak, L. (2014): Genetic variability of *Pinus sylvestris* populations from IUFRO 1982 provenance trial *Dendrobiology* (71): 23-33.
- de Chantal M., Leinonen K., Kuuluvainen T., Cescatti A. (2003): Early response of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings to an experimental canopy gap in boreal spruce forest. *Forest Ecology and Management*, 176: 321-336.
- Herrero A., Rigling A., Zamora R. (2013): Varying climate sensitivity at the dry distribution edge of *Pinus Luoma*, S (1997): Geographical pattern in photosynthetic light response of *Pinus sylvestris* in Europe. *Functional Ecology*, 11(3): 273-281.
- Martincová J. (1998): Pokyny pro pěstování sadebního materiálu borovice lesní a metodika hodnocení jeho morfologické a fyziologické kvality. <http://vulhm.opocno.cz/download/rv98dp03e1.pdf>
- Shutyaev A.M., Giertych M. (1997): Height growth in a comprehensive Eurasian provenance experiment of *Pinus sylvestris* L. *Silvae Genet.*, 46 : 332–349.

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Iva Ulbrichová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 22. 6. 2015

doc. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 12. 2015

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 19. 04. 2016

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vliv zástinu na přírůst obnovy borovice lesní pod porostem“ vypracovala samostatně pod vedením Ing. Ivy Ulbrichové, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.
Jsem si vědoma, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 2. 4. 2016

..Hosťohynzová.....

Poděkování

Děkuji své vedoucí práce Ing. Ivě Ulbrichové, Ph.D. za pomoc při zpracovávání diplomové práce a své rodině za trpělivost a vytvoření studijních podmínek.

Abstrakt

V oblasti VLS ČR, s. p. divize Mimoň-Doksy byl v září 2015 zkoumán vliv stanovištních podmínek na přirozenou obnovu borovice lesní (*Pinus sylvestris*). Bylo vybráno 9 zkoušených ploch (po 0,25 ha) a měřeny parametry jedinců přirozené obnovy (výška, tloušťka, přírůsty za posledních 5 let, průměr koruny, kvalita a úhel větvení) a hodnoceny stanovištní podmínky - bylinné patro, světelné podmínky, humusové horizonty a vzdálenost od nejbližšího dospělého jedince. Celkem bylo změřeno 416 jedinců přirozené obnovy. Jako hlavní stanovištní faktor s vlivem na průměrný procentuální přírůst se ukázala celková fotosynteticky aktivní radiace ($r = 0,47$). Další faktory, které měly významný vliv na procentuální přírůst, byly přímá a difúzní fotosynteticky aktivní radiace, zápoj a množství drobných keřů v bylinném patře. Z měření dále vyplynulo, že dobré světelné podmínky mají též statisticky významný vliv na kvalitu jedinců přirozené obnovy. Vliv ostatních stanovištních charakteristik nebyl statisticky významný.

Klíčová slova: *Pinus sylvestris*, přirozená obnova, obnova pod porostem, stanovištní podmínky, kvalita přirozené obnovy, fotosynteticky aktivní radiace

Abstract

The *Pinus sylvestris* natural regeneration growth and site characteristics effect were evaluated in the area of VLS ČR, s. p. divize Mimoň-Doksy in september of 2015. The dendrometric parameters of seedlings as listed: the total height, the diameter, the last 5 years height increment, the crown diameter, the quality and vitality of plants and the branch angle) were measured at nine plots. Also microsite characteristics, such as: herbal layer composition, light conditions, litter horizons and distance to the nearest adult tree) were noted at these sites. The 416 seedlings were measured in total. The main site characteristic with significant effect on the mean increment was direct photosynthetical radiation ($r = 0,47$). Other significant factors were the total and the diffuse photosynthetical radiation, the canopy and the amount of small bushes in herbal layer. There can be also concluded that good light conditions have statistically significant effect on the quality of seedlings. Influence of other site characteristics was not statistically significant.

Keywords: *Pinus sylvestris*, natural regeneration, natural regeneration under canopy, site characteristics, quality of natural regeneration, photosynthetically active radiation

Obsah

Abstrakt.....	6
Abstract.....	6
Obsah	7
Seznam použitých zkratek	9
Úvod.....	10
Cíle práce	12
1. Literární rešerše	13
1.1. Borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i>).....	13
1.1.1. Rozšíření	13
1.1.2. Popis druhu	14
1.2. Obnova lesa.....	17
1.2.1 Umělá obnova	18
1.2.2. Přirozená obnova	20
1.2.3. Obnovní postupy borovice lesní	25
1.3. Sluneční záření	31
1.4. Teplota.....	32
1.5. Voda	33
2. Metodika	34
2.1. Popis území	34
2.2. Popis porostu.....	36
2.3. Terénní měření	36
2.4. Parametry měřených stromů	38
2.5. Měření světelných podmínek	40
2.6. Statistické vyhodnocení	40
3. Výsledky	41
3.1. Počty jedinců obnovy.....	41

3.2.	Výšková a tloušťková struktura	43
3.3.	Hodnocení přírůstu	45
3.4.	Vztahy mezi charakteristikami obnovy a parametry prostředí	47
4.	Diskuze	50
4.1.	Počty jedinců obnovy	50
4.2.	Výšková a tloušťková struktura	50
4.3.	Hodnocení přírůstu	51
4.4.	Vztahy mezi charakteristikami obnovy a parametry prostředí	51
5.	Závěr	54
	Zdroje	56
	Přílohy	65

Seznam použitých zkratk

α : úhel větvení vrcholu

AOPK ČR : Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky

BO : borovice lesní –*Pinus sylvestris*

ČHMÚ : Český hydrometeorologický ústav

ČGS : Česká geologická služba

ČR : Česká republika

ČZU : Česká zemědělská univerzita v Praze

D_{130} : průměr kmene ve výčetní výšce

D_k : průměr kmene v krčku

FARd : přímá sluneční radiace na stanovišti

FARi : rozptýlená sluneční radiace na stanovišti

FARt : celková sluneční radiace

H : výška

L+F+H+Ah : humusové horizonty

MZD : meliorační a zpevňující dřeviny

M_d : vzdálenost od nejbližšího stromu

Pp : průměrný přírůst za posledních 5 let

Pp/H : průměrný přírůst za posledních 5 let dělený výškou stromu

PXXXX : přírůst za rok XXXX

PLO : přírodní lesní oblast

Q : průměr koruny

T_h : štíhlostní koeficient

ÚHÚL : Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem

VLS ČR : Vojenské lesy a statky ČR, s. p.

Zelená zpráva : Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky

zp : zkusná ploška

Úvod

Borovice lesní (BO) je po smrku v České republice (ČR) druhou nejrozšířenější dřevinou. Z celkové plochy lesních pozemků v ČR (2,666 mil. ha) zaujímá výměru přes 429,6 tis. ha, což odpovídá zastoupení 16,5 %. Přirozené zastoupení BO je 3,4 % (Zelená zpráva, 2015). Tento rozdíl vychází z velkého významu borovice pro dřevozpracující průmysl. Současně má BO nižší konkurenceschopnost v porovnání s více stínomilnými klimaxovými dřevinami na bohatších stanovištích.

V ČR převládá pěstování lesních porostů s dominantním zastoupením BO především na lokalitách se specifickými půdními a geologickými vlastnostmi – především na živinově chudších půdách. Tyto oblasti se zejména nacházejí v severočeské pískovcové plošině, v okolí Týniště nad Orlicí, na Plzeňsku, Třeboňsku a v okolí Bzenecké Doubravy (Bitner, 2012).

BO je pionýrská dřevina a jako taková je významná při tvorbě příznivých mikroklimatických a půdních faktorů prostředí pro jiné dřeviny. Přirozeně osidluje stanoviště, která jsou druhotně narušena. Jde zejména o odtěžené plochy v místech bývalých lomů, erodované plochy a místa po požárech. Na těchto místech prospívá, dokud ji nevystřídají dřeviny pokročilejších sukcesních stádií, které mají menší nároky na světelné podmínky (Businský a kol., 2011).

V ČR je nejrozšířenějším způsobem obnovy borových porostů umělá obnova. Tento způsob obnovy je nejvíce využíván z důvodu jednoduchosti provedení, která se blíží plantážnímu způsobu hospodaření (Štaud a kol., 1983). Výhodou umělé obnovy je možnost jednoduché mechanizované pěstební činnosti (Kupka, 2008). Další výhodou je, že při výsadbě je možnost volit velikosti sponu, která později usnadňuje výchovu mlazin. Na druhé straně je nutné si uvědomit i nevýhody - vyšší finanční náklady (Kupčák, 2005) a větší riziko poškození výsadeb zvěří (Kupka, 2008; Mauer a kol., 2014).

Přirozená obnova ve formě podrostního hospodaření je u BO v ČR využívána méně často. Důvodem je, že pro tento způsob obnovy je důležité silnější uvolňování obnovovaných porostů na zakmenění 0,7 až 0,5 (Šindelář, 2004). Další příčinou je problematické zajištění doby dotěžení mateřského porostu a odclonění přirozené obnovy, protože při rychlé změně světelných podmínek může dojít k vytvoření tlustých větví a ke špatnému čištění

kmene (Košulič, 2010). Dalším problémem může být kvalita takto obnovovaného porostu, avšak např. podle Crhonka (2015) se kvalita jedinců vyrůstajících pod porostem postupně vyrovnává a vytvoří tak žádoucí porost. Tento způsob obnovy má nicméně z ekologického hlediska pozitivní vliv na hospodaření s vláhovými a půdními poměry (Chroust, 1997). Další výhodou je ušetření nákladů na zalesňování. Mezi limitující činitele pro obnovu pod porostem, které je nutno sledovat patří vliv zástinu na přirozenou obnovu (Pukkala a kol., 1993; Andrzejczyk, 2007; Rouvinen a kol., 2011). V prvních třech letech potřebují slunné dřeviny, jako je borovice alespoň 30 – 40 % plného světelného požitku (Röhrig a kol., 1990). Množství dostupného světla záleží především na hustotě a zápoji porostu i na velikosti a orientaci obnovovaného porostu (Poulson a kol., 1989).

Vzhledem k tomu, že téma přirozené obnovy borových porostů a možné věkové a strukturální diferencovanosti těchto porostů začíná být v současné době zmiňováno v souvislosti s ekologickým a trvale udržitelným hospodařením v lesích (Nilsson a kol., 2002; Karlsson a kol., 2005), má smysl se tímto tématem zabývat podrobněji.

Cíle práce

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnotit dendrometrické (výška, tloušťka kořenového krčku, přírůst za posledních 5 let, šířka koruny) i kvalitativní parametry (tvar, poškození) jedinců přirozené obnovy borovice vyrůstajících pod dospělým porostem mýtního věku. Hlavním sledovaným faktorem byl proměnlivý zápoj porostu a s tím související zastínění obnovy, proto cílem bylo stanovit kritické zastínění, omezující nejen přírůst, ale i kvalitu jedinců. Dále byly hodnoceny mikrostanovištní podmínky, které rovněž mohou mít na obnovu vliv: charakter humusové formy; bylinné patro, které může obnově konkurovat a vnitrodruhová konkurence hodnocená vzdáleností nejbližšího jedince mateřského porostu a pomocí hustoty jedinců stejné generace. Cílem bylo zjistit, které z těchto mikrostanovištních faktorů mohou mít v daných podmínkách významnější (a statisticky doložitelný) vliv.

1. Literární rešerše

1.1. Borovice lesní (*Pinus sylvestris*)

1.1.1. Rozšíření

Mezi jehličnatými dřevinami patří borovice lesní (obrázek 1) k nejvíce rozšířeným druhům, co se týká rozlohy areálu a tím i vnitrodruhové proměnlivosti (Musil, 2007). Přirozeně je rozšířena v celé Evropě v oblasti zasahující od severní Británie (Jordan, 2013) přes Skandinávii, kde se vyskytuje až 300 km za polárním kruhem tedy 70⁰ s. š. (Pilát, 1964). Jižní hranice výskytu v Evropě tvoří jižní okraje Portugalska a Španělska. Východní hranici výskytu v Asii tvoří Sibiř (Jordan, 2013) a na jihu Turecko. (Bitner, 2012). Na severním okraji svého výskytu roste ve výšce až 1000 m n. m. a na jižním okraji dosahuje výšek kolem 2000 m n. m., ale vyhovuje jí i malá nadmořská výška (Jordan, 2013). V Alpách roste až ve výškách 2100 m n. m. (Amann, 1997; Pilát, 1964). Roste také izolovaně na pohořích v blízkosti Černého moře, na Krymu, na Kavkazu, v Íránu a v Malé Asii (Pilát, 1964). BO roste v chladném až mírném pásu s vnitrozemským klimatem. Typicky se vyskytuje v tajze a horských oblastech střední a severní Evropy. V těchto oblastech tvoří alpinské či subalpinské smíšené lesy nebo stejnorodé bory. Ve smíšených bučinách se vyskytuje na slunných a sušších svazích (Banfi a kol., 2001).

V takto velkém areálu rozšíření se vyskytují rozmanité ekologické podmínky, kterým se borovice lesní dokonale přizpůsobila a vytvořila řadu ekotypů, odlišujících se od sebe vzrůstem, charakterem a barvou jehličí, tvarem a velikostí šišek (Musil, 2007). Domovinou BO je Skotsko (Jordan, 2013). Odtud také pochází její anglický název - Scotch Pine (Bitner, 2012).

1.1.2. Popis druhu



Obrázek 1 Borovice lesní (*Pinus sylvestris*) (Roháček, 2007)

Habitus

Průměrná výška stromu je 25 m, ale dosahuje i vyšších výšek (Jordan, 2013). Dosažená výška v 80 letech se pohybuje mezi 20 - 25 m, ale při příznivých podmínkách dosáhne výšky až 48 m. V dospělosti dosahuje průměr kmene 1 m, obvod kmene 3,2 m a šířky koruny 22 m. Pokud se vyskytuje borovice samostatně, značně se rozvětňuje (Amann, 1997). Po dlouho dobu je nízko zavětvena (Businský a kol., 2011). BO má malý kmen se širokou korunou. V lesním porostu jsou borovice rovné stromy s plnodřevným kmenem (Amann, 1997). V dospělosti je do dvou třetin výšky bez větví (Pilát, 1964). V mládí má kuželovitou korunou, ve stáří dosti zkrivený tvar deštníkovité koruny (Jordan, 2013). Borovice rostoucí na horách mají ale úzké a špičaté koruny kvůli přívalům sněhu, námraze

a jinovatce. Naopak borovice, které rostou v teplých nížinách, mají deštníkovité koruny (Amann, 1997; Rushforth, 2006).

Kůra je u mladých stromů šedá a hladká, ale časem se začíná zbarvovat do červenohnědé (Jordan, 2013) a přeměňuje se v hlubokou tmavě brázditou borku rozpukanou do velkých ploten (Rushforth, 2006), která je odlupčivá v šupinách (Banfi a kol., 2001).

Listy BO jsou jehlicovité, tuhé, osténkaté a zkroucené. Jehlice jsou po dvou v brachyblastech (Amann, 1997), které vyrůstají na všech stranách větévky. Svazečky jehlic jsou v pochvě, která je šedá až hnědá 0,8 mm dlouhá. Na průřezu mají tvar pŕlměsíce (Rushforth, 2006). U mladých stromů jsou dvakrát větší než u dospělých jedinců (Jordan, 2013). Měří 2,5 – 10 cm a jsou sivě ojněné. Jsou na větvích po dobu 3 let, v horských oblastech až 6 let (Amann, 1997).

Kořenový systém

Kořenový systém je hluboký s kŕlovým kořenem s mnoha postranními kořeny směřujícími šikmo do půdy (Musil, 2007). Podle půdních podmínek může mít naopak mělce rozvětvené kořeny zejména na mělkých a zamokřelých půdách (Jordan, 2013). Jako jedna z mála dřevin rozšiřuje svůj kořenový systém za obvod korunové projekce a to jí umožňuje přežít na nepříznivých stanovištích (Košulič, 2010).

Počáteční růst BO v prvních desetiletích je velmi rychlý. Největšího přírŕstku dosahuje na vhodných půdách v 15 až 20 letech; na méně vhodných půdách kolem 25 let. Jako solitér dosahuje dospělosti v 15 až 20 letech a v zápoji až ve 30 až 40 letech. Ve vlhké půdě dosahuje dospělosti ještě později (Amann, 1997). Mezi 40 až 50 lety zpomaluje růst (Pilát, 1964). Dožívá se průměrně 300 let (Jordan, 2013). Ale za velmi příznivých podmínek může dosáhnout ŕctyhodného věku až 600 let (Amann, 1997). Vzhledem k jejím vlastnostem ji lze využít jako větrolam (Bitner, 2012).

Šišťice

Borovice je jednodomý vždy zelený strom. Na jaře se objevují šišťice, které jsou anemogamní (Jordan, 2013) vejčitého tvaru (Bitner, 2012). Dokáže nasadit šišky již v poměrně mladém věku za příznivých podmínek asi v 10 letech (Pilát, 1964). Kvete v květnu

(Amann, 1997). Pylová zrna mají vzdušné váčky. Samčí žluté květy, vejcovité jehnědy jsou níže položeny a objevují se nahloučeně na bázi letošních makroblastů. Samičí šištice, které jsou červenavé, se nachází zpravidla párovitě na vrcholu letošních makroblastů pod terminálním pupenem (Amann, 1997; Rushforth, 2006). Šištice se začínají sklánět dolů na podzim prvního roku (Amann, 1997). Vývoj samičích šištic než dozrají, trvá po opylení dva roky (Jordan, 2013). Semena zrají ve druhém roce v období říjen - listopad (Musil, 2007). Šišky setrvávají na větvích a otvírají šupiny, z nichž se postupně uvolňují malá okřídlená semena (Jordan, 2013). Šištice jsou krátce stopkaté a měří 7,5 cm. Semena se uvolňují v březnu až dubnu ve třetím roce (Amann, 1997). Jsou vejčitá 3 až 4 mm velká, šedé až černé barvy s 3 až 4 krát delším křídlem, které je nahnědlé až červenavě hnědé (Pilát, 1964). Jejich klíčivost je 95% po dobu 4 až 5 let (Musil, 2007). Mají kolem 30 až 33% tuku. Po 2 až 5 týdnech vyklíčí při jarní setbě. První přeslen se objevuje ve třetím roce (Amann, 1997). Kilo semen obsahuje 115 000 – 125 000 semen (Pilát, 1964).

Dřevo

Dřevo je měkké, lehké, s červenohnědým jádrem a s širokou, červenavě bílou nebo nažloutlou bělí (Amann, 1997; Rushforth, 2006) se zřetelnými letokruhy (Pilát, 1964). V dřevných paprscích, lýku, kůře a mladém dřevě se nachází pryskyřičné kanálky. Dřevo borovice lze využít jako truhlářské a stavební dřevo (Bitner, 2012). Používá se k výrobě nábytkářských dřív ale také na stožáry elektrického vedení (Rushforth, 2006). Při probírce ji lze využít na vánoční stromky (Bitner, 2012).

Ekologie

BO je pionýrská dřevina, která se začala vyskytovat společně s břízou po poslední době ledové (Rushforth, 2006). Osidluje druhotně narušené prázdné plochy bez vegetace. Zejména odtěžené plochy v místech bývalých lomů, erodované plochy. Po lesních požárech porosty poměrně rychle regenerují (Banfi a kol., 2001; Beghin a kol., 2010). Na těchto místech prospívá, dokud ji nevystřídají dřeviny pokročilejších sukcesních stádií, které mají menší nároky na světelné podmínky. Může osidlovat též primární stanoviště, kde není konkurence ostatních dřevin, příkladem mohou být rašeliniště, skalní výchozy, polohy vysokých hor (Businský a kol., 2011) a výsypky (Dragoun a kol., 2015).

BO hůře snáší přílišné sucho a teplo (Bitner, 2012), ale dokáže jim odolat (Amann, 1997). Nepříznivá stanoviště pro borovici jsou mělké suché vápenité půdy ale také kyselé vlhké půdy. BO je však extrémně adaptabilní na prostředí. Je to jedna z nejméně náročných dřevin na živiny a současně je velice světlomilná (Businský a kol., 2011). Na stanovištích s vyšší úživností a příznivějšími srážkovými poměry se častěji vyskytuje pozdně sezonní růst proleptických výhonů (Nárovec, 2000; Kaňák a kol., 2005). Nejlépe se BO daří na kypré, hluboké a svěží písčité půdě. Dokáže se vysemenit i do písčité půdy. BO poměrně dobře odolává městskému smogu (Bitner, 2012).

Borové lesy

V borových porostech v oblasti Máchova jezera se vyskytuje rostlinné společenstvo tzv. brusinková borová doubrava (*Vaccinio vitis-idaeae-Quercetum*). V těchto porostech se spolu s BO vyskytuje dub zimní (*Quercus petraea*) řidčeji dub letní (*Quercus robur*). Často se vyskytuje bříza bělokorá (*Betula pendula*) a jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*). Bylinné patro je určeno acidofyty, především chamefyty borůvkou, brusinkou a vřesem (*Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Calluna vulgaris*) nebo tráva metlička křivolaká (*Deschampsia flexuosa*), případně kapradina hasivka orličí (*Pteridium aquilinum*). V Dokeské pahorkatině je častý výskyt sedmikvítku evropského (*Trientalis europaea*), vzácněji paličkovce šedavého (*Corynephorus canescens*). Borové lesy jsou bohaté na společenstva mechorostů a lišejníků. (Neuhäuslová-Novotná, 1998) Hmyzí fauna borů je charakteristická lišajem borovým (*Hylocius pinastri*), bourcem borovým (*Dendrolimus pini*), kněžicí borovou (*Chlorochroa pinicola*), sosnokazem borovým (*Panolis flammea*) a hřebenulí ryšavou (*Neodiprion sertifer*) (Uhlířová a kol., 2004).

1.2. Obnova lesa

Při obnovování porostů je nutností vycházet ze stanovištních podmínek a celkového stavu obnovovaného porostu. Je zapotřebí také respektovat příslušná ustanovení platné legislativy a schválený lesní hospodářský plán, a to především stanovený minimální podíl melioračních a zpevňujících dřevin pro příslušnou porostní skupinu (Kodeš, 2011).

Rozlišují se dva základní a jeden odvozený druh obnovy lesa:

- a) umělá obnova (síví nebo sadbou)
- b) přirozená obnova (generativní, vegetativní)
- c) kombinovaná obnova (v rámci jednoho porostu nebo na části obnovované plochy se kombinují dva předešlé druhy obnovy (Ackzell, 1993; Konôpka a kol., 2012).

1.2.1 Umělá obnova

Umělá obnova vzniká výhradně záměrnou činností člověka a to buď setím semen a plodů lesních dřevin nebo sadbou semenáčků a sazenic vypěstovaných v lesních školkách (Zehnálek a kol., 2007).

Umělá obnova borovice lesní

V ČR je nejrozšířenějším způsobem obnovy borových porostů umělá obnova (každoroční výměra činí cca 2,3 tis. ha) (Nárovcová a kol., 2009). V borových oblastech s lehčími půdami a v rovinnatých terénech se provádí umělá obnova technologickou koncepcí, která se velmi přibližuje plantážnímu způsobu hospodaření. Při tomto způsobu hospodaření se v borových monokulturách využívá celoplošná příprava půdy (Štaud a kol., 1983), která má již značnou tradici pro svůj příznivý vliv na růst borových výsadeb na minerálních půdách (Grigoriadis a kol., 2014). Celoplošná příprava půdy je nejnáročnější činností při umělé obnově, neboť je pracná i časově náročná. Pro celoplošnou přípravu půdy se na holinách využívá těžší techniky k hluboké orbě nebo ke klučení pařezů. Pařezy se klučí proto, aby bylo možné k následným operacím použít lehčí techniku především pro výsadbu, ošetřování apod. (Štaud a kol., 1983). Pokud se pařezy neklučí, tak se půda zpracovává diskovými branami (Petřík, 1996).

Pro umělou výsadbu se doporučuje používat sázecí stroje, které zajišťují vyšší produktivitu práce ve srovnání s ruční výsadbou, a vede ke snížení finančních nákladů na zalesňovací práce. Sázecí stroje se využívají především při zalesňování větších holin a nelesních půd (Šindelář, 2001).

K umělé obnově a zalesňování BO je potřeba použít pouze reprodukční materiál, který pochází ze zdrojů selektovaného, kvalifikovaného nebo testovaného reprodukčního materiálu (Zákon č. 289/1995 Sb.). U HS 13 je nutností při umělé obnově BO jako základní dřeviny vysadit alespoň 9 000 BO sazenic na hektar a 8 000 sazenic melioračních a zpevňujících dřevin na hektar (Vyhláška MZe ČR č. 139/2004 Sb.). Každoročně lesní školky v ČR vyprodukují okolo 20 miliónů kusů sadebního materiálu borovice lesní (Nárovcová a kol., 2009). Náklady na zalesnění či obnovu borovicí lesní činí 54 000 Kč/ha (cena sadebního materiálu a sadba do připravené půdy) (Crhonek, 2015).

Školkování je u borovice lesní používáno v relativně malém rozsahu. Školkováním je omezen výškový přírůst, ale naopak podporuje tloušťkový růst a rozvoj kořenů (Martinová, 1998).

Výhody umělé obnovy

- při výsadbě je možné volit velikost sponu usnadňující pozdější výchovu mlazín
- možnost tvorby druhové skladby porostu, s ohledem na stanovištní podmínky (Kupka, 2004)
- reintrodukce původních ekotypů lesních dřevin, které z porostů v některých lokalitách vymizely (Kobliha a kol., 2004)
- zlepšení genetické kvality nového porostu při použití geneticky kvalitnějšího sadebního materiálu
- jednoduchost provedení veškerých pěstebních činností (od mýtné těžby přes zalesnění až po péči o novou kulturu a následující pěstební zásahy) (Kupka, 2008 (Nárovcová a kol., 2009).

Nevýhody umělé obnovy

- vyšší finanční náklady zejména v pěstební činnosti (Kupčák, 2005)
- větší riziko poškození výsadeb zvěří (sází se řádově nižší počty sazenic, než jsou počty semenáčků v náletu) (Kupka, 2008; Mauer a kol., 2014)

- zvýšené nebezpečí použití ekotypově nevhodných sazenic (při vzniku chyby pravidel o přenosu reprodukčního materiálu) (Kupka, 2008).
- Nezdary z umělé výsadby je nutné zalesnit. Opakované zalesnění je spojeno s vyšší potřebou sazenic a tím i finančních nákladů a práce (Šindelář, 2001).
- nebezpečí deformace kořenového systému vysázených kultur (které později mohou vést k destabilizaci mladých porostů (Ackzell, 1993; Martincová, 1999; Kupka, 2008)
- je nutná ochrana před vysycháním při manipulaci se sadebním materiálem borovice především kořenů (Martincová, 1998).

Mezi základní problémy sadebního materiálu v borových kulturách patří:

- deformace kmínků následkem anomálního růstu ve školkách (Martincová, 1998; 1999)
nestabilita a větší náchylnost k infekcím v důsledku deformovaných kořenů (Martincová, 1998; 1999; Mauer a kol., 2004)
- poškozování kultur kořenovými deformacemi především václavkou a *Heterobasidion* sp. (Martincová, 1999)
- zvýšená náchylnost ke tvorbě proleptických výhonů a následných deformací po výsadbě
- špatný růst, opožděné rašení, vysoký úhyn po výsadbě, který je způsoben nedostatečnou morfolgickou a fyziologickou kvalitou (Martincová, 1998; 1999).

Výskyt těchto zmíněných problémů je nižší u přirozené obnovy a nárůstu ze sítí (Mauer a kol., 2004; Šindelář, 2004).

1.2.2. Přirozená obnova

Při přirozené obnově vzniká porost autoreprodukci mateřského porostu. Probíhá samovolně v přirozených lesích. V hospodářském lese je výsledkem cílevědomé činnosti lesního hospodáře. Jeho úkolem je vytvoření následného porostu, který plní funkci reprodukční (Zehnálek a kol, 2007).

Podíl přirozené obnovy v České republice je jedním z nejmenších v Evropě (Vacek a kol, 2006). V roce 1995 dosahoval tento podíl pouze 3 % (Kupka, 2004). Ve druhé polovině devadesátých let se zvýšil podíl přirozené obnovy na 10 % (Vacek a kol, 2006). Od té doby se podíl přirozené obnovy na celkové obnově lesa zvyšuje (Kupka, 2004). Lesy ČR, s. p. a Vojenské lesy a statky ČR, s. p. se snaží zvýšit podíl přirozené obnovy v lesních porostech (Zehnálek a kol, 2007; Lesy ČR, s. p., 2016; Vojenské lesy a statky ČR, s. p., 2016). Ke zvyšování podílu přirozené obnovy lesa přispívá podrostní a výběrný hospodářský způsob, který má diferencovanou věkovou a prostorovou strukturu lesa (Žihlavník, 2004). Diferenciace porostní struktury využívá ve velké míře autoregulační procesy, které snižují náklady na výchovu zejména nejmladších růstových fází porostů, které jsou finančně náročné (Remeš a kol., 2014). Přirozená obnova snižuje náklady na obnovu (Crhonek, 2015), obvykle zvyšuje biodiverzitu i stabilitu lesa. Kladný ekonomický efekt má i optimalizace mýtní těžby spočívající ve využití potenciálu jednotlivých stromů. Nevýhodou jsou zvýšené náklady zejména na těžbu a přibližování dřevní hmoty vyplývající z náročnějšího zpřístupnění porostu (Remeš a kol., 2014).

Přirozenou obnovu lze rozdělit do tří fází:

- a) fáze juvenilní – nejsou vytvořeny vhodné podmínky pro ujímání a přežívání semenáčků. Semeno vyklíčí, ale nepřežije.
- b) fáze optimální – předpokladem jsou vhodné klimatické i půdní podmínky pro klíčení, ujímání i přežívání náletu. Humusová vrstva je již dostatečně rozložena. Půda není zabuřenělá.
- c) fáze finální (senilní)- vhodné podmínky pro klíčení semenáčků již zanikly. Půda je značně zabuřenělá především v důsledku nadměrného osvětlení (Zehnálek a kol, 2007).

Výhody přirozené obnovy

- udržení autochtonních porostů (Ackzell, 1993; Zehnálek a kol, 2007; Dančáková, 2008)
- nenarušený vývoj, růst semenáčků a nárostů především s ohledem na kořenový systém
- obvykle při výchově porostů větší výběr (Zehnálek a kol, 2007; Crhonek, 2015) z 10-ti násobného množství jedinců než při umělé obnově, který dá základ následnému zdravému porostu (Zerzán, 2008)
- snížení nákladů na obnovu (Zehnálek a kol, 2007; Dančáková, 2008; Zerzán, 2008; Crhonek, 2015)
- obvykle zvyšuje stabilitu lesních porostů (Remeš a kol., 2014) tím, že u přirozené obnovy nedochází k deformacím kořenového systému (Zerzán, 2008; Konôpka a kol., 2012)
- kladný ekonomický efekt má i optimalizace mýtní těžby spočívající ve využití potenciálu jednotlivých stromů (Remeš a kol., 2014)
- nehrozí napadení klikorohem borovým, neboť první rok při klíčení semenáčků nemá na čem žít provádět (Zerzán, 2008).

Nevýhody přirozené obnovy

- zvýšené náklady zejména na těžbu a přibližování dřevní hmoty vyplývající z náročnějšího zpřístupnění porostu (Remeš a kol., 2014).
- nemožnost obnovy jiných dřevin, než ty které jsou v mateřském porostu (Zehnálek a kol., 2007; Dančáková, 2008)
- nákladnější obnovní těžba, která je náročná na směrové kácení a šetrné vyklizování dříví
- nákladnější následná výchova porostu v důsledku velkého množství jedinců (Zehnálek a kol., 2007)

- závislost na semenném roce (Dančáková, 2008)
- celkový průběh trvá delší dobu než u umělé obnovy (Poleno a kol., 2009)

Přirozená obnova borovice lesní

Ve střední Evropě se využívá přirozená obnova borovice lesní velmi zřídka (Šindelář, 2004). Například v Polsku, kde je BO nejvíce zastoupenou dřevinou 59,9 %. Tvoří přirozená obnova pouze 8 % plochy borových lesů (Aleksandrowicz-Trzcińska a kol., 2014). Ve skandinávských zemích se uplatňuje ve větším rozsahu až 25 %, neboť jsou zde vhodnější ekologické podmínky a jiný systém těžby (Röhrig a kol., 1990).

V ČR se nejvíce využívá přirozená obnova borových porostů v HS, kde se počítá s cílovou dřevinnou skladbou s převažujícím zastoupením BO v 70 až 80 %. Tyto HS jsou zejména HS 13 – přirozená borová stanoviště, HS 23 - kyselá stanoviště nižších poloh a v HS 27 – oglejená chudá stanoviště nižších poloh (Mikeska, 2007). Oblasti, ve kterých se nacházejí zmíněné HS, jsou především v oblastech se specifickými půdními a geologickými vlastnostmi (písčité sedimenty, skalnaté výchozy pískovců či hadců a rašelinné půdy). Tyto podmínky především převládají v severočeské pískovcové oblasti, oblasti Týniště nad Orlicí, karbonských sedimentech Rakovnické a Plzeňské pánve, miocenních usazeninách v jihočeských pánvích, okolí Polabí a pleistocenních nánosech písků v okolí Bzenecké Doubravy (Bitner, 2012). Pokud se bude přirozená obnova soustavně podporovat a sledovat, je možné ji realizovat na 10 % celkové plochy borových porostů v těchto oblastech (Šindelář, 2000).

Ekologické podmínky přirozené obnovy borovice lesní

K ekologickým problémům, které jsou spojeny s přirozenou obnovou borovice, patří například vztahy mezi tvorbou květních orgánů, produkcí semen a počasím (Šindelář, 2004). Důležitými faktory jsou:

- periodičita semenných let (Peřina, 1973; Zehnálek a kol, 2007)
- podmínky pro nálet semen (Šindelář, 2004; Karlsson a kol., 2005; Hornfeldt a kol., 2012)

- stav vegetačního krytu a humusu v lesních porostech (Bucci a kol., 1997; Šindelář, 2004; Poleno a kol., 2009; Aleksandrowicz-Trzcińska a kol., 2014)
- eventuálně příprava půdy (Karlsson, 2000; Andrzejczyk a kol., 2003; Šindelář, 2004; Dančáková, 2008; Hornfeldt a kol., 2012; Aleksandrowicz-Trzcińska a kol., 2014; Grigoriadis a kol., 2014; Lesy ČR, s. p., 2015).
- poškození zvěří a mechanizací od kultur po dospělé porosty u BO dosahuje 8 %. I. věková kategorie BO je poškozována zvěří ve 26 %, kdy dochází k okusu vrcholu i bočních výhonů. U II. a III. věkové kategorie se vyskytuje poškození v 6 % a 4 %. Poškození vytloukáním se od roku 2005 zvyšuje, což znamená vyšší tlak zvěře než v minulosti (ÚHÚL, 2014).

Fruktifikace u BO může být ve středoevropských podmínkách v některých obdobích i ve dvou po sobě následujících letech. Stupeň fruktifikace a produkce semen může být značně proměnlivý. Množství a distribuce semen na ploše je závislá na několika faktorech především na bohatosti úrody, počtu a rozmístění stromů v porostu. Velký vliv má také odstup obnovované plochy od okraje porostu (Šindelář, 2004). Při opadu semen hraje důležitou roli počasí zejména směr a intenzita vzdušného proudění i vlhkost (Aleksandrowicz-Trzcińska a kol., 2014). Na jeden čtvereční metr porostní plochy může spadnout několik desítek až stovek semen (Bucci a kol., 1997).

Po opadu semen na zem pro vznik spontánní přirozené obnovy (vyklíčení semen, vývoj a růst semenáčků) představují příznivé podmínky porosty lišejníků a mechů (především rodu *Hypnum*) (Poleno a kol., 2009). Na stanovištích, kde se vyskytují např. porosty brusinky, borůvky či některých trav (*Calamagrostis epigejos*, *Deschampsia flexuosa*, *Molinia coerulea* aj.) a některých bylinných druhů lze často dosáhnout úspěšné obnovy pouze za předpokladu, že se obnaží minerální půda (Peřina, 1969). V minulosti se proto připisovala úspěšná přirozená obnova borovicových i smíšených porostů s borovicí v některých oblastech polaření, lesní pastvě, hrabání steliva a požárům (Šindelář, 2004). Úspěšnou přirozenou obnovu ale nelze očekávat na stanovištích, která jsou obnažená až na minerální půdu a rychle zarůstají buřením. Zmírnit zabuření půdy je možné aplikací vhodných herbicidů (Konôpka a kol., 2012).

Obtížná obnova BO je také při existenci spodního patra dřevin keřovitého nebo stromovitého růstu. Tyto porosty se obvykle vyskytují na živných nebo obohacených případně

oglejených stanovištích v LVS dubovém, bukodubovém, někdy i dubobukovém. Jestliže má docházet alespoň k částečné reprodukci BO v porostech tohoto typu, je většinou nutné (především v porostních okrajích) odstranit spodní listnaté patro (Šindelář, 2004).

1.2.3. Obnovní postupy borovice lesní

Podle konkrétních podmínek prostředí se diferencují postupy přirozené obnovy. V porostech, které jsou tvořeny vhodnou skladbou BO a ostatních dřevin mohou být přirozeně obnovovány i další dřeviny jako např. dub zimní či habr obecný. (Šindelář, 2004; Rodriguez-Calcerrada a kol., 2008)

Clonný způsob obnovy

Clonný způsob obnovy (viz obrázek 2) se prováděl již dříve například Sibiři a v Prusku (Reininger, 1992). Tento způsob obnovy je častý také ve Švédsku (Nilsson a kol., 2002; Karlsson a kol., 2005). Je to vhodný způsob obnovy spíše pro náhorní ekotyp BO, který je méně náročný na světlo než nížinný ekotyp BO (Poleno a kol., 2009).

Základem tohoto clonného způsobu jsou lesnické zásahy, při nichž dochází ke stejnoměrnému či pomístnímu (především v souvislosti s obnovou cílových dřevin) uvolňování porostů, kdy je sníženo zakmenění na hodnotu 0,7. V praxi však dochází i k silnějšímu uvolňování obnovovaných porostů až na zakmenění 0,5 (Šindelář, 2004; Metzl a kol., 2011). Obnovované ostatní dřeviny, které mají být součástí budoucí porostní skladby, jsou obnovovány současně či s předstihem BO. Nová generace by měla vznikat z více semených let po sobě, aby bylo dosaženo co nejvyšší genetické proměnlivosti s co největším počtem rodičovských kombinací (Košulič, 2010). Po vyklíčení semen a růstu obnovy v prvních letech se obvykle provádí další uvolňování s ohledem na světlomilnost BO (Šindelář, 2004). Na druhou stranu není vhodné borový podrost odclonit velmi brzy a výrazně, neboť může docházet k vytváření tlustých větví, rychlému růstu a ke špatnému čištění kmene. V polostínu se u nové generace vytváří přímý kmen a jemné zavětvení. Tento rozdíl je zřetelný proti borovici z umělé obnovy (Košulič, 2010). Cloněním se snižuje výškový přírůst obnovy o 25 % proti přírůstu na holině (Metzl a kol., 2011).

Při tomto způsobu obnovy se postupně mýtí mateřský porost do 15 let od vzniku náletu (Košulič, 2010). Tento postup má výhodu v tom, že je maximálně využít přírůst mateřského porostu dopěstováním hodnotných sortimentů dřeva a také založení nové kvalitní generace v zástinu obnovovaného porostu (Šindelář, 2004). Mateřský porost by měl být vytěžen do 130 let, neboť kritická hranice produkční doby BO a její prodlužování nad tento věk u HS 13 a 23 nese s sebou především ztráty na kvalitě v důsledku hniloby ohňovcem borovým, zejména na vlhčích stanovištích (Šimerda, 2002). Při uvolňování a domýcovacích těžbách v náletech a nárostech vznikají značné škody (Vacek a kol, 2006). K omezení škod přispívá směrové kácení a realizace prací v době vegetačního klidu (Šindelář, 2004).

Na zmlazovaných plochách jsou ponechávány výstavky (20 – 50 ks na 1ha) v porostech průměrné až nadprůměrné kvality především na stanovištích, která jsou dostatečně zásobena vodou a živinami a které jsou vhodné pro produkci cenných sortimentů dřeva (Šindelář, 2000).

Mateřský porost má především vliv na klíčení, růst, hustotu a štíhlostní koeficient na vznikající novou generaci BO (Andrzejczyk, 2007). Konkurence kořenů mateřského porostu na některých stanovištích negativně ovlivňuje novou generaci a to především v období přísušku (Šindelář, 2004).



Obrázek 2 Clonný způsob obnovy BO

Přirozená obnova v porostních okrajích

Pro přirozenou obnovu v porostních okrajích je nutné prosvětlení od porostní stěny směrem do nitra porostu obvykle do hloubky 20 až 30 m a půdu vhodně připravit podle potřeby pro nálety. Postup se zpravidla kombinuje i s uplatněním dalších druhů cílových dřevin (druhy stinné nebo polostinné se uplatňují v předstihu v porostní hloubce, např. v kotlících nebo v uvolňovaných pruzích podsadbami) (Šindelář, 2004). Clonou obnovovaného porostu proniká světlo pro nárosty a nálety, které ještě doplňuje záření z porostního okraje (Chantal a kol., 2003).

Přirozenou obnovu BO je doporučováno provádět na jihozápadních okrajích či východních částech lesa (Petřík, 1996; Pop, 2004). Obnova BO se neprovádí na severních okrajích (Lesy ČR, s. p., 2015) na rozdíl od analogické obnovy např. smrku či buku. V severních okrajích není dostatek slunečního záření pro fáze náletů a nárostů, které proto mohou trpět sypavkou. Dále bývá na severních okrajích relativně vysoká vzdušná vlhkost. To vede k nárůstu buřeně, především travní (např. druhy rodu *Calamagrostis*) (Šindelář, 2004). Buřeň může představovat nežádoucí konkurenci především v časných fázích vývoje náletů BO (Behrens, 2011).

Přirozená obnova na holinách bočním náletem

V borových nebo ve smíšených porostech s BO jsou zakládány relativně úzké holiny o šířce 30 až 40 m. Smyslem této činnosti je příprava pruhů půdy pomocí vhodného zraňovače nebo naoráním mělkých, přirozeně širokých brázd v místech očekávaného náletu.

V roce, kdy lze očekávat dobrou úrodu semen je potřeba realizovat těžbu porostu a časově ho usměrňovat. Z časového hlediska je žádoucí těžbu realizovat na podzim s následnou přípravou půdy, neboť semena se uvolňují v březnu až dubnu. Již v prvním roce za těchto podmínek lze očekávat klíčení a růst semenáčků bez bezprostředního nebezpečí konkurence buřeně. V následujících letech podle stanovištních podmínek je už nutností uvolňování náletů od agresivní buřeně, především trav (Hornfeldt a kol., 2012).

Přirozenou obnovu BO na holinách lze spojit i s vnášením dalších cílových dřevin. Zakládání hloučků nebo skupin dřevin na holině (např. dub, lípa, buk v souvislosti s pěstebním cílem a se stanovištními podmínkami) se v následné přirozené obnově borovice velmi osvědčuje (Šindelář, 2004).

Přirozená obnova BO z výstavků

Využívání výstavků (obrázek 3) jako zdroje osiva je další variantou obnovního postupu na holině (Vašinka, 2011). Při těžbě se ponechává na holině, která obvykle nemá šířku větší než dvojnásobek střední výšky porostu, úměrný počet vitálních výstavků, které mají kvalitní kmeny a dostatečně vyvinuté koruny (15 - 20 na 1 ha) (Zerzán, 2008). Není vhodné jednotlivé či relativně stejnoměrné rozmístění na ploše se zřetelem na zhoršené vzájemné opylování relativně vzdálených stromů a pravděpodobný vyšší podíl semene ze samoopylení (Šindelář, 2004). Vhodnější je ponechávat výstavky z genetického hlediska v hloučcích o několika jedincích (Košulič, 2010), kteří mají průměrný rozstup stromů 8 – 10 m. Tento postup v praxi aplikujeme při obnově nesmíšených porostů (další žádoucí dřeviny lze vysazovat na holině jako u obnovy bočním náletem), ale také ve směsích s BO (pomístně lze zmlazovat v předstihu ostatní dřeviny).

Ve chvíli, kdy se zástin a kořenová konkurence začíná negativně projevat na růstu a zdravotním stavu nárostů, je přistupováno k těžbě a k následnému vyklizování výstavků, které také souvisí s jejich zdravotním stavem a hodnotovým přírůstem. Při těžbě a vyklizování s ohledem na minimalizaci škod je vhodná volba takových výstavků, které

se vyskytují spíše při okrajích obnovované plochy nebo v blízkosti rozdělovací linie (Šindelář, 2004).



Obrázek 3 Přirozená obnova BO z výstavků

Postup přirozené obnovy BO u VLS ČR s. p. na divizi Mimoň (viz graf 1)

Výběr porostů: Provádí se na HS 12 a 13 na lesních typech 0M a 0K. Pro přirozenou obnovu na této divizi je limitním faktorem nízký výskyt buřene a přítomnost semenných let. Aby byla přirozená obnova úspěšná, je nutná eliminace buřene do 2 až 3 let stáří kultury.

Postup obnovy: Nejčastěji se využívá holosečný způsob obnovy s velikostí seče do 2 ha. Na holých sečích s větší šířkou seče nebo při domýtkách se ponechávají na ploše nejkvalitnější jedinci jako výstavky. Výstavky jsou ponechávány především na středu seče v jedné linii. Boční nálet z mateřského porostu se uplatňuje při rozčleňovacích sečích.

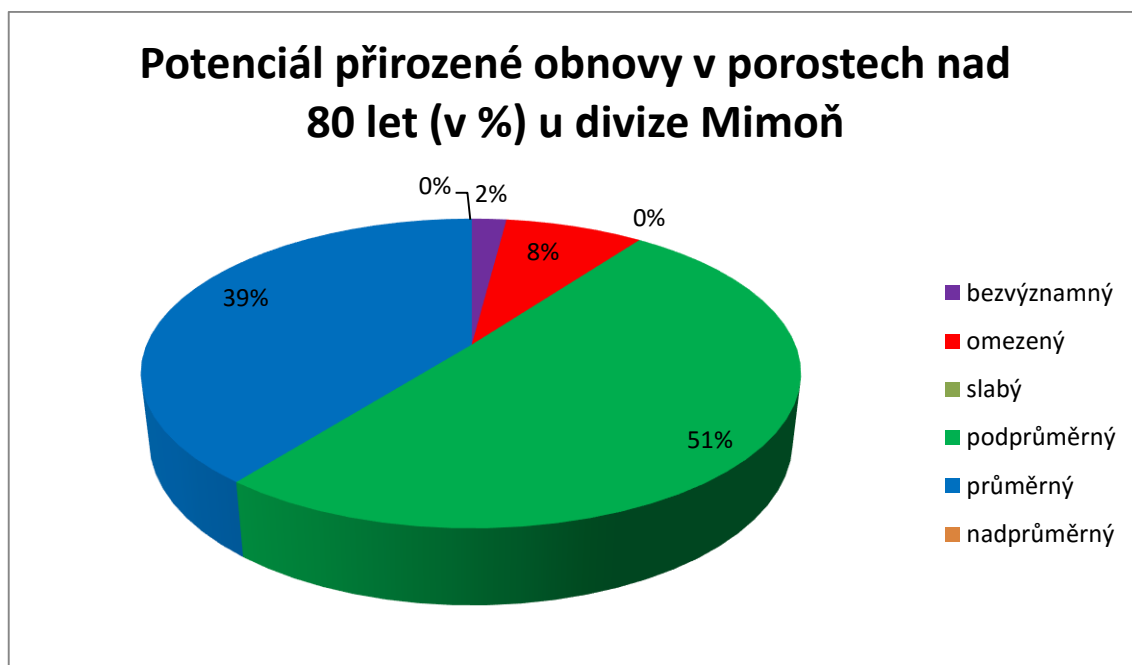
Příprava půdy: Mechanická příprava půdy se používá vždy. Ještě před přípravou půdy se shrnuje klest, který se nejčastěji hrne do řad. Řady klestu kopírují linii výstavků a jsou vzdáleny od sebe minimálně na jednu výšku stromu. Šířka klestového valu by neměla

přesáhnout 2,5 m. V porostech zůstanou po rozpadu valů linie, které se dají následně využít pro výchovu porostů (především pro harvestorové technologie).

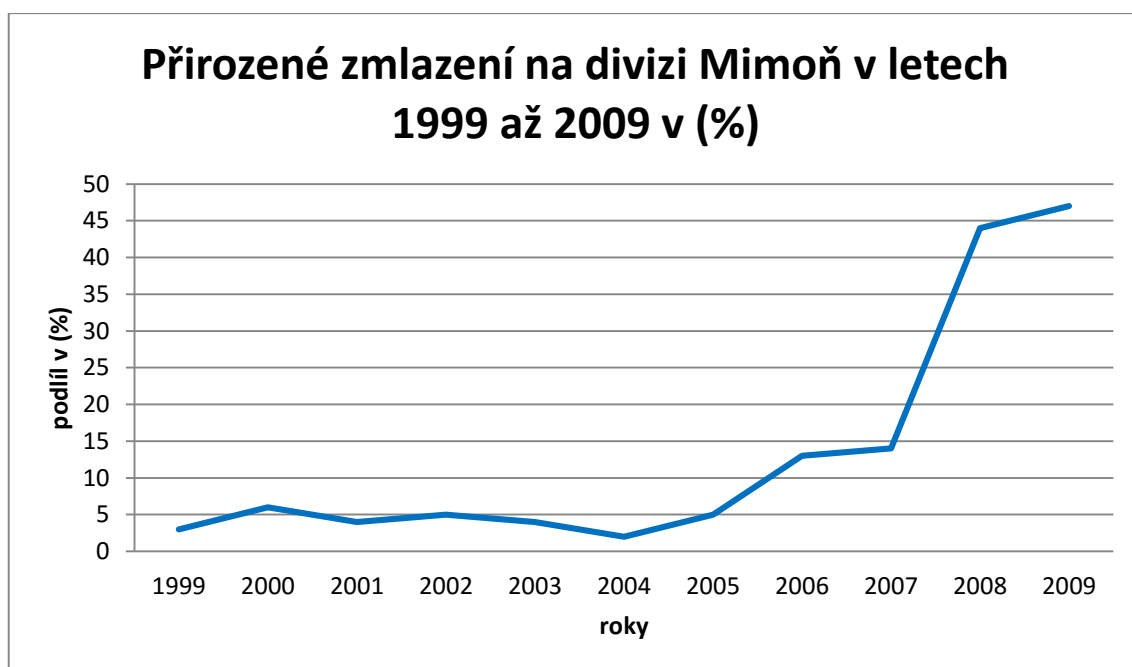
Drcení a ponechání klestu na obnovované ploše je ve stádiu testování. Rozdrcený klest nesmí překážet při ručním či mechanizovaném zalesnění. Dochází k několikanásobně rychlejšímu rozložení a vytvoření nové výživné vrstvy humusu na 18 až 20 let. Tato technologie je však značně náročná na náklady (72 až 76 Kč na m³) a proto je její využívání omezeno.

K přípravě půdy se využívá pluh, hvězdice nebo jednořádková půdní fréza. Nemělo by docházet při orbě k hlubokému odkrytí spodních, na živiny chudých horizontů. Provádí se mělká brázda s odstraněním svrchního, vysychavého horizontu. Velmi hluboká příprava půdy prodlužuje odrůstání kultury buřeni a ztěžuje ochranu.

Vnášení MZD: Zákonná povinnost minimálního počtu MZD na HS 13 (12) je na této divizi plněna využitím náletů především břízy z okolních porostů. V porostech se využívá i náletu jeřábu. Jako MZD se dále používá dub zimní a červený, ale tyto dřeviny špatně odrůstají na těchto velmi chudých stanovištích (Dančáková, 2008).



Graf 1 Potenciál přirozené obnovy Mimoň



Graf 2 Přirozená obnova Mimoň 1999-2009

V divizi Mimoň se přirozená obnova pohybovala do roku 2005 mezi 4 - 6 %. V roce 2006 se přirozená obnova BO začala používat častěji. V roce 2009 dosáhla až 47 % z prvního zalesnění. Průměr však činí jen 20 – 23 % (Kulhanová, 2012). Viz graf 2.

1.3. Sluneční záření

Celkové množství zářivé energie Slunce je definováno jako množství zářivé energie, které dopadá na plochu 1 m² kolmou na směr paprsků za 1 sekundu ve vzdálenosti Země – Slunce. Toto množství představuje solární konstanta (1,354-1,39 kJ.s⁻¹.m⁻²) (Podrázský, 2014). Z původních 100 % celkového množství zářivé energie se od atmosféry Země odrazí cca 8 % a od mraků zpět do prostoru 25 %. Při průchodu atmosférou je 16 % slunečního záření je absorbováno a následně je přeměněno v teplo (Slavíková, 1988). V podmínkách střední Evropy na úrovni okolo 50° severní šířky na povrch půdy či fytoocenózy dopadá 51 % solární konstanty, tj. 0,7 kJ.m⁻².s⁻¹, označuje se za sluneční radiaci (Poleno a kol., 2011). Z těchto 51 % tvoří přímé záření Slunce 24 %, záření rozptýlené od mraků 16 % a difúzní záření rozptýlené atmosférou 11 % (Slavíková, 1988).

Spektrální složení slunečního záření, které dopadá na povrch Země:

- **Ultrafialové záření (UV)** – zahrnuje vlnové délky 290 až 380 nm. Podíl z celkového záření je (0-4 %), který závisí na vzdálenosti od zemského povrchu. Má významné účinky fotodestrukční.
- **Viditelné záření** – má rozsah spektra 380 až 710 nm. Podíl z celkového záření zaujímá 21 až 46 %. Velmi významný je jeho účinek fotosyntetický i tepelný.
- **Infračervené záření (IR)** – jeho vlnová délka se pohybuje 710 až 4 000 nm. Podíl z celkového záření tvoří (50 - 79 %). Jeho význam je velký zejména v tepelné oblasti (Procházka a kol., 2003).

Koruny stromů část slunečního záření nejen absorbují, přeměňují ale i odráží (Chroust, 1997). Využití slunečního záření v lesním porostu je závislé na druhu dřeviny, fyziologických vlastnostech, struktuře jehličí a také na architektuře korunové vrstvy. S věkem porostu se podíl využitého slunečního záření mění podle toho, jak se mění korunová biomasa přirozeným vývojem či výchovnou sečí. V porostu jsou tedy odlišné radiační (a tím i vlhkostní a teplotní) poměry ve srovnání s volnou plochou (Poleno a kol., 2011).

V průběhu dne se u porostů kteréhokoliv věku mění ozáření v závislosti na denní době, respektive na výšce Slunce nad obzorem (Poleno a kol., 2011). V ranních hodinách jsou nejnižší hodnoty ozáření, kdy převažuje difusní světlo, v borové tyčkovině se pohybuje hodnota ozáření mezi 4 až 5 % a u dospělého borového porostu okolo 15 %. Naopak nejvyšší hodnoty ozáření jsou v poledních hodinách, kdy paprsky dopadají kolmo a snadněji pronikají korunami. U borové tyčkoviny se hodnoty ozáření pohybují mezi 8 až 18 %. U dospělého porostu mezi 20 až 23 %. (Chroust, 1997). V borové tyčkovině je celková roční suma fotosynteticky aktivní radiace $1425 \text{ MJ.m}^{-2} \text{ rok}^{-1}$ (Molchanov, 2000)

V podmínkách borových doubrav (1M) v borových mlazinách na suchých hlubokých písčích, které mají plochu listoví okolo 2 ha/ha proniká v průměru k povrchu půdy 25 % slunečního záření. Před nárůstem nového jehličí na jaře je intercepční schopnost korunového prostoru menší a proto proniká pod koruny stromů až 35 % záření. Při nárůstu dalšího ročníku jehlic v průběhu jara a léta dochází ke snižování ozáření pod mlazinami na 20 - 25 %. Za bezoblačného počasí je ozáření nad povrchem půdy menší (cca 20 %), při malé oblačnosti díky rozptýlenému záření dosahuje až 35 %. S přibývajícím oblačností klesá prostorová variabilita ozáření z více než 100 % až na 30 %. Ozáření v tyčkovinách klesá při zvětšené oblačnosti na 13% za jasného počasí až na 10 %. Ve stádiu tyč-

kovin a tyčovin dochází k největšímu snížení světelného záření v korunách. V korunovém prostoru bylo akumulováno 10 až 16 tun sušiny jehličí na hektar s projekční plochou 5 až 6 ha.ha⁻¹. Ozářenost přízemního prostoru v tomto stadiu klesla až na 6 %. U starších porostů (60 až 75 let) se ozářenost opět zvyšuje na 20 až 25 %, neboť dochází k jejich přirozené redukci (Chroust, 1997).

1.4. Teplota

Jedním z nejdůležitějších faktorů růstu je teplota, která je limitující pro aktivní růstové procesy v průběhu vegetační doby. Za optimální teplotu je obecně považovaná teplota v rozmezí 10 °C až 25 °C pro růstovou fázi, protože molekulární aktivita je při ní dostatečně vysoká a množství energie, které je zapotřebí pro biochemické procesy dělení buněk přiměřené. Permeabilita membrán buněk klesá při nižších teplotách a dochází ke zvyšování viskozity protoplazmy až na úroveň vegetačního klidu (Procházka a kol., 2003).

V borových porostech je teplota půdy a vzduchu výrazně vyšší než např. v porostech smrkových, protože se vyskytují převážně v teplejších klimatických podmínkách a zároveň je korunová zóna pro záření prostupnější. Půda je v borových oblastech tvořena obvykle hlubšími až hlubokými písiky, které mají dobrou tepelnou kapacitu a tepelnou vodivost (Chodaka a kol., 2015). Teploty povrchu půdy a přízemní vrstvy vzduchu dosahují mimo les mnohdy více než 30 °C. Průměrná roční teplota povrchu půdy za jasného teplého počasí v borových oblastech většinou dosahuje v hustých mlazínách 20,8 °C, v tyčkovinách 18,1 °C a v kmenovinách 19,7 °C. Teploty vzduchu u přízemní vrstvy je okolo 21 °C (Chroust, 1997).

1.5. Voda

Nezbytnou součástí procesu fotosyntézy je voda, která je nositelkou živin a médiem zajišťujícím transport živin z půdy k fotosyntetickému aparátu. Obráceně také dopravuje produkty fotosyntézy do kořenů, kmene a větví (Podrázský, 2014).

Celkový roční úhrn srážek ve středoevropských podmínkách se pohybuje mezi 400 až 1200 mm a jeho rozložení je následující: jaro 25 %, léto 40 %, podzim 20 % a zima 15 %, toto rozložení je obecně příznivé pro existenci lesa. Vnitřní i vnější utváření orgánů rostlin a určení fyziologie vegetace ovlivňuje v konkrétních podmínkách více voda než jiné stanovištní podmínky. I velmi malé změny v množství a distribuci vody

se projeví výrazně v druhové skladbě, pokryvnosti a vitalitě dřevitého a bylinného patra (Poleno a kol., 2011).

Pro borové porosty je typické jejich největší rozšíření v podmínkách srážkově chudších a v oblastech hlubokých a pro vodu dobře propustných písků (Musil, 2007). Nižší množství srážek a malá vodní kapacita půdy skladbou komponentů předznamenává vodní bilanci ekosystémů, ve kterých je borovice hlavní dřevinou složkou. Ekotyp borovice lesní (hlavně z aridních oblastí) je po fyziologické stránce adaptován na deficitní stanovištní vodní režim, ale pro jeho optimální vývoj a růst má voda stejný význam jako pro ostatní dřeviny (Chroust, 1997). Na sušších stanovištích je prokazatelně nižší tloušťkový přírůst (Dragoun a kol., 2015). Borovice reaguje citlivěji a výrazněji na příznivější zásobení vodou zvětšením tloušťkového přírůstu na rozdíl od jiných dřevin rostoucích v humidních podmínkách. V borových porostech má proto hospodaření s vodou zvláštní význam (Jurča a kol., 1973).

2. Metodika

2.1. Popis území

Výzkumná plocha se nachází u obce Doksy v Libereckém kraji v okrese Česká Lípa a patří pod správu VLS ČR, s. p. divize Mimoň, Lesní správa Břehyně s převahou borových porostů.

Máchovo jezero a okolí leží v mírném klimatickém pásmu. Podle tzv. Quittovy stupnice se jedná o klimatický rajon MT 9 (viz tabulka 1). Podle tohoto zařazení jde o mírně teplou oblast charakterizovanou dlouhým létem, které je teplé a suché. Zima je krátká, suchá a mírná s poměrně krátkým trváním sněhové pokrývky. Průměrná roční teplota vzduchu dosahuje v Doksech hodnoty 8,3 °C, toto místo je tedy teplotně nadprůměrné v porovnání s celým územím ČR. Dlouhodobý roční průměr srážek je 669,3 mm (Meteorologická stanice Doksy ve srovnatelné nadmořské výšce 284 metrů nad mořem (ČHMÚ, 2016). Výzkumná plocha se nachází v nadmořské výšce 280 metrů nad mořem.

Tabulka 1 Klimatická charakteristika MT9 (AOPK ČR, 2016)

Průměrná délka vegetační doby (10°C a více)	140 - 160
Počet letních dní	40 - 50
Počet ledových dní	30 - 40
Průměrná červencová teplota	17 až 18 °C
Průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více	100 – 120
Suma srážek ve vegetačním období	400 – 450 mm
Počet dní se sněhovou pokrývkou	60 – 80
Počet zatažených dní	120 – 150
Počet jasných dní	40 – 50

Z regionálního zařazení patří zkoumaná oblast do soustavy Český masiv - pokryvné útvary a postvarinské magmatity, oblasti křídové, regionu Česká křídová pánev a jednotky lužický a jizerský vývoj. Ve zkoumané oblasti je převažující hornina pískovec křemenný (ČGS, 2014). Zvětraliny kvádrových pískovců tvoří čistý sterilní písek (99 % SiO_2), který má mocnost 0 až několik metrů, s velmi malým obsahem živin a má nízkou retenční schopnost (Válek, 2011). Půdy tvoří především arenické podzoly (AOPK ČR, 2014), které snadno vysychají a jsou neúrodné s mělkou povrchovou vrstvou surového humusu. Intenzivní vyplavování – podzolizace je hlavním půdotvorným pochodem v této oblasti (AOPK ČR, 2014).

Výzkumný porost náleží do 3. zóny CHKO, která je bez specifických nároků na péči o les s výjimkou ponechání výstavků, odumřelého dřeva a nezvyšování podílu geograficky nepůvodních dřevin.

Porost 96Aa010 se nachází na cílovém hospodářském souboru 13 – Přirozená borová stanoviště. Spadá do souboru lesního typu 0M a lesní typu 0M3 (ÚHÚL, 2013) chudý bor dubový borůvkový (s brusinkou) (Mikeska, 2007).

2.2. Popis porostu

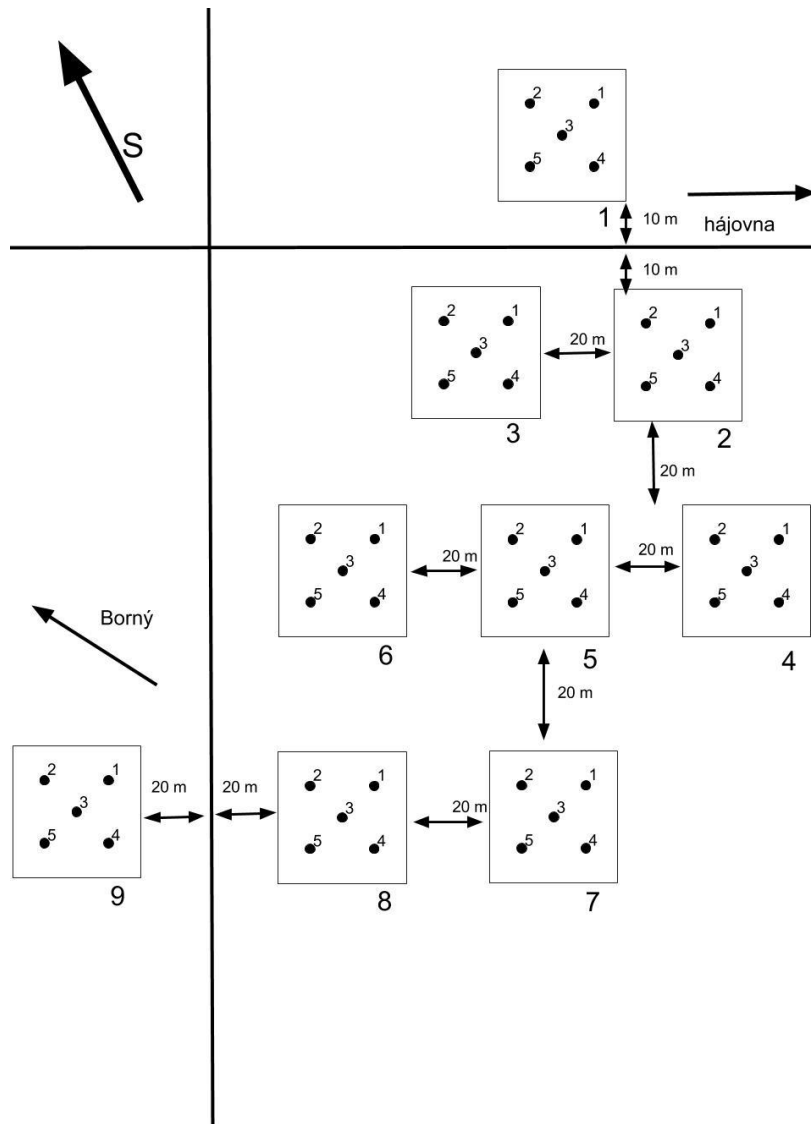
Poloha místa, kde bylo měření prováděno, ukazuje satelitní snímek a mapa - viz příloha 2 a příloha 3. V tabulce 2 se nachází popis porostu.

Tabulka 2 Popis porostu

kód LHC	15207 (platnost LHC: 1.1.2007-31. 12. 2016)
porost 96Aa010	plocha porostní skupiny 4,62 ha
SLT	0M3
HS	241
zastoupení dřevin	BO 100%
výčetní tloušťka	27 cm
výška	19 m
obj. střed. kmene ULT	0, 41 m ³ b.k.
bonita relativní	8
fenotypová třída	C
mýtní neúmyslná těžba 2007	52,81 m ³ b.k.
doba obmýtí	120 let
věk porostu v roce 2016	129
zásoba porostu	1114 m ³ b. k.
zásoba na 1 ha plochy etáže	241 m ³ b. k.

2.3. Terénní měření

Pro zjištění přirozené obnovy na stanovišti bylo v porostu založeno 9 pokusných ploch 50x50m a v rámci nich vždy rozmístěno 5 kruhových zkusných plošek. Zkoumané plochy se nacházely 20 m od okraje porostu a 10 m od cesty. Jejich vzájemná vzdálenost byla většinou 20 m. Střed ploch (zp 3) je od okrajů plochy vzdálen 25 m. Plošky 1,2,4,5 se nachází 10 m od okraje plochy. Všechny zkusné plošky měly plochu 7,07 m². Rozmístění zkusných ploch ukazuje obrázek 4.



Obrázek 4 Plánek měřených ploch (čáry vyznačují cesty a okraje porostu)

Tabulka 3 Porostní charakteristiky mateřského porostu hodnocených ploch

PRP	dbh	h	N/ha	G/ha	V/ha	h/d	CC
1	28,7	20,22	306	19,8	182	70,5	64,8
2	26,9	21,21	500	28,4	275	78,8	78,4
3	27,9	22,04	388	23,7	239	79,0	69,1
4	27,4	21,11	438	25,8	257	77,0	72,3
5	27,6	21,23	462	27,6	264	76,9	68,1
6	27,7	22,77	462	27,8	288	82,2	66,3
7	29,4	24,45	512	34,7	386	83,2	71,1
8	28,5	24,71	506	32,2	363	86,7	69,2
9	27,1	19,12	431	25,0	226	70,6	70,9

Tabulka 3 shrnuje charakteristiky mateřského porostu hodnocených ploch.

(PRP – číslo plochy, dbh – průměrná tloušťka [cm], h - průměrná výška [m], N/ha - počet/ha, G/ha - výčetní kruhová základna, V/ha - zásoba/ha [m³/ha], h/d - štíhlostní koeficient, cc - suma korunových projekcí % na plochu)

V příloze 4 a 5 se nacházejí fotografie dvou zkusných plošek z měření.

2.4. Parametry měřených stromů

V rámci měření bylo na 45 zkusných ploškách změřeno 416 jedinců přirozené obnovy.

Zjišťované parametry byly následující:

- průměr kmene v krčku D_k [cm]- měřeno posuvným měřidlem s přesností 0,5 mm
- průměr kmene ve výčetní výšce D_{130} [cm] (měřeno u stromů s H nad 150 cm)
- výška H [cm]- měřeno výškovým měřidlem, do velikosti 200 cm přesnost na 1 cm, nad 200cm přesnost 5 cm.
- přírůsty za posledních pět let (P2014, P2013, P2012, P2011, P2010) [cm]- měřeno skládacím metrem, přesnost na 0,5cm.
- průměr koruny Q [cm]- měřeno skládacím metrem, přesnost na 5 cm.

- úhel větvení α [°] s přesností 10° - úhel byl měřen od kmene, tj. rovnoběžně s kmenem = 0°, kolmo na kmen = 90°
- tvar – 1 až 4 (1 = rovný, bez vad, 2 = kmen s mírným prohnutím, 3 = křivý kmen, 4 = kmen zkroucený, ohnutý k zemi)
- Odhad kořenové konkurence mateřského porostu: vzdálenost od nejbližšího stromu M_d [m] – měřeno pásmem, přesnost na 10cm
- Charakteristiky mikrostanovištních podmínek jednotlivých kruhových plošek: $L+F+H+Ah$ [cm] odečítáno v půdní minisondě, přesnost na 0,5 cm
- procentuální zastoupení mechu, hrabanky a keřů na daném stanovišti

Světelné poměry zjišťované metodou hemisférické fotografie:

- zápoj na stanovišti [%] - viz metodika níže
- FARd (direct) – přímá sluneční radiace na stanovišti [$\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$]
- FARi (diffuse) – rozptýlená sluneční radiace na stanovišti [$\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$]
- FARt (total) – celková sluneční radiace [$\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$]

Z těchto hodnot byly dopočteny následující parametry charakterizující jedince obnovy:

- štíhlostní koeficient T_h – poměr výšky ku tloušťce
- průměrný přírůst P_p – vypočten pomocí funkce průměr za posledních 5 let [cm]
- procentuální přírůst - přírůst/výška – průměrný za posledních 5 let přírůst dělený výškou stromu *100, P_p/H [%]

Při měření nebylo však možné některé parametry u všech stromů určit. Zejména délku přírůstů u menších stromků, šířku koruny u pokroucených stromků, či úhel větvení. Při statistickém zpracování byl pak daný stromek z množiny zkoumaných dat smazán, aby nenarušoval konzistenci dat. Proto je v některých vyhodnoceních počet stromků nižší, než počet celkový.

2.5. Měření světelných podmínek

Hemisférické snímky byly pořízeny při homogenně zatažené obloze na všech stanovištích pomocí fotoaparátu se širokoúhlým objektivem typu „rybí oko“ na stojanu ve výšce 1,3 m nad zemí ve vegetačním období (1.5.2015 až 1.10.2015). Snímky byly následně hodnoceny pomocí programu WinSCANOPY 2012a. Výsledkem byly hodnoty veličin – procentuální zápoj a fotosynteticky aktivní složky - přímá sluneční radiace (FAR direct), difúzní složka radiace (FAR diffuse) a celková sluneční radiace (FAR total). Jednotkou FAR je [$\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$].

2.6. Statistické vyhodnocení

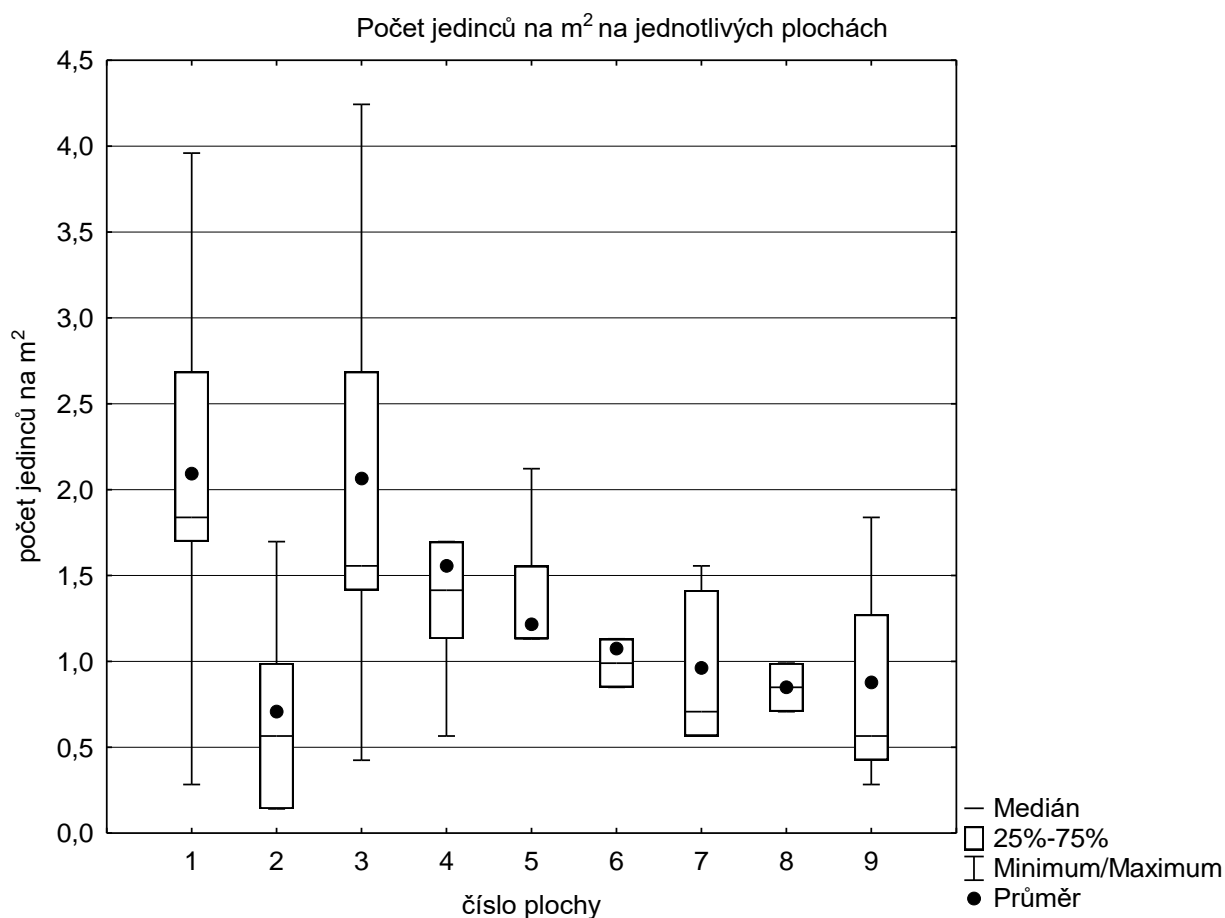
K vyhodnocení vzájemných závislostí byl použit doplněk Analýza dat programu Microsoft Excel a program Statistica. Vztahy mezi veličinami vyjadřuje Spearmanův korelační koeficient. Jednotlivé veličiny byly zpracovány do korelační matice, pro jejíž výpočet byly zadány vysvětlující a vysvětlované veličiny. Čím vyšší je tedy absolutní hodnota korelace r , tím jsou veličiny na sobě více závislé. Hodnoty mezi nulou a jedničkou lze velmi zjednodušeně vysvětlit takto: $|r| = 0,0 - 0,3$ slabá závislost, $|r| = 0,3 - 0,7$ průměrná závislost, $|r| = 0,7 - 0,9$ silná závislost, $|r| = 0,9 - 1,0$ velmi silná závislost. K přesnějšímu vyhodnocení statistických závislostí by použit program Statistica.

3. Výsledky

Detailní datová tabulka obsahující počty jedinců, jejich průměrné výšky, tloušťky jako i parametry jednotlivých zkusných ploch se nachází v příloze 1.

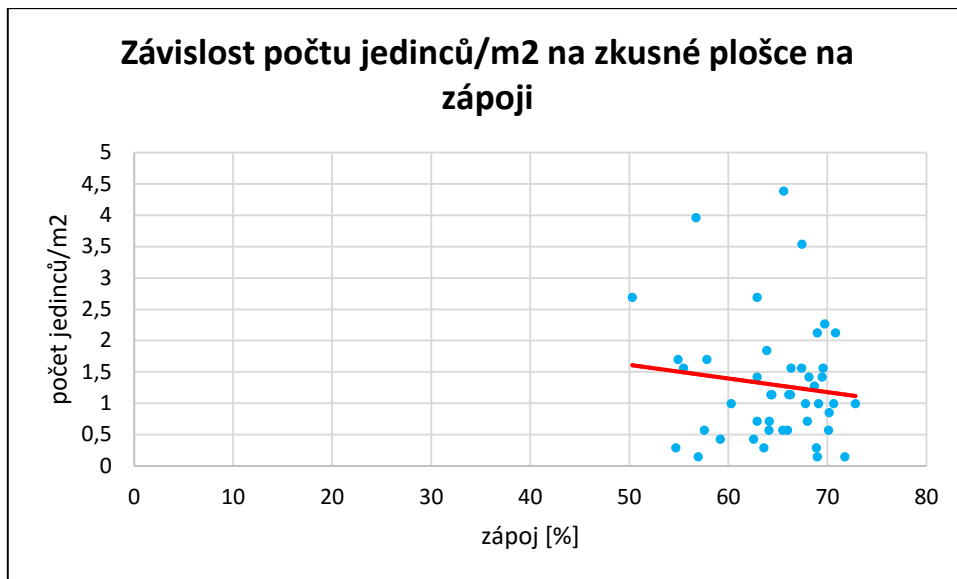
3.1. Počty jedinců obnovy

Měřenou přirozenou obnovu lze charakterizovat mnoha parametry. Jednou z nejdůležitějších jsou počty jedinců obnovy.

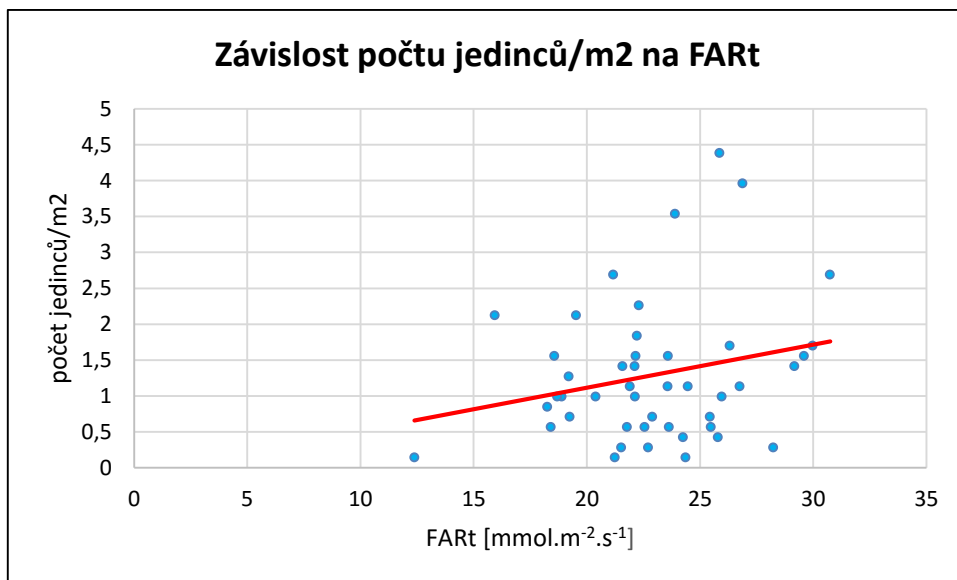


Graf 3 Počet jedinců přirozené obnovy (ks/m²) na všech 9 sledovaných plochách

Počty jedinců přirozené obnovy, které byly zaznamenány, se pohybují v rozmezí 0,1 až 4,4 jedinci na m². Průměrný počet je $1,3 \pm 0,7$ jedinců/m². Přehled počtu jedinců na jednotlivých zkusných plochách (graf 3) ukazuje variabilitu v rámci jednoho porostu.



Graf 4 Závislost počtu jedinců přirozené obnovy (ks/m^2) na zápoji

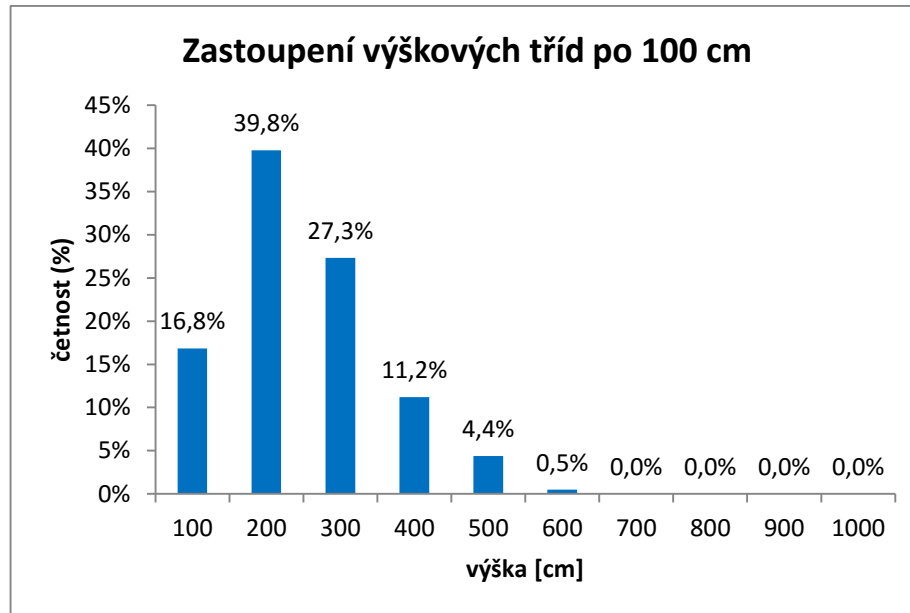


Graf 5 Závislost počtu jedinců přirozené obnovy (ks/m^2) na celkové fotosynteticky aktivní radiaci (FART)

Počet jedinců na m^2 na jednotlivých zkusných plochách nekoreluje na hladině 0,001 statisticky významně se zápojem ani s FAR (graf 4 a graf 5). Odhady Spearmanova korelačního koeficientu jsou pro počet jedinců a zápoj $r = -0,03$; FARd $r = 0,19$; FARi $r = 0,08$; FART $r = 0,17$.

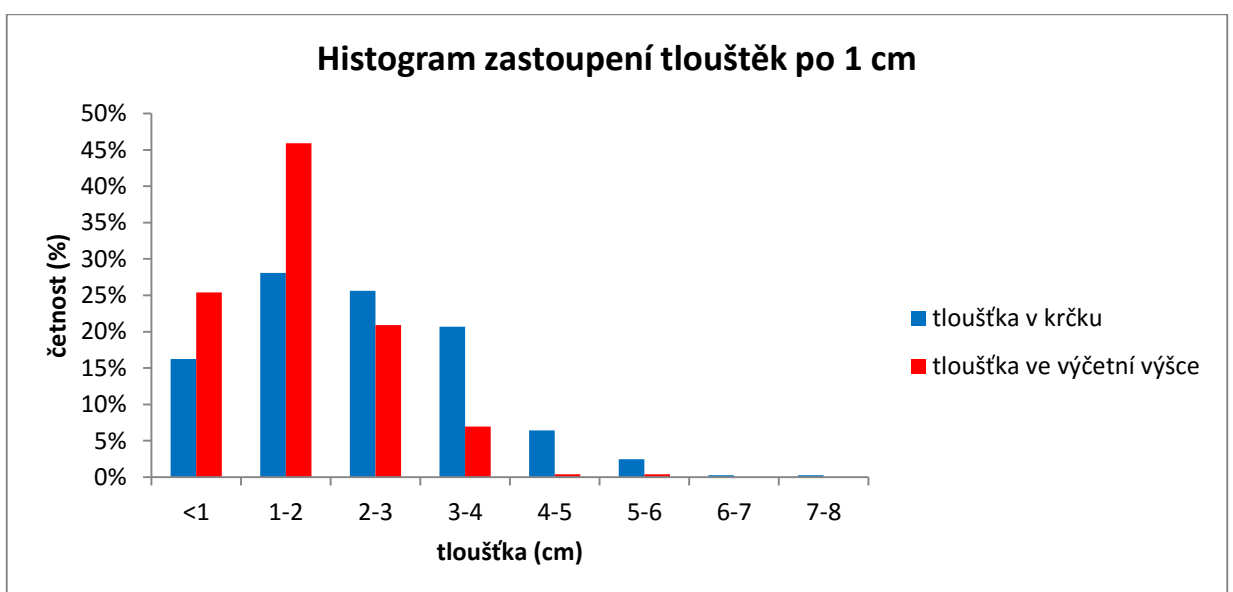
3.2. Výšková a tloušťková struktura

Výšková struktura přirozené obnovy ukazuje relativně malý rozsah výšek a tím pádem i relativně malý rozdíl ve věku jedinců obnovy. V současné době již nejmladších jedinců přibývá podstatně méně.



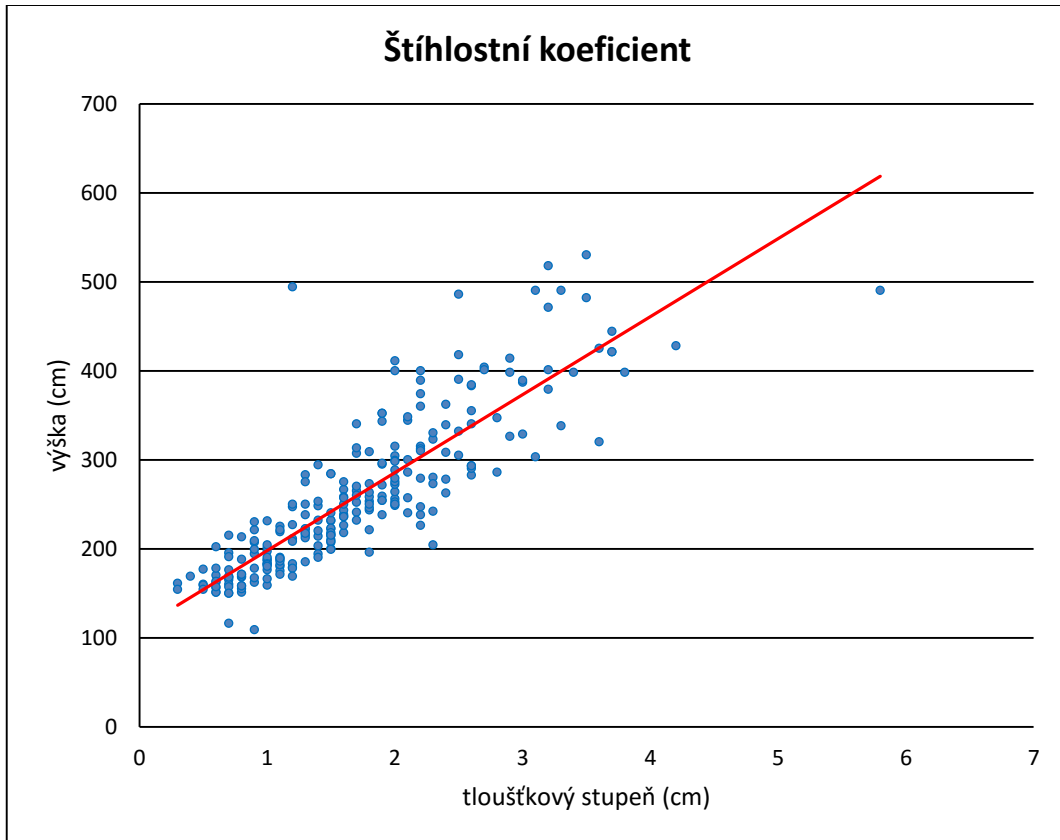
Graf 6 Zastoupení výškových tříd po 100 cm

Graf 6 Znárodnuje četnosti stromů v jednotlivých výškových třídách po 100 cm. Průměrná výška činí $195,6 \pm 84,9$ cm.



Graf 7 Histogram zastoupení tloušťek po 1 cm

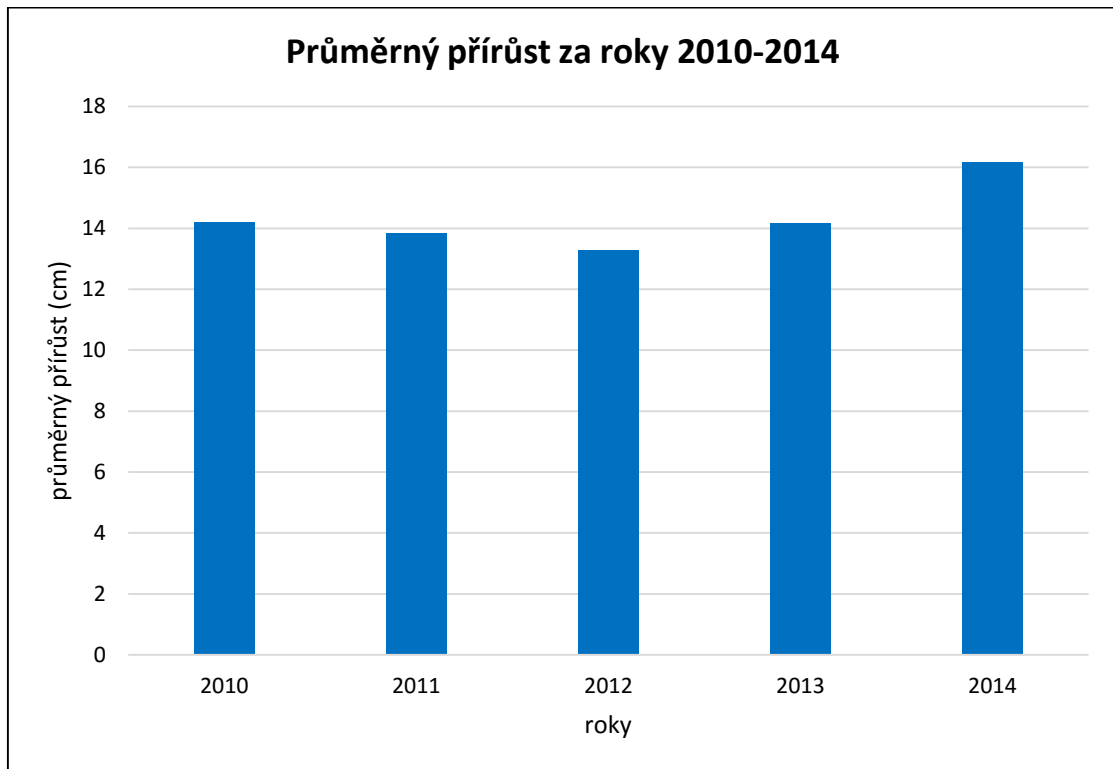
Zastoupení tloušťkových tříd znázorňuje graf 7. Průměrná tloušťka v krčku dosahuje $2,4 \pm 1,1$ cm a průměrná tloušťka ve výčetní výšce $1,7 \pm 0,7$ cm. Struktura tloušťkového rozdělení odpovídá výškovému rozdělení a ukazuje na obnovu pocházející v podstatě z jedné generace, s průměrnou výškou 196 cm a průměrnou tloušťkou kořenového krčku 2,4 cm.



Graf 8 Štíhlostní koeficient

Závislost výšky daného jedince na tloušťce kořenového krčku, tedy štíhlostní koeficient zobrazuje graf 8. Jeho průměrná hodnota je 90,5. Štíhlostní koeficient mateřského porostu dosahuje v místě měření (dle tabulky 3) hodnot 70,5-86,7.

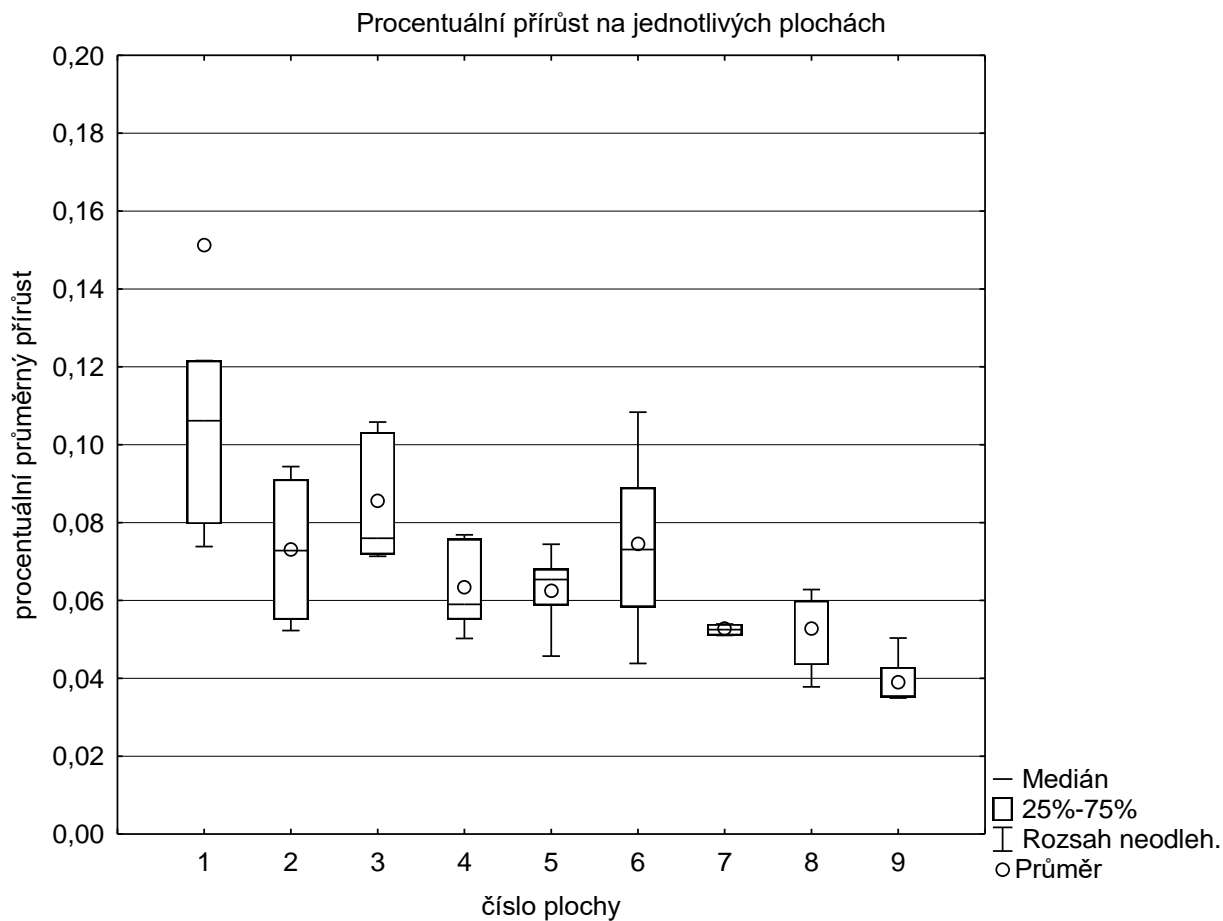
3.3. Hodnocení přírůstu



Graf 9 Průměrný přírůst za poslední roky

Průměrný přírůst za roky 2010-2014 byl $14,4 \pm 0,7$ cm (viz graf 9).

Pro hodnocení přírůstu byl použit vypočítaný parametr průměrný přírůst/výška – relativní přírůst (dále již průměrný procentuální přírůst). Pomocí něhož je zohledněn předpoklad, že malé stromy narůstají méně než stromy vysoké. Jde tedy o objektivnější parametr než je samotný průměrný přírůst. Průměrný procentuální přírůst dosahuje hodnoty $7,0 \pm 2,5$ %. Procentuální přírůsty na jednotlivých plochách zobrazuje graf 10.



Graf 10 Procentuální přírůst na jednotlivých plochách

3.4. Vztahy mezi charakteristikami obnovy a parametry prostředí

Tabulka 4 Korelační matice

	Spearmanovy korelace (korela2.sta)ChD vynechány párověOznač. korelace jsou významné na hl. p <,00100																	
	DK	D130	H	Th	Prům. přírůst	Q	α	tvar	Md	L+F+H	% přírůst	zápoj	FARd	FARi	FARt	mech	hrab	keř
DK	1,00	0,92	0,94	-0,32	0,77	0,84	-0,36	-0,44	0,09	-0,02	-0,04	0,13	-0,14	0,02	-0,11	0,03	0,06	-0,05
D130	0,92	1,00	0,90	-0,03	0,68	0,72	-0,37	-0,38	0,11	0,01	0,16	0,02	-0,06	0,09	-0,04	-0,16	0,13	-0,07
H	0,94	0,90	1,00	-0,03	0,81	0,82	-0,35	-0,45	0,15	-0,02	-0,06	0,15	-0,16	0,05	-0,12	0,03	0,10	-0,10
Th	-0,32	-0,03	-0,03	1,00	-0,07	-0,18	0,15	0,11	0,12	-0,01	-0,10	0,10	-0,04	0,01	-0,03	0,04	0,09	-0,14
Prům. přírůst	0,77	0,68	0,81	-0,07	1,00	0,65	-0,26	-0,59	0,18	0,02	0,46	-0,07	0,16	0,22	0,20	-0,03	0,18	-0,33
Q	0,84	0,72	0,82	-0,18	0,65	1,00	-0,36	-0,41	0,08	-0,09	-0,07	0,23	-0,23	-0,13	-0,22	0,13	-0,03	-0,07
α	-0,36	-0,37	-0,35	0,15	-0,26	-0,36	1,00	0,27	-0,09	0,04	0,02	0,07	0,05	-0,11	0,02	0,07	0,00	-0,06
tvar	-0,44	-0,38	-0,45	0,11	-0,59	-0,41	0,27	1,00	-0,04	0,02	-0,40	0,17	-0,13	-0,23	-0,17	-0,07	0,03	0,26
Md	0,09	0,11	0,15	0,12	0,18	0,08	-0,09	-0,04	1,00	0,04	0,08	0,02	0,18	0,06	0,19	-0,15	0,20	-0,42
L+F+H	-0,02	0,01	-0,02	-0,01	0,02	-0,09	0,04	0,02	0,04	1,00	0,07	0,05	0,01	-0,07	0,03	-0,06	0,06	-0,04
%přírůst	-0,04	0,16	-0,06	-0,10	0,46	-0,07	0,02	-0,40	0,08	0,07	1,00	-0,36	0,47	0,31	0,47	-0,07	0,12	-0,45
zápoj	0,13	0,02	0,15	0,10	-0,07	0,23	0,07	0,17	0,02	0,05	-0,36	1,00	-0,78	-0,69	-0,82	0,40	-0,23	-0,23
FARd	-0,14	-0,06	-0,16	-0,04	0,16	-0,23	0,05	-0,13	0,18	0,01	0,47	-0,78	1,00	0,51	0,97	-0,51	0,40	0,28
FARi	0,02	0,09	0,05	0,01	0,22	-0,13	-0,11	-0,23	0,06	-0,07	0,31	-0,69	0,51	1,00	0,64	-0,36	0,32	0,05
FARt	-0,11	-0,04	-0,12	-0,03	0,20	-0,22	0,02	-0,17	0,19	0,03	0,47	-0,82	0,97	0,64	1,00	-0,48	0,37	0,28
mech	0,03	-0,16	0,03	0,04	-0,03	0,13	0,07	-0,07	-0,15	-0,06	-0,07	0,40	-0,51	-0,36	-0,48	1,00	-0,81	-0,27
hrab	0,06	0,13	0,10	0,09	0,18	-0,03	0,00	0,03	0,20	0,06	0,12	-0,23	0,40	0,32	0,37	-0,81	1,00	-0,26
keř	-0,05	-0,07	-0,10	-0,14	-0,33	-0,07	-0,06	0,26	-0,42	-0,04	-0,45	-0,23	0,28	0,05	0,28	-0,27	-0,26	1,00

Korelační matice (tabulka 4) vyjadřuje odhad Spearmanova korelačního koeficientu r (dále již korelační koeficient). Závislost dvou veličin je statisticky signifikantní na hladině významnosti 0,001 v buňkách označených červeně. Hypotézu o nezávislosti veličin zamítáme na hladině významnosti 0,001 ve prospěch hypotézy o závislosti daných veličin (u červených buněk). V následujícím textu budou v závorkách uvedeny hodnoty odhadu Spearmanova korelačního koeficientu.

Růstové veličiny

Mezi růstovými veličinami jsou velmi silné korelace, což není nic neočekávaného. Tloušťka v krčku, tloušťka ve výčetní výšce, výška, průměrný přírůst a šířka koruny spolu silně kladně korelují ($> 0,68$). Naopak se zmíněnými veličinami koreluje záporně úhel větvení α (-0,35). Z toho plyne, že čím je strom vyšší, či má tlustší kmen, a také má větší průměrný přírůst, tím je úhel větvení menší. Zajímavý výsledek je, že úhel větvení záporně koreluje s šířkou koruny.

Šířka koruny koreluje kladně se zápojem (0,23) a naopak záporně koreluje s přímou FARd (-0,23) a celkovou FARt (-0,22).

Vztahy mezi růstovými veličinami a bylinným patrem

Bylo zjištěno, že růstové veličiny statisticky významně s bylinným patrem nekorelují, s výjimkou průměrného přírůstu. Vyšší podíl hrabanky jako podíl bylinného patra zvyšuje průměrný přírůst (kladná korelace 0,18) a přítomnost drobných keříků tento přírůst naopak snižuje (-0,33).

Vyhodnocení kvality jedinců

Vyhodnocení kvality přirozené obnovy také odpovídá předpokladům. Čím vyšší je hodnocení tvaru (vyšší hodnota znamená nižší kvalitu), tím nižší hodnoty nabývají růstové veličiny – tloušťka v krčku, tloušťka ve 130 cm, výška, průměrný přírůst a šířka koruny – korelace je tedy záporná. Úhel větvení koreluje kladně s hodnocením tvaru (0,27). Širší úhel větvení znamená horší kvalitu. Procentuální přírůst s tvarem koreluje záporně (-0,40) – proto je možné říci, že čím strom rychleji přirůstá, tím je kvalitnější. Světelné podmínky také ovlivňují celkový tvar a kvalitu: čím vyšší je zápoj, tím má stromek horší kvalitu (0,17) a současně čím vyšší je difúzní a celková FAR, tím je stromek kvalitnější (-0,23; -0,17). Při měření v terénu bylo i pouhým odhadem patrné, že jedinci přirozené obnovy na místech s nižší intenzitou světla byly méně kvalitní, rostly do šířky a měly krátké přírůsty.

Vliv mateřského porostu

Průměrný přírůst koreluje kladně se vzdáleností od nejbližšího dospělého stromu (0,18). Čím dále se nachází jedinec přirozené obnovy od dospělého stromu, s tím větší pravděpodobností má dostatek světla a tím rychleji narůstá. V souladu s tím vzdálenost od nejbližšího dospělého stromu koreluje kladně s přímou (0,18) a celkovou FAR (0,19) i když tato korelace není příliš vysoká.

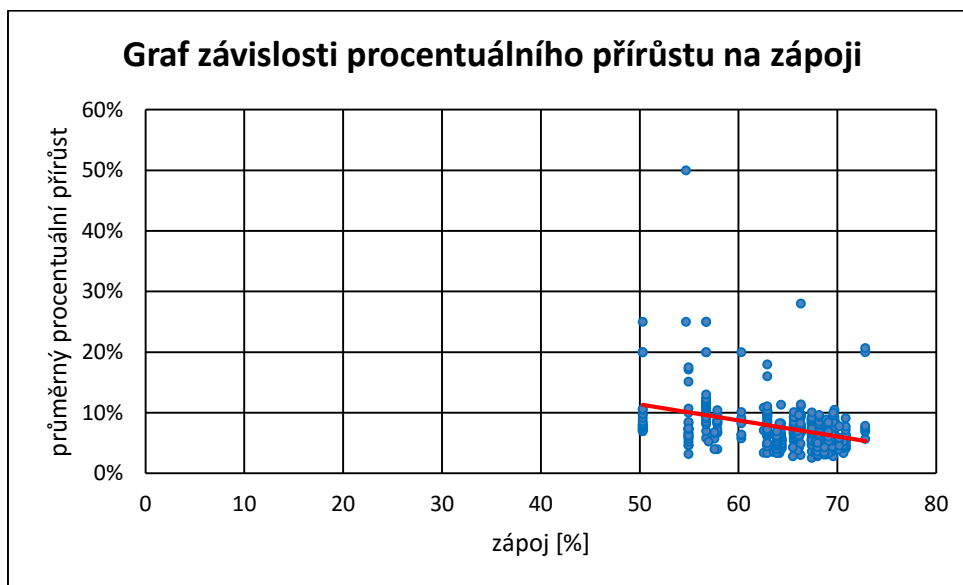
Vyhodnocení vlivu světelných podmínek na přírůst

Světelné podmínky na jednotlivých zkusných ploškách byly takovéto:

- zápoj se pohyboval mezi 50,33 % až 72,86 % a jeho průměrná hodnota byla $64,3 \pm 4,5$ %
- celková fotosynteticky aktivní radiace FARt dosahovala hodnot v rozmezí od 12,39 do 30,75 $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Její průměrná hodnota tedy činila $23,58 \pm 3,04$ $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Průměrný přírůst kladně koreluje s difúzní a celkovou FAR (0,22;0,20).

Nejdůležitějším výsledkem bylo vyhodnocení světelných podmínek na průměrný relativní přírůst. Tato veličina by měla lépe popisovat závislost růstu BO na světle než absolutní průměrný přírůst, čemuž odpovídají statisticky významné hodnoty korelačního koeficientu – vztah průměrného relativního přírůstu a zápoje je záporný (-0,36) – viz graf 11.



Graf 11 Závislost průměrného procentuálního přírůstu na zápoji

Na rozdíl od průměrného přírůstu je tato závislost silnější (průměrný přírůst a zápoj koreluje -0,07).

Relativní průměrný přírůst koreluje významně také s dalšími FARd (0,47), FARi (0,31) a FARt (0,47). Naproti tomu korelace absolutního průměrného přírůstu je daleko nižší (FARd (0,16), FARi (0,22), FARt (0,20)).

Věrohodnost korelačního koeficientu by byla mnohem vyšší, kdyby měla měřená stanoviště výrazněji odlišné světelné podmínky. Rozsah zápoje byl, jak je zmíněno výše, pouze $64,32 \pm 4,5$ %.

Charakter humusové formy

Charakter humusové formy byl na všech plochách velmi podobný, vyjádřený humusovou formou mor – proto nebyla zjištěna žádná statisticky významná korelace.

4. Diskuze

4.1. Počty jedinců obnovy

Pro přirozenou obnovu je důležitým parametrem počet jedinců (Šindelář, 2004).

Průměrný počet jedinců přirozené obnovy je na našich plochách 1,3 jedince/m².

Na stejné divizi Mimoň, kde bylo hospodařeno výstavkovým obnovním způsobem, činil počet jedinců 4,82 ks/m² (Vašinka, 2011). Tento rozdíl může být způsoben odlišnými podmínkami u clonného způsobu obnovy – např. rozdílným zástinem mateřského porostu a také konkurencí mateřského porostu.

Na Lesní správě Černá Hora na revíru Deblín, kde bylo sníženo zakmenění na 0,5, byl zjištěn u clonného způsobu obnovy průměrný počet 9,96 ks/m² (Fučík, 2007). Takto velký průměrný počet může být dán různými faktory - např. rozdílnými stanovištními podmínkami (SLT 3S3). Dalším faktorem může být příprava půdy, která spočívala na tomto stanovišti ve zraňování půdního povrchu a aplikaci Velparu, která napomáhá zmlazení dle Šindeláře (2004).

Na jednotlivých zkusných plochách počet jedinců na m² nekoreloval statisticky významně se zápojem ani s FAR. Ke shodnému výsledku dospěli i (Pukkala a kol., 1993), ve své studii růstu semenáčků pod porostem. Důvodem může být fakt, že zakořenění a růst semenáčků je více ovlivňován jinými faktory než světlem – např. poškozením zvěří, vlhkostí půdy a konkurencí kořenů mateřského porostu zvláště na suchých a na živiny chudých půdách (Šindelář, 2004).

4.2. Výšková a tloušťková struktura

Průměrná výška zkoumané přirozené obnovy je 195,6 ± 84,9 cm. Na stejné divizi Mimoň v podobných stanovištních podmínkách borového porostu SLT 0M2 měl pětiletý nárost, vzniklý výstavkovým obnovním způsobem průměrnou výšku 82,4 cm (Vašinka, 2011), protože cloněním se snižuje výškový přírůst o 25 % (Metzl a kol., 2011). Přirozená obnova mohla vzniknout po probírce v roce 2007.

Průměrná tloušťka v krčku u zkoumané přirozené obnovy koreluje s výškou (Košulič, 2010). Na našich plochách dosahuje tloušťka v krčku v průměru 2,4 ± 1,1 cm, což odpovídá vyšší výšce a vyššímu stáří v porovnání pětiletým nárostem, změřeným v bakalářské

práci (Vašinka, 2011), který uvádí tloušťku v krčku 1,56 cm. Korelace tloušťky v krčku a světelných podmínek nebyla statisticky prokázána. Proto rozdíl nárůstu tloušťky obnovy pod clonou a nárůst tloušťky u obnovy výstavkovou metodou by měl být minimální. Předpokládáme-li lineární nárůst tloušťky v krčku v letech, činí roční přírůst v průměru 0,31 cm. Což potvrzuje přibližné stáří námi měřené obnovy $2,4/0,31 = 7,7$ roku. Tedy přibližně 7 - 8 let.

Relativně homogenní štíhlostní koeficient pozorujeme zejména u nejmladších jedinců obnovy, u starších jedinců je patrná vyšší variabilita a méně příznivý poměr, patrně u jedinců pod vyšším zápojem, nebo s vyšší konkurencí okolních jedinců (Chroust, 1997).

Štíhlostní koeficient mateřského porostu dosahuje v místě měření (dle tabulky 2) hodnot 70,5-86,7. Což je dle Škody (2012) v rozmezí optimálních hodnot (60 - 90) pro borovou obnovu. Průměrná hodnota štíhlostního koeficientu obnovy měřených jedinců činí v průměru 90,5. Na štíhlostní koeficient má velký vliv mateřský porost (Andrzejczyk, 2007).

4.3. Hodnocení přírůstu

Průměrný přírůst zkoumané přirozené obnovy pod porostem za roky 2010 - 2014 činil 14,4 cm při průměrné výšce 195,6 cm. Mezi těmito roky nebyl zaznamenán větší rozdíl v přírůstu, což může být způsobeno podobným srážkovým úhrnem, který činil 670 mm (ČHMÚ, 2016).

Na volné ploše s výstavky na stejné divizi Mimoň v roce 2011 byl změřen průměrný přírůst 32,5 cm při průměrné výšce přirozené obnovy 82,4 cm, což činí relativní přírůst 39,4 %. V této DP měřená přirozená obnova nabývá relativního přírůstu pouze 7,3%. Tento rozdíl je způsoben zástinem mateřského porostu, který snižuje přírůst (Metzl a kol., 2011). BO dobře snáší 100 % relativní ozáření (Röhrig a kol., 1990), tudíž má na volné ploše potenciál průměrného přírůstu přes 30%.

4.4. Vztahy mezi charakteristikami obnovy a parametry prostředí

Růstové veličiny

Růstové veličiny mají mezi sebou navzájem různě silné korelace (Vašinka, 2011). Zápoj kladně koreluje se šířkou koruny. Tuto závislost lze vysvětlit tak, že čím více narůstá koruna do šířky, tím je větší zápoj na stanovišti (Chantal a kol., 2003). Větší zápoj je důsledkem snahy rostlin o maximalizaci přísunu sluneční radiace. Současně by mohly mít

na šířku koruny vliv další faktory, zejména vzdálenost od dalších dospělých jedinců a jedinců přirozené obnovy (Andrzejczyk, 2007; Rouvinen a kol., 2011).

Vztahy mezi růstovými veličinami a bylinným patrem

Bylinné patro - respektive jeho měřené veličiny (podíl hrabanky, mechu a keřů) na růstové veličiny neměly významný vliv. Výjimkou tvořil pouze průměrný přírůst, který koreloval s podílem hrabanky (0,18) a podílem keřů (-0,33). Tento závěr se shoduje se zdrojem (Šindelář, 2004), kde je uvedeno, že borovice je světlomilná dřevina a lze očekávat dobré výsledky přirozené obnovy na chudých a málo zabařených půdách s nízkou konkurencí bylinného patra. Zároveň se i zdroj (Peřina, 1969) zmiňuje, že na stanovištích s hustými porosty borůvky, brusinky a některých trav je nutné jejich konkurenci snížit a pro úspěšnou přirozenou obnovu obnažovat minerální půdu.

Vyhodnocení kvality jedinců

Podle výsledků této DP na kvalitu jedinců přirozené obnovy, hodnocenou přímostí kmene a přítomností nebo nepřítomností deformací a dvojitých vrcholků, mají vliv světelné podmínky – zápoj (0,17), FARi (-0,23), FARt (-0,17). Zároveň s tvarem koreluje i šířka koruny (-0,41). Pomocí lineární regrese byla odhadnuta teoretická mezní hranice FARi = 5,32 mmol.m⁻².s⁻¹ a zápoje 30,6 %, kdy je koeficient tvaru roven 2,5 (tedy průměrná kvalita). Na první pohled bylo při měření patrné, že na stinných místech byli jedinci přirozené obnovy méně kvalitní, narůstaly často do šířky a měli kratší přírůsty. Tento výsledek potvrzuje i (Šimerda, 2001), který konstatuje skutečnost, že pod dlouho trvající clonou vznikají nekvalitní nárosty. Crhonek, (2015) konstatuje, že z přirozené obnovy pod clonou se postupem času stane kvalitnější porost – vykácením mateřského porostu budou mít jedinci přirozené obnovy dostatek světla a začnou růst lépe.

Vliv mateřského porostu

Mateřský porost má vliv zejména na světelné podmínky daného stanoviště a ovlivňují přísun vody a živin ke kořenovému systému přirozené obnovy. Naše výsledky ukazují, že čím je přirozená obnova blíže k dospělému stromu, tím je menší výškový průměrný přírůst ($r = 0,18$). Toto konstatuje i (Šindelář, 2004; Andrzejczyk, 2007; Metzl a kol., 2011).

Mateřský porost ovlivňuje především zástin a další světelné veličiny. To je vidět zejména na hodnotách přímé FARd ($r = 0,18$) a celkové FARt ($r = 0,19$), která koreluje se vzdáleností jedince přirozené obnovy kladně od nejbližšího dospělého stromu. Čím je vzdálenost větší, tím vyšší je FAR. Vzhledem k tomu, že korelace není příliš vysoká, lze předpokládat, že větší vliv by mělo mít rozmístění dalších dospělých stromů (nejen toho nejbližšího) a také tvar a hustota jejich korun (Pukkala a kol., 1993).

Podle (Pukkala a kol., 1993) nejvíce koreloval průměrný přírůst stromků s difúzní radiací FARi. To by mělo též souviset s lepší dostupností živin a vody na stanovištích s rozptýleným světlem - na rozdíl od stanovišť přímo osluněných, kde dochází k většímu výparu a vysušování půdy. V této souvislosti je výsledek naší diplomové práce a výsledek výzkumu (Pukkala a kol., 1993) v souladu.

Průměrný procentuální přírůst koreloval v naší DP více s přímým FARd. Tento rozdíl je možné vysvětlit větším rozsahem hodnot FARt ($3,8-39,5 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) naměřených (Pukkala a kol., 1993) než byl změřen v rámci této DP ($12,39$ až $30,75 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$).

Charakter humusové formy

Humusová forma mor se tvoří převážně na kyselých a minerálně chudých půdách za nepříznivých podmínek pro rozklad a transformaci humusu. Kyselý opad jehličí a hromadění odumřelých částí acidofilních druhů rostlin přízemní vegetace přispívá k tvorbě moru. Humus lze od podloží snadno oddělit a po dlouhou dobu lze rozeznat jednotlivé komponenty, což je dáno zejména nedostatkem dusíku ve vegetačním pokryvu. Mor je obvyklý pod bory a pod borovými a smrkovými monokulturami.

Na sledovaném stanovišti se nacházejí humusové horizonty L, F, H a Ah. Horizont drti F je plst'ovitý mykogenní a obvykle propleten kořeny s vrstevnou strukturou. Horizont měli H je nestrukturní, od humózního horizontu A je většinou ostře oddělený (Vokoun a kol., 2002).

Na všech sledovaných plochách byly zjištěny velmi podobné tloušťky humusových horizontů a stejná humusová forma, tudíž nemohla být zjištěna korelace mezi ní a zkoumanými parametry přirozené obnovy. Humusová forma nicméně může být důležitým faktorem při uchycení a následném vzcházení semen (Bucci a kol., 1997; Šindelář, 2004; Aleksandrowicz-Trzcińska a kol., 2014).

5. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnotit dendrometrické (výška, tloušťka kořenového krčku, přírůst za posledních 5 let, šířka koruny) i kvalitativní parametry (tvar, poškození) jedinců přirozené obnovy borovice vyrůstajících pod dospělým porostem mýtního věku. Hlavním sledovaným faktorem byl proměnlivý zápoj porostu a s tím související zastínění obnovy, proto cílem bylo stanovit kritické zastínění, omezující nejen přírůst, ale i kvalitu jedinců. Dále byly hodnoceny mikrostanovištní podmínky, které rovněž mohou mít na obnovu vliv: charakter humusové formy; bylinné patro, které může obnově konkurovat a vnitrodruhová konkurence hodnocená vzdáleností nejbližšího jedince mateřského porostu a pomocí hustoty jedinců stejné generace. Cílem bylo zjistit, které z těchto mikrostanovištních faktorů mohou mít v daných podmínkách významnější (a statisticky doložitelný) vliv.

V této diplomové práci je hodnocen vliv stanovištních podmínek na přirozenou obnovu borovice lesní pod clonou mateřského porostu v HS 13 v přirozených borových stanovištích v okolí Máchova jezera. Výškové a tloušťkové rozdělení obnovy ukazuje na pravděpodobný vznik obnovy v letech 2007-2008.

Počty jedinců jsou 1,3 na m² (13 000 ks na ha) což je pro obnovu porostu dostatečné ve srovnání s počty výsadby na volné ploše v těchto podmínkách. Počet jedinců nijak významně nekoreloval se světelnými podmínkami stanovišť, což může být způsobeno malým rozsahem hodnot FAR a zápoje na jednotlivých plochách či jinými faktory.

Výškový rozsah ($195,6 \pm 84,9$ cm) a tloušťkový rozsah (v krčku $2,4 \pm 1,1$ cm) obnovy spolu těsně korelují a ukazují na stáří obnovy v rozsahu 4 - 8 let.

Štíhlostní koeficient u přirozené obnovy činil 90,5. Což je hodnota na hranici optima a lehkého přeštíhlení.

Bylo potvrzeno, že na kvalitu jedince má statisticky významný vliv zápoj (dle Spearmanova korelačního koeficientu $r = 0,17$). Nejvyšší korelace v rámci světelných podmínek byla pozorována u rozptýleného záření FARi $r = -0,23$, která ukazuje, že semenáčky borovice lépe reagují na rozptýlené, než na přímé záření. Zápoj má významný vliv i na průměrný procentuální přírůst ($r = -0,36$). A to především díky přímé fotosynteticky aktivní FARd ($r = 0,47$). Difúzní záření FARi ($r = 0,31$) hraje menší roli.

Na přírůst přirozené obnovy má také vliv charakter bylinného patra. Na stanovištích s větším podílem hrabanky (a tím pádem nižším podílem keřů a porostů *Vaccinium myrtillus* a *Vaccinium vitis-idaea*) byl zaznamenán statisticky větší průměrný přírůst ($r = 0,19$).

Charakter humusové formy statisticky významný vliv na jedince přirozené obnovy nebyl zjištěn z důvodu velké homogenity humusového horizontu na všech stanovištích.

Vzdálenost jedinců přirozené obnovy od nejbližšího mateřského stromu slabě ovlivnila ($r = 0,18$) průměrný přírůst.

Podle našich výsledků se zdá, že clonný způsob obnovy BO na daném stanovišti je realizovatelný. Kritické zastínění, které by ohrožovalo přežití jedinců, nebylo zjištěno. Orientační hodnota (uvažujeme-li lineární závislost), kdy by byla kvalita jedinců nadprůměrná (koeficient tvaru $> 2,5$) je pro zápoj maximálně 30,6% a pro FARi rovna minimálně $5,32 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Aby bylo dosaženo vyšší kvality přirozené obnovy, lze doporučit snížit zastínění pod 30,6 %.

Zdroje

Ackzell L. A., (1993): Comparison of planting, sowing and natural regeneration for *Pinus sylvestris* in boreal Sweden. - Forest Ecology and Management, 61 (3-4): 229-245.

Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky., (2016): Regionální pracoviště Správa CHKO Kokořínsko – Máchův kraj: Klimatické poměry, poslední aktualizace: 2016 (cit. 6. 1. 2016). Dostupné: < <http://kokorinsko.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/klimaticke-pomery/> >.

Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky., (2014): Správa Chráněné krajinné oblasti Kokořínsko - Máchův kraj: Plán péče o CHKO Kokořínsko - Máchův kraj na období 2014–2023, poslední aktualizace: 2014 (cit. 23. 2. 2016). Dostupné: < <http://kokorinsko.ochranaprirody.cz/res/archive/203/025929.pdf?seek=1411624180> >.

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 (1): 73–81.

Amann G., (1997): Stromy a keře lesa: Kapesní obrazová knížka. - J. Steinbrener Vimperk, Vimperk, 228 s.

Andrzejczyk T., Drozdowski S., (2003): The performance of natural regeneration of Scots pine following soil preparation using double mouldboard plough. - Sylwan, 147 (5): 28-35.

Andrzejczyk T., (2007): Response of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) young-growth stands to an overstorey canopy in the postoutbreak stands in Piła Forests. - Sylwan, 151 (1): 20-29.

Banfi E., Consolinová F., (2001): Stromy: Na zahradě, v parku a ve volné přírodě. - Euromedia Group, k. s., Praha, 223 s.

Beghin R., Lingua E., Garbarino M., Lonati M., Bovio G., Motta R., Marzano R., (2010): *Pinus sylvestris* forest regeneration under different post-fire restoration practices in the northwestern Italian Alps. - Ecological Engineering, 36 (10): 1365–1372.

- Behrens L., (2011): Past and present Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) regeneration along site type gradients in Białowieża Forest, Poland. – Mp, 58 s. [Magisterská práce; Swedish University of Agricultural Sciences, Southern Swedish Forest Research Centre, Alnarp].
- Bitner L. R., (2012): Jehličnany: Kapesní atlas. - Euromedia Group, k. s., Praha, 223 s.
- Bucci G., Borghetti M., (1997): Understory vegetation as a useful predictor of natural regeneration and canopy dynamics in *Pinus sylvestris* forests in Italy. - *Acta Oecologica*, 18 (4): 485-501.
- Businský R., Velebil J., (2011): Borovice v České republice: Výsledky dlouhodobého hodnocení rodu *Pinus* L. v kultuře v České republice. - Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i., 2011., Průhonice, 180 s.
- Crhonek, T., (2015): Přirozená obnova pod borovicovým porostem v oblasti Bzenecké Doubravy: Lesy České republiky, s. p., poslední aktualizace: 2015-12-18 (cit. 24. 2. 2016). Dostupné: < <http://www.lesy.cz/o-nas/casopis-lesu-zdar/Stranky/prirozena-obnova-pod-borovicovym-porostem-v-oblasti-bzenecke-doubravy.aspx?retUrl=%2Fonas%2Fcasopis-lesu%2Fzdar%2FStranky%2Fdefault.aspx> >.
- Česká geologická služba., (2014): Geologická mapa 1 : 50 000, poslední aktualizace: 2014 (cit. 22. 1. 2016). Dostupné: < http://mapy.geology.cz/geocr_50/ >.
- Český hydrometeorologický ústav., (2016): Meteorologické stanice ČHMÚ : Pobočky ČHMÚ, poslední aktualizace: 2016 (cit. 15. 2. 2016). Dostupné: < http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/stanice/ShowStations_CZ.html >.
- Česko., (2004): Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 139/2004 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o přenosu semen a sazenic lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnosti o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa: Příloha 6: Minimální počty jedinců jednotlivých druhů dřevin na jeden hektar pozemku při obnově lesa a zalesňování (prστοkořenný sadební materiál v tis. ks). Praha, 46/2004, číslo 139.
- Česko., (1995): Zákon č. 289/1995, o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon). Praha, 76/1995, číslo 289.

Dančáková H., (2008): Přírozená obnova borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) na hospodářském souboru 13 (přírozená borová stanoviště) u VLS ČR s. p., Divize Mimoň. - In: Přírozené zmlazování borovice. Sborník ze semináře, Divize Mimoň 17. 9. 2008. - Česká lesnická společnost, s. 4-9.

de Chantal M., Leinonen K., Kuuluvainen T., Cescatti A., (2003): Early response of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings to an experimental canopy gap in a boreal spruce forest. - *Forest Ecology and Management*, 176 (1-3): 321–336.

Dragoun L., Stolariková R., Merganič J., Šálek L., Krykorková J., (2015): Porovnání vlivu příměsí na růstové veličiny, strukturu a stabilitu porostu borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) na antropogenních půdách sokolovského regionu. - *Forestry Journal*, 61 (1): 44-51.

Fučík M., (2007): Přírozená obnova borovice na LS Deblín. – Mp, 52 s. [Magisterská práce; Mendlova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta].

Grigoriadis N., Spyroglou G., Grigoriadis S., Klapanis P., (2014): Effect of soil scarification on natural regeneration of mature scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in Greece. - *Global NEST Journal*, 16 (4): 732-742.

Hornfeldt R., Hu B., Chiriaco M.V., (2012): Optimum timing of soil scarification for the natural regeneration of *Pinus sylvestris* in Central Sweden. - *Scandinavian Journal of Forest Research*, 27 (5): 424-431.

Chodaka M., Klimek B., Azarbad H., Jazwa M., (2015): Functional diversity of soil microbial communities under Scots pine, Norway spruce, silver birch and mixed boreal forests. - *Pedobiologia*, 58 (2-3): 81-88.

Chroust L., (1997): Ekologie výchovy lesních porostů: smrk obecný, borovice lesní, dub letní: porostní prostředí, růst stromů, produkce porostu. - VÚLHM, Opočno, 277 s.

Jordan M., (2013): Krása stromů. - Euromedia Group, k. s., Praha, 224 s.

Jurča J., Chroust L., Petříček V., Švenda A., (1973): Racionalizace výchovy mladých lesních porostů. – SZN, Praha, 239 s.

Kaňák J., Nárovcová J., (2005): Růst mladých borových kultur identického původu v rozdílných stanovištních poměrech. - *Zprávy lesnického výzkumu*, 50 (2): 78-80.

Karlsson C., (2000): Effects of release cutting and soil scarification on natural regeneration in *Pinus sylvestris* shelterwoods. – Dp, 92 s. [Disertační práce; Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Management and Products, Uppsala].

Karlsson M., Nilsson U., (2005): The effects of scarification and shelterwood treatments on naturally regenerated seedlings in southern Sweden. - *Forest Ecology and Management*, 205 (1-3): 183-197.

Kobliha J., Funda T., (2004): Geneticko-šlechtitelské aspekty přirozené a umělé obnovy lesa. - In: Přirozená a umělá obnova přednosti, nevýhody a omezení 2004. Sborník ze semináře, Kostelec nad Černými lesy 23. 3. 2004. - ČZU, FLD, s. 72-76.

Kodeš M., (2011): Hospodaření na lesním majetku města Pelhřimova – modely obnovy lesních porostů. - In: Přirozená obnova hlavních dřevin v podmínkách Vysočiny. Sborník ze semináře, Pelhřimov 2004. – SVOL ČR, s. 8-12.

Konôpka J., Greppel E., Lipták J., (2012): Natural or artificial regeneration of pine stands in Záhorie. - *Forestry Journal*, 58 (2): 100–110.

Košulič M., (2010): Cesta k přírodě blízkému hospodářskému lesu. - FSC ČR, Brno, 452 s.

Kulhanová P., (2012): Otvíráme vojenský prostor veřejností. - *Lesnická práce*, 91 (4): 12-15.

Kupka I., (2004): Přirozená a umělá obnova, jejich přednosti, omezení a nevýhody. - In: Přirozená a umělá obnova přednosti, nevýhody a omezení 2004. Sborník ze semináře, Kostelec nad Černými lesy 23. 3. 2004. - ČZU, FLD, s. 5-11.

Kupka I., (2008): Pěstování lesů I. - ČZU, Praha, 150 s.

Lesy ČR, s. p., (2015): Program trvale udržitelného hospodaření, poslední aktualizace: 2015 (cit. 15. 1. 2016). Dostupné: < http://www.lesy-cr.cz/pece-o-les/pestovani-lesu/Documents/LCR_TUH_2015.pdf >.

Lesy ČR, s. p., (2016): Pěstování lesů, poslední aktualizace: 2016 (cit. 23. 1. 2016). Dostupné: < <http://www.lesy-cr.cz/pece-o-les/pestovani-lesu/Stranky/default.aspx> >.

- Martincová J., (1998): Pokyny pro pěstování sadebního materiálu borovice lesní a metodika hodnocení jeho morfologické a fyziologické kvality, poslední aktualizace: 1998 (cit. 8. 12. 2015). Dostupné: < <http://vulhm.opocno.cz/download/rv98dp03e1.pdf> >.
- Martincová J., (1999): Kvalita sadebního materiálu borovice lesní a optimální způsoby pěstování v lesních školkách. - Zprávy lesnického výzkumu, 44 (4): 1-5.
- Mauer O., Palátová E., (2004): Vývin kořenového systému smrku ztepilého, dubu letního a borovice lesní z umělé a přirozené obnovy. - In: Přirozená a umělá obnova přednosti, nevýhody a omezení 2004. Sborník ze semináře, Kostelec nad Černými lesy 23. 3. 2004. - ČZU, FLD, s. 48-56.
- Mauer O., Leugner J., (2014): Péče a ochrana kultur po obnově lesa a zalesňování (osvědčení 76179/2014-MZE- 16222/M87). - Mendelova univerzita, Brno, 27 s.
- Metzl J., Košulič M., (2011): 100 otázek a odpovědí k obhospodařování lesa přerpdě blížkým způsobem. – FSC ČR, Brno, 105 s.
- Mikeska M., (2007): Posouzení lesnicko-typologického vymezení stanovišť borů v severovýchodních Čechách. - Dp, 212 s. [Disertační práce; ČZU, Fakulta lesnická a environmentální.].
- Ministerstvo zemědělství., (2014): Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2014, poslední aktualizace: 2014 (cit. 16. 2. 2016). Dostupné: < <http://agri.cz/public/web/mze/lesy/lesnictvi/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho/> >.
- Molchanov A. G., (2000): Photosynthetic utilization efficiency of absorbed photosynthetically active radiation by Scots pine and birch forest stands in the southern Taiga. - Tree Physiology, 20 (1): 1137–1148.
- Musil I., (2007): Jehličnaté dřeviny: Lesnická dendrologie 1. - Academia, Praha, 352 s.
- Nárovec V., (2000): Dicyklický růst výhonů u borovice a nápravná pěstební opatření v nejmladších kulturách. - Lesnická práce, s. r. o., Kostelec nad Černými lesy, 31 s.
- Nárovcová J., Nárovec V., (2009): Kontrola kvality semenáčků a sazenic borovice lesní, poslední aktualizace: 2009 (cit. 5. 2. 2016). Dostupné: < http://vulhm.opocno.cz/download/laborator/merin_2009_bo.pdf >.

- Neuhäuslová-Novotná Z., (1998): Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. - Academia, Praha, 341 s.
- Nilsson U., Gemmel P., Johansson U., Karlsson M., Welander T., (2002): Natural regeneration of Norway spruce, Scots pine and birch under Norway spruce shelterwoods of varying densities on a mesic-dry site in southern Sweden. - *Forest Ecology and Management*, 161 (1-3): 133-145.
- Peřina V., (1969): K zlepšení podmínek pro přirozenou obnovu borovice. - *Lesnická práce*, 48 (9-10): 532-539.
- Peřina V., (1973): Přirozená obnova a její předpoklady. - *Lesnická práce*, 52 (9): 392-397.
- Petřík Z., (1996): Exkurze po trase pochůzky z roku 1910 s ukázkami přirozené obnovy borovice lesní, konané 3.10.1996. - *Městské lesy Hradec Králové, Hradec Králové*, 30 s.
- Pilát A., (1964): Jehličnaté stromy a keře našich zahrad a parků. - ČSAV, Praha, 507 s.
- Podrázský V., (2014): Základy ekologie lesa. - ČZU, Praha, 144 s.
- Poleno Z., Vacek S. a kol., (2009): Pěstování lesů III.: Praktické postupy pěstování lesů. - *Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy*, 951 s.
- Poleno Z., Vacek S. a kol., (2011): Pěstování lesů I.: Ekologické základy pěstování lesů. - *Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy*, 319 s.
- Pop M., (2004): Přirozená obnova borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) na holých sečích ve stanovištních podmínkách HS č. 13. - In: Přirozená a umělá obnova přednosti, nevýhody a omezení 2004. Sborník ze semináře, Kostelec nad Černými lesy 23. 3. 2004. - ČZU, FLD, s. 31-38.
- Poulson T. L., Platt W. J., (1989): Gap light regimes influence canopy tree diversity. - *Ecology*, 70 (3): 553-555.
- Procházka S., Macháčková I., Krekule J., Šebánek a kol., (2003): Fyziologie rostlin. - AV ČR, Praha, 484 s.

Pukkala T., Kuuluvainen T., Stenberg P., (1993): Below-Canopy distribution of photosynthetically active radiation and its relation to seedling growth in a boreal *Pinus sylvestris* stand. - Scandinavian Journal of Forest Research, 8 (1-4): 313-325.

Reininger H., (1992): Zielstärken-Nutzung: oder die Plenterung des Altersklassenwaldes. - Österreichischer Agrarverlag, Wien, 163 s.

Remeš J., Bílek L., (2014): Obnova a strukturalizace přírodě blízkých porostů ve středních polohách. Lesnický průvodce: Certifikovaná metodika, poslední aktualizace: 2014 (cit. 26. 2. 2016). Dostupné: <http://www.vulhm.cz/sites/files/Informatika/LP_11_2014.pdf>.

Rodriguez-Calcerrada J., Mutke S., Alonso J., Gil L., Pardos J. A., Aranda I., (2008): Influence of overstory density on understory light, soil moisture, and survival of two underplanted oak species in a Mediterranean montane Scots pine forest. Investigación agraria. - Sistemas y recursos forestales, 17 (1): 31-38.

Roháček A., (2007): Brevíř stromů VLS ČR, s. p. Vojenské lesy a statky ČR, s.p., poslední aktualizace: 2007 (cit. 11. 2. 2016). Dostupné: <https://www.vls.cz/media/downloadables/VLS_Brevir_Stromy.pdf>.

Röhrig E., Gussone H. A., (1990): Baumartenwahl, Bestandesbegründung und Bestandespflege (Dengler, A. Waldbau auf ökologischer Grundlage). - P. Parey, Hamburg, 314 s.

Rouvinen S., Kouki J., (2011): Tree Regeneration in Artificial Canopy Gaps Established for Restoring Natural Structural Variability in a Scots Pine Stand. - Silva Fennica, 45 (5): 1079–1091.

Rushforth K., (2006): Svět stromů: Průvodce lesem, parkem, okrasnou zahradou. - Granit, s. r. o., Praha, 287 s.

Slavíková J., (1988): Ekologie rostlin. - SPN, Praha, 368 s.

Šimerda L., (2002): K úrovně a podúrovně výchově a obnově borových porostů. - Lesnická práce, 81 (2): 74-76.

Šindelář J., (2000): Přirozená obnova lesních porostů v České republice. - Lesnická práce, 79 (7): 296-297.

Šindelář J., (2001): Některá možná dílčí opatření jako racionalizační prvky při umělé obnově lesních porostů a zalesňování. - Zprávy lesnického výzkumu, 46 (2): 103-107.

Šindelář J., (2004): Přirozená obnova borovice lesní. - Lesnická práce, 83 (8): 25-27.

Škoda. A., (2012): Výchova lesních porostů úvod, poslední aktualizace: 2012 (cit. 10. 3. 2016). Dostupné: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:XqLx_iL2ZAAJ:www.jirifranc.estranky.cz/file/885/001_vychova_porostu_uvod.pdf+&cd=1&hl=cs&ct=clnk&gl=cz>.

Štaud V., Červený Z., Drochytka J., Konečný J., Liška V., Neruda J., Wasserburger D., (1983): Umělá obnova lesa: Technika a technologie. - SZN, Praha, 176 s.

Uhlířová H., Kapitola P. a kolektiv., (2004): Poškození lesních dřevin. - Lesnická práce, s. r. o., Kostelec nad Černými lesy, 288 s.

Ústav pro hospodářskou úpravu lesů., (2013): Přírodní lesní oblast č. 18 Severočeská pískovcová plošina a Český Ráj, poslední aktualizace: 17. 12. 2013 (cit. 28. 1. 2016). Dostupné: <<http://www.uhul.cz/nase-cinnost/oblastni-plany-rozvoje-lesu/prirodni-lesni-oblasti-plo/176-prirodni-lesni-oblast-c-18-severoceska-piskovcova-plosina-a-cesky-raj>>.

Ústav pro hospodářskou úpravu lesů., (2014): Inventarizace škod zvěří na lesním hospodářství – terénní šetření, poslední aktualizace: 28. 3. 2014 (cit. 27. 3. 2016). Dostupné: <<http://www.uhul.cz/mapy-a-data/277-portal-myslivosti/inventarizace-skod-zver/298-inventarizace-skod-zveri-na-lesnim-hospodarstvi-terenni-setreni>>.

Vacek S., Podrázský V., (2006): Přírodě blízké lesní hospodářství v podmínkách střední Evropy. - In: Sborník pro vlastníky lesů ČZU, KPL 2006, Lesnická práce, s. 74.

Válek P., (2011): Hospodaření na lesním majetku města Doksy. - In: Hospodaření na obecním majetku s vysokou rekreační funkcí, využívání přírodních procesů v borových a smrkových porostech nižších poloh. Sborník přednášek z odborného semináře, Doksy 21. - 22. 9. 2011. - VÚLHM, Opočno, s. 5-12.

Vašínská D., (2011): Možnosti využití přirozené obnovy u VLS divize Mimoň. - Bp, 42 s. [Bakalářská práce; Mendlova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta].

Vojenské lesy a statky ČR, s. p., (2016): Divize Mimoň, poslední aktualizace: 2016 (cit. 14. 2. 2016). Dostupné: < <https://www.vls.cz/divize/mimon> >.

Vokoun J., a kol., (2002): Příručka pro průzkum lesních půd: Taxonomický klasifikační systém půd ČR (Jan Němeček a kol.) v lesnické praxi: ÚHÚL, poslední aktualizace: 2002 (cit. 24. 3. 2016). Dostupné: < http://ldf.mendelu.cz/ugp/wp-content/ugp-files/attachment/prirucka_pro_puzkum_lesnich_pud.pdf >.

Zehnálek P., Remeš J., (2007): Jak nakládat s přirozenou obnovou? - In: Význam přírodě blízkých způsobů pěstování lesů pro jejich stabilitu, produkční a mimoprodukční funkce. Sborník příspěvků z vědecké konference, Kostelec nad Černými lesy 17. - 18. 9. 2007. - ČZU, FLD, s. 167-171.

Zerzán M., (2008): Zkušenosti s přirozenou obnovou borovice lesní východočeského ekotypu v lesích města Hradec Králové. - In: Přirozené zmlazování borovice. Sborník ze semináře, Divize Mimoň 17. 9. 2008. - Česká lesnická společnost, s. 10-12.

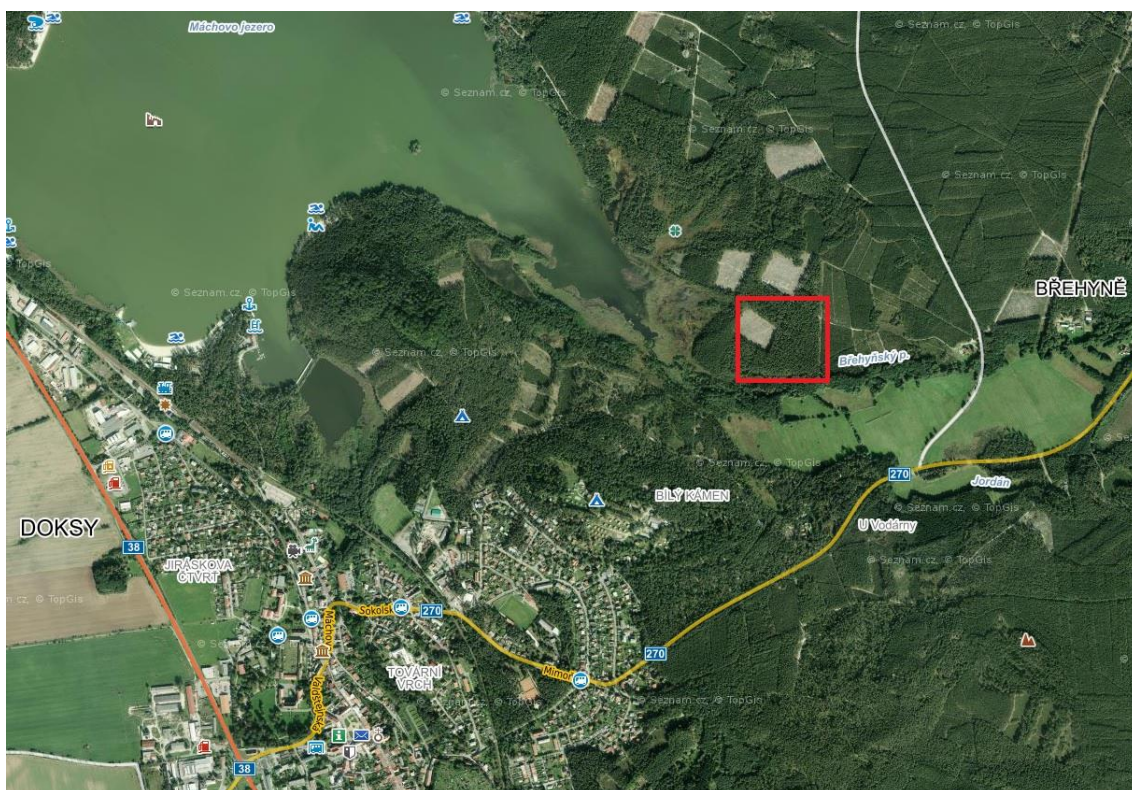
Žíhlavník A., (2004): Přirozená obnova a těžbová úprava lesa. In: Přirozená a umělá obnova přednosti, nevýhody a omezení 2004. - In: Přirozená a umělá obnova přednosti, nevýhody a omezení 2004. Sborník ze semináře, Kostelec nad Černými lesy 23. 3. 2004. - ČZU, FLD, s. 93-100.

Přílohy

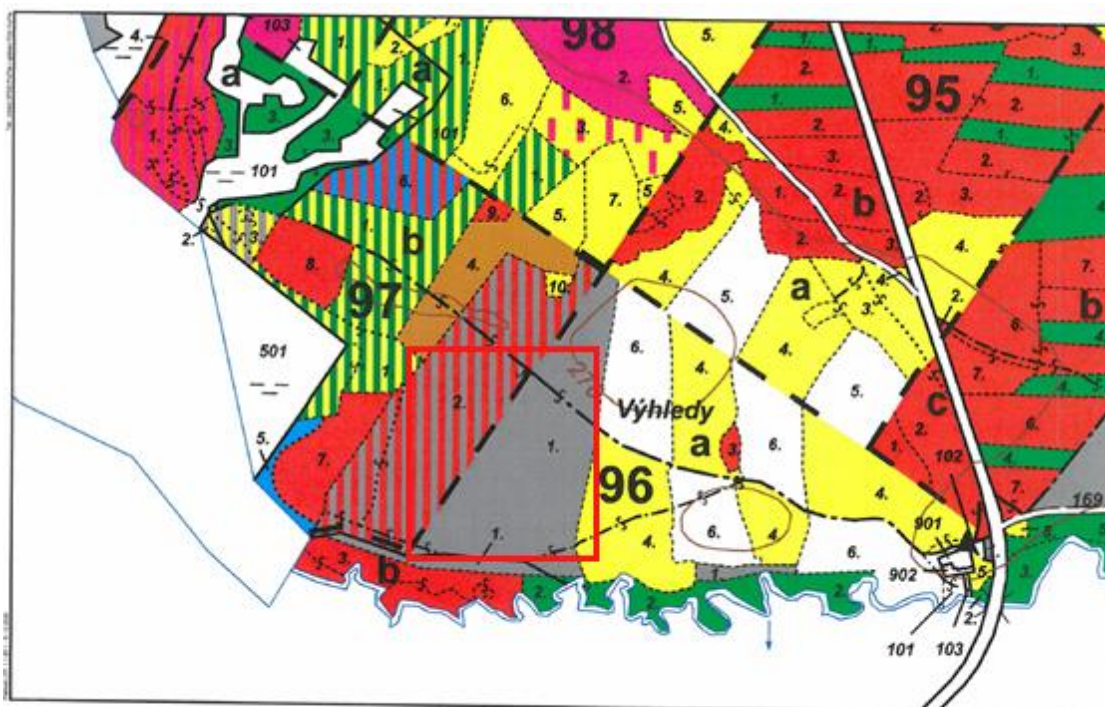
Příloha 1 Tabulka charakterizující jednotlivé zkusné plochy

zp	počet (ks)	počet/m2	H (cm)	Dk (cm)	D130 (cm)	Pp (cm)	Pp/H	Th	α (°)
1/1	28	4,0	243	2,9	2,5	28,1	12%	91	52
1/2	2	0,3	28	0,3		10,0	38%	113	90
1/3	19	2,7	172	2,3	1,9	16,1	11%	83	53
1/4	13	1,8	125	1,7	1,1	10,7	8%	74	61
1/5	12	1,7	183	2,3	1,5	12,7	7%	87	52
2/1	12	1,7	105	1,5	1,8	9,2	9%	130	54
2/2	7	1,0	80	1,0		5,9	9%	88	63
2/3	1	0,1	12	0,1				120	
2/4	4	0,6	44	0,6		2,7	6%	79	45
2/5	1	0,1	88	1,4		4,6	5%	63	
3/1	3	0,4	150	1,8	1,1	11,3	7%	93	45
3/2	19	2,7	122	1,6	1,4	9,0	8%	90	65
3/3	10	1,4	192	2,1	1,2	18,9	10%	93	61
3/4	31	4,4	226	2,5	1,5	17,7	7%	96	67
3/5	11	1,6	150	1,8	0,9	14,0	11%	88	71
4/1	25	3,5	228	2,5	1,6	18,3	8%	100	71
4/2	15	2,1	251	2,8	1,5	15,7	6%	109	58
4/3	4	0,6	110	1,3	0,7	6,6	6%	123	80
4/4	10	1,4	233	2,9	1,7	18,6	8%	85	61
4/5	8	1,1	156	1,9	2,0	7,9	5%	89	60
5/1	16	2,3	140	1,5	1,1	10,5	7%	111	65
5/2	4	0,6	30	1,5		4,8	5%	70	
5/3	8	1,1	124	1,6	1,4	8,0	7%	81	56
5/4	11	1,6	114	1,4	1,0	7,0	6%	81	64
5/5	8	1,1	173	2,4	1,5	12,2	7%	76	65
6/1	7	1,0	74	1,0		6,2	11%	76	57
6/2	8	1,1	176	2,4	2,3	13,7	7%	82	53
6/3	15	2,1	185	2,2	1,5	11,1	6%	93	61
6/4	7	1,0	259	3,1	1,8	12,3	4%	84	46
6/5	2	0,3	157	2,3	1,9	22,6	9%	71	70
7/1	4	0,6	209	2,7	1,3	9,3	5%	78	56
7/2	4	0,6	118	1,5	1,5	9,1	5%	85	70
7/3	5	0,7	182	2,3	1,0	11,1	6%	80	53
7/4	10	1,4	324	3,6	2,1	16,7	5%	90	52
7/5	11	1,6	226	2,8	1,4	12,9	5%	82	61
8/1	6	0,8	279	3,8	2,3	19,1	6%	76	49
8/2	7	1,0	339	3,8	2,5	17,2	4%	92	47
8/3	5	0,7	382	3,5	2,3	15,2	4%	107	42
8/4	5	0,7	276	3,0	1,5	17,3	6%	94	65
8/5	7	1,0	231	3,0	1,8	12,6	6%	77	62
9/1	2	0,3	215	3,1	2,3	7,5	3%	76	45
9/2	4	0,6	257	2,9	1,6	10,0	4%	88	45
9/3	13	1,8	259	3,3	1,7	13,3	5%	80	51
9/4	9	1,3	371	3,7	2,2	13,2	4%	99	50
9/5	3	0,4	3	1,4				53	

Příloha 2 Satelitní snímek oblasti, kde bylo prováděno měření



Příloha 3 Porostní mapa



LHC BŘEHYNĚ

1 : 5 000



Příloha 4 Fotografie zkusné plošky s větším počtem jedinců přirozené obnovy



Příloha 5 Fotografie zkusné plošky téměř bez přirozené obnovy

