

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa

Vliv podmínek na růst přirozené obnovy borovice lesní pod porostem (Třeboňsko)

Stand conditions effect on the Scotch pine natural regeneration in understory
(Třeboňsko)

Diplomová práce

Autor: Ing. Iva Kratochvílová, DiS.

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

2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Ing. Iva Kratochvílová, DiS.

Lesní inženýrství

Název práce

Vliv podmínek na růst přirozené obnovy borovice lesní pod porostem (Třeboňsko)

Název anglicky

Stand conditions effect on the Scotch pine natural regeneration in understory (Třeboňsko)

Cíle práce

Vyhodnotit přirozenou obnovu borovice pod porostem z hlediska kvality, přírůstků a poškození a popsat hlavní stanovištní faktory, které mají na tuto obnovu vliv.

Metodika

Metodika:

1. Získání základního přehledu na základě publikovaných informací k danému tématu.
2. Výběr a založení 8 pokusných ploch ve vhodných porostech s přítomnou přirozenou obnovou.
3. Změření kvantitativních (výška, tloušťka kořenového krčku, přírůstek) a kvalitativních (příměst kmene, poškození) parametrů obnovy.
4. Vyhodnocení stanovištních podmínek (světelné podmínky, bylinné patro, základní charakteristiky nadložního humusu).
5. Vyhodnocení vlivu jednotlivých stanovištních parametrů na obnovu.
6. Zpracování práce po formální stránce.

Doporučený rozsah práce

35-45 str.

Klíčová slova

Přirozená obnova borovice, *Pinus sylvestris*, světlomilné dřeviny, ekologické nároky borovice, světelné podmínky

Doporučené zdroje informací

- 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.
- Luoma S. (1997): Geographical pattern in photosynthetic light response of *Pinus sylvestris* in Europe. *Functional Ecology*, 11(3): 273-281.
- Matías L., Jump A. S. (2012): Interactions between growth, demography and biotic interactions in determining species range limits in a warming world: The case of *Pinus sylvestris*. *Forest Ecology and Management*, Volume 282: 10-22.
- Mikeska M. et al. (2008): Lesnicko-typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR. *Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy*, 447 s.
- 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

2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Iva Ulbrichová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 29. 6. 2017

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 2. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 25. 03. 2018

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vliv podmínek na růst přirozené obnovy borovice lesní pod porostem (Třeboňsko)“ 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 Českých Budějovicích dne

Děkuji své vedoucí práce Ing. Ivě Ulbrichové, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce, za metodickou pomoc a další cenné rady při jejím zpracování.

Abstrakt

V oblasti Třeboňsko byl zkoumán vliv stanovištních podmínek na přirozenou obnovu borovice lesní pod porostem. V dospělých borových porostech na SLT 0M, 0K, 0G a 0T bylo v říjnu 2016 založeno 8 zkusných ploch (50 m x 50 m) a v každé z ploch bylo umístěno 5 zkusných plošek ve tvaru kruhu o průměru 3 m. Byla sledována četnost přirozené obnovy a u každého jedince byly měřeny výškové přírůsty za posledních pět let, výška, tloušťka krčku, průměr koruny, úhel větvení ve druhém přeslenu a vizuálně hodnocen tvar a poškození. Současně byly hodnoceny stanovištní podmínky (světelné poměry, bylinné patro, půdní prostředí, zápoj a výčetní kruhová základna mateřského porostu, vzdálenost nejbližších dospělých stromů od jedinců obnovy) a posuzován jejich vliv na četnost a parametry přirozené obnovy. Četnost obnovy pod porostem dosáhla průměrné hodnoty 2,2 ks.m⁻². Nejvýznamnějším stanovištním faktorem byly světelné poměry; četnost obnovy nejvíce ovlivnil zápoj mateřského porostu ($r = - 0,50$) a celková fotosynteticky aktivní radiace [FAR] ($r = 0,30$). K dosažení hraniční hodnoty štíhlostního poměru (100) bylo zapotřebí cca 14 MJ.m⁻².den⁻¹ celkové FAR, které bylo dostupné v 60 % sledovaných dospělých porostů. Průměrný výškový přírůst byl nejvíce ovlivněn difúzním zářením ($r = 0,39$) a vzdáleností nejbližších dospělých stromů. Pokryvnost borůvčí negativně ovlivnila četnost obnovy a relativní průměrný přírůst jedinců ($r = - 0,26$; $r = - 0,29$). Úhel větvení úzce souvisel s průměrnou šířkou koruny ($r = 0,30$) a s kvalitou jedince ($r = - 0,37$). Kvalita sledované přirozené obnovy byla mírně nadprůměrná, nižší kvalita byla zjištěna na SLT 0T. Mezi charakterem půdního prostředí a četností obnovy a jejími parametry nebyly zjištěny významné závislosti.

Klíčová slova: *Pinus sylvestris*, přirozená obnova, obnova pod porostem, stanovištní podmínky, světelné poměry, bylinné patro, konkurence

Abstract

The impact of the site conditions on the Scots pine (*Pinus sylvestris*) understory natural regeneration was studied in the mature pine stands within (*Querceto*) – *Pinetum oligotrophicum*, (*Querceto - Fagi*) – *Pinetum acidophilum*, *Piceeto* – *Pinetum paludosum* (*mesotrophicum*) and *Betuleto* – *Pinetum* (*paludosum oligotrophicum*) forest site categories in the locality of Třeboňsko. In October of 2016 there were placed 8 plots (50 m x 50 m) and in each of them 5 subsequent circle spots (with 3 m diameter). Natural regeneration frequency, height increments over the last five years,

height, diameter at root collar, crown diameter, branch angle in the second whorl of each individual were measured and its shape and condition were visually evaluated. Site conditions (light and soil conditions, herbal layer, canopy density and stand basal area of mature stand, distance between the nearest mature tree and individual) were evaluated at the same time and was assessed their impact on frequency and parameters of natural regeneration. The frequency of pine natural regeneration was 2,2 pc. m⁻². The most important site factors were light conditions; natural regeneration frequency was the most affected by canopy density of mature stand ($r = - 0,50$) and by total photosynthetically active radiation (FAR) [$r = 0,30$]. Approximately 14 MJ. m⁻².day⁻¹ of total FAR were necessary to achieve the threshold value of h/d ratio, this amount of radiation was available in 60 % of adult stands. The average height increment was the most affected by the diffuse radiation ($r = 0,39$) and by the distance of the nearest adult tree. The coverage of *Vaccinium myrtillus* affected frequency of natural regeneration and relative average height increment ($r = - 0,26$; $r = - 0,29$). The branch angle was closely related to crown diameter ($r = 0,30$) and to quality of the individual ($r = - 0,37$). The general quality of natural regeneration was slightly above average, the lower quality of individuals was established on *Betuleto – Pinetum (paludosum oligotrophicum)* forest site category. No statistically significant impact of the soil conditions on the natural regeneration frequency and individual parameters was found.

Keywords: *Pinus sylvestris*, natural regeneration, shelterwood regeneration, site conditions, light conditions, herbal layer, competition

Obsah

1. Úvod	10
2. Cíle práce.....	12
3. Metodika	13
3.1. Charakteristika studovaného území.....	13
3.1.1. Geologické a půdní poměry	14
3.1.2. Charakteristika lesních porostů.....	15
3.1.3. Hospodaření v Chráněné krajinné oblasti Třeboňsko	15
3.1.4. Charakteristika sledovaných lokalit	15
3.1.5. Popis dospělých porostů na sledovaných plochách.....	16
3.2. Sběr dat v terénu	17
3.3. Měřené charakteristiky.....	17
3.3.1. Hodnocení třídy pěstební kvality	18
3.4. Odvozené charakteristiky.....	20
3.5. Měření světelných poměrů.....	20
3.6. Statistické vyhodnocení dat	22
4. Literární rešerše	23
4.1. Borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	23
4.1.1. Popis druhu.....	23
4.1.2. Škůdci a choroby.....	24
4.1.3. Ekotypy	26
4.1.4. Rozšíření borovice lesní.....	29
4.2. Rozšíření rodu <i>Pinus</i> na Třeboňsku.....	31
4.3. Ekologické nároky	32
4.3.1. Sluneční energie: záření, světlo, teplo.....	32
4.3.2. Teplota prostředí	34
4.3.3. Voda, půda.....	36

4.3.4.	Nároky na prostředí a živiny	37
4.4.	Obnova porostů borovice lesní	38
4.4.1.	Umělá obnova	38
4.4.2.	Kombinovaná obnova	40
4.4.3.	Přirozená obnova	40
4.4.4.	Příprava plochy před obnovou.....	42
4.4.5.	Obnovní postupy	43
4.4.6.	Obnova borových porostů na Třeboňsku.....	47
5.	Výsledky.....	48
5.1.	Četnost přirozené obnovy	48
5.2.	Vztahy mezi četností přirozené obnovy a parametry prostředí	49
5.3.	Kvantitativní charakteristiky jedinců obnovy	51
5.4.	Kvalitativní charakteristiky jedinců obnovy	52
5.5.	Vzájemné vztahy mezi charakteristikami jedinců	53
5.6.	Vztahy charakteristik obnovy a podmínek prostředí	56
6.	Diskuze	63
6.1.	Četnost obnovy.....	63
6.2.	Vztahy mezi četností přirozené obnovy a parametry prostředí	63
6.3.	Kvantitativní charakteristiky jedinců obnovy	65
6.4.	Kvalitativní charakteristiky jedinců obnovy	65
6.5.	Vzájemné vztahy mezi charakteristikami jedinců	66
6.6.	Vztahy charakteristik obnovy a podmínek prostředí	66
7.	Závěr.....	70
8.	Seznam literatury a použitých zdrojů	72
9.	Přílohy.....	82

1. Úvod

Borovice lesní (*Pinus sylvestris*) (dále „borovice“) je po smrku ztepilém naším druhým lesnický nejvýznamnějším jehličnanem a má široké uplatnění ve stavebnictví, truhlářství i v chemickém průmyslu.

Oproti původnímu výskytu v přirozené druhové skladbě lesů (3,4 %) se plošné zastoupení borovice v České republice několikanásobně zvýšilo, v roce 2016 činily porosty s borovicí 16,4 % z celkové porostní půdy (2 606 010 ha), což je zhruba třetina výměry porostů smrku ztepilého (Mze 2017).

Přirozený výskyt borovice není podmíněn klimatickými podmínkami ani nadmořskou výškou, je podmíněn především edafickými faktory stanoviště a konkurencí ostatních dřevin, zejména smrku ztepilého, proto se přirozené bory vyskytují většinou jen na extrémních stanovištích, která nejsou vhodná pro intenzivní lesnické hospodaření a kde borovici nemohou nahradit jiné dřeviny (Mikeska a kol. 2008).

Z míst přirozeného výskytu se borovice v minulosti druhotně šířila přirozeným náletem na zdevastované plochy a od počátku 19. stol. byla (po pruském vzoru) v podobě rozsáhlých monokultur intenzivně zaváděna na „nereliktní“ stanoviště (Peřina 1964). V současné době je borovice základní cílovou dřevinou na stanovištích přirozených borů, na exponovaných, kyselých, oglejených a chudých podmáčených stanovištích nížin a středních poloh (Kacálek a kol. 2017), největší zastoupení má v cílovém hospodářském souboru 23 (kyselá stanoviště nižších poloh) (Mikeska a kol. 2008).

Na přirozených stanovištích tvoří borovice většinou jednoduché jednoúrovňové porosty. Pokud jde o typologicky skutečně dobře klasifikovaná stanoviště přirozených písčitých borů, je na těchto plochách obtížné zajistit i pouhých 5 % MZD a i ty dost často krní (Mikeska a kol. 2008).

Borové porosty se na našem území obnovují zejména pasečným způsobem, a to velkoplošnými nebo maloplošnými holosečemi s následnou výsadbou sazenic nebo jednoletých semenáčků; největší výhodou je možnost širšího uplatnění mechanizace při obnově (Souček 2006). Při clonném obnovním postupu se využívá přirozeného zmlazení, přičemž mateřský porost se většinou po dosažení výšky nárостu cca 50 – 60 cm smýtí jednou nebo dvěma sečemi. Těmito postupy vznikají opět stejnověké jednoetážové porosty.

V poslední době se v souvislosti se změnou globálního klimatu stále častěji objevují snahy nahradit velkoplošné holosečné hospodářství maloplošnými obnovními postupy a více využívat přirozenou obnovu (Bílek 2017). Klimatické změny, spočívající zejména

ve změnách trendů a extrémů hodnot teploty a srážek (Pokorný 2017) a v rozložení srážek v průběhu roku (Dubrovský a kol. 2005), mohou mít významný dopad na přežívání a druhové složení lesních porostů zejména v nižších polohách. To může představovat zásadní problém pro uměle zakládáné borové porosty ve střední Evropě (Sánchez-Salguero 2015), neboť schopnost jedinců pěstovaných v kulturách čelit stále častějším jarním a podzimním přísuškům se neustále snižuje (Čermák 2017). Na holých sečích navíc hrozí během prudkých srážek erozní procesy a vyplavování důležitých prvků a naopak v období sucha dochází k silnějšímu vysychání půdního profilu s negativními dopady na mycelium symbiotických hub (Rotter 2017). Ke zvýšení odolnosti lesních porostů proti náhlým změnám povětrnostních podmínek je možné přispět udržováním permanentního korunového zápoje nebo stínění půdy, tzn. nepasečnými způsoby obhospodařování (Pokorný 2017). Využití podrostního způsobu se jeví jako účelné zejména v porostech na velmi chudých a suchých písčitých půdách, kde je možné, z hlediska splnění produkčního cíle souboru, spokojit se i s mezernatějším přirozeným zmlazením (Mikeska a kol. 2008).

V současnosti se obrací pozornost zpět k myšlence využití maloplošných postupů s delší dobou obnovy (Bílek 2017). Přestože delší ponechání nárostů borovice pod clonou mateřského porostu řada autorů nedoporučuje (Průša 2001; Šimerda 2002, Poleno a kol. 2009), jsou možnosti diferenciací monokulturních borových porostů v současnosti předmětem řady našich i zahraničních výzkumných projektů (Cregg, Zhang 2001; Nilsson a kol. 2002; Karlsson, Nilsson 2005; Matias, Jump 2012; Schönfelder a kol. 2017; Vacek a kol. 2017; Vacek Z. a kol. 2017).

Zabývat se touto problematikou intenzivněji a hlouběji má smysl i s ohledem na současné masívní odumírání porostů smrku ztepilého na nevhodných stanovištích nižších poloh.

2. Cíle práce

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnotit v lokalitě Třeboňsko přirozenou obnovu borovice pod dospělým porostem na základě kvalitativních charakteristik, dendrometrických parametrů, přírůstu a poškození, a charakterizovat nejdůležitější stanovištní faktory, které tyto parametry ovlivňují.

Důležitým sledovaným ukazatelem jsou počty jedinců na jednotku plochy, které určují úspěšnost přirozené obnovy. Podstatný význam má i kvalita obnovy, zejména proto, že o možnosti vypěstovat pod porostem kvalitní jedince existují u řady autorů pochybnosti. Proto je cílem vyhodnotit kvalitu z hlediska několika parametrů (zařazení do tříd pěstební kvality na základě tvaru, např. přímosti kmene a pravidelnosti přeslenů), dále sledování štíhlostního poměru a sledování poškození, zejména poškození terminálu. Cílem je rovněž pokusit se vyhodnotit morfologické parametry, pozornost bude věnována i proměnlivosti úhlu větvení ve druhém přeslenu ve vztahu k parametrům prostředí. Z dendrometrických parametrů jedinců bude sledován především přírůst za posledních pět let, výška, tloušťka krčku a šířka koruny.

Hlavními posuzovanými stanovištními faktory budou světelné poměry pod mateřským porostem, druh a pokryvnost bylinného patra a půdní podmínky, charakterizované typem a mocností nadložního humusu, a dále konkurenční vztahy mezi jedinci obnovy a mateřským porostem a mezi jedinci obnovy navzájem.

3. Metodika

3.1. Charakteristika studovaného území

Území, v němž se výzkumné plochy nacházejí, leží v Jihočeském kraji v okrese Jindřichův Hradec. Dle geomorfologického členění se jedná o oblast Jihočeské pánve, celek Třeboňská pánev (Demek a kol. 1987). Převážná část území má charakter roviny s mírným sklonem od jihu k severu, nadmořská výška se pohybuje od 421 m n. m. do 550 m n. m. Klimaticky náleží do mírně teplé a mírně vlhké oblasti s mírnou zimou typu pahorkatinného (typ B3). V zájmovém území se prolíná řada klimatických okrsků: MT 4, MT 7, MT 10 a MT 11 (Quitt a kol. 1971). Zdejší klima je specifické zejména vyšší průměrnou roční teplotou, než jaká by odpovídala nadmořské výšce, delší skutečnou délkou slunečního svitu, častým výskytem vydatných srážek v letním období a inverzních situací s bezvětřím, zejména v chladnější části roku, a s tím spojeným výskytem mlh. Tyto specifické jevy souvisejí především s polohou a geomorfologií území i s velkým zastoupením vodních ploch. Převládají západní a jihovýchodní větry.

Tab. 1 Klimatické údaje charakterizující zájmové území (AOPK ČR 2017; ÚHÚL 2017)

průměrná roční teplota vzduchu	6,8 – 7,8 °C
průměrná lednová teplota	- 2 až - 3 °C
průměrná červencová teplota	18 °C
počet mrazových dnů	110 – 130
počet letní dnů	30 – 50
délka vegetačního období	140 – 160
počet zamračených dnů	120 – 150
počet jasných dnů	40 – 50
průměrné roční srážky	650 mm
průměrný úhrn srážek za vegetační období	350 – 450 mm
srážkový úhrn v zimním období	200 – 300 mm
počet dnů se srážkami nad 1 mm	100 – 120
počet dní se souvislou sněhovou pokrývkou	50 – 80

3.1.1. Geologické a půdní poměry

Pro studované území je typické časté střídání písčitých a jílovitých sedimentů třetihorního a druhohorního původu, které místy dosahují mocnosti až 300 m. Jsou tvořeny pískovci, slepenci, jílovci, prachovci, jíly a písky různé zrnitosti a různého stupně zpevnění.

V nivách toků se nacházejí kvartérní říční štěrky a písky a ve sníženinách s málo propustným podložím ložiska rašelin. Na východním a západním okraji vystupují ve výše položených místech na povrch krystalické břidlice (ruly) s ostrovy vyvěřelých hornin (žuly).

Na jednotlivých druzích sedimentů a okolních zvětralin se vytvořily specifické půdní podmínky (půdní typy a druhy) s charakteristickou produkční úrovní a původní druhovou skladbou dřevin a ostatní vegetace.

Rozšířené jsou pseudogleje a gleje, organogenní půdy (rašeliny) a časté je zastoupení arenických podzolů v relativně nízkých nadmořských výškách (obrázek 1).



Obrázek 1 Arenický podzol, lokalita Cep (vlastní zdroj)

Na písčitém podloží jsou hojně zastoupeny extrémně lehké půdy s výrazným nedostatkem živin.

3.1.2. Charakteristika lesních porostů

V současnosti tvoří jehličnaté dřeviny 91 % z celkové plochy lesa, s největším zastoupením borovice lesní (56,41 %) a smrku ztepilého (30,89 %), z listnatých dřevin se ve větší míře vyskytuje pouze dub letní (4,41 %) a bříza bělokorá (2,27 %).

V území naprosto převažují bory (0. LVS) – cca 54 %, dále následuje 3. LVS (dubobukový) s cca 19 % a 4. LVS (bukový) s cca 17 %.

Nejrozšířenější je řada kyselá (cca 34%), řada podmáčená je zastoupena zhruba 32 %, výrazné zastoupení má ještě řada oglejená (cca 14 %) a rašelinná (cca 12 %). Nejčastějšími soubory lesních typů (dále „SLT“) jsou 0G, 0K a 3K (Lesy ČR, s. p. 2017).

Typická doba obmýtí borových porostů je 120 let.

3.1.3. Hospodaření v Chráněné krajinné oblasti Třeboňsko

Studované území leží uvnitř Chráněné krajinné oblasti Třeboňsko. Plán péče o toto zvláště chráněné území uvádí podporované aktivity lesního hospodářství. Patří sem zejména využívání přirozené obnovy stanovištně původních dřevin, pěstování vtroušených dřevin přirozené skladby a zvýšené využívání jedle bělokoré při obnově lesních porostů. U geograficky nepůvodních dřevin se zakazuje jejich záměrné rozšiřování (je možné pouze na základě výjimky ze zákona ČNR č. 114/1992 Sb., v platném znění).

3.1.4. Charakteristika sledovaných lokalit

Za účelem získání požadovaných charakteristik u přirozené obnovy borovice pod dospělými borovými porosty byly v zájmové oblasti vybrány porostní skupiny, u nichž došlo vlivem sněhové kalamity v roce 2006 ke snížení zakmenění a k následnému přirozenému zmlazení.

3.1.5. Popis dospělých porostů na sledovaných plochách

1. Stará mýtná kmenovina na chudém stanovišti, pomísně světliny s náletem borovice a smrku
 2. Skupina mýtné kmenoviny na vodou ovlivněném stanovišti
 3. Kalamitou prosvětlená mýtná kmenovina na chudém stanovišti, ve světlinách sporadicky přirozené zmlazení
 4. Kmenovina s převahou borovice, proředěná kalamitní těžbou, ve světlinách začínající přirozená obnova borovice
 5. Severní část proředěná s počínajícím přirozeným zmlazením borovice
 6. Místy prosvětlená mýtná kmenovina, obnovně rozpracovaná s nálety a nárosty borovice i smrku ve střední části porostní skupiny
- 7 a 8. Mezernatá uvolněná kmenovina se skupinami borových nárostů

Kontrola: věkově rozrůzněný (prům. věk dle LHP - 8 let) smíšený porost borovice, smrku a břízy, SLT 0K, HS 13

U těchto porostů došlo vlivem sněhové kalamity v roce 2006 ke snížení zakmenění a k následnému přirozenému zmlazení borovice.

Porosty se nacházejí na chudých stanovištích, zařazených dle Typologického systému ÚHÚL do SLT: 0M (chudý /dubový/ bor), 0K (kyselý /dubový-bukový/ bor), 0G (podmáčený smrkový bor) a 0T (chudý březový bor).

Pro tyto typologické jednotky byly za účelem srozumitelnosti pro zahraniční odbornou veřejnost vytvořeny autory (Viewegh a kol. 2003) následující latinské verze:

0M: (*Querceto*) - *Pinetum oligotrophicum*

0K: (*Querceto - Fagi*) - *Pinetum acidophilum*

0G: *Piceeto* - *Pinetum paludosum (mesotrophicum)*

0T: *Betuleto* - *Pinetum (paludosum oligotrophicum)*

Základní charakteristiky vybraných porostních skupin uvádí tabulka 2.

Tabulka 2 Základní charakteristiky sledovaných lokalit (Lesy ČR, s.p. 2016)

Číslo plochy	Nadm. výška	Věk dosp. porostu	SLT	Zast. dřevin %	Zakm.	Stř.výč. tloušťka	Stř. výška	Objem stř. kmene	Rel. bonita	Zásoba mat. porostu
1	450	164	0M	BO 100	9	32	27	0,88	3	397
2	449	114	0G	BO 90 SM 10	8	33	26	0,9	3	302
3	460	114	0M	BO 100	8	30	24	0,68	4	300
4	458	134	0M	BO 100	7-8	30	25	0,71	4	317
5	444	134	0M/0K	BO 98 SM 2	9	30	25	0,71	4	350
6	482	123	0K	BO 50 SM 50	9	34	26	0,95	3	350
7 a 8	453	116	0T	BO 100	8	26	21	0,45	6	248
kontrola	480		0K	BO BR SM					3	

(Pozn.: výpis z hospodářské knihy; Zast. dřev. – zastoupení dřevin, Zakm. – zakmenění, Stř. výč. tloušťka. – střední výčetní tloušťka v cm, Objem stř. kmene – objem středního kmene v m³, Rel. bonita – relativní bonita, Zásoba mat. porostu – zásoba porostu v m³.ha⁻¹)

3.2. Sběr dat v terénu

Uvnitř sedmi porostních skupin v mýtném věku bylo založeno 8 zkusných ploch o rozměrech 50 m x 50 m. Sledované plochy byly označeny čísly 1 – 8.

Plochy byly uvnitř porostních skupin umístěny tak, aby se nacházely minimálně 20 m od okrajů porostu a 10 m od lesních cest nebo průseků. V každé z ploch bylo šachovnicovitě umístěno vždy 5 zkusných plošek ve tvaru kruhu o průměru 3 m (7,07 m²), tzn. že měření probíhala na celkem 40 zkusných ploškách.

Za účelem prodloužení intervalu pro hodnocení světelného záření na přírůst bylo dále provedeno měření na zvolené kontrolní ploše mimo porost, umístěné v porostní skupině tvořené přirozenou obnovou borovice, s obdobnými stanovištními podmínkami jako zkusné plochy.

3.3. Měřené charakteristiky

Plocha 50 x 50 m:

- odhad zápoje (použit kvalifikovaný odhad)
- charakteristika bylinného patra
- GPS souřadnice

Ploška (kruh o průměru 3 m):

- relaskopické zjištění zásoby mateřského porostu (měřeno relaskopickým sklíčkem)
- měření světelných poměrů (viz odstavec níže)
- změření půdních horizontů (L,F,H,A_h – měřeno s přesností na 0,5 cm)
- charakteristika pokryvnosti druhů bylinného patra (odhad v %)

Jednotlivý stromek:

- výška H (měřena pásmem do výšky 2 m s přesností na 1 cm, od výšky 2 m s přesností na 5 cm)
- tloušťka kořenového krčku D (měřeno posuvným měřítkem s přesností na 0,5 mm)
- přírůsty za posledních pět let P₁₋₅ (tzn. 2012 – 2016; měřeny skládacím metrem s přesností na 0,5 cm)
- průměr koruny Q (měřen nejširší přeslen skládacím metrem v rovině kolmé na osu kmene, přesnost na 5 cm)
- vzdálenost od nejbližšího dospělého stromu mateřského porostu L_m (měřena vzdálenost od os kmenů pásmem s přesností na 5 cm)
- vzdálenost od dvou nejbližších sousedních stromků L_{1,2} (měřena vzdálenost od os kmenů pásmem s přesností na 2 cm)
- úhel větvení v horní třetině koruny α (měřen jako odchýlení od roviny kolmé k ose kmene v místě větvení druhého přeslenu s přesností na 5°, v případě větvení blížícího se vodorovné rovině je z důvodu statistického hodnocení uváděn úhel 1°)
- poškození – hodnoceno vizuálně (T – chybějící terminál v roce 2016, PT – poškození terminálu v období do 2015, D - dvoják)
- půdní pokryv (m – mech, b – borůvčí, h – hrabanka, t – trávy)
- třída pěstební kvality (habitus) – (hodnocena vizuálně pomocí stupnice 1 – 4)

3.3.1. Hodnocení třídy pěstební kvality

1: rovný kmen, pravidelné přesleny

2: mírně pokroucený kmen, nepravidelné přesleny

3: silně pokroucený kmen

4: silně pokroucený kmen, chybějící terminál, ohnutý k zemi



Třída pěstební kvality: 1



Třída pěstební kvality: 2



Třída pěstební kvality: 3



Třída pěstební kvality: 4

Obrázky 2 - 5 Třídy pěstební kvality 1 – 4 (vlastní zdroj)

V rámci terénních prací bylo v říjnu 2016 na zkusných ploškách změřeno celkem 418 jedinců přirozeného zmlazení borovice a v říjnu 2017 byly na kontrolní ploše u celkem 100 výškově odpovídajících jedinců změřeny stejné charakteristiky jako u stromků na zkusných ploškách.

Všechny charakteristiky nebylo možné vždy zjistit, například přírůsty u menších stromků, šířku koruny nebo úhel větvení u některých nekvalitních jedinců, hodnocených třídou pěstební kvality 3 a 4.

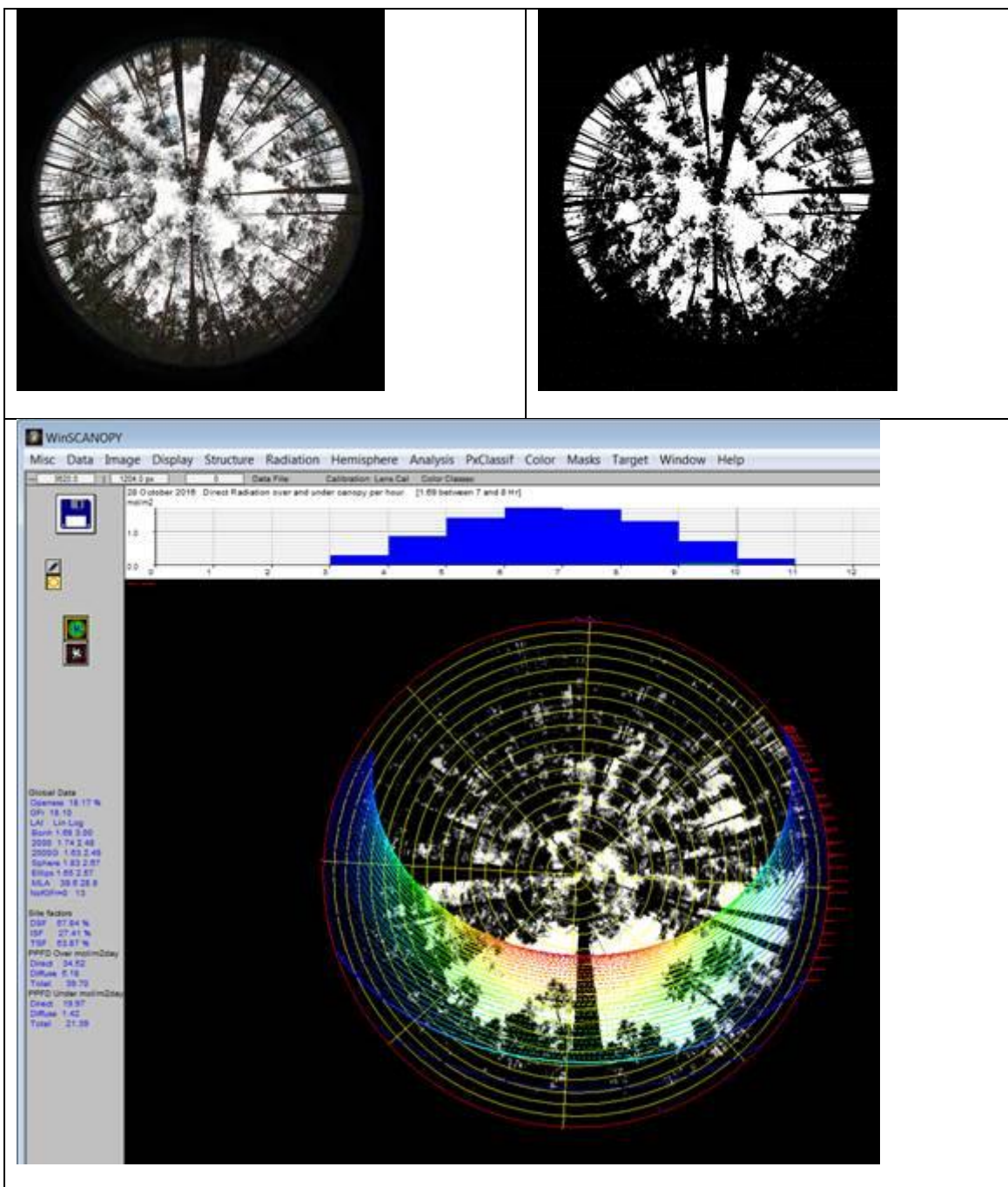
3.4. Odvozené charakteristiky

- štíhlostní poměr – počítaný jako poměr výška (cm) / tloušťka kořenového krčku (cm)
- průměrný přírůst jedince P_{avg} – aritmetický průměr přírůstů v jednotlivých sledovaných letech, na jednotlivých plochách (cm)
- relativní průměrný přírůst jedince $P\%$ – aritmetický průměr ze všech poměrů přírůst v daném roce / výška v daném roce, násobený 100
- relativní šířka koruny $Q\%$ – poměr šířky koruny a výšky daného jedince, násobený 100
- půdní prostředí – vyjádřené poměrem vrstvy nerozloženého nebo slabě rozloženého organického materiálu (opad + drť) a vrstvy rostlinného materiálu v silném stupni rozkladu (měl) – $L+F/H$.

3.5. Měření světelných poměrů

Hemisférické fotografie byly pořízeny při homogenně zatažené obloze ve vegetačním období 2016, pomocí fotoaparátu Canon Eos se širokoúhlým objektivem Sigma typu „rybí oko“ na stojanu ve výšce 1,3 m nad zemí, umístěném ve středu kruhové plošky a nasměrovaném horní stranou fotoaparátu k severu.

Snímky byly následně v programu Adobe Photoshop 8.0 převedeny z barevného formátu na kontrastní formát černá-bílá. Poté byly vyhodnoceny pomocí programu WinSCANOPY 2012 a software (Anon 2012). Výsledkem byly hodnoty veličin – „openness“ tj. převrácená hodnota procentuálního zápoje, a fotosynteticky aktivní složky – přímá sluneční radiace (FAR direct), difúzní složka radiace (FAR diffuse) a celková sluneční radiace (FAR total) v $MJ.m^{-2}.den^{-1}$. Příklad zpracování snímku ukazuje obrázek 6.



Obrázek 6 Příklad zpracování fotografie

3.6. Statistické vyhodnocení dat

Ke zjištění vzájemných závislostí mezi měřenými charakteristikami a k jejich závěrečnému vyhodnocení byly využity program Statistica a program R (pouze k vyhodnocení rozdílů mezi plochami a kontrolou).

Hodnocení normality rozdělení dat bylo provedeno pomocí Kolmogrov-Smirnov testu.

Pro vyhodnocení vzájemných rozdílů mezi jednotlivými plochami byla využita ANOVA a vzhledem k nenormálnímu rozdělení dat Post Hoc neparametrický test.

K posouzení korelací mezi jednotlivými charakteristikami prostředí a mezi sledovanými parametry obnovy byl použit Spearmanův koeficient pořadové korelace (korelační matice), přičemž za statisticky významné závislosti jsme považovali absolutní hodnotu Spearmanova koeficientu [0,29]. Závislosti byly posuzovány na hladině významnosti $p = 0,050$.

4. Literární rešerše

Rod *Pinus* je nejpočetnějším rodem nahosemenných rostlin, který zahrnuje vždyzelené stromy s přeslenitými větvemi a tlustě korkovitou borkou, zřídka se jedná o keře (Koblížek 2006). Známe přes 100 druhů rodu *Pinus* domovem na severní polokouli, od polárního kruhu po Guatemalu, Západní Indii, severní Afriku a Indonésii (Heike 2008).

V Evropě má největší areál borovice lesní (*Pinus sylvestris*), která chybí jen v oceánicky laděných nížinách západního okraje areálu (Anglie, Wales, Irsko, Dánsko, severozápadní Francie), v Maďarské nížině, na jihu v submediteránní oblasti (s výjimkou pohoří Sierra Nevada) a v jihovýchodní Evropě v jihoruských stepích (Musil, Hamerník 2003).

V České republice rostou autochtonně jen tři druhy: *Pinus sylvestris*, *Pinus rotundata* a *Pinus mugo*; hojněji se ještě vyskytuje hybrid posledních dvou (Musil, Hamerník 2003).

4.1. Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.)

4.1.1. Popis druhu

Úradníček a kol. (2001) charakterizuje borovici lesní jako strom většinou středních rozměrů, dorůstající zřídka výšky až 45 m, s průměrem kmene většinou do 100 cm. Dožívá se stáří 300 až 500 let. Koruna je v mládí pravidelná a kuželovitá, ve stáří nesymetrická, kopulovitá až deštníkovitá.

Jehlice jsou po dvou ve svazečku, na brachyblastech přímé nebo točité, dlouhé až 5 cm, tuhé, ostré, na rubu temně zelené a na líci šedozelené. Anatomická stavba jehlic je xerofytní, nevytvářejí se výrazné stinné formy. Vytrvávají většinou 3 roky, na suchých stanovištích 2 roky, roční opad je až $0,25 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ (Polanský 1956). Nepříznivé chemické složení jehličí ztěžuje rozklad humusu na suchých, nebo vlhkých a studených stanovištích. Kůra borovice je odolná proti slunečnímu úpalu – umožňuje obnovní postup od jihu a výstavkové hospodářství.

Kmen má přímý, oproti ostatním jehličnanům je však náchylnější na zakřivení, zejména na chudých stanovištích. Borovice nemá rezervní spící pupeny, poškozené pupeny tudíž nenahradí. V juvenilních stádiích často trpí dicyklickým růstem, kdy v období od poloviny června do září může u právě vytvořených pupenů dojít k narašení a k tvorbě letních výhonů. Z terminálního výhonu vznikají tzv. jánské prýty, popřípadě z bočních pupenů proleptické výhony. Růst jánských výhonů zpravidla neznamena výrazné

porušení průběžnosti hlavní osy, vznik deformací tvaru kmene či korun souvisí spíše s tvorbou proleptických výhonů (Nárovec 2000).

U borovice lze rozlišit čtyři typy kořenové soustavy, která se modifikuje podle stanoviště (Polanský 1956; Slodičák, Novák 2011). Nejčastějším typem je mohutná kořenová soustava s dlouhým kůlovým kořenem a s daleko sahajícími bočními kořeny, která je charakteristická pro lehké, hluboké a svěží půdy. Naopak na mělkých půdách v suchých a degradovaných borech, na skalách nebo v rašeliništních borech se kůlový kořen většinou nevyvíjí (Polanský 1956).

Borovice je odolná proti vývrátům, má však křehké dřevo, proto vlivem sněhu a jinovatky dochází často k vrcholovým zlomům.

Na volném prostoru začíná borovice plodit již v 15 letech, v zápoji mezi 30 – 40 lety; semenné roky přicházejí nejčastěji po 3 – 4 letech (Polanský 1956; Korpel' 1991), podle některých autorů (Úradníček a kol. 2001) může při dobrém osvětlení plodit každým rokem. Šišky dozrávají druhým rokem, v prvním roce dorostou do velikosti lískových oříšků a ve druhém dosáhnou normální velikosti. Jsou velmi proměnlivé, štítky jsou však vždy matné a našedlé.

4.1.2. Škůdci a choroby

Na vzniku ztrát v mladých borových porostech se vyjma lidského faktoru (36 %) podílejí nepříznivé účinky sucha (28 %), útlak nežádoucí vegetací (10 %), houbová onemocnění (12 %), klikoroh borový (5 %) a škody zvěří (3 %) (Nárovcová, Nárovec 2013).

V souvislosti s klimatickými změnami se předpokládá nárůst poškození hmyzími škůdci, neboť změna klimatu může ovlivnit šíření současných invazivních nepůvodních druhů a podnítit invaze původních nebo již aklimatizovaných nepůvodních druhů, které se dosud invazně nechovaly (Čermák 2017). Borovice je však schopna snést až 90% ztrátu jehličí, čímž může překonat i silný žír defoliátorů (Beránek 2008).

Nejzávažnějším problémem jsou choroby jehlic, především sypavky *Lophodermium pinastri*, *Lophodermium seditiosum*, *Cyclaneusma minus* a *Cyclaneusma niveum* (Palovčíková 2008). Výskyt *Lophodermium ssp.* vždy koresponduje s hustotou porostu a v mlazinách může napomáhat přirozené autoredukci. Husté borové kultury trpí obvykle i vyššími ztrátami vlivem václavky smrkové, s klesajícím počtem jedinců na hektar se počet poškozených jedinců úměrně snižuje, na sušších chudých půdách je toto riziko nižší, než na vodou ovlivněných živnějších stanovištích (Nárovcová, Nárovec 2013).

V souvislosti se současnými klimatickými výkyvy upozorňují někteří autoři (Pešková a kol. 2016) na několik houbových patogenů zástupců podkorního hmyzu, podílejících se v současné době ve zvýšené míře na prosychání až odumírání borovic; jedná se zejména o *Cenangium ferruginosum*, *Sphaeropsis sapinea*, václavku smrkovou, lýkožrouta lesklého *Pityogenes chalcographus*, lýkohuba sosnového *Tomicus piniperda*, a dále o lýkohuba menšího *Tomicus minor* a lýkožrouta vrcholkového *Ips acuminatus* (Poleno a kol. 2009; Pešková a kol. 2016). Výrazné škody deformací mladých stromků v borových mlazinách způsobují též obaleči, zejména obaleč prýtový *Rhyacionia buoliana* (Beránek 2008).

Významné ohrožení zdravotního stavu umělých výsadeb borovice představuje svým úživným a regeneračním žírem i klikoroh borový (*Hylobius abietis*), na mladých náletech se však vyskytuje jen zřídka (Beránek 2008).

Zvěří bývá borovice nejvíce poškozována ve věku 10 – 20 let (Stolina 1985). Nejčastějším typem poškození je okus terminálních a bočních výhonů v letním i zimním období. U stromků dochází k rozdvojení hlavní osy a ke vzniku dvojáku na nejvyšším přeslenu, vyloukání způsobuje následné vícečetné nasazení „náhradních“ vrcholových prýtů (tvorba tzv. rozsoch) a vyvolává různé typy esovitého zakřivení kmínku (Nárovec 2000). Nižší poškození bývá ve víceetážových porostech (Červený 2012) nebo v méně rozsáhlých věkově rozrůzněných porostech (Čermák, Jankovský 2006). Ohryz spárkatou zvěří v zimním období je kromě oblastí s větším tlakem zvěře častý i v místech, kde je borovice vtroušenou dřevinou (Uhlířová, Kapitola 2004). Vznik škod zvěří v mlazinách je připisován i vysokému rekreačnímu využívání krajiny, neboť zvěř vlivem rušení a stresu hledá alternativní zdroje potravy, nebo i výrazně snížené úživnosti lesa z důvodu pasečného hospodaření s preferencí smrku a borovice (Tuma 2008).

Důsledkem loupání, ohryzu a ranových hnilob jsou přímé ztráty na kvalitě dřevní hmoty a na přírůstu, snížení mechanické stability porostů a predispozice pro další poškození, zejména biotickými a klimatickými činiteli (Čermák, Jankovský 2006).

4.1.3. Ekotypy

Variabilita borovice byla silně ovlivněna dovozem osiva z různých zemí v dřívější době a projevuje se řadou znaků, např. velikostí šišek, tvarem štítků semenných šupin, celkovým habitem, ale i nároky na stanoviště. Náš původní typ je charakteristický i ve stáří kuželovitou korunou, podobnou smrku (Slodičák, Novák 2011).

V areálu borovice na území České republiky (dále „ČR“) lze rozlišit dva základní typy, a to borovici nížinnou (chlumní) a horskou (náhorní), které se liší zejména svým habitem, poměrem zastoupení různých morfologických forem, ekologií i vytvářenými cenózami (Svoboda 1953; Červenský 2017).

Borovice náhorního typu, rostoucí v 5. – 7. LVS, má přímý válcovitý kmen, vysoko nasazenou tupě až ostře kuželovitou korunu, je až smrkového růstu. Větve jsou středně silné, nasazené v pravém úhlu. Možnost odlišení od borovice chlumní je podle barvy letorostů ve druhém až třetím roce – v horní části korunky jsou někdy poléhavé a ocelově šedé. Tento ekotyp snáší dobře horské klima, je však citlivý na dlouhotrvající suchu; na Šumavě ojediněle roste až do nadmořských výšek 1 100 m n. m. (Hladilin 1982; Šindelář 1992), kde prokazuje vysokou schopnost přežití a reprodukce (Hladilin 1982).

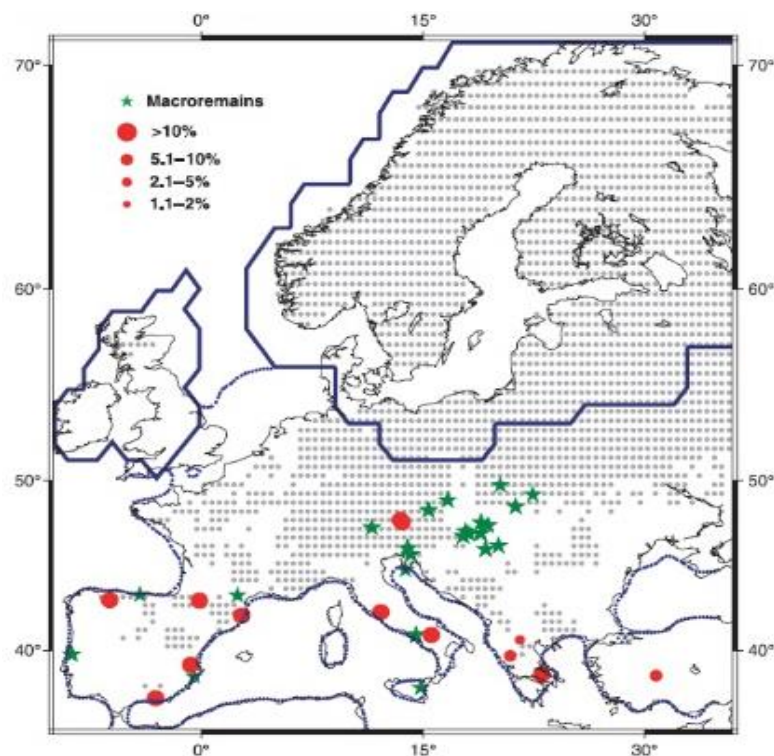
Naopak borovice chlumní (1. – 4. LVS) není pro horské oblasti vhodná, jelikož zde vlivem sněhu nebo ledovky trpí polomy kmene a korun, oproti náhornímu ekotypu je však odolná k suchu (Šindelář 1992). V mládí má přímý růst, hrubší borka nejde vysoko a průřez kmene u paty je kruhový. Koruna je zpravidla kratší, rozložitější, brzy se zaobluje, jehlice jsou poněkud delší. Barva jednoletých letorostů je žlutohnědá až oranžová.

Jiní autoři (Mikeska a kol. 2008) rozlišují ekotypy borovice podrobněji na nížinný (1. – 2. LVS), chlumní (3. – 4. LVS), náhorní (5. – 6. LVS) a horský (7. – 8. LVS) ekotyp, v rámci oblastí se v prostorově úzce vyhraněných rajonech mohou nacházet ještě tzv. „lokální ekotypy“ (Šindelář a kol. 2005). V areálu svého přirozeného rozšíření na vyhraněných lesních typech je ekotyp nejstálejší a nejodolnější formou.

Podle některých autorů (Mikeska a kol. 2008) mají ekotypy autochtonní borovice na území ČR svůj základ v populacích, které v blízkém území přežily poslední a pozdní glaciál v různých izolovaných refugích.

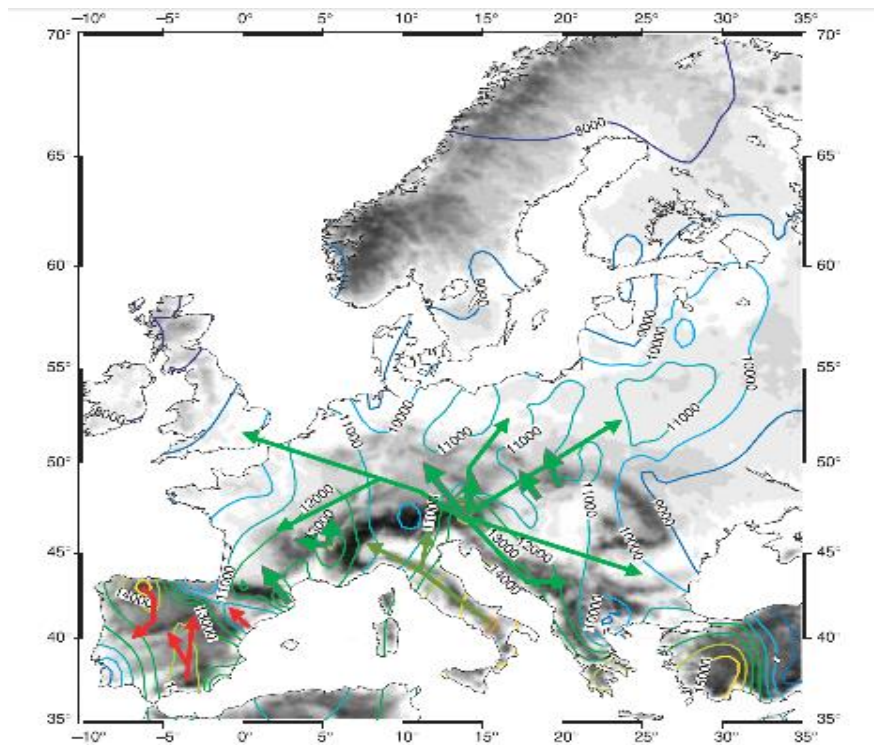
Jak ukazují výzkumy z poslední doby (Cheddadi a kol. 2006), dva odlišné haploidní genotypy (haplotypy) borovice přežily ve dvou izolovaných refugích na Pyrenejském a Apeninském poloostrově; tyto populace mají pravděpodobně podobné klimatické nároky – citlivost k nižším zimním teplotám a menší náročnost na vodu. Třetí haplotyp přežil v několika různorodých refugích v okolí Alp, borovice z těchto severněji lokalizovaných refugií má širší toleranci k nízkým zimním teplotám a pravděpodobně vyšší požadavky na vodu.

Glaciální refugia a současné rozšíření borovice lesní v Evropě ukazuje obrázek 7.



Obrázek 7 Glaciální refugia borovice lesní v Evropě; červené body - refugia dle pylové analýzy, zelené hvězdičky - refugia dle fosilních nálezů, šedé tečkování - současné rozšíření borovice lesní (Cheddadi a kol. 2006)

Směry šíření uvedených třech haplotypů borovice v postglaciální době (viz obrázek 8) vysvětluje pravděpodobný původ populací v severní Evropě, odlišných od populací na Pyrenejském poloostrově (Cheddadi a kol. 2006).



Obrázek 8 Migrační cesty borovice z glaciálních refugií (Cheddadi a kol. 2006)

Studie některých autorů z poslední doby (Šindelář a kol. 2005) ukazují, že se ekotypy navzájem liší jedním i více znaky nebo vlastnostmi, které jsou dědičné. Výzkumem v ověřovacích výsadbách borovic založených na potomstvech z celkem 126 uznaných jednotek z ČR a Slovenské republiky (Šindelář 1992) se prokázaly rozdíly mezi některými regionálními populacemi v rámci semenářských oblastí, například mezi borovicí Severočeskou, Východočeskou, Šumavskou, Třeboňskou a Heraltickou; u borovice Třeboňské a Šumavské byla prokázána dobrá tvárnost kmene a jemné ovětvení. Obdobně je Třeboňská borovice hodnocena i jinými autory (Mikeska a kol. 2008), kteří ji považují za vysoce kvalitní ekotyp s rovným, plnodřevným, bezsukým kmenem o výšce až 35 m a s vysoko nasazenou korunou, a za relativně odolnou vůči sněhovým polomům. Genetickou variabilitu mezi některými regionálně či lokálně významnými populacemi borovice (např. i Třeboňské borovice) potvrdila v nedávné

době i analýza DNA s využitím 14 jaderných mikrosatelitových markerů (Čáp a kol. 2016).



Obrázek 9 Ekotyp Třeboňská borovice (vlastní zdroj)

4.1.4. Rozšíření borovice lesní

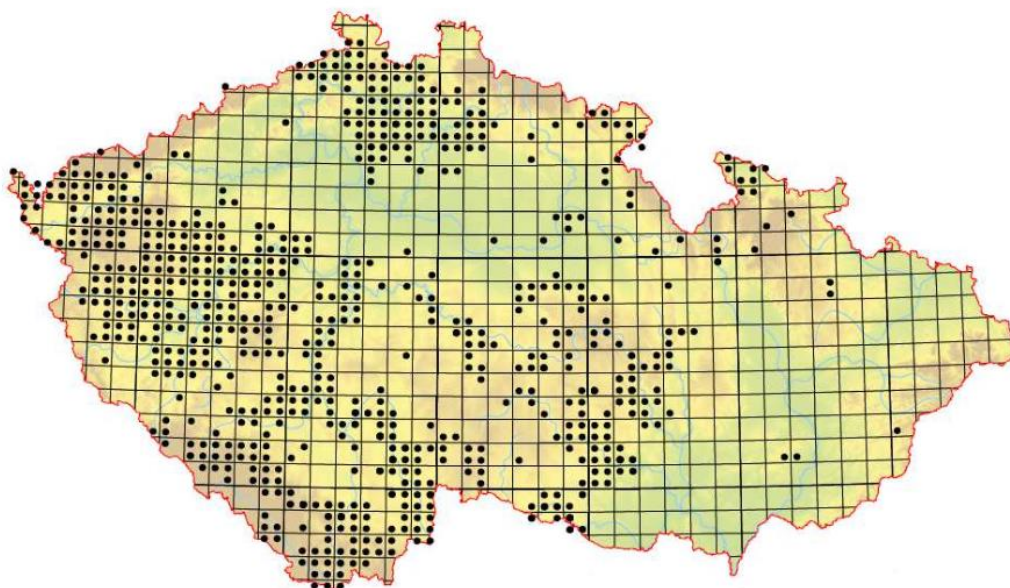
Největší rozšíření borovice ve střední Evropě spadá do období preboreálu a boreálu (8000 let BC), v pozdějších obdobích byla vytlačena expanzí buku, jedle a smrku na reliktní stanoviště (Hejný a kol. 1997). Další vliv na šíření borovice měla změna fyzikálních vlastností půd spojená s rozvojem zemědělství (lesní pastva a hrabání steliva), v novější době pak zavedení smrkových a borových kultur místo smíšených lesů (Neuhäuslová 1998). Šíření borovice podporovalo její poměrně snadné pěstování, nízké nároky na stanoviště, otužilost, rychlý růst a kvalitní užitkové dřevo (Polanský 1956).

Současné rozšíření borovice je dáno její velmi širokou tolerancí k prostředí a hospodářským významem. Její zastoupení činilo v roce 2016 v ČR 16,4 % z celkové

plochy porostní půdy, oproti roku 2000 se její plocha snížila z předchozích 453 159 ha na 425 687 ha, tj. o 1,2 % (Mze 2016).

Borovice tvoří v Čechách a na Moravě rozsáhlé lesní komplexy, vzniklé lidskými vlivy, zejména na místě kyselých doubrav až bučin (Šindelář 1992; Mikeska a kol. 2008), tyto druhotné lesní komplexy vznikly v některých oblastech zalesňováním již v 17. století (Hodonínsko, Bzenecko). Přirozenou dominanci nebo význačný přirozený podíl zastoupení v porostu si borovice v současnosti zachovala jen na velmi mělkých nevyvinutých půdách na podloží pískovců a písčitých sedimentů, na hadcích, v extrémních podmínkách i na vápencích a rašelinách a na skalnatých výchozech různých kyselých hornin (Kučera 1999).

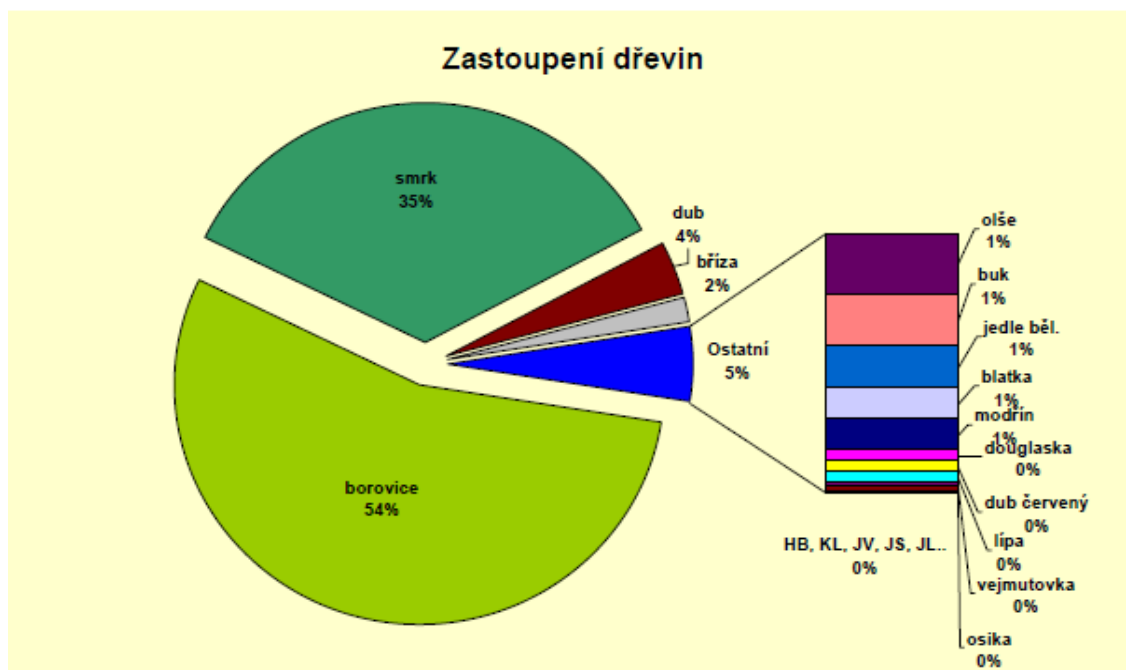
Přirozené skalní bory a bory na písčitých terasách mají charakter ochranného lesa, hospodářsky jsou využívány pouze některé polohy přirozených borů na písčitých terasách, kde jsou pěstovány borové kultury (Neuhäuslová 1998).



Obrázek 10 Mapa rozšíření acidofilních borů v ČR (Kolbek, Chytrý 2010)

4.2. Rozšíření rodu *Pinus* na Třeboňsku

Z grafu na obrázku 11 je zřejmé, že v oblasti Třeboňské pánve je z jehličnatých dřevin nejvíce zastoupena *Pinus sylvestris* (54 %); přirozeně se na zdejších rašelinách vyskytuje ještě stromovitá forma borovice blatky *Pinus rotundata*, její zastoupení činí 0,6 % (ÚHÚL 2017). Nejvýznamnější blatkové bory jsou například předmětem ochrany v NPR Žofinka, NPR Červené blato nebo v PR Široké blato (Albrecht a kol. 2003).



Obrázek 11 Plošné zastoupení dřevin v PLO 15b Třeboňská pánev (ÚHÚL 2017)

Na území Lesního hospodářského celku Třeboň činila plocha borovice lesní k 1.1.2013 více než 56 % celkové porostní plochy (Lesy ČR, s. p. 2016).

Z historických pramenů je zřejmé, že borovice měla v této oblasti vysoké zastoupení i v době, kdy bylo započato s umělou obnovou (polovina 19. století), do té doby se zde obnovovala převážně přirozeným zmlazením nebo sítí z vlastního osiva (první záznam o dovozu cizího semene pochází z roku 1850). Velmi cenný ekotyp Třeboňské borovice tedy pravděpodobně vznikl z původních porostů (ÚHÚL 2017).

Fytcenologické snímkování a analýza borů byly na Třeboňsku provedeny v návaznosti na mapování biotopů Natura 2000 (Kučera a kol. 2006), přičemž stávající lesnicko-typologické vymezení je zatím považováno za nejlépe vystihující předpokládanou skutečnou variabilitu a diverzitu jehličnatých lesů Třeboňské pánve.

4.3. Ekologické nároky

Existence vyšších rostlin v ekosystému lesa je limitována základními abiotickými faktory ekosystému, tj. klimatickými a půdními podmínkami. Konkrétní stanoviště je ovlivňováno makroklimatem i mikroklimatem. Makroklima je dáno zeměpisnou polohou území a jeho reliéfem, mikroklima nad holou plochou zahrnuje vrstvu atmosféry sahající do výše 2 m a v zapojeném lese jsou za mikroklima považovány podmínky v prostoru mezi půdním povrchem až do výšky 2 m nad stromovým patrem (Moravec 2004).

Klimatické podmínky lesního ekosystému určuje sezónní průběh a množství dopadajícího slunečního záření, teplota a vlhkost vzduchu, množství srážek a jejich rozložení v průběhu roku a rychlost větru (Klimo a kol. 2001). Půdní podmínky stanoviště ovlivňují zejména charakter matečné horniny, hloubka půdního profilu, druh půdy a její propustnost, tepelná kapacita, zásoba fyziologicky přístupné vody, kapilární půdní kapacita a zásoba a dostupnost živin (Klimo 2000).

Rostlinný druh vyžaduje určité komplexní působení stanovištních faktorů; pokud je abiotická podmínka splněna jen částečně, rostlina nedosáhne optimálního vývoje nebo se na daném stanovišti neudrží delší dobu (Klimo 2000). Růst rostliny je ovlivněn i vzájemnými vztahy mezi ostatními organismy (vnitrodruhovými i mezidruhovými). Každý rostlinný druh má své specifické limitující hranice tolerance vůči působení jednotlivých ekologických faktorů stanoviště (Slavíková 1986; Moravec 2004). Přitom je lhostejné, zda je příznivý teplotní režim stanoviště podmíněn makroklimatem nebo mikroklimatem a příznivý vlhkostní režim dostatkem srážek či podzemní vody (Moravec 2004).

4.3.1. Sluneční energie: záření, světlo, teplo

Energetickým zdrojem většiny procesů v atmosféře i na zemském povrchu je sluneční záření. Jde o složené záření, skládající se z různých vlnových délek v rámci celého slunečního spektra (Podrázský 2014). Sluneční spektrum je tvořeno z 9 % ultrafialovým zářením s rozsahem spektra 290 – 380 nm, cca 45 % hustoty záření tvoří oblast viditelného záření (380 – 750 nm) a cca 46 % slunečního záření o vlnové délce delší než 750 nm je záření infračervené (Slavíková 1986).

K povrchu atmosféry se na plochu kolmou na směr dopadajících paprsků dostává během dne sluneční záření o průměrné hodnotě $1361 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ (Kopp, Lean 2011). Z této solární konstanty, označované jako sluneční iradiace (Poleno a kol. 2011), dopadá ve středoevropských podmínkách na úrovni okolo 50° s. š. na povrch půdy či fytoocenózy 51 %; z toho 24 % tvoří přímé sluneční záření, 16 % je záření odražené od mraků

a 11 % tvoří difúzní záření rozptýlené atmosférou (Chroust 1997), přičemž podíl přímého záření je nejvyšší v nízkých zeměpisných šířkách (Begon a kol. 1997).

Z tohoto množství energie je průměrně 47 % absorbováno v nadzemní biomase lesního porostu a přeměněno v teplo (Chroust 1997), pro fotosyntézu je v lesích mírného pásma využito jen 0,6 – 1,2 % (Begon a kol. 1997). Od povrchu Země se zpět do prostoru odrazí jedna desetina, tj. 4 % sluneční konstanty (Slavíková 1986).

Intenzita dopadajícího slunečního záření se neustále mění (Begon a kol. 1997) a závisí na zeměpisné šířce, ročním období a na denní periodicitě (Moravec 2004), na sklonu ozařované plochy a její expozici (Chroust 1997; Moravec 2004). V průběhu dne se mění i struktura záření - nejnižší hodnoty záření jsou v ranních hodinách a převládá difúzní světlo. Difúzní záření převládá i za oblačného dne, kdy je pod porostem relativně více světla než při přímém záření za jasného dne (Chroust 1997).

Světelné poměry uvnitř porostu a pod ním charakterizuje relativní ozářenost, vyjádřená v procentech (Slavíková 1986). Ozářenost porostního prostředí ovlivňuje hustota porostu (Podrázský 2014; Ulbrichová a kol. 2017), v strukturně složitých a hustých porostech, jako jsou porosty kulturních smrčín, se ozářenost může blížit k nule (Slavíková 1986).

Schopnost propouštět radiaci se u jednotlivých druhů dřevin liší, například borové mlaziny a tyčkoviny propouštějí k povrchu půdy až 10 x více světla než stejně staré smrkové porosty (Chroust 1997). Důvodem je menší množství korunové biomasy a rozdílné uspořádání jehličí v korunách.

Ozářenost se v porostech mírného pásma mění i v důsledku sezónního opadu listoví (Begon a kol. 1997); v borových mlazinách proniká v období před nárůstem jehličí k povrchu půdy cca 35 % záření oproti volné ploše - po nárůstu nového jehličí v létě se ozářenost snižuje až na 20 – 25 % (Chroust 1997). Množství světla pronikajícího k podrostu ovlivňuje i povaha a poloha sousedních a výše postavených listů (Begon a kol. 1997). Ozářenost pod porostem se mění i s jeho věkem (Poleno a kol. 2011); v nastávajících borových tyčkovinách klesá ve věku 10 – 20 let za jasného počasí ozářenost na 10 % a ve stadiu tyčovin činí dokonce jen 6 %. Ve starších borových porostech se vlivem jejich přirozeného prořezávání ozářenost opět zvětšuje až na 20 % (Chroust 1997).

Radiační poměry v porostech lesních dřevin lze podle některých autorů výrazně měnit výchovnými zásahy (Chroust 1997; Podrázský 2014), u borových porostů se tato možnost jeví jako méně účinná (Chroust 1997).

Využití záření pro fotosyntézu ovlivňuje charakter záření, difúzní záření mohou rostliny využít v plném rozsahu, naopak přímé a příliš intenzivní záření jim může škodit (Podrázský 2014). Intenzita využití záření závisí i na rostlinném druhu (Begon a kol. 1997; Hejnák 2005) a na množství, struktuře a fyziologických vlastnostech jeho asimilačních orgánů (Poleno a kol. 2011). Například borové porosty využívají v důsledku nižší intercepce záření v korunách a nižší absorpce záření listovím energii slunečního záření podstatně méně než smrkové porosty (Chroust 1997). Výsledky studie (Luoma 1997) ukázaly rozdíly ve využití záření u borovice ve vztahu k zeměpisné šířce – nejvyšší odezva fotosyntetické aktivity na záření byla zjištěna v porostech nacházejících se ve střední části evropského areálu výskytu a směrem k jeho oběma okrajům (severnímu a jižnímu) se snižovala.

Nižší ozářenost pod porostem využívají účinněji druhy stínomilné než druhy světlomilné (Begon a kol. 1997). Při plném světle klesá u světlomilných rostlin hodnota čisté fotosyntézy k nule již při 5 % ozářenosti, zatímco u rostlin stínomilných až při 1 % (Hejnák 2005). Na větší nedostatek světla v podrostu reagují rostliny snížením celkové produkce organických látek a výraznou změnou morfologické stavby, především kořenové soustavy (Korpel' 1991).

Nároky rostlin na světlo jsou geneticky zakódovány (Begon a kol. 1997). Podle některých autorů (Polanský 1956; Peřina 1964; Šindelář 2004; Coban a kol. 2016) je borovice schopna v mládí snést zástín, v podrostu se však dlouho neudrží (Šimerda 2002). Nedostatek světla snášejí obecně všechny dřeviny lépe v mládí než ve vyšším věku (Polanský 1956; Larcher 1988). Schopnost světlomilných rostlin přizpůsobit se do určité míry zastínění může být ovlivněna hladinou dostupného záření v době zakládání a diferenciací asimilačních orgánů a na stupni vývoje (Larcher 1988).

4.3.2. Teplota prostředí

S intenzitou záření úzce souvisí teplota vzduchu, v lesním porostu je proto nejvyšší teplota na povrchu korunové vrstvy a se snižováním intenzity záření směrem k zemi klesá (Poleno a kol. 2011), rozdíl teplot může ve výšce cca 2,6 m od povrchu půdy činit až 10 °C (Begon a kol. 1997). Večer a v noci působí korunová vrstva jako tepelná izolace, na její vrchní straně dochází k vyzařování tepla a výraznému snižování teploty, její spodní strana odráží dlouhovlnné tepelné záření země zpět do prostoru pod porostem (Poleno a kol. 2011).

Teploty v lesním porostu i v půdní vrstvě jsou ovlivněny druhovým složením porostu, jeho hustotou, věkem a strukturou. Teplota porostního prostředí pod borovými porosty

je podstatně vyšší než ve smrkových porostech, důvodem je prostupnější korunová zóna borového porostu pro radiaci (Chroust 1997).

Půdní vrstva se vlivem záření pronikajícího skrz porost zahřívá, což vede ke zlepšení mikrobiálního života v půdě a urychlení rozkladu opadu (Poleno a kol. 2011). Půdu i podrost chrání před přehřátím lesní porost, za teplého radiačního počasí se teploty vzduchu a půdy v borových porostech pohybují průměrně kolem 20 °C a jsou o 10 až 15 % nižší než na pasece s půdou bez rostlinného krytu (Chroust 1997). Povrch suchých písčitých půd bez vegetace může dosáhnout až 50 °C i více (Klimo a kol. 2001; Moravec 2004).

Větší riziko na holinách, než jsou vysoké teploty, představuje vymrzání semenáčků a sazenic při příliš nízkých zimních teplotách (Moravec 2004; Poleno a kol. 2011; Podrázský 2014). Odolnost dřevin k zimním mrazům závisí především na obsahu vody v mezibuněčných prostorech a na síle borky (Moravec 2004). Borovice je druhem spíše kontinentálního charakteru a tudíž snáší zimní mrazy dobře, některé její klimatypy jsou schopné přežít až 64 °C (Musil, Hamerník 2003).

Teplotu porostního prostředí a půdního povrchu lze ovlivnit výchovnými zásahy, v borových tyčkovinách a kmenovinách je význam výchovných sečí s ohledem na výstavbu korun zanedbatelný (Chroust 1997).

Vliv průměrných ročních a měsíčních teplot se daleko významněji uplatňuje v kombinaci se srážkovým režimem (Moravec 2004). Přehřátí půdy v jarním období spojené se současným nedostatkem vody v půdě může způsobit fyziologický zánik rostliny (Klimo a kol. 2001), což představuje problém zejména pro nové výsadby borovice na holinách (Nárovcová, Nárovec 2012; Čermák 2017).

Typ, vývoj a dynamika ekosystémů je do značné míry řízena klimatickými podmínkami (Klimo a kol. 2001). V geografickém prostředí střední Evropy představuje zvýšení průměrné roční teploty o 1 °C posun vegetace v geografické šířce o 100 – 150 km od jihu k severu. Jako složky rostlinných společenstev by se tak mohly ve střední Evropě začít uplatňovat mediteránní a jiné teplomilné druhy, druhy středoevropské by se naopak posunovaly do hor a na sever (Poleno a kol. 2011). V současném areálu výskytu borovice znamená tato změna teploty snižování výškového přírůstu, úspěšnosti přirozené obnovy a vysokou mortalitu vlivem přisušků v jižním okraji areálu a naopak příznivější podmínky pro obnovu a lepší růstové vlastnosti na severu (Matías, Jump 2012).

4.3.3. Voda, půda

Kromě tepelného režimu půdy má pro rostliny v lesním ekosystému značný význam i vodní režim půdy, fyzikálně chemické vlastnosti a dostupnost živin (Klimo 2000). Množství vody v půdě je dáno objemem dopadajících srážek, hloubkou hladiny podzemní vody, fyzikálními vlastnostmi půdy a porostem pokrývajícím půdu (Chroust 1997).

Součástí vodního režimu stanoviště jsou atmosférické srážky, půdní vláha, vzdušná vlhkost; vodní bilanci stanoviště negativně ovlivňují evapotranspirace a půdní odtok.

Pro vláhovou charakteristiku oblastí v České republice se využívá Langův dešťový faktor, tj. podíl ročního úhrnu srážek v mm a průměrné roční teploty vzduchu ve °C. Hranici sucha vymezuje hodnota Langova dešťového faktoru 70; rozmezí hodnot 50 – 70 vymezuje oblast semiaridní (Poleno a kol. 2011).

Atmosférické srážky se uplatňují i formou a rozdělením během roku (Moravec 2004). Celkový roční úhrn srážek se v našich středoevropských podmínkách pohybuje od 400 do 1 200 mm s rozložením: jaro 25 %, léto 40 %, podzim 20 %, zima 15 %, což lze pro existenci lesního ekosystému považovat za obecně příznivé (Chroust 1997).

Obsah vody v půdě je na hlubokých písčitéch půdách ve většině borových oblastí v teplém období roku velmi nízký (Chroust 1997). Písčité půdy vysychají v období sucha na povrchu rychleji než půdy jílovité, které však vysychají do větších hloubek (Slavíková 1986). V písčitéch půdách, kde je půdní vláha závislá výhradně na atmosférických srážkách, se vlhkost půdního povrchu na holině bez vegetačního krytu pohybuje v průběhu teplého období okolo 10 %, po zalesnění a zapojení mlaziny se však vlhkost zvyšuje. Objem vody, která se vsákne do půdního profilu, významně ovlivňují vlastnosti humusové vrstvy, neboť surový humus je po vyschnutí velmi těžko zkropitelný (Poleno a kol. 2011). Obsah vody v půdě pod mlazinou neklesá ani v extrémně suchém období na hranici fyziologicky přístupné vody, tj. pod 1 % (Chroust 1997).

Množství srážek, které pronikne skrze porost k půdnímu povrchu, závisí na síle srážky a na intercepční účinnosti korunového prostoru (Chroust 1997). V podmínkách typického borového stanoviště s průměrnými ročními srážkami 648 mm (ve vegetačním období 375 mm) zadržují koruny borové mlaziny v teplém období v průměru 15 % srážek z množství volné plochy. Největší intercepční účinnost mají porosty ve stáří 30 – 40 let (30 – 40 % srážek volné plochy). Vlivem přirozeného prořezávání se pak intercepce snižuje a ve stoletém porostu činí jen 20 %.

Intercepční ztráty v mladých borových porostech lze výchovnými sečemi významně snížit, ale jde jen o dočasný efekt; v dospělých porostech již nemají výchovné seče na snížení intercepce významnější vliv. Obsah vody v půdách pod borovými porosty tedy není výchovnými sečemi ovlivněn ani ve stadiu mlazin, ani v porostech starších (rozdíl v půdní vlhkosti mezi porosty bez a s výchovou se pohybují do 1 %) (Chroust 1997).

Voda má pro optimální vývoj a růst borovice stejný význam jako pro ostatní dřeviny (Chroust 1997). Na deficitní vodní režim stanoviště je borovice po fyziologické stránce lépe adaptována a potřebu vody může krýt ze značných hloubek (Musil, Hamerník 2003), kůlový kořen může ve stáří 30 – 40 let dosáhnout hloubky až 180 – 250 cm (Kacálek a kol. 2017). Bylo též zjištěno, že existují rozdíly v nárocích na vodu mezi populacemi pocházejícími ze střední Evropy a z aridnějších oblastí – semenáčky ze sušších oblastí jsou schopné lépe přežít delší období sucha, například vytvářejí více kořenové biomasy (Cregg, Zhang 2001). Na příznivější zásobení vodou je však borovice schopna reagovat zvětšením tloušťkového přírůstu (Chroust 1997).

4.3.4. Nároky na prostředí a živiny

Všechny zelené rostliny potřebují ke svému životu obecně stejné „nezbytné“ prvky, liší se však množství, které vyžadují (Begon a kol. 1997). Dostupnost minerálních látek stimuluje korelaci mezi biomasou kořenů a nadzemní částí, jejich nedostatek může stimulovat růst kořenů a naopak příznivé podmínky prostředí iniciují růst ve prospěch lodyhy (Hejnák 2005).

Přirozená borová stanoviště, zařazená do hospodářského souboru HS 13, a borová stanoviště vzniklá jako degradační stadia příznivějších souborů lesních typů hrabáním steliva v minulosti se vyznačují velmi nízkou zásobou živin (Míchal a kol. 1999). Dřeviny rostoucí na živinami chudých stanovištích mohou pro růst mladších orgánů mobilizovat živiny ve starších pletivech; takto mobilizovatelnými živinami jsou například draslík, dusík a fosfor, naopak za imobilní se považuje vápník a bór (Klímko a kol. 2001).

Zatímco půdní prostředí má pod lesním porostem vyrovnanější charakter, změna v koloběhu vody a teplotního režimu se v prostředí holé seče projeví i ve zvýšeném pohybu nebo odnosu živin, tento proces je zpravidla umocněn i stavbou přibližovacích cest a zřizováním vyklizovacích linek (Klímko 2000).

Borovice je obecně na živiny nenáročná a odrůstá dobře i na půdách s velice nízkou zásobou disponibilních živin. Tolerancí k nedostatku živin, k nízkým i vysokým teplotám

i k suchu vyrovnává do určité míry své vysoké nároky na světlo, proto úspěšně roste v klimaticky i edaficky velmi rozdílných podmínkách (Konšel 1931; Poleno a kol. 2009).

4.4. Obnova porostů borovice lesní

Z obecného hlediska se obnova lesních porostů člení na umělou (síje nebo sadba), přirozenou a kombinovanou. V roce 2016 bylo v České republice obnoveno celkem 24 742 ha lesa, přičemž 19 929 ha bylo obnoveno uměle a 4 813 ha činila přirozená obnova (Mze 2017).

Naprostá většina našich současných borových porostů všech věkových tříd byla založena sítí nebo sadbou na holinách (Polanský 1956), případně na bývalých pastvinách nebo selských lesích (Mezera 1952), přirozená obnova borovice byla a doposud je využívána jen výjimečně (Poleno a kol. 2009).

4.4.1. Umělá obnova

Umělá obnova je nejrozšířenějším způsobem obnovy borových porostů. Vzhledem k toleranci borovice i ke 100 % relativnímu ozáření lze k její obnově využít řadu postupů a sečí různých velikostí (Nárovcová, Nárovec 2013); borové semenáčky a sazenice na stanovištích borových doubrav odrůstají i na holosecích o výměře 2 ha (Nárovcová Nárovec 2012). Plocha s umělou obnovou borovice činila v roce 2016 včetně zalesnění pod porostem 2 101 ha, tj. 10,5 % z celkové plochy všech uměle obnovených porostů lesních dřevin v ČR (Mze 2017).

Výhodou umělé obnovy obecně je především záruka genetické kvality nového porostu, snadné zabezpečení cílové skladby dřevin a jejich plánované prostorové skladby, rychlejší odrůstání kultur z dosahu buřeně a zvěře, a méně nákladná výchova (Mauer 2009). Nevýhodou je zvýšená mortalita sazenic po výsadbě v případě užití nekvalitního sadebního materiálu nebo nekvalitním provedením zalesňovacích prací (Nárovcová, Nárovec 2012), zvýšené náklady na zalesňování a menší možnost využití selekce během výchovy (Mauer 2009); problémem může být i „šok sazenic z výsadby“, spojený s poškozením kořenového systému transportem a výsadbou (Poleno a kol. 2009).

Porost borovice lze uměle založit sítí, prostokořennou nebo krytokořennou sadbou; nejvíce je užívána prostokořenná sadba (Slodičák a kol. 2013).

Sadba

Volba sadebního materiálu se řídí konkrétními stanovištními podmínkami, technologií přípravy zalesňovaného pozemku i způsobem výsadby (Nárovcová, Nárovec 2012). Ve

velmi suchých lokalitách je vhodnější použít prostokořenné jednoleté semenáčky s malou délkou nadzemní části (Mauer 2009), přičemž pro stanoviště ohrožovaná suchem se jako zásadní morfologické kritérium k využití sadebního materiálu doporučuje minimální poměr objemu kořenů k objemu nadzemní části (K/N): 1 : 3 (Nárovcová, Nárovec 2013).

Z hlediska prostorového umístění sadby je podle autorů (Nárovcová, Nárovec 2013) nejvhodnější pravidelný obdélníkový spon s délkami stran v intervalu od 0,85 do 1,20 m a s poměrem stran nejvýše 1,0 : 1,4, při kterém jsou nejefektivněji obsazovány rhizosféra i nadzemní prostor.

Pro prostokořenný sadební materiál je na stanovištích přirozených borů (HS 13) a borových doubrav (HS 23) vyžadována minimální hustota 9 000 ks.ha⁻¹ (ČR 2004), u ekotypu týnišťské borovice se v HS 13 a HS 23 osvědčila výsadba 12 – 15 tisíc jednoletých semenáčků na 1 ha do připravené půdy (Šimerda 2002). V minulosti byla z důvodu rozkladitého růstu borovice v řidších výsadbách upřednostňována výsadba až 20 000 jedinců (Svoboda 1953), borové kultury s vyšší počáteční hustotou však trpí vyššími ztrátami vlivem václavky smrkové (Nárovcová, Nárovec 2013). Za optimální výchozí hustotu borové mlaziny v počátku její výchovy se považuje počet cca 5 500 – 6 600 jedinců na 1 ha plochy (Slodičák a kol. 2013), v PLO - 17 Polabí je na stanovištích přirozených borů a borových doubrav doporučován autory (Nárovcová, Nárovec 2013) počet 7 800 až 8 200 ks.ha⁻¹.

Pro semenáčky menších rozměrů je na lehkých půdách nejvhodnější štěrbinová sadba (Poleno a kol. 2009) a optimálním termínem pro počátek výsadby je jaro v době, kdy půda rozmrzne, má teplotu cca 5° C a vlhkost 50 – 70 % (Mauer 2009).

Nezdar zalesnění se dlouhodobě pohybuje kolem 25 – 30 % (Nárovcová, Nárovec 2013); k nejzávažnějším faktorům mortality borových sazenic se řadí lidský faktor, sucho a kořenové hniloby; například v důsledku kořenových hnilob odumře během prvního decenia po výsadbě 0,5 až 1,5 tisíce jedinců (Nárovcová, Nárovec 2012). V nižších polohách je významnou příčinou hynutí kultur výskyt jarního a podzimního sucha (Čermák 2017), které se projevuje hlavně v prvních dvou až třech letech po výsadbě (Nárovcová, Nárovec 2013); v tomto období se projevuje i negativní vliv buřeně, poškození klikorohem borovým a sypavkami.

Síje

Ekologické přednosti síje jsou zejména u dřevin s kúlovým kořenem srovnatelné s přirozenou obnovou (Poleno a kol. 2009). Tento způsob obnovy byl využíván zejména v minulosti, první dokumentovaná záměrná obnova sítí borového semene je

známa z okolí bavorského Norimberka z roku 1368; obvyklá byla i tzv. šišková síje (Svoboda 1953). Modifikace plošné síje, tzv. „špetková síje“, kdy se na zcela nepřipravenou půdu vysévá vždy po několika semenech, se dosud využívá k obnově borovice ve Finsku a Švýcarsku. Na větších obnovovaných plochách lze využít i rýhovou síji v množství 2 – 3 kg semene na 1 ha (Poleno a kol. 2009).

4.4.2. Kombinovaná obnova

Umělou obnovu lze v rámci jednoho porostu nebo jedné obnovované plochy kombinovat s přirozenou obnovou, v takovém případě tvoří obvykle základ nového porostu přirozené zmlazení, které je v mezerách uměle doplněno dřevinami obnovního cíle (Poleno 1994). Při zmlazování borovice bočním náletem na úzké kulisy je doporučován (Šindelář 1997) opačný postup - nejprve ve hloučcích nebo skupinách vysadit dřeviny, které mají tvořit příměs, a poté nechat zbytek plochy přirozeně obnovit.

4.4.3. Přirozená obnova

Při přirozené obnově nejčastěji vzniká nový porost autoreprodukcí ze semen mateřského porostu. Podmínkou využití tohoto způsobu je fenotypická vhodnost obnovovaného porostu (Mikeska a kol. 2008). Plocha porostů obnovovaných přirozeným zmlazením se v České republice od roku 1986 (705 ha) postupně navyšuje (Míchal a kol. 1992), v roce 2016 činila 4 813 ha (Mze 2017).

Obecné výhody a nevýhody přirozené obnovy

Výhodou přirozené obnovy je možnost využití mikrostanovištních podmínek, vysoká vnitrodruhová selekce díky četnosti obnovy a výběr z velkého počtu jedinců při výchově mlazín (Poleno a kol. 2009); důležité je též zachování cenných porostů regionálních populací (Šindelář 2004). Za pozitivum je považována možnost nerušeného růstu semenáčků - kořen borovice může v takovém případě dosáhnout v průběhu 10 - 20 let hloubky až 150 cm (Kacálek a kol. 2017). Významnými přednostmi jsou též úspora nákladů na obnovu a menší škody zvěří (zvýšením úživnosti lesa a rozptýlením zvěře po celé honitbě) (Červený 2012).

Za nevýhody přirozené obnovy jsou autory (Poleno a kol. 2009) považovány nerovnoměrná hustota zmlazení a nižší kvalita okrajových jedinců kolem mezer, zvýšené náklady na pěstební zásahy a u monokultur pak vznik přirozené obnovy pouze jednoho druhu dřeviny. Nevýhodou může být i závislost na semenném roku (Saniga 2017).

Podmínky pro vznik přirozené obnovy

Obecným předpokladem pro vznik a odrůstání přirozeného zmlazení je přítomnost dospělého porostu, dostatečná semenná úroda, příznivé klimatické podmínky (teplotní, vlhkostní a světelné) v období od opadu semene až po ujetí semenáčku a vhodné půdní podmínky umožňující vyklíčení semene, vzejití a počáteční přežití semenáčku (Saniga 2017).

Ve vztahu k ekologickým podmínkám vzcházení, ujímání a přežívání semenáček jsou rozlišovány tři fáze podmínek obnovy (Korpel' 1991):

- juvenilní (předčasná) – semeno může klíčit, ale vzešlé semenáčky hynou z důvodu nevhodných půdních a mikroklimatických podmínek; tento stav lze příznivě ovlivnit zásahem do struktury mateřského porostu (Saniga 2017)
- optimální – půdní a mikroklimatické podmínky jsou příznivé pro klíčení, ujímání i přežívání náletu
- finální (promeškaná) – vhodné podmínky prostředí pro klíčení a ujímání semenáček už zanikly, existují však podmínky pro odrůstání nárostů, případně pro přežívání náletů vzniklých v průběhu optimální fáze. Délku trvání optimální a finální fáze a podmínky na ně vázané je zapotřebí diferencovat podle druhu obnovované dřeviny a stanovištních podmínek (Saniga 2017).

Přirozená obnova borovice

Přirozená obnova borovice se ve větším rozsahu uplatňuje pouze ve skandinávských zemích, ve střední Evropě je využívána jen zřídka (Šindelář 2004).

Přirozená obnova nastupuje pouze v případě, kdy dostatečná semenná úroda (Karlsson, Nilsson 2004) koinciduje s příznivým průběhem počasí na jaře a v létě (Bílek 2017). Semenný rok hraje méně významnou roli, neboť borovice může při dobrém osvětlení plodit každým druhým rokem (Úradníček a kol. 2001). Při plné úrodě nalétne na 1 ha obnovované plochy 3 - 7 miliónů borových semen (Poleno a kol. 2009) do vzdálenosti 50 - 100 m (Musil, Hamerník 2003), za příznivých povětrnostních podmínek semena dolétnou až 1 km od mateřského porostu. Za vhodných podmínek může vzejít až 150 000 semenáček na 1 ha (Zerzán 2008), tento počet se však v dalších letech přirozeně snižuje autoredukci, čímž může do období nárostů až mlazin uhynout až 95 % z původního počtu (Poleno a kol. 2009).

Klíčení probíhá nejlépe za plného nebo částečného světla (Zerzán 2008). Příznivé půdní podmínky představuje obnažená minerální půda bez přízemní vegetace (Plíva 1980) nebo její promíchání s organickým substrátem (Mirschel a kol. 2011); úspěšnost

přirozené obnovy v minulosti se proto připisuje polaření, hrabání steliva, lesní pastvě a požárům (Svoboda 1953; Šindelář 2004). Naopak nevhodným prostředím pro klíčení je vrstva humusu a semenáčky v ní za přísušku hynou v důsledku nedostatku vody (Plíva, Průša 1969).

Výskyt buřeně v prvních dvou až třech letech stáří nárostu je limitujícím faktorem pro použití přirozené obnovy v HS 13, v SLT 0K a 0M (Dančáková 2008). Klíčení a ujímání semenáčků znemožňují zejména trávy (Korpel' 1991) nebo porost borůvčí a vřesu (Mikeska a kol. 2008). Příznivé podmínky pro klíčení a vzcházení mohou naopak představovat porosty lišejníků a mechů, zejména rodů *Hypnum*, *Hylocomium* a *Dicranum* (Šindelář 2004; Mikeska 2008), které za jistých okolností představují ochranu před vysycháním půdy (Šindelář 2004).

4.4.4. Příprava plochy před obnovou

Před realizací umělé i přirozené obnovy je žádoucí nejprve odstranit těžební zbytky (Poleno a kol. 2009). V současné době se těžební zbytky odstraňují spálením na místě nebo shrnutím do valů o výšce do 2,5 m (Dančáková 2008), rozštěpkováním a rozložením po ploše, nebo se odvázejí k dalšímu využití; tento způsob se nedoporučuje zejména na velmi chudých stanovištích v HS 13 (Remeš a kol. 2016).

Vzhledem k vrstvě surového humusu v zapojených mýtních porostech, která dosahuje 7 – 10 cm (Nárovcová 2012), se pro úspěšnost obnovy doporučuje příprava půdy. Autoři studie (Remeš a kol. 2016) doporučují provést celoplošnou přípravu půdy naoráním pluhem o hloubce brázd cca 30 cm, při které dojde k obnažení minerální půdy zhruba na 1/3 plochy. Promísení minerální půdy se surovým humusem je optimální variantou podle řady dalších autorů (Barbeito a kol. 2011; Mirschel a kol. 2011; Nárovcová 2012). Mechanická příprava půdy se s úspěchem využívá i v případě přirozeně obnovovaných borových porostů (Aleksandrowicz-Trzcińska 2014; Sloup, Lehnerová 2016). Spolu s přípravou půdy dojde k současnému odstranění buřeně, která by mohla nepříznivě ovlivňovat vývoj náletů nebo mladých kultur (Poleno a kol. 2009).

Při podrostowním způsobu je nejčastější formou zraňování, tj. pomístné povrchové porušení kompaktní vrchní půdy a zejména ulehlého surového humusu; hluboká příprava půdy se provádí jen lokálně v půdách s ortštejnem na stanovištích přirozených borů (Poleno a kol. 2009). Vhodné je použití půdní frézy nebo shrnovače klestu, neboť se při odklizení těžebních zbytků naruší i půdní kryt (Válek, Hron 2016).



Obrázek 12 Příprava půdy na holině (vlastní zdroj)

4.4.5. Obnovní postupy

Pro obnovu borovice se podle stanovištních a porostních podmínek používají holoseče i náseky s výstavky a clonné seče (okrajové) s krátkou dobou clonění (Plíva 2000).

Holosečný způsob

Jednorázovým vytěžením dospělého porostu se výrazně změní ekologické a půdní podmínky stanoviště, což kromě přípravných dřevin vyhovuje omezeně též borovici, předpokladem je plocha bez konkurenční buřeně (Saniga 2017). Klasickými stanovišti pro uplatnění holé seče jsou zejména SLT 0M a 0K (Míchal a kol. 1999). Velkoplošná holá seč o rozloze 2 ha je právními předpisy umožněna pouze v HS 13, jinak je velikost obnovované plochy omezena na 1 ha s maximální povolenou šířkou rovnající se dvojnásobku výšky mýceného porostu. Kombinace holoseče s umělou obnovou je pro borovici výrazně častější (Bezecný 1992), a to i v lokalitách, kde je přirozená obnova bohatá (Míchal a kol. 1999).

Ekologicky přijatelným postupem je maloplošná obnova skupinovitého charakteru, pro iniciaci přirozené obnovy postačí světlina o velikosti 5 arů (Bílek 2017).

Násečný způsob

Tento způsob lze aplikovat v několika variantách – bočním náletem na holinu, s využitím výstavků nebo zmlazením v porostních okrajích (Šindelář 2004).

Boční nálet na holinu: Obnova borovice probíhá náletem semen ze stěn nebo z nitra obnovovaného porostu na souvisle vytěženou plochu o šířce nepřekračující průměrnou výšku těženého porostu (Vacek a kol. 2007). Tento způsob je některými autory (Plíva 1980; Zerzán 2008) považován za vhodnější než je přirozená obnova pod porostem; násek o šíři do 15 m není pro neuspokojivé odrůstání borového náletu doporučován vůbec (Zerzán 2008). Předpokladem úspěchu je zpravidla příprava půdy a postup od východu, neboť vlivem převládajících západních větrů nalétá na plochu značný podíl semen (Šindelář 2004).

Přirozená obnova z výstavků: Základem je přítomnost dostatečného počtu mimořádně kvalitních dospělých stromů vhodně rozmístěných po ploše (Poleno a kol. 2009). S ohledem na možné škody při těžbě a vyklizování je výstavky vhodné ponechat spíše při okrajích obnovované plochy nebo v blízkosti rozdělovací linie (Polanský 1956), neboť borovice je na poškození citlivější a hůře regeneruje (Šindelář, 2004). Počet výstavků je různý podle přírodních podmínek a potřeb obnovy, obvykle činí 20 – 30 ks. ha⁻¹ (Korpel' 1991; Šindelář 2004), podle jiných autorů (Poleno a kol. 1994; Zerzán 2008) postačí i 10 – 15 ks. ha⁻¹. Tento způsob obnovy je doporučován zejména na kyselých stanovištích, na živnějších stanovištích je nasemenění ohroženo časným nástupem buřeně (Korpel' 1991).

Přirozená obnova v porostních okrajích: Násečný obnovní způsob umožňuje obnovu nejen na vnější holé ploše, ale i uvnitř porostu ve směru obnovního postupu (Korpel' 1991; Vacek a kol. 2007). Přirozená obnova tedy vzniká pod clonou mateřského porostu, a to do takové hloubky, kam dosahuje boční světlo a jsou vytvořeny optimální podmínky (Vacek a kol. 2007). Jelikož s rostoucí vzdáleností od porostního okraje směrem do nitra porostu významně klesají počty jedinců, jejich kvalita i prostorové rozmístění (Vacek a kol. 2017), lze pro obnovu borovice využít porostní okraj do vzdálenosti odpovídající průměrné výšce porostu (Šindelář 2004; Vacek a kol. 2017).



Obrázek 13 Obnova kulisovou holou sečí s výstavky (vlastní zdroj)

Podrovní způsob

Následný porost vzniká pod ochranou mateřského porostu, který se následně odtěží buď jednorázově nebo ve 2 až 3 po sobě následujících fázích; v tomto případě se postupně vytvářejí i podmínky, odpovídající ekologickým požadavkům vznikajícího náletu a nárůstu. Podrovní způsob má mnoho forem a modifikací, zejména pokud jde o plošný rozsah, časový průběh, plošné rozmístění těžebního zásahu a počet fází (Vacek a kol. 2007).

O přirozené obnově borovice a jejím pěstování pod porostní clonou se diskutovalo v severním Německu během dvacátých až šedesátých let minulého století v souladu s Möllerovou myšlenkou „lesa trvale tvořivého“ (1921) (Reininger 1997). V současnosti se toto téma vrací zejména v souvislosti s trvale udržitelným hospodařením a s podporou přirozených procesů v lesích, a to zejména v severských zemích.

Velmi příznivé podmínky pro tento typ obnovy jsou na stanovištích středních až horších bonit na málo zabuřených půdách s relativně dostupnou hladinou podzemní vody, jako je například Třeboňská pánev (Šindelář 2004). Podstatná je kombinace podrovního způsobu s načasováním přípravy půdy na semenný rok (Karlsson, Nilsson 2004).

V případě snížení zakmenění mateřského porostu na 6 a méně, nejlépe však na 5 – 4, se obnova ve většině případů dostaví do tří let (Válek, Hron 2016). Po úspěšném

vyklíčení semen a odrůstání náletu se mateřský porost postupně odtěží, v klasické formě dvěma sečemi: prosvětlovací a domýtnou (Vacek a kol. 2007), nejdéle do 10 let od vzniku náletů (Šindelář 2004). Někteří autoři (Průša 2001; Šimerda 2002; Poleno a kol. 2009) doporučují při domýcení mateřského porostu postupovat rychleji. Například u týnišťské borovice v podmínkách východních Čech se prokázalo, že pod dlouhodobou clonou mateřského porostu vznikají nekvalitní nárosty (Šimerda 2002). Práce jiných autorů naopak unáhlené dotěžování mateřského porostu nedoporučují (Košulič 2004; Erefur a kol. 2008; Coban a kol. 2016).



Obrázek 14 Přirozená obnova borovice pod clonou mateřského porostu na SLT OK Třeboňsko (vlastní zdroj)

Za negativa podrostního způsobu obnovy lze považovat zejména nedostatečné světelné a vláhové poměry pod porostem (Bílek 2017), především na sušších stanovištích v oblastech s ročními srážkami pod 600 mm (Korpel' 1991). Při větším nedostatku světla se mění poměr biomasy jehličí v neprospěch biomasy kořenů (Chroust 1997), čímž narůstá citlivost semenáčků k nedostatku vody a dochází ke zvýšené mortalitě jedinců obnovy. Práce některých autorů (Korpel' 1991; Šindelář

2004; Válek, Hron 2016) upozorňují i na kompetici mateřského porostu o vodu, která může na suchých stanovištích ohrozit v období přísušku existenci nové porostní generace (Šindelář 2004). Nevýhodou je též náročnější příprava půdy pod porostem a riziko poškození kořenového systému dospělých stromů (Bílek 2017).

K hlavním přednostem náleží možnost využití autoredukce četnosti přirozené obnovy (Reininger 1997; Bílek 2017), příznivého prostředí bez výskytu klimatických extrémů (Bílek 2017) a vyšší úspěšnost odrůstání při zvýšeném stavu zvěře (Červený 2012). Další výhodou může být jemnější ovětvení a menší podíl větevnatých předrostů v nárostech (Pařez, Chroust 1988; Bílek 2017). V současnosti se předmětem výzkumu řady autorů (Schönfelder a kol. 2017) stává i otázka vyšší kvality dřeva, neboť pomalý růst borových nárostů pod clonou mateřského porostu způsobuje tzv. jemnoletost dřeva a jeho vyrovnanější hustotu (Svoboda 1953; Schönfelder a kol. 2017).

4.4.6. Obnova borových porostů na Třeboňsku

V minulosti byla obnova prováděna převážně holosečemi či náseky. K rekonstrukcím netvárných borových porostů nebo nevhodných smrkových porostů na hlubokých rašelinách a chudých písčích byly využity velkoplošné holé seče o rozlohách 2 - 5 ha s následnou umělou obnovou. Přirozená obnova byla využívána velmi zřídka. V borových porostech se později striktně uplatňoval podrovní způsob hospodaření se snížením zakmenění na 8 – 9, a to bez ohledu na stanoviště a kvalitu porostů. Jelikož tento způsob nevedl k očekávaným výsledkům, ustoupilo se od něj ve prospěch sadby. Lepší výsledky se dosahovaly při kombinaci clonné seče s plošnými prvky při využití bočního náletu z mateřského porostu (ÚHÚL 2017).

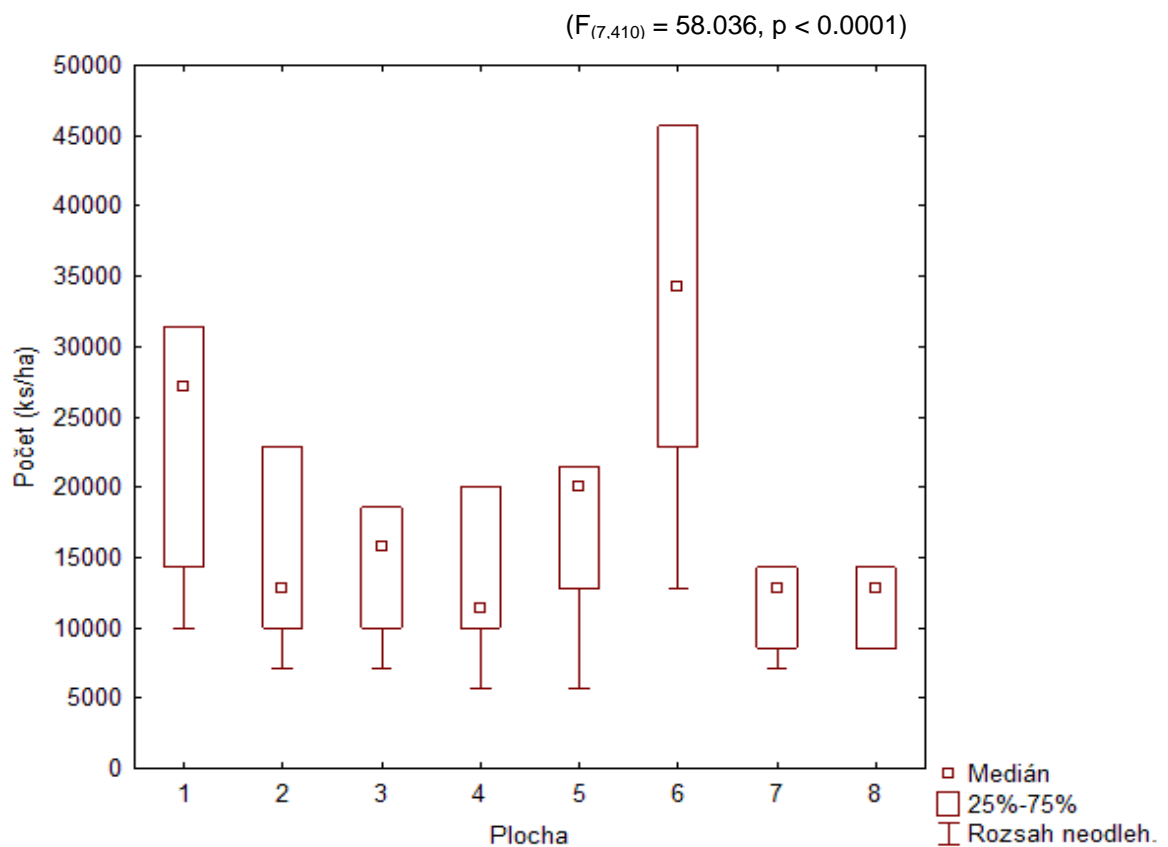
V současné době jsou borové porosty obnovovány většinou uměle maloplošnou holou sečí, pro méně častou přirozenou obnovu se využívají náseky s bočním náletem a s ponecháním výstavků. Tento postup je doporučován zvláště v HS 13 pro kvalitní porosty Třeboňské borovice. Na nejvíce rozšířeném HS 39, kde je přirozená obnova borovice méně častá (zmlazuje spíše smrk), se doporučuje kombinace kvalitních nárostů s umělou obnovou (Lesy České republiky, s. p. 2016).

5. Výsledky

5.1. Četnost přirozené obnovy

O úspěšnosti přirozené obnovy ve sledovaných porostech vypovídá množství životaschopných jedinců (nad 30 cm výšky) na jednotce plochy. Průměrný počet jedinců na zkušných plochách činí $2,2 \pm 1,4 \text{ ks.m}^{-2}$, v přepočtu se zde nachází 5 700 - 45 700 ks.ha^{-1} .

Významnou variabilitu početnosti přirozené obnovy mezi plochami i v rámci jednotlivých ploch ukazuje graf 1.



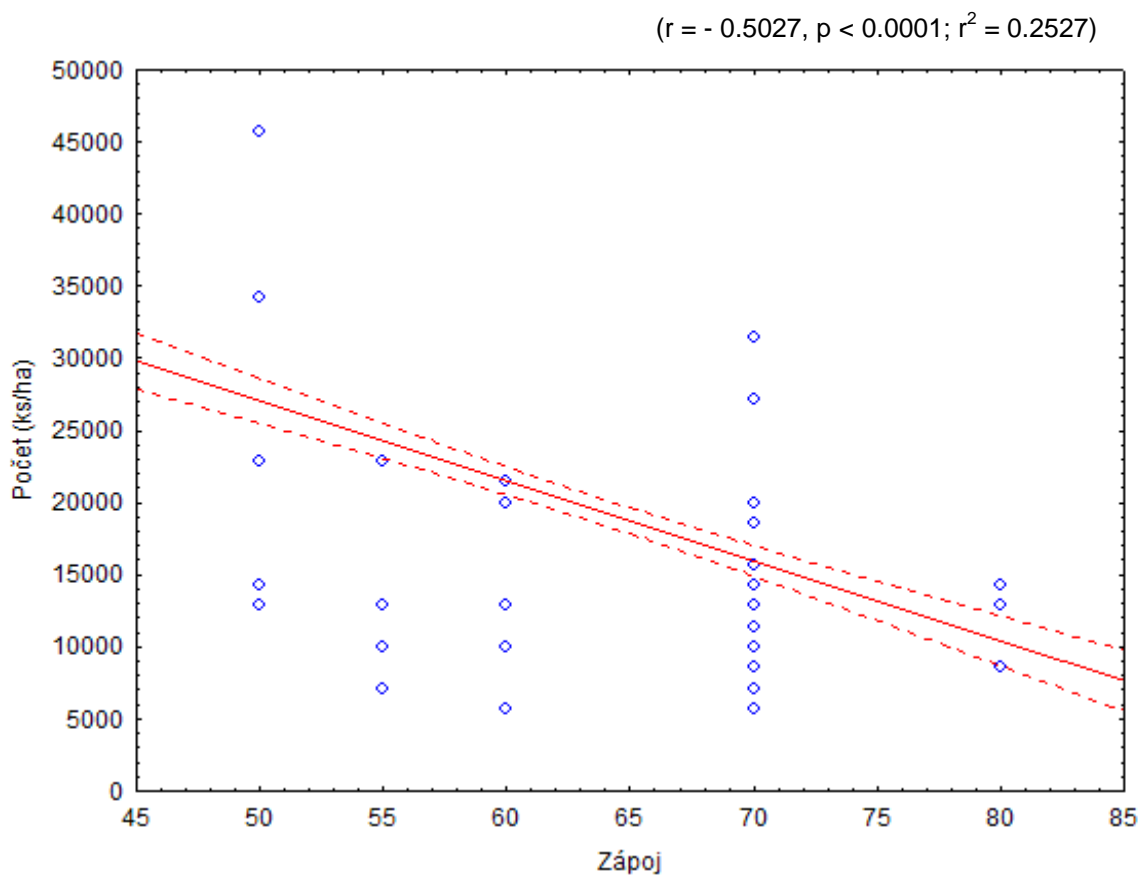
Graf 1 Četnost přirozené obnovy (ks.ha^{-1}) na sledovaných plochách 1 - 8

5.2. Vztahy mezi četností přirozené obnovy a parametry prostředí

Vliv mateřského porostu

Vztahy mezi četností obnovy a parametry prostředí, vyjádřené prostřednictvím hodnot Spearmanových korelačních koeficientů, jsou uvedeny v tabulce 4.

Četnost přirozené obnovy významně negativně koreluje se zápojem ($r = -0,50$), viz graf 2, a s výčetní kruhovou základnou mateřského porostu ($r = -0,48$).



Graf 2 Závislost mezi četností obnovy a zápojem mateřského porostu (%)

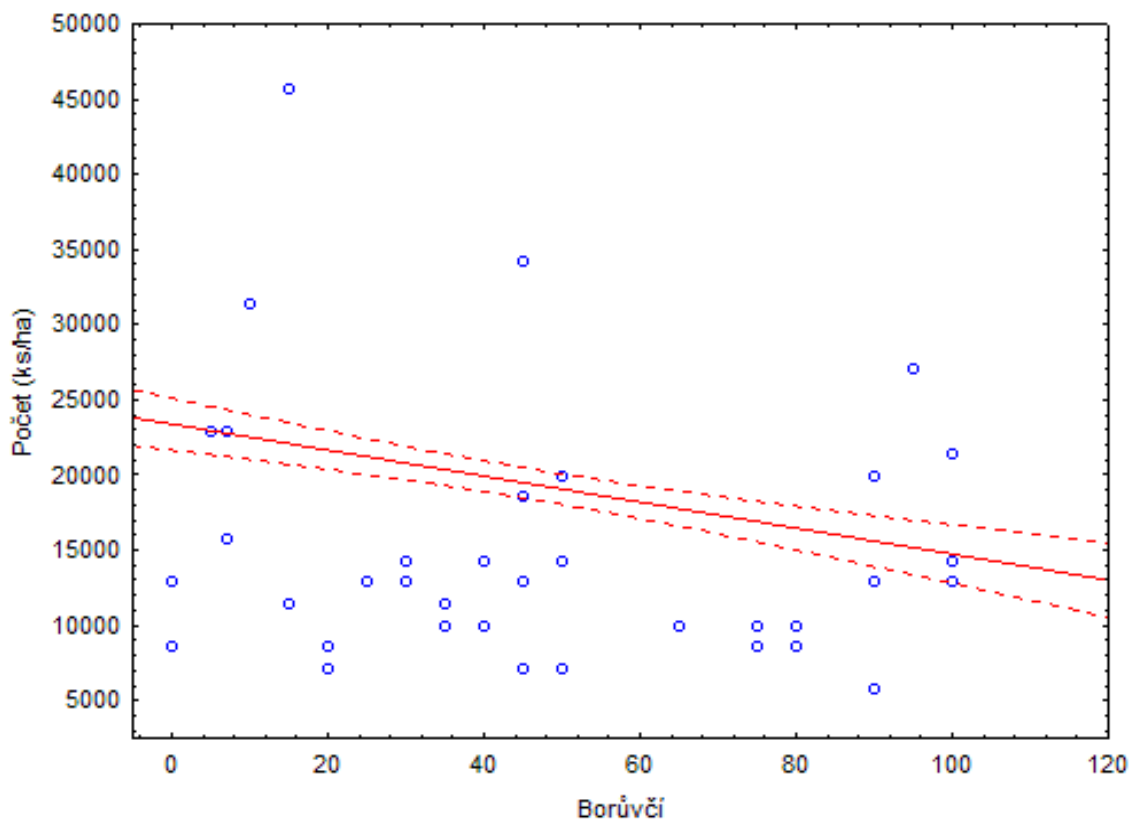
Vliv světelných poměrů

Významné pozitivní korelace byly zjištěny ve vztahu k světelným poměrům stanoviště, tj. k otevřenosti zápoje ($r = 0,36$) a k přímému záření ($r = 0,30$), méně významné k difúznímu záření ($r = 0,19$).

Bylinné patro

Četnost přirozené obnovy statisticky významně negativně koreluje s pokryvem borůvčí ($r = -0,26$) – viz graf 3, a s pokryvem mechu ($r = -0,25$).

($r = -0.2602$, $p < 0.0001$; $r^2 = 0.0677$)



Graf 3 Závislost četnosti obnovy a pokryvnosti borůvčí (%)

Z uvedených vztahů je zřejmé, že četnost přirozené obnovy pod porostem je významně ovlivněna dostupností záření pod porostem a přítomností bylinného patra – borůvčí i mechu.

5.3. Kvantitativní charakteristiky jedinců obnovy

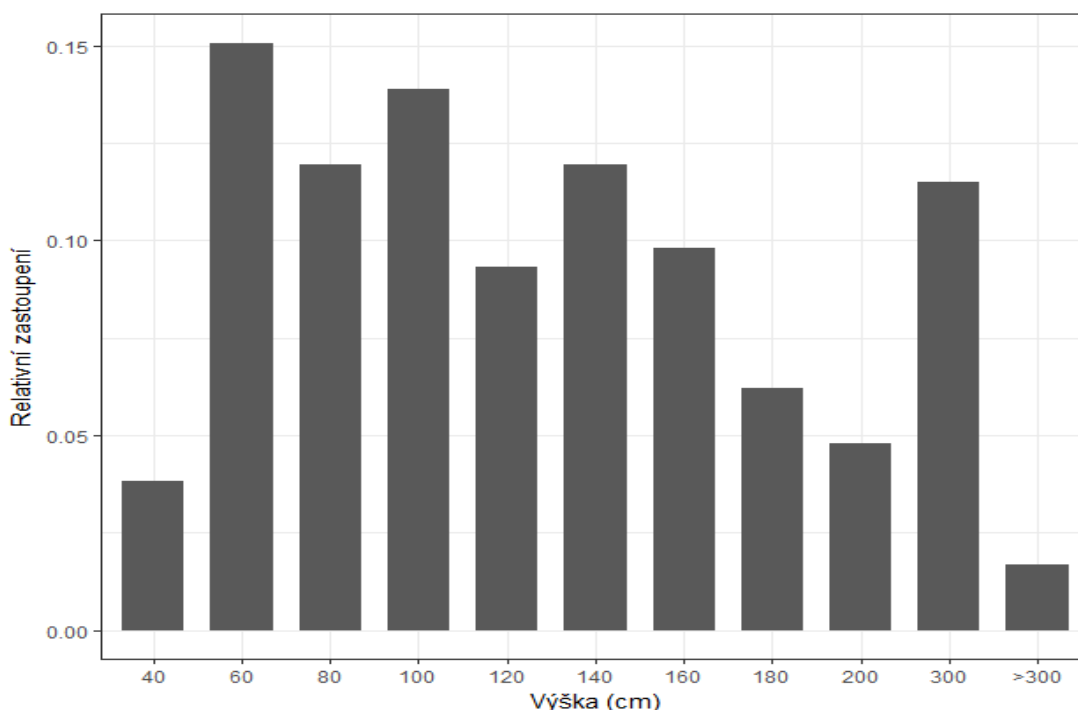
Přírůst

Průměrný přírůst v letech 2012 – 2016 činil $9,3 \pm 7,7$ cm, přičemž nejmenší přírůst za sledované období je 1,4 cm a nejvyšší 44,6 cm.

Pro objektivnější vyhodnocení přírůstu ve věkově i výškově rozrůzněné přirozené obnově byl využit relativní průměrný přírůst zohledňující výšku jedince. Hodnoty relativního průměrného přírůstu se pohybují od 1,0 do 24,4 %, se střední hodnotou $10,4 \pm 3,9$ %. Relativní přírůst na volné ploše (kontrolní měření) dosahuje hodnoty $12,8 \pm 3,9$ %.

Výška jedinců se pohybovala v rozmezí 30 – 395 cm; v průměru činí $108,0 \pm 66,6$ cm. Výšková struktura obnovy je poměrně vyrovnaná, vysoké zastoupení mají jedinci výškových kategorií 60 – 80 cm.

Rozložení výškových kategorií zachycuje graf 4.



Graf 4 Procentuální zastoupení výškových tříd (do výšky 200 cm po 20 cm)

Tloušťky krčků jedinců se pohybovaly v rozmezí od 0,2 do 5,0 cm; střední hodnota tloušťky krčku činí $1,1 \pm 0,8$ cm.

Šířka koruny stromků se na našich sledovaných plochách pohybovala v rozmezí od 10 do 240 cm, se střední hodnotou $50,0 \pm 33,9$ cm. Obdobně jako u průměrného přírůstu byla z důvodu objektivnějšího hodnocení šířky koruny zohledněna výška jedince a výsledně byla posuzována i relativní šířka koruny. Relativní šířka koruny činí $49,5 \pm 14,8$ %.

5.4. Kvalitativní charakteristiky jedinců obnovy

Kvalitu jedinců přirozené obnovy lze nepřímě popsat měřitelnými veličinami – subjektivním zařazením jedince do třídy pěstební kvality a štíhlostním poměrem. Hledali jsme i souvislost s úhlem nasazení větví ve druhém přeslenu.

Třída pěstební kvality byla hodnocena pomocí čísel 1 – 4 (viz metodika, obrázky 2 – 5). Celkem 275 jedinců, tj. cca 66 % ze všech hodnocených stromků, bylo zařazeno do první nebo druhé třídy pěstební kvality. Nejvyšší zastoupení (70,5 %) měli tito jedinci na ploše 6 (SLT 0K), kde byl zároveň zjištěn i nejvyšší počet jedinců obnovy (95 ks) – viz graf 1.

Štíhlostní poměr na sledovaných plochách činí v průměru $100,8 \pm 36,8$. Nejvyšší průměrné hodnoty (113,2) dosahovali jedinci na ploše 7, naopak nejnižší průměrná hodnota 76,6 byla zjištěna u jedinců na ploše 2 (SLT 0G).

Úhel větvení se pohyboval v rozmezí od 1° do 45° , s nejčastějšími hodnotami od 5° do 15° ; u cca 80 jedinců nebyla tato hodnota z důvodu jejich netvárnosti měřitelná. Od nejčastějších průměrných hodnot úhlu větvení na jednotlivých plochách (15°) se výrazně odlišovaly pouze průměrné hodnoty zjištěné na ploše 7 (1°).

5.5. Vzájemné vztahy mezi charakteristikami jedinců

Nejvýznamnější vztahy mezi kvantitativními a kvalitativními charakteristikami obnovy ukazuje tabulka 3 s hodnotami Spearmanova korelačního koeficientu r , které vypovídají o síle závislosti mezi sledovanými parametry. Statisticky signifikantní závislosti na hladině významnosti $p < 0,050$ jsou v tabulce zvýrazněny tučným písmem.

Tabulka 3 Korelační matice závislosti kvantitativních a kvalitativních charakteristik

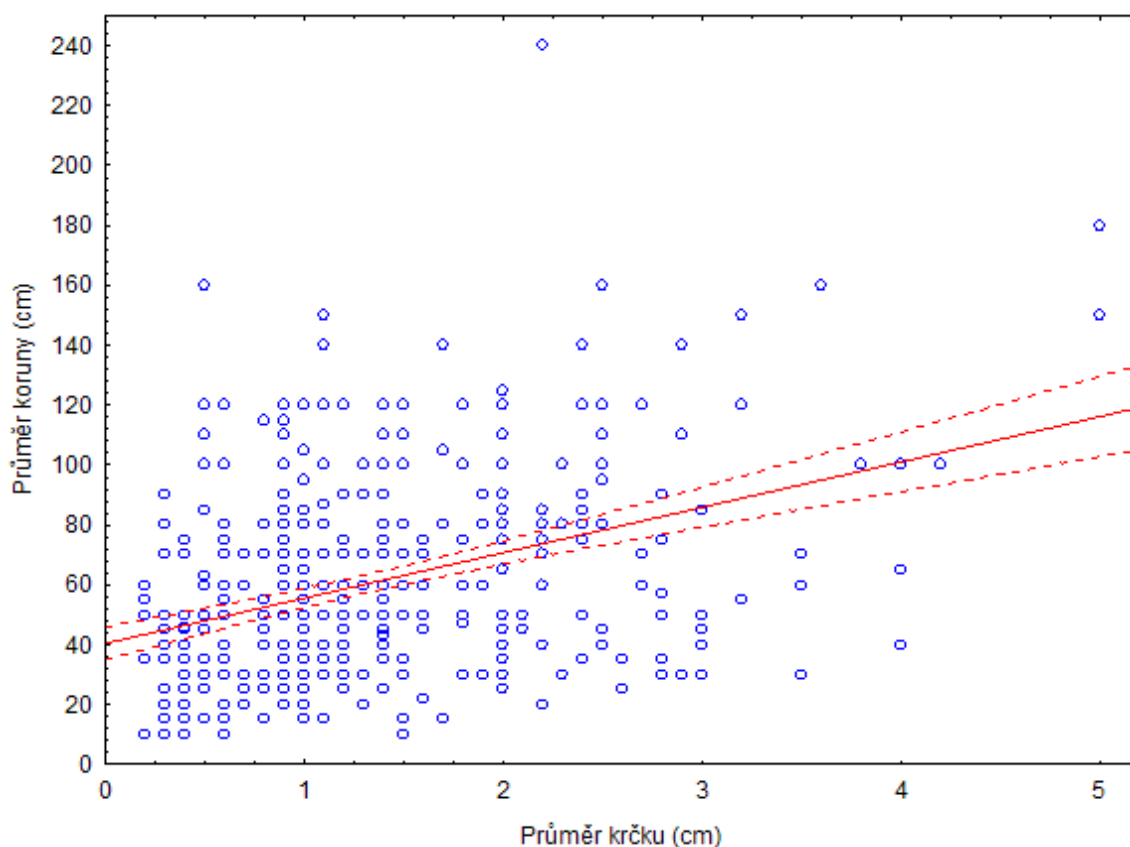
	Spearmanovy korelace, zvýrazněné korelace jsou významné na hl. $p < 0.050$								
	krček	výška	štíhl. p.	P_avg	P%	Q_avg	Q%	úhel	tvar
krček	1.00	0.87	-0.52	0.19	-0.03	0.37	0.07	0.24	-0.41
výška	0.87	1.00	-0.19	0.17	-0.17	0.36	-0.15	0.29	-0.42
štíhl. p.	-0.52	-0.19	1.00	-0.08	-0.10	-0.19	-0.44	-0.12	0.18
P_avg	0.19	0.17	-0.08	1.00	0.33	0.76	0.10	0.16	-0.21
P%	-0.03	-0.17	-0.10	0.33	1.00	-0.03	0.27	0.04	-0.34
Q_avg	0.37	0.36	-0.19	0.76	-0.03	1.00	0.12	0.30	-0.21
Q%	0.07	-0.15	-0.44	0.10	0.27	0.12	1.00	0.05	-0.04
úhel větv.	0.24	0.29	-0.12	0.16	0.04	0.30	0.05	1.00	-0.37
tvar	-0.41	-0.42	0.18	-0.21	-0.34	-0.21	-0.04	-0.37	1.00

(Pozn. štíhl. p.: štíhlostní poměr; P_avg.: průměrný přírůst; P%: relativní průměrný přírůst; Q_avg: průměrná šířka koruny; Q%: relativní šířka koruny; úhel. větv: úhel větvení v druhém přeslenu; tvar: třída pěstební kvality)

Bezrozměrná čísla v závorkách níže znamenají hodnotu r Spearmanova korelačního koeficientu.

Statisticky významné jsou pozitivní korelace tloušťky krčku, výšky a průměrné šířky koruny. Jelikož tyto parametry souvisejí s růstem jedince, významné závislosti mezi uvedenými veličinami bylo možné předpokládat. Nejsilnější závislost je ve vztahu tloušťky krčku s výškou ($r = 0,87$), o něco slabší je vztah těchto parametrů s průměrnou šířkou koruny ($r = 0,36$; $r = 0,37$) – viz graf 5. Korelace mezi tloušťkou krčku, výškou a relativním průměrným přírůstem je naopak velmi slabá, obdobně jako jejich vztah k relativní šířce koruny.

($r = 0.3799$, $p < 0.0001$; $r^2 = 0.1443$)



Graf 5 Vztah mezi tloušťkou krčku a průměrnou šířkou koruny

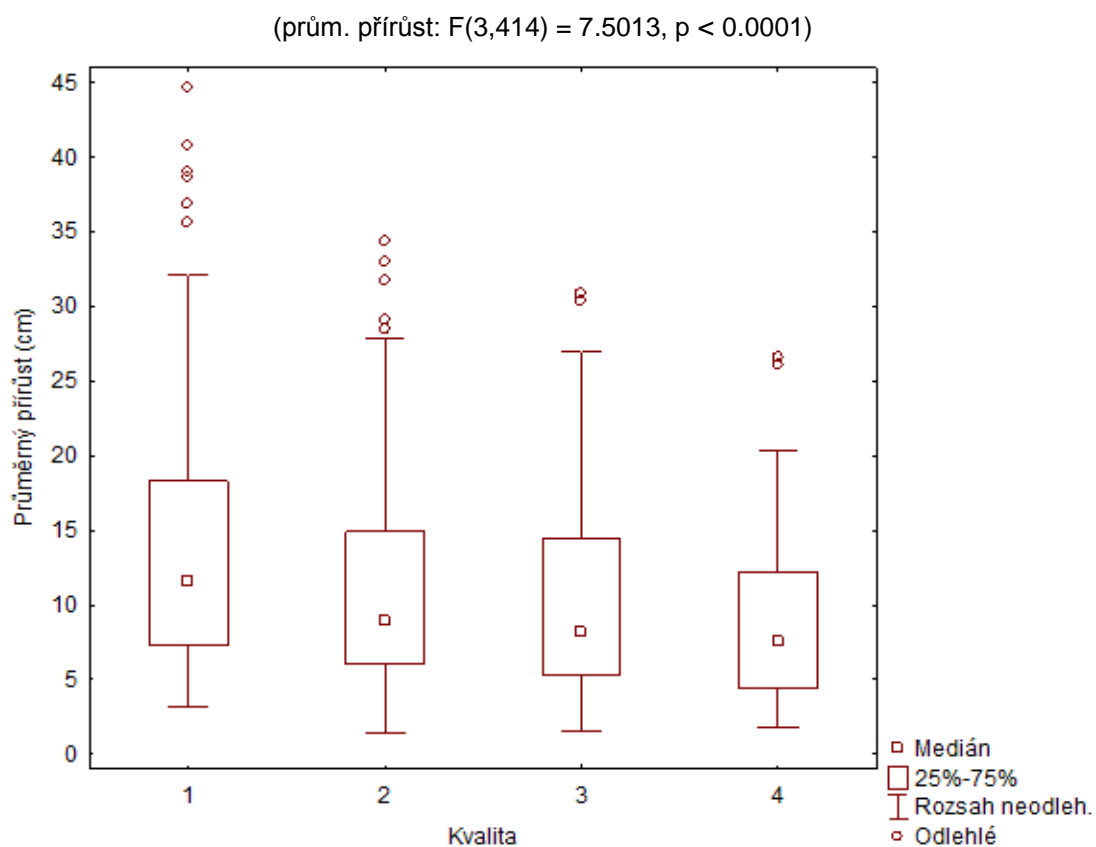
Předpokládaná signifikantní záporná korelace byla potvrzena mezi štíhlostním poměrem a tloušťkou krčku ($r = -0,52$).

Hodnota vyjadřující třídu pěstební kvality stromku záporně koreluje s tloušťkou krčku a výškou ($r = -0,41$; $r = -0,42$), z čehož je zřejmé, že s narůstající tloušťkou krčku a výškou se zlepšuje kvalita stromku (1 – nejkvalitnější jedinec). Slabá pozitivní korelace byla naopak zjištěna mezi třídou pěstební kvality a štíhlostním poměrem (u přeštíhlených jedinců je pravděpodobnost vzniku tvarových deformací vyšší).

Úhel větvení kladně koreluje s tloušťkou krčku a výškou, což ukazuje na vodorovněji postavené větve u nižších a slabších jedinců. Jeho korelace s průměrnou šířkou koruny ($r = 0,30$) souvisí pravděpodobně i s pozitivním vlivem záření na délkový růst větví a tím na rozpínavost jedinců do šířky.

Zajímavým výsledkem je statisticky významná negativní korelace mezi úhlem větvení a tvarem stromku ($r = -0,37$), která ukazuje, že kvalitní jedinci s rovným kmenem (třída pěstební kvality 1) mají spíše ostřejší úhel větvení ve druhém přeslenu.

Graf 6 ukazuje vztah mezi tvarem jedince a jeho průměrným přírůstem – je zřejmé, že kvalitnější jedinci lépe přirůstají, než jedinci méně kvalitní.



Graf 6 Vztah mezi třídou pěstební kvality a průměrným přírůstem

5.6. Vztahy charakteristik obnovy a podmínek prostředí

Na charakteristiky přirozené obnovy mají zásadní vliv podmínky prostředí i vztahy vnitrodruhové a mezidruhové konkurence. Význam těchto vztahů ukazuje tabulka 4.

Tabulka 4

Korelační matice (Spearmanův korelační koeficient) závislosti charakteristik obnovy a charakteristik stanoviště

	Spearmanovy korelace; zvýrazněné korelace jsou významné na hl. p < 0,0500												
	L-mat	L-1	L-2	Den.	Op.	FARdir	FARdif	FARtot	BA_mat	zápoj	L+F/H	bor.	mech
krček	0.00	0.23	0.27	-0.21	0.01	0.01	0.05	0.03	0.01	0.04	0.03	0.09	0.13
výška	-0.02	0.12	0.21	-0.21	-0.02	-0.04	-0.02	-0.02	-0.00	0.10	0.08	0.16	0.08
štíhl. p.	-0.06	-0.25	-0.22	0.13	-0.04	-0.05	-0.13	-0.08	-0.11	0.00	0.09	0.06	-0.13
P avg	0.24	0.01	0.01	0.04	0.24	0.18	0.25	0.16	-0.28	-0.35	0.08	-0.01	-0.06
P%	0.37	-0.03	-0.12	0.32	0.38	0.29	0.39	0.24	-0.36	-0.71	-0.05	-0.29	-0.27
Q-avg	0.01	0.15	0.16	-0.18	-0.00	0.00	0.04	0.02	-0.01	0.04	0.07	0.13	0.10
Q%	0.07	0.19	0.14	0.00	-0.02	0.03	0.07	0.03	0.01	-0.10	-0.03	-0.11	0.06
úhel	0.00	0.01	0.08	-0.07	0.01	-0.06	0.00	-0.04	0.02	-0.05	0.00	0.00	0.04
tvar	-0.17	-0.08	-0.09	-0.04	-0.13	-0.15	-0.13	-0.12	0.15	0.22	-0.02	0.02	0.03
L-mat	1.00	-0.10	-0.08	0.19	0.19	0.17	0.21	0.16	-0.26	-0.26	-0.15	-0.41	-0.08
L-1	-0.10	1.00	0.70	-0.25	-0.00	0.03	0.09	0.03	0.09	0.09	-0.05	0.11	0.11
L-2	-0.08	0.70	1.00	-0.35	0.00	0.06	0.11	0.06	0.10	0.16	-0.08	0.13	0.17
Den.	0.19	-0.25	-0.35	1.00	0.36	0.30	0.19	0.30	-0.48	-0.50	0.08	-0.26	-0.25
Op.	0.19	-0.00	0.00	0.36	1.00	0.60	0.89	0.69	-0.46	-0.63	-0.22	-0.03	-0.34
FARdir	0.17	0.03	0.06	0.30	0.60	1.00	0.58	0.92	-0.36	-0.45	-0.28	0.02	0.01
FARdif	0.21	0.09	0.11	0.19	0.89	0.58	1.00	0.65	-0.41	-0.54	-0.21	-0.04	-0.29
FARtot	0.16	0.03	0.06	0.30	0.69	0.92	0.65	1.00	-0.38	-0.42	-0.33	-0.00	-0.00
BA_mat	-0.26	0.09	0.10	-0.48	-0.46	-0.36	-0.41	-0.38	1.00	0.48	-0.24	0.07	0.23
zápoj	-0.26	0.09	0.16	-0.50	-0.63	-0.45	-0.54	-0.42	0.48	1.00	0.04	0.23	0.33
L+F/H	-0.15	-0.05	-0.08	0.08	-0.22	-0.28	-0.21	-0.33	-0.24	0.04	1.00	0.12	0.02
borůvčí	-0.41	0.11	0.13	-0.26	-0.03	0.02	-0.04	-0.00	0.07	0.23	0.12	1.00	0.10
mech	-0.08	0.11	0.17	-0.25	-0.34	0.01	-0.29	-0.00	0.23	0.33	0.02	0.10	1.00

(Pozn. P_avg.: průměrný přírůst; P%: relativní průměrný přírůst; Q_avg: průměrná šířka koruny; Q%: relativní šířka koruny; úhel. větv. úhel větvení v druhém přeslenu; tvar: třída pěstební kvality; L_mat: vzdálenost jedince od mateřského stromu; L_1,L_2: vzdálenosti mezi nejbližšími jedinci obnovy; Den. četnost obnovy; Op. otevřenost zápoje; FAR_{dir,dif,tot}: záření přímé, difúzní, celkové; BA_mat: výčetní kruhová základna; L+F/H: poměr nerozložené a rozložené organické hmoty)

Vliv mateřského porostu a sousedních jedinců přirozené obnovy

Počty kmenů mateřského porostu se na plochách pohybovaly od 350 do 750 ks.ha⁻¹, výčetní kruhová základna od 12,5 do 35,5 m².ha⁻¹. Nejnižší hodnotu výčetní kruhové základny měl mateřský porost na ploše 6.

Průměrný přírůst a relativní průměrný přírůst jedince přirozené obnovy pozitivně korelují s jeho vzdáleností od dospělého stromu ($r = 0,24$ a $r = 0,37$); pouze slabá pozitivní závislost existuje ve vztahu mezi vzdáleností mateřského stromu a četností obnovy ($r = 0,19$).

Výčetní kruhová základna mateřského porostu negativně koreluje s relativním průměrným přírůstem jedinců ($r = - 0,36$).

Relativní průměrný přírůst významně kladně koreluje ($r = 0,32$) s četností obnovy – to znamená, že s rostoucí hustotou obnovy (a konkurenčním bojem mezi sousedními jedinci o světlo) se zvyšuje i přírůst terminálu.

Vzdálenosti mezi nejbližšími sousedními jedinci obnovy slabě pozitivně korelují s tloušťkou krčku ($r = 0,23$; $r = 0,27$), výškou jedince ($r = 0,12$; $r = 0,21$) a průměrnou šířkou koruny ($r = 0,15$; $r = 0,16$), a naopak negativně korelují se štíhlostním poměrem ($r = - 0,25$; $r = - 0,22$).

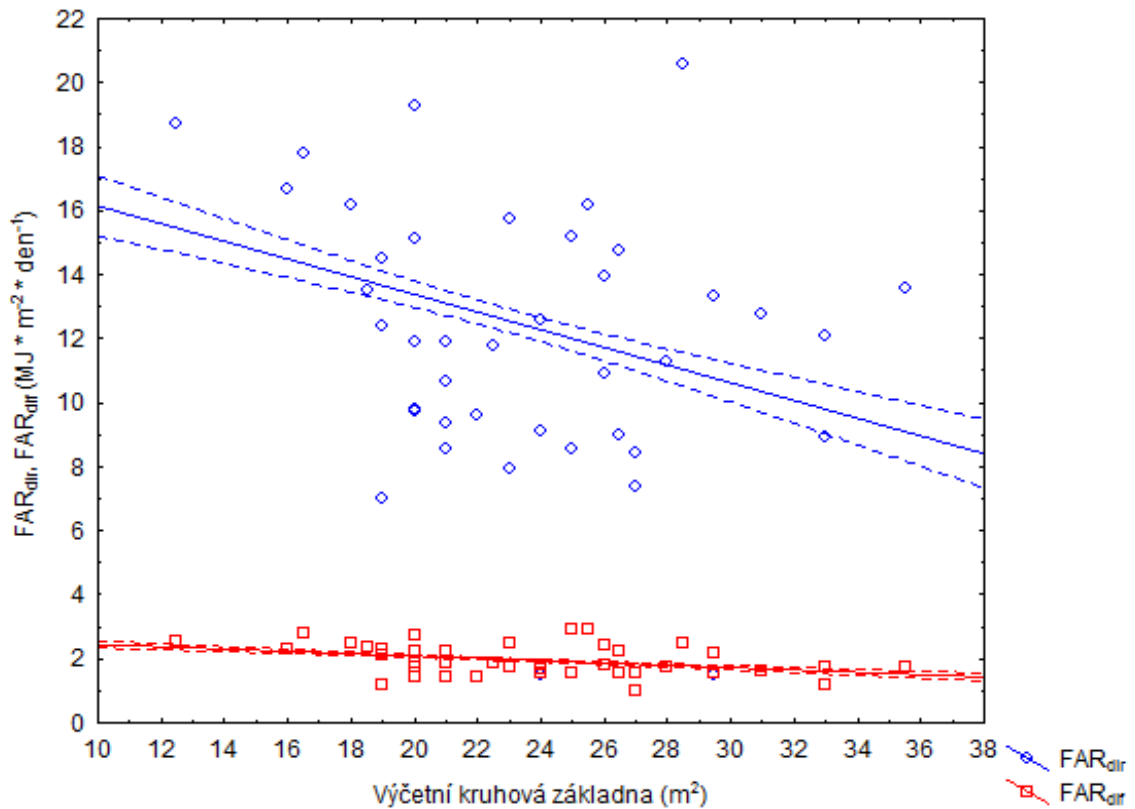
Třída pěstební kvality slabě pozitivně koreluje s výčetní kruhovou základnou ($r = 0,15$), tzn. že s narůstající hodnotou výčetní kruhové základny mateřského porostu se zhoršuje kvalita obnovy.

Třída pěstební kvality slabě negativně koreluje se vzdáleností jedince od mateřského stromu ($r = - 0,17$), z čehož vyplývá, že s rostoucí vzdáleností od mateřského stromu se kvalita jedince zvyšuje.

Vliv světelných poměrů

Světelné poměry na jednotlivých plochách byly charakterizovány zejména množstvím dopadající fotosynteticky aktivní radiace – přímé a difúzní (FAR_{direct} a $FAR_{diffuse}$) a byly ovlivněny zejména zápojem, respektive jeho otevřeností (tzv. openness), a též zásobou mateřského porostu (viz graf 7), vyjádřenou výčetní kruhovou základnou ($m^2 \cdot ha^{-1}$).

(BA_mat: FAR_{direct}: r = -0.3671, p < 0.0001; r² = 0.1348)
 (BA_mat: FAR_{difuse}: r = -0.4138, p < 0.0001; r² = 0.1712)



Graf 7 Vztah mezi FAR_{direct}, FAR_{difuse} a výčetní kruhovou základnou mateřského porostu

Zápoj na sledovaných plochách se pohyboval odhadem od 50 do 80 %, otevřenost zápoje byla naměřena v rozmezí od 11,7 do 32,6 % volné plochy (střední hodnota činila $21,3 \pm 0,6$ %).

Průměrné množství dopadajícího přímého záření FAR_{direct} činilo $12,40 \pm 1,79$ MJ.m².den⁻¹ a na plochách byly jeho hodnoty naměřeny v rozmezí 1,48 – 20,60 MJ.m².den⁻¹, střední hodnota FAR_{difuse} činila $1,85 \pm 0,09$ MJ.m².den⁻¹ a pohybovala se v rozpětí 0,98 – 2,90 MJ.m².den⁻¹.

Nejvyšší hodnoty otevřenosti zápoje i dopadajícího záření FAR_{direct} i FAR_{difuse} byly zjištěny na ploše 6.

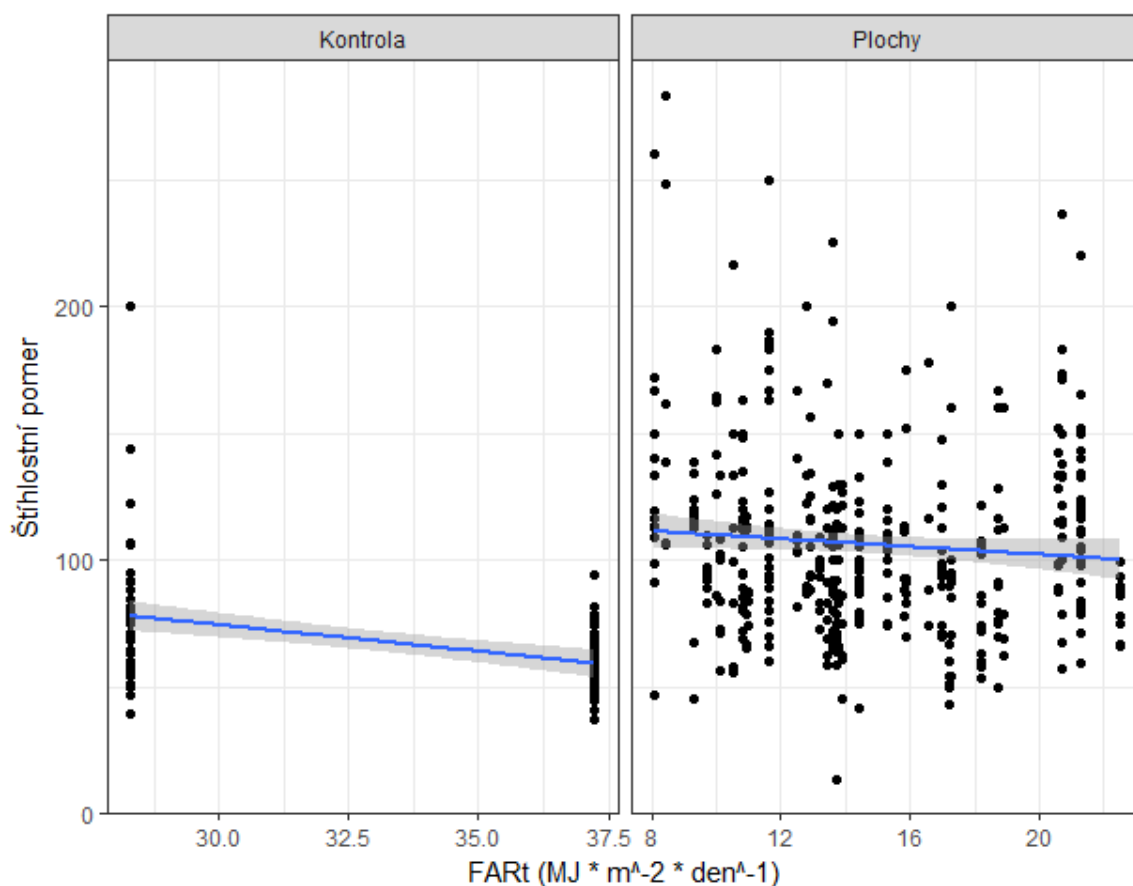
Relativní průměrný přírůst jedinců statisticky významně záporně koreluje s odhadnutým zápojem (r = - 0,71).

Relativní průměrný přírůst je pozitivně ovlivněn i přímým zářením (r = 0,29), difúzní záření jej však ovlivňuje významněji (r = 0,39). Jiné statisticky významné korelace s množstvím dopadajícího záření nebyly zjištěny.

Kvalita obnovy, charakterizovaná třídou pěstební kvality, štíhlostním poměrem a úhlem větvení, byla světelnými poměry stanoviště ovlivněna slabě. Nejvýznamnější pozitivní korelace byla zjištěna mezi hodnotou třídy pěstební kvality a zápojem mateřského porostu ($r = 0,22$) a negativní korelace s přímým zářením FAR_{dir} ($r = - 0,15$). To znamená, že s rostoucím zápojem se zhoršuje kvalita jedinců a naopak s množstvím přímého záření se zvyšuje.

Obdobně slabá negativní závislost byla zjištěna mezi difúzním zářením a štihlostním poměrem ($r = - 0,13$).

(t value = - 2,706; $p < 0,007$)

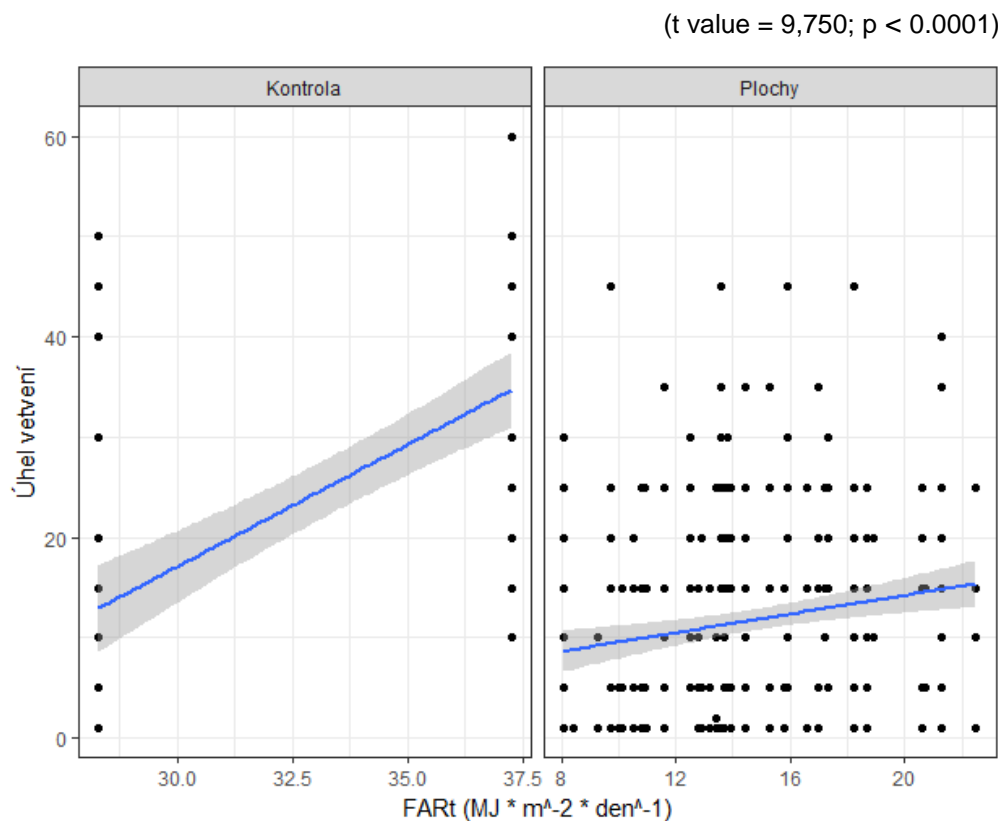


Graf 8 Závislost štihlostního poměru na celkovém záření FAR_{total}

Z grafu 8, zobrazujícího vztah štihlostního poměru jedinců a světelných podmínek prostředí, je patrné, že se štihlostní poměr s množstvím celkového dopadajícího záření zlepšuje. Současně z něj vyplývá, že mezní hodnotou množství světelného záření, které je zapotřebí k dosažení optimální hodnoty štihlostního poměru – za hraniční je

považována hodnota 100 (Novák 2010) – je množství cca $14 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{den}^{-1}$. Naopak jedinci rostoucí na volné ploše, kde je množství světelného záření dostatečné, mezní hodnotu stíhlostního poměru nepřesahují.

Další kvalitativní ukazatelé se světelnými poměry statisticky významně nekorelují. Odhady Spearmanových korelačních koeficientů dosahují nízkých hodnot, např. úhel větvení s otevřeností zápoje nebo s množstvím dopadajícího světla.



Graf 9 Vztah mezi úhlem větvení a celkovým množstvím FAR na plochách v porovnání s kontrolou

Z grafu 9, který zobrazuje vztah úhlu větvení a množství dopadajícího světla $\text{FAR}_{\text{total}}$ na sledovaných plochách v porovnání s kontrolou (volná plocha), je však zřejmé, že intenzita světelného záření ostrost úhlu větvení významně ovlivňuje.

Důvodem našich zjištění může být skutečnost, že světelné poměry působí pod porostem na kvalitu jedince v interakci s dalšími parametry prostředí, např. se vzdáleností od mateřského stromu nebo od sousedních jedinců obnovy, které na volné ploše nepůsobí.

Vliv bylinného patra

Převažujícím bylinným patrem na plochách byly mechy a borůvčí, část pokryvu tvořily lišejníky a brusinka, v omezené míře vřes nebo hrabanka.

Přítomnost mechu negativně koreluje s otevřeností zápoje a s intenzitou slunečního záření, s tím souvisí i jeho negativní vliv na relativní průměrný přírůst ($r = - 0,27$). Relativní průměrný přírůst jedinců obnovy je významně negativně ovlivněn i pokryvností borůvčí ($r = - 0,29$).

Zajímavým výsledkem je významná kladná korelace pokryvu borůvčí a mechu se zápojem ($r = 0,23$ až $0,33$), tento vztah pravděpodobně působí v interakci se zjištěným negativním vlivem zápoje na četnost obnovy.

Vliv půdních podmínek

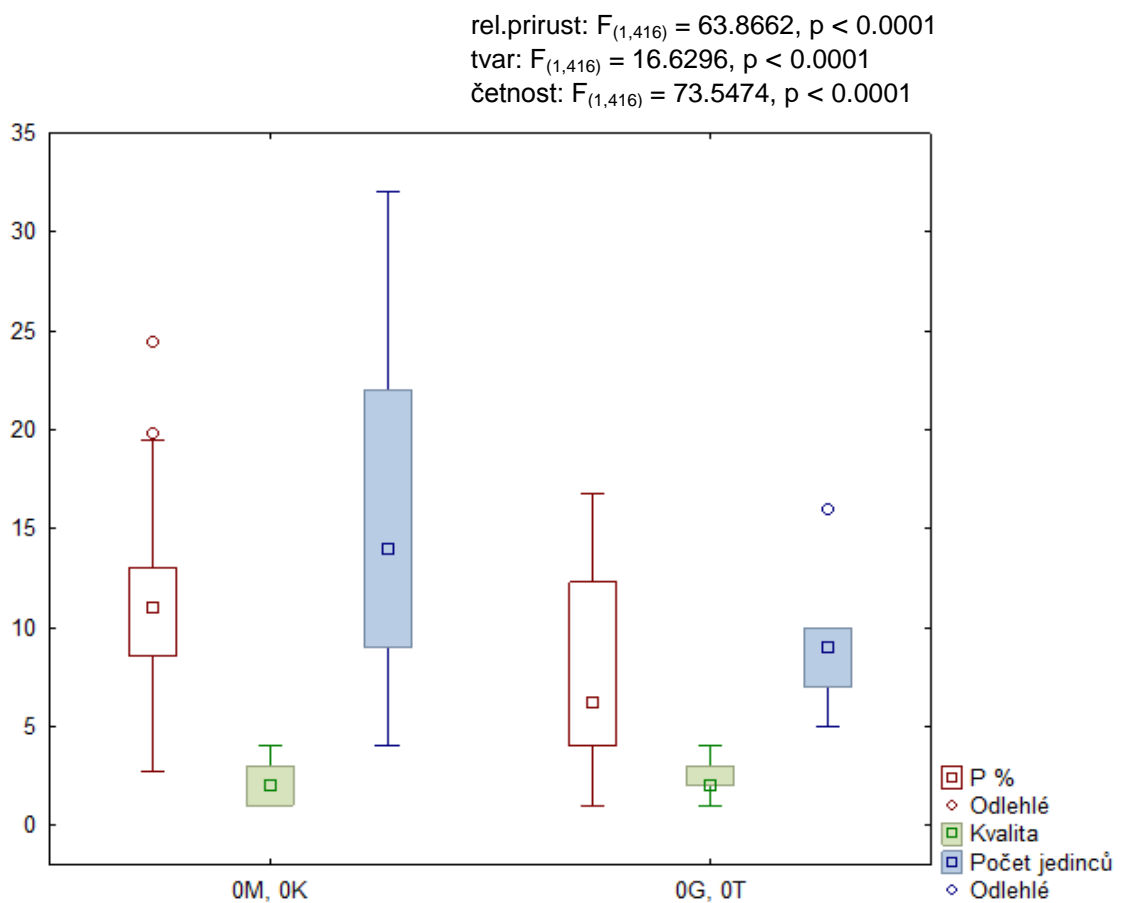
Půdní prostředí sledovaných ploch charakterizuje nadložní humusová forma mor, který je na většině ploch anhydrogenní povahy, pouze na části ploch se nachází jeho hydrogenní forma (hydromor). Mocnost organominerálního horizontu A dosahovala na sledovaných plochách hodnot 1 – 5 cm, nejvyšší hodnoty byly zjištěny na ploše 5. Mocnost tohoto horizontu parametry přirozené obnovy přímo neovlivňovala, neboť zmlazení vzniklo spontánně bez předchozí přípravy půdy.

Poměr vrstev nerozloženého a rozloženého humusu se na plochách pohybuje od 0,4 do 8,5. Vyšší hodnota poměru znamená vyšší mocnost nerozloženého materiálu a tím méně příznivé půdní podmínky pro obnovu. Tento poměr statisticky významně nekoreluje s žádnými kvantitativními a kvalitativními parametry obnovy, koreluje však záporně s celkovým množstvím světelného záření ($r = - 0,33$), tzn. že mocnost nerozloženého materiálu se zvyšujícím se množstvím záření klesá ve prospěch materiálu rozloženého. Tato závislost souvisí zřejmě s lepšími podmínkami k rozkladu opadu (zvýšená aktivita organismů).

Vodou ovlivněná a neovlivněná stanoviště

V grafu 10 jsou naznačeny rozdíly vybraných parametrů přirozené obnovy ve vztahu k typologicky odlišným podmínkám sledovaných ploch. Je zřejmé, že se výrazně liší v četnosti obnovy i v průměrném přírůstu jedinců, naopak rozdíly v kvalitě přirozené obnovy jsou méně výrazné.

Z uvedených zjištění není možné vyvozovat žádné konkrétní závěry, neboť porosty (a počty sledovaných jedinců přirozené obnovy) na vodou neovlivněných SLT 0M a OK výrazně převažovaly.



Graf 10 Porovnání průměrného relativního přírůstu, tříd pěstební kvality a četnosti obnovy na vodou ovlivněných a vodou neovlivněných stanovištích

6. Diskuze

6.1. Četnost obnovy

Počty jedinců (ve výškové třídě 30 cm – 4 m) dosahovaly průměrné hodnoty 2,2 ks.m⁻², tj. 22 000 ks na 1 ha, což představuje dostatečný počet s ohledem na stanovený minimální počet jedinců pro umělou obnovu na těchto stanovištích (8 – 9 tisíc na 1 ha).

Obdobné hodnoty četnosti přirozené obnovy jsou uváděny i dalšími autory (Scott a kol. 2000; Karlsson, Nilsson 2005; Kostohryzová 2016; Sloup, Lehnerová 2016; Vacek a kol. 2016). Za ještě úspěšnou obnovu považují Hyppönen a kol. (2013) a Fernández a kol. (2015) četnost 0,2 – 0,3 ks.m⁻². Nicméně tyto počty mohou časem kolísat. Maximální četnost obnovy 15 ks.m⁻², zjištěná Zerzánem (2008), se po pěti letech autoregulací snížila na 2,5 ks.m².

6.2. Vztahy mezi četnostmi přirozené obnovy a parametry prostředí

Vliv mateřského porostu

Počty jedinců obnovy na našich sledovaných plochách signifikantně negativně korelovaly s odhadnutým zápojem ($r = -0,50$), což odpovídá zjištění, že borovice hůře zmlazuje v zapojených porostech, kde se kromě nízké dostupnosti světla předpokládá i vyšší vrstva nerozloženého opadu (Bucci, Borghetti 1997), což byl případ námi sledovaných ploch.

Četnost obnovy současně pozitivně významně korelovala s (měřenou) otevřeností zápoje ($r = 0,36$), tento vztah uvádějí ve svých studiích i další autoři (Fernández a kol. 2015; Stuver a kol. 2016; Vacek a kol. 2017). Coban a kol. (2016) uvádějí, že hustý zápoj obnovu sice potlačuje, nárůst však může být k zastínění tolerantní po relativně dlouhou dobu (10 – 12 let) a na uvolnění korunového zápoje může reagovat zvýšeným přírůstem (Erefur a kol. 2011). Nicméně za zvláštních podmínek, zejména ve vztahu k přísuškům, může mít korunový zápoj na četnost obnovy pozitivní vliv (Stuver a kol. 2016; Pukkala a kol. 1993), který souvisí s lepším udržováním vlhkosti a dostupnosti půdní vláhy ve svrchních půdních vrstvách.

Negativní korelace četnosti obnovy s výčetní kruhovou základnou mateřského porostu ($r = -0,48$) souvisí zejména s vlivem mateřského porostu na množství dostupného světla (Chantal a kol. 2003a; Stuver a kol. 2016; Kováč a kol. 2017).

Počet jedinců obnovy na našich sledovaných plochách slabě pozitivně koreloval se vzdáleností od mateřského stromu ($r = 0,19$), což uvádějí i Erefur a kol. (2008), kteří

zjistili vyšší počty semenáčků ve vzdálenostech 4 – 6 m od mateřského stromu oproti počtům ve vzdálenosti 1 m. Tento vztah může být způsoben kompeticí s dospělými jedinci (Strand a kol. 2006), která se s věkem obnovy mění a pravděpodobně zvyšuje s narůstajícími požadavky nárůstu ve vyšším věku (Kuuluvainen, Pukkala 1989).

Vliv světelných poměrů

Zjištěná významná pozitivní korelace mezi četností obnovy a přímým a difúzním zářením ($r = 0,30$; $r = 0,19$) se shoduje se zjištěním řady autorů (Erefur a kol. 2008; Mirschel a kol. 2011; Stuver a kol. 2016), z nichž druzí dva považují dostatek světla za zásadní pro jedince s výškou nad 50 cm, přičemž na našich sledovaných plochách četnost jedinců vyšších než 50 cm převažuje.

Bylinné patro

Významnou roli hraje charakter půdního pokryvu. V našem případě převažoval porost borůvky v podrostu s mechem. Četnost jedinců na sledovaných plochách záporně korelovala s pokryvem borůvčí a mechu ($r = - 0,26$; $r = - 0,25$), stejný výsledek je ve vztahu k pokryvu borůvčí uváděn i dalšími autory (Scott a kol. 2000; Mirschel a kol. 2011; Vacek a kol. 2016). Negativní vliv borůvčí a mechu na úspěšnost počátečních stádií přirozené obnovy souvisí pravděpodobně s konkurenčním bojem mezi jedinci obnovy a borůvkám o vodu, živiny a světlo (Dančáková 2008; Mikeska a kol. 2008; Mirschel a kol. 2011) a též s hromaděním surového humusu (Mařan 1952; Plíva, Průša 1969; Bucci, Borghetti 1997; Scott a kol. 2000).

Půdní podmínky

Počty uchycených semenáčků jsou do značné míry ovlivněny přípravou půdy, která úspěšnost obnovy obvykle zvýší (Béland a kol. 2000; Barbeito a kol. 2011; Ulbrichová a kol. 2017). Rovněž bylo zjištěno, že rychlost klíčení v obnažené minerální půdě je signifikantně vyšší než v půdě bez přípravy (Mirschel a kol. 2011). Úspěšnost obnovy je ovlivněna i strukturou půdy (Tegelmark 1998) a množstvím organické hmoty ve svrchní vrstvě půdy (Mirschel a kol. 2011).

Námi sledovaná přirozená obnova vznikla spontánně bez předchozí přípravy půdy, což může být důvodem nízkých počtů stromků na jednotku plochy.

6.3. Kvantitativní charakteristiky jedinců obnovy

Přírůst

Průměrný výškový přírůst 9,3 cm byl o 5 cm nižší, než byl průměrný přírůst zjištěný v lokalitě Doksy (Kostohryzová 2016); rozdíl spočívá pravděpodobně v odlišných průměrných výškách stromků na lokalitách (Třeboň: 108,0 cm, Doksy: 195,6 cm), neboť nižší jedinci přirůstají méně než jedinci vyšší (Chroust 1997; Scott a kol. 2000). Důvodem může být i vyšší počet dospělých stromů na našich sledovaných plochách, což odpovídá zjištění, že se vzrůstající hustotou dospělého porostu přírůst klesá (Nilsson a kol. 2002; Erefur a kol. 2011).

Relativní průměrný přírůst jedinců na sledovaných plochách byl ve srovnání s kontrolními měřeními na volné ploše o 19 % nižší. Tento údaj se liší od zjištění autorů (Erefur a kol., 2011; Metzl, Košulič 2011), kteří uvádějí rozdíl vyšší (25 – 30 %), a může být způsoben větší blízkostí mateřského porostu.

6.4. Kvalitativní charakteristiky jedinců obnovy

Třída pěstební kvality

Do první nebo druhé třídy pěstební kvality byl na sledovaných plochách zařazen převažující podíl jedinců (66 %). Celková kvalita všech hodnocených jedinců je mírně nadprůměrná (třída 2), pouze na stanovištích typologicky zařazených do SLT 0T byla kvalita jedinců nižší (třída 3). Tato zjištění odpovídají výsledkům prací řady autorů (Míchal a kol. 1999; Plíva 2000; Průša 2001; Mikeska a kol. 2008), v nichž se uvádí, že borovice nejlépe odrůstá na stanovištích zařazených do SLT 0K a 0M – tyto SLT na sledovaných plochách převažovaly.

Štíhlostní poměr

Průměrná hodnota štíhlostního poměru v námi sledované lokalitě (100,8) je z hlediska stability porostu vůči působení sněhu považována za hraniční (Novák 2010) a přeštíhlení zároveň způsobuje snížení kvality produkce (Mikeska a kol. 2008). Vysoká hodnota štíhlostního koeficientu je však pro borové mlaziny z přirozené obnovy typická a v nížinných polohách bývá jejich poškození sněhem výjimečné (Chroust 1997).

Úhel větvení

Nejčastější hodnoty námi naměřených úhlů větvení ve druhém přeslenu se pohybují mezi 5° až 15° a tyto nízké hodnoty odpovídají vysokým hodnotám zakmenění 8 – 9, neboť pro úspěšné odrůstání obnovy jsou doporučovány hodnoty nižší: 6 – 4 (Válek, Hron 2016). Nejvyšší průměrné hodnoty úhlu větvení byly zjištěny pouze na ploše 3 (20°) a tento údaj souvisí pravděpodobně s nižší konkurencí dospělých jedinců, neboť zásoba mateřského porostu zde byla oproti porostům na ostatních plochách o něco nižší (300 m³ · ha⁻¹).

6.5. Vzájemné vztahy mezi charakteristikami jedinců

Zjištěné vzájemné silné pozitivní závislosti mezi kvantitativními parametry jedinců, tzn. výšky jedince s tloušťkou krčku ($r = 0,87$) a průměrné šířky koruny jedince s výškou jedince ($r = 0,36$) i s tloušťkou krčku ($r = 0,37$), souvisejí s odrůstáním jedince; zároveň slabě negativně korelují s hustotou obnovy – tyto výsledky odpovídají zjištěním i jiných autorů (Chroust 1997; Sloup, Lehnerová 2016).

Zjištěné statisticky významné negativní korelace mezi tloušťkou krčku a štíhlostním poměrem ($r = - 0,52$) a mezi třídou pěstební kvality ($r = - 0,41$) jsou také ve shodě s předpokladem, že kvalitní jedinci přirozené obnovy mají nižší hodnoty štíhlostního poměru (méně než 100) a s tím související větší tloušťky krčku (Chroust 1997; Mikeska a kol. 2008; Novák 2010).

Zjištěné závislosti mezi úhlem větvení a ostatními charakteristikami jedinců obnovy, např. pozitivní vztah s průměrnou šířkou koruny ($r = 0,30$) a negativní korelace s třídou pěstební kvality ($r = - 0,37$) ukazují, že úhel větvení úzce souvisí se stavbou koruny – kvalitní jedinci mají korunu pyramidálního tvaru (Mařan 1952; Kellomäki, Oker-Blom 1983; Chroust 1997), u níž ostrost úhlu větvení klesá ve směru k nejnižšímu přeslenu (Kellomäki, Oker-Blom 1983).

6.6. Vztahy charakteristik obnovy a podmínek prostředí

Vliv mateřského porostu a sousedních jedinců

Průměrný přírůst jedince pozitivně koreloval ($r = 0,24$) se vzdáleností od dospělého stromu, tento vztah však vysvětluje jen 17 – 44 % odchylek ve výškách jedinců (Strand a kol. 2006), významný vliv je příkládán i množství srážek v předcházejícím roce (Chroust 1997). Výška jedince není přítomností mateřského porostu ovlivněna pouze v prvních čtyřech letech (Erefur a kol. 2008), v dalších letech významně negativně působí konkurence dospělých stromů v mnoha faktorech: v příjmu živin, intercepce

(a snížení množství dostupné vody) nebo negativní vliv kořenových exudátů a výluhu z jehličí dospělých jedinců (Strand a kol. 2006).

Kladná korelace relativního průměrného přírůstu s četností obnovy ($r = 0,32$) souvisí především s konkurenčním bojem mezi sousedními jedinci o světlo.

Výška jedinců obnovy v našem případě slabě pozitivně korelovala se vzdálenostmi mezi dvěma sousedními jedinci ($r = 0,12$; $r = 0,21$), tzn. že se zvyšujícími se vzdálenostmi mezi stromky se jejich výšky zvyšují. Obdobný pozitivní vliv vzdáleností mezi sousedními jedinci byl zjištěn i na tloušťku krčku ($r = 0,23$; $r = 0,27$) a šířku koruny ($r = 0,15$; $r = 0,16$). Naše zjištění odpovídají předchozím výsledkům (Gort a kol. 2010; Sloup, Lehnerová 2016; Ulbrichová a kol. 2017) a souvisejí s konkurenčním bojem jedinců obnovy o světlo, živiny a vodu.

Tvar a velikost koruny může záviset i na cenotickém postavení stromku v porostu (Chroust 1997), nicméně je zřejmě ovlivněna stanovištními poměry. Kellomäki, Oker-Blom (1983) uvádějí, že na strukturu koruny nemá vliv hustota porostu ani pozice stromu v porostu, tento výsledek byl však patrně způsoben nízkými hektarovými počty jedinců v jejich studii.

Průměrná hodnota štíhlostního poměru koreluje záporně se vzdálenostmi mezi dvěma nejbližšími jedinci ($r = -0,25$; $r = -0,22$), tento vztah souvisí s vnitrodruhovou konkurencí (Nárovcová, Nárovec 2013); štíhlostní koeficient může být ovlivněn i vzdáleností od mateřského porostu (Sloup, Lehnerová 2016). Tomu odpovídají i naše kontrolní měření na volné ploše, kde průměrný štíhlostní poměr činil 64,5.

Žádný signifikantní vztah nebyl v našem případě zjištěn mezi úhlem větvení a hustotou obnovy, což odpovídá předpokladu, že úhel větvení je ovlivněn především geneticky a koreluje se stářím větve (Gort a kol. 2010), zároveň souvisí s její délkou a postavením na kmeni (Kellomäki, Oker-Blom 1983). Podle jiných autorů (Mäkinen, Colin 1998) má naopak hustota porostu na úhel větvení vliv, tento vztah však působí v interakci s dalšími faktory.

Vliv světelných poměrů

Zjištěná významná negativní korelace mezi relativním průměrným přírůstem a zápojem ($r = -0,71$) se shoduje s obecně známým vysokým požadavkem borovice na světlo (Chantal a kol. 2003a; Sloup, Lehnerová 2016). Relativní průměrný přírůst koreloval v našem případě pozitivně ($r = 0,29$) s množstvím přímé radiace (FAR_{direct}), vliv difúzního záření ($FAR_{diffuse}$) byl ještě vyšší ($r = 0,39$). Příčina spočívá v efektivnějším

využití difúzního záření jedinci obnovy (Pukkala a kol. 1993), neboť difúzní záření je oproti přímému pod porostem symetričtěji distribuováno.

Kvantitativní parametry jedinců podle výsledků některých autorů obecně pozitivně korelují s množstvím dostupného záření, například výška jedince (Pukkala a kol. 1993) nebo šířka koruny (Chroust 1997; Sloup, Lehnerová 2016); v našem případě však tyto závislosti nebyly statisticky potvrzeny.

Mezní hodnotou množství světelného záření, které bylo zapotřebí k dosažení hraniční hodnoty štíhlostního poměru (100), bylo cca $14 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{den}^{-1}$ (dosaženo v 60 % sledovaných dospělých porostů).

Zjištěné statisticky méně významné vztahy mezi třídou pěstební kvality jedinců a světelnými poměry, např. zvyšující se zápoj kvalitu jedince ovlivňuje negativně a s narůstajícím množstvím přímého a difúzního záření se naopak kvalita jedinců zvyšuje, odpovídají výsledkům mnoha autorů (Polanský 1956; Larcher 1988; Korpel' 1991; Šimerda 2002; Erefur a kol. 2011), že se nároky borových nárostů na množství světla s přibývajícím věkem zvyšují, i když pro dosažení jejich dobré pěstební kvality je zapotřebí udržení dostatečně hustého zápoje porostů (Nárovcová, Nárovec 2013).

Autoři jiných prací (Mäkinen, Colin 1998; Metzl, Košulič 2011) naopak uvádějí, že jedinci rostoucí pod clonou mateřského porostu se vzhledem k jemnému větvení a přímému kmeni jeví jako kvalitnější.

Podle zdroje (Mařan 1952) nelze křivost kmene, rozložitost korun nebo tvorbu silných větví přičítat pouze nevhodným stanovištním podmínkám nebo špatným hospodářským zásahům, ale též genetickým vlastnostem a provenienci semenného materiálu. Optimální parametry stanoviště však mají pro odrůstání přirozené obnovy zásadní význam, neboť o budoucí kvalitě borového porostu je rozhodnuto do období tyčkovin, tj. do 20 – 30 let (Sloup, Lehnerová 2016).

Vliv bylinného patra

Na sledovaných plochách byl zjištěn záporný vztah mezi relativním průměrným přírůstem a pokryvností borůvčí i mechu ($r = - 0,29$; $r = - 0,27$). Vzhledem k závěrům studie (Mirschel a kol. 2011), že výškový přírůst semenáčků je významně ovlivněn kompeticí s borůvčím pouze v případě jedinců menších než 50 cm, lze usuzovat, že omezující vliv na přírůst nesouvisí pravděpodobně jen se stíněním malých jedinců obnovy borůvčím, ale též se zjištěním, že biomasa borůvky, brusinky a vřesu obsahuje látky znemožňující normální rozklad nadložního humusu, čímž dochází k jeho

hromadění (Mařan 1952) a k negativnímu působení na přirozené zmlazení (Bucci, Borghetti 1997; Scott a kol. 2000).

Vliv herbivorů

Kvalita a odrůstání jedince mohou být významně ovlivněny poškozováním kmínku nebo okusem terminálního výhonu zvěří, což významně negativně ovlivní přírůst (Mirschel a kol. 2011; Scott a kol. 2000). Důvodem okusu terminálu je, že jde o obsahem látek a prvků velmi kvalitní energeticky bohaté krmivo pro zvěř (Mikeska a kol. 2008). V našem případě činilo množství stromků s poškozeným terminálem nebo kmínkem (bez stanovení konkrétní příčiny) téměř 12 % sledovaných jedinců, přičemž u kontrolních měření na volné ploše činilo toto množství 27 %. Toto zjištění by mohlo být ve shodě se studií (Erefur a kol. 2008), která potvrdila nižší mortalitu obnovy vlivem predace v blízkosti mateřského stromu a usuzuje, že je způsobena horší viditelností stromků pod porostem pro větší herbivory oproti volné ploše.

Vliv půdních podmínek

V našem případě nebyl zjištěn statisticky významný vliv charakteru půdního prostředí na žádný z parametrů obnovy. Statisticky významně však s množstvím organického materiálu v půdě korelují světelné poměry ($r = -0,21$ až $r = -0,33$), což zřejmě souvisí s dalšími stanovištními faktory, ovlivňujícími rychlost a efektivnost rozkladu opadu, např. s teplotou a vodním režimem (Mirschel a kol. 2011; Chantal a kol. 2003b).

Vliv vodou ovlivněného a vodou neovlivněného stanoviště

Ze vzájemného porovnání vybraných parametrů obnovy (průměrného relativního přírůstu, třídy pěstební kvality a četnosti obnovy) na vodou ovlivněných (0G a 0T) a vodou neovlivněných (0K a 0M) stanovištích vyplývá, že četnost obnovy i její odrůstání jsou úspěšnější na SLT 0M a 0K; tuto skutečnost potvrzují i výsledky dalších autorů (Míchal a kol. 1999; Plíva 2000; Průša 2001; Mikeska a kol. 2008).

Co se týká kvality přirozené obnovy na SLT 0G a 0T, naše výsledky ukazují na nižší třídu pěstební kvality (3), vodorovnější postavení větví (průměrný úhel větvení $1^\circ - 5^\circ$) a vyšší hodnoty štíhlostního poměru u jedinců rostoucích na SLT 0T, což může souviset s méně příznivými stanovištními podmínkami a vyšší hladinou podzemní vody oproti SLT 0G (Míchal a kol. 1999; Mikeska a kol. 2008). Na nízkou potenciální produkci borových porostů na edafické kategorii T upozorňuje Míchal a kol. (1999) a konstatuje, že lesní porosty na těchto podmáčených chudých stanovištích mají spíše charakter lesů ochranných.

7. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnotit v lokalitě Třeboňsko na podmáčených a chudých stanovištích (HS 13, HS 39) přirozenou obnovu borovice pod dospělým porostem z hlediska kvantitativních a kvalitativních parametrů.

Přirozené zmlazení vzniklo spontánně po sněhovém polomu v roce 2006.

Četnost obnovy dosahuje hodnoty 2,2 ks.m², tj. 22 000 ks na 1 ha, a významně ji ovlivňují světelné poměry – negativní korelace byla zjištěna mezi četností obnovy a odhadnutým zápojem mateřského porostu ($r = - 0,50$) a jeho výčetní kruhovou základnou ($r = - 0,48$). Významný pozitivní vliv byl zjištěn ve vztahu četnosti obnovy a přímého a difúzního záření ($r = 0,30$; $r = 0,19$). Počty jedinců obnovy borovice záporně korelovaly s pokryvem borůvčí a mechu ($r = - 0,26$; $r = - 0,25$).

Relativní průměrný výškový přírůst jedinců obnovy kladně koreloval s četností obnovy ($r = 0,32$) a s množstvím přímé radiace (FAR_{direct}) ($r = 0,29$), vliv difúzního záření ($FAR_{diffuse}$) byl ještě vyšší ($r = 0,39$). Průměrný výškový přírůst jedince koreluje kladně i se vzdáleností od dospělého stromu ($r = 0,24$). Naopak záporný vliv na relativní průměrný přírůst měla přítomnost a vyšší pokryvnost borůvčí ($r = - 0,29$). S úspěšností odrůstání jedinců obnovy souvisí zjištěné silné pozitivní závislosti mezi výškou jedince a tloušťkou krčku ($r = 0,87$) a průměrnou šířkou koruny ($r = 0,36$).

K dosažení zjištěné průměrné hodnoty stíhlostního poměru 100,8 bylo zapotřebí cca 14 MJ.m⁻².den⁻¹ světelného záření a toto množství bylo dostupné v 60 % sledovaných dospělých porostů.

Do první nebo druhé třídy pěstební kvality byl na sledovaných plochách zařazen převažující podíl jedinců (66 %). Celková kvalita všech hodnocených jedinců je mírně nadprůměrná (třída 2), pouze na stanovištích typologicky zařazených do SLT 0T byla kvalita jedinců nižší (třída 3).

Pozitivní vztah úhlu větvení ve druhém přeslenu s průměrnou šířkou koruny ($r = 0,30$) a jeho negativní korelace s třídou pěstební kvality ($r = - 0,37$) ukazují, že úhel větvení úzce souvisí se stavbou koruny a ta významně ovlivňuje kvalitu jedince.

U téměř 12 % sledovaných jedinců byl zjištěn poškozený terminál nebo kmínek (bez stanovení konkrétní příčiny), přičemž u kontrolních měření na volné ploše činilo toto množství 27 %.

Mezi charakterem půdního prostředí a četností obnovy nebo jejími parametry nebyla zjištěna přímá závislost.

Porovnání některých parametrů u přirozené obnovy na vodou neovlivněných a vodou ovlivněných stanovištích ukázalo, že četnost obnovy, průměrné výškové přírůsty a kvalita jedinců jsou vyšší na SLT 0K a 0M.

Výsledky naznačují, že přirozená obnova na Třeboňsku může být velmi úspěšná a námi sledovaná přirozená obnova může být kvalitním základem pro vznik produktivních dospělých porostů. Za méně vhodné se jeví využití přirozené obnovy na vodou ovlivněném stanovišti 0T.

8. Seznam literatury a použitých zdrojů

AOPK ČR. [2017]. Správa CHKO Třeboňsko. Charakteristika oblasti [online]. [cit. 7.11.2017]. dostupné: <http://trebonsko.ochranaprirody.cz/>

Albrecht., J. a kol. (2003). Chráněná území ČR, svazek VIII: Českobudějovicko. Praha: AOPK ČR a EkoCentrum Brno. 808 s. ISBN 80-86064-65-4

Aleksandrowicz-Trzcińska, M. (2014). Effects of different methods of site preparation on natural regeneration of *Pinus sylvestris* in Eastern Poland. In: Dendrobiology. 71. s. 73 – 81.

Barbeito, I. a kol. (2011). Regeneration of Mediterranean *Pinus sylvestris* under two alternative shelterwood systems within a multiscale framework. In: Canadian Journal of Forest Research. 41. s. 341 – 351.

Begon, M. a kol. (1997). EKOLOGIE jedinci, populace a společenstva. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého. 1. vyd. 949 s. ISBN 80-7067-695-7

Béland, M. a kol. (2000). Scarification and Seedfall affects Natural Regeneration of Scots Pine Under Two Shelterwood Densities and a Clear-cut in Southern Sweden. In: Scandinavian Journal of Forest Research 15. s. 247 - 255

Beránek, J. (2008). Škůdci borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.). In: Přirozené zmlazování borovice. *Sborník referátů z odborného semináře konaného dne 17.9.2004 v Mimoni*. Kostelec nad Černými Lesy: Lesnická práce s.r.o. s. 33 - 36. ISBN 978-80-02-02070-7

Bezecný, P. a kol. (1992). Pěstování lesů. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda. 1. vyd. 367 s. ISBN 80-209-0222-8

Bílek, L. (2017). Možnosti ekologicky orientovaného pěstování lesů přirozených borových stanovišť. In: Borové hospodářství ve světle klimatických změn a rostoucího významu mimoprodukčních funkcí lesů. *Sborník příspěvků z odborného semináře konaného dne 24.11.2017 v Praze*. Česká lesnická společnost, z.s. Praha. s. 7 - 11. ISBN 978-80-02-02769-0

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

- Coban, S. a kol. (2016). Interactions between canopy cover density and regeneration cores of older saplings in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. In: Forest Systems. 25 (3). e073. 14 s.
- Cregg, B. M., Zhang., J. W. (2001). Physiology and morphology of *Pinus sylvestris* seedlings from diverse sources under cyclic drought stress. In: Forest Ecology and Management. 154. s. 131 – 139.
- Čáp, J. a kol. (2016). Genetická charakterizace významných regionálních populací borovice lesní v České republice. Lesnický průvodce. Praha: VÚLHM Jíloviště - Strnady. 16. 41 s. ISBN 978-80-7417-132-1
- Čermák, P. (2017). Klimatická změna z pohledu ochrany lesa v ČR. In: Adaptace lesů na klimatickou změnu - praktická realizace hospodářských opatření. *Sborník příspěvků a souvisejících textů z odborného semináře konaného 7.9 - 8.9.2017 v Křtinách*. ŠLP Křtiny. s. 31-37.
- Čermák, P. Jankovský, L. (2006). Škody ohryzem, loupáním a následnými chorobami. Monografie. Brno: Lesnická práce, s.r.o. 51 s. ISBN 80-86386-81-3
- Červenský, J. (2017). Náhorní ekotyp borovice: Využití v horských a podhorských oblastech Šumavy. In: Lesnická práce. 4. s. 17 - 19.
- Červený, M. (2012). Hospodaření přírodě blízkým způsobem na revíru Špankov. In: Lesnická práce. 8. s. 21 - 23.
- Česko. [2004]. Ministerstvo zemědělství. Vyhláška č. 139/2004 Sb. Příloha 6: Minimální počty jedinců jednotlivých druhů dřevin na jeden hektar pozemku při obnově lesa a zalesňování (prostokořenný sadební materiál v tis. ks). Praha. [online]. [cit. 24.12.2017] In: Sbírka zákonů České republiky, částka 46. s. 1954 - 1963. Dostupné: http://aplikace.mvcr.cz/sbirkazakonu/SearchResult.aspx?q=139/2004&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy
- Dančáková, H. (2008). Přirozená obnova borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) na hospodářském souboru 13 (přirozená borová stanoviště) u VLS ČR s.p., Divize Mimoň. In: Přirozené zmlazování borovice. *Sborník referátů z odborného semináře konaného dne 17.9.2004 v Mimoně*. Kostelec nad Černými Lesy: Lesnická práce s.r.o. s. 4 - 9. ISBN 978-80-02-02070-7
- Drobník, J., Dvořák, P. (2010). Lesní zákon. Komentář. Praha: Wolters Kluwer ČR. 304 s. ISBN 978-80-7357-425-3

- Dubrovský, M. a kol. (2005). Uncertainties in climate change scenarios for the Czech republic. In: Climate Research .29. (2). s. 139 – 156.
- Erefur, Ch. a kol. (2008). Establishment of direct seeded seedlings of Norway spruce and Scots pine: Effects of stand conditions, orientation and distance with respect to shelter tree, and fertilization. In: Forest Ecology and Management. 255. s. 1186 – 1195.
- Erefur, Ch. a kol. (2011). Establishment of planted Norway spruce and Scots pine seedlings: Effects of light environment, fertilisation, and orientation and distance with respect to shelter trees. In: New Forests. 41. s. 263 – 276.
- Fernández, D. a kol. (2015). Alternative approaches to assessing the natural regeneration of Scots pine in a Mediterranean forest. In: Annals of Forest Science 72. s. 569 – 583.
- García-Abril, A. a kol. (2007). Stand structure, competition and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris*) in a Mediterranean mountainous environment. In: Annals of Forest Science. 64. s. 825 – 830.
- Gort, J. a kol. (2010). Differences in branch characteristics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) genetic entries grown at different spacing. In: Annals for Forest Science. (67). 705. 8 s.
- Heike, K. (2008). Encyklopedie jehličnatých stromů a keřů. 1. vyd. Brno: Computer Press. 246 s. ISBN 978-80-251-1901-3
- Hejnák, V. a kol. (2005). Fyziologie rostlin. Praha: ČZU v Praze. 159 s. ISBN 80-213-1341-2
- Hejný, S. a kol. (1997). Květena České republiky I. Praha: Academia. 2.vyd. 557 s. ISBN 80-200-0643-5
- Hladilin, V. (1997). Borovice JV Šumavy a její pěstování. Vimperk: Správa NP a CHKO Šumava, uprav. vyd. z roku 1982. 68 s.
- Hyppönen M. a kol. (2013). The contradictory role of understory vegetation on the success of Scots pine regeneration. In: Silva Fennica.47 (1).19 s.
- Chantal, M. a kol. (2003a). Early response of *Pinus sylvestris* nad *Picea abies* seedlings to an experimental canopy gap in a boreal spruce forest. In: Forest Ecology and Management. (176). s. 321 - 336.
- Chantal, M. a kol. (2003b). Early Establishment of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* Sown on Freshly Prepared and After Stabilisation. In: Silva Fennica. 37 (1) s. 15 - 30.

- Cheddadi, R. a kol. (2006). Imprints of glacial refugia in the modern genetic diversity of *Pinus sylvestris*. In: Global Ecology and Biogeography. 15. s. 271 - 282.
- Chroust, L. (1997). Ekologie výchovy lesních porostů. Opočno: VÚLHM, Výzkumná stanice Opočno. 277 s. ISBN 80-238-0889-3
- Kacálek, D. a kol. (2017). Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s. r. o. 300 s. ISBN 978-80-7458-102-1
- Karlsson, Nilsson. (2005). The effects of scarification and shelterwood treatments on naturally regenerated seedlings in southern Sweden. In: Forest Ecology and Management. (205). s.183 - 197
- Kellomäki, S., Oker-Blom, P. (1983). Canopy structure and light climate in a young Scots pine stand. In: Silva Fennica. 17. (1). s. 1 – 21.
- Klimo, E. (2000). Lesnická pedologie. 2. vyd. Brno: MZLU v Brně. 259 s. ISBN 80-7157-307 8
- Klimo, E. a kol. (2001). Lesnická ekologie. 2. vyd. Brno: MZLU v Brně. 167 s. ISBN 80-7157-499-6
- Koblížek, J. (2006). Jehličnaté a listnaté dřeviny našich zahrad a parků I. Tišnov: Sursum. 2. vyd. 551 s. ISBN 80-7323-117-4
- Kolbek, J., Chytrý, M. (2010). Suché bory. s. 331 - 340. In: Chytrý, M. a kol. Katalog biotopů České republiky. Praha: AOPK ČR. 2. vyd. 445 s. ISBN 978-80-87457-02-3
- Kopp, G., Lean, J. L. (2011). A new, lower value of total solar irradiance: Evidence and climate significance. In: Geophysical Research Letters. 38. L01706. 7 s.
- Korpel', Š. a kol. (1991). Pestovanie lesa. Bratislava: Príroda. 1. vyd. 465 s. ISBN 80-07-00428-9
- Kostohryzová, A. (2016). Vliv zástinu na přírůst obnovy borovice lesní pod porostem. Diplomová práce. 69 s. [Diplomová práce. ČZU v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská]
- Košulič, M. st. (2004). Jiný pohled na pěstování borových porostů. In: Lesnická práce. 8. s. 32 – 34.
- Kovácz, B. a kol. (2017). Stand structural drivers of microclimate in mature temperate mixed forests. In: Agricultural and Forest Meteorology 234 - 235. s.11 – 21.
- Kučera, T. (1999). Reliktní bory, suťové a roklinové lesy. Praha: AOPK ČR. 27 s. ISBN 80-86064-32-8

- Kučera, T. a kol. (2006). K problematice původu acidofilních borů na Třeboňsku. Biotopy a jejich vegetační interpretace v ČR. Sborník ČBS. Praha. 128 s.
- Kuuluvainen T., Pukkala, T. (1989). Effect of Scots pine seed trees on the density of ground vegetation and tree seedlings. In: *Silva Fennica*. 23. s. 159 - 167.
- Larcher, W. (1988). Fyziologická ekologie rostlin. Praha: Academia. 361 s.
- Lesy ČR, s.p. (2016). Lesní hospodářský plán pro Lesní hospodářský celek Třeboň, platnost od 1.1.2013 do 31.12.2022. [Poskytnuto na základě žádosti].
- Luoma, S. (1997). Geographical pattern in photosynthetic light response of *Pinus sylvestris* in Europe. In: *Functional Ecology* (11). s. 273 - 281.
- Mařan, B. (1952). Povaha prostředí našich borových porostů. In: Pěstování borových porostů. *Soubor příspěvků z pracovních porad o pěstování borových porostů v ČSR v roce 1951*. Nakladatelství Brázda. Praha. s. 7 – 20.
- Matías, L., Jump, A. S. (2012). Interactions between growth, demography and biotic interactions in determining species range limits in a warming world: The case of *Pinus sylvestris*. In: *Forest Ecology and Management* 282. s. 10 - 22.
- Mauer, O. (2009). Zakládání lesů I. Učební text. Brno: MZLU v Brně. 172.s.
- Merlin, M. a kol. (2015). Effects of stand composition and tree size on resistance and resilience to drought in sessile oak and Scots pine. In: *Forest Ecology and Management*. 339. s. 22 – 33.
- Metzl, J., Košulič;M. (2011). 100 otázek a odpovědí k obhospodařování lesa přírodě blízkým způsobem. Brno: FSC ČR, o.s. 105 s. ISBN 80-239-6766-5
- Mezera, A. (1952). Biologie a pěstování borovice obecné *Pinus silvestris*. In: *Pěstování borových porostů. Soubor příspěvků z pracovních porad o pěstování borových porostů v ČSR v roce 1951*. Nakladatelství Brázda. Praha. s. 52 – 82.
- Mikeska, M. (2006). Bory jako potenciální přirozená vegetace. In: *Lesnická práce*. 7. s. 351 – 353.
- Mikeska, M. a kol. (2008). Lesnicko-typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o. 447 s. ISBN 978-80-87154-20-5
- Míchal, I. a kol. (1999). Péče o chráněná území II. Lesní společenstva. Praha: AOPK ČR. 713 s. ISBN 80-86064-14-X

- Ministerstvo zemědělství. (2017). Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2016. [online]. [cit. 7.11.2017]. dostupné:
<http://eagri.cz/public/web/mze/lesy/lesnictvi/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-2016.html>
- Mirschel, F. a kol. (2011). Driving factors for natural tree rejuvenation in anthropogenic pine (*Pinus sylvestris* L.) forests of NE Germany. In: Forest Ecology and Management. 261. s. 683 - 694
- Moravec, J. a kol. (2004). Fytocenologie. Praha: Academia. 1. vyd. 403 s. ISBN 80-200-0128-X
- Musil, I. a kol. (2003). Lesnická dendrologie 1. Jehličnaté dřeviny. Praha: ČZU. 177 s.
- Nárovec, V. (2000). Dicyklický růst výhonů u borovice a nápravná pěstební opatření v nejmladších kulturách. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o. 31 s. ISBN 80-86386-07-4
- Nárovcová, J., Nárovec, V. (2012). Kritéria výběru sadebního materiálu borovice lesní pro stanoviště ohrožovaná suchem. Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce (6). Jíloviště-Strnady: VÚLHM. 36 s. ISBN 978-80-7417-061-4
- Nárovcová, J., Nárovec, V. (2013). Pěstební opatření k udržení kvality borových mlazín. Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce (7). Jíloviště-Strnady: VÚLHM. 32 s. ISBN 978-80-7417-076-8
- Neuhäuslová, Z. a kol. (1998). Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. Textová část. Praha: Academia. 341 s. ISBN 80-200-0687-7
- Nilsson, U. a kol. (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. In: Forest Ecology and Management. 161. s. 133 - 145.
- Novák, J. a kol. (2010). Poškození sněhem na dlouhodobých experimentech s výchovou borovice lesní ve východních Čechách. In: Sněhová kalamita v borovém hospodářství 2010. *Sborník přednášek odborného semináře. VÚLHM, v.v.i. Albrechtice nad Orlicí. 5.3.2010.s. 20 - 29.* ISBN 978-80-7417-028-7
- Novák, J. a kol. (2013). Výchova porostů borovice lesní a poškození sněhem. In: Zprávy lesnického výzkumu. 58. s.147 - 157.

- Palovčíková, D. (2008). Choroby borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.). In: Přirozené zmlazování borovice. *Sborník referátů z odborného semináře konaného dne 17.9.2004 v Mimoní*. Kostelec nad Černými Lesy: Lesnická práce s. r. o. s. 27-32. ISBN 978-80-02-02070-7
- Pařez, J., Chroust L. (1988). Modely výchovy lesních porostů. Lesnický průvodce. 4. Praha: VÚLHM Jíloviště-Strnady. 83 s.
- Peřina, V. a kol. (1964). Přirozená obnova lesních porostů. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 167 s.
- Pešková, V. a kol. (2016). Biotičtí škodliví činitelé na borovici a sucho. Příloha Lesnické práce. 4.
- Plíva, K. (2000). Trvale udržitelné obhospodařování lesů podle souborů lesních typů. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem. 34 s.
- Plíva, K., Průša, E. (1969). Typologické podklady pěstování lesů. Praha: SZN. 1. vyd. 401 s.
- Podrázský, V. (2014). Základy ekologie lesa. Praha: ČZU. 143 s. ISBN 978-80-213-2515-9
- Pokorný, R. (2017). Les a lesní hospodářství pod vlivem klimatické změny. In: *Adaptace lesů na klimatickou změnu - praktická realizace hospodářských opatření. Sborník příspěvků a souvisejících textů z odborného semináře konaného 7. - 8.9.2017 v Křtinách*. s. 3 - 10. ŠLP Křtiny.
- Polanský, B. a kol. (1956). Pěstění lesů III. 1. vyd. Praha: SPN, n.p. 595 s.
- Poleno, Z. a kol. (1994). Lesnický naučný slovník. 1. díl. Praha: Ministerstvo zemědělství. 743 s. ISBN 80-7084-111-7
- Poleno, Z. a kol. (2009). Pěstování lesů III.: Praktické postupy pěstování lesů. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o. 951 s. ISBN 978-80-87154-34-2
- Poleno, Z. a kol. (2011). Pěstování lesů I.: Ekologické základy pěstování lesů. 2. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o. 319 s. ISBN 978-80-87154-99-1
- Pukkala, T. a kol. (1993). Below-Canopy Distribution of Photosynthetically Active Radiation and its Relation to Seedling Growth in a Boreal *Pinus sylvestris* Stand. In: *Scandinavian Journal of Forest Research*. 8. s. 313 – 325.
- Quitt., E. (1971). Klimatické oblasti Československa. *Studia geographica*. 16. Brno: Geografický ústav ČSAV. 64 s.

- Reininger, H. (1997). Hospodaření v lesích kláštera Schlägl. Těžba cílových tloušťek anebo výběr v lese věkových tříd. Překlad Ministerstva zemědělství ČR. Praha: Agrospoj, 120 s.
- Rotter, P. (2017). Drama s otevřeným koncem: Stav lesních půd. In: Adaptace lesů na klimatickou změnu - praktická realizace hospodářských opatření: *Sborník příspěvků a souvisejících textů z odborného semináře konaného 7.9. - 8.9.2017 v Křtinách*. ŠLP Křtiny. s. 11 – 20.
- Salmela, M. J. a kol. (2011). Seasonal patterns of photochemical capacity and spring phenology reveal genetic differentiation among native Scots pine (*Pinus sylvestris*) populations in Scotland. In: *Forest Ecology and Management*. 262. s. 1020 – 1029.
- Sánchez-Salguero, R. a kol. (2015). What drives growth of Scots pine in continental Mediterranean climates: Drought, low temperatures or both? In: *Agricultural and Forest Meteorology*. 206. s. 151 – 162.
- Saniga, M. (2017). Pestovanie lesa. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 330 s. ISBN 978-80-228-2950-2
- Scott, D. a kol. (2000). Regeneration of *Pinus sylvestris* in a natural pinewood in NE Scotland following reduction in grazing by *Cervus elaphus*. In: *Forest Ecology and Management*. 130. s. 199 – 211.
- Schönfelder, O. a kol. (2017). Influence of site conditions and silvicultural practice on the wood density of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) – a case study from the Doksy locality, Czech Republic. *Journal of Forest Science*. 63. (10). s. 457.- 462.
- Slavíková, J. (1986). Ekologie rostlin. 1. vyd. Praha: SPN, n.p. 366 s.
- Slodičák, M. a kol. (2013). Výchova porostů borovice lesní. Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce. 5. Jíloviště-Strnady: VÚLHM. 23 s. ISBN 978-80-7417-069-0
- Slodičák, M., Novák, J. (2011). Pěstování a zakládání porostů borovice lesní. In: Hospodaření na obecním majetku s vysokou rekreační funkcí, využívání přírodních procesů v borových a smrkových porostech nižších poloh. *Sborník přednášek odborného semináře konaného v Doksech 21. – 22. 9. 2011*. VÚLHM: Výzkumná stanice Opočno. s. 27 - 34.
- Sloup, M., Lehnerová, L. (2016). Vliv prvních výchovných zásahů na růst a vývoj borové mlaziny z přirozené obnovy. In: *Zprávy lesnického výzkumu*. 61. s. 213 - 222.
- Souček, J. (2006). Úprava druhové skladby borových porostů. In: *Lesnická práce*. 7. s. 350 – 351.

- Stolina, M., a kol. (1985). Ochrana lesa. Bratislava: Príroda. 480 s.
- Strand, M. a kol. (2006). Height growth of planted conifer seedlings in relation to solar radiation and position in Scots pine shelterwood. In: Forest Ecology and Management. 224. s. 258 – 265.
- Stuiver, B. M. a kol. (2016). Seedling responses to changes in canopy and soil properties during stand development following clear-cutting. In: Forest Ecology and Management. 378. s. 31 – 43.
- Svoboda, P. (1953). Lesní dřeviny a jejich porosty. Část I. 1. vyd. Praha: Brázda, tiskařské závody, n.p. 411 s.
- Šimerda, L. (2002). K úrovňové a podúrovňové výchově a obnově borových porostů. Zakládání porostních směsí aneb o textuře lesních porostů. In: Lesnická práce. 2. s. 74 – 76.
- Šindelář, J. (1992). Proměnlivost borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) na území České a Slovenské republiky z hlediska rajonizace reprodukčního materiálu. Lesnický průvodce. 2. Jíloviště-Strnady: VÚLHM. 58 s.
- Šindelář, J. (1997). Zakládání porostních směsí aneb o textuře lesních porostů. In: Lesnická práce. 7. s. 248 – 250.
- Šindelář, J. (2004). Přirozená obnova borovice lesní. In: Lesnická práce. 8. s. 417 - 419
- Šindelář, J. a kol. (2005). Význam a možnosti využívání původních (autochtonních) populací lesních dřevin v ČR. Lesnický průvodce. 2. Jíloviště-Strnady: VÚLHM. 51 s.
- Tegelmark, D. O. (1998): Site factors as multivariate predictors of the success of natural regeneration in Scots pine forests. In: Forest Ecology and Management. 109. s. 231 – 239.
- Tuma, M. [2008]. Škody způsobené zvěří. Leták Lesní ochranné služby. [online]. [cit. 19.12.2017]. dostupné: http://www.silvarium.cz/images/letakylos/2008/2008_skody_zveri_2.pdf
- Uhlířová, H., Kapitola, P. (2004). Poškození lesních dřevin. 1. vyd. Kostelec nad Černými Lesy: Lesnická práce, s.r.o. 288 s. ISBN 80-86386-56-2
- Ulbrichová, I. a kol. (2017). Vliv zpracování těžebních zbytků na charakteristiky bylinného a keřového patra na přirozených borových stanovištích. In: Zprávy lesnického výzkumu. 62. s. 142 – 152.
- Úradníček, L. a kol. (2001). Dřeviny České republiky. 1. vyd. Písek: Matice lesnická, spol. s.r.o. 333 s. ISBN 80-86271-09-9

Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem. [2012] Oblastní plán rozvoje lesů. Přírodní lesní oblast 15b Třeboňská pánev. Textová část. [online]. [cit. 6.3.2018]. dostupné: <http://www.uhul.cz/ke-stazeni/informace-o-lese/textove-casti>

Vacek, S. a kol. (2007). Obhospodařování bohatě strukturovaných a přírodě blízkých lesů. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o. 447 s. ISBN 978-80-86386-99-7

Vacek, S. a kol. (2016). Structure, regeneration and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands with respect to changing climate and environmental pollution. In: *Silva Fennica*. 50. 21 s.

Vacek, Z. a kol. (2017). Okrajový efekt jako významný faktor ovlivňující přirozenou obnovu borovice lesní. In: *Borové hospodářství ve světle klimatických změn a rostoucího významu mimoprodukčních funkcí lesů. Sborník příspěvků z odborného semináře konaného v Praze dne 24.11.2017.* Česká lesnická společnost, z.s. Praha. s. 23 - 30. ISBN 978-80-02-02769-0

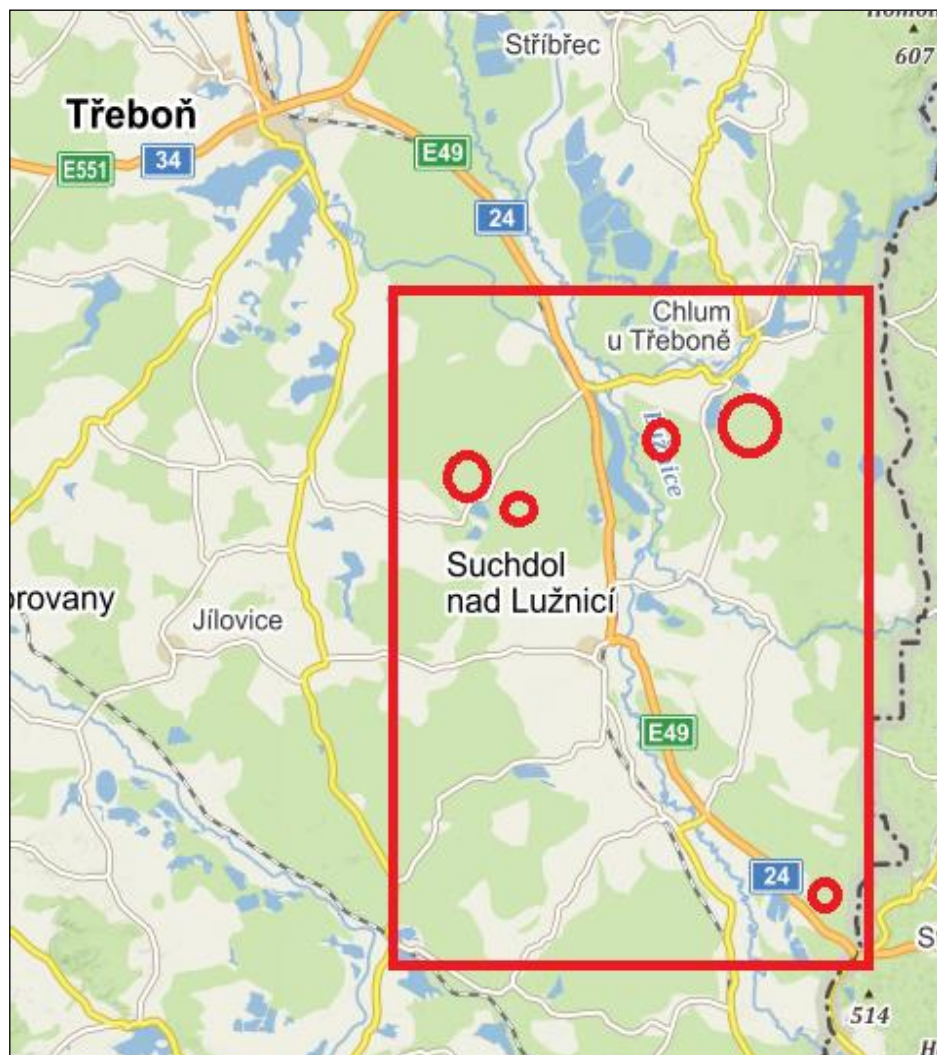
Válek, P., Hron, M. (2016). Pěstování borovice s využitím nepasečných postupů - zkušenosti a výstupy po 10 letech. *Exkurzní průvodce z exkurze konané v Doksech 12.5 - 13.5.2016.* Městské lesy Doksy, s.r.o., Pro Silva Bohemica, p.s. ČLS.

Viewegh, J. a kol. (2003). Czech forest ecosystem classification. In: *Journal of Forest Science*. 49 (2). s. 85 – 93.

Zerzán, M. (2008). Zkušenosti s přirozenou obnovou borovice lesní východočeského ekotypu v lesích města Hradec Králové. In: *Přirozené zmlazování borovice. Sborník referátů z odborného semináře konaného dne 17.9.2004 v Mimoní.* Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce s.r.o. s. 10 - 12. ISBN 978-80-02-02070-7

9. Přílohy

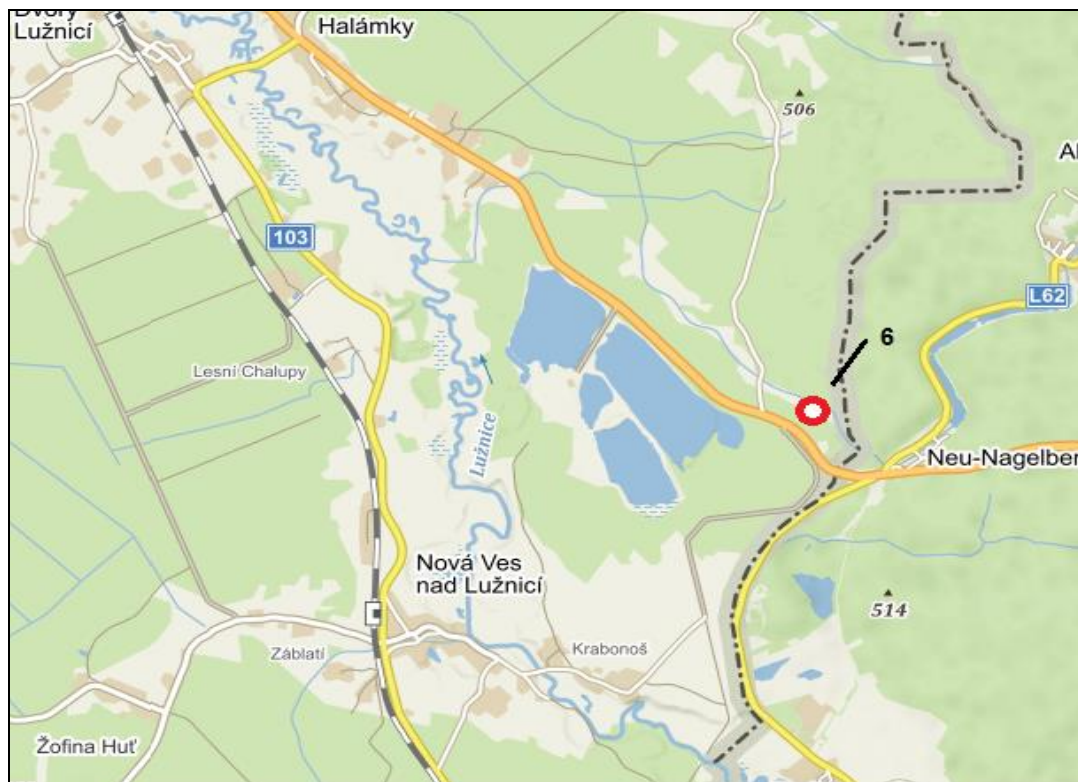
Příloha 1 Orientační zakres sledovaných lokalit



Příloha 2 Orientační zakres umístění zkusných ploch (plochy 1-5,7,8)



Příloha 3 Orientační zakres umístění zkusné plochy 6



Příloha 4 Charakteristiky mateřského porostu na sledovaných plochách

Č. pl.	Porostní skupina	GPS souřadnice		Počet kmenů N/ha	Zápoj %	H (m)	D (m)	Open .	FAR dir.	FAR dif.	Bor . %
1	549 B16	N48°55.545	E14°50.098	600	70	23	28	19,2	13,6	1,7	75
2	550 A11a	N48°55.513	E14°49.994	500	55	21	29	20,9	12,8	1,9	70
3	550 A11	N48°55.484	E14°50.096	750	70	23	30	19,4	11,3	1,8	60
4	539 B13	N48°55.444	E14°50.420	600	70	21	27	15,6	8,6	1,4	45
5	697 A13	N48°55.962	E14°53.669	500	60	24	27	26,7	13,5	2,3	70
6	919 C12	N48°49.558	E14°57.932	350	50	21	28	31,7	17,8	2,5	40
7	763 B12	N48°56.656	E14°55.367	700	70	22	29	18,7	8,9	1,5	90
8	763 B12	N48°56.649	E14°55.260	700	80	18	21	23,3	12,1	1,8	70

(Pozn. H - výška; D – výčetní tloušťka; Open. - otevřenost zápoje; FAR dir. - přímé záření; FAR dif. – difúzní záření; Bor. – pokryv borůvčí)

Příloha 5 Charakteristiky přirozené obnovy na sledovaných plochách

Č. pl.	Počet (ks)	ks.m ⁻²	H (cm)	D (cm)	P_avg	P %	Štíhl. poměr	Úhel vět. v.	Kval.
1	68	2,7	90,0	0,9	6,9	7,7	108,3	15	2
2	44	1,3	93,5	1,2	12,3	12,9	76,6	15	2
3	45	1,6	98,0	1,0	11,6	12,1	93,8	20	2
4	40	1,1	128,0	1,3	9,3	8,7	105,2	5	2
5	49	2,0	141,0	1,3	15,1	10,3	95,5	15	2
6	95	3,4	97,0	1,0	12,0	13,4	106,7	10	2
7	37	1,3	144,0	1,4	6,7	4,9	113,2	1	3
8	40	1,3	130,0	1,4	5,2	4,0	96,0	5	3
K			111,0	1,7		12,8	64,5	25	1

(Pozn. H – výška; D – tloušťka krčku; P_avg. – průměrný přírůst; P% - relativní průměrný přírůst; Úhel vět. v. – úhel větvení ve 2. přeslenu; Kval. – třída pěstební kvality)

Příloha 6 Přirozená obnova na SLT 0G lokalita Cep (vlastní zdroj)



Příloha 7 Přirozená obnova na SLT 0T lokalita Chlum u Třeboně (vlastní zdroj)

