

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesa



**Vliv mikrostanoviště na přirozenou obnovu borovice lesní pod  
clonou mateřského porostu**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Sophie Kolesárová

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

2018

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Sophie Kolesárová

Lesní inženýrství

### Název práce

Vliv mikrostanoviště na přirozenou obnovu borovice lesní pod clonou mateřského porostu

### Název anglicky

The effect of microsite on natural regeneration of Scots pine in the shelter of parent stand

---

### Cíle práce

Cílem práce je vyhodnotit vliv mikrostanoviště na přirozenou obnovu borovice lesní pod clonou mateřského porostu v podmínkách Lesní správy Plasy, Lesy České republiky, s. p. a odvodit pěstební doporučení pro dané stanovištní podmínky.

### Metodika

Získání základního přehledu z publikovaných prací k danému tématu

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

Analýza stanovištních a porostních faktorů a jejich dopad na přirozenou obnovu

Formulování závěrů výzkumu a doporučení pro lesnickou praxi

Doporučený rozsah práce

Minimálně 50 normovaných stran textu bez příloh

Klíčová slova

Borovice lesní, přirozená obnova, mikrostanoviště, podrovní hospodářství

---

Doporučené zdroje informací

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

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 28. 4. 2017

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 2. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 05. 02. 2018

---

### **Čestné prohlášení**

"Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Vliv mikrostanoviště na přirozenou obnovu borovice lesní pod clonou mateřského porostu vypracovala samostatně pod vedením Ing. Lukáš Bílek, 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 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby. "

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

.....

Podpis autora

### ***Poděkování***

Tímto bych chtěla poděkovat především mému vedoucímu práce Ing. Lukáši Bílkovi, Ph.D. a Ing. Ivě Ulbrichové, Ph.D., za jejich ochotu, cenné rady a vstřícný přístup. Mé velké dík patří mé rodině a partnerovi, kteří mě podporovali a byli mi oporou během studia i během zpracování diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat pracovníkům katedry pěstování lesů, kteří mi pomohli se zpracováním některých dat. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat Mgr. Jířímu Trombikovi za pomoc a poskytování rad při zpracování statistické části práce. Děkuji také těm, kteří mou práci četli nebo jinak pomohli k jejímu napsání.

## Abstrakt

Ačkoliv v současné době celkově stoupá zájem lesníků o tzv. přírodě blízké postupy pěstování lesů, u borovice lesní jakožto světlomilné dřeviny je možnostem využití jemnějších postupů obnovy pod porostem věnována poměrně malá pozornost. Proto cílem této diplomové práce bylo vyhodnotit vliv mikrostanoviště na přirozenou obnovu borovice lesní při užití maloplošného clonného postupu a odvodit pěstební doporučení pro dané stanovištní podmínky na revíru Špankov, LS Plasy, LČR, s. p.

Ke sběru dat byly využity trvalé výzkumné plochy (TVP) o výměře  $50 \times 50$  m, které byly založeny v roce 2015 během řešení výzkumného projektu „Zvyšování adaptability borového hospodářství v podmínkách České republiky“. Má práce započala v roce 2017, kdy na stávajících TVP byly založeny a stabilizovány trvalé plochy (TP) o velikosti  $10 \times 20$  m. Jednalo se celkem o tři TP Cílová, TP Pařez, TP Prales, kdy posledně jmenovaná sloužila jako ploch kontrolní bez pěstebních zásahů do horní stromové etáže, a tedy s nejvyšším stupněm zakmenění. S pomocí pásma byla pro každého jedince obnovy a stromové etáže zaznamenána jeho poloha, dále byla pro každého jedince obnovy změřena výšky, tloušťka krčku a stanovena pěstební kvalita. Na subplochách  $2 \times 2$  m byly s pomocí hemisférické fotografie a softwaru Winscanopy stanoveny světelné charakteristiky (přímé, rozptýlené a celkové záření a míra otevření zápoje). Na subplochách  $0,5 \times 0,5$  m byl stanoven převažující typ půdního pokryvu. V programu Statistica 12 byl pro vyhodnocování dat využit Kruskal-Wallisův test pro všechny parametry na hladině významnosti do 0,05.

Největší množství přirozené obnovy borovice bylo zjištěno na TP Cílové (zakmenění 0,7) s 525 jedinci (22 050 ks na ha). Na TP Pařez (zakmenění 0,78) se 141 jedinci (5900 ks na ha). Nejnížší počty přirozené obnovy se nacházely na kontrolní TP Prales (zakmenění 0,9) s 8 jedinci (400 ks na ha). Na TP Cílová a TP Pařez bylo zaznamenáno slabé přimíšení ostatních dřevin. Zejména modřínu na TP Pařez s 10% a na TP Cílové se 7%. TP Cílová měla ještě 7 % přimíšení břízy. Z mikrostanovištních podmínek se jako statisticky průkazná projevila pokryvnost borůvky, která projevila negativní korelaci s počtem jedinců v obnově. Byl potvrzen pozitivní lineární vztah v počtu jedinců na míře otevření zápoje (openess). Na základě párové korelační funkce bylo na studovaných TP zjištěno shlukovité uspořádání přirozené obnovy a jedinců stromové etáže bezprostředně v jejich okolí a ve vzdálenosti 5 – 7 m. Z dosažených výsledků vyplývá, že na plochách s aktivním lesnickým managementem jsou počty jedinců obnovy celkově dostatečné pro zajištění kvalitního následného porostu, nicméně

podíl přimíšených dřevin je spíše nízký pravděpodobně z důvodu zvýšeného tlaku spárkaté zvěře v lokalitě.

Klíčová slova: Borovice lesní, přirozená obnova, mikrostanoviště, podrostní hospodaření

## Abstract

Although at present the interest of foresters in the so called natural approaches to forest silviculture increases, in the case of forest pine as light-emitting wood species, the use of finer methods of restoration under the stand is paid relatively little attention.

Therefore the aim of this diploma thesis was to evaluate the effect of microsite on natural regeneration of Scots pine in the shelter of parent stand and deduce silvicultural recommendations for given habitat conditions in the LS Pasy, LČR, s. p.

To collect data was used the permanent research area 50 x 50m (TVP), which was established in 2015 during the research project "Improving the adaptability of the pine silviculture in the conditions of the Czech Republic". My work started in 2017 when on permanent TVP were established and stabilized permanent areas (TP) of 10 x 20 m. There were a total of three TP Cílová, TP Pařez, TP Prales, where the latter served as control plot without silvicultural intervention of the upper tree level, and thus with the highest degree of stocking. With a meter, the location of each individual of natural regeneration and the tree storey was recorded, and the height, thickness and the growing quality were determined for each individual. On the 2 x 2 m subplots, light characteristics (direct, diffuse, total radiation and openness) were determined by using of hemispheric photography and Winscanopy software. The prevailing type of soil cover was determined on the 0,5 x 0,5 m subplots. In Statistics 12, the Kruskal-Wallis test for all parameters at the significance level was used to evaluate the data to 0.05.

The highest number of natural regeneration was found for TP Cílová (stocking 0.7) with 525 individuals (22,050 per ha). At TP Pařez (stocking 0,78) with 141 individuals (5900 pieces per ha). The lowest natural regeneration were found on the control TP Prales (stocking 0.9) with 8 individuals (400 pieces per ha). TP Cílová and TP Pařez were found to be poor in other species. In particular, larch on TP Pařez with 10% and TP Cílová with 7%. TP Cílová had another 7% birch admixture. From the microenvironment conditions, the coverage of blueberries, which showed a negative correlation with the number of individuals in the natural regeneration, proved to be statistically significant. A positive linear relationship in the number of individuals was confirmed for openness. On the basis of the pair correlation function, the observed TP were found to have a clustered natural regeneration arrangement and trees in the immediate vicinity and at a distance of 5 - 7 m. The results show that in areas with active forest management, the number of natural regeneration units is generally



sufficient to ensure but the proportion of mixed trees is rather low, probably because of the increased pressure of cloven-hoofed game in the locality.

Key words: Scots pine, natural regeneration, microsite, shelterwood management

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Systematika, morfologie, areál, význam a ohrožení borovice lesní</b> .	<b>14</b>
2.1.1	Systematické zařazení.....	14
2.1.2	Morfologie borovice lesní.....	16
2.1.3	Areál rozšíření a výskyt.....	18
2.1.4	Význam borovice lesní v České republice.....	20
2.1.5	Ohrožení borovice lesní v ČR.....	20
2.1.5.1	Abiotické ohrožení.....	20
2.1.5.2	Biotické ohrožení.....	21
2.1.5.2.1	Škůdci borovice lesní.....	22
2.1.5.2.2	Choroby borovice lesní.....	24
<b>2.2</b>	<b>Pěstební postupy borovice lesní</b> .....	<b>25</b>
2.2.1	Výchova.....	25
2.2.2	Obnova.....	27
2.2.2.1	Umělá.....	28
2.2.2.2	Přirozená obnova.....	30
2.2.3	Hospodářské způsoby a jejich obnovní způsoby a postupy.....	33
2.2.3.1	Podrovní.....	36
2.2.3.2	Násečný.....	37
2.2.3.3	Výběrný.....	38
2.2.3.4	Holosečný.....	39
<b>2.3</b>	<b>Hlavní limitující faktory pro přirozenou obnovu borovice lesní</b> ....	<b>40</b>
2.3.1	Světelné podmínky.....	40
2.3.2	Vláhové poměry.....	42
2.3.3	Dostupnost živin a půdní podmínky.....	42
2.3.4	Konkurence přízemní vegetace.....	43
<b>2.4</b>	<b>Popis zkoumaného území</b> .....	<b>45</b>
2.4.1	Charakteristika PLO 6 – Západočeská pahorkatina.....	45
2.4.2	Typologické zařazení.....	46
2.4.3	Geologie a pedologie.....	48
<b>3</b>	<b>METODIKA</b> .....	<b>49</b>
<b>3.1</b>	<b>Výběr a popis lokalit</b> .....	<b>49</b>
<b>3.2</b>	<b>Sběr dat</b> .....	<b>53</b>

3.3	Zpracování dat.....	55
4	VÝSLEDKY .....	56
4.1	Mikrostanovištní charakteristiky.....	56
4.2	Dendrometrické charakteristiky .....	60
4.3	Vztahy mikroklimatu a přirozené obnovy .....	64
4.4	Kompetice mezi obnovou a stromovým patrem .....	67
5	DISKUZE.....	74
5.1	Dendrometrické charakteristiky .....	74
5.2	Vztahy mikroklimatu a přirozené obnovy .....	75
5.2.1	Pokryvnost .....	75
5.2.2	Světlo .....	76
5.3	Kompetice mezi obnovou a stromovým patrem .....	77
6	ZÁVĚR A DOPORUČENÍ PRO LESNICKOU PRAXI.....	79
7	SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	80
8	PŘÍLOHY .....	87

## Seznam obrázků

Obr. 1: Borovice lesní ( <i>Pinus sylvestris</i> ): 1a - větevka s jehlicemi, 1b - samičí šištice před opylením a po něm, 1c - různé typy šišek, 1d - semeno s křídlem, 1d1 - detail báze křídla (kleštičky), 1e - semenáček s jehlicovitými dělohami po vyklíčení a ke konci 1. vegetačního období, 1f - zimní pupen s bázemi jehlic, 1g - srovnání příčných řezů jehlicemi (nahore) a výšek jejich epidermálních buněk (dole), 1h - starší borka: nahore typ želvýho krunýře (široké desky či pláty), dole typ šupinovitý (Musil, Hamerník 2007).....	16
Obr. 2: Schéma kořenového systému borovice lesní (Musil, Hamerník 2007).....	17
Obr. 3: Areál borovice lesní ( <i>Pinus sylvestris</i> ) upraveno dle: Jalas, Suominen, 1972)..	19
Obr. 4: Schéma forem hospodářských způsobů a jejich cílových stavů: hospodářský způsob pasečný (forma: 1 holosečná, 2 násečná, 3 podrostní), výběrný (forma: 4 skupinovitá, 5 stromová) (Korpeľ et al. 1991). ....	34
Obr. 5: Příklady clonných forem obnovy: A - velkoplošná clonná seč, B - skupinová clonná seč, C - pruhová clonná seč (Peřina et al. 1964). ....	36
Obr. 6: Les násečně obhospodařovaný (Korpeľ et al. 1991). ....	37
Obr. 7: Příklady holosečných forem obnovy: A - velkoplošná holá seč s výstavky, B - pruhová holá seč, C - skupinová holá seč (Peřina et al. 1964).....	39
Obr. 8: Přírodní lesní oblast č.6 - Západočeská pahorkatina (UHUL 2013) .....	46
Obr. 9: Typologická mapa a přehled tří zkoumaných trvalých ploch (1 - TP Cílová, 2 - TP Pařez, 3 - TP Prales) ( <a href="http://geoportal.uhul.cz">http://geoportal.uhul.cz</a> ).....	47
Obr. 10: Pedologická mapa (měřítko 1:30 240) ( <a href="http://mapy.geology.cz">mapy.geology.cz</a> ) .....	48
Obr. 11: Geologická mapa (měřítko 1:60 480) ( <a href="http://mapy.geology.cz">mapy.geology.cz</a> ).....	48
Obr. 12: Lokalizace revíru Špankov ( <a href="http://geoportal.uhul.cz">geoportal.uhul.cz</a> ).....	49
Obr. 13: Korunový zápoj na TZP Cílové (1), TZP Pařez (2), TZP Prales (3) před (a) a po těžebním zásahu (b) formou zralostního a zdravotního výběru v horním stromovém patře .....	52
Obr. 14: Způsob rozdělení trvalých ploch (20 x 10 m): na subplochy (2 x 2 m - určování světelnosti) a na další menší subplochy (0,5 x 0,5 m - zjišťování pokryvnosti) .....	54
Obr. 15: Tvorba hemisférických fotek.....	55

## Seznam grafů

Graf 1: Procentuální zastoupení pokryvnosti na jednotlivých trvalých plochách .....	56
Graf 2: Negativní lineární vztah v počtu subploch 0,5 x 0,5 v rámci subploch o velikosti 4 m <sup>2</sup> na míře otevření zápoje (%) .....	57
Graf 3: Skupina krabicových grafů s různou složkou záření srovnávaná na třech TP. (Graf (b) zobrazuje: difúzní složku radiace, Graf (c): přímou sluneční radiaci, Graf (d): celkovou sluneční radiaci). ....	59
Graf 4: Pozitivní lineární vztah míry otevření zápoje na celkovém slunečním záření. ..	60
Graf 5: Počty přirozené obnovy borovice na 4 m <sup>2</sup> na třech TP .....	61
Graf 6: Zastoupení dřevin přirozené obnovy na TP Cílové.....	62
Graf 7: Zastoupení dřevin přirozené obnovy na TP Pařez.....	62
Graf 8: Přehled kvality obnovy na třech TP. ....	63
Graf 9: Zastoupení víceletých a jednoletých stromků přirozené obnovy na TP Cílové a na TP Pařez. ....	63
Graf 10: Průměrné výšky borovice v rámci subploch o velikosti 4 m <sup>2</sup> mezi TP.....	64

Graf 11: Množství přirozené obnovy na subplochách o velikosti 0,5 x 0,5 m (0,25 m <sup>2</sup> ) na různých pokryvnostech (j-jehličí, m-mech, b-borůvka, d-mrtvé dřevo).....	65
Graf 12: Lineární vztah množství obnovy borovice na celkovém slunečním záření.....	66
Graf 13: Negativní lineární vztah výšky na míře otevření zápoje. ....	66
Graf 14: Prostorové rozmístění: 1. graf: přirozené obnovy, 2. graf: pařezů a stromového patra, 3. graf: pokryvnosti (sv. zelená: mech, tm. zelená: borůvka, sv.hnědá: opad, tm. hnědá: mrtvé dřevo, žlutá: tráva) .....	68
Graf 15: Prostorové rozmístění: 1. graf: přirozené obnovy, 2. graf: pařezů a stromového patra, 3. graf: pokryvnosti (sv. zelená: mech, tm. zelená: borůvka, sv.hnědá: opad, tm. hnědá:mrtvé dřevo) .....	69
Graf 16: Prostorové rozmístění: 1. graf: přirozené obnovy, 2. graf: pařezů a stromového patra, 3. graf: pokryvnosti (sv. zelená: mech, tm. zelená: borůvka) .....	70
Graf 17: Horizontální struktura přirozené obnovy borovice vyjádřena pomocí párové korelační funkce. Plocha Prales, byla kvůli nízkému počtu jedinců vyřazena ze prostorových analýzách (d-i). První tři grafy (a,b,c) znázorňují TP, kde byly porovnávány všechny stromy a všechna obnova. Tab. d, e znázorňuje přirozenou obnovu do výšky 10 cm a stromové patro začíná od 150 cm. V Tab. f, g je přirozená obnova ve výšce 10 - 50 cm. V poslední tabulce (h, i) jsou ve stromovém patře pařezy a stromy a přirozená obnova od výšky 50 cm. ....	73

## Seznam tabulek

Tab. 1: Taxonomické zařazení rodu <i>Pinus</i> . ....	15
Tab. 2: Charakteristika hlavních obnovních způsobů (Thomasius, Schmidt 1996). ....	35
Tab. 3: Klimatická charakteristika oblasti MT3 (Quitt 1971). ....	50
Tab. 4: Popis porostu před těžbou nad DBH 4 cm v roce 2015 pro všechny dřeviny a pro borovici (zkratky vysvětleny v další tabulce).....	50
Tab. 5: Popis porostu po těžbě nad DBH 4 cm v roce 2015 pro všechny dřeviny a pro borovici (t – průměrný věk porostu, d– průměrná výčetní tloušťka, h – střední porostní výška (m), h95% – horní výška – 95 % kvantil (m), f – výtvarnice, v – průměrný objem stromu (m <sup>3</sup> ), N – počet stromů na 1 ha, G – výčetní kruhová základna (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> ), V – objem porostu (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> ), h:d – štíhlostní kvocient, CBP – celkový běžný přírůst (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> rok <sup>-1</sup> ), CPP – celkový průměrný přírůst (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> rok <sup>-1</sup> ), COP – celková objemová produkce (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> ), CP – korunová projekce, CC – stupeň zápoje, SDI – relativní index hustoty porostu (zakmenění) .....	51
Tab. 6: Přehled trvalých výzkumných ploch .....	53
Tab. 7: Přehled počtu jedinců přirozené obnovy u borovice a u všech dřevin na jednotlivých TP na subplochu 2x2 m (4 m <sup>2</sup> ) a na hektar. ....	60
Tab. 8: Kruskal - Wallisův test počtu jedinců v závislosti na TP vztahující se ke grafu 5 .....	61
Tab. 9: Statistické vyhodnocení na základě Kruskal - Wallisova testu: průměrné výšky borovice v rámci subploch o velikosti 4 m <sup>2</sup> mezi TP (viz graf 10).....	64

## Seznam použitých zkratek a symbolů

- d – průměrná výčetní tloušťka  
CBP – celkový běžný přírůst  
CC – stupeň zápoje (taxační zápoj)  
CHS – cílový hospodářský soubor  
COP – celkový objemový přírůst (produkce)  
CP – korunová projekce (biologický zápoj)  
CPP – celkový průměrný přírůst  
ČSN – česká státní norma  
DBH – výčetní tloušťka (diameter at breast height)  
f – výtvarnice  
G – výčetní kruhová základna ( $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ )  
h – střední porostní výška (m)  
h95% – horní výška – 95 % kvantil (m)  
h:d – štíhlostní kvocient  
HK – hospodářská kniha  
HS – hospodářský soubor  
CHKO – chráněná krajinná oblast  
LHC – lesní hospodářský celek  
LHP – lesní hospodářský plán  
LVS – lesní vegetační stupeň  
MZD – melioračně zpevňující dřeviny  
PPFD - hustota toku fotonů fotosynteticky aktivního záření ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )  
PPFD diffuse - difúzní složka radiace ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )  
PPFD direct – přímá sluneční radiace ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )  
PPFD total – celková sluneční radiace ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )  
SDI – relativní index hustoty porostu  
Subplocha 0,5 x 0,5 – malé čtvercové plošky uvnitř TP o obsahu 0,25 m<sup>2</sup>  
Subplocha 2 x 2 m - malé čtvercové plošky uvnitř TP o obsahu 4 m<sup>2</sup>  
N – počet stromů na 1 ha  
t – průměrný věk porostu  
TP – trvalá plocha  
TVP – trvalá výzkumná plocha  
v – průměrný objem stromu ( $\text{m}^3$ )  
V – objem porostu ( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ )  
VÚLHM – Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti  
Zkratky názvu dřevin: podle vyhlášky č.84/1996 Sb., příloha č.6

# 1 ÚVOD

Borovice lesní je po smrku druhou nejvýznamnější hospodářskou dřevinou v České republice. Celkem je borovice lesní v ČR zastoupena téměř na jedné pětině lesních porostů. Prakticky na všech stanovištích borů a na některých stanovištích 1. a 2. lesního vegetačního stupně je mnohdy jedinou dřevinou, která je schopna plnit i dřevoproductční funkci. V současnosti je však pozornost směřována nejen na dřevoproductční funkci lesů, ale i na další funkce lesa, např. na funkci rekreační či ochrannou.

Borovice je adaptovaná na velmi široký klimatický rozsah. Je tolerantní především k půdní vlhkosti od stanovišť výsušných až po stanoviště zamokřená. Lesnické hospodaření vyžaduje různorodý přístup jak ve volbě dřevinné skladby, tak i v uplatňování pěstebních postupů obnovy a výchovy lesa. Borovice je však často ve stínu smrku opomíjenou dřevinou.

Standardní výchovné postupy pro systém lesa věkových tříd monokulturního typu jsou dostatečně výzkumně podchyceny a implementovány v doporučeních pro praxi. To se týká především modelů výchovy, diferencovaných dle stanovištních a porostních podmínek a míry antropických zásahů (Slodičák, Novák, 2007).

U maloplošného hospodaření s přirozenou obnovou s delší dobou obměty je pozornost věnována především dřevinám stínomilným a méně pak dřevinám světlomilným. U dřevin světlomilných je nutným předpokladem pro úspěšnost podrostního či výběrného hospodaření daleko výraznější snížení hustoty porostu. Na druhou stranu je s těmito postupy spjata především vyšší stabilita porostů s nižším rizikem velkoplošného kalamitního rozpadu, nižší vstupy do lesního ekosystému zejména během jeho obnovy a celkově vyšší flexibilita hospodaření. Dalšími pozitivními efekty je uplatnění přirozeného výběru (autoregulace) a posílení mimoproductčních funkcí lesa včetně hlediska estetického a hlediska zvyšování biodiverzity (Bílek et al. 2017). Dalším důvodem je globální změna klimatu, které by mohla významně ovlivnit vitalitu, odolnost a stabilitu lesních dřevin. Přirozenou obnovu lesa lze pak zařadit mezi jedno z nejvýznamnějších adaptačních opatření.

Cílem této práce bylo vyhodnotit vliv mikrostanoviště na přirozenou obnovu borovice lesní pod clonnou mateřského porostu v podmínkách Lesní správy Plasy, Lesy České republiky, s. p. a odvodit pěstební doporučení pro dané stanovištní podmínky.

V první části se diplomová práce věnuje literární rešerši, která popisuje borovici lesní, její pěstební postupy, limitující faktory ovlivňující přirozenou obnovu a zkoumané území. V další části je rozebrána metodická část zabývající se výběrem a popisem lokalit, sběrem a zpracováním dat. V závěru práce se pak nachází výsledky, diskuze a závěr s doporučením pro lesnickou praxi.



## 2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 2.1 Systematika, morfologie, areál, význam a ohrožení borovice lesní

#### 2.1.1 Systematické zařazení

Rod *Pinus* je obvykle dělen na 2 podrody (subgenus *Strobus* a subgenus *Pinus*), nověji je dělen podle Businského (1999) podrody na nižší jednotky kolem jednotlivých charakteristických druhů.

**Podrod *Strobus*** přezdívaný jako tzv. „měkké borovice“ se vyznačuje jehlicemi převážně po 5 na brachyblastu. Přejít mezi jarním a letním dřevem je pozvolný. Zahrnuje je skupina „vejmutovek“: *Pinus strobus*, (také *P. monticola*), *P. peuce*, *P. wallichiana* a skupina limb: *P. cembra*, *P. sibirica* (také *P. pumila*, *P. parviflora*, *P. aristata* aj.).

**Podrod *Pinus*** neboli „tvrdé (smolnaté či žluté) borovice“ se vyznačuje jehlicemi rostoucími po 2 až 3 na brachyblastu. Přejít mezi jarním a letním dřevem je náhlý. Podrod *Pinus*, kde jsou jehlice obvykle po 2 na brachyblastu zahrnují skupiny *Pinus sylvestris*, *P. nigra*, *P. heldreichii*, *P. banksiana*, *P. contorta* a *P. mugo* agg. (*P. mugo sensu stricta*, *P. rotundata*, *P. × pseudopumilio* a *P. uncinata*) aj. Podrod *Pinus*, kde jsou jehlice obvykle po (2–)3 na brachyblastu zahrnují skupiny *Pinus ponderosa*, *P. rigida*, *P. jeffreyi* a *P. radiata* aj.

**Druh *Pinus sylvestris* L.** se podle Businského (1999) dále člení na následující 3 poddruhy.

**Poddruh *Pinus sylvestris* subsp. *sylvestris*** roste především v Evropě mimo Krymu. Zahrnujeme sem i *P. sylvestris* subsp. *sylvestris* var. *lapponica*, která se nalézá na severu Skandinávie a sahá až po sz. Sibiř, přibližně severně od 62° s.š.

**Poddruh *Pinus sylvestris* subsp. *hamata*** roste na Krymu, v Malé Asii, v Kavkazské oblasti a v Zakavkazí. Populace borovice lesní nacházející se v kavkazské oblasti se někdy vyčleňují jako drobné druhy *P. sosnowskyi* (šišky jsou narozdíl od naší borovice lesklé, žlutavé, s vypuklými štítky), eventuálně i *P. kochiana* (dorůstá pouze 3–5 m).

**Poddruh *Pinus sylvestris* subsp. *sibirica*** roste především na Sibiři až po sv. Čínu, včetně *P. sylvestris* subsp. *sibirica* var. *mongolica*, která roste v s. Mongolsku, jv. Sibiři a sv. Číně.

Taxonomické zařazení rodu *Pinus* (BioLib) je uvedeno v Tab. 1.

Tab. 1: Taxonomické zařazení rodu *Pinus*.

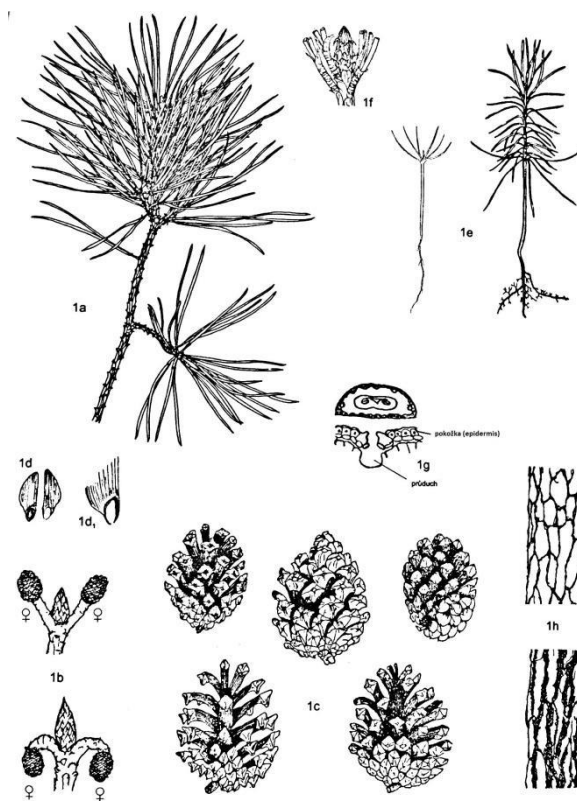
Říše	Rostliny ( <i>Plantae</i> )
Podříše	Cévnaté rostliny ( <i>Tracheobionta</i> )
Oddělení	Nahosemenné ( <i>Pinophyta</i> )
Třída	Jehličnany ( <i>Pinopsida</i> )
Řád	Borovicotvaré ( <i>Pinales</i> )
Čeleď	Borovicovité ( <i>Pinaceae</i> )
Rod	Borovice ( <i>Pinus</i> )

### 2.1.2 Morfologie borovice lesní

Strom zpravidla středních rozměrů, zřídka dorůstající výšky až 45 m s tloušťkou kmene do 100 cm. Dožívá se stáří 300 (500) let (Úradníček et al. 2001). V s. a sv. části evropského areálu je koruna spíše štíhlá s jemným ovětvením a směrem ke střední a jižní části přibývají a nakonec i převažují jedinci s klenutou až deštníkovitou korunou se silnými větvemi.

Letorosty jsou zelenohnědé, později šedohnědé, jednočlámkové tj. jeden přírůst v jednom roce.

Pupeny (Obr. 1) jsou vejčité podlouhlé, spíše špičaté, obalené četnými, blanitými až třásnitými šupinami, většinou nesmolnatými (Svoboda, 1953).



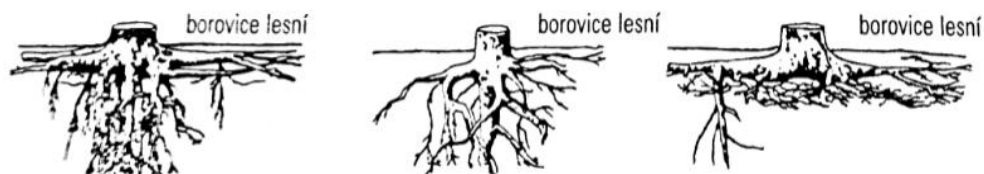
Obr. 1: Borovice lesní (*Pinus sylvestris*): 1a - větevka s jehlicemi, 1b - samičí šištice před opylením a po něm, 1c - různé typy šišek, 1d - semeno s křídlem, 1d1 - detail báze křídla (kleštičky), 1e - semenáček s jehlicovitými dělohami po vyklíčení a ke konci 1. vegetačního období, 1f - zimní pupen s bázemi jehlic, 1g - srovnání příčných řezů jehlicemi (nahore) a výšek jejich epidermálních buněk (dole), 1h - starší borka: nahore typ želvýho krunýře (široké desky či pláty), dole typ šupinovitý (Musil, Hamerník 2007)

Jehlice pravidelně ve svazečku po 2 jsou tuhé, špičaté a pichlavé. Délka jehlic proměnlivá, ale zpravidla 35–50 mm dlouhá a 1,3 až 1,5 mm široká (Svoboda 1953; Musil, Hamerník 2007) Jsou jemně pilovité a často mírně zkroucené v podélné ose. Na průřezu zploštělé, šedozelené, s modravě ojíněnými pruhy průduchů. Opadávají zpravidla po 3 letech.

Kmen je zpravidla přímý (zejména v s. a sv. části areálu), v porostu je koruna nasazena zpravidla v horní čtvrtině. Na stanovištích extrémních mívá ale často kmen křivolaký. V dolní části je borka šedohnědá, silná a rozpukavá a v části horní je rezavě červená či oranžová tence odlupčivá. Hrubší borka je zpravidla lasturovitá, šupinovitá či široce deskovitá. Borovice má jádro a dřevo měkké.

V pahorkatinách a horách hercynské části českých zemí i za jejich hranicemi bývá borovice označována jako borovice Hercynská. Vyznačuje se přímým a průběžným kmenem, úzkou, spíše špičatou korunou a krátkými jemnými větvemi. V karpatské části je pak označována jako (západo)karpatská borovice. Borovice hornorýnská je charakteristická spíše nerovným kmenem, silnými větvemi a ve stáří až deštníkovitou korunou zakřivenou ve směru větru.

Kořenový systém (Obr. 2) je mohutný, zpravidla se zachovalým kulovým kořenem, který sahá do hloubky 1,5 – 3 m (v suchých písčitých půdách i hlouběji). Mnohdy se i boční kořeny růstem obracející směrem dolů. Horizontální kořeny sahají do hloubky 20 cm pod půdní povrch. Na pohyblivých píscích se mohou tvořit i chůdovité kořeny. Kořenový systém velmi dobře kotví nadzemní část v zemi, a proto borovice netrpí vývraty v takové míře jako např. smrk. Je považována za zpevňující dřevinu.



Obr. 2: Schéma kořenového systému borovice lesní (Musil, Hamerník 2007)

Samčí šištice jsou vejcovité, 4–8 mm dlouhé a zpravidla světle žluté. Nejčastěji vyrůstají v dolní části koruny na krátkých bočních větvičkách. Samičí jsou spíše kulovité 5–6 mm dlouhé, obvykle nachové barvy, které se objevují po 1 – 2 na nejvitalnějších koncích výhonů, obvykle v horní části, nebo v jejich osluněných částech.

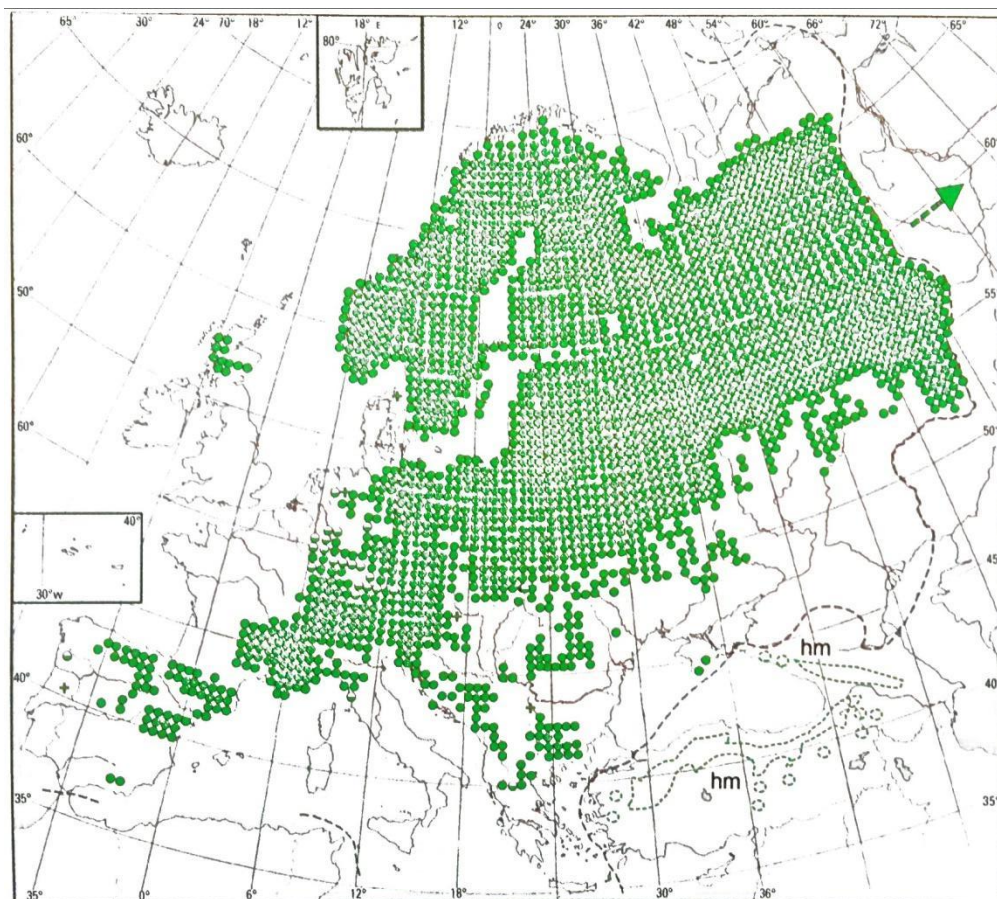
Semena jsou světle hnědá až černá a jsou opatřena “kleštičkovitě” objímavým křídlem (Musil, Hamerník 2007). Schopnost tvorby semen je dosaženo brzy (zpravidla od 30–40 let). Kvete a plodí každý rok, i když s různou intenzitou (květen–červen), kdy můžeme počítat s dobrým semenným rokem obvykle každé 2–4 roky. Semena dozrávají v září – říjnu v následujícím roce a mohou se větrem přemísťovat 100 metrů a dále. Množství semen v semenném roce je cca 0,2 kg na strom, což odpovídá asi 30 000 semenům (700 ks/m<sup>2</sup>). Klíčovitost se pohybuje mezi 70 a 80 % a je tedy ve srovnání s ostatními druhy stromů poměrně vysoká (Bäbler 2003).

Borovice lesní nemá schopnost tvořit výmladky a nezakořeňuje ani z řízků. Nemá žádné rezervní spící pupeny a proto vylámané nebo poškozené pupeny, už nenahradí (Chmelař 1981).

### **2.1.3 Areál rozšíření a výskyt**

Borovice lesní má mezi stromovitými dřevinami nejrozsáhlejší areál (viz Obr. 3) Rozkládá se od jižní části Španělska až po Severní polární kruh, celých 2 700 km (Musil, Hamerník 2007) a od východu na západ přes Asii a Evropu cca 14 000 km s těžištěm výskytu v severní Asii. (Volosyanchuk 2002).

Ve střední Evropě rozlišujeme tři skupiny reliktních borů. Kontinentální východoevropské až jihosibiřské bory, reliktní bory (od Balkánu až po předhůří Alp) a oligotrofní bory (Mikeska 2006). Vertikálně roste od 0–2100 m n.m., s kavkazskými typy až 2600 m n.m. V severní oblasti je dřevinou nížin a na jihu zpravidla dřevinou horskou (např. ve Španělsku sahá až do 2200 m n.m.) (Musil, Hamerník 2007).



Obr. 3: Areál borovice lesní (*Pinus sylvestris*) upraveno dle: Jalas, Suominen, 1972)

Původní rozšíření má v ČR v mezofytiku, v horských polohách se vyskytuje jen roztroušeně (výškového maxima dosahuje na Šumavě u Plešného jezera v 1070 m n.m.) a ojediněle je zastoupena v termofytiku. Autochtonní porosty borovice lesní se u nás nyní vyskytují jen ostrůvkovitě na extrémních reliktních stanovištích. Můžeme je nalézt na skalnatých ostrožinách, na balvanitých svazích, na sutích, štěrcích, píscích a na některých částečně zpevněných písčných přesypech, na loklilitách často suchých a mělkých, ale i vlhkých lemech rašelinišť. Nejnižse se nachází v oblasti doubrav v Polabí na nízkých terasách tvořených chudými vátými písky. Dále je přirozeně najdeme na balvanitých svazích a sutích Šumavy, na hadcích Slavkovského lesa a Českomoravské vrchoviny, na píscích a zrašeliných půdách Třeboňska, na pískovcových skalách a ve skalních městech severních a severovýchodních Čech. Přirozené porosty borovice se dále vyskytují na skalnatých výspách a příkrých stráních zaříznutých údolí řek Dyje, Jihlavy, Oslavy a Rokytne, nachází se na sutích Hrubého jeseníku, na výspách Dražanské vrchoviny a na vápencových skalách v jižní části Moravy (Musil, Hamerník 2007).

#### **2.1.4 Význam borovice lesní v České republice**

Borovice je v České republice druhým lesnickým nejvýznamnějším jehličnanem po smrku ztepilém. Dřevo je měkké, lehké a pružné, ale méně houževnaté a křehčí než smrkové. Je více nestejněměrné a hůře štěpné než smrkové, ale bohatě pryskyřičnaté, a tudíž je trvanlivé ve vodě a poněkud méně na suchu (Svoboda, 1953; Musil, Hamerník 2007). Velkou nevýhodou při obrábění a broušení je silné zanášení nástrojů či brusiva (Patričný 2005). Dřevo rozlišené na jádro a běl poskytuje výborný materiál stavební a truhlářský (Úředníček et al. 2001). Využívá se jako vláknina, pilařská kulatina, telegrafní sloupy apod. (Musil, Hamerník 2007). Díky odolnosti se borové dřevo dodnes používá zejména na okna a dveře, včetně ráků. Také se dobře uplatní na trámoví, podvaly a podložky pod podlahy. Borovice přijímá mořidla a nátěry hůře než smrk. Jádrová část dřeva se hůře lepí (Patričný 2005).

Na extrémních stanovištích má půdoochranné a rekultivační schopnosti. Využití má i v sadovnictví a u výsadeb podél komunikací (není vhodná jen v prostředí průmyslových oblastí a větších měst) (Musil, Hamerník 2007). V lidovém léčitelství se používá nálev z pupenů, který při bronchiálních katarách podporuje odhlehování, působí též močopudně a ve formě koupelí zlepšuje prokrvení. Borovice uvolňuje fytoncidní látky, které mají příznivý vliv na zdraví (Úředníček et al. 2001). Terpentýnová silice získávaná ze dřeva se využívá v aromaterapii, přidává se do antirevmatických masťů a používá se i k inhalačním účelům. Borové jehličí poskytuje borový olej (*oleum pini sylvestris*) (Wagenfuhr 2002). V minulosti se z macerovaných čerstvých jehlic připravovalo tkanivo, které sloužilo k výrobě kobereců, pokrývek (Leugnerová 2007).

#### **2.1.5 Ohrožení borovice lesní v ČR**

##### **2.1.5.1 Abiotické ohrožení**

Borovice je velmi odolná v růstu na velmi suchých nebo naopak na trvale zamokřených půdách. Díky hlubokým kořenům může čerpat vodu i z větších hloubek, a tak jí běžné sucho, kdy voda chybí na povrchu, nebo těsně pod povrchem, neublíží (Musil, Hamerník, 2007).

I přesto, že je za běžných okolností přizpůsobena suchu, dlouhodobé výkyvy tato dřevina moc dobře nesnáší. Pokud je extrémní sucho a dojde k poklesu hladiny spodní vody, může to být zásadním faktorem pro její přežití.

V posledních letech dochází na řadě lokalit ke jejímu kalamitnímu prosychání. K usychání borovic dochází prakticky všude, hlavně na přirozeně sušších lokalitách, nápadné je především na jižně či západně exponovaných stanovištích. Borovice odumírají ve všech věkových třídách – od semenáčků z přirozeného zmlazení přes výsadby a zajištěné kultury až po mytné porosty (Soukup, Pešková 2004).

Zatížení borových porostů se bude pravděpodobně zvyšovat. Důvodem jsou klimatické změny, které se začínají postupně projevovat ve změně rozložení srážek v průběhu roku. Dalším indikátorem je patrně nárůst počtu a intenzity extrémních srážek (více než 150mm/den). Přívalové srážky se dostanou sotva pod povrch půdy a rychle odtečou a sníží velikost doplňování zásob podzemní vody (Soukalová, Ježík 2015).

Z abiotických činitelů je pro křehké dřevo borovice jedna z velkých hrozeb sních s jinovatkou, která má vliv na časté vrcholové zlomy (Úradníček, Riedmiller 2009). Na mnohých stanovištích ovlivněných vodou není ani příliš odolná vůči větru (Poleno, Vacek 2009).

Dále borovice nensáší znečištěné prostředí průmyslových oblastí a větších měst (Musil, Hamerník, 2007). Na extrémních stanovištích v režimu bezzásahovosti je z přírůstu stromů vidět, že velkou zátěží pro borovici je v případě společného působení zvýšené koncentrace SO<sub>2</sub> a extrémně suchého a teplého průběhu počasí (Vacek et al. 2017).

#### **2.1.5.2 Biotické ohrožení**

Množství evidovaného borového dříví napadeného podkorním hmyzem se v roce 2016 pohybovalo kolem 15 000 m<sup>3</sup>. Houbové choroby závisí do značné míry na počasí a sypavky na borovici působené houbami *Lophodermium pinastri* a *L. seditiosum* byly v r. 2016 zaznamenány na ploše cca 2000 ha. Škody zvěří představují závažný problém a zejména v Plzeňském kraji jsou jedny z nejrozsáhlejších (cca 4 mil. Kč). Celkově se tento stav zhoršuje (Zelená zpáva 2016). V porovnání s ostatními dřevinami, ale borovice na okus zvěří trpí méně (Poleno, Vacek 2009) a pokud bývá poškozována tak pouze v mládí, kdy má ještě hladkou kůru (Úradníček, Riedmiller 2009). Borovice má



určitou výhodu tím, že po loupání netrpí hnilobou, rány jsou obvykle relativně rychle zavaleny. Reakcí na loupání, ale dochází k významnému poklesu kvality dříví (Červený 2009).

#### 2.1.5.2.1 Škůdci borovice lesní

Dřevina patří k jednomu z nejsvětlo milnějších taxonů, a proto během svého vývoje hostí mnohem více hmyzích druhů než naše ostatní jehličnaté dřeviny. V této podkapitole jsou podrobněji popsány škůdci napadající mladší borové porosty.

Až totální mortalitu mohou způsobit při vzcházení nebo u vzešlých semenáčků **ponravy** (larvy listorohých brouků) **chroustů** (*Melolontha* spp.), které svým žírem poškozují kořenový systém, a **housesky osenic** (*Agrotis* spp.) ožírající právě vzešlé semenáčky (Beránek 2008).

Starší stromky cca 2-5 let staré bývají napadány **ploskohřbetkou sazenicovou** (*Acantholyda hieroglyphica* Christ.). Housesnice ožírají borovičky od vrcholku, kdy ponechávají pouze kratičké pahýlky jehlic (Beránek 2008). Defoliace je sice nápadná, ale zpravidla zdravotní stav poškozených jedinců příliš neovlivňuje (Holuša, Liška 2005).

Jedna z nejnápadnějších skupin škůdců jsou **štítenky**. Častými druhy jsou štítenka borová (*Leucaspis pini* Hart.), štítenka sosnová (*L. pusilla* Löw), štítenka obecná (*L. loewi* Colvé) nebo štítenka *Mytilococcus* (či *Lepidosaphes*) *newsteadi* Šulc. Jedná se o savý hmyz, který svým sáním způsobuje opadávání jehlic. Při silném napadení může dojít i k odumírání větviček nebo celých větví.

Další druh, který na sebe upozorní svou barvou je **korovnice borová** (*Pineus pini* L.). Včetně jehlic saje také na větvičkách nebo kmíncích. Napadané jehlice se zbarvují do žlutohněda a v místě sání se obvykle lámou. V případě silného postižení jehlice opadávají, popřípadě mohou odumřít celé výhonky.

**Klikoroh borový** (*Hylobius abietis* L.) a **lýkohub borový** (*Hylastes ater* Payk.) se na mladých jedincích z přirozené obnovy vyskytují jen zřídka. U umělých výsadb brouci svým zralostním (mladí brouci) a regeneračním (staří brouci) žírem v okolí kořenového krčku sazenic (cca 3-10 letých) mohou výrazně ohrozit jejich zdravotní stav. V důsledku napadení poškozené sazenice roní pryskyřici nebo se kříví. Při silném napadení kmínku stromky většinou hynou (Beránek 2008).

Další škůdci na základě Křížtka et al. (2002) jsou zobrazeny níže.

### **Přehled škůdců napadající jehličí borovice**

Bejlmorka borová (*Thecodiplosis brachyntera*)

Tmavoskvrnáč borový (*Bupalus piniarius*)

Obaleč prýtový (*Rhyacionia buoliana*)

Obaleč pryskyřičný (*Retinia resinella*)

Bourovec borový (*Dendrolimus pini*)

Bekyně mniška (*Lymantria monacha*)

Sosnokaz borový (*Panolis flammea*)

Lišaj borový (*Sphinx pinastri*)

Hřebenule ryšavá (*Neodiprion sertifer*)

Hřebenule borová (*Diprion pini*)

Ploskohřbetka sosnová (*Acantholyda nemoralis*)

### **Přehled škůdců žijících v lýku borovice**

Smolák mlazinový (*Pissodes notatus*)

Smolák sosnový (*Pissodes pini*)

Smolák borový (*Pissodes piniphillus*)

Lýkožrout borový (*Ips sexdentatus*)

Lýkožrout dvojjzubý (*Pityogenes bidentatus*)

Lýkožrout čtyřzubý (*Pityogenes quadridens*)

Lýkožrout vrcholkový (*Ips acuminatus*)

Lýkohub sosnový (*Tomicus piniperda*)

Lýkohub menší (*Tomicus minor*)

Krasic borový (*Melanophila cyanea*)

Kozlíček dazule (*Acanthocinus aedilis*)

Tesařík korový (*Rhagium inquisitor*)

Tesařík borový (*Spondylis buprestoides*)

### 2.1.5.2.2 Choroby borovice lesní

Projevy ztráty asimilačního aparátu borovic jsou označovány jako sypavky. Mezi původce nejčastěji patří **sypavka borová**, kterou způsobuje houba skulinatec borový *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chev., nebo *Lophodermium seditiosum* Minter, Staley et Millar. Jejich vývoj stejně tak jako u ostatních sypavek podporuje zvýšená vlhkost prostředí (Jankovský 2003). Tyto podmínky se vyskytují především na záhonech ve školkách (Šrůtka 2003) a mohou mladé borovice velmi ohrozit, zejména ty, které ještě nejsou odrostlé přízemní vrstvě vegetace. Zvýšený výskyt nastává zejména v důsledku nedodržení technologie ochrany, v kulturách dochází k zavlečení vesměs s infikovaným sadebním materiálem (Jankovský 2003).

Starší borové porosty sypavkou rovněž velmi trpí, nicméně pokud jsou sazenice již dobře zakořeněné a bez útlaku buřeně, nákazu většinou překonají (Jankovský 2003).

**Rez sosnokrut** (*Melampsora pinitorqua* Rostr.) se řadí mezi naše významné parazitické houby. Nejvíce ohroženy jsou mladé borovice ve školkách a výsadbách, které mohou při silné a opakované nákaze i zcela odumřít. V případě že přežijí, zůstávají trvale poškozeny růstovými deformacemi (esovitě zkroucení, rozkošatění a metlovitost, snížená kvalita dřeva) (Soukup 1999).

**Václavka smrková** (*Armillaria ostoyae* (Romagn.) je nejrozšířenějším druhem na našem území. Je odpovědná za převážnou většinu kořenových hnilob, působených václavkami ve středních a nižších polohách na smrku, ale také na borovici. Zcela běžně se vyskytuje i na dalších listnatých a jehličnatých dřevinách, i když na našem území na těchto dřevinách nepůsobí významnější škody (Jančařík, Jankovský 1999).

**Sphaeropsis sapinea** (Fr.) Dyko et Sutton je houbou patogen zjištěný na borovicích (na více než 35 druzích rodu *Pinus*). Často se setkáváme s nápadným prosycháním borovice černé (*Pinus nigra*). Může se vyskytovat ale i na dalších jehličnanech. Jeho škodlivost vzrůstá v teplejších krajích (Soukup, Pešková 2004). Vlivem vhodných podmínek se patogen rozšířil prakticky na celé území ČR. Patogen způsobuje poškození na různých částech stromu ve všech vývojových stadiích. Je přenosný osivem, který následně způsobuje hniloby semen, redukce klíčení, zahnívání nově vznikajících kořínků a padání mladých semenáčků. Na starších semenáčcích způsobuje hniloby kořenového krčku a mladých letorostů (Zapletalová, Bajerová 2012).

I když houba **kornice borová** (*Cenangium ferruginosum*) bývá zpravidla označována za slabého, popřípadě příležitostného parazita, dokáže občas způsobit i odumírání borovic ve velkém rozsahu. Je schopná se rychle aktivizovat a prosadit na oslabených borovicích (nejčastěji suchem), a ty pak i zahubit. Mnohem častěji se s touto houbou setkáme ve starších borových porostech, kde působí odumírání jednotlivých větví, či jednotlivých borovic krátce po výsadbě (Pešková, Soukup 2011).

Ve středním věku a vyšším věku je napadána **rzí borovou** vyvolané dvěma druhy rzí *Cronartium asclepiadeum* a *Endocronartium pini*. Nejnápadněji vystupuje na starších borovicích, kde vrcholek zasychá a odumírá. Na bázi dochází i k silnému výronu pryskyřice a k prosmolení kůry i povrchové části dřeva (Poleno, Vacek 2009).

## 2.2 Pěstební postupy borovice lesní

Největší současné zastoupení má borovice v ČR v cílovém hospodářském souboru 23 (kyselá stanoviště nižších poloh), kde základními soubory lesních typů jsou ty, které odpovídají edafickým kategoriím K a M (kyselá a chudá) a dále pak okrajově typy S a C (bohatší a vysychavá stanoviště). Zaujímá plochu skoro 200 tis. ha, což je cca 44 % z celkového zastoupení borovice. Dalším významným CHS, kde je borovice převládající dřevinou, se nachází na oglejených chudých půdách nižších a středních poloh v souboru 27. Vhodné podmínky má i na souboru 13 (přirozená borová stanoviště), na stanovištích 21 (exponovaná stanoviště nižších poloh) a 39 (podmáčená chudá stanoviště) (Poleno, Vacek 2009).

Hospodářsky významné porosty vytváří jen v několika oblastech jejího výskytu (středočeská, severočeská, jihočeská, východočeská, západočeská a jihomoravská) (Mikeska, Vacek et al. 2008).

### 2.2.1 Výchova

Jak už bylo zmíněno v kapitole světelné podmínky, borovice je slunná dřevina, která se vyznačuje rychlým výškovým vývojem v mládí. Kulminace běžného ročního výškového přírůstu dosahuje při dobrých růstových podmínkách mezi 10. a 15. rokem. Relativně brzy kulminuje i běžný objemový přírůst (obvykle ve třetím desetiletí věku). Borovice je houževnatá vůči mrazu a okusem zvěře trpí méně. Je to dřevina

přizpůsobivá, kde nejlepší produkce dosahuje na lehkých hlinitopísčitých půdách. (Poleno, Vacek 2009).

Při náhlém uvolnění se zvýšeným množstvím světla má sklon k tvorbě tlustších větví a rozložitějších korun. Naopak malou reakci na uvolnění mají potlačené a přeštíhlené borovice kvůli malé schopnosti obnovovat uvolněný kořenový prostor a zvýšit přírůst v koruně. V mládí vyžaduje dostatečnou hustotu, umožňující selekci a produkci kvalitních sortimentů s malou sukatostí (Plíva 2000). Borovice se vyznačuje velkou genetickou variabilitou, která má vliv na proměnlivou hodnotovou produkci. Důležité je zohlednit při výchově borových mlazin i její ekotyp (Poleno, Vacek 2009).

Reakce borových porostů na výchovné zásahy je pomalejší a celkově méně výrazná, než je tomu u smrkových porostů. Při zásazích velké intenzity může dojít k dlouhodobějšímu poklesu přírůstu naproti tomu slabé zásahy mohou negativně ovlivnit klimatické podmínky uvnitř mladých porostů (Slodičák et al. 2013).

Při výchově je významné posouzení kvalitativních znaků. Mimořádně žádoucí jsou dýharenské výřezy o tloušťce 40-50 cm s pravidelnými letokruhy. Předpokladem jsou hustě a rovnoměrně rostoucí kultury a nárosty s občasnou jednotlivou příměsí listnaných dřevin. Výchovné zásahy jsou proto jen mírné, nicméně začíná se s nimi brzy (v 6 až 8 letech), nejpozději při výšce 2 m.

Kvalitativním problémem borových porostů, zejména ze sadby, je častý vývoj rychle rostoucích vitálních jedinců potlačující kvalitnější sousedy buď rozložitostí koruny (tzv. obrostlíky), nebo předrůstavostí (tzv. předrostlíky). Proto je důležité tyto jedince z porostu vyloučit včas. Pokud tak neučiníme, kvalita porostu se významně sníží. Čím pozdější bude zásah proveden, tím větší vznikne mezera a tím více kvalitních jedinců v sousedství odumře nebo natolik zeslábne, že je riskantní na ně spoléhat. Dále hrozí nebezpečí, že kvalitní jedinec, kterému se najednou dostalo příliš prostoru a světla, vrostle do mezery a zkošatí a tím pak vznikne další obrostlík. V tomto případě je nejpříjemnějším řešením setnutí vršku obrostlíků a při dalším výchovném zásahu se takto upravený obrostlík vyřízne celý. Doba prvního zásahu, kdy lze rozpoznat nežádoucí jedince, je nejpozději na začátku růstové fáze mlaziny (tj. ve věku 7-9 let nebo do výšky 2 m). Síla první pročistky se zpravidla pohybuje mezi 7 - 10 % a při druhém zásahu klesá cca o 2%. Popřípadě při správném odstranění obrostlíků a předrostlíků včas, je možné interval mezi zásahy prodloužit až na 10 let, tedy postačuje jeden zásah v období mlaziny (Poleno, Vacek 2009).

Další výchovné zásahy závisí na struktuře porostu a jeho věku. Mlázina musí zůstat i při výchově hustá, výškově málo diferencovaná, pouze s menším podílem nekvalitních jedinců. I přesto, že u většiny dřevin se usiluje o výškovou a tloušťkovou diferenciaci, u borovice je diferenciaci nežádoucí, neboť podporuje sukatost kmenů.

V řídkším sponu založeném nebo mezernaté borové porosty již nemohou dosáhnout lepší kvality a s tímto vědomím se i tyto porosty dále vychovávají. Obrostlíky a předrostlíky je nutno vyloučit z porostu včas. U rovných předrostů je i přes jejich sukatost žádoucí jejich podpora.

Další výchovné zásahy směřují zejména do podúrovně a stromy předrůstavé se odstraňují jen výjimečně (Poleno, Vacek 2009).

Obecně lze říci, že názory na výchovu borových porostů nejsou a nemohou být jednotné a že univerzální způsob výchovy, v důsledku rozmanitosti stanovištních podmínek a genetických vlastností porostu, neexistuje. A proto by se měl způsob výchovy odvíjet od stavu porostu a pěstební cíle. Ale je předpoklad, že u méně kvalitních borových porostů oproti kvalitním je potřebné po celou dobu pěstování udržovat porost ve větší hustotě, kde jsou delší pěstební periody s celkově menší intenzitou výchovy (Slodičák et al. 2013).

Hlavním cílem výchovy borových porostů je zejména zvýšení jejich vitality, zlepšení zdravotního stavu, prodloužení životnosti a kvalita produkce (Poleno, Vacek 2009).

### **2.2.2 Obnova**

Umělá obnova lesa, co se týče všech dřevin, představuje přibližně 80 % z celkové obnovy lesa, přirozená obnova pak činí 20 %. Ročně se obnoví les zhruba na 24 000 ha. Největší podíl na abiotické poškození (cca 55%) byl způsobený suchem. Průměrné vlastní náklady na obnovu lesa v r. 2016 činily 78 000 Kč na ha (Zelená zpráva 2016)

Obnovu lesních porostů lze rozdělit na 3 způsoby, a to na obnovu umělou (síjí nebo sadbou), přirozenou (generativní, vegetativní) nebo kombinovanou (v rámci jednoho porostu nebo na části obnovované plochy se kombinují dva předem zmíněné druhy obnovy).

### 2.2.2.1 Umělá

Bory střední Evropy, především roviny na území Německa a Polska, se již nejméně dvě století zakládají uměle, protože přirozená obnova borovice na převážně zabuřeněných půdách je velmi nesnadná (Poleno, Vacek 2009). O tom, že je u obnovy borových porostů typičtější holoseč, je přesvědčen i Plíva (1980). Umělá obnova borovice převažuje také v ČR a podle Zprávy o stavu lesa v roce 2016 zaujímala plochu 2 101 ha což je 11 % z celkové umělé obnovy (19 929 ha). Uměle se obnovuje na náseku nebo holoseči s výstavky (Plíva 2000). Obnova lesních porostů v ČR, z hlediska současného složení lesů (téměř tři čtvrtiny porostní plochy zaujímá smrk ztepilý a borovice lesní), je a bude dlouhodobě spojována s výraznými úpravami druhové skladby lesních porostů. Převážnou část žádoucích dřevin v obnovovaných porostech bude třeba do porostních skladeb vnášet uměle, z velké části sadbou (Šindelář 2004).

Borovice je tolerantní ke 100 % ozáření, a proto uměle vysazované borovice uspokojivě odrůstají na holých sečích různé velikosti včetně těch nejrozsáhlejších. Zákon č. 289/1995Sb., pro HS přirozených borových stanovišť na písčitých půdách připouští velikost holé seče až do 2 ha bez omezení její šířky (Nárovcová, Nárovec 2009). Umělou obnovou vzniká kultura, neboli mladý porost o stejných výškových parametrech, cca do věku 10 let. Rozlišujeme kultury nezajištěné a kultury zajištěné (Poleno et al. 2009).

Porosty z umělé obnovy vznikají výsadbou zpravidla prostokořenného sadebního materiálu (Slodičák et al. 2013). Minimální počty sazenic stanovuje vyhláška MZe ČR č. 139/2004 Sb. kde pro nižší polohy s výskytem, exponovaných kyselých živných stanoviště (např. HS 13) je nutné vysadit 9 000 sazenic na hektar a 8 000 sazenic melioračních stejně tak i zpevňujících dřevin na hektar. Ve zbylých HS (např. HS 27, 43, 51 aj.) o 1 000 sazenic méně. Na základě nejnovějších poznatků je navrhováno zvýšení této minimální hustoty na 10 000 (Slodičák et al. 2017). Důvodem jsou poznatky výzkumu a z lesnicképraxe, že dosavadní minimální hektarové počty plně nezajišťují kvalitní plněnípožadovaných funkcí lesa.

Vážným rizikem u borovice jsou přitom deformace kořenových systémů (Martincová 1999).

Semenáčky pěstované ve školkách mají dostatek živin a jsou pravidelně zavlažovány. Tyto příhodné podmínky jsou uměle udržovány minimálně do hloubky cca 30 cm. Reakcí na vhodné podmínky je větší množství horizontálních kořenů. I

přesto, že se podaří hlavnímu kulovému kořenu prorůst pod optimální vrstvou, při výsadbě je mechanicky zkrácen nebo jeho špička uschne. Borovice má malou schopnost tvořit adventivní kořeny a panohy na hlavním kořenu. Proto zesílená tvorba horizontálních kořenů a následná pomalá tvorba vertikálně rostoucích kořenů vytvářejí predispozice pro menší mechanickou stabilitu mladších borových porostů založených sadbou (Mauer, Palátová 2004). Tyto deformace mají také vliv na zvýšenou citlivost k infekcím. K poškozování kultur dochází i kořenovými deformacemi zejména václavkou (*Armillaria* sp.) a kořenovníkem (*Heterobasidion* sp.) (Martincová, 1999). Ve školkách a výsadbách se významněji projevuje sypavka borová (*Lophodermium pinastri*) (Rychtecká, Urbaňcová 2008). Velmi úzce spojený s holosečným hospodařením a následnou výsadbou je škůdce klikoroh borový (*Hylobius abietis*), kde jsou zaručeny vhodné podmínky jak pro vývoj nové generace, tak pro žír dospělců na sazenicích (Modlinger, Knížek 2009).

Pokud jsou borové kultury založeny vhodnými technologickými postupy, nevyžadují zvláštní péči. Důležitá je ochrana proti biotickým škodlivým činitelům (václavce, klikorohu, zvěři a na vlhčích a středně bohatých stanovištích SLT 2S, 3S také proti buřeni) (Slodičák et al. 2013). V borových kulturách může docházet k zhoršení jejich kvality tvorbou proleptických výhonů, které mohou způsobit závažnou deformaci v podobě zakřivení kmínků borovic. V dostatečně hustých kulturách se tyto stromky odstraní a v nedostatečně hustých je nutné odstranit proleptické výhony ořezem, či preventivní redukcí počtu pupenů (Nárovec 2000).

Umělá obnova na druhou stranu hraje velkou roli při reintrodukcii dřevin vymizelých z některých lokalit a regionů. Dále je pak nezastupitelná při nahrazení geneticky nevhodných porostů lesních dřevin (Kobliha, Funda 2004), a eliminaci tak nevhodné skladby, která by na stanovišti vznikla přirozenou obnovou. Důležité je použít sazenice od pověřených pěstitelů sadebního materiálu. Požadavky na kvalitu semenáčků, sazenic a poloodrostků hlavních druhů lesních dřevin, které jsou určeny pro zalesňování stanovuje norma ČSN 48 2115. Předností je také volitelný spon při výsadbě, který usnadňuje pozdější výchovu mlazin (Kupka 2004). V neposlední řadě obnova rychleji odrůstá buřeni a zvěři. Motivem může být i skutečnost, že umělá obnova borovice je poměrně snadná (Kriegel 1990).



### 2.2.2.2 Přírozená obnova

Přírozená obnova borovice, zejména na území střední Evropy, se využívá poměrně zřídka a v České republice patří její podíl k jedním z nejnižších v Evropě (Poleno, Vacek 2009). Uplatňuje se zvláště ve skandinávských zemích, kde jsou na základě ekologických podmínek a systémů těžby a obnovy porostů pro využití přírozené obnovy vhodné podmínky (Šindelář 2004). Za účelnou přírozenou obnovu považuje Plíva (1980) pouze v těch porostech, kde svou kvalitou dává předpoklad pro splnění produkčního cíle souboru.

Přírozená obnova dle Zprávy o stavu lesa z roku 2016 vykazuje oproti roku 2015 mírné navýšení plochy a pohybuje se kolem 19 % z celkové obnovy porostů všech dřevin. V dlouhodobějším časovém, měřítku, ale klesla a je vidět, že tento trend značnou měrou ovlivnilo spíše zvýšení nahodilých těžeb.

Lze předpokládat, že z perspektivního hlediska se podíl přírozené obnovy borovice v lesích ČR bude zvyšovat již jen v relativně malém rozsahu (Šindelář 2004).

Uskutečňuje se podle Plívy (2000) clonně, obrubně i násečně (výjimečně holosečně) s rychlým postupem, zpravidla od S a SV. Podle Jurči (1988) se zmlazení daří pokud zajistíme náletu dostatečné světlo a vhodně upravenou půdu, zejména minerální. To je dosaženo v případě, že budeme zraňovat půdu a postupovat při uvolnění naopak od východu nebo jihovýchodu. K typickému hospodaření patří zejména pozdější začátek obnovy (ve srovnání se smrkovým hospodářstvím) s rychlejším postupem na spíše rozlehlejších plochách, aby se vytvořili porosty s minimální rozrůzněností. Předpokladem je proto krátká obnovní i návratná doba. Přírozená obnova začíná fruktifikací semenných stromů a končí dosažením fáze mlaziny (Poleno, Vacek 2009).

V současných podmínkách střeoevropského lesnictví se pojmem přírozená obnova rozumí přírozená obnova semenného původu neboli přírozená obnova generativní a u borovice, stejně tak jako u jehličnatých dřevin, je vegetativní schopnost slabá, případně žádná.

**Předpokladem** přírozené semenné obnovy je **opad semene** v obnovovaném porostu. Druhý, nejdůležitější předpoklad je **výskyt semenného roku**. Nelze moc ovlivnit, ale nepřímo a ne příliš výrazně, při výchově borových porostů dlouhodobou kontinuální péčí o zdárný vývoj korun stromů. Třetím předpokladem je **vhodný stav půdy pro klíčení** (klíčící lůžko) semene, jejich vzejití a počáteční přežití. Aby se dosáhlo tohoto příznivého stavu, je vhodná zejména biologická příprava půdy

(zejména při surovém humusu), která se realizuje cílevědomou těžbou dřeva s cílem upravit především zápoj porostu (Poleno, Vacek 2009). Obnovní forma má svou formou, intenzitou a opakováním regulovat rychlost rozkladu hrabanky, vývoj humusu, popřípadě i nástup vhodné přízemní vegetace (Vacek 1981). Mezi pěstební opatření ovlivňující přežití semen přezimujících na povrchu hrabanky, humusu či půdy, můžeme zařadit především takovou přípravu půdy, kde se pomístně nebo v pruzích odkryje minerální půda. Čtvrtým předpokladem, od opadu semen až po vzejití semenáčků až po jejich přežití přes první vegetační období, jsou **vhodné klimatické podmínky, příznivý stav porostního mikroklimatu a vzdušné proudění**. Významným faktorem pro přirozenou obnovu borovice je omezení vzdušného proudění v porostech. Důležité je aby se všechny tyto čtyři podmínky střetly v příznivé konstelaci naráz (Poleno, Vacek 2009).

Počáteční etapu přirozené obnovy lze rozdělit do tří fází:

1) Předčasná fáze

Přirozená obnova se dostává v době, kdy pro ujímání a přežívání semenáčků ještě nejsou vytvořeny vhodné podmínky a velice často pak hynou. Důvodem je nevhodný stav půdních a mikroklimatických podmínek. Zejména úpravou zápoje lze někdy ještě tuto situaci příznivě ovlivnit.

2) Optimální fáze

Předpokladem jsou vhodné půdní a mikroklimatické podmínky pro klíčení semene a vzházení a přežívání semenáčku.

3) Promeškaná fáze

Nastane v případě, jestliže vhodné podmínky pro klíčení už zanikly, zejména vlivem nástupu buřeně. Je zapotřebí tento stav řešit mechanickou nebo chemickou cestou, popřípadě umělou obnovou. S opakovaným nasemeněním bez úpravy podmínek už nelze počítat (Vacek et al. 2009).

### **Výhody přirozené obnovy**

- Dobré přizpůsobení obnovy mikrostanovištním poměrům.
- Zachování vysoké genetické diverzity populací.
- Zachování autochtonních, ale i alochtonních populací, které se na daném stanovišti osvědčily a vylučují tak riziko použití reprodukčního materiálu stanovištně nevhodného.

- Výborné možnosti výběru při pěstební péči o mlaziny, což vede ke snížení nákladů na výchovu porostů (značný podíl 80-90 % se vylučuje přirozeným prořezáváním).
- Nerušený růst náletových semenáčků na přirozeně vybraných místech, u kterého nedochází k žádnému poškození kořenového systému jako při výsadbě.
- úspora v nákladů na pěstební činnost (sadba, síje). Červený (2012) dokonce uvádí, že na revíru Špankov bylo z průměrných nákladů lesní správy Plasy na pěstební činnost ušetřeno 20 %.
- Méně významné škody zvěří (u velkého počtu náletových semenáčků).
- Možnost získávání náletových semenáčků (k přímé výsadbě, k zaškolování ve školce nebo v semeništi) (Poleno, Vacek 2009).

#### **Nevýhody přirozené obnovy**

- Závislost na fruktifikaci stromů
- Nerovnoměrnost hustoty přirozených náletů
- Přirozená obnova se dostavuje zejména z dřevin vyskytujících se v porostu (mateřský porost) (Poleno, Vacek 2009).

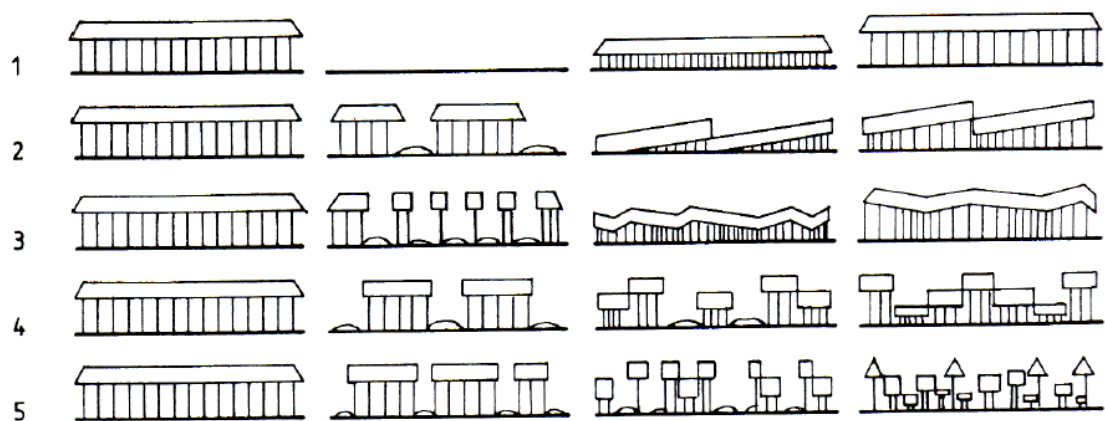
### 2.2.3 Hospodářské způsoby a jejich obnovní způsoby a postupy

V rámci rozmanitých podmínek borového hospodářství lze přirozenou obnovu docílit holosečným obnovním způsobem s různou velikostí a orientací sečí, násečným způsobem, kotlíkovou sečí a velkoplošným i maloplošným clonným obnovním způsobem s přechodem až do skupinovitého nebo jednotlivého výběru (Bílek et al. 2017). Už neplatí kdysy převládající názor spojující borovici výlučně s holou sečí (Košulič 2007).

V našem případě se ve zkoumané oblasti hospodařilo maloplošně formou skupinovou s přestupem až k výběrnému způsobu, která se vyznačuje dlouhou obnovní dobou.

Výhodné je obnovní postupy kombinovat. Zejména pokud chceme docílit smíšeného porostu, kdy slunné dřeviny (borovice) upřednostňují holosečnou obnovu a naopak stinné dřeviny jsou zvýhodněny při clonné seči. Zpravidla se používá dvou a více základních obnovních sečí, které se časově a prostorově vhodně kombinují (Bavorská kombinovaná seč, skupinovitá seč clonná a holá, Wagnerova clonná – okrajová seč).

Hospodářské způsoby obnovy lesa dle MZe č. 83/1996 Sb. jsou rozlišeny na způsob podrostní, násečný, výběrný a holosečný. Rozhodujícím kritériem při výběru hospodářského způsobu je charakter stanoviště vyjádřený hlavně souborem lesních typů, expozicí, rozlohou, dřevinnou skladbou, zakmeněním, věkem, technologickou dostupností porostu, hodnotovým přírůstem a zdravotním stavem, respektive odolností potenciál porostu (Poleno, Vacek 2009). Postupy přirozené obnovy se rozlišují podle konkrétních podmínek prostředí. Mezi obnovní postupy patří clonný způsob obnovy, přirozená obnova v porostních okrajích a na holinách vzniklých bočním náletem a přirozená obnova vzniklá z borových výstavků (Šindelář 2004). V podkapitolách u hospodářských způsobů budou podrobněji rozepsány tyto obnovní postupy.



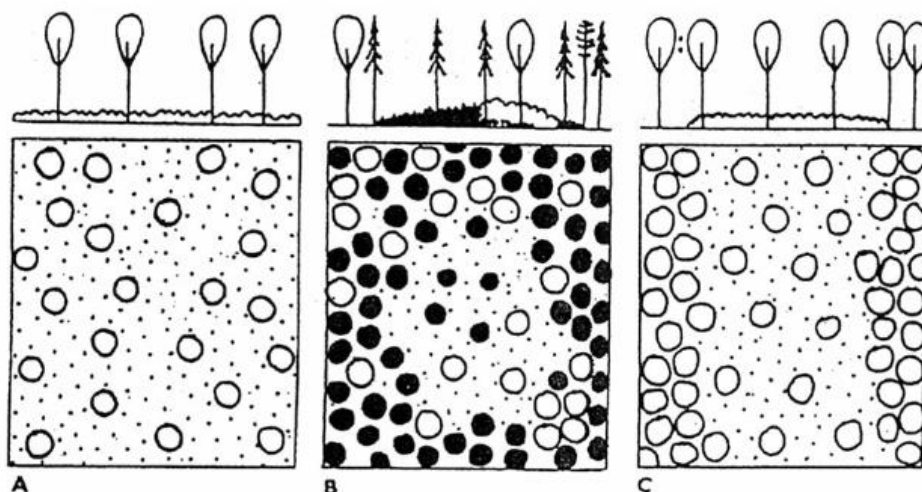
Obr. 4: Schéma forem hospodářských způsobů a jejich cílových stavů: hospodářský způsob pasečný (forma: 1 holosečná, 2 násečná, 3 podrostní), výběrný (forma: 4 skupinovitá, 5 stromová) (Korpeľ et al. 1991).

Tab. 2: Charakteristika hlavních obnovních způsobů (Thomasius, Schmidt 1996).

Obnovní způsob	Hospodářská opatření		Strukturní znaky		
	Obnovní seč	Obnova	Druhovú struktura	Věková struktura	Prostorová struktura
<b>Výběrný</b>	Výběr jednotlivých stromů podle selekčních kritérií, která jsou závislá na převládající funkci lesa	Permanentní, v závislosti na semenných letech a prováděných těžbách	Na většinou příznivých geotopech druhově bohaté a smíšené porosty	Výrazná nestejnověkost v relativně malém porostu	Výrazná vertikální struktura v relativně malém porostu
<b>Holosečný s přirozenou obnovou</b>	Pokácení celé plochy jedním zásahem; eventuálně s ponecháním výstavků	Nasemeněním bočním nebo z výstavků	Převážně nesmíšené porosty	Zpravidla jen nepatrná věková diferenciace	Periodicky holá paseka, jinak převážně málo členěné porosty
<b>Holosečný s umělou obnovou</b>	Pokácení celé plochy jedním zásahem	Jednorázová výsadba	Převážně nesmíšené porosty	Úplná stejnověkost	Periodicky holá paseka, jinak převážně Jednovrstevné porosty
<b>Clonnou sečí s přirozenou obnovou</b>	Na celé ploše téměř stejně intenzivní přípravná, semenná, prosvětlovací a domýtná seč	V jednom nebo několika málo semenných letech	Druhovú pestrost v závislosti na skladbě obnovovaného porostu a délce obnovní doby	Během obnovní doby nejméně dvouvěkost, věková diferenciace po domýtné seči v závislosti na dřevině a obnovní době	V obnovní době Nejméně dvouvrstvá; Vertikální diferenciace v závislosti na dřevině a délce obnovní doby
<b>Skupinovitý s přirozenou obnovou</b>	Vykácení kruhových nebo amébovitých skupin v porostu a jejich postupné rozšiřování po zajištění obnovy	Během více semenných let	Většinou smíšené porosty	Nestejnověká	Hloučkovitě a skupinovitě uspořádané porosty
<b>Skupinovitý s umělou obnovou</b>	Vykácení kruhových nebo amébovitých skupin v porostu a jejich postupné rozšiřování po zajištění obnovy	Větším počtem výsadeb během obnovní doby	Převážně skupinovitě smíšené porosty	Nestejnověké hloučky a skupiny	Hloučkovitě a skupinovitě strukturované porosty

### 2.2.3.1 Podrovní

Nový porost vzniká pod ochranou (clonou) teženého porostu. Clonná, seč se zpravidla dělí na fázi přípravnou, semennou, prosvětlovací a domýtnou. Seče se umísťují dovnitř porostu (pruhová nebo skupinová clonná seč) nebo na okraj porostu (okrajová clonná seč). Velkoplošná, seč v porovnání s maloplošnou je širší. U maloplošné seče dosahuje šíře seče maximálně dvě výšky teženého porostu (Poleno, Vacek 2009).

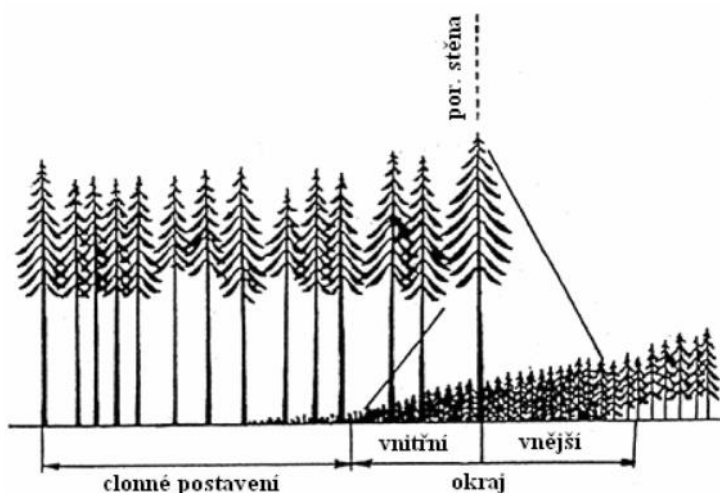


Obr. 5: Příklady clonných forem obnovy: A – velkoplošná clonná seč, B – skupinová clonná seč, C – pruhová clonná seč (Peřina et al. 1964).

V případě **clonného způsobu obnovy** se porosty mohou uvolňovat stejnoměrně nebo pomístně. V závislosti na půdních poměrech a klimatu zpravidla pro přirozenou obnovu stačí snížit zakmenění na 0,7. V praxi se však často obnovované porosty uvolňují silněji, v některých případech až na zakmenění 0,5. V případě smíšených porostů většinou probíhá v předstihu nebo souběhu s borovicí obnova ostatních dřevin (zpravidla ve skupinkách – v kotlících, které byly založeny v předstihu před zásahy k obnově borovice). K docílení úspěšného vyklíčení semen a růstu nové generace v prvních letech se přistupuje většinou k dalšímu zásahu uolňovacího charakteru a s ohledem na náročnost borovice na světlo k postupnému domycování obnovovaného porostu (zpravidla do 10 let po vzniku náletu). Významnou roli na některých stanovištích hraje i kořenová konkurence mateřského porostu, která může v období sucha, ohrozit existenci nové porostní generace (Šindelář 2004).

### 2.2.3.2 Násečný

Nový porost může vznikat na **holé ploše**, jejíž šíře nepřekračuje výšku těžného porostu a **pod ochranou těžného porostu** (obr 6). Převládá zde obnova umělá, ale účelně a cílevědomě lze využít i obnovu přirozenou bočním náletem semen. Uplatňuje se obnova okrajová (obrubná nebo okrajová seč) (Poleno, Vacek 2009). Crhonek (2015) také uvádí, že využitím přirozené obnovy pod porostem dochází k lepšímu hospodaření s vláhovými a půdními poměry. Vyhovuje zejména tam kde se vytváří určité směsi (kombinace světlomilných a stínsnášejších dřevin).



Obr. 6: Les násečně obhospodařovaný (Korpeľ et al. 1991).

Pro docílení **přirozené obnovy v porostních okrajích** se postupuje tak, že se porostní okraje do určité vzdálenosti od porostní stěny do nitra porostu prosvětlí (např. do 20 – 30 m) a půda podle jejich vlastností vhodně připraví (Šindelář 2004).

Narozdíl od obnovy např. buku a smrku (hlavně v severních okrajích – kde jsou díky tomu chráněny před přímým osluněním a vysycháním, ale i před pozdními a časnými mrazy) se obnova borovice neumísťuje do severních okrajů. Ve fázi náletů a nárůstů nemá zpravidla k dispozici dostatek slunečního záření a může pak trpět sypavkou. Zástin a vyšší vlhkost v severních porostních okrajích ovlivňuje i rozvoj buřeneš, zejména travní (např. rodu *Calamagrostis*), která může zejména v časných fázích vývoje ohrozit přirozenou obnovu (Šindelář 2004). Pozitivní vliv na obnovu jsou podle Kratochvíla (1993) na okrajích jihozápadních nebo východních.

U **přirozené obnovy na holinách vzniklých bočním náletem**, se jedná se zejména o užší holiny o šířce 30 - 40 m zakládáné v borových porostech nebo ve smíšených porostech s borovicí. Nálet semen se předpokládá ze stěn i hlubších partií



obnovovaného porostu (Šindelář 2004).

Aby se dosáhlo dostatečné přirozené obnovy je na holině vhodná příprava půdy. Provádí se zpravidla v pruzích vhodným zraňovačem (např. finské brány) a nebo naoráním mělkých přiměřeně širokých brázd, obvykle do 30-40 m. Je příhodné zrealizovat v porostu v předstihu několika let mírné uvolňovací zásahy tak, aby koruny stromů v porostu byly vystaveny slunečnímu záření (ve vrcholcích a i z boční části korun). A zásah naplánovat v takovém roce, kdy lze očekávat dobrou úrodu semen a směřovat pak její realizaci do podzimního období. Na vznhlé holině je žádoucí příprava půdy, která je následně vhodně připravena pro nálet semen od pozdního podzimu až do předjaří. Za těchto podmínek lze v prvním roce očekávat klíčení a růst semenáčků bez silného nebezpečí konkurence buřeně. V následujících letech se občas, v závislosti na stanovištních podmínkách, musí nálety uvolňovat od konkurující buřeně.

Stejně tak jako u přirozené obnovy v porostních okrajích se nedoporučuje provádět náseky od severu (houbové choroby). Vhodné je s obnovu postupovat od východu, protože značný podíl semen z porostních okrajů nalétává na plochu vlivem převládajících západních větrů. Semenáčky i odrůstající nárosty pak mají dostatečný světelný prožitek, který může eliminovat ohrožení chorobami. Díky tomuto postupu je omezeno nebezpečí poškozování náletů a nárostů při těžbě a vyklizování stromů mateřského porostu. Borovice reaguje na poškození ve srovnání například se smrkem nebo jedlí hůře (Šindelář 2004).

### 2.2.3.3 Výběrný

Nový porost vzniká pod ochranou stávajícího porostu. Těžba se uskutečňuje výběrem jednotlivých stromů nebo jejich skupin, které jsou mytně zralé a nebo nežádoucí (Poleno, Vacek 2009).

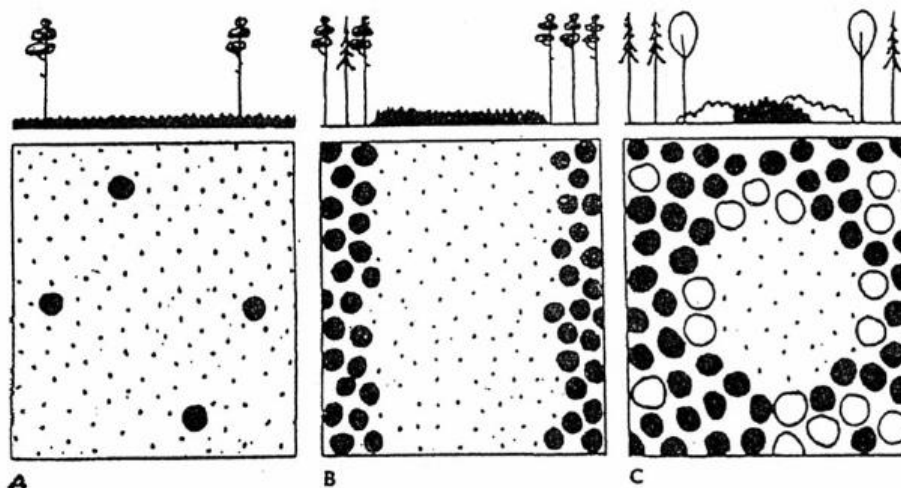
Růst borovice pod clonou výběrného lesa je silně potlačený a výškový i tloušťkový přírůst je omezen. Nicméně odcloněním dokáže borovice na srovnatelných stanovištích nejen dosáhnout stejných parametrů u stejně staré borovice na holé seči, ale i je překročit.

Borový výběrný les může být zachován v rovnovážném stavu jen hospodářským usměrňováním. Tento způsob představuje vysloveně formu kulturního lesa. Při absenci výběrné seče se charakteristická stupňovitá struktura ztrácí a porosty se uzavírají do jednovrstevné závěrečné struktury (Reininger 1997).

#### 2.2.3.4 Holosečný

Nový porost vzniká vytěžením všech stromů nebo jeho velké části naráz, přičemž vzniká holina. Výhody holé seče jsou převážně technického rázu jako je např. koncentrace pracovníků a strojů, snadné vyklizování a těžba stromů, snadné zalesňování i pozdější výchova porostů. Nevýhody jsou zejména biologického a ekologického charakteru. Nepříznivé mikroklimatické vlivy, chybějící ochranné působení na obnovovaný porost, nebezpečí eroze a ztráta živin atd.

Na holinách je daleko intenzivnější sluneční záření, které se vlivem zahřívání povrchové vrstvy půdy a hrabanky rychleji rozkládá. Přednostně zde rychleji rostou kultury borovice, poněvadž rostou za plného požitku a v půdách obohacených rozkladem humusu v případě, že rozklad neprobíhal příliš rychle. Rozhodnutí musí být individuální, se zřetelí na stanoviště a stav porostu (Poleno, Vacek 2009). S přihlédnutím ke všem okolnostem je na základě Röhrig, Gussone (1990) doporučována velikost holé seče v rovinatých borových porostech 1 – 3 ha. Ještě důležitější faktorem je podle těchto autorů uváděn tvar holoseče, který ovlivňuje možnost ekologického působení sousedních porostů a délka plotu zabezpečující ochranu proti zvěři.



Obr. 7: Příklady holosečných forem obnovy: A – velkoplošná holá seč s výstavky, B – pruhová holá seč, C – skupinová holá seč (Peřina et al. 1964).

Výstavky na holině představují dobrý zdroj osiva. Holá seč vhodné šířky, většinou ne větší než dvojnásobek střední porostní výšky porostu, se při těžbě ponechává přiměřený počet vitálních výstavků (kvalitní kmen, dostatečně vyvinutá koruna) cca 20

až 30 jedinců na ha. Jednotlivé nebo rovnoměrně rozmístěné výstavky nejsou vhodné s ohledem na zhoršenou možnost vzájemného opylování poměrně vzdálených stromů a možný vyšší podíl semen ze samoopylení. Proto je lepší ponechávat výstavky v hloučcích o několika jedincích v průměrném rozestupu stromů 8 až 10 m.

Těžba a vyklizování výstavků souvisí s jejich hodnotovým přírůstem, zdravotním stavem. Má vliv i v případě, že zástin a kořenová konkurence výstavků působí negativně na růst a zdravotní stav nárostů. S ohledem na omezení škod na nárostech škod při těžbě a vyklizování je žádoucí vybírat skupiny výstavků spíše při okrajích obnovované plochy nebo poblíž rozdělovací linie.

V imisních oblastech, kde dochází k depozici částic obsahující vápník nebo dusíkaté substance mohou růst, a to i na původně chudších stanovištích, husté travní kryty (nepř. třtina křovištní, metlička křivolaká a další druhy s vysokou pokryvností). Na těchto plochách se pak přistupuje spíše k obnově umělé, kde zpravidla dochází i ke změnám druhové skladby.

## **2.3 Hlavní limitující faktory pro přirozenou obnovu borovice lesní**

Borovice lesní má značnou ekologickou amplitudu, je neobyčejně přizpůsobivá, tolerantní k teplu, suchu i nízkým teplotám (Poleno, Vacek 2009). Úspěch přirozené obnovy závisí na fruktifikaci, úrodě semen, klíčení a obnově (Bäbler 2003). Hlavními faktory limitující zejména semenáčky borovice lesní jsou světelné podmínky, vláhové poměry, konkurence přízemní vegetace, dostupnost živin a půdní podmínky. Tyto faktory jsou popsány níže.

### **2.3.1 Světelné podmínky**

Obecně se borovice řadí k dřevinám výrazně světlomilným, intolerantním k zastínění a patří tak mezi dřeviny pionýrské, schopné osidlovat nejrůznější volné plochy (Musil, Hamerník 2007).

Tradiční přístup k obnově borových porostů vychází z předpokladu, že neúspěšnější obnova vzniká na holé nebo jen velmi málo zastíněné ploše, přičemž nedostatek světla s ohledem na zástin působí na přirozenou obnovu negativně (Musil, Hamerník 2007). Na druhou stranu může zápoj potlačit konkurenci přízemní vegetace, a tím usnadnit růst semenáčků. Některé aktuálnější studie ukazují, že semenáčky borovice

přežívají lépe pod clonou obnovovaného porostu nebo v porostech se sníženým zakmeněním než na holinách (Wagner et al. 2011). Přítomnost zápoje může zvýšit vlhkost a dostupnost vody v horních vrstvách půdy (Økland et al. 2003) a snížit ztrátu vlhkosti semenáčků transpirací, a tudíž i jejich mortalitu (Greene et al. 1999). Dále také zápoj může snižovat přítomnost teplotních extrémů při povrchu půdy (Langvall, Örlander 2001), což vede k nižším rizikům poškození mrazem, zejména na začátku a na konci vegetačního období. Přítomnost clony obnovovaného porostu může mít tedy výrazný vliv na charakter mikrostanovištních podmínek jak s ohledem na vláhové, tak i teplotní podmínky. Vzhledem k předpokládanému nárůstu teploty způsobeným změnou klimatu a častějšímu výskytu klimatických extrémů je nutné clonou obnovu dřevin vnímat jako adaptační opatření na tyto nepříznivé jevy. Nárůst teploty může způsobit dřívější ukončení dormance u pupenů a tím zvýšit riziko semenáčků vystavených mrazem (Hänninen 1991).

Vztahu parametrů přirozené obnovy a světelných podmínek je poměrně variabilní s ohledem na stanoviště a případně daný ekotyp borovice. Některé výzkumy představují poměrně širokou amplitudu světelné tolerance borovice při klíčení a jeho uchycení. Podmínkou však je, že půdní charakteristiky, vláhové poměry a charakter přízemní vegetace splňují všechny předpoklady pro uchycení a odrůstání borovice. Pak přirozené zmlazení může vznikat na holé ploše i pod porostem se zakmeněním až 0,8 (Olberg 1957). S přibývajícím věkem se však nároky na světlo značně stoupají (Bílek et al. 2017).

Úmrtnost semenáčků by v hospodářských lesích mohlo být dosaženo snížením zápoje. To by zpočátku zahrnovalo zachování hustšího zápoje, aby se usnadnilo jejich přežití, a poté odstranění části zápoje, aby se tak zvýšila dostupnost světla a tím i podpořil růst semenáčků (Stuiver et al. 2016). Při ovlivňování zápoje je třeba dávat pozor na silnější uvolnění horního patra dřevin, které by mělo probíhat pouze tehdy, pokud byla zjištěna stabilní přirozená obnova (tj. alespoň 1-2 víceleté vitální semenáčky na m<sup>2</sup> v rovnoměrném rozložení). V opačném případě hrozí rychlejší rozvoj konkurenční vegetace, zejména trav, která pak může přerůst borovici a konkurovat tak i ve vodě a zhoršit tím její přirozenou obnovu (Bäzler 2003).

### 2.3.2 Vláhové poměry

Úspěšnost klíčení semen závisí ve značné míře na vlhkosti půdy. Voda je rozhodující pro klíčení, kvůli příjmu vody během bobtnání, kdy je škrob rozdělen na základní cukry a slouží tak jako dostupný zdroj energie. Množství vody, které udržuje semeno v klidu se pohybuje v rozmezí 5-9% (Tommasi et.al. 1999).

Na základě výzkumů na písčítých půdách v Brandenburgu, bylo zjištěno, že voda je pro úspěšnou přirozenou obnovu rozhodujícím faktorem. Půdy, které jsou primárně určeny pro přirozenou obnovu borovice, mají relativně nízkou vodní kapacitu. Pokud je tato kapacita naplněna, voda proteče a nevyužitá se vsákne do hloubky. Pro přirozenou obnovu je důležitá zejména vlhkost v hlubších vrstvách půdy, které jsou silně ovlivňovány změnami teplot a potřebou vody u vegetace (Wittich 1938).

Borovice má vysokou spotřebu vody, která na diluviálních písčích s hlubokou spodní vodou při nízkých srážkách může ohrozit přirozenou obnovu.

Roční rozložení srážek je pro přirozenou obnovu rozhodujícím faktorem. Rovnoměrné rozložení zajistí i při nižší úrovni srážek potřebné množství vody, zatímco rostoucí nerovnoměrnost srážek má vliv na posun vegetačního klidu a ohrožuje přirozenou obnovu borovice (Hafemann 2004).

Některé další výzkumy potvrzují, že dostupnost vody na lokalitě má větší vliv na pokryvnost přizemní vegetace s porovnáním živinové bohatosti půd (vyšší pokryvnost trav a mírně nižší zastoupení drobných keříků). Na vodou ovlivněných plochách dochází k výraznému zarůstání třtinou křovištní (Ulbrichová et al. 2017).

### 2.3.3 Dostupnost živin a půdní podmínky

Obecně borové porosty rostou s úspěchem i na mělkých, chudých písčítých až kamenitých, sušších půdách vzniklých na horninách silikátových, ale i na hadcích a vápencích. Vyskytuje se také na půdách bažinných a rašelinných, nicméně zde roste zpravidla hůře, mnohdy zakrsle. Borovice je schopna vyklíčit i ve štěrbinách holých skal (Musil, Hamerník 2007). Většinou borovice vytváří silnější vrstvu opadu a surového humusu. Ektotrofní či endotrofní symbióza s kořeny borovice byla pozorována u více než 120 druhů hub (Musil, Hamerník 2007).

Nároky na půdu má borovice minimální. A proto se to dá považovat za jeden z nejméně limitujících faktorů. Tento faktor například potvrzuje výzkum Stuvera et al. (2016), kde nebyla nalezena žádná souvislost půdních podmínek na přežívání

semenáčků. Pokud ale budeme nahlížet na souvislost půdních podmínek a dostupnosti živin jako na celek a zahrneme zároveň reakci vegetace na půdní vlastnosti, kde můžeme říci, že na živinově bohatých půdách roste většinou vegetace, která silně odvádí vodu z půdy. Přirozená obnova borovice je nejsnadnější na produktivnějších, ale stále ještě degradovaných půdách. Proto se dá nejčastěji očekávat tam, kde půda díky svému živinovému složení a nebo zásobování vodou právě nese přízemní vegetaci, která není konkurentem nebo je jen slabým konkurentem pro semenáčky borovice (Hafemann 2004). Zmlazení pod clonou obnovovaného porostu může být ale rizikové na velmi suchých, hrubozrnných až kamenitých, minerálně chudých půdách. V těchto případech může existovat zvýšené nebezpečí, že nálety během několika málo let suchem, případně i částečně pro nedostatek živin vyhynou (Šindelář 2004). Nejsnadnější dosažení přirozené obnovy nastává zpravidla na edafické kategorii kyselé, která patří mezi nejrozšířenější kategorie lesních stanovišť v ČR (Poleno, Vacek 2009).

V zásadě se dá tvrdit, že čím chudší je lokalita, tím vyšší je potřeba světla pro vývoj přirozené obnovy (Bäßler 2003), kdy klesá konkurence přízemní vegetace.

#### **2.3.4 Konkurence přízemní vegetace**

Borovice je dřevina s nízkou konkurenční schopností (m 2014), především ve srovnání s konkurenčními strategy (např. buk). Borové porosty, vyznačující se světlejším zápojem, dovolují expanci přízemní vegetace, vedoucí často až k silnému zabuřnění, což překáží klíčení a ujímání semenáčků (Korpel' et al 1991). Konkurence přízemní vegetace o světlo a živiny prokazatelně snižuje růst semenáčků borovice.

Na začátku jara vegetace zabraňuje odpařování vody a navzdory vlastní spotřebě má na přirozenou obnovu borovic pozitivní vliv. V létě jsou plochy s vegetací, pokrývající půdu, vysušeny silněji (Hafemann 2004).

Různé druhy vegetace mají vliv na počátek a vývoj přirozené obnovy. Tyto druhy vegetace mohou zamezit vyklíčení semen na vhodných půdních podmínkách. U vzrostlých rostlin v podobě semenáčků mohou docílit i k jejich úplnému vyschnutí. Rozdílná konkurence přízemní vegetace závisí zejména na potřebě druhů čerpat vodu (Hafemann 2004).

Neomezená obnova borovice se vyskytuje na plochách s odkrytou minerální půdou, která neobsahuje vegetaci, případně má nízkou pokrývnost a platí za předpokladu, že nedojde k jejímu vyschnutí.

Příznivé podmínky pro vznik spontánní přirozené obnovy má přízemní vegetace obsahující mechy zejména rodu *Hypnum*, *Hylocomium*, *Pleurozium* a *Dicranum*. Tyto druhy jsou acidofilní, rostoucí zejména v jehličnatých porostech středních bonit, zpravidla se slabou příměsí trav a nepatrnou účastí borůvky či vřesu. (Poleno, Vacek 2009). Do jisté míry i lišejníky, někdy i řídká travinná a bylinná vegetace na chudých půdách nejsou překážkou pro klíčení semen (Šindelář 2004). Je to zejména vegetace (*Vaccinium vitis-idaea* L.), paličkovců šedavých (*Corynephorus canescens* sestávající z lišejníků (Lichen), bělomechů sivých (*Leucobryum glaucum* (Hedw.) Angst.), brusnic borůvek) apod. V těchto případech je možné zmlazení borovice i bez předchozího narušení půdy (Bäbler 2003). Mechy mohou dokonce představovat i ochranu před vysycháním půdy (Šindelář 2004).

Vegetace obsahující rokyty (*Hypnum*), ploníkovité (*Polytrichaceae*) a rozvolněnou vegetaci brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus* L.) nebo metličky křivolaké (*Deschampsia flexuosa*) je přirozené zmlazení borovice bez zásahu omezené.

U přízemní vegetace s uzavřeným krytem jako je např. třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*) a metlička křivolaká (*Deschampsia flexuosa*) (Bäbler 2003), hasivka orličí (*Pteridium aquilinum* (L.) a u některých druhů rodu *Rubus*, zmlazení bez narušení půdy vylučuje. Po narušení jsou místa obnažena až na minerální půdu, která však opět rychle zarůstají. I při dosažení přirozené obnovy je zpravidla zapotřebí pracně a nákladně nálety ošetřovat (malá efektivita) (Šindelář 2004).

Pokud přízemní vegetace vytvoří neprostupnou vrstvu a konkurence už je příliš silná, následujícím možným krokem by bylo narušení přízemní vegetace a humusové vrstvy (Fottner 2017). Odkrytí minerální půdy se osvědčilo spíše pomístnou nebo pruhovou přípravou, ve srovnání s celoplošným zpracováním půdy (Šindelář 2004). Někteří autoři naopak tvrdí, že, odstraněním humusové vrstvy a narušením půdy se umožní vztlínání vody (Hille, Ouden 2004).

Používá se mechanizace lehce ovladatelná, která narušuje půdu jen mělce jako například finské lesnické brány a pásové pluhy pod clonnou porostu. Borovice se zmlazuje zejména na holině vedle porostu, což usnadňuje použití mechanizace v

přípravě půdy (Vacek, Lokvenc, Souček 1995), kdy je možné použití i těžších mechanizačních prostředků (Poleno, Vacek 2009).

Příznivé podmínky pro růst borovice bez přičinění lidské činnosti nastávají po požáru porostů, spadu jehličí či erozi jejíž následkem je degradace půdy (Kessner 2009).

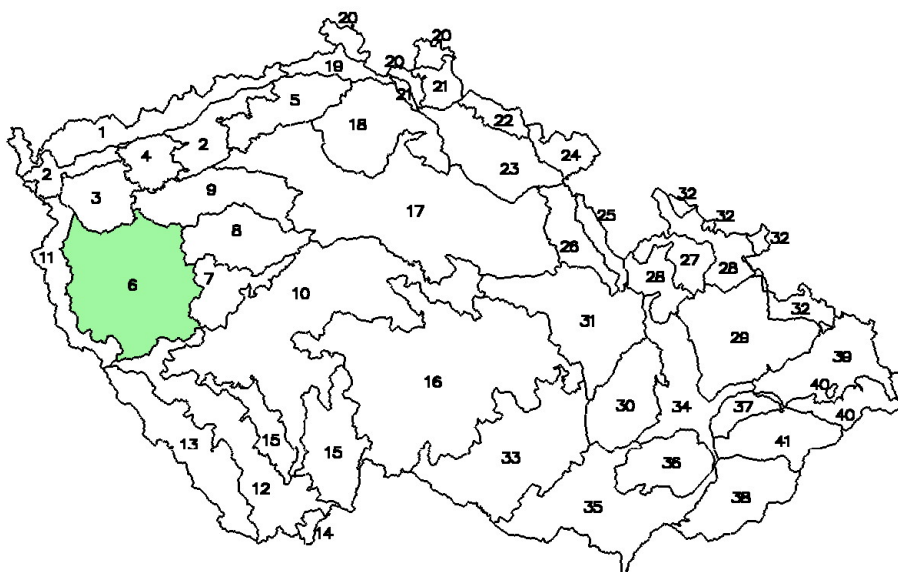
K bujnému vzrůstu buřeně dochází z řady příčin. Nedostatečná včasná přirozená obnova a příliš brzké prosvětlení porostů. Provedení přípravné těžby a následné selhání očekávaného semenného roku. Nepředvídané abiotické a biotické vlivy vedoucí k poškození porostů. Zaměření na produkci cenných sortimentů, vyžadující rozvolnění porostů (silné zabuřnění vyskytující se zejména v porostech dobře zásobených živinami a vodou). Nadměrný spad dusíku, ovlivňující dominanci trav (především třtiny), vytvářející mohutné pro vodu skoro neproniknutelné koberce (Poleno, Vacek 2009).

## **2.4 Popis zkoumaného území**

### **2.4.1 Charakteristika PLO 6 – Západočeská pahorkatina**

Praktická část diplomové práce spadá do přírodní lesní oblasti 6 - Západočeská pahorkatina. Vyznačuje se mírně zvlněným terénem převážně plošinného rázu, nacházející se na algonkických horninách s průniky žulových masivů a s permokarbonským a terciálním pokryvem. Klima je zde ve stejné míře teplé, suché i vlhké s nízkými srážkami kvůli dešťovému stínu. Oblast se nachází v nadmořské výšce 300-600 m. Lesy dosahují výměry 1116 km<sup>2</sup>, ale oproti původní skladbě, která byla převážně listnatá, jsou silně pozměněné. Jehličnaté lesy zaujímají 90% plochy a zbylých 10 % tvoří listaté dřeviny na extrémních stanovištích a na mokřinách. V oblasti převládají kyselé dubové bučiny, značně jsou rozšířeny bory na plošinách s podmáčenými půdami společenstva s původní jedlí. V přirozené skladbě se nacházel zejména dub (35 %), buk (34 %), jedle (13 %) a borovice (12 %) (Průša 2001).

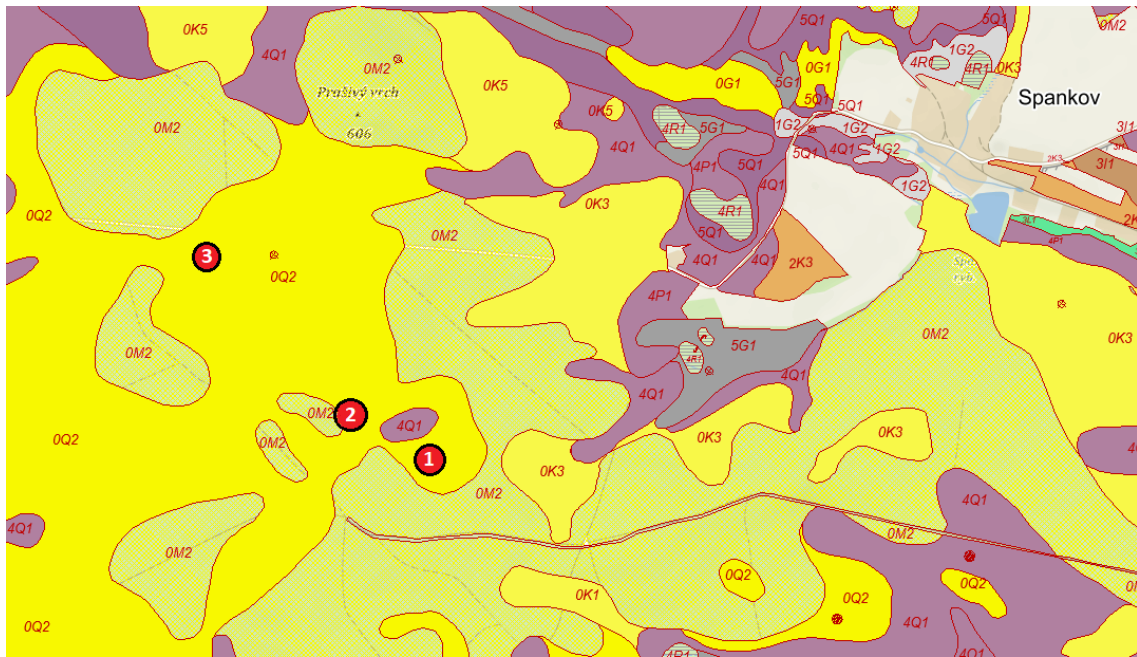




Obr. 8: Přírodní lesní oblast č.6 - Západočeská pahorkatina (UHUL 2013)

#### 2.4.2 Typologické zařazení

Zkoumané porosty se nacházejí na edafických kategoriích Q (Obr. 9) neboli oglejená chudá a v lesním vegetačním stupni 0 - bory (0Q chudý jedlodubový bor). Stanoviště najdeme na geologickém podloží písčitém a jílovitopísčitém. Pod nimi se často nacházejí těžší až jílovitohlinité sedimenty, mnohdy kaolinizované. Jak už název napovídá, půdy jsou velmi chudé živinami i velmi kyselé, jsou písčité nebo hlinitopísčité, často s příměsí valounů, dospod zpravidla ulehle, jílnaté písčité až jílovitohlinité, pro vodu špatně propustné. Humusovou formou je zejména mor. Po delších deštích na jaře voda ve spodních půdách stagnuje, v létě naopak na povrchu prosychá. Půdním typem je zejména oglejený až pseudoglejový podzol arenický. Půdy jsou velmi silně ohroženy degradací, především zhoršováním fyzikálních vlastností.



Obr. 9: Typologická mapa a přehled tří zkoumaných trvalých ploch (1 - TP Cílová, 2 - TP Pařez, 3 - TP Prales) (<http://geoportal.uhul.cz>)

Převládají borové porosty, které jsou nižšího vzrůstu a poměrně plochou korunou, ale jinak dobrého tvaru a v mládí tolik nekošatí jako v porovnání s bohatšími typy stanovišť (Průša 2001).

Co se týče vegetace, tak převládají druhy velmi chudé: borůvka, brusinka, puklérky, kyselé mechy (dvouhrotec chvostnatý, bělomech sivý). Druhy které indikují oglejení chybí, jen pomístně se mohou objevit rašeliníky. Produkce je podprůměrná a je ohrožena především zamokřením v horních vrstvách půdy v průběhu léta a i suchem. Hojně se vyskytují keříčky, které mohou tvořit velmi obtížnou buřeň.

Obnovu provádíme podroštním a násečným způsobem s obmýtní dobou 130 let. Extrémní půdní podmínky stavějí tyto typy na rozhraní mezi účelové a hospodářské lesy. Zejména obnova je zde složitá. Přírozená obnova se vyskytuje celkem běžně, je však řídká (Průša 2001).

### 2.4.3 Geologie a pedologie

Nejvýznamnějším faktorem, který má vliv na půdní poměry, je podklad matečné horniny. Ta ovlivňuje minerální poměry půdy a spolu s vlhkostí tak rozhoduje o její úrodnosti. Dalším rozhodujícím faktorem je nedzemní vegetace, především pak množství melioračních dřevin.

Největší část území pokrývají kombizemě. Ta se vytváří převážně ve svazích a lehce šikmých plochách. Dalšími, méně zastoupenými půdními typy nacházejícími se v této oblasti jsou luvizem, pseudoglej, fluvizem a rankery. Zkoumané TP se nacházeli na půdním typu pseudoglej dystrická (obr. 11). Co se týče geologie horninovým typem na TP je sediment zpevněný (obr. 10). Vyskytují se zde arkozové pískovce, arkozy, slepence, pestré barevné jílovce a prachovce



Obr. 10: Pedologická mapa (měřítko 1:30 240) (mapy.geology.cz)



Obr. 11: Geologická mapa (měřítko 1:60 480) (mapy.geology.cz)

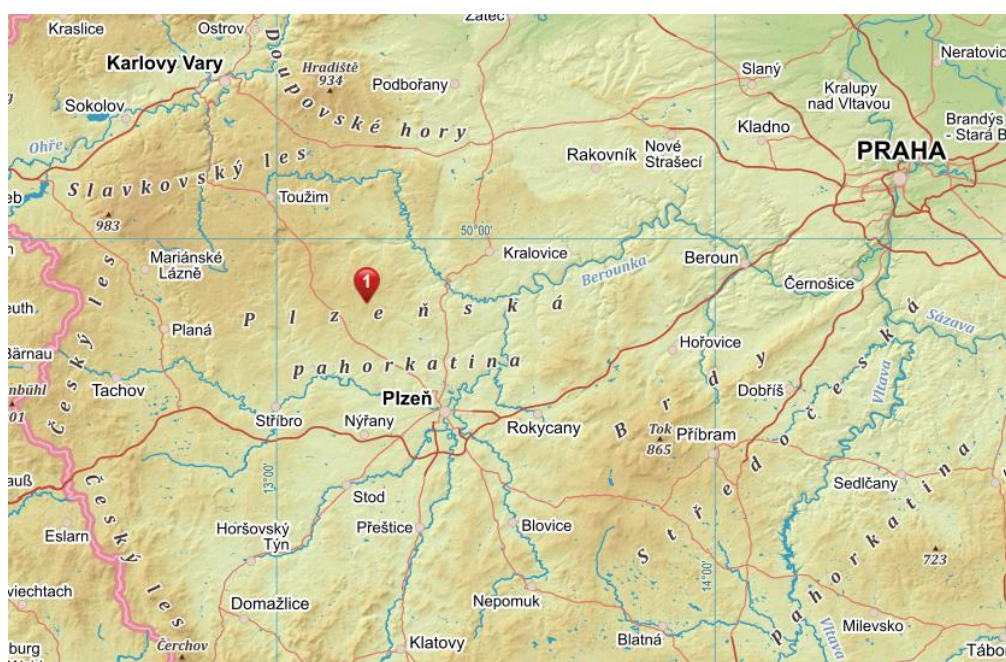


## 3 METODIKA

### 3.1 Výběr a popis lokalit

Jako nejvhodnější výzkumná lokalita byl vybrán revír Špankov, Lesní správa Plasy, Lesy České republiky s.p. (PLO Západočeská pahorkatina). V revíru se posledních 20 let hospodaří maloplošným clonným způsobem skupinovitého charakteru s přechodem k výběrným principům. Ve velké míře se zde využívá přirozené obnovy borovice.

Špankov je jedním z 10 revírů lesní správy Plasy (katastrální výměra 72 740 ha), který se rozprostírá v jeho jihozápadní části (obr.x). Výměra tohoto revíru činí 1596 ha, přičemž nadmořská výška se pohybuje od 500 do 620 m n. m. V zájmové oblasti, kde probíhalo vlastní šetření, převažují cílové hospodářské soubory (CHS) 13 a 27 s největším zastoupením soubory lesních typů 0M, 0K, 0Q a 4Q.



Obr. 12: Lokalizace revíru Špankov (geoportal.uhul.cz)

Celé území Plas patří do mírně teplé oblasti. Dále se pak na základě klimatických podmínek dělí na severní a východní část, přičemž Plasy spadají do severní části B1 – mírně teplý, suchý, se slabými zimami (Obrazek 11.) Průměrné roční teploty se pohybují okolo 6-7 C°. Ve členění na Klimatické Oblasti podle Quita z roku 1975 se Špankov dá zařadit do mírně teplé oblasti MT3. (Tab. 2).

Tab. 3: Klimatická charakteristika oblasti MT3 (Quitt 1971).

Počet letních dní	60–70
Počet mrazových dní	100–110
Průměrná teplota v lednu (°C)	-2,5
Průměrná teplota v červenci (°C)	19–20
Srážkový úhrn ve vegetačním období (mm)	300–350
Srážkový úhrn v období vegetačního klidu (mm)	200–300
Počet dní jasných	110–120
Počet dní zatažených	50–60

Zásadními problémy hospodaření v Revíru Špankov i celé oblasti lesní správy jsou časté jarní přísušky. To je ovlivněno umístěním v Plzeňské pánvi, která leží ve srážkovém stínu. Přirozená chudost půd na větší části revíru zpomalují odrůstání kultur. TP se nacházejí na půdním typu pseudoglej dystrická. Poslední rozbory půd v roce 1992 prokázaly velkou kyselost - 3,0 - 3,2 pH. Tento fakt negativně ovlivňuje růst přimíšených melioračních dřevin. Největším problémem na revíru Špankov jsou stavy spárkaté zvěře zejména jelen sika, který byl dovezen do obor v Manětíně a v Čemínech před sto lety. Ve 40 letech minulého století se zvěř dostala do volnosti a od té doby se neustále rozšiřuje areál jejího výskytu i její početnost. Přírodě neúnosné stavy stále přetrvávají již po několik desetiletí, což je patrné zejména v marné snaze předchozích lesníků udržet v porostech zastoupení jedle a listnatých dřevin. (Červený 2006). Současná dřevinná skladba revíru vykazuje 89 % jehličnatých (52 % borovice) a 11 % listnatých dřevin.

V tabulce (Tab.4) níže jsou popsány TVP před těžbou a proběhlé těžbě v r. 2015.

Tab. 4: Popis porostu před těžbou nad DBH 4 cm v roce 2015 pro všechny dřeviny a pro borovici (zkratky vysvětleny v další tabulce).

ID TVP	Sdružený porost- CELKEM														Denzita		
	t	d	Sd	h	h95	f	v	N	G	V	h:d	CBP	CPP	COP	CC	CPA	SDI
Prales	137	24,0	10,0	15,55	21,90	0,537	0,378	704	31,9	266	64,8	6,0	1,94	266	77,4	1,49	0,65
Cílová	140	15,5	10,2	8,48	21,80	0,929	0,149	1180	22,2	175	54,7	4,0	1,25	175	81,6	1,69	0,55
Pařez	140	20,8	12,0	12,59	22,20	0,701	0,300	824	28,0	247	60,5	5,3	1,76	247	72,3	1,28	0,62
ID TVP	Sdružený porost - BO														Denzita		
	t	d	Sd	h	h95	f	v	N	G	V	h:d	CBP	CPP	COP	CC	CPA	SDI
Prales	137	26,2	9,3	16,93	22,00	0,507	0,463	540	29,0	250	64,6	5,5	1,82	250	69,3	1,18	0,59
Cílová	140	15,6	10,3	8,51	21,90	0,940	0,153	1136	21,8	174	54,6	3,8	1,24	174	80,5	1,63	0,54
Pařez	140	20,9	12,0	12,65	22,30	0,698	0,303	816	27,9	247	60,5	5,3	1,76	247	72,2	1,28	0,62

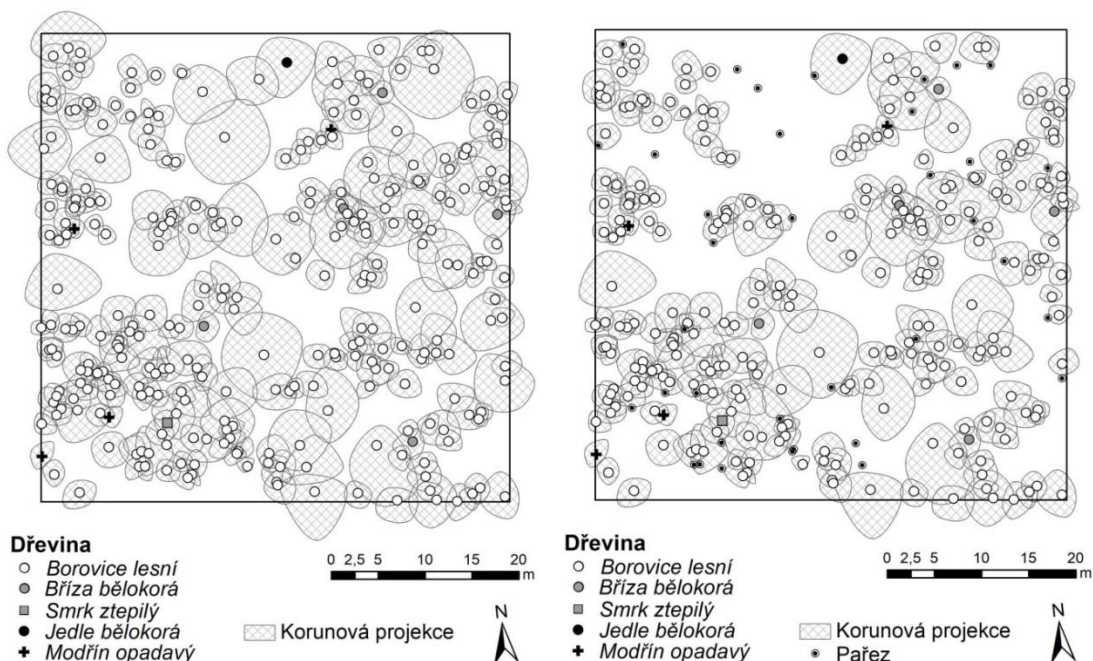
Tab. 5: Popis porostu po těžbě nad DBH 4 cm v roce 2015 pro všechny dřeviny a pro borovici (t – průměrný věk porostu, d – průměrná výčetní tloušťka, h – střední porostní výška (m), h95% – horní výška – 95 % kvantil (m), f – výtvarnice, v – průměrný objem stromu (m<sup>3</sup>), N – počet stromů na 1 ha, G – výčetní kruhová základna (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>), V – objem porostu (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>), h:d – štíhlostní kvocient, CBP – celkový běžný přírůst (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>), CPP – celkový průměrný přírůst (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>), COP – celková objemová produkce (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>), CP – korunová projekce, CC – stupeň zápoje, SDI – relativní index hustoty porostu (zakmenění))

ID TVP	Sdružený porost-celkem														Denzita		
	t	d	Sd	h	h95	f	v	N	G	V	h:d	CBP	CPP	COP	CC	CP	SDI
Prales	137	24,0	10,0	15,55	21,90	0,537	0,378	704	31,9	266	64,8	6,3	1,94	266	77,4	1,49	0,65
Cílová	140	12,5	7,7	7,52	16,50	0,876	0,081	1036	12,7	84	60,2	2,3	0,60	84	72,5	1,29	0,34
Pařez	140	18,0	11,1	10,94	21,70	0,766	0,213	672	17,0	143	60,8	3,5	1,02	143	55,9	0,82	0,40
ID TVP	Sdružený porost - BO														Denzita		
	t	d	Sd	h	h95	f	v	N	G	V	h:d	CBP	CPP	COP	CC	CP	SDI
Prales	137	26,2	9,3	16,93	22,00	0,507	0,463	540	29,0	250	64,6	5,5	1,82	250	69,3	1,18	0,59
Cílová	140	12,5	7,7	7,54	16,60	0,894	0,083	992	12,3	82	60,3	2,3	0,59	82	70,8	1,23	0,33
Pařez	140	18,0	11,1	11,00	21,70	0,770	0,216	664	17,0	143	61,1	3,5	1,02	143	55,7	0,81	0,40

Horizontální struktura jednotlivých TVP před a po posledním těžebním zásahu v roce 2015 je znázorněna na obr. 13. Názvy ploch s indexem (a) znázorňují plochy před zásahem a indexem (b) plochy po zásahu. Na TVP 3 se nezasahovalo, jedná se o kontrolní plochu s vysokým stupněm zápoje.

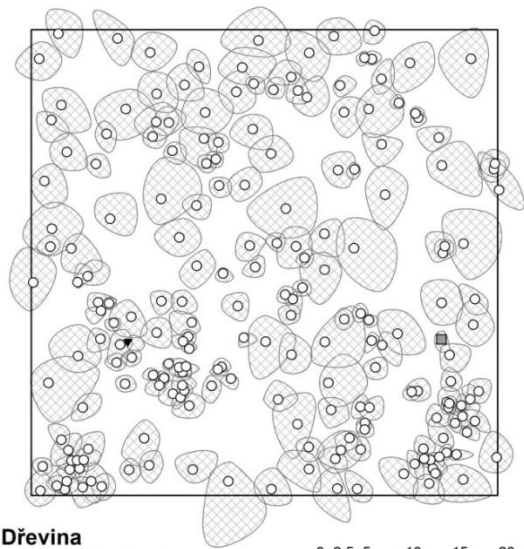
1 (a)

1 (b)





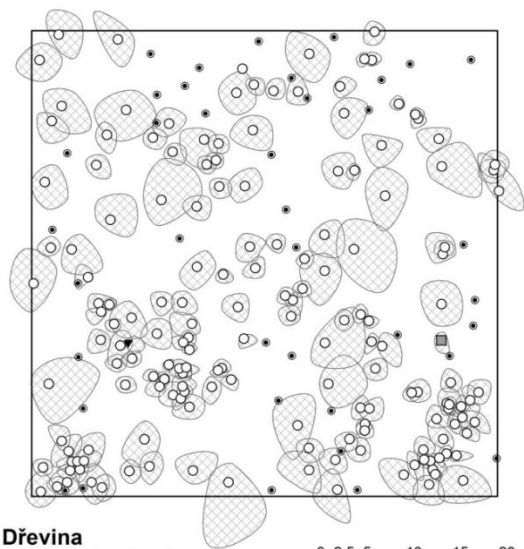
2 (a)



**Dřevina**  
 ○ Borovice lesní  
 ■ Smrk ztepilý  
 ▼ Buk lesní

0 2.5 5 10 15 20 m  
 Korunová projekce

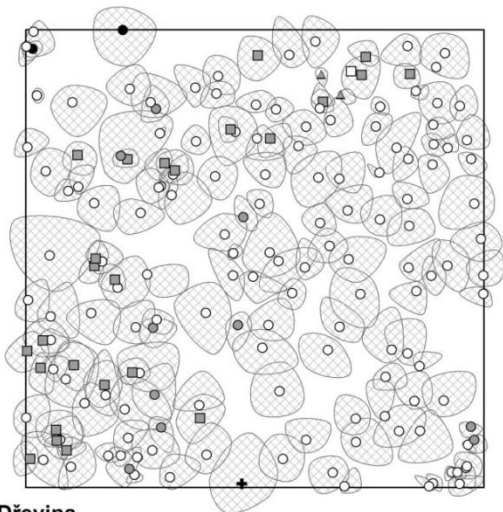
2 (b)



**Dřevina**  
 ○ Borovice lesní  
 ■ Smrk ztepilý  
 ▼ Buk lesní

0 2.5 5 10 15 20 m  
 Korunová projekce  
 ● Pařez

3



**Dřevina**  
 ○ Borovice lesní  
 ● Bříza bělokorá  
 ■ Smrk ztepilý  
 ● Jedle bělokorá  
 + Modřín opadavý  
 ▲ Olše lepkavá  
 □ Vrba jíva

0 2.5 5 10 15 20 m  
 Korunová projekce

Obr. 13: Korunový zápoj na TYP Cílové (1), TYP Pařez (2), TYP Prales (3) před (a) a po těžebním zásahu (b) formou zralostního a zdravotního výběru v horním stromovém patře

Přehled ploch je zobrazen v tab. 6. Podrobnější umístění porostu v porostních mapách je možné nalézt v přílohách (Příloha č.3, Příloha č.4).

Tab. 6: Přehled trvalých výzkumných ploch

číslo	označení	porost	rozloha	GPS	PLO	Nadmořská výška m n. m.	SLT
1	TVP Cílová	243F14/2c	2500 m <sup>2</sup>	49.904382973909378 13.20848498493433	6	580	0Q
2	TVP Pařez	243F14/2c	2500 m <sup>2</sup>	49.905430041253567 13.204848999157548	6	595	0Q
3	TVP Prales	243A14a	2500 m <sup>2</sup>	49.910008991137147 13.200380019843578	6	605	0Q

### 3.2 Sběr dat

Ke sběru dat byly využity trvalé výzkumné plochy (TVP) o výměře 50 × 50 m (0,25 ha), které byly založeny v roce 2015 během řešení výzkumného projektu NAZV QJ 1520037 „Zvyšování adaptability borového hospodářství v podmínkách České republiky“. Zkoumané trvalé výzkumné plochy byly tři. TVP Cílová, která byla prosvětlena nejsilněji a odpovídala zakmenění 0,7. TVP Pařez se zakmeněním 0,78 a kontrolní TVP Prales, kde se neprováděl žádný zásah do porostu se zakmeněním 0,9.

V rámci každé TVP byl uprostřed vytyčen transekt (trvalá plocha - TP) o výměře 10 × 20 m. Jeho hranice byly v terénu stabilizovány dubovými kolíky. Uvnitř každé TP byla provedena inventarizace jedinců obnovy. U každého jedince byla zaměřena jeho poloha s pomocí pásma a skládacího metru s přesností na cm. Dále se zjišťovala výška pomocí skládacího metru (v cm) a tloušťka krčku pomocí průměrky (v mm). U stromů nad 40 mm se měřila tloušťka v prsní výšce, neboli 1,3 m na zení. Hranice mezi přirozenou obnovou a konkurenčními stromy byla stanovená v tloušťce 40 mm.

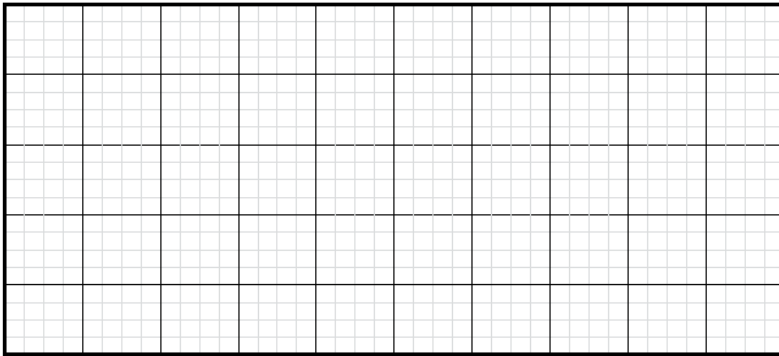
Kvalita jedinců se určovala na stupnici od 1 - 4, kde číslo 1 představovalo jedince bezvadné kvality. Stromek ohodnocený číslem 2 byl mírně poškozený, což znamenalo, že byl mírně ohnutý. Číslo 3 už u jedinců poukazovalo na závažnější nedostatky v podobě vidličnatosti nebo složitější křivosti. Číslo 4 bylo zaznamenáno u jedinců s vážnými deformacemi (chybějící terminální pupen, plagiotropní růst). Zjišťoval se i druh dřeviny a rozlišovaly se jedinci jednoletí a víceletí.

TP se dále rozdělila na subplochy ve tvaru čtverce o velikosti 0,5 × 0,5 m, která zahrnuje 800 půlmetrových čtverců, kde se v každém čtverci zjišťovala převažující



pokryvnost (dominance). Pokryvnost se zaznamenávala v pěti kategoriích (b – borůvky/brusinky, d – mrtvé dřevo, j – opad, m – mech a t – trávy). Pokud některé semenáčky rostly na ploše, kde byla zaznamenána určitá převažující pokryvnost (např. mrtvé dřevo), nemuselo to nutně znamenat, že se daný semenáček vyvíjí přímo na mrtvém dřevě, ale v jeho blízkosti.

V neposlední řadě se zjišťovali světelné poměry každé trvalé plochy. Tato plocha se rozdělila na ještě menší subplochy o velikosti  $2 \times 2$  m. Pro odhad světelných podmínek byl použit fotoaparát Canon EOS 1100D kde byly vytvořeny tzv. hemisférické fotografie ve výšce 1,3 m nad zemí. Tyto snímky byly pořízeny při zatažené obloze a dokážou zachytit stav zápoje.



Obr. 14: Způsob rozdělení trvalých ploch ( $20 \times 10$  m): na subplochy ( $2 \times 2$  m – určování světelnosti) a na další menší subplochy ( $0,5 \times 0,5$  m – zjišťování pokryvnosti)

### 3.3 Zpracování dat

Snímky světelných podmínek byly upraveny ve Photoshopu a následně byly vyhodnoceny pomocí programu WinSCANOPY. Výsledkem byly hodnoty veličin: procentuální zápoj a fotosynteticky aktivní složky záření. Fotosynteticky aktivní záření, které se dá vyjádřit jako hustota toku fotonů fotosynteticky aktivního záření, obvykle značenou PPFD (z anglického photosynthetic photon flux density) zprůměrované za vegetační období. Tyto složky záření byly rozděleny na přímé sluneční záření (PPFD direct), difúzní složka záření (PPFD diffuse) a celkové sluneční záření (PPFD total). Udává se v  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .

V programu Statistica 12 byl proveden test normality pomocí Shapiro-Wilkova W testu a K – S & Lillieforsova testu normality. Na základě těchto testů bylo zjištěno, že mají data nenormální rozdělení a tudíž byly použity neparametrické statistiky. Byl využit Kruskalův-Wallisův test pro všechny parametry na hladině významnosti do 0,05. Pro některé vyhodnocení dat v programu Statistica byla použita logaritmická transformace. Pro prezentaci výsledků byly zvoleny krabicové (box ploty) a bodové grafy.

Vyhodnocení prostorového rozmístění přirozené obnovy bylo vyhodnoceno v programu R na základě párové korelační funkce. Párová korelační funkce je postavena na dvourozměrném Poissonovu rozdělení pravděpodobnosti.

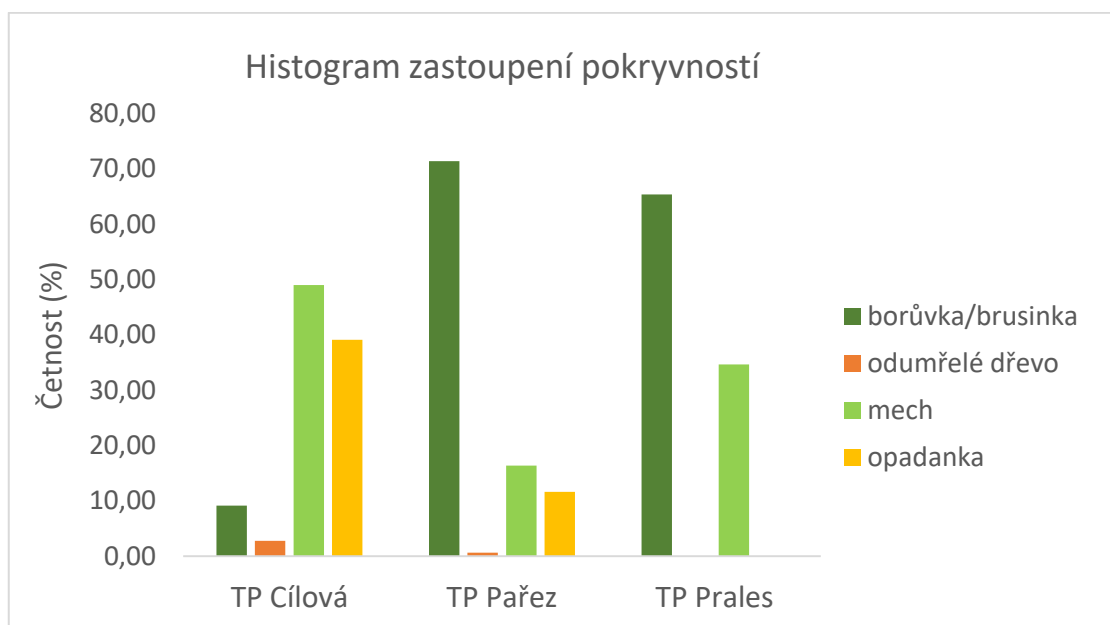


Obr. 15: Tvorba hemisférických fotek

## 4 VÝSLEDKY

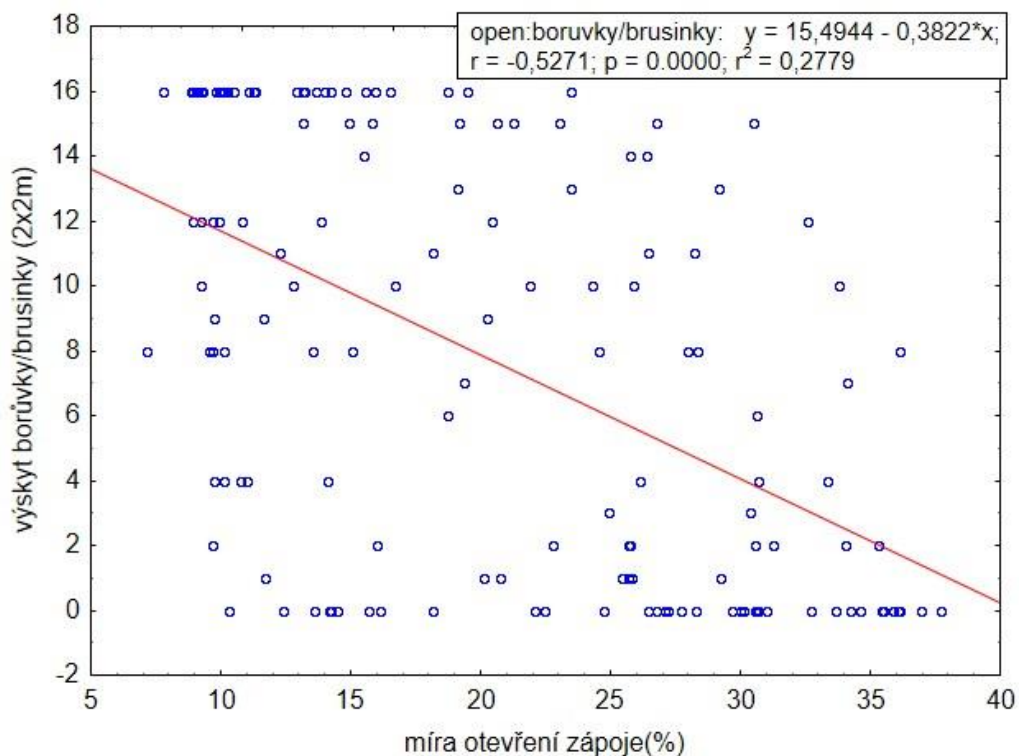
### 4.1 Mikrostanovištní charakteristiky

Graf 1. znázorňuje procentuální zastoupení vegetace subploch 0,5 x 0,5 m na TP. Z důvodu malého počtu subploch 0,5 x 0,5 s travinnou vegetací (2 subplochy 0,5 x 0,5m na TP Cílové), byla tato data z přehledu pokryvnosti odstraněna. Převládající vegetací na zkoumaných plochách byla borůvka s brusinkou a mech.



Graf 1: Procentuální zastoupení pokryvností na jednotlivých trvalých plochách

I přesto, že je koeficient determinace celkem vysoký z grafu (x) se neprojevil významný vliv míry otevření zápoje na výskytu borůvky/brusinky. V bodovém grafu je znázorněna negativní korelace, kdy se snižujícím se počtem subploch 0,5 x 0,5 m v subplochách 2x2 m stoupá světelnost. Na pokryvnost borůvky mělo větší vliv spíše difuzní záření než záření přímé (není zobrazeno v grafu).

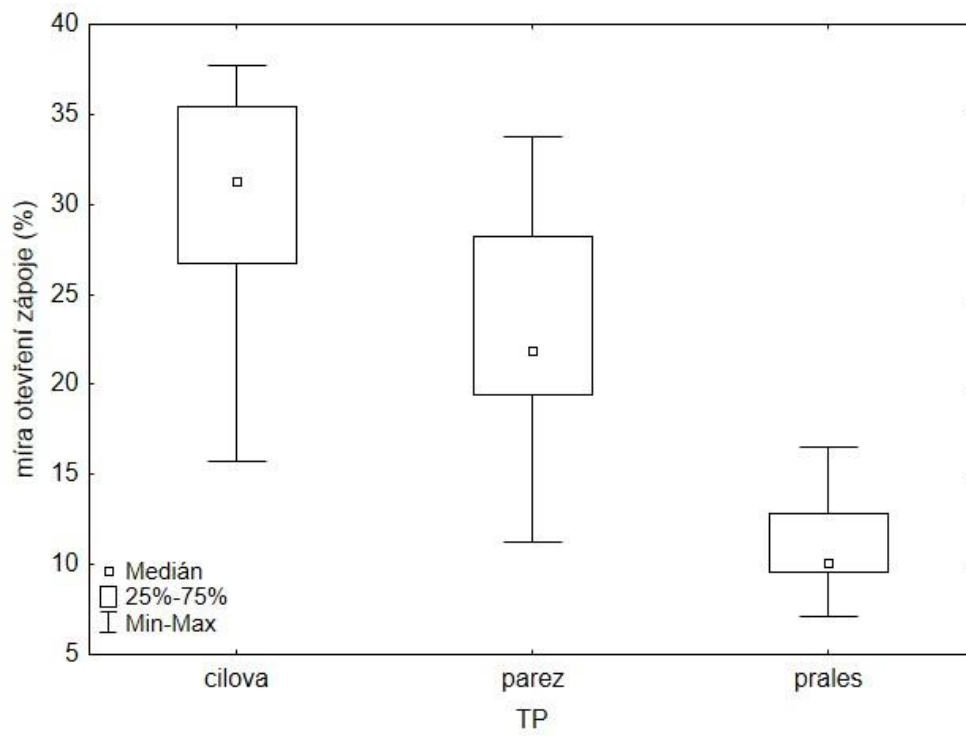


Graf 2: Negativní lineární vztah v počtu subploch 0,5 x 0,5 v rámci subploch o velikosti 4 m<sup>2</sup> na míře otevření zápoje (%)

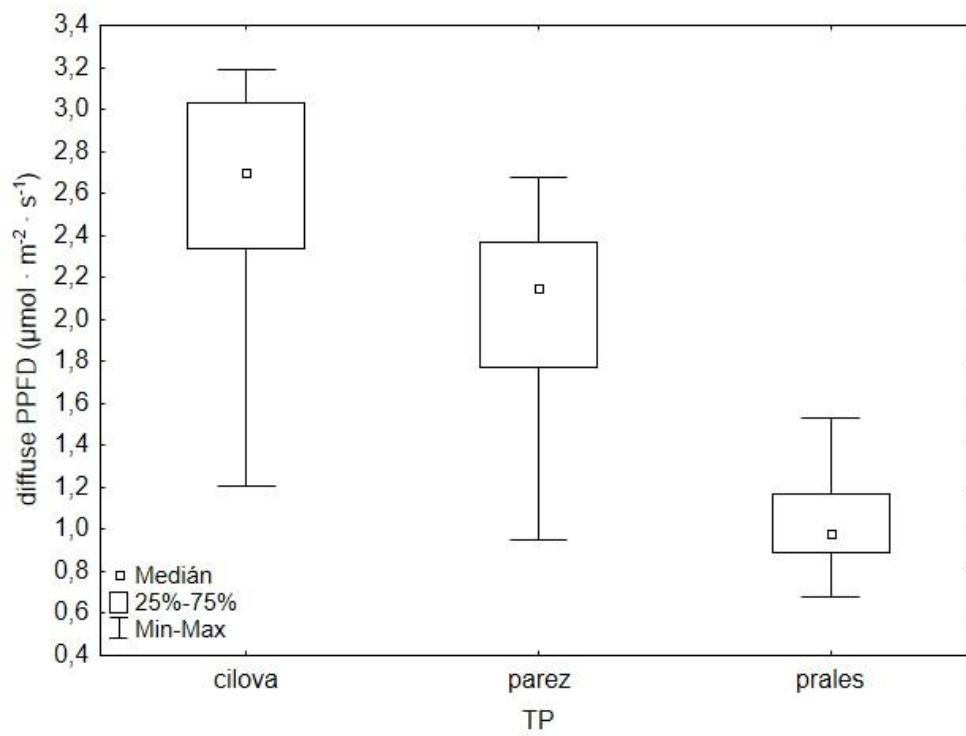
Následující čtyři grafy (Graf 3: a-d) zobrazují světelnostní podmínky na trvalých plochách.

Na prvním grafu (a) je znázorněna míra otevření zápoje vzhledem k TP, kdy se největší zastoupení otevřeného zápoje vyskytovalo na TP Cílová pohybující se okolo 32 %. Na dalších TP Pařez a Prales se míra otevření zápoje od sebe liší o 12 %. Další grafy (b až d) mají světelnostní průběh podobný. U všech naměřených světelností (míra otevření zápoje, difuzní složka radiace, přímá složka radiace a celková složka radiace) byl statisticky potvrzen vztah mezi TP a světelnými podmínkami.

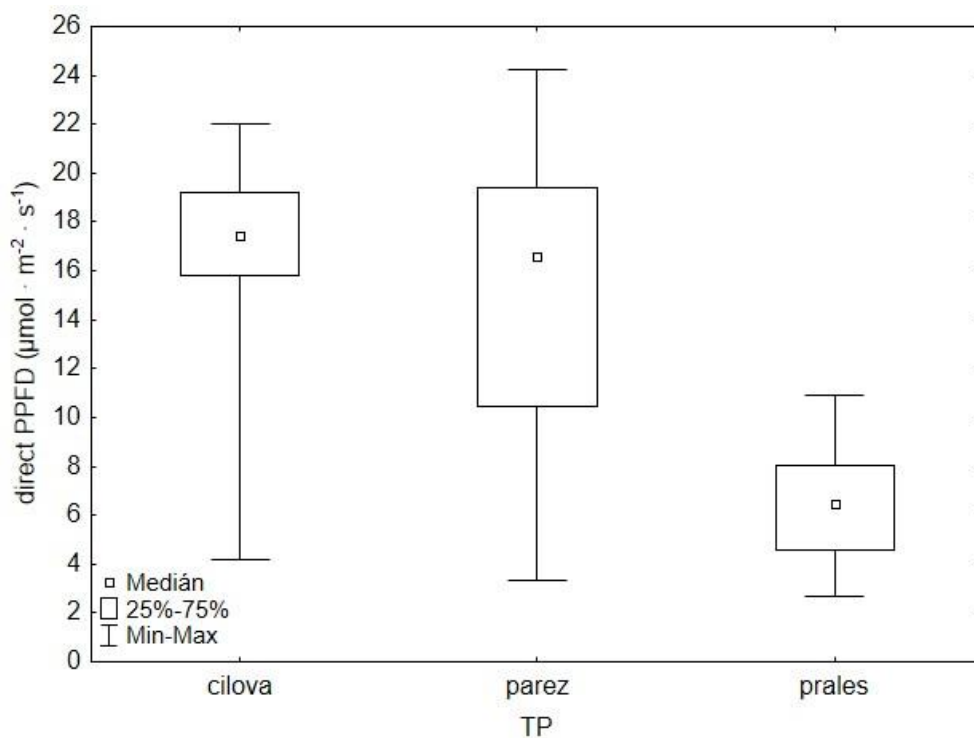
a)



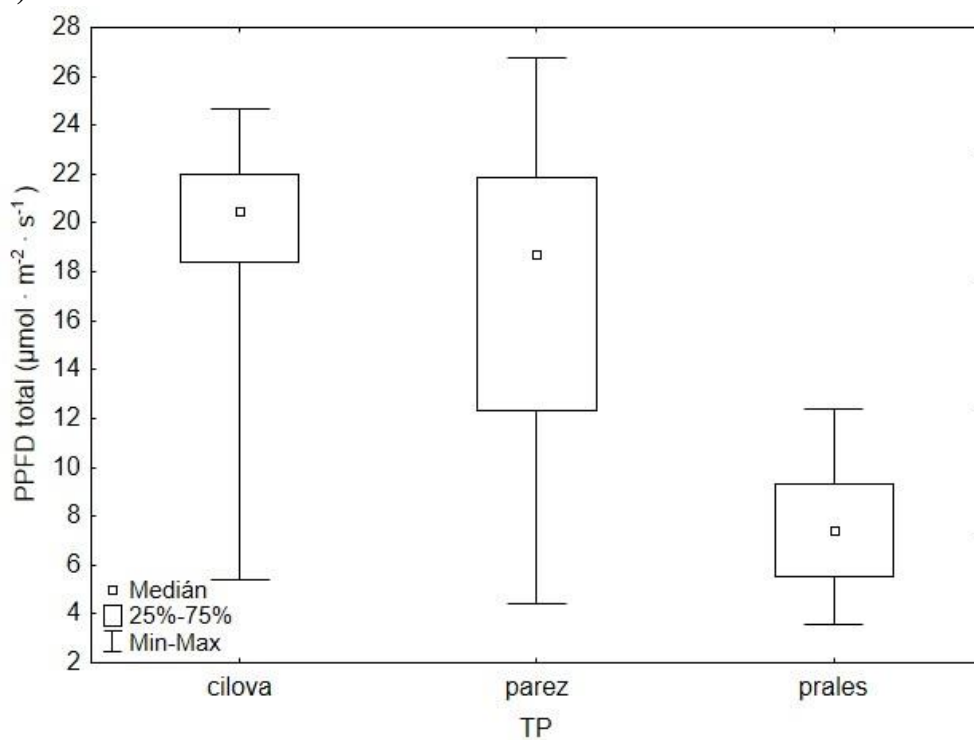
b)



c)

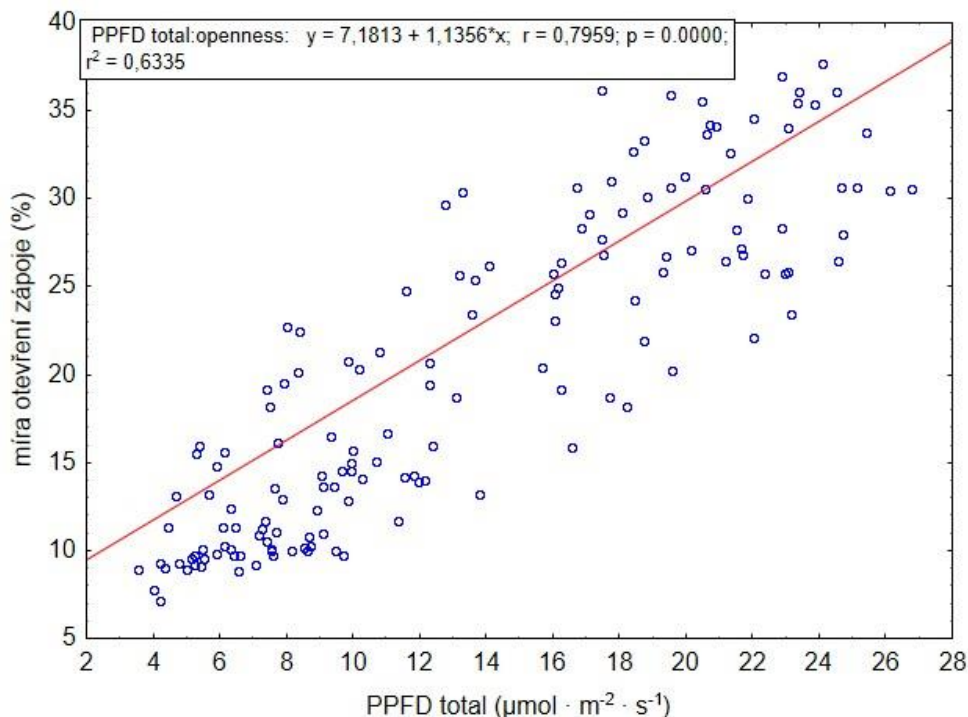


d)



Graf 3: Skupina krabicových grafů s různou složkou záření srovnávána na třech TP. (Graf (b) zobrazuje: difúzní složku radiace, Graf (c): přímou sluneční radiaci, Graf (d): celkovou sluneční radiaci).

Z grafu (graf 4) je jasně vidět velmi silná korelace celkové sluneční radiace na míře otevření zápoje. Tento silný vztah potvrzuje i koeficient determinace  $r^2$  o velikosti 0,63. Graf vykazuje pozitivní lineární závislost.



Graf 4: Pozitivní lineární vztah míry otevření zápoje na celkovém slunečním záření.

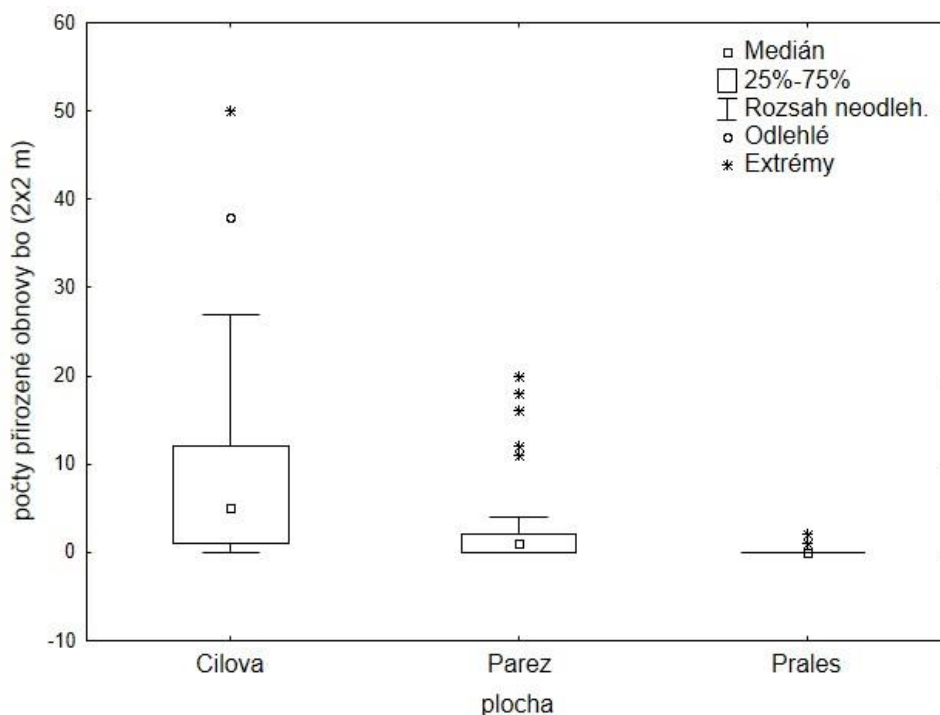
## 4.2 Dendrometrické charakteristiky

Zjištění počtu jedinců na ploše bylo jedním z hlavních výstupů mého výzkumu. Na základě těchto počtů lze určit, jestli je tento způsob hospodaření vhodný.

Přehled počtu jedinců je zobrazen v tabulce č.7. Z tab. 8 je na základě Kruskal-Walisova testu byl potvrzen vztah mezi počty jedinců přirozené obnovy a TP.

Tab. 7: Přehled počtu jedinců přirozené obnovy u borovice a u všech dřevin na jednotlivých TP na subplochu 2x2 m (4 m<sup>2</sup>) a na hektar.

Plocha	Všechny dřeviny		Borovice	
	na 4m <sup>2</sup>	na 1 ha	na 4m <sup>2</sup>	na 1 ha
TP Cílová	10,4	26000	8,82	22050
TP Pařez	2,69	6734,69	2,36	5900
TP Prales	0,16	400	0,16	400



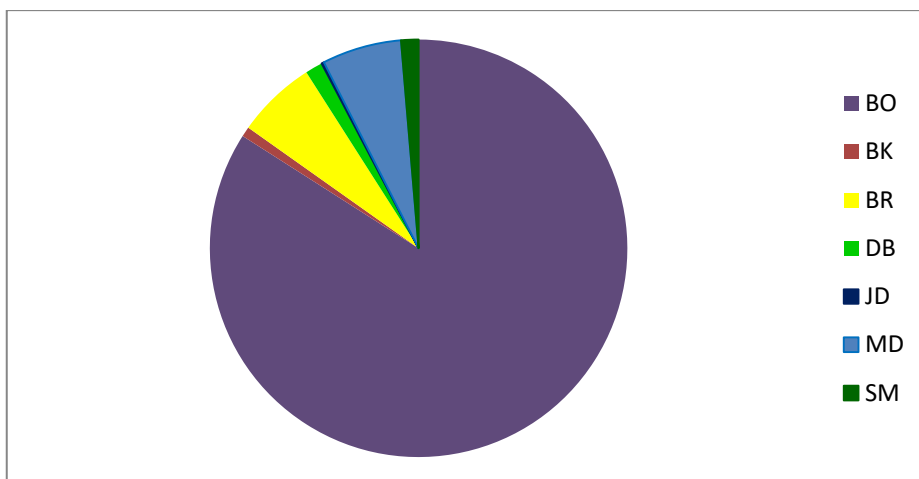
Graf 5: Počty přirozené obnovy borovice na 4 m<sup>2</sup> na třech TP

Tab. 8: Kruskal - Wallisův test počtu jedinců v závislosti na TP vztahující se ke grafu 5

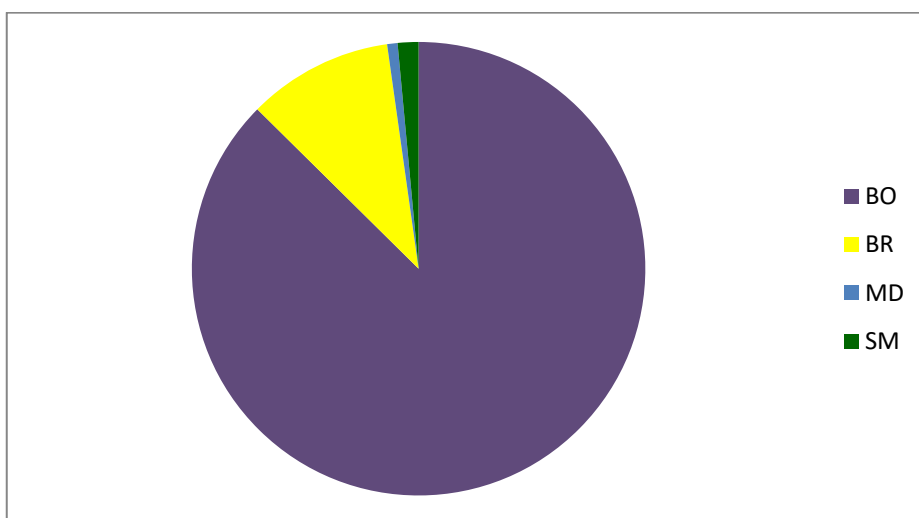
Závislá: pocet	Kruskal-Wallisův test: H ( 2, N= 149) =56,34755 p =,0000		
	Cílova R:105,64	Parez R:74,000	Prales R:45,902
Cílova		0,000856	0,000000
Parez	0,000856		0,003617
Prales	0,000000	0,003617	

V grafu 6,7 je zobrazeno zastoupení dřevin přirozené obnovy na všech třech TP. Na TP Cílová 1 převládá borovice lesní s 84 %, pak modřín opadavý (*Larix decidua*) a bříza bělokorá (*Betula pendula*) se stejným zastoupením, tedy 6 %. Nepatrná příměs dřevin pak byla u smrku ztepilého (*Picea abies*) (1%), dubu sp. (*Quercus sp.*) (1%) a dřeviny nedosahující ani 1% byly u buku lesního (*Fagus sylvatica*) a jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.). Na TP Pařez 2 bylo borovice o něco více se zastoupením 87 %. Bříza se vyskytovala s 10 % četností. Okolo 1% bylo u smrku a modřínu. Na TP Prales 3 se vyskytovala pouze borovice. U celkového zastoupení dřevin (obnova i stromové patro) bylo rozložení dřevin velice blízké výsledkům dřevin z přirozené obnovy.





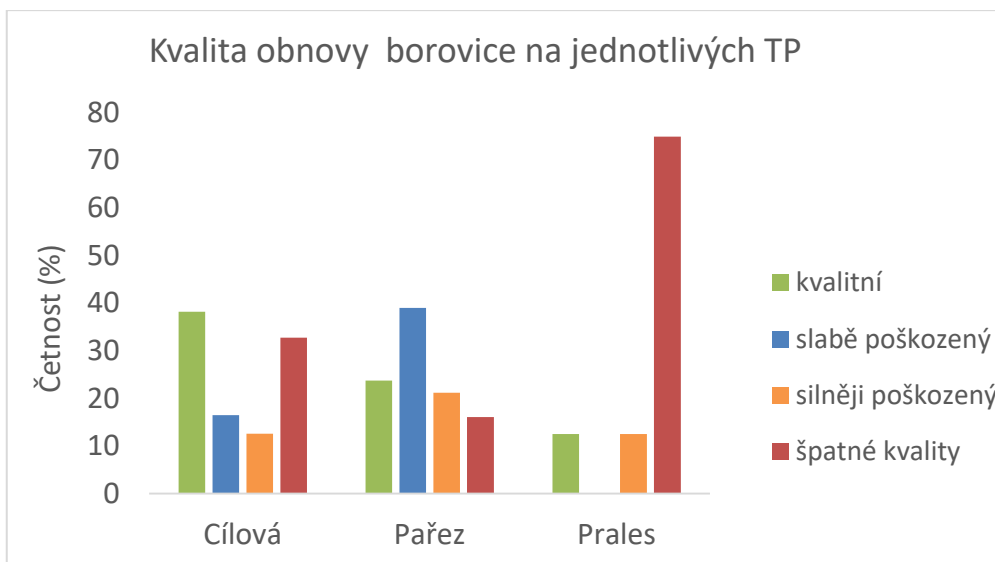
Graf 6: Zastoupení dřevin přirozené obnovy na TP Cílové.



Graf 7: Zastoupení dřevin přirozené obnovy na TP Pařez.

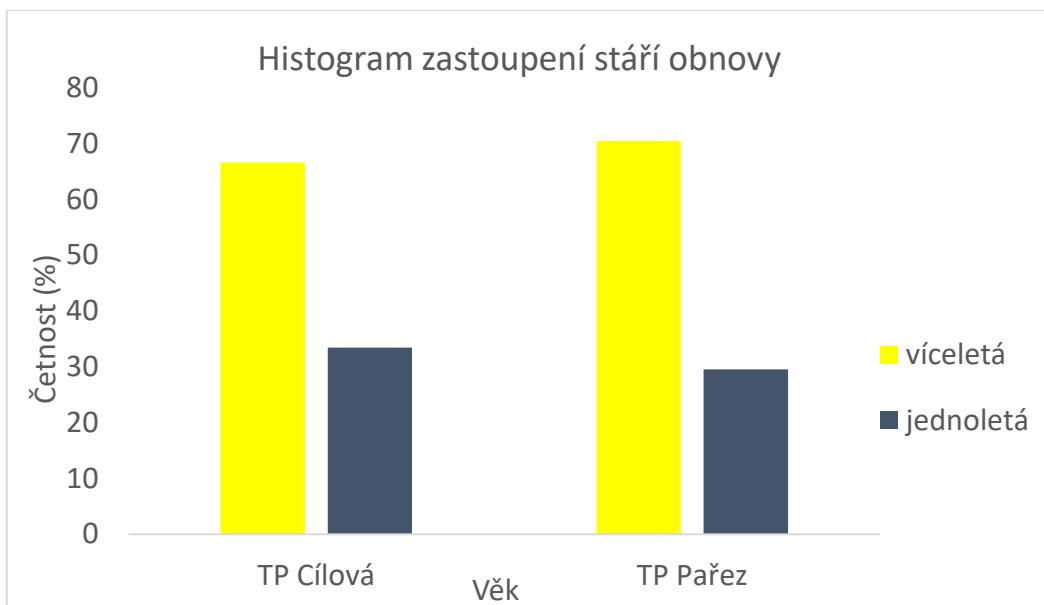
Z grafu 8 je vidět, že největší počet kvalitních jedinců se nacházel na TP Cílová a nejnižší na TP Prales.

U přirozené obnovy **všech dřevin** (histogram není přiložen) se pohybovala kvalita ve velmi podobném rozložení. Na TP Cílové bylo cca o 5 % méně kvalitních jedinců a místo toho pak bylo více jedinců špatné kvality. Na TP Pařez bylo rozložení zase více pravidelné, tedy méně kvalitních jedinců než u borovice. U všech dřevin ve srovnání s borovicí se vyskytovalo více jedinců horší kvality.

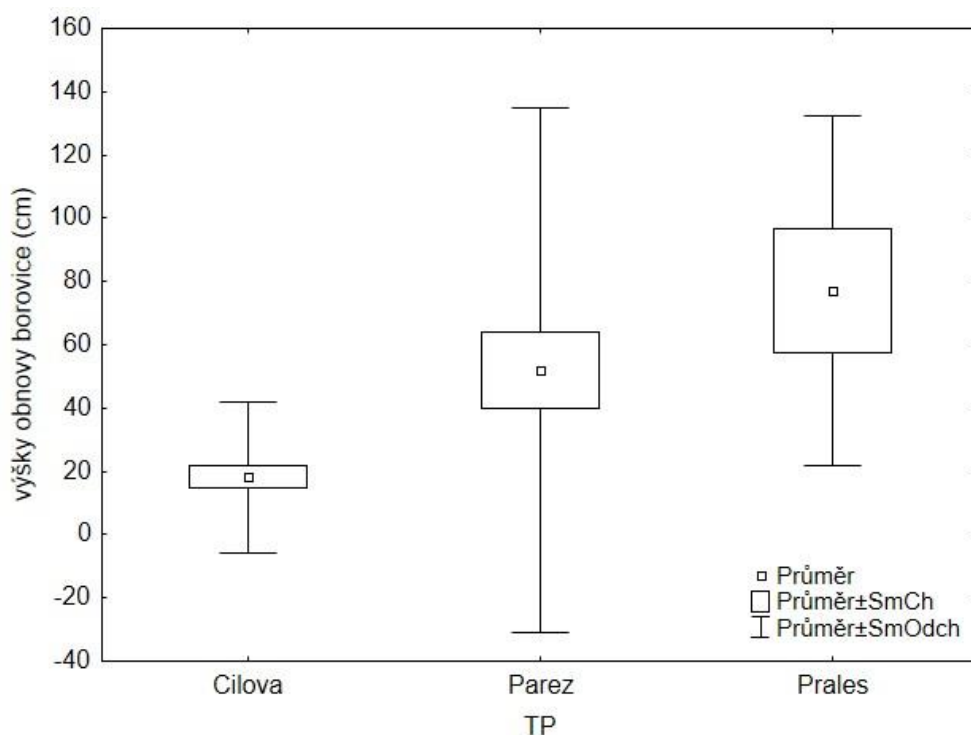


Graf 8: Přehled kvality obnovy na třech TP.

Z histogramu stáří obnovy (tab. 9) je vidět, že se věk mezi TP Cílovou a Pařezem mezi sebou lišil jen nepatrně. Na třetí ploše (TP Prales), která zde není znázorněná, byly jen víceleté semenáčky s celkovým počtem pouhých 8 stromků. Průměrné výšky borovice v rámci subploch o velikosti 4 m<sup>2</sup> mezi TP se mezi sebou lišili jen TP Cílové a TP Prales.



Graf 9: Zastoupení víceletých a jednoletých stromků přirozené obnovy na TP Cílové a na TP Pařez.



Graf 10: Průměrné výšky borovice v rámci subploch o velikosti 4 m<sup>2</sup> mezi TP.

Tab. 9: Statistické vyhodnocení na základě Kruskal - Wallisova testu: průměrné výšky borovice v rámci subploch o velikosti 4 m<sup>2</sup> mezi TP (viz graf 10).

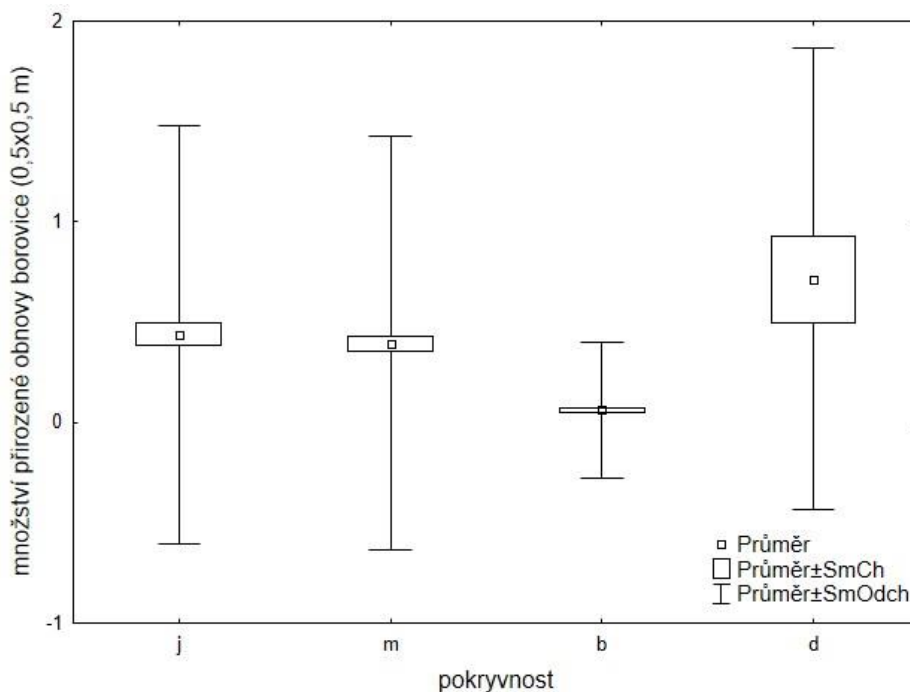
TP	Kruskal-Wallis test: H ( 2, N= 105) =6,150912 p =,0462 Include condition = bo		
	Cilova R:49,792	Parez R:52,071	Prales R:77,938
Cilova		1,000000	0,046552
Parez	1,000000		0,077781
Prales	0,046552	0,077781	

### 4.3 Vztahy mikroklimatu a přirozené obnovy

V této podkapitole budou formou krabicových grafů a bodových grafů představeny výsledky výzkumu vlivu mikroklimatu na přirozenou obnovu borovice.

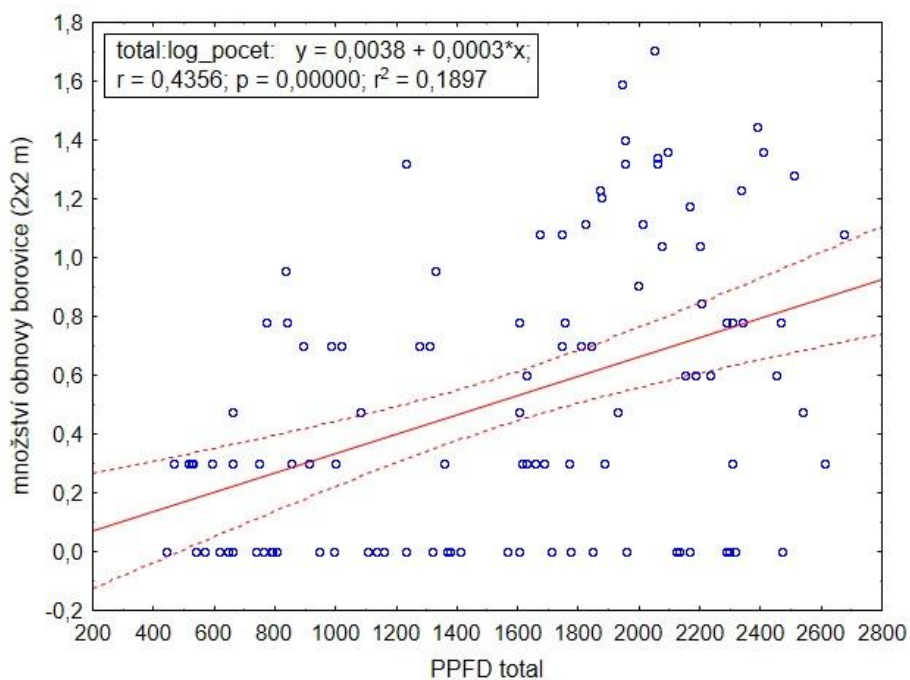
První graf (graf 11) ukazuje počet obnovy, který se vyskytoval na jednotlivých zkoumaných trvalých plochách vztahených na subplochy o velikosti 2x2 m.

V grafu 11 jsou zobrazeny počty přirozené obnovy v závislosti na převažující pokryvnosti na subplochách o velikosti 0,5x0,5 m ( j – opadanka, m – mech, b – borůvky/brusinky, d – mrtvé dřevo).



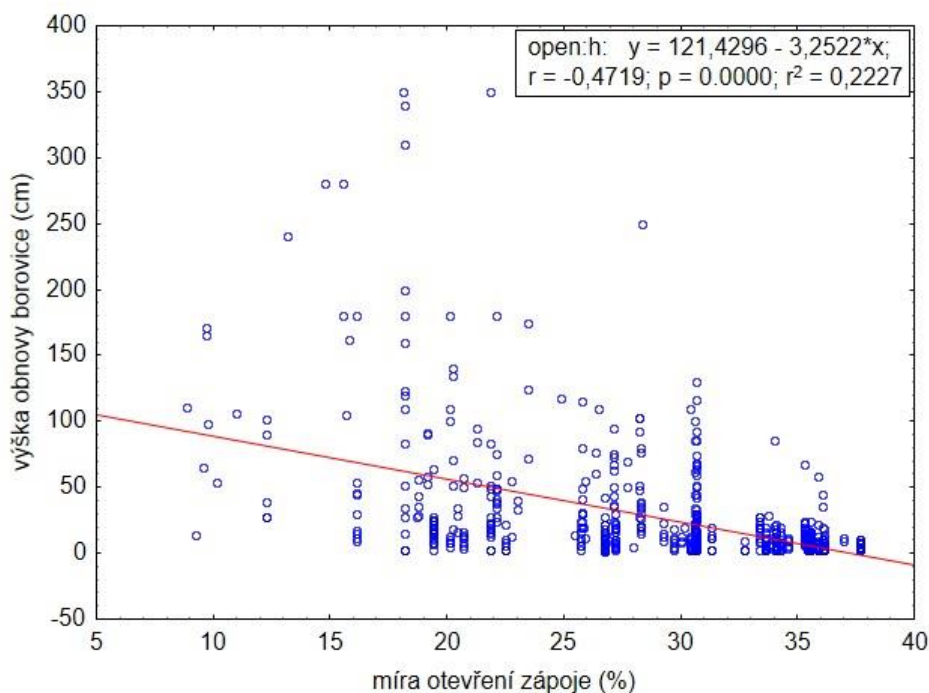
Graf 11: Množství přirozené obnovy na subplochách o velikosti 0,5 x 0,5 m (0,25 m<sup>2</sup>) na různých pokryvnostech (j-jehličí, m-mech, b-borůvka, d-mrtvé dřevo).

Bodový graf 12 znázorňuje vztah počtu obnovy borovice ke světelným podmínkám. Pearsonův korelační koeficient ( $r$ ) vyjadřuje sílu (těsnost) vztahu, který je v tomto případě slabý. Korelační diagram zobrazuje pozitivní vztah mezi proměnnými (neboli přímou úměru - čím vyšší  $x$  tím je i vyšší hodnota  $y$ ). Koeficient determinace ( $r^2$ ) ukazuje, kolik rozptylu v jedné proměnné může být vysvětleno rozptylem ve druhé proměnné. Neboli 18,9 % rozdílů v množství obnovy lze vysvětlit rozdíly v míře celkové sluneční radiace. Data (množství obnovy borovice) byla zlogaritmována.



Graf 12: Lineární vztah množství obnovy borovice na celkovém slunečním záření

Avšak z bodového grafu (x) je patrné, že mezi zápojem a výškou přirozené obnovy je negativní lineární závislost. Je vidět, že s rostoucí mírou otevření zápoje klesá výšky obnovy borovice. Determinační koeficient, neboli procento variability vysvětluje danou závislost 22 %.

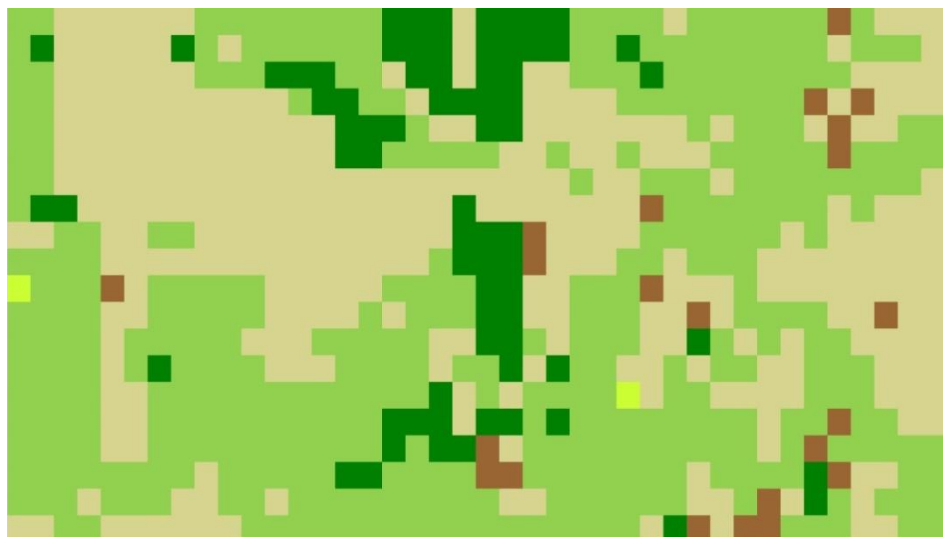
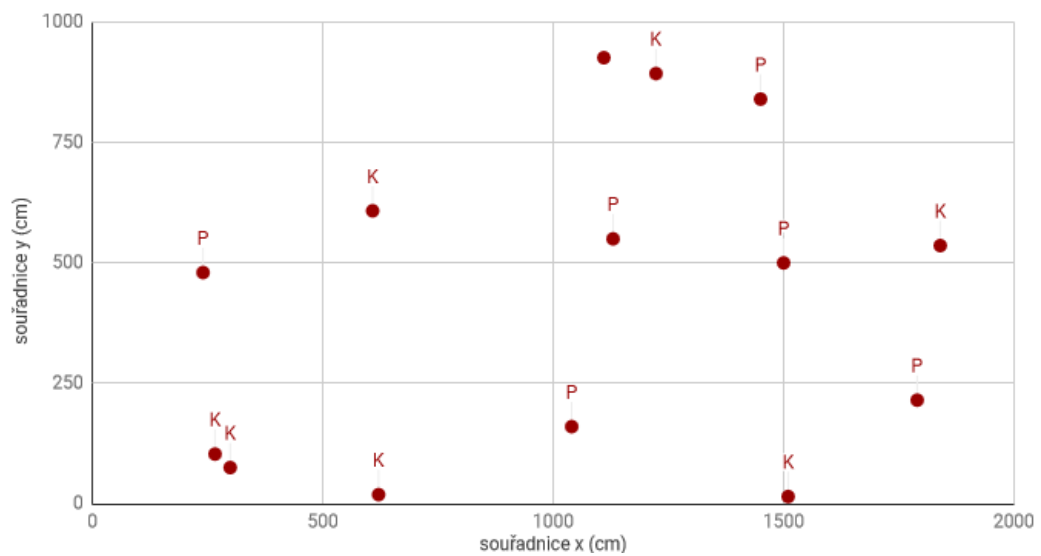
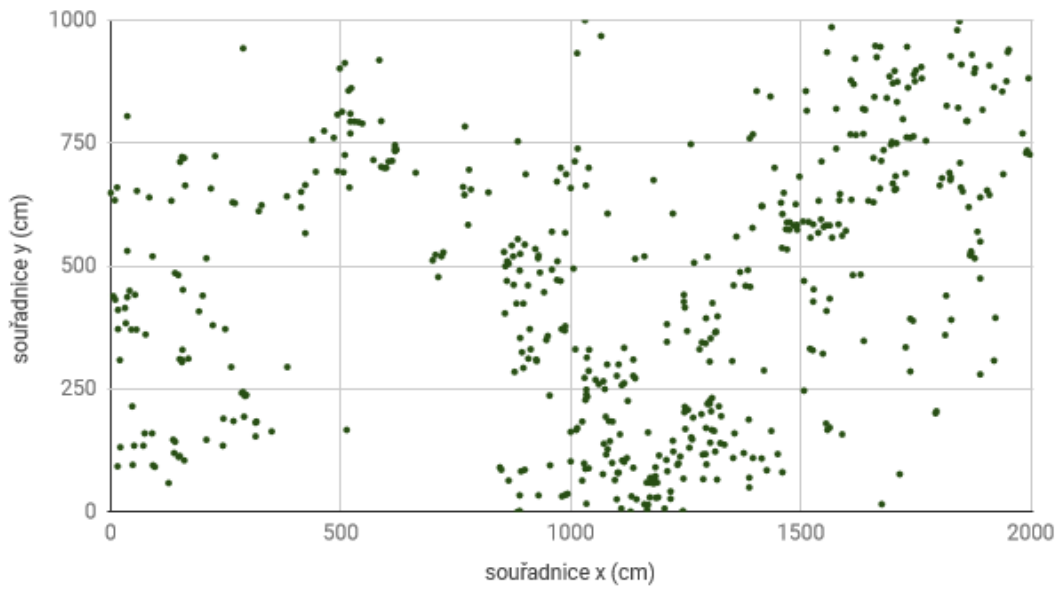


Graf 13: Negativní lineární vztah výšky na míře otevření zápoje.

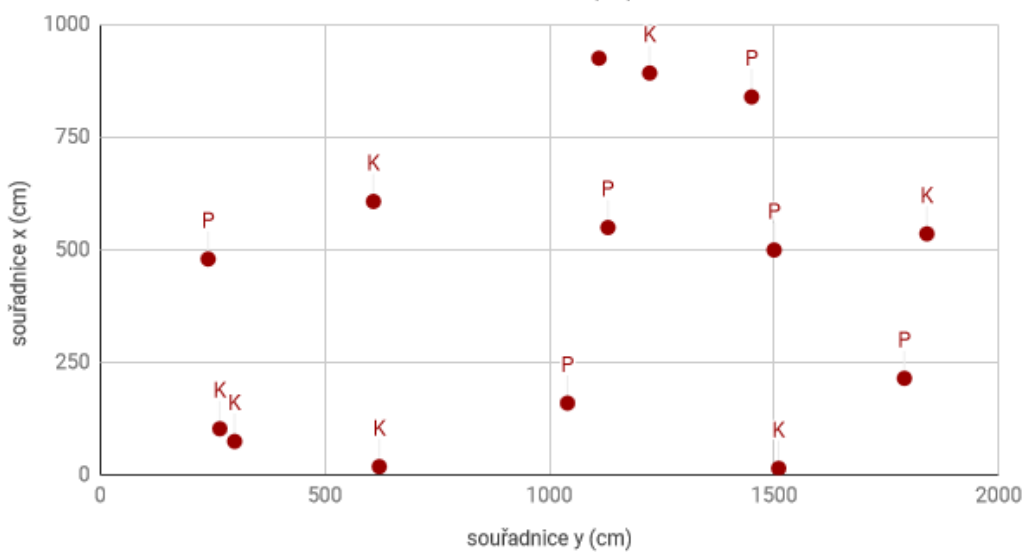
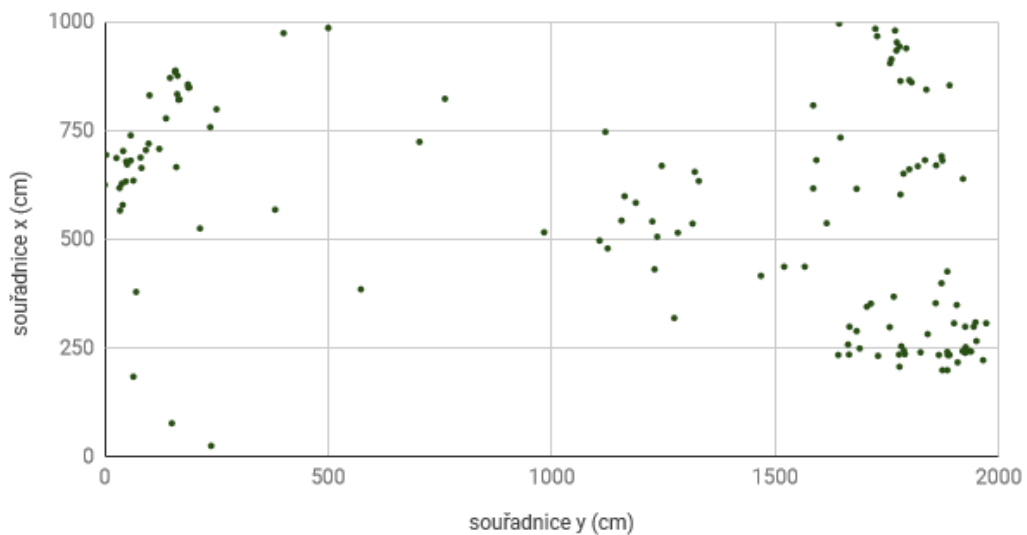
#### **4.4 Kompetice mezi obnovou a stromovým patrem**

Na následujících třech stránkách je zobrazen přehled umístění borovice a její pokryvnosti.

První stránka zobrazuje TP Cílovou, kde je na prvním grafu znázorněno rozmístění přirozené obnovy. V grafu druhém je rozmístění stromového patra a pařezů a na posledním grafu je znázorněna přízemní vegetace. Stejná posloupnost je u následujících stránek, kde je na druhé stránce popsána TP Pařez a na poslední stránce TP Prales.

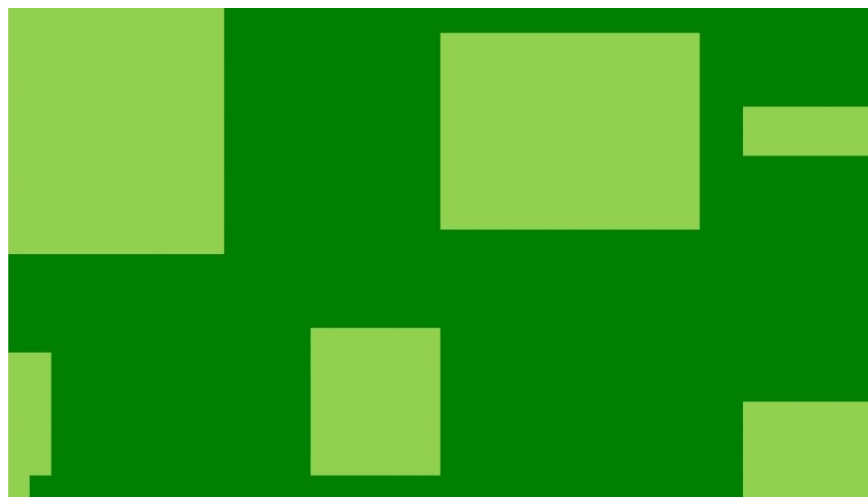
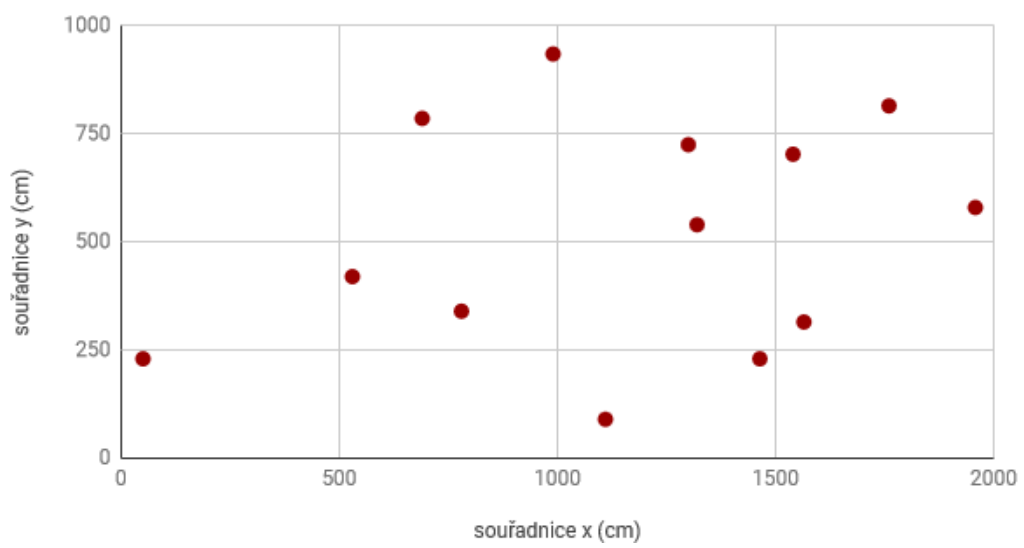
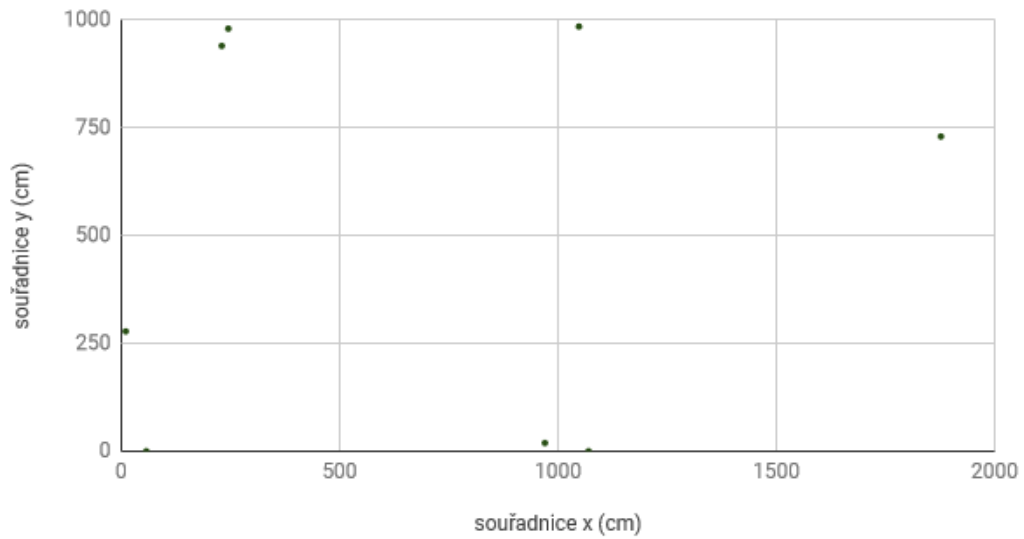


Graf 14: Prostorové rozmístění: 1. graf: přirozené obnovy, 2. graf: pařezů a stromového patra, 3. graf: pokryvnosti (sv. zelená: mech, tm. zelená: borůvka, sv.hnědá: opad, tm. hnědá: mrtvé dřevo, žlutá: tráva)



Graf 15: Prostorové rozmístění: 1. graf: přirozené obnovy, 2. graf: pařezů a stromového patra, 3. graf: pokryvnosti (sv. zelená: mech, tm. zelená: borůvka, sv.hnědá: opad, tm. hnědá:mrtvé dřevo)





Graf 16: Prostorové rozmístění: 1. graf: přirozené obnovy, 2. graf: pařezů a stromového patra, 3. graf: pokryvnosti (sv. zelená: mech, tm. zelená: borůvka)

Následující grafy č.17 zobrazují prostorové rozmístění přirozené obnovy v závislosti na stromovém patře. Data byla vyhodnocena na základě párové korelační funkce. Z definice korelační funkce vyplývá, že pokud tato funkce nabývá hodnoty 1, je uspořádání bodového pole čistě náhodné. U pravidelných či shlukovitých struktur má párová korelační funkce hodnoty nižší, respektive vyšší než 1 (Simon, Vacek 2008).

První tři grafy (a,b,c) znázorňují TP, kde byly porovnávány všechny stromy a všechna obnova. Je vidět že nejvíce obnovy se nachází blízko stromového patra a další vyšší zastoupení se pak nachází ve vzdálenosti 5 až 7 metrů. Nejvyšší shlukovitost se nacházela na TP Cílové.

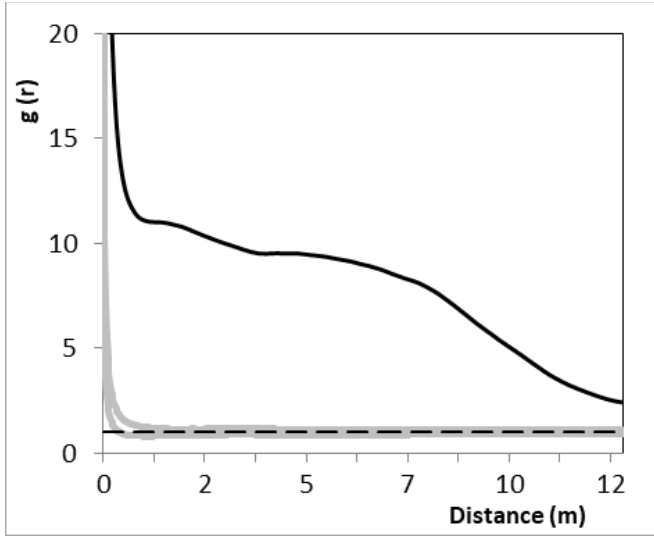
Dále byli porovnávány jen zkusné plochy Cílová a Pařez. Plocha Prales z důvodu nedostatku obnovy nebyla zahrnuta do vyhodnocování rozmístění obnovy.

Tab. d, e znázorňuje přirozenou obnovu do výšky 10 cm. Stromové patro kromě hranice tloušťky začíná od výšky 150 cm. Stejně tak jako u předešlého pokusu je nejvíce obnovy poblíž stromového patra a v druhé vlně se shlukuje obnova na TP Pařez mezi 5-7 metry a o něco dál na TP Cílové mezi 7-10 metry.

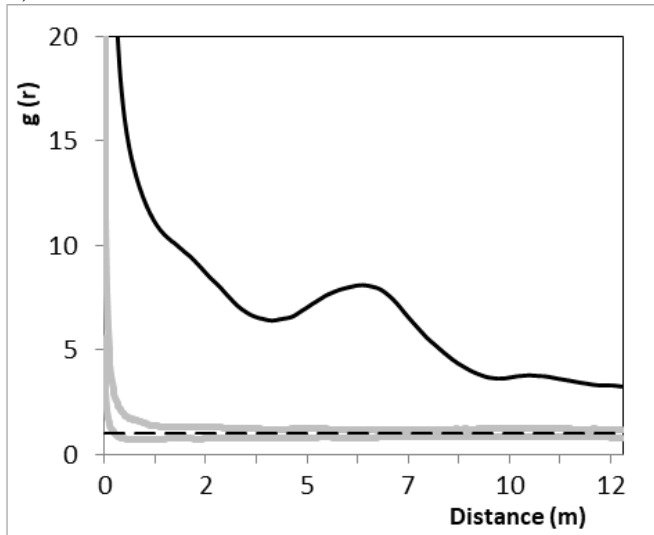
V Tab. f, g je přirozená obnova ve výšce 10 - 50 cm a zahrnuty jsou i pařezy.

V poslední tabulce (h, i) jsou ve stromovém patře pařezy a stromy a přirozená obnova od výšky 50 cm.

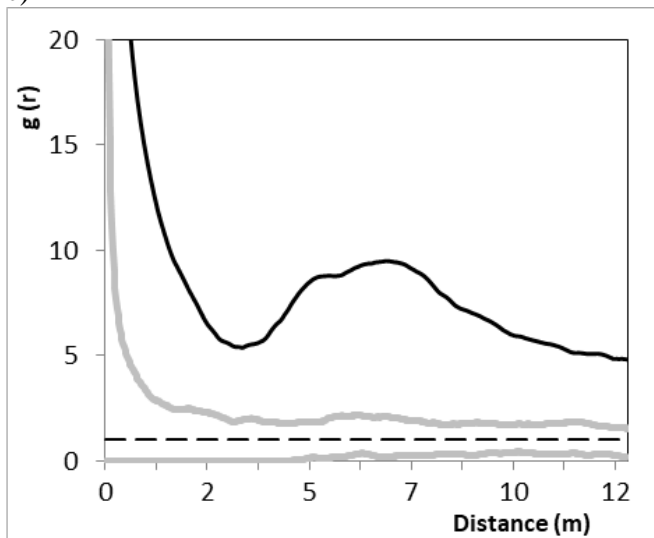
a)

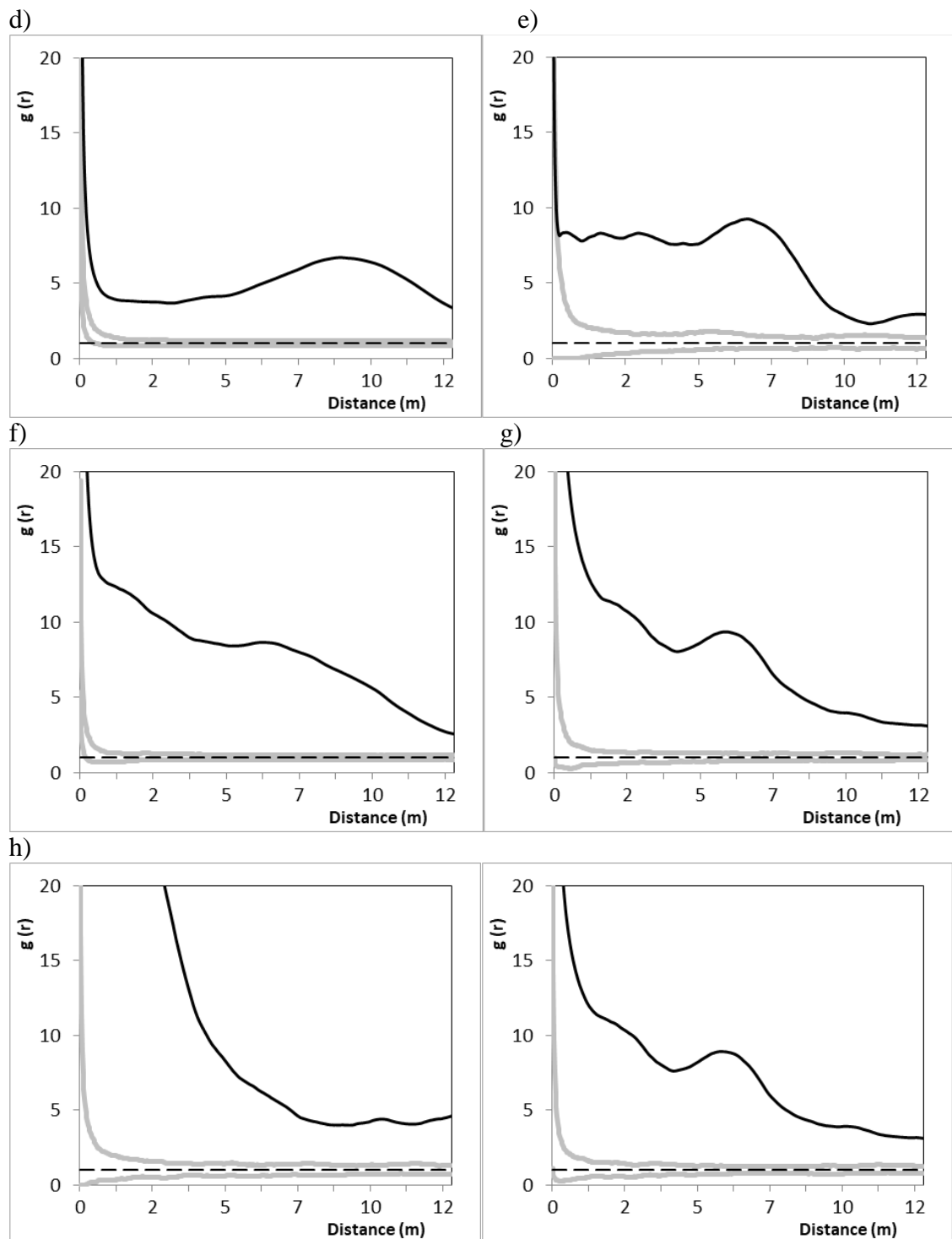


b)



c)





Graf 17: Horizontální struktura přirozené obnovy borovice vyjádřena pomocí párové korelační funkce. Plocha Prales, byla kvůli nízkému počtu jedinců vyřazena z prostorových analýz (d-i). První tři grafy (a,b,c) znázorňují TP, kde byly porovnávány všechny stromy a všechna obnova. Tab. d, e znázorňuje přirozenou obnovu do výšky 10 cm a stromové patro začíná od 150 cm. V Tab. f, g je přirozená obnova ve výšce 10 - 50 cm. V poslední tabulce (h, i) jsou ve stromovém patře pařezy a stromy a přirozená obnova od výšky 50 cm.

## 5 DISKUZE

### 5.1 Dendrometrické charakteristiky

Bylo zjištěno, že počty přirozené obnovy se v porovnání s TP signifikantně liší. Na TP Cílové se vyskytovalo v průměru na subplochu 2 x 2 m 8,82 přirozené obnovy borovice, v přepočtu na hektar se jednalo o 22 050 jedinců a u všech dřevin 26 000 jedinců. Na TP Pařez byl počet přirozené obnovy borovice znatelně menší. Na subploše 2 x 2 m jich bylo 2,36, neboli 5900 na ha. U všech dřevin pak 6734 přirozené obnovy. Co se týče světelnosti podle naměřených výsledků se TP Pařez od TP Cílové zásadně nelišila. Důvodem by na TP Pařez mohla být vysoká pokryvnost borůvky. Dalším faktorem ovlivňující přirozenou obnovu na TP Cílové pak mohly být vyjeté koleje harvestorem, které svým pojezdem porušily vegetaci a odkryly tak minerální půdu. Na TP Prales se vyskytovalo jen 8 silně potlačených jedinců, který v průměru na subplochu nedosahoval ani počtu 1 jedince. Na 1 hektar se jedná o 400 jedinců borovice. Z toho cca 30 % přirozené obnovy byly jednoleté semenáčky. To by pak znamenalo na TP Cílové zmlazení 7371 stromů a na TP Pařez 1770 stromů. Podle autora Aleksandrowicz Trzcinska et al. (2017), kde se studované plochy nacházeli na holosečích o velikosti 40 m x 135 m s půdou klasifikovanou jako podzolicovou, tvořenou na sypkých píscích, se hustota přirozené obnovy pohybovala v rozsahu 9 000 - 10 000 na ha, kdy ale docházelo k mechanické přípravě půd. Proto se dá tvrdit, že hustota přirozené obnovy na TP Cílové je velice dobrá. Pro umělou obnovu borovice, jsou minimální počty pro zalesňování stanoveny vyhláškou č. 139/2004 Sb. pro CHS 13 na 9000 jedinců a CHS 27 na 8000 jedinců. U výchovy (Slodičák et al. 2013) doporučuje u méně kvalitních jedinců snížit hustota porostů po prvním zásahu na 6 500 stromků na 1 ha.

Na studovaných TP, dle druhů dřevin nebyla zaznamenána vysoká druhová bohatost. Nejpestřejší byla TP Cílová s příměsí břízy (6%) a modřínu (6%). Nepatrný výskyt (do 1 %) byl zaznamenán u smrku, dubu, buku a jedle. Na TP Pařez se vyskytovala jen příměs břízy (10 %) a okrajově pak příměs smrku a modřínu. Podíl poškozených jedinců přirozené obnovy všech druhů dřevin na 3 zkoumaných TP byl enormně vysoký.

Příčinou slabého přimíšení ostatních dřevin a celkový zdravotní stav přirozené obnovy je způsoben především velkým tlakem zvěře. Limitujícím činitelem v revíru Špankov

pro pěstování lesa jsou stavy spárkaté zvěře, konkrétně stavy srnčí a zvláště pak stavy jelena siky (Červený 2009). V místních podmínkách podle Červeného (2009) nelze počítat s ekonomickou produkcí dřevin označovaných jako MZD. Jejich vnesením do porostů se jedná pouze o zvýšení biodiverzity.

## 5.2 Vztahy mikroklimatu a přirozené obnovy

### 5.2.1 Pokryvnost

Bylinná přízemní vegetace může být v některých borových porostech za určitých podmínek klíčová. Protože se zkoumané TP vyskytovaly na souboru lesních typů 0Q – chudý jedlodubový bor, rostli zde zejména borůvky, brusinky (1/2 všech TP) a mechy (1/3 všech TP). V nepatrném měřítku se na TP vyskytovali i trávy (2 subplochy 0,5 x 0,5).

Na zkoumaných plochách byl potvrzen vliv borůvky na přirozenou obnovu borovice. V místech, kde se borůvčí vyskytovalo, byla prokázána menší hustota semenáčků. Tento výsledek potvrzují i autoři Scott et al. (2000) a Mirschel et al. (2011), kteří tvrdí, že v prvních fázích vývoje mohou hrát roli zejména vytrvalé a keříkové druhy, kterými je například právě brusnice borůvka. Nepříznivý vliv porostu borůvky na růst semenáčků smrku uvádí i Schmidt Vogt (1989). Martinez, Bravo (2001) také uvádí, že borůvka má potenciální alelopatické účinky na zmlazení borovice.

Mechová pokryvnost byla na TP po borůvce druhá nejpočetnější (TP Cílová 49%, TP Pařez 16%, TP Prales 35%). Subplochy 0,5 x 0,5 s opadem se nacházeli zejména na TP Cílové (39%) a zčásti na TP Pařez (12%). Na těchto plochách byla i vyšší dostupnost světla, která má na opad značný vliv. Pozitivní výskyt zmlazení byl zaznamenán v této studii na lokalitách na mechu a opadu z jehličí. Tento pozitivní vliv zmlazení podporuje i Šindelář (2004), který tvrdí, že mechy představují ochranu zmlazení před vysycháním půdy. Dle výzkumu Zackrissona (1997) bylo prokázáno naopak negativního vlivu mechu druhu *Pleurozium schreberi* zejména ve společenství čeledi *Ericaceae* na zmlazení. Dle tohoto autora mechy blokují dostupnost živin. Semenáčky se přes husté porosty mechů obtížně dostávají k minerální půdě a před jejím dosažením hynou. Opad ve srovnání s mechy nabízí menší zábranu pro semenáčky při

prorůstání do půdy. Jeho nevýhodou je však jeho vysychavost, proto při vodním stresu může být tato vlastnost pro přirozenou obnovu borovice limitující (Krpec 2012).

Pokryvnost mrtvého dřeva vykazovala relativně příznivou reakci na počty semenáčků, i když tento vztah nebyl statisticky průkazný. Jak bylo popsáno v metodice, nejedná se o semenáčky, které rostou přímo na mrtvém dřevě, ale jsou jeho blízkostí zřejmě bezprostředně ovlivněni. Nerozložená dřevní hmota, může ovlivnit hydrický režim a provzdušnění (Beghin et al. 2010; Mirschel et al. 2011). Četnost ploch s převahou mrtvého dřeva byl zaznamenán jen na 27 subplochách 0,5 x 0,5, pokrývajících celkově 1% všech TP. Počet borovic na subplochách mohl výsledek zkreslit, protože se na subplochách zaznamenávalo mrtvého dřeva i pokud se jednalo o pařezy. Vyšší počty mohou v prvních fázích vývoje poukazovat na zvýšenou klíčivost v přítomnosti mrtvého dřeva poutající vodu na stanovišti (Beghin et al. 2010). Naopak Erefur et al. (2008) tvrdí, že vyšší obsah organické hmoty může vést k vyššímu vysychání půdy a následně i k nižší klíčivosti semenáčků (Chantal 2003).

Nejpestřejší rozložení přízemní vegetace byl zaznamenán na TP Cílové, která byla ze všech ploch nejvíce osvětlená. Totéž ve své práci potvrdil Goldblum (1997), který tvrdí že větší počet druhů se nachází při větší otevřenosti korunového zápoje. Stejně tak se dané problematice věnoval Martens et al. (1999), který považuje sluneční záření za nejdůležitější faktor druhového složení rostlin v lese.

### 5.2.2 Světlo

Řada důležitých ekologických procesů v lesních ekosystémech je spojena s dynamikou mezer v zápoji stromového patra v čase i prostoru. Na všech TP byla obnova prováděna maloplošným clonným způsobem skupinovitého charakteru s přechodem k výběrným principům.

Na TVP byly v roce 2015 po zásahu naměřeny indexy hustoty porostu (SDI) blížíící se hodnotě zakmenění (SD). TVP Cílová měla SDI 0,34, TVP Pařez 0,40 a TVP Prales 0,65.

Z vlastních měření na základě hemisférických fotek bylo zjištěno, že u míry otevření zápoje a hustoty toku fotonů fotosynteticky aktivního záření se mezi sebou TP statisticky signifikantně liší.

Šindelář (2004) uvádí, že dle půdních poměrů a klimatu zpravidla pro vznik přirozené obnovy stačí snížit zakmenění na 0,7. Tomu odpovídá i naměřená hodnota na TP Cílové, kde se míra otevření zápoje pohybovala na 30 % a odpovídala tak

zakmenění 0,7. Uvolnění podpořilo fruktifikaci a i přesto, že na TP Cílové bylo uvolnění nejvyšší, nedošlo k silnému zabuřenění. Vacek a Podrázský (2006) tvrdí, že je vhodné nejprve snížit zakmenění na 0,7 – 0,5 a pro úspěšné vyklíčení semen a existenci nové generace zpravidla provést další zásah.

Na ploše Pařez se míra otevření zápoje pohybovala kolem 23 %. V přímé sluneční radiaci měla veliký rozptyl hodnot, pohybující se od 11 – 19  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Na poslední kontrolní TP Prales se neprováděl žádný zásah do porostu a tento fakt ovlivnilo i její nepatrné zmlazení. Tím se potvrzuje fakt, že je borovice světlomilná se silnou intolerancí k zastínění (Musil 2003).

Výšková struktura přirozené obnovy se lišila podle míry otevření zápoje na jednotlivých TZP. Lze předpokládat, že stav přirozené obnovy byl ovlivněn mýtní těžbou v předchozích letech, které se projeví přítomností mladších kohort přirozeného zmlazení borovice. Na otevřenějších plochách pak může hrozit vysoušení půd, která nedovolí semenáčkům v následujících letech přežít. Dehlin et al. (2004) ve svém výzkumu zjistil, že přirozená obnova borovice reaguje na zastínění zvýšením výšky semenáčků. Naopak Gaudio et al. (2011) tvrdí, že výška semenáčků borovice klesá s klesající světelností, ale tloušťka ve srovnání s výškou reaguje silnějším poklesem, což vede ke zvyšování hodnoty štíhlostního koeficientu. Na základě výsledků Zdors, Donis (2017) v 10 x 10 m porostních mezerách horní stromové vrstvy byla výška přirozené obnovy borovice nižší v porovnání s většími mezerami.

### **5.3 Kompetice mezi obnovou a stromovým patrem**

Pro objektivní posouzení rozmístění přirozené obnovy je vhodné použít analýzu kompetice obnovy se stromovým patrem. Přirozenou obnovu pod stromovým patrem může ovlivnit řada faktorů. Ochrana horní stromové vrstvy před vysoušením, vyšší spad semen v blízkosti mateřských stromů, případně komunikace mezi dřevinami, které si v případě nouze pomáhají skrz kořeny a mykorhizu (Gorzalak et al. 2015). Někteří vědci v laboratoři zjistili, že jeden kořínek semenáčku borovice dokáže předávat uhlík jinému semenáčku (Wu B. 2002). Dále může mít vliv na vyšší opad jehličí, který může ovlivnit živiny a pH v půdě a následně pak přirozenou obnovu a bylinné patro. Negativně může přirozenou obnovu v přímé blízkosti stromů ovlivnit intercepce horní



stromové vrstvy nebo konkurence semenáčků a mateřského stromu o světlo, živiny a vodu.

Studie Warda et al. (1996) poukazuje na vliv rozmístění dřevin v závislosti na jejich toleranci k zastínění. U druhů náročných na světlo je snížení počtu jedinců zpravidla doprovázeno snižujícím se trendem ke shlukovitosti. Oproti tomu dřeviny tolerantní k zastínění vykazují opačný trend.

V dalších studiích bylo zjištěno, že ve smíšených bukových porostech je horizontální struktura přirozené obnovy výrazně agregovaná (Bulušek et al., 2016; Vacek et al., 2014). Tento fakt potvrzuje předchozí teorii od Warda et al. (1996). Na druhou stranu práce Szmyt a Dobrowolska (2016) uvádí, že po větrné kalamitě je prostorové rozmístění přirozené obnovy převážně náhodné i když u borovice uvádí, že měla uspořádání spíše shlukovité.

Na studovaných TP bylo také patrné agregované uspořádání přirozené obnovy (graf. 17), což potvrzují i výsledky párové korelační funkce. Výsledné grafy vykazují vysokou shlukovitost do 1 – 2 m od stromového patra, která poté prudce klesá, avšak ve vzdálenosti 5 – 7 m opět mírně stoupá. Pravděpodobnou příčinou by mohla být snížená konkurence o světlo a vláhu v této vzdálenosti, a tedy i menší mortalita jedinců ve spodní etáži. Ve své práci Kuuluvainen, Juntunen (1998) potvrzují význam konkurence stromového patra na zmlazení. Cca 80 % semenáčků borovice se vyskytovalo mimo projekci korun stromů. Možnými vysvětlujícími faktory může být intercepce a zamezení slunečního záření mající vliv na snížení klíčivosti a přežívání semenáčků pod korunami stromů (Kuuluvainen et al. 1994). Jiné studie tvrdí, že v borových porostech je růst a přežívání semenáčků více ovlivněno podzemní konkurencí o vláhu a živiny než konkurencí o světlo (Kalela 1942, Björkman 1945). Vztahy mezi semenáčky a dominantními stromy jsou složité. Dalším důvodem je skutečnost, že stromy mají nepřímé účinky na přirozenou obnovu skrz přízemní vegetaci a vlastnosti humusové vrstvy (Kuuluvainen et al. 1994). Například vegetace mechů profituje z vyluhování živin z korun stromů a přímo pod stromy je bohatší.

## 6 ZÁVĚR A DOPORUČENÍ PRO LESNICKOU PRAXI

Předmětem studie této práce bylo analyzovat stanovištní a porostní faktory a jejich dopad na přirozenou obnovu na třech trvalých plochách. Mezi hlavní sledované mikrostanovištní proměnné patřily světelnostní charakteristiky (míra otevření zápoje, přímé, difusní a celkové záření) a charakter bylinného patra, respektive charakter půdního porvy (přízemní vegetace v podbobě brusnic borůvek, Brusnic brusinek, mechů, opadu a mrtvého dřeva).

Počty jedinců přirozené obnovy borovice ( $d < 4$  cm) na nejprosvětlenější TP Cílové jsou 8,8 na 4 m<sup>2</sup> (22 050 ks na ha), pro všechny dřeviny pak 10,4 na 4 m<sup>2</sup> (26 000 ks na ha). Na TP Pařez jsou 2,4 na 4 m<sup>2</sup> (5900 ks na ha), pro všechny dřeviny 2,7 na 4 m<sup>2</sup> (6732 ks na ha). Na kontrolní TP Prales 0,16 na 4 m<sup>2</sup> (400 ks na ha). Světelnosti na TP Cílová se pohybovala PPF<sub>D</sub> difuse - 2,7, PPF<sub>D</sub> direct - 17, na TP Pařez PPF<sub>D</sub> difuse - 2,1, PPF<sub>D</sub> direc - 16 a na TP Prales PPF<sub>D</sub> difuse - 1 PPF<sub>D</sub> direc - 6 [ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ]. Je zde patrný pozitivní lineární vztah v počtu jedinců na míře otevření zápoje. Jediná statisticky průkazná pokrývnost byla zjištěná u borůvky, která měla negativní vliv na počty přirozené obnovy. Ostatní pokrývnosti měly na jedince v porovnání s borůvkou pozitivní vliv i když tento vliv nebyl statisticky signifikantní.

Na studovaných TP na základě párové korelační funkce bylo zjištěno shlukovité uspořádání přirozené obnovy. Shlukovitost se projevovala ve vzdálenosti 1 – 2 m od stromového patra, následně pak ve vzdálenosti 5 – 7 m. Pravděpodobnou příčinou shlukovitosti ve vzdálenosti 5 – 7 m by mohla být snížená konkurence o světlo a vláhu, a tedy i menší mortalitu jedinců ve spodní etáži. Lze očekávat, že hlavní východiska obnovy budou vázána na tuto vzdálenost od mateřských stromů.

Na základě výsledků této práce lze tvrdit, že v CHS 13 a 27 maloplošný clonný způsob hospodaření skupinovitého charakteru při odpovídajícím snížení zakmenění vedl k dostatečným počtům jedinců obnovy. Tento způsob hospodaření by mohl zmírnit i škody zvěří, kdy přirozená obnova mnohde nastupuje v takové intenzitě, že stačí dostatečné počty odrůstat i při zvýšeném tlaku zvěře.

## 7 SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

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

Beghin R., Lingua E., Garbarino M., Lonati M., Bovio G., Motta R., Marzano R. (2010): Pinus sylvestris forest regeneration under different postfire restoration practices in the northwestern Italian Alps. Ecological Engineering, 36.

Beránek J. (2008): Škůdci borovice lesní (Pinus sylvestris L.). In: Přirozené zmlazování borovice. Česká lesnická společnost, Mimoň.

Bílek L., Remeš J., Švec O., Vacek Z., Štícha V., Vacek S., Javůrek P. (2017): Ekologicky orientované pěstování borových porostů v podmínkách nižších až středních poloh. Lesnický průvodce 9. Strnady.

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

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

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

Červený M. (2012): Hospodaření přírodě blízkým způsobem na revíru Špankov. Lesnická práce č.8.

Červený M. (2009): Pěstování lesa pod tlakem jelena siky. Myslivost 2.

Červený M. (2006): Snaha o zvýšení druhové pestrosti dřevin v podmínkách revíru Špankov. In: Přestavby borových monokultur - možnosti a cíle - seminář. Pro Silva Bohemica. Lesní správa Plasy.

Dehlin H., Nilsson M.C, Wardle D. A. And Shevtsova A. (2004): Effects of shading and humus fertility on growth, competition, and ectomycorrhizal colonization of boreal forest tree seedlings. Canadian Journal of Forest Research 34.

Erefur Ch., Bergsten U., Chantal M. de (2008): Establishment of direct seeded seedlings of Norway spruce and Scots pine: Effects of stand conditions, orientation and distance with respect to shelter tree, and fertilisation. Forest Ecology and Management, 255.

Fleming R. I., Black T. A., Eldridge N. R. (1994): Effects of site preparation on root zone soil water regimes in high-elevation forest clearcuts. Forest Ecology and Management 68.

- Fottner K. (2017): Die Kiefer natürlich verjüngen. Wald 30, Kelheim/Goldberg.
- Gaudio N., Balandier B., Perret S. (2011): Growth of understorey Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) saplings in response to light in mixed temperate forests. *Forestry* 84.
- Greene D. F. et al. (1999): A review of the regeneration dynamics of North American boreal forest tree species. *Canadian Journal of Forest Research* 26.
- Goldblum D. (1997): The effects of treefall gaps on understory vegetation in New York State. - *Journal of Vegetation Science* 8.
- Gorzalak M. A., Asay A. K., Pickles B. J., Simard S. W. (2015): Inter-plant communication through mycorrhizal networks mediates complex adaptive behaviour in plant communities. *AoB Plants* 7.
- Groot A.Y. Carlson D. W. (1996): Influence of shelter on night temperatures, frost damage, and bud break of white spruce seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 26.
- Hafemann E. (2004): Rückblick auf das Thema „Kiefern-Naturverjüngung“ – gesicherte Erkenntnisse, offene Fragen. In: *Naturverjüngung der Kiefer, Erfahrungen, Probleme, Perspektiven*. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band XXI, Potsdam und Eberswalde.
- Hänninen H. (1991): Does climatic warming increase the risk of frost damage in northern trees? *Plant, cell and Environment* 14.
- Hille M., Ouden J. den (2004): Improved recruitment and early growth of Scots pine seedlings after fire and soil scarification. *European Journal Forest Research*.
- Holuša J., Liška J. (2005): Ploskohřbetky rodu *Acantholyda* na borovici. úsnická práce, VÚLHM Jíloviště Strnady.
- Chantal M. de, Eskola L., Ilvesniemi H., Leinonen K., Westman C.J. (2003): Early establishment of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* sown on freshly prepared and after stabilisation. *Silva Fennica*, 37 (1).
- Chmelař J. (1981): *Dendrologie s ekologií lesních dřevin – 1. část Jehličnany*. Brno.
- Jančařík V., Jankovský L. (1999): Václavka stále aktivní. *Lesnická práce* č. 9.
- Jankovský L. (2003): Sypavky borovic. Sypavka borová – skulinatec borový
- Jurča (1988): Pěstění lesů. Mendelova univerzita v Brně.
- Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chev. A L. *seditiosum* Minter, Staley et Millar. *Lesnická práce* č. 6, LDF MZLU v Brně.
- Kalela E. K. (1942): Das Verhalten der Wurzeln von Kieferpflanzen zu den Wurzeln des Mutterbaumes. *Acta For.Fenn.*50.

Kessner N. (2009): Grundsätze für die Bewirtschaftung der Kiefer. Landesforst. Mecklenburg-Vorpommern AöR, Malchin.

Kobliha J., Funda T. (2004): Geneticko – šlechtitelské aspekty přirozené a umělé obnovy lesa In: Přirozená a umělá obnova, Přednosti, nevýhody a omezení. Česká zemědělská univerzita v Praze, Kostelec nad Černými lesy.

Korpeľ Š. et al. (1991): Pestovanie lesa. Bratislava.

Kriegel H. (1990): Růst a vývoj borových kultur s deformovanými kořeny. Zprávy lesnického výzkumu 35 č. 1.

Kříštek J. et al. (2002): Ochrana lesů a přírodního prostředí. Matice lesnická, Písek.

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

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

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

Kupka I. (2004): Přirozená a umělá obnova, jejich přednosti, omezení a nevýhody. In: Přirozená a umělá obnova, Přednosti, nevýhody a omezení. Česká zemědělská univerzita v Praze, Kostelec nad Černými lesy.

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

Martens S. N., Breshears D. D., Meyer C. W. (1999): Spatial distributions of understory light along the grassland: forest continuum: effects of cover, height, and spatial pattern of tree canopies. *Ecological Modelling* 126.

Martincová J. (1999): Kvalita sadebního materiálu borovice lesní a optimální způsoby pěstování v lesních školkách. Zprávy lesnického výzkumu č. 04, VÚLHM – VS Opočno.

Martinez S. G., Bravo F. (2001): Density and population structure of the natural regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the High Ebro Basin (Northern Spain). *Hal.*

Mauer O., Palátová E. (2004): Vývin kořenového systému smrku ztepilého, dubu letního, borovice lesní z umělé a přirozené obnovy. In: Přirozená a umělá obnova, Přednosti, nevýhody a omezení. Česká zemědělská univerzita v Praze, Kostelec nad Černými lesy.

Mikeska M. (2006): Bory jako potenciální přirozená vegetace. Lesnická práce 7, Hradec Králové.

Mikeska M., Vacek S. et al. (2008): Lesnicko typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy.

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

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

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

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

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

Nilsson et al. (2006): Establishing mixed forest in Sweden by combining planting and natural regeneration — Effects of shelterwoods and scarification. *Forest Ecology and Management* 237.

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

Olberg A. (1957): Beiträge zum Problem der Kiefernaturverjüngung. *Schriftenr. Forstl. Fakultät Uni Göttingen* 18.

Patříčný M. (2005): Dřevo krásných stromů. Grad Publishing, a. s., Praha.

Pearson M. et al. (2013): Tolerance of peat-grown Scots pine seedlings to waterlogging and drought: Morphological, physiological, and metabolic responses to stress. *Forest ecology and Management* 307, Finland.

Peřina V., Kadlus Z., Jirkovský V. (1964): Přirozená obnova lesních porostů. Praha.

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

Plíva K. (2000): Trvale udržitelné obhospodařování lesů podle souboru lesních typů. ÚHUL, Brandýs nad Labem.

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

- Průša E. (2001): Pěstování lesů na typologických základech. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy.
- Quitt, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. Brno: Geografický ústav ČSAV, Studia Geographica, 16.
- Reininger H. (1997): Hospodaření v lesích kláštera Schlägl – Těžba cílových tlouštěk anebo výběr v lese věkových tříd. MZe ČR, Praha.
- Röhrig E., Gussone H. (1990): Waldbau auf ökologischer Grundlage, Baumartenwahl, Bestandesbegründung und Bestandespflege. Hamburg.
- Rychtecká P., Urbaňcová N. (2008): Škodliví činitelé lesa v letech 1996–2006 – II. část - Biotičtí činitelé. Lesnická práce č. 7, ÚHÚL Brandýs nad Labem.
- Simon V., Vacek S. et al. (2008): Výkladový slovník hospodářské úpravy lesů. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
- Slodičák M., Novák J., Dušek D. (2013): Výchova porostů borovice lesní. Lesnický průvodce 5, Strnady.
- Soukalová E., Ježík P. (2015): Dlouhodobá variabilita hladin podzemní vody. Český hydrometeorologický ústav, Brno.
- Soukup F. (1999): Rez sosnokrut (*Melapsora pinitorqua* Rostr.). Lesnická práce 10, VÚLHM Jíloviště-Strnady.
- Soukup F., Pešková V. (2004): Odumírání borovice lesní v ČR v roce 2004. Lesnická práce č. 8, VÚLHM Jíloviště-Strnady.
- Soukup, Pešková (2004): *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko et Sutton (prosychání borovic). Lesnická práce č. 9, VÚLHM Jíloviště – Strnady.
- Stuiver B. M. et al. (2016): Seedling responses to changes in canopy and soil properties during stand development following clear-cutting. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Ecology and Management 378, Umea.
- Svoboda P. (1953): Lesní dřeviny a jejich porosty. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Szmyt J., Dobrowolska D., (2016): Spatial diversity of forest regeneration after catastrophic wind in northeastern Poland. *iForest* 9.
- Šrůtka P. (2003): Sypavka borová, *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chev. Lesnická práce č. 6, VÚLHM Jíloviště – Strnady.
- Thomasius H., Schmidt P. (1996): Wald, Forstwirtschaft und Umwelt. Bonn.
- Tommasi F., Paciolla C., Arrigoni O. (1999): The ascorbat system in recalcitrant and orthodox seeds. *Physiologia Plantarum* 105.
- Ulbrichová I., Bílek L., Remeš J. (2017): Vliv zpracování těžebních zbytků na charakteristiky bylinného a keřového patra na přirozených borových stanovištích. Zprávy lesnického výzkumu 3, Česká zemědělská univerzita v Praze.

Úředníček L., Maděra P. et al. (2001): Dřeviny České republiky – Matice Lesnická, Písek.

Úředníček L., Riedmiller A. (2009): Dřeviny České republiky: treaties and international agreements registered or filed and recorded with the Secretariat of the United Nations. 2. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy.

Vacek S., Vacek Z., Remeš J., Bílek L. Hůnová I., Bulušek D., Putalová T., Král J., Simon J.(2017): Sensitivity of unmanaged relict pine forest in the Czech Republic to climate change and air pollution. Trees.

Vacek, Z., Vacek, S., Bílek, L., Král, J., Remeš, J., Bulušek, D., Králíček, I. (2014): Ungulate Impact on Natural Regeneration in Spruce-Beech-Fir Stands in Černý důl Nature Reserve in the Orlické Hory Mountains, Case Study from Central Sudetes. Forests 5.

Vacek S., Vacek Z., Schwarz O. et al. (2009): Obnova lesních porostů na výzkumných plochách v národních parcích Krkonoš. Folia Forestalia Bohemica, Kostelec nad Černými lesy.

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

Vacek S., Lokvenc T., Souček J. (1995): Přirozená obnova lesních porostů: (metodika). Praha. Ústav zemědělských a potravinářských informací.

Vacek S. (1981): Vyhlídky na úspěch přirozené obnovy v ochranných horských lesích Krkonoš. Lesnická práce 60.

Volosyanchuk R. T. (2002): Pinus sylvestris. In: CABI [eds.]: Pines of silvicultural importance. Centre for Agricultural Bioscience International, Oxon.

Vyhláška č. 139/2004 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o přenosu semen a sazenic lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnosti o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa.

Wagenfuhr R. (2002): Dřevo – obrázkový lexikon. Grad Publishing, a. s., Praha.

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

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

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



Wu B., Nara K., Hogetsu T. (2002): Spatiotemporal transfer of carbon 14-labelled photosynthate from ectomycorrhizal *Pinus densiflora* seedlings to extraradical mycelia. Asian Natural Environmental Science Center, University of Tokyo.

Zapletalová E., Bajerová V. (2012): Původce chřadnutí a prosychání borovic. Ministerstvo zemědělství, Praha.

Zdors L., Donis J. (2017) Evaluating the Edge Effect on the Initial Survival and growth of Scots Pine and Norway Spruce After Planting in Different Size Gaps in Shelterwood. *Baltic Forestry* 23 (2).

Zelená zpráva (2016): Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství ČR v roce 2016. Ministerstvo zemědělství, Praha.

**Internet:**

BioLib: <https://www.biolib.cz/cz/taxon/id2312/>

Leugnerová G. (2007): <http://botany.cz/cs/pinus-sylvestris/>

Mrázová (2017):

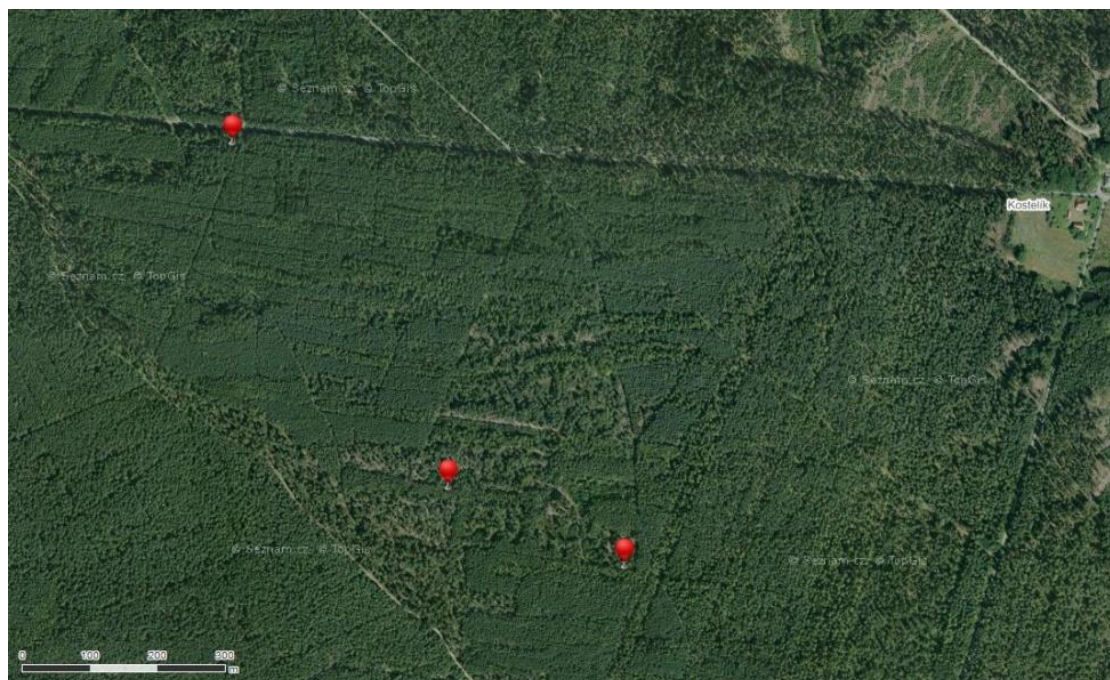
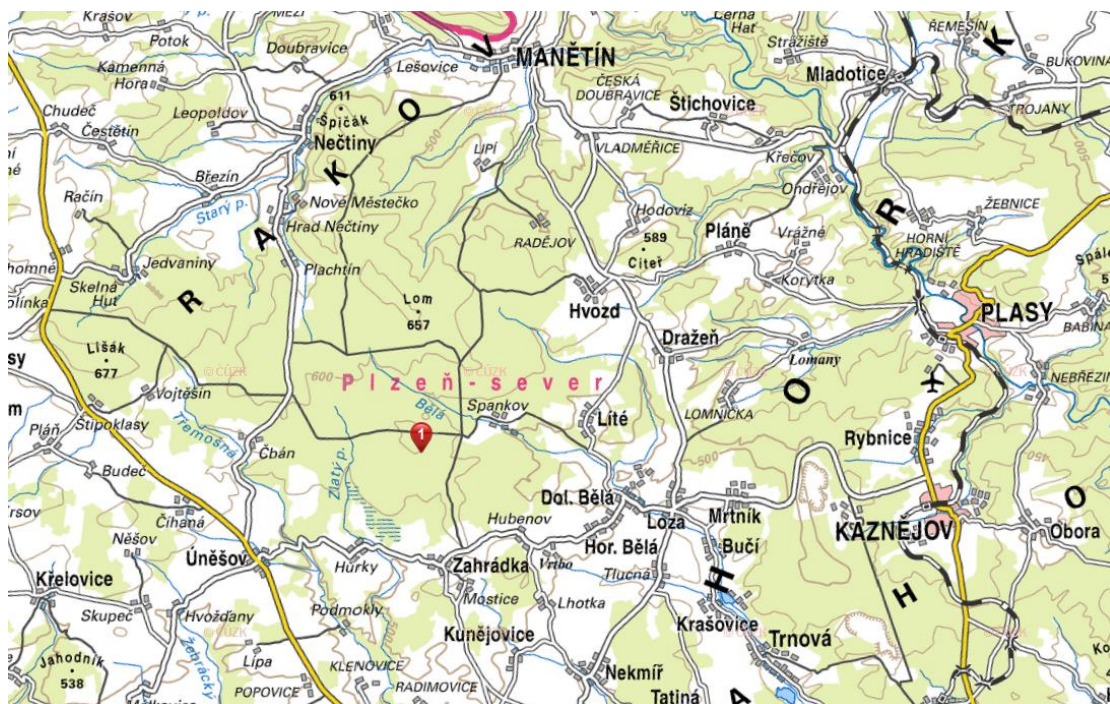
[https://www.mzp.cz/cz/articles\\_170322\\_Pravo\\_podzemni\\_vody\\_ubytek\\_sucho](https://www.mzp.cz/cz/articles_170322_Pravo_podzemni_vody_ubytek_sucho)

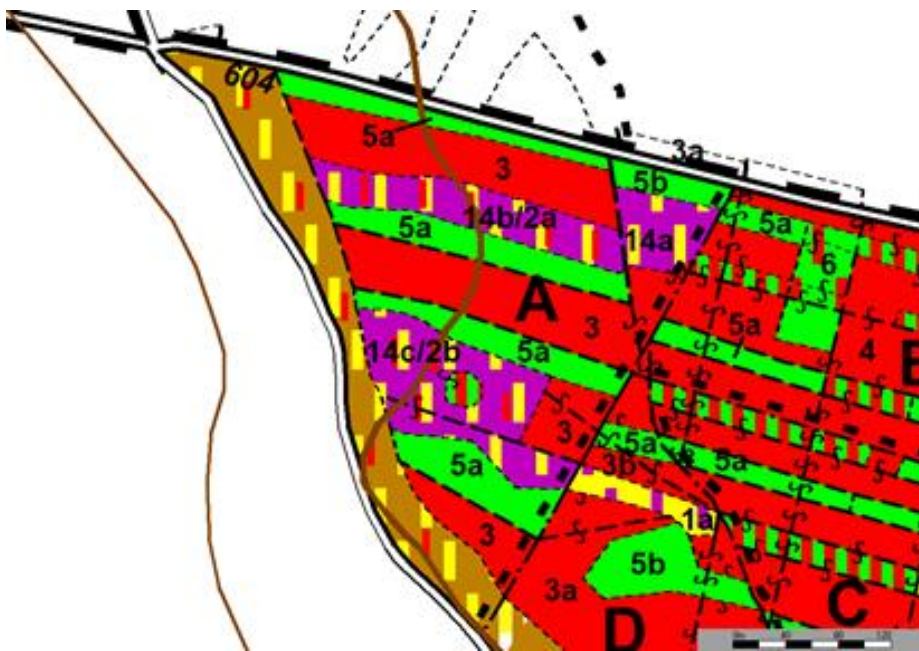
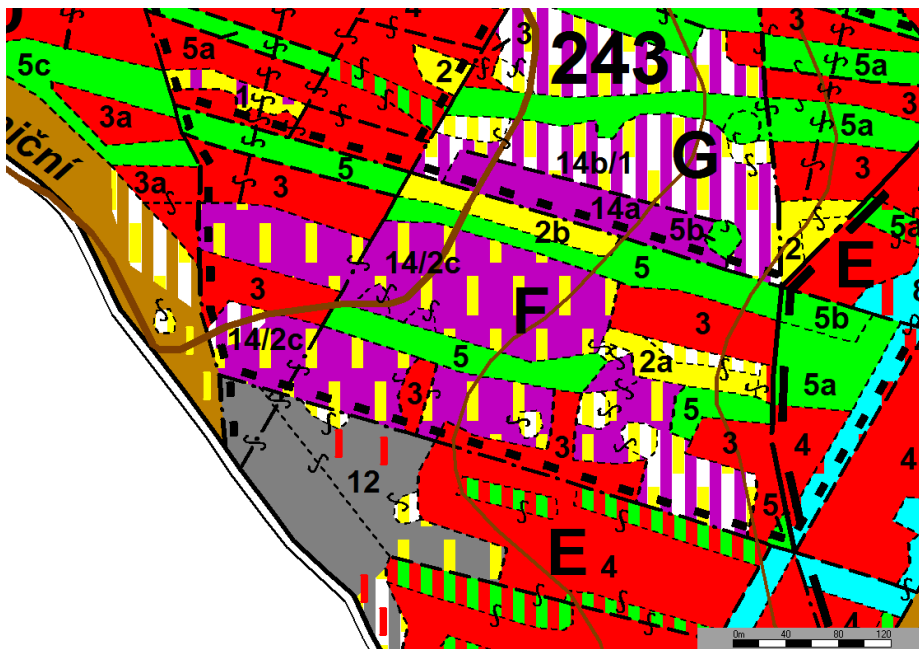
<https://mapy.geology.cz>

<http://geoportal.uhul.cz>

## 8 PŘÍLOHY

- Příloha č. 1:** Lokalizace revíru Špankov
- Příloha č. 2:** Lokalizace TP Cílové, Pařez a Prales
- Příloha č. 3:** Porostní mapa 243F14/2c
- Příloha č. 4:** Porostní mapa 243A14a
- Příloha č. 5:** Fotografie TP Cílové
- Příloha č. 6:** Fotografie TP Pařez
- Příloha č. 7:** Fotografie TP Prales
- Příloha č. 8:** Výpis z hospodářské knihy











LHC	Oddělení	Dílec	Etáž	Rok	Měsíc	Revír	Dřeviny	Množství	poznámka
1303	243	F	14	2013	11	3	20	2,46	samovýroba
1303	243	F	14	2013	11	3	64	0,78	harvestor
1303	243	F	14	2013	11	3	1	14,84	harvestor
1303	243	F	14	2013	11	3	20	122,08	harvestor
1303	243	F	14	2013	11	3	30	18,08	harvestor
1303	243	F	14	2014	3	3	20	9,41	samovýroba