

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



**Zalesňování zemědělských půd - vývoj kultur lesních
dřevin na lokalitě Předboj**

Diplomová práce

Autor: **Ondřej Nedvěd**

Vedoucí práce: prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Ondřej Nedvěd

Lesní inženýrství

Lesní inženýrství

Název práce

Zalesňování zemědělských půd – vývoj kultur lesních dřevin na lokalitě Předboj

Název anglicky

Afforestation of agricultural soils – development of forest tree species at the Předboj locality

Cíle práce

- Zhodnocení růstu výsadeb lesních dřevin na zalesněných zemědělských půdách v oblasti Polabí, na lokalitě Předboj.
- Zhodnocení stavu a vývoje kultur a mlazin lesních dřevin na dané lokalitě
- Vyhodnotit vliv aplikace Alginitu na růst a vývoj výsadeb
- Vyhodnocení okrajového efektu na dílčích výzkumných plochách
- Důraz je kladen na výsadby borovice lesní

Metodika

Zpracování rešerše s problematikou zalesňování zemědělských půd,

Obnova a údržba ploch v oblasti řešení,

Měření výškových a tloušťkových charakteristik porostů

Posouzení zdravotního stavu jedinců

Posouzení vhodnosti zvolených dřevin a aplikovaných pěstebních postupů

Statistické zpracování výsledků měření

Doporučený rozsah práce

min. 50 s. odborného textu

Klíčová slova

Zalesňování, zemědělské půdy, růst porostů, vitalita porostů, stabilita porostů

Doporučené zdroje informací

- DUŠEK D., SLODIČÁK M. 2009: Struktura a statická stabilita porostů pod různým režimem výchovy na zemědělské půdě, Zprávy lesnického výzkumu, 54: 12-16.
- HATLAPATKOVÁ L., PODRÁZSKÝ V. 2011. Obnova vrstev nadložního humusu na zalesněných zemědělských půdách. Zprávy lesnického výzkumu, 56: 228 – 234.
- KACÁLEK D., NOVÁK J., ŠPULÁK O., ČERNOHOUS V., BARTOŠ J. 2007. Přeměna půdního prostředí zalesněných zemědělských pozemků na půdní prostředí lesního ekosystému – přehled poznatků. Zprávy lesnického výzkumu, 52: 334-340.
- NOVÁK J., SLODIČÁK M. 2006. Opad a dekompozice biomasy ve smrkových porostech na bývalých zemědělských půdách. In: Neuhöferová, P. (ed): Zalesňování zemědělských půd – výzva pro lesnický sektor. Kostelec n.Č.l., 17.1.2006, ČZU: 155-162.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., ULBRICHOVÁ I. 2006: Rychlost regenerace lesních půd v horských oblastech z hlediska kvantity nadložního humusu. Zprávy lesnického výzkumu, 51: 230-234.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J. 2008. Rychlost obnovy charakteru lesních půd na zalesněných lokalitách Orlických hor. Zprávy lesnického výzkumu, 53: 89 – 93.
- VACEK S., SIMON J. ET AL. 2009. Zakládání a stabilizace lesních porostů na bývalých zemědělských a degradovaných půdách. Lesnická práce, s.r.o., vydavatelství a nakladatelství, Kostelec nad Černými Lesy: 784 s.
-

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Konzultant

Ing. Jan Cukor

Elektronicky schváleno dne 5. 12. 2018

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 2. 2019

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 13. 05. 2020

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **„Zalesňování zemědělských půd - vývoj kultur lesních dřevin na lokalitě Předboj“** vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Viléma Podrázského, CSc. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze dne 22.5.2020

Podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji prof. Ing. Vilému Podrázskému, CSc. za odborné vedení, cenné rady a zapůjčení odborné literatury. Dále děkuji Ing. Janu Cukorovi, Ph.D. za pomoc se zpracováním dat. Největší díky však patří mé rodině za vytrvalou podporu v mém studiu.

Diplomová práce vznikla v rámci řešení projektu NAZV QK1910232 Optimalizace dotačního titulu na zalesňování zemědělské půdy

Abstrakt

NEDVĚD, Ondřej: *„Zalesňování zemědělských půd – vývoj kultur lesních dřevin na lokalitě Předboj“*

Diplomová práce se zabývá obecně problematikou zalesňování zemědělských půd a konkrétně vývojem kultur na vybrané lokalitě. Zapojuje se do výzkumu vlivu meliorační látky a organicko-minerálního hnojiva alginitu na vývoj a růst lesních dřevin na orné půdě, a to dubu letního, borovice lesní a směsi dubu letního, dubu červeného a javoru mléče na výzkumné ploše Předboj o velikosti 1 ha v Polabské nížině nedaleko Prahy. Výzkum zde probíhá od roku 2013, kdy byla lokalita strukturovaně rozčleněna na 27 zkusných ploch a zalesněna selektivně uvedenými dřevinami. Výsadby byly provedeny ve třech variantách – se dvěma různými dávkami alginitu a bez alginitu. Každoročně zde probíhá měření výšek a posuzování zdravotního stavu všech vysazených jedinců na všech zkusných plochách a porovnávají se přírůstky a zdravotní stav stromů na jednotlivých plochách. Tato diplomová práce se zaměřuje na vývoj borovice lesní a hodnotí vliv alginitu a jeho množství na zdravotní stav a přírůstky této lesní dřeviny.

Klíčová slova: Zalesňování, zemědělská půda, nížiny, Polabí, borovice lesní, alginit

Abstract

NEDVĚD, Ondřej: *„Afforestation of agricultural soils – development of forest tree species at the Předboj locality“*

Diploma thesis is focused in general at afforestation of agricultural lands and specifically at dynamics of plantations on the selected locality. It represents a part of the research of soil improving substrate – alginite – and research of its effects on the growth and vitality of forest tree species plantations. The plots were established on arable lands, the species selected: English oak, Scots pine, mixture of English oak, maple and American red oak. The plot is located at the village Předboj close to Prague, its area is 1 ha. Plots were planted in spring 2013, when the area was divided in 27 particular plots and planted with selected species. Three variants were established: control, without amelioration and two doses of alginite. The heights are measured annually as well as the vitality and healthy status were described. The emphasis is given to development of plantations of Scots pine and evaluates the effects of alginite on growth and condition of plantations.

Key words: Afforestation, agricultural land, lowlands, Polabí region, Scots pine, alginite

Obsah

1	ÚVOD	11
2	CÍLE PRÁCE	13
3	PROBLEMATIKA ZALESŇOVÁNÍ NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY	13
3.1	HISTORIE ZALESŇOVÁNÍ	13
3.2	ZALESŇOVÁNÍ ZEMĚDĚLSKÉ PŮDY V SOUČASNÉ DOBĚ	14
3.2.1	<i>Záměr a podmínky zalesňování.....</i>	<i>15</i>
3.2.2	<i>Dotiční programy v zalesňování zemědělské půdy.....</i>	<i>16</i>
3.2.2.1	Podmínky udělení dotace	17
3.2.3	<i>Dřeviny vhodné pro zalesňování zemědělských půd – využité v rámci sledované plochy ..</i>	<i>18</i>
3.3	CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH DŘEVIN.....	19
3.3.1	<i>Borovice lesní (Pinus sylvestris L.)</i>	<i>19</i>
3.3.2	<i>Dub letní (Quercus robur L.)</i>	<i>21</i>
3.3.3	<i>Dub červený (Quercus rubra L.).....</i>	<i>23</i>
3.3.4	<i>Javor mléč (Acer platanoides L.).....</i>	<i>24</i>
3.4	PĚSTOVÁNÍ BOROVICE LESNÍ.....	26
3.4.1	<i>Výchova borovice lesní.....</i>	<i>26</i>
3.4.2	<i>Obnova borovice lesní.....</i>	<i>27</i>
3.4.2.1	Přirozená obnova	27
3.4.2.2	Umělá obnova	28
3.5	PŘÍPRAVA STANOVIŠTĚ K ZALESŇOVÁNÍ ZEMĚDĚLSKÝCH PŮD	29
3.6	PŘÍPRAVA PŮDY.....	31
3.6.1.1	Mechanizovaná mechanická příprava půd.....	31
3.6.1.1.1	Talířová půdní fréza	32
3.6.1.1.2	Finské brány.....	32
3.6.1.1.3	Skarifikátor.....	32
3.6.1.1.4	Lesní pluhy	32
3.6.1.1.5	Diskové pluhy.....	33
3.6.1.1.6	Jamkovač	33
3.6.1.2	Ruční mechanická příprava půd	33
3.6.1.2.1	Jamková příprava.....	33
3.6.1.2.2	Kopečková příprava	34
3.6.1.2.3	Záhrobcová příprava	34
3.7	TECHNOLOGIE ZALESŇOVÁNÍ.....	35
3.7.1	<i>Zalesňování sítí (výsev semen).....</i>	<i>35</i>
3.7.2	<i>Zalesňování sadbou.....</i>	<i>38</i>

3.7.2.1	Prostokořenné sazenice	38
3.7.2.2	Krytokořenné sazenice	41
4	PŘIHNŮJOVÁNÍ	42
4.1	ALGINIT	43
5	KOLOBĚH ŽIVIN	44
5.1	OBSAH HUMUSU V PŮDĚ	45
6	METODIKA	46
6.1	POPIS LOKALITY	46
6.2	ZALOŽENÍ LESNÍCH KULTUR	47
6.3	MĚŘENÍ	49
6.4	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ DAT	50
7	VÝSLEDKY	51
7.1	POROVNÁNÍ VÝŠEK	51
7.2	PŘÍRŮST	54
7.2.1	<i>Vývoj přírůstů mezi rokem 2013-2019</i>	<i>54</i>
7.2.2	<i>Statické zhodnocení přírůstů mezi lety 2013-2019</i>	<i>56</i>
7.2.3	<i>Statistické zhodnocení přírůstů mezi lety 2018-2019</i>	<i>58</i>
	59
7.3	KVALITA BOROVÝCH POROSTŮ	60
7.4	MORTALITA BOROVÝCH POROSTŮ	62
8	DISKUZE	64
9	ZÁVĚR	68
10	ZDROJE	69
10.1	LEGISLATIVA	74
10.2	SOFTWARE	74

Seznam použitých zkratk

Zkratky dřevin – podle Vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 84/1996 Sb., o lesním hospodářském plánování, Příl.4

- JD – jedle bělokorá
- BO – borovice lesní
- BK – buk lesní
- DB – dub letní
- LP – lípa srdčitá
- DG – douglaska tisolistá
- JS – jasan ztepily

PUPFL – Pozemek určený k plnění funkcí lesa

ZPF – Zemědělský půdní fond

SZIF – Státní zemědělský intervenční fond

ÚSES – Územní systém ekologické stability

MZD – Meliorační a zpevňující dřeviny

RRD – Rychle rostoucí dřeviny

SLT – Soubor lesních typů

1 Úvod

Převaha nelesných půd a intenzivní zemědělské činnosti narušují ekologickou stabilitu krajiny. Odborníci zveřejňují názory, že obhospodařování méně úrodných pozemků není rentabilní. Při současné zemědělské nadprodukcí a dotačních politikách v globálním měřítku jsou některé zemědělské výrobky na světovém trhu těžko uplatnitelné. Část zemědělských ploch je dokonce opuštěná, v ČR činila výměra opuštěných zemědělských ploch na počátku 21. st. cca 350 000 ha. Tyto nepříznivé ekologické a ekonomické aspekty vedou k záměrům vyloučit ze zemědělského půdního fondu v ČR až 400 000 ha a většinu těchto půd zalesnit. Dalším cílem zalesňování zemědělských půd by mělo být zvýšení lesnatosti krajiny, diverzity krajinných prvků a v souvislosti s probíhající klimatickou změnou zvýšit stabilitu krajiny a zlepšit její hydrické funkce (Holubík et al. 2014; Neuhöferová 2006; Vacek et al. 2009; Vopravil et al. 2015).

Zalesňování zemědělských pozemků naráží na problém s degradací půd, agrotechnické postupy intenzivního zemědělství hlavně ornici značně znehodnotily (Vopravil et al. 2014). Zemědělské pozemky jsou obdělávané nevhodnou agrotechnikou, mechanizace je těžká a působí negativně na ulehlost půd a dlouhodobá absence nebo omezování organického hnojení vede k poklesu obsahu organické hmoty v půdě. To společně s agrotechnikou a jednostranným hnojením vede ke ztrátě příznivé struktury půdy. Půda pak především špatně absorbuje vodu a obecně zemědělské pozemky jeví tendenci k nízké infiltraci, a naopak rychlému odtoku z půdních dílců i krajiny jako celku. (Vacek et al. 2009). Pro zlepšení kvality půdy se proto využívá řada chemických či biologických meliorací, např. aplikace sedimentární horniny alginít (Kulich et al. 2001).

Jedním z experimentů v této oblasti je založení zkusné plochy na orné půdě v Polabí na lokalitě „Předboj“ v roce 2013 s výsadbou borovice lesní, dubu letního, dubu červeného a javoru mléče se stálým monitoringem vývoje porostu a vlivu aplikace alginitu na růst těchto dřevin (Podrázský et al. 2017). Právě vložení lesních prvků, a i liniových nebo individuálních výsadeb dřevin má přispět k lepší bilanci vody v krajině a jejímu udržení v povodích. Různé výsadby lesních dřevin, ať již individuální, liniové, pásové nebo plošné pak mají přispět k ovlivnění toků látek a energií v krajině a v závislosti na svém rozsahu a skladbě i ke zvýšení biodiverzity.

Tato diplomová práce se zapojuje v praktické části do tohoto výzkumu, monitoruje šestiletý porost na této zkusné ploše, vyhodnocuje vliv aplikace alginitu na růst borovice lesní ve srovnání s ostatními dřevinami. V teoretické části diplomová práce zpracovává rešerše s problematikou zalesňování zemědělských půd, v experimentální části pak je v návaznosti na předchozí výzkum hodnocen růst a prosperita založených výsadeb v dalším období.

2 Cíle práce

Tato diplomová práce si klade za cíl:

- Zhodnotit růst a vývoj výsadeb lesních dřevin na zalesněných zemědělských půdách v oblasti Polabí, na lokalitě Předboj.
- Kvalifikovat zdravotní stav kultur lesních dřevin na stanovišti „U hnojiště“
- Vyhodnotit vliv aplikace meliorační látky alginit na růst a vývoj výsadeb
- Zhodnotit okrajový efekt na dílčích výzkumných plochách
- Důraz je kladen na výsadby borovice lesní

3 Problematika zalesňování na území České republiky

3.1 Historie zalesňování

Zalesňování nelesních půd je na našem území doloženo od 16. století. Kolem roku 1570 se začalo zalesňovat ve staré pražské oboře a v okolí Karlových Varů (Kacálek a Bartoš 2002). Další pokus byl uskutečněn v roce 1589 u Prahy za oborou Hvězda (Špulák 2006; Špulák a Kacálek 2011). V období třicetileté války, v letech 1618 až 1648 došlo i na našem území k razantní změně krajiny. Klesl počet obyvatel až o jednu třetinu a tím zanikl značný počet sídel. Na těchto místech vznikaly nové lesy, převážně z přirozené sukcese (Nožička 1957). Kolem roku 1755 docházelo k dalším zalesňovacím pokusům, kdy třebičský polesný František Barton zalesňoval panství v Čechách a na Moravě. V letech 1785 až 1789 tehdejší Josefínský katastr udával, že České země měly kolem 1 974 060 ha lesní půdy. Výrazné navýšení výměry lesních půd bylo ve stabilním katastru (k měření docházelo od 1824-1843), kde výměra v českých lesů dosahovala 2 223 808 ha. To bylo o cca 250 000 ha více než bylo v letech 1785-1789, kdy byl zpracován sumář josefínského katastru (Špulák a Kacálek 2011). V období po 1. světové válce se průměrně zalesňovalo 500 až 600 ha za rok. Od konce druhé světové války do roku 1948 se na bývalém území Československa zalesnilo cca 3000 ha nelesních půd, a to především v horských pohraničních oblastech (Černý a Neruda 1995; Zachar 1965). Tehdejší zákon č. 206/1948 Sb. „O zalesňování, zřizování ochranných lesních pásů

a zakládání (obnově) rybníků“ pojednával mimo jiné i o zalesňování nelesních pozemků. Veškeré pozemky, které neposkytovaly žádný, či nízký zemědělský výnos musely být zalesněny (Marek 1948). S postupem času klesalo zalesňování, hlavně z důvodu nedostatku pracovních sil (Zachar 1965). V období 70. let probíhalo zalesňování zemědělských půd jen v rezervních zemědělských fondech v pohraničí (Vacek a Simon 2009). Počátkem 90. let, kdy majitelé pozemků měli možnost začít využívat dotační podpory, došlo opět k velkému nárůstu zalesňování, v letech 1994-2005 se zalesnilo přes 8000 ha (Špulák a Kacálek 2011). Do budoucna se počítá se zalesňováním až 1500 ha ročně zemědělsky nevyužívaných půd s horší bonitou (Vacek a Simon 2009).

3.2 Zalesňování zemědělské půdy v současné době

Podle statistické ročenky 2019 Českého úřadu zeměměřického a katastrálního lesnatost v ČR ke dni 31.12. 2018 činila 33,9 %, to znamená, že výměra lesních pozemků v ČR byla 2 673 392 ha. Celková výměra zemědělské půdy ke konci roku 2018 činila 4 203 726 ha, tj. 53,3 % půdního fondu.

Dle Situační a výhledové zprávy Půda 2018, kterou vydal Českomoravský svaz zemědělských podnikatelů, ubylo mezi lety 1999 a 2017 až 77 tis. ha zemědělské půdy, což je průměrně 4 tis. ha/rok. Z této plochy bylo cca 37 tis. ha převedeno na lesní půdy. Na našem území je v dnešní době dle Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd přes 337 000 ha zemědělské půdy vhodné k zalesnění. Jedná se především o půdy silně skeletovité, méně úrodné, mělké, silně podmáčené, degradované (Menclová 2019).

Zalesňuje se především z důvodů ekologických, např. vytvoří se biocentra a biokoridory v původně ekologicky nestabilní krajině s rozsáhlými zemědělskými plochami, podporuje se protierozní ochrana půd –lepší se mikroklima, hygienická funkce, asanují se antropogenně narušené půdy např. výsypek a hald. Zalesňuje se také z důvodu ekonomických (na neprodukcích nebo opuštěných zemědělských pozemcích se vyprodukuje dřevní hmota). Pokud při zalesňování zemědělské půdy převažuje ekologický cíl, je vhodné tyto lokality zařadit do území v rámci ÚSES. Zvláštním případem je pěstování rychlerostoucích lesních dřevin na zemědělské (nikoli lesní) půdě pro potřeby produkce biomasy, což je aktivita na lesní půdě (PUPFL) vyloučená (Šindelář a Frýdl 2006; Vacek a Simon 2009).

3.2.1 Záměr a podmínky zalesňování

Převod pozemků ze zemědělského půdního fondu (ZPF) na pozemky určené k plnění funkcí lesa (PUPFL) je vždy nákladný a dlouhodobý zásah do krajinného rázu, ke změně je potřebné přistupovat šetrně a odpovědně, dodržovat všechny předpisy (Podrázský 2014; Vacek a Simon 2009).

Změna pozemků spadá do činnosti místně příslušného stavebního úřadu, který změnu může provést pouze se souhlasem orgánu ZPF a orgánu ochrany přírody a krajiny. Rozhodnutí o prohlášení pozemku za lesní má pak v kompetenci Odbor státní správy lesů. Dalším krokem je změna druhu pozemku v katastru nemovitostí a ohlášení změny kultury v Evidenci zemědělské půdy. Při výběru zemědělské půdy vhodné k zalesnění se preferují pozemky vhodné pro prvky ÚSES (Vacek a Slávik 2006; Vacek a Simon 2009).

3.2.2 Dotační programy v zalesňování zemědělské půdy

Vlastníci zemědělských pozemků, kteří se rozhodli využít zemědělskou půdu k převodu na lesní pozemky, mohou využít státní podporu, která je vymezena zákonem o zemědělství č. 252/1997 Sb., nařízením vlády č. 185/2015 Sb., lesním zákonem č. 289/1995 Sb. a zákonem 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny.

Roční dotace na zalesnění dřevinami JD, BO, BK, DB, LP, DG, JS činí 3035 EUR/1 ha, pro ostatní dřeviny 2100 EUR/1 ha. Péče o založené porosty JD, BO, BK, DB, LP, DG, JS je podpořena 669 EUR/1 ha ročně, v případě ostatních dřevin částkou 298 EUR/1 ha ročně. Kromě dotace na přeměnu zemědělských půd řeší tyto právní předpisy i podporu na zakládání porostů rychle rostoucích dřevin na zemědělských půdách (bez přeměny na lesní půdu).

Dotace na založení lesních porostů a na péči o tyto porosty jsou poskytovány nejčastěji na dobu 5 let.

Žadatel o dotační podporu musí doručit žádost Státnímu zemědělskému intervenčnímu fondu (SZIF) na formuláři o založení lesního porostu nejpozději do 30. listopadu daného kalendářního roku, ve kterém byl lesní porost založen.

3.2.2.1 Podmínky udělení dotace

Podle nařízení vlády 185/2015 Sb. je dotace poskytnuta, jestliže zalesněný pozemek žadatele byl před zalesněním veden v evidenci využití půdy a je součástí dílu půdního bloku, který je v této evidenci vymezen jako vhodný k zalesnění a současně je zalesněna souvislá plocha o výměře nejméně 0,5 ha, nejde-li o plochu navazující na stávající pozemek určený podle lesního zákona k plnění funkcí lesa.

Dotace je poskytnuta žadateli, jestliže:

- po založení lesního porostu ohlásil změnu druhu zemědělské kultury v evidenci využití půdy.
- dodrží výměru zalesněného pozemku, na kterou Státní zemědělský intervenční fond poskytne dotaci na založení lesního porostu po dobu 10 kalendářních let počínaje rokem následujícím po roce založení lesního porostu
- vlastník zajistí, aby v období od 15. května kalendářního roku následujícího po roce založení lesního porostu do konce pátého roku po roce založení lesního porostu vykazoval porost znaky péče a ochrany směřující k jeho zajištění.

3.2.3 Dřeviny vhodné pro zalesňování zemědělských půd – využité v rámci sledované plochy

V oblasti zalesňování zemědělských půd se běžně využívají výsadby sazenic a semenáčků lesních dřevin (viz kap. 3.7)

Dřeviny se správně vybírají na základě typologického vyhodnocení, které zahrnuje půdní a klimatické podmínky daného stanoviště. Od typu stanoviště se také odvíjí následná péče o založenou kulturu (Kupka 2008).

Pro zalesňování bývalých zemědělských půd jsou nejvhodnější dřeviny s tzv. pionýrskou strategií, které snášejí extrémní podmínky jako např. vysoký výkyv teplot i srážek, plné oslunění, případně polostín. U těchto dřevin nastupuje vysoká plodnost už v mladém věku (Kravka 2012). Jedná se převážně o tyto druhy: bříza bělokorá (*Betula pendula*), bříza pýřitá (*Betula pubescens*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*), topol osika (*Populus tremula*), jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*), javor mléč (*Acer platanoides*), modřín opadavý (*Larix decidua*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), lípa velkolistá (*Tilia platyphyllos*) a dub zimní (*Quercus petraea*). Tyto dřeviny vytvářejí bohatý kořenový systém. Ornou půdu není vhodné zalesňovat smrkem ztepilým, který na těchto plochách bývá napadán václavkou obecnou a kořenovníkem vrstevnatým (Slodičák a Novák 2008; Vacek a Slávik 2006).

Při zakládání lesa se doporučuje mezi volnou zemědělskou půdou a lesním porostem vysázet keře. Jejich pozitivní efekt je především v ochraně dřevin před bořivými větry díky vytvoření porostního pláště (Poleno et al. 2009).

3.3 Charakteristika vybraných dřevin

3.3.1 Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.)

Borovice lesní je jehličnatý strom z čeledi Pinaceae – borovicovité. Jedná se o strom středních rozměrů. V dobrých podmínkách může dorůst výšky až 45 m s průměrnou tloušťkou kolem 100 cm. Její průměrný fyziologický věk je cca 300 let. Jehlice jsou šedozelené barvy, 3-8 cm dlouhé. Vyrůstají na drobných brachyblastech po dvou ve svazečcích. Borovice má křivý kořen (Slodičák et al. 2013; Svoboda 1953; Úradníček et al. 2009).

Borovice lesní má širokou ekologickou amplitudu. Velmi dobře prosperuje v edaficky i klimaticky rozdílných podmínkách. Přirozeně se vyskytuje od cca 1. LVS až do 7. LVS, od suchých písků až po rašeliny, což umožňuje rozsáhlé uplatnění borovice v kulturních porostech. Mimoto přirozeně dominuje na extrémních stanovištích, kde vytváří azonální společenstva. Při pěstování borových porostů záleží na použití vhodného ekotypu. Zemědělské půdy bývají obvykle živnější než lesní půdy. Proto je důležité vybírat vhodné ekotypy, aby nedocházelo k vytváření netvárných jedinců (Svoboda 1953; Vacek a Simon 2009).

Ekologie dřeviny

Borovice lesní je světlomilná dřevina s pionýrskou strategií, která se dobře obnovuje na odkrytých minerálních půdách. V zástinu není schopná se přirozeně zmlazovat. Vodu dobře vstřebává, na rozdíl od jiných dřevin, z větších hloubek. Borovice není náročná na půdu. Úspěšně roste na suchých písčích, dunách, skalách, silikátových horninách, hadcích, ale i na rašelinistích. Její semena jsou schopna vyklíčit ve štěrbinách skal. Při pěstování na živnějších půdách dosahuje vyšších rozměrů. Bývá vytlačována nepůvodními druhy, například borovicí černou (Musil a Hamerník 2007; Skalický 1988a).

Rozšíření v České republice

Původní borovice lesní se na našem území vyskytuje na reliktních stanovištích, tvoří tzv. reliktní bory. V nižších polohách je přimíšena v doubravách na suchých písčitých půdách. Tyto reliktní bory se nachází například na hadcích Slavkovského lesa a Českomoravské vrchoviny, na balvanitých svazích a sutích Šumavy (Slodičák et al. 2013).

Využití

Borovice lesní je spolu se smrkem nejvýznamnější hospodářskou jehličnatou dřevinou. Její silně pryskyřičné dřevo, které se skládá z jádra a běle, je velmi odolné a trvanlivé převážně ve vlhkém prostředí. Z tohoto důvodu poskytuje ideální materiál pro vodní stavby, ale i pro stavebnictví, truhlářství apod. (Walker 2009).

3.3.2 Dub letní (*Quercus robur* L.)

Dub letní se řadí do čeledi Fagaceae – bukovité. Strom je rozložitý s nepravidelnou korunou a křivolakými větvemi. Patří mezi naše nejmohutnější dřeviny. Dorůstá výšky až 40 m s tloušťkou 1,5 m až 4 m. Dožívá se 500 let. Dub je stabilní díky svému typickému kůlovitému kořenu. Má výbornou schopnost pařezové výmladnosti. Borka je v mládí světle šedá až nahnědlá, později silně rozpukaná a vrásčitá, zbarvená do hnědé až černošedé barvy. Letorosty jsou lysé, hnědošedé s lenticelami. Krátké, 6-15 cm dlouhé, řapíkaté, peřenolaločné listy jsou tuhé, kožovité, eliptické až obvejčité. Květy jsou jednodomé, samičí jsou po dvou až pěti na dlouhých stopkách v paždí listů, mají červené blizny a sedí jednotlivě na číškách. Samčí květy jsou žlutozelené a tvoří převislé jehnědy, které se rozvíjejí současně s listy. Pyl je přenášen větrem. Kveté od května do června. Plodem jsou jednosemenné nažky, zvané žaludy (Úradníček et al. 2009).

Ekologie dřeviny

Dub letní je světlomilná dřevina. Má vyšší nároky na světlo než např. dub zimní. Z hlediska požadavků na vláhu lze dub letní rozlišovat na dva základní ekotypy. První ekotyp se nachází převážně v lužních lesích, snáší vysoké množství vody, dočasné záplavy a vyžaduje vyšší půdní vláhu. Druhý ekotyp se řadí spíše do lesostepí, kde snáší naopak silně vysychavé půdy a vytváří tak nižší a méně tvárné porosty. Dřevina odolává částečně zasoleným půdám, i rozličným klimatickým podmínkám kromě pozdních mrazů. Nejlépe prosperuje na hlubokých hlinitých půdách. Netvoří čistě dubové porosty. Většinou roste ve směsi s jasanem a jilmem (Úradníček et al. 2009).

Rozšíření v České republice

V ČR je dub letní rozšířený zejména podél vodních toků, jako např. Polabí, Pooohří, Dolnomoravský úval, Třeboňsko. Na teplých slunných stráních se vyskytuje hlavně v Českém krase, na jižní Moravě a v Českém středohoří, kde roste spolu s dubem cerem a s dubem šípákem (Úradníček et al. 2009).

Využití

Jedná se o velmi významnou lesní dřevinu. Dřevo dubu letního je velmi tvrdé a odolné vůči vodě. Používá se pro výrobu nábytku, dých, v lodním stavitelství, k výrobě pražců, sudů. Žaludy se dříve využívaly jako krmivo pro dobytek. Kůra se používá díky vysokému obsahu tříslovin jako technická surovina při zpracování kůží. Dub je vysazován do zámeckých parků i do městských parků (Úradníček et al. 2009).

3.3.3 Dub červený (*Quercus rubra* L.)

Dub červený je listnatý strom z čeledi Fagaceae – bukovité, který dorůstá výšky 25-30 m. Jeho tloušťka dosahuje až 1,5m. Strom dosahuje stáří až 400 let. V porovnání s původními druhy dubu má dub červený poměrně dlouho tenkou, hladkou a šedou borku, která později puká a tmavne. Listy dubu červeného jsou dlouhé 10-25 cm, matné s 3-5 laloky, které jsou odděleny zářezy sahajícími skoro až do poloviny listu, laloky jsou zakončeny trojicí úzkých špiček. Jeho letorosty jsou velmi pevné. Dub červený je větrosnubná dřevina. Samičí květy se vyskytují v číšce na stopkách v jednotlivých svazečcích a samčí květy jsou tyčinky ve svazcích v řídkých jehnědách. Ze samičích květů se vyvíjejí žaludy, které dozrávají až po dvou letech (Úradníček et al. 2009).

Ekologie dřeviny

Dub červený se řadí mezi světlomilné dřeviny, které v mladém věku snášejí mírné zastínění. Je velmi odolný vůči znečištění ovzduší a silným mrazům. Obecně lze říci, že dub červený je nenáročný. Vyskytuje se na velmi chudých půdách i bez velkého množství živin (Úradníček et al. 2009).

Rozšíření v České republice

Dub červený má původní výskyt v Severní Americe. Do Evropy byl zaveden v 18. st. a do Českých zemí v 90. letech 19. století převážně jako parková dřevina. Dnes je již nedílnou součástí většiny parků v České republice, také je hojně využívána jako lesní dřevina (Větvíčka et al. 2005).

Využití

Dub červený má tvrdé dřevo, které se velmi dobře moří a lakuje, proto je jeho použití především v nábytkářství (Walker 2009).

3.3.4 Javor mléč (*Acer platanoides* L.)

Javor mléč je druh stromu z čeledi Aceraceae – javorovité. Javor mléč se řadí mezi středně velké stromy s převážně rovným kmenem a rozložitou korunou. Dorůstá výšky 20-30 m. Borka je hnědošedá, hustě i mělce podélně brázditá. Mléč má kořenový systém tvořen krátkým kůlovým kořenem, který má mnoho bočních mělkých kořenů poblíž kmene, i proto netrpí na vývraty. Stejně jako dub má výbornou a vytrvalou pařezovou výmladnost (až 60 let). Letorosty a pupeny jsou zbarvené do hnědočervena. Listy jsou dlouze řapíkaté, dlanitě 5–7 laločnaté, vykrajovaně zubaté, 6-15 cm dlouhé. Kvete od dubna do květena. Javor mléč má oboupohlavné i jednopohlavné žlutozelené květy. Plodem jsou nažky 4–5 cm dlouhé, které dozrávají po prvních mrazech (Úradníček et al. 2009).

Ekologie

Javor mléč je dřevina, která snáší zastínění. Má rovnoměrně rozložené listy, a proto dokáže propouštět světlo do spodních pater porostů. Nároky na vlhkost půdy jsou vysoké. Snáší vysokou hladinu podzemní vody v půdě, proto je hojněji zastoupen i v luzích. Vyžaduje živné, hluboké, vlhké a dusíkem bohaté půdy, které mohou mít vysoký podíl skeletu (Úradníček et al. 2009).

Rozšíření v České republice

Tento druh javoru se vyskytuje v suťových lesích, lipových javořinách, květnatých bučinách, v parcích. Nálety v mladém věku osidlují synantropní stanoviště (Úradníček et al. 2009).

Využití

Javor mléč se dnes hojně využívá jako okrasná dřevina, převážně jako výsadba v městské zeleni. Z tohoto důvodu dochází ke šlechtění různých dalších odrůd, kultivarů, které se zásadně odlišují od původního druhu, především formou a barvou listů. Javorové dřevo je využíváno v dřevozpracujícím průmyslu, hlavně pro výrobu nábytku. Důležitý je pro včely a čmeláky, pro které jeho květy představují zdroj nektaru, proto je zajímavý také pro včelaře (Walker 2009).

3.4 Pěstování borovice lesní

Zelená zpráva z roku 2018 udává: borovice lesní (*Pinus sylvestris*) je druhou nejvíce zastoupenou (16,3 %) dřevinou na našem území. Původní výskyt borovice lesní je vázán převážně na půdní podmínky než na klimatickou stupňovitost. Na našem území má borovice lesní své zastoupení přirozeně ve smíšených porostech, v nesmíšených porostech se vyskytuje jen na přirozených borových, nebo na chudých oglejených stanovištích převážně v nižších polohách. Borovice lesní nepotřebuje velký přísun živin, ani vody, dobře se proto přizpůsobuje rozmanitým stanovištním podmínkám. Z hospodářského hlediska mají nejcennější význam porosty na přirozených borových stanovištích, jako je např. oblast jihočeská, severočeská, severovýchodočeská, západočeská, středočeská a jihomoravská, kde vytváří lokální provenience (Slodičák et al. 2013).

3.4.1 Výchova borovice lesní

Při výchově borovice lesní je kladen důraz na zlepšení kvality porostů a odolnost vůči stresu. Díky biologickým vlastnostem borovic (stavba korun, slunná dřevina) je vývoj borových kultur výrazně pomalejší než např. u smrkových kultur. Při výchovných zásazích je velké riziko spojeno s intenzivními zásahy, může totiž dojít ke ztrátě na objemové produkci a růstovým deformacím. Na druhou stranu provádění slabých zásahů má negativní vliv na mikroklima v mladších porostech (Novák et al. 2010; Tesař 1996).

Borové porosty se převážně vyskytují v nižších polohách s vysoce propustnými písčitymi půdami a velmi nízkým úhrnem srážek během vegetačního období, proto je důležité provádět výchovné zásahy, které pozitivně ovlivní přísun srážek (snížení intercepce) do mladých porostů (Chroust 1997; Novák et al. 2008; Slodičák et al. 2011).

3.4.2 Obnova borovice lesní

Základem při pěstování lesních dřevin je obnova lesních porostů. Obnovu dělíme na přirozenou a umělou.

Přirozená obnova může být buď generativní nebo vegetativní. Přirozená obnova u borovice je pouze generativní, tvoří 18 % a zbylých cca 82 % patří umělé obnově. Při kombinaci těchto typů obnovy se jedná o tzv. kombinovanou obnovu. Přirozená obnova je vhodná, ale borovice lesní je hospodářsky využitelná pouze cca v 60 ze 170 SLT, tzn. využití je střední, až slabé. I přesto je vhodné přirozenou obnovu a přirozené zmlazení využívat (Korpel et al. 1991; Kriegel 1998; Šindelář 2004; Zpráva 2018).

3.4.2.1 Přirozená obnova

Při přirozené obnově je nejdůležitější přítomnost dostatečně kvalitního mateřského porostu a vhodného stavu půdy pro klíčení semene a odrůstání semenáčků. Pro přirozenou obnovu je velmi podstatný semenný rok, který mívají borovice jednou za čtyři roky (Hlavová 2004; Korpel et al. 1991).

Přirozená obnova borovice lesní je v České republice využívána oproti skandinávským zemím, kde je zastoupení přirozené obnovy až 25 %, poměrně málo. Zásadním důvodem používání přirozené obnovy je zachování genetické informace z regionálních populací borovice lesní, jako je např. borovice jihočeská – třeboňská. Důležitými ekologickými aspekty pro přirozenou obnovu je tvorba květních orgánů, produkce semen, vliv počasí, příprava půdy, stav vegetace a rozvolnění porostu. Ve středoevropských podmínkách dozrávají semena borovice lesní často. Borovice lesní má obvykle dobrou klíčivost semen, nálety se poměrně dobře ujímají (Bílek et al. 2017; Šindelář 2004).

Při přirozené obnově není nutné zasahovat v rámci péče o nárosty. Při pěstebních zásazích je možné odstranit „předrostlíky“, „obrostlíky“ a další nežádoucí dřeviny. Vzniklé mezery je potřebné dosázet vhodnými MZD (Novák et al. 2013). Přirozenou obnovu borovice je výhodné podpořit mechanickou přípravou půdy, celoplošnou, nebo pásovou.

3.4.2.2 Umělá obnova

Umělou obnovu lze provádět na místech, kde není vhodný mateřský porost. Při umělé obnově se používá síje (výsev semen na obnovovanou paseku), nebo sadba (výsadba sazenic), která převažuje (Korpel et al. 1991). Umělá obnova dosahovala v roce 2018 kolem 21 tisíc hektarů, z toho se uměle obnovilo cca 10 % plochy borovicí lesní (Zpráva 2018). Při umělé obnově borovice lesní se stanovují minimální počty vysazených prostokořených sazenic na 8 000-9000 kusů na 1 ha (Vyhláška 139/2004 Sb.). Vysoký počet jedinců výsadby je důležitý pro růstové vlastnosti této dřeviny.

Umělou obnovu lze provádět několika způsoby. Jednou z možností je vysazování porostu pod dospělým porostem, jedná se o tzv. podsadbu. Tento způsob není oproti přirozené obnově tak časově náročný, netřeba čekat na semenný rok. Nevýhoda podsadby spočívá ve vyšších nákladech. Tato forma podsadby se používá převážně na stanovištích zamokřených a silně zabuřeňujících. Druhým způsobem je obnova na holosečích. Při zakládání kultur na holých plochách dochází ke zhoršení mikroklimatických podmínek, z hlediska teploty a vlhkosti, které však borovice dobře snáší (Korpel et al. 1991).

3.5 Příprava stanoviště k zalesňování zemědělských půd

Před vlastní sadbou nebo výsevem se doporučují tři způsoby přípravy stanovišť, které zlepšují biologické, fyzikální či chemické podmínky půd, a to příprava mechanická biologická a chemická.

Při mechanické přípravě půd dochází k odstraňování nežádoucích náletových dřevin a buřeně, které zabraňují růstu cílovým dřevinám. Z mechanizačních prostředků se k likvidaci používají motorové pily a křovinořezy. V některých případech lze využít drtiče dřevní hmoty, které nežádoucí porosty odstraní a rozdrtí na štěpku. Štěpku lze využít k mulčování nových sazenic. Dřevní štěpka má pozitivní vliv na vytváření mikroklimatu, snížení výparu a na omezení růstu buřeně. Kromě dřevní štěpky se často k mulčování používá nekompostovaná kůra. U tohoto způsobu mulčování je třeba brát na zřetel, že může docházet ke snižování obsahu dusíku v půdě, a tak je možno negativně ovlivnit růst nových sazenic. Z důvodu zachování mikroklimatu u cílových dřevin se někdy na ploše ponechává keřové patro. To lze využít jen u stinných dřevin, u výsadby světlomilných dřevin je vhodnější keře odstranit (Slávik 1991; Vacek et al. 2009; Vopravil et al. 2017).

Biologická příprava stanoviště je založena na využívání schopností MZD, které vytvářejí vhodné růstové podmínky cílovým hospodářským dřevinám a zlepšují humózní složky půdy. Při výběru MZD je potřebné brát v úvahu ekologické požadavky jednotlivých dřevin (Šmelková et al. 2001; Vacek a Simon 2009).

Meliorační a přípravné dřeviny musí splňovat tyto vlastnosti:

- 1) **Rychlý růst** – tato vlastnost je důležitá pro co nejrychlejší vytvoření mikroklimatických podmínek a zákrytu půdy. Mezi RRD se řadí např. olše šedá, olše lepkavá, topol osika, bříza bělokorá, jeřáb ptačí, borovice lesní.
- 2) **Odolnost vůči suchu** – tato vlastnost je vhodná v nižších nadmořských výškách, s malým úhrnem srážek a vyššími teplotami, zejména na písčitých půdách. Mezi dřeviny odolné vůči suchu se řadí např. bříza bělokorá, lípa srdčitá, pajasan žlaznatý, trnovník akát, vrba jíva.
- 3) **Odolnost vůči přebytku vody** – tato biologická vlastnost se používá na zamokřených půdách. Řadíme sem např. olši lepkavou, olše šedou, břízu pýřitou.
- 4) **Odolnost vůči mrazu** – jedná se zejména o poškození a deformace, úhyn sazenic pozdními mrazy. Pro tuto biologickou ochranu jsou vhodné dřeviny, jakou bříza bělokorá, olše šedá, vrba jíva, topol osika.
- 5) **Schopnost obohacovat půdu** – mnoho dřevin dokáže např. opadem, vázáním vzdušného dusíku obohatit půdu. Jsou to dřeviny jako např. lípa stříbrná, topol osika, habr obecný, olše lepkavá (Vacek a Simon 2009).

Chemická příprava stanoviště se využívá v případě nadměrného výskytu buřeně, která konkuruje cílovým dřevinám (o světlo, živiny a vodu), tato metoda se ovšem používá pouze v případech, kde je obtížné použít jiné řešení. Chemická příprava má negativní dopad na životní prostředí. Proto se tato metoda využívá pouze mimo vodohospodářské lokality (Vacek a Simon 2009).

3.6 Příprava půdy

Příprava půdy je základním postupem při obnovování lesních porostů, tedy i porostů zakládaných na zemědělských půdách. Při přípravě půd je základním cílem vytvořit takové podmínky, aby sazenice (popř. výsev semen) měly zdárnou ujímavost a růst. Mezi základní přípravy půd patří mechanizovaná a ruční (Vacek a Simon 2009).

3.6.1.1 Mechanizovaná mechanická příprava půd

Mechanizovaná příprava půd je nejvíce využívána v oblasti zalesňování zemědělských půd. Zvolení správné mechanizace závisí na těchto faktorech:

- Dostupnost terénu a hmotnost dané mechanizace
- Roční období, ve kterém dochází k přípravě půd
- Charakteristika půdních vlastností
- Finanční náklady

Při přípravě půdy se pomocí různých typů mechanizace narušují, či odstraňují drny, které komplikují výsadbu sazenic, případně dochází k promíchávání půdních horizontů, čímž se zlepšuje kvalita a vodní režim v půdě (Vacek a Simon 2009).

3.6.1.1.1 Talířová půdní fréza

Talířové půdní frézy jsou většinou nesené na tříbodovém závěsu univerzálního kolového traktoru a poháněny z hydraulického systému. Pracovním nástrojem jsou parabolické ozubené disky, které primárně narušují a strhávají drny a vytvářejí pruhy o šířce až 50 cm. Talířové půdní frézy jsou variabilní, kromě pruhové přípravy půd dokáží vytvořit rýhy o 30 cm hloubce a po výměně talíře i plošky a jamky (Černý a Neruda 1995; Dvořák et al. 2006).

3.6.1.1.2 Finské brány

Finské brány jsou svým fungováním velmi podobné talířovým frézám, s tím rozdílem, že finské brány nejsou poháněny z hydraulického systému. Kotouče jsou volně položeny na povrchu a valivým odporem jsou otáčeny. Finské brány se používají k pásové přípravě půd (Dvořák et al. 2006).

3.6.1.1.3 Skarifikátor

Skarifikátor je opět připojen k hydraulickému systému u univerzálního kolového traktoru. Používá se pro ploškovou přípravu půd, kdy připevněné nože vytrhávají drny z půdy nebo pomocí kypřících nožů připravují půdu k výsadbě (Dvořák et al. 2006).

3.6.1.1.4 Lesní pluh

Lesní pluh patří k jednoduchým mechanismům. Skládají se z nože, krojidla, obracečky, a přítlačných válců.

Pracovní postup pluhu: Naříznutí půdy krojidlem pluhu, aby došlo k lepšímu obrácení drnů. Dále nože pluhu odkrývají půdu a ta je poté vytlačována pomocí nože na obracečku a odpadáva vedle brázdy. Přítlačné válce utlačí převrácenou hlínu. K utužování půdy dochází, aby se odrytá hlína nevracela zpět do brázdy (Dvořák et al. 2006).

3.6.1.1.5 Diskové pluhy

Diskové pluhy se velmi podobají lesním pluhům, s rozdílem, že tyto pluhy mají instalovány disky, ty jsou také nakloněny, aby docházelo k převracení půdy. Pracovní postup funguje na stejném principu jako u lesního pluhu. Diskové pluhy jsou výhodnější díky rotaci v půdě, které oproti lesnímu pluhu kořeny přejíždí a nedochází k zasekávání (Dvořák et al. 2006).

3.6.1.1.6 Jamkovač

Jamkovač bývá připevněn na hydraulickém výložníku za univerzálním kolovým traktorem. Používají se dva typy vrtáků, a to srdčitý nebo spirálovitý. Každé hloubení jamky je spojeno se zastavením traktoru a obsluhováním jamkovače, což je časově velmi náročné. Jamkovače mohou být i motomanuální, a to jak jednomužné tak i dvoumužné (Dvořák et al. 2006).

3.6.1.2 Ruční mechanická příprava půd

Ruční příprava půd je často prováděna až s vlastní výsadbou sazenic. Při vykopání jamky dochází k mísení substrátu a následně k rozkladu humusu a většímu přísunu živin. Při ruční výsadbě se používá nářadí jako motyka nebo sekeromotyka (Vacek a Simon 2009).

3.6.1.2.1 Jamková příprava

Tato příprava půd se používá převážně k výsadbě sazenic. Pomocí sekeromotyky se strhne travní kryt a vyhloubí se jamka o čtvercovém rozměru 25-100 cm, tím se půda prokypří a sazenice má lepší ujímavost. Jamková příprava půd se provádí převážně na těžkých, utužených a kyselých půdách (Vacek a Simon 2009).

3.6.1.2.2 Kopečková příprava

Metoda kopečkové přípravy půd se používá hlavně na těžkých a zamokřených půdách. Na ploše 1x1 m se strhne travní drn, půda se prokypří a vytvoří se kopeček o základně 0,5 m a stejné výšce. (Vacek a Simon 2009).

3.6.1.2.3 Záhrobcová příprava

Při záhrobcové přípravě se strhávají drny ze dvou pruhů vedle sebe o šířce 70 až 140 cm. Z jednoho pruhu se půda navrší na druhý až do výšky 60 cm. Drny musí být důkladně strženy, jinak by nebylo zajištěno dostatečné spojení s půdními horizonty (Vacek a Simon 2009).

3.7 Technologie zalesňování

K pěstování sazenic lze využít pouze ta semena, která pochází z porostů uznaných ke sběru, aby se dala identifikovat jejich genetická, fyziologická a morfologická kvalita. Nelesní půdy lze zalesnit dvěma způsoby, a to výsevem semene (síjí), nebo sadbou. Při zalesňování zemědělské půdy převažuje sadba (Vacek a Slávik 2006; Vacek a Simon 2009).

3.7.1 Zalesňování síjí (výsev semen)

Při výsevu semen lze využít několik způsobů.

1) Plnosíje – používá se při celoplošném výsevu semen na dané lokalitě, většinou je spojena s přípravnými dřevinami. Aby metoda proběhla úspěšně, je potřebné udělat celoplošnou mechanickou přípravu půdy.

2) Pomístní síje – při této metodě je také potřebná mechanická příprava půdy, využívá se více než plnosíje. Dále se dělí na tři způsoby (Vacek a Simon 2009).

- Bodová síje – využívá se k výsevu velkých semen (bukvice, žaludy, kaštany, ořechy). Semena jsou většinou sázena po dvou až třech kusech pomocí sazeče, nebo motyky. Výhodou je rychlý postup, nevýhodou je nestejná hloubka, do kterých jsou semena seta.
- Plošková síje – tato metoda využívá výsevu semen do připravených plošek, jako jsou kruhová, elipsovité, trojúhelníková, obdélníková.
- Proužková síje – semena jsou při této metodě vysévána do připravených řádků. Drobná semena jsou nejčastěji vysévána pomocí secích strojů, větší semena jsou seta ručně (Vacek a Simon 2009).

Hloubka výsevu

Při výsevu semen lesních dřevin je důležité vytvořit ideální půdní podmínky (teplota, vlhkost, provzdušnění). Semena, která jsou zasetá velmi hluboko, tak kolikrát ani nevzejdou nebo vzcházejí pomalu. Naopak semena, která jsou vyseta příliš mělce, často usychají. Při výsevu malých semen, jako jsou např. březová, je nutné půdu uválcovat. Větší semena, jako jsou např. žaludy se vysévají do hloubky až 8 cm (Vacek a Simon 2009).

Doba síše

Při vysévání porostů je brán zřetel na biologické vlastnosti semen, stav prostředí a výskyt škodlivých činitelů, které by výsev mohli negativně ovlivňovat. Ujímavost semen se odvíjí zejména od prostředí a doby výsevu. Výsev je prováděn nejčastěji v jarních obdobích, kdy je půda dostatečně teplá a vlhká. V suchých oblastech se doporučuje výsev provádět až na podzim. Síše se hlavně využívá u listnatých dřevin (dub, olše, jasan, bříza).

Výhody zalesňování sísí

- Odpadá školkařská činnost a veškeré práce spjaté s ní.
- Nedochozí k poškození semenáčků, především kořenových systémů, semenáčky mají možnost nepřetržitého vývoje na lokalitě.
- Technologie při výsevu je jednoduchá a levnější.

Nevýhody zalesňování sjí

- Semena jsou náchylná na abiotické a biotické vlivy, hrozí napadení škůdci, konzumace ptáky a drobnými savci i černou zvěří.
- Semenáčky z výsevu nemají dostatečně vyvinutý kořenový systém, ani nadzemní část, v prvním období jsou vystaveny nepříznivému prostředí.
- Semena nemají stejné podmínky pro klíčení, na těžkých půdách klíčí nerovnoměrně a zahnívají. Na lehkých půdách trpí přísušky, je nutno pracovat se značnými objemy osiva.
- Osivo lesních dřevin je poměrně drahé, i z důvodů malé intenzity semenných roků a obtíží při sběru.

3.7.2 Zalesňování sadbou

Zalesňování sadbou je nejvíce využívaná metoda při zalesňování. Využívají se buď sazenice prostokořenné nebo krytokořenné.

3.7.2.1 Prostokořenné sazenice

Obnova prostokořennou sadbou převládá nad obnovou krytokořennou. Výroba a doprava sazenic je výrazně levnější. Pokud se při výsadbě využívají kvalitní sazenice a správné technologické postupy, úspěšnost zalesňování se blíží k 90 %. Právě u borovice se používají menší jedinci (semenáčky, sazenice), což je výhodou (Vacek a Simon 2009).

Způsob výsadby

- **Jamková výsadba** – se nejvíce používá při zalesňování lesních dřevin. Při této sadbě se postupuje následovně: Pomocí sekeromotyky se odstraní drny z plošky o velikosti 25x25 cm až 50x50 cm a vyhloubí se jamka o hloubce, která odpovídá velikosti kořenového systému dané dřeviny. Do důlku se umístí sazenice, která je zasypana zeminou až do výše krčku a důkladně zpevněna. Jamková sadba je vhodná pro všechny druhy půd.
- **Šterbinová výsadba** – je druhá nejvíce rozšířená metoda při zalesňování prostokořenými sazenicemi. Samotná výsadba je velmi podobná jamkové výsadbě, pouze s tím rozdílem, že se nepoužívá sekeromotyka, ale sazeč (malý železný rýč). Sazečem se vytvoří šterbina, do které je vkládána sazenice s kůlovým kořenem. Posledním krokem je zapíchnutí sazeče poblíž vysazené sazenice a domáčknutí šterbiny. Šterbinová výsadba je vhodná převážně na lehkých půdách. S výhodou je používána právě u borovice.

- **Kopečková sadba** – sazenice jsou sázeny do předem připravených kopečků. Tento způsob je vhodný využívat na zamokřených a podmáčených půdách.
- **Záhrobcová sadba** – velmi podobná metoda jako kopečková sadba, s rozdílem, že při této metodě jsou pomocí mechanizace vytvářeny navršené pruhy hlíny, do které jsou sazenice sázeny (Vacek a Simon 2009).

Doba výsadby

Výsadby lesních kultur se provádí hlavně na jaře a na podzim, v některých případech i v létě. Doba výsadby dřevin se volí v závislosti na jejich biologických vlastnostech a na ekologických podmínkách stanoviště. Při výsadbě je potřebné znát vývoj kořenů u určitých skupin dřevin. Vývoj kořenů stromů se projevuje v jarním období intenzivním růstem, poté stagnuje a k prodlužování dochází opět v srpnu. Jehličnaté dřeviny ukončují růst kořenů ke konci září, listnaté dřeviny až v období mrazů. Především u výsadby prostokořenných sazenic je tato potřeba brát v potaz (Šmelková a et al. 1989).

Nejvíce využívaným obdobím pro výsadbu lesních dřevin je jarní období. Výsadba sazenic je možná ihned po rozmrznutí půdy. V oblastech s dlouho trvajícím zimou se doporučuje v jarním období vysazovat pouze jehličnaté dřeviny a výsadbu listnatých dřevin odložit na podzim. Při podzimní výsadbě se převážně vysazují dřeviny listnaté, nebo modřín, u kterých ještě neskončil kořenový růst.

Výhody prostokořenné sadby

- U pěstovaných sazenic v lesních školkách jsou zabezpečeny optimální podmínky růstu a kvality.
- Sazenice má výškový nárůst před buření.

Nevýhody prostokořenné sadby

- Vybudování lesních školek a skladovacích prostor.
- Převoz sazenic ze školek na vysazované místo, nutnost značné péče.
- Změna prostředí při výsadbě.

3.7.2.2 Krytokořenné sazenice

Krytokořenné (obalované) sazenice mají obalený kořenový systém substrátem nebo zeminou, které ho chrání před vysycháním a poškozením. Kořenový bal obsahuje živiny a vodu, proto u krytokořenných sazenic nedochází k problémům s vysycháním při výsadbě a dřeviny také rychleji odrůstají (Mauer 2006).

Způsob výsadby

Při výsadbě obalované sadby se nejčastěji používá jamková metoda (viz prostokořenná sadba), metoda kopečková a štěrbinová nejsou tolik používány. Krytokořenný sadební materiál se vysazuje hlavně na mělkých půdách s horší bonitou, kde není vhodné používat prostokořenné sazenice. Při výsadbě na zamokřených lokalitách je potřebné využívat kopečkovou, nebo záhrobcovou metodu (Vacek a Simon 2009).

Doba výsadby

Výsadbu lze provádět celoročně, s výjimkou ploch na zamrzlých a rozbahněných půdách, v době přisušků a v období jara, kdy rostliny intenzivně přirůstají, je výsadba částečně omezena (Mauer 2006).

Výhody krytokořenné sadby

- Možnost sázet na extrémních půdách
- Celoroční zalesňování.

Nevýhody krytokořenné sadby

- Vysoká pořizovací cena sazenic.
- Nákladnější doprava (na přepravní prostředek se naloží méně rostlin).
- Drahá mechanizace na výsadbu sazenic (Vacek a Simon 2009).

4 Přihnojování

V lesních porostech se pro zlepšení kvality půd využívá řada chemických či biologických meliorací s aplikací hnojiv. Přihnojování lesních porostů se používá převážně na degradovaných stanovištích, kde dochází ke dlouhodobému úbytku bioelementů, jako jsou horské, imisemi zasažené lokality. V mladých porostech se aplikace hnojiv provádí individuálně, u odrostlejších kultur a porostů vyššího věku se využívá často celoplošně. Při nedostatku živin v lesních kulturách se používají hnojiva jednosložková či vícesložková, která se vyrábí převážně ve formě granulí, tablet a prášku (Bartoš a Kacálek 2013; Poleno a et al. 2009). Podle Remeše et al. (2016) dochází také k deficitu živin, pokud jsou z porostu odváženy těžební zbytky, namísto jejich ponechání. Převážně pro sazenice borovice lesní se doporučuje ponechávat na ploše dřevěný popel. Na zemědělských půdách je potřeba přihnojování obecně nižší, hnojení lze použít, pokud očekáváme výrazný deficit některé živiny. Další možností je využití inokulace, nebo tzv. půdních kondicionérů. Jednou z vhodných fyzikálně/biologických meliorací je použití sedimentární látky Alginit.

4.1 Alginit

Alginit je přírodní látka, která vznikla cca před 3 až 4 miliony lety z fosilní biomasy řas (*Algae*) a ze sopečných hornin, materiály sedimentovaly ve vodním prostředí a obsahovaly veliké množství humusu. Alginit obsahuje sladkovodní řasy, druhu *Bortryococcus braunii*, s velkým množstvím fosforu, draslíku, vápníku, hořčíku a humusu (Litavec a Barančíková 2013; Tužinský et al. 2015). Alginit je svým nízkým obsahem dusíku vhodný ke zlepšení téměř všech půd, kromě půd ochuzených o dusík. Má výbornou schopnost absorbovat vodu v půdě, jeden kilogram alginitu je schopný zadržet až jeden litr vody, naopak při nedostatku srážkové vody zpomaluje vysychání (Vass. et al. 1998). Právě těmito vlastnostmi je vhodný pro úpravu antropogenně poškozených zemědělských půd. Využívá se jako aktivátor růstu sazenic. Alginit je svými vlastnostmi a levnou dostupností vhodný pro činnost v lesním hospodářství (Kulich et al. 2001). Podle Vasse et al. (1998) se průměrná roční produkce u zemědělských plodin při dávce alginitu 40 t/ha zvýšila až o 10 %, v lesních porostech se průměrně zvýšila o 6 až 10 %.

5 Koloběh živin

Makroprvky jsou látky, které jsou pro fungování všech živých organismů velmi důležité. Jedná se hlavně o prvky jako je uhlík, vodík, kyslík, kteří tvoří hmotnostní sušinu rostliny, dusík, který je limitním prvkem při růstu rostliny, důležitým prvkem je také síra, která doplňuje svou funkcí dusík (syntéza bílkovin). Dalším prvkem je draslík, sloužící k aktivaci enzymů v rostlině, vápník a hořčík představují minerální živiny nutné pro výstavbu buněčných stěn, chemismus buněčného prostředí a tvorbu chlorofylu (Binkley 1986).

Na půdy v lesních porostech má vliv především opad, rozkládání listů, jehlic i mrtvého dřeva, oproti nelesní zemědělské půdě, která je ovlivněna převážně každoročním antropogenním zásahem (Kacálek et al. 2007). Listnaté dřeviny nejvíce opadávají na podzim, u jehličnatých dřevin opad nastává převážně při přírůstu nových jehlic. Živiny z opadanky se pomocí mineralizace opět stávají dostupné rostlinám. Ztráta živin u rostlin se může dít vyplavením nebo vyluhováním. V listnatých lesích se živiny vyplavují z asimilačních orgánů především v době olistění, za to u jehličnatých dřevin k tomu dochází celoročně. Ztráta živin tímto způsobem se děje hlavně v přestárých porostech nebo v imisemi poškozených regionech (Podrázský 2014).

Vytvoření funkčního koloběhu živin, skládajícího se z příjmu, akumulace živin v biomase, tvorby opadu a jeho dekompozice, spojeného s tvorbou a cyklem organické hmoty v lesním ekosystému, představuje zásadní rozdíl mezi lesními ekosystémy a agroekosystémy. U těch výrazně dominují odběry jak biomasy z ekosystému (rostlinná produkce, pastva), tak výrazné ztráty vyplavením a vodní i větrnou erozí (Podrázský 2014).

5.1 Obsah humusu v půdě

Humus je soubor odumřelých organicko-minerálních látek. Humusové látky vznikají v půdě za sníženého přístupu vzduchu, tzv. proces humifikace, při kterém probíhá částečná mineralizace organických látek za spolupůsobení enzymů vylučovaných mikroorganismy. Podle složení se humusové látky dělí na:

- Huminy – nejkvalitnější složka humusových látek, obsahující velký podíl uhlíku a dusíku.
- Fulvokyseliny – obsahují méně dusíku a uhlíku, jsou důležité pro pohyb minerálních látek.
- Huminové kyseliny – pevně vázané látky na minerální podíl (Vacek a Simon 2009b).

Humusové látky v půdě mají pozitivní vliv na zlepšování struktury půd. Humus má dále schopnost vázat živiny až 7krát více než jílové minerály, proto zlepšuje vodní, vzdušný a tepelný režim půd (Mikula 1997; Vacek a Simon 2009). Obsah organické hmoty v půdě zásadním způsobem determinuje i biologickou aktivitu půd a tím i její fyzikální, chemické i biologické charakteristiky. Podílí se tak intenzivně na živinových i hydrických procesech půdy a z hlediska stavu a funkčnosti lesních ekosystémů tak hraje zásadní roli.

Zastoupení humusu v našich půdách (minerálních horizontech) je průměrně poměrně nízké 1,8-2,2 %. Na zemědělských půdách se humus nachází v rozsahu 0,5-10 %, velké zastoupení má na rašelinných půdách, a to až 90 %. V lesním prostředí má množství humusu v nejsvrchnějších horizontech poměrně velké zastoupení, 20-30 % (Němeček a et al. 2008; Vrba a Huleš 2006).

6 Metodika

6.1 Popis lokality

Založená zkusná plocha „U hnojiště“ leží severně od hlavního města Prahy, ve střeďočeském kraji u obce Veliká Ves (Obr.1). Lokalita je fyto geograficky řazena do oblasti českého termofytika ve středním Polabí (Skalický 1988b). Leží v 1. lesním vegetačním stupni, s nadmořskou výškou 212 m n.m. Průměrná roční teplota zde dosahuje 8-9 °C. Roční srážky činí 500-600 mm (Podrázský et al. 2017). Lokalita je v plochém terénu bez výrazného sklonu některým směrem. Hlavním cílem založené zkusné plochy je výzkum růstu dřevin na antropogenně narušené zemědělské půdě s použitím organicko-minerální horniny alginitu a v delším časovém horizontu i probíhajících půdních změn.



Obrázek 1: Umístění zkusné plochy“ U hnojiště“ (mapy.cz)

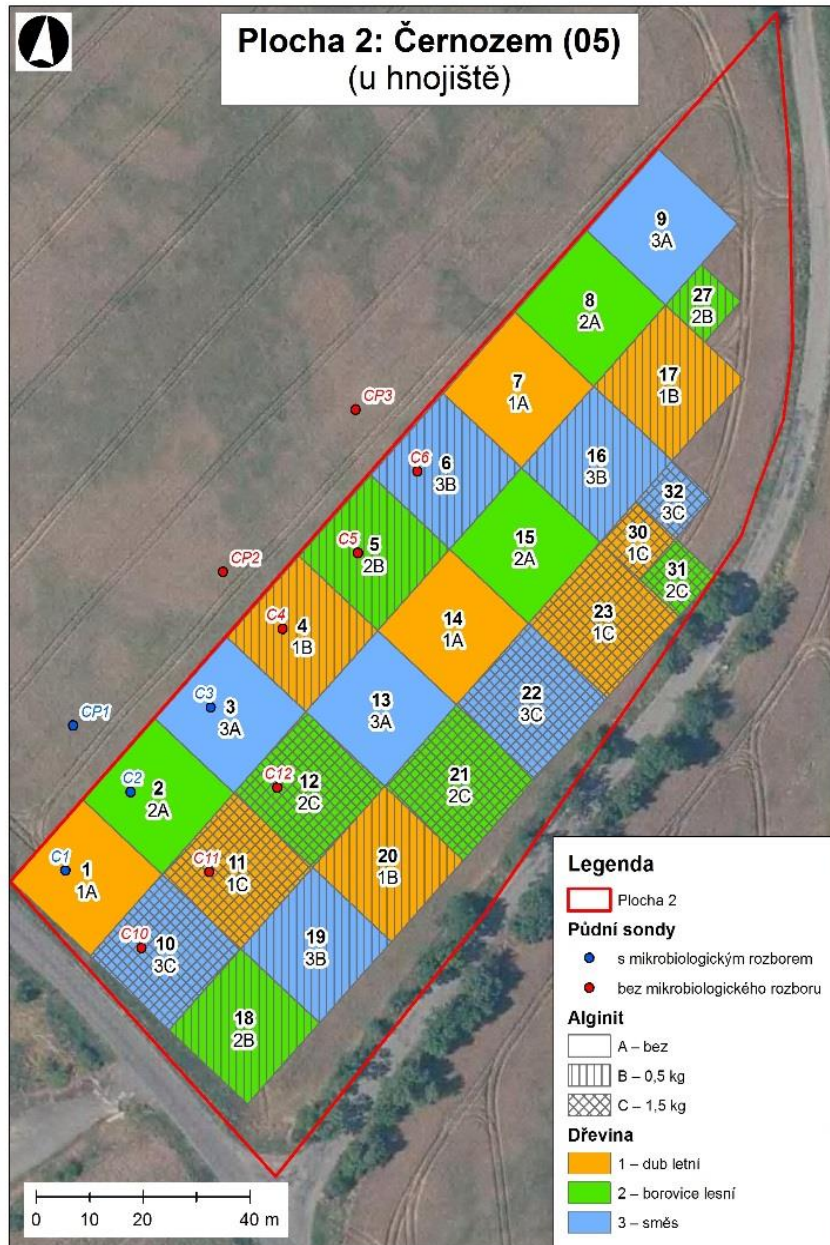
6.2 Založení lesních kultur

V jarním období 2013 se na lokalitě „U hnojiště“ založilo 23 ploch o rozměrech 20 × 20 m (dále jen velká plocha) a 4 plochy o rozměrech 10 × 10 m (dále jen malá plocha). Na plochách byly vysazovány standardní prostokořenné sazenice borovice lesní, dubu letního, javoru mléče a dubu červeného jamkovou sadbou ve sponu 1 × 1 m. Sazenice dřevin vesměs vypěstovaly nebo zajistily školky Burda. Většina jamek byla připravena mechanizovaně, jamkovačem, jen část ručně – rýčem, sazeče a sekeromotyky nebyly používány. Na 23 velkých plochách bylo tedy vysázeno vždy 400 sazenic a na 4 malých plochách to bylo pokaždé 100 sazenic. Meliorační materiál byl přimíšen do zeminy z jamek, která pak byla následně využita k zahrnutí sazenic v jamkách. Dostal se tak přímo do kořenového prostoru sazenic v celém prostoru kořenového balu.

Dřeviny byly na lokalitě vysázeny ve třech variantách:

- varianta A bez použití meliorační látky alginit
- varianta B s použitím meliorační látky alginit – 0,5 kg na sazenici
- varianta C s použitím meliorační látky alginit – 1,5 kg na sazenici

Varianta A byla aplikována na devíti velkých plochách. Varianta B se nachází na osmi velkých plochách a na jedné malé. Zbýlých šest velkých ploch a tři malé spadají do varianty C. Borovice lesní byla založena na plochách 2, 5, 8, 12, 15, 18, 21, 27, 31 (Obr. 2).



Obrázek 2: Rozvržení zkusné plochy (Korčák 2017)

6.3 Měření

Po první výsadbě lesních dřevin v roce 2013 se každoročně na konci vegetační doby měří výšky všech jedinců na ploše a hodnotí jejich mortalita a kvalita růstu. Výšky byly měřeny pomocí teleskopické výškoměrné latě. V rámci předkládané práce pak byly měřeny výšky za roky 2018 a 2019. Výšky u všech 3013 jedinců borovice lesní, stejně jako i u ostatních dřevin, byly měřeny s přesností na centimetry. Přírůsty jednotlivých jedinců byly vypočítány na základě dvou rozdílů zjištěných výšek z roku 2019 a 2018.

$$I_{2019} = H_{t2019} - H_{t2018}$$

Dále byla sledována mortalita a zdravotní stav borovice lesní, dle stupnice:

1 – zdravé vitální sazenice

2 – slabě poškozené

3 – silně poškozené

4 – odumřelé (Podrázský et al. 2017)

Výsledky našeho měření pak navazují na starší měření a šetření, využitě jak v rámci kvalifikačních prací studentů FLD (Erba 2019) , tak i v rámci publikovaných článků (Tužinský et al. 2015).

6.4 Statistické vyhodnocení dat

Pro statistické vyhodnocení dat o výškách a zdravotním stavu všech 3013 jedinců borovice lesní z lokality U hnojiště byl použit program Microsoft Excel. V tomto programu byly vypočítány aritmetické průměry všech výšek dle jednotlivých variant, během období 2013-2019. Tyto výsledky byly zaznamenány ve sloupcovém grafu a doplněny o směrodatné odchylky. Vyhodnocení popisné statistiky přírůstků bylo rozděleno na dvě části, a to za období 2013-2019 a 2018-2019. Pro obě období byla vypočtena minimální a maximální hodnota, aritmetický průměr, medián, modus, směrodatná odchylka, 25. percentil a 75. percentil, a to dle jednotlivých variant meliorační látky alginit.

Výskyt normálního rozdělení byl testován pomocí Shapiro-Wilkův testu normality v programu R u přírůstků všech 3013 jedinců borovice lesní ve všech variantách (A, B, C), a to za období 2013-2019 i 2018-2019. Pomocí Kruskal-Walisova testu byly zjištěny rozdíly ve všech třech variantách. Dunnovem testem byly zjišťovány statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami v období 2013-2019 i v období 2018-2019.

7 Výsledky

7.1 Porovnání výšek

V borové kultuře byly výšky jednotlivých stromů každoročně zaznamenávány od založení zkusné plochy v roce 2013, výšky byly měřeny již v lesní školce v roce 2012, respektive po výsadbě na jaře 2013. Tato diplomová práce navazuje na měření výšek, záznamy dat o přírůstech a určení zdravotního stavu z let 2012-2018. V tabulce č.1 jsou uvedeny aritmetické průměry se směrodatnými odchylkami za jednotlivé roky, včetně mých naměřených dat z roku 2019, podle variant s množstvím meliorační látky alginit.

- Varianta A – bez meliorační látky alginit
- Varianta B – 0,5 kg alginitu na sazenici
- Varianta C – 1,5 kg alginitu na sazenici

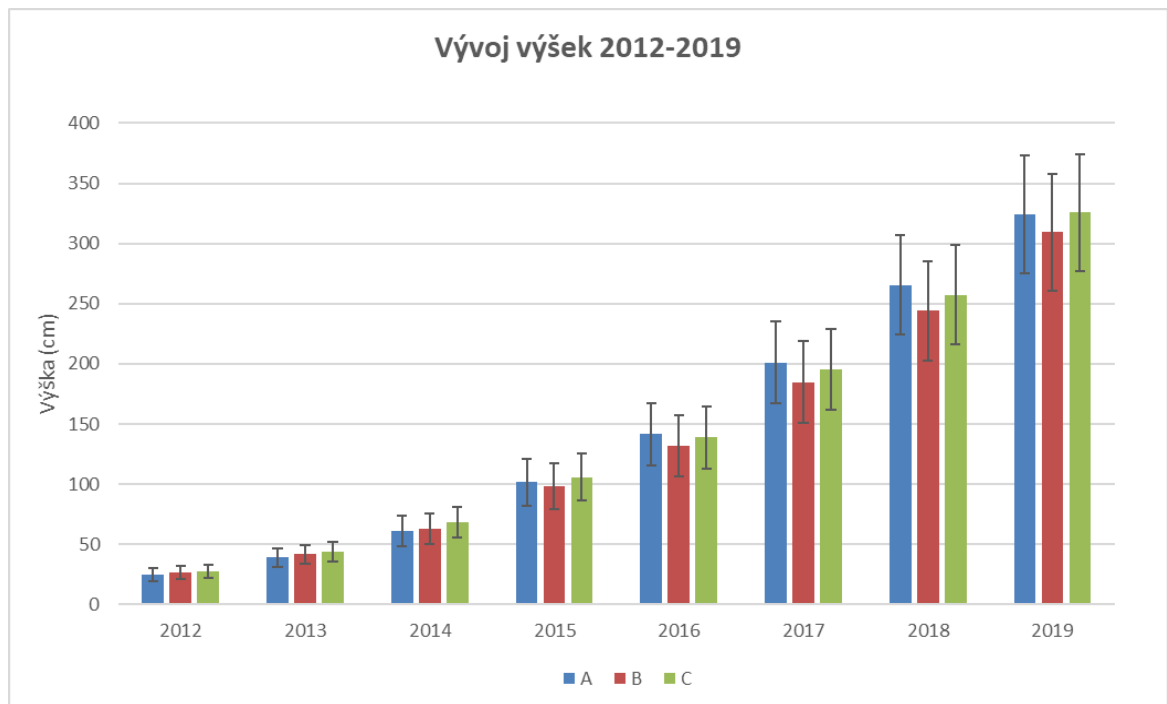
U varianty A je vidět, že průměrná výška už v lesní školce byla nejnižší ze všech variant. Průměrný vývoj výšek ve variantě A se od založení kultur až do roku 2014 vyvíjel pomaleji než ostatní. Výška se pohybovala cca 2 cm pod průměrem. V roce 2015 se ztráta začala zmenšovat. Od roku 2016 byly téměř všechny výšky ve variantě A vyšší než ve dvou zbylých variantách. Při posledním měření v roce 2019 činila průměrná výška u varianty A 324 cm.

Tabulka 1: Vývoj průměrných výšek borových porostů od roku 2012 do roku 2019 dle množství alginitu

Vývoj výšek (cm)								
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
A	25	39	61	102	142	201	266	324
B	27	42	63	98	132	185	244	309
C	28	44	68	106	139	196	257	326
Směrodatná odchylka (cm)								
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
A	6	8	13	19	26	34	41	49
B	5	8	14	21	28	36	43	47
C	6	8	12	18	25	33	41	46

Varianta B měla průměrné výšky borových sazenic od roku 2012 do 2014 vyšší než varianta A. V roce 2015 došlo u varianty B ke změně oproti variantě A, a to až o 4 cm. Výška od roku 2016 se ve variantě B začala výrazně lišit od varianty A i C. (viz Graf 1). Během celého měření se prokázalo, že průměrné výšky byly u varianty B vždy nižší než u varianty C.

Borové kultury založené na variantě C, kde bylo aplikováno 1,5 kg alginitu na sazenici byly zakládány sazenicemi s průměrnou výškou 28 cm. Od roku 2013 do roku 2015 byly průměrné výšky u varianty C nejvyšší a průměrně převyšovaly další varianty o více než 5 cm. Od roku 2016 se průměrná výška ve variantě C začala snižovat od varianty A až do roku 2018 (viz Tabulka 1). V roce 2019 se nejvyšší průměrná výška s hodnotou 326 cm vyskytla opět ve variantě C.



Graf 1: Vývoj aritmetických průměrů výšek dle obsahu alginitu od roku 2012-2019

Celkově lze říct, že v prvních letech se přihnojené varianty B a C projevily příznivě až do r. 2014, poté mírně zaostávaly. V posledním roce je varianta C se svými výsledky srovnatelná s variantou A.

7.2 Přírůst

7.2.1 Vývoj přírůstů mezi rokem 2013-2019

Od roku 2013 byly vyhodnoceny průměrné přírůsty za jednotlivá období a celkový průměrný přírůst dle množství aplikovaného alginitu. Shapiro-Wilkův test (viz Tabulka 2) potvrdil pro přírůst mezi roky 2013-2019 normální rozdělení pouze u varianty B, proto byl použit neparametrický test rozptylu Kruskal-Wallis.

Mezi lety 2013 až 2014 byl průměrný přírůst ve všech variantách poměrně srovnatelný. Ve variantě A se v roce 2014 až 2015 vyskytl nejvyšší průměrný přírůst s hodnotou 41 cm. Nejnižší průměrný přírůst v těchto letech byl zaznamenán ve variantě B s hodnotou 36 cm. Do roku 2018 varianta bez alginitu (A) vykazovala vyšší průměrné přírůsty až o 7 cm za rok (viz Tabulka 3). V posledním roce došlo k navýšení u přihnojených variant. Nejlépe na tom byla varianta C, u které bylo aplikováno 1,5 kg alginitu na sazenici, s průměrným přírůstem 69 cm.

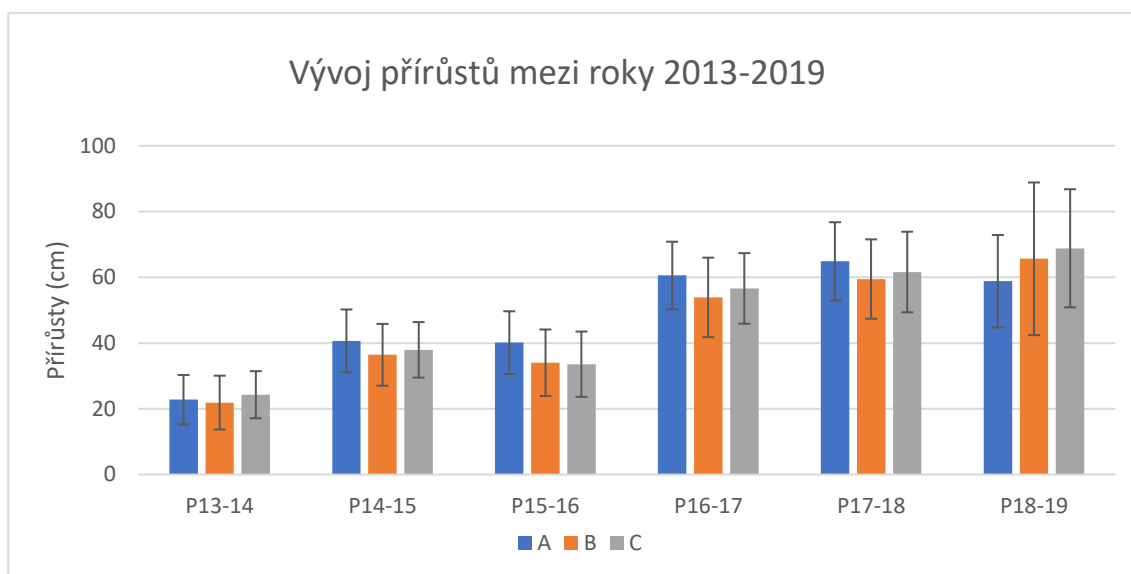
Celkový průměrný přírůst za celé sledované období 2013-2019 ukázal, že kontrolní varianta A, tedy bez aplikace meliorační látky alginitu vykazovala nejlepší celkový průměrný přírůst s 288 cm. Varianta C s aplikací 1,5 kg na sazenici měla jen o průměrně 5 cm nižší celkový přírůst než varianta A. Nejhorší celkový průměrný přírůst měla varianta B, u které průměrný přírůst dosáhl 271 cm.

Tabulka 2: Výsledky Shapiro-Wilkova testu přírůstů

Přírůst 2013-2019			
S-W test	A	B	C
W	0.97313	0.99725	0.98583
P	<0,001	0,6	<0,001
Přírůst 2018-2019			
S-W test	A	B	C
W	0.96907	0.97766	0.97314
P	<0,001	<0,001	<0,001

Tabulka 3: Průměrný přírůst mezi jednotlivými lety

Průměrné přírůsty (cm)							
	P13-14	P14-15	P15-16	P16-17	P17-18	P18-19	P13-19
A	23	41	40	61	65	59	288
B	22	36	34	54	59	66	271
C	24	38	34	57	62	69	283
Směrodatná odchylka (cm)							
	P13-14	P14-15	P15-16	P16-17	P17-18	P18-19	P13-19
A	8	10	10	10	12	14	41
B	8	9	10	12	12	23	40
C	7	8	10	11	12	18	41



Graf 2: Vývoj přírůstů borovice lesní mezi roky 2013-2019 dle obsahu alginitu

7.2.2 Statické zhodnocení přírůstů mezi lety 2013-2019

Přírůst byl vyhodnocen za období 2013 až 2019 podle jednotlivých variant.

Kruskal-Wallisův test prokázal statisticky významné rozdíly během celkového přírůstu mezi jednotlivými variantami. Výsledkem testu byla hodnota chí-kvadrátu 53.69, $df=2$ a hodnota p byla nižší než 0,001. Dunnův test prokázal, že hodnota P byla u všech variant menší než 0,05, proto rozdíly mezi jednotlivými variantami byly významné (viz Tabulka 4)

Tabulka 4 Dunnův test 2013-2019

Dunn test 2013-2019	
	P
A-B	<0,001
A-C	<0,001
B-C	<0,001

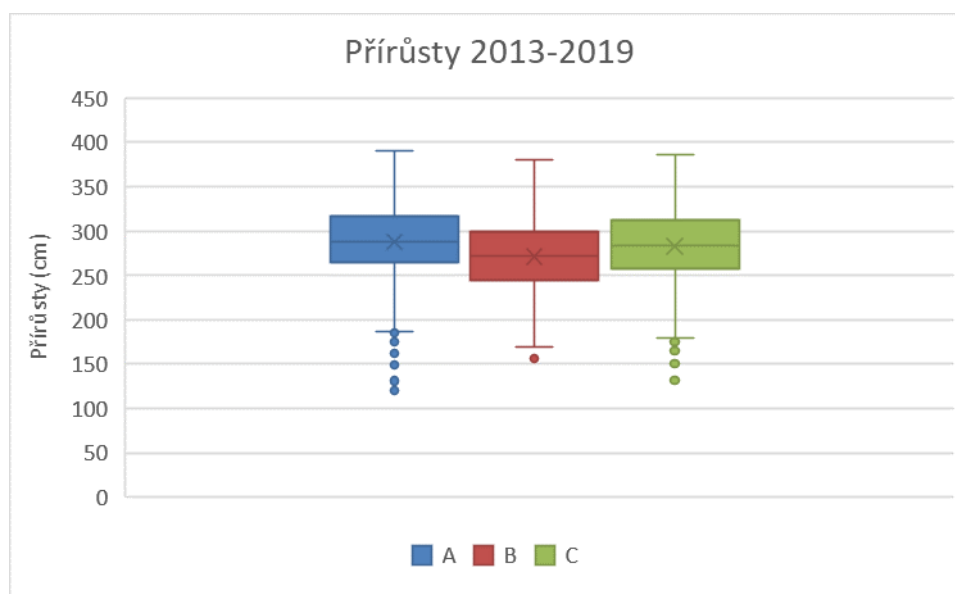
Varianta A měla minimální přírůst za celé období 120 cm, maximální přírůst za sledované období byl 391 cm. Průměrný přírůst a medián (288 cm) byly nejvyšší ze všech variant. Směrodatná odchylka u varianty A byla 41 cm. 25 % jedinců nedosáhlo výšky 264 cm a 75 % jedinců mělo nižší přírůst než 316 cm.

U varianty B měli nejnižší přírůsty jedinci se 156 cm. Nejvyšší naměřený přírůst vyšel na 380 cm. Aritmetický průměr (271 cm) spolu se mediánem (272 cm) ve variantě B byly nejnižší ze všech tří variant. Směrodatná odchylka je ze všech tří variant nejnižší (viz Tabulka 5). 25 % jedinců dosáhlo hodnoty přírůstu 300 cm a 75 % jedinců přirostlo více než 245 cm.

Minimální přírůst u varianty C dosáhl 132 cm. Maximální přírůst byl 386 cm, což je méně než ve variantě A bez alginitu. Průměr u varianty C byl druhý nejvyšší s hodnotou 283 cm. Směrodatná odchylka vyšla stejně jako ve variantě A, a to 41 cm. Percentil 25 % vyšel 258 cm a percentil 75 % 313 cm (viz Tabulka 5).

Tabulka 5: Statistické vyhodnocení přírůstů mezi lety 2013-2019 podle variant

Přírůst 2013-2019 (cm)								
	min	max	průměr	sm. odch.	modus	medián	25. percentil	75. percentil
A	120	391	288	41	304	288	264	316
B	156	380	271	40	257	272	245	300
C	132	386	283	41	310	284	258	313



Graf 3: Krabicový graf celkového přírůstu od roku 2013-2019 podle variant alginitu

7.2.3 Statistické zhodnocení přírůstů mezi lety 2018-2019

Vyhodnocení přírůstů bylo také provedeno za poslední rok.

Kruskal-Wallisův test opět prokázal statisticky významné rozdíly přírůstů během roku 2018-2019 mezi jednotlivými variantami. Výsledkem testu byla hodnota chí-kvadrátu 88,09, $df=2$ a hodnota p byla opět nižší než 0,001. Dunnův test i v letošním roce prokázal, že hodnota P byla u všech variant menší než 0,05, proto rozdíly mezi jednotlivými variantami byly významné (viz Tabulka 6)

Tabulka 6: Dunnův test 2018-2019

Dunn test 2018-2019	
	P
A-B	<0,001
A-C	<0,001
B-C	<0,001

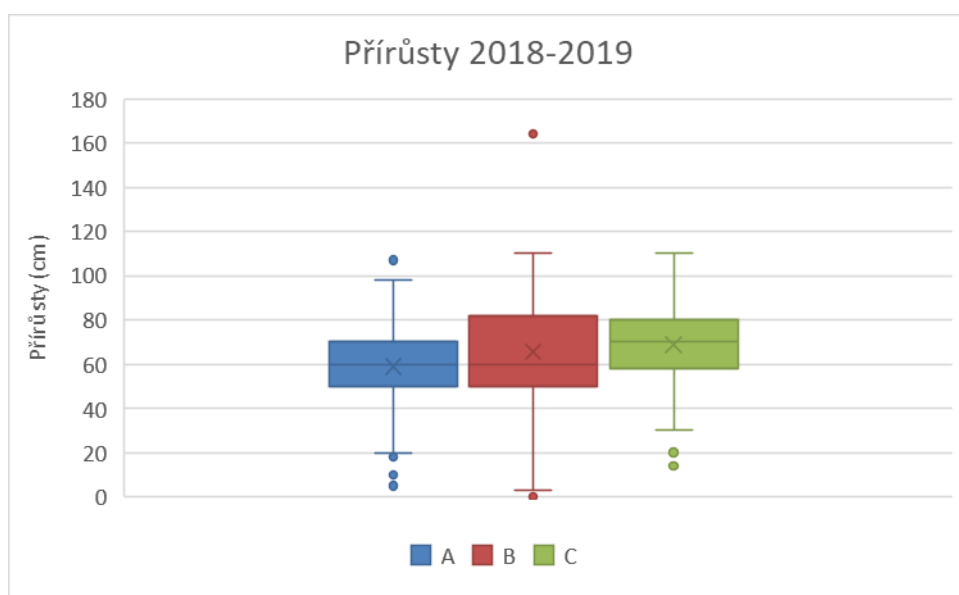
Ve variantě A byl zaznamenán minimální přírůst 5 cm a maximální za poslední rok 107 cm. Průměrný přírůst u varianty A byl 59 cm a medián 60 cm. Směrodatná odchylka vyšla 14 cm, což je nejnižší ze všech variant (viz Tabulka 7). 25. percentil vyšel 50 cm a 75. percentil 70 cm.

Varianta B měla vůbec nejnižší minimální přírůst, jeden jediný jedinec s 0,5 kg alginitu na sazenici neměl vůbec žádný přírůst. Oproti tomu u varianty B byl zaznamenán nejvyšší přírůst, a to 164 cm. Aritmetický průměr pro variantu B s hodnotou 66 cm se pohybuje uprostřed všech tří variant. Směrodatná odchylka byla nejvyšší ze všech variant (viz Graf 4). 25 % jedinců nedosáhlo výšky 50 cm a 75 % jedinců mělo nižší přírůst než 82 cm.

Minimální přírůst u varianty C s hodnotou 14 cm byl vypočten jako nejvyšší ze všech variant. Maximální přírůst byl 110 cm. Aritmetický průměr a medián vyšly téměř totožně a byly nejvyšší z uvedených variant. Hodnota směrodatné odchylky u varianty C vyšla 18 cm. Percentil 25 % vyšel 58 cm a 75. percentil byl 80 cm.

Tabulka 7: Statistické vyhodnocení přírůstů mezi lety 2018-2019 podle variant

Přírůst 2018-2019 Statistiky (cm)								
	min	max	průměr	sm. odch.	modus	medián	25. percentil	75. percentil
A	5	107	59	14	60	60	50	70
B	0	164	66	23	50	60	50	82
C	14	110	69	18	60	70	58	80



Graf 4: Krabicový graf celkového přírůstu od roku 2018-2019 podle variant alginitu

7.3 Kvalita borových porostů

V roce 2019 byla opět kvalita borových porostů posuzována dle stupnice:

- 1 – zdravý a vitální jedinci
- 2 – slabě poškození jedinci
- 3 – silně poškození jedinci
- 4 – odumřelý jedinci
- Varianta A – bez meliorační látky alginit
- Varianta B – 0,5 kg alginitu
- Varianta C – 1,5 kg alginitu

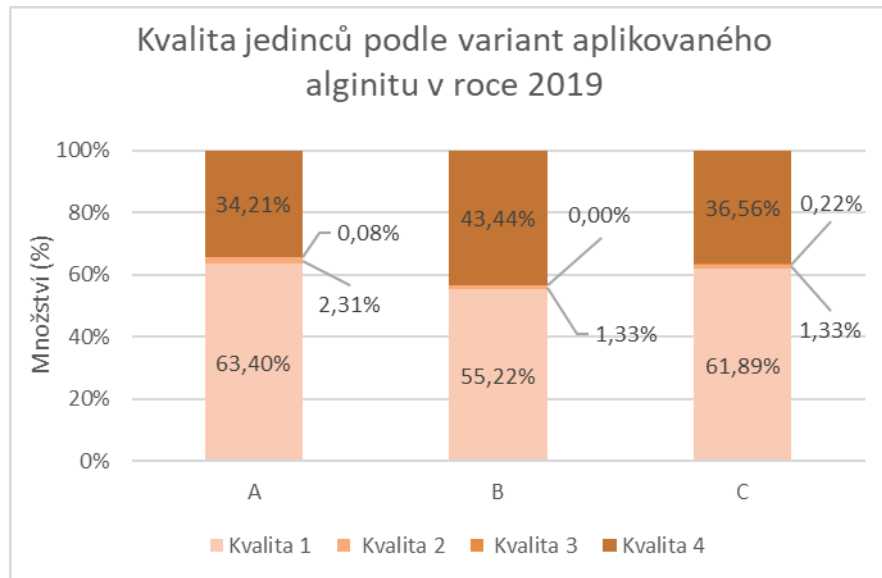
Tabulka 8: Kvalita jedinců borovice lesní dle jednotlivých variant 2019

Kvalita 2019	Celkem jedinců	1		2		3		4	
		ks	%	ks	%	ks	%	ks	%
A	1 213	769	63,40	28	2,31	1	0,08	415	34,21
B	900	497	55,22	12	1,33	0	0,00	391	43,44
C	900	557	61,89	12	1,33	2	0,22	329	36,56
Celkem	3 013	1 823	60,50	52	1,73	3	0,10	1 135	37,67

V roce 2019 bylo do varinty A začleněno 1213 jedinců borovice lesní. Z toho se do kvality 1 zařadilo 769 jedinců, což odpovídá 63,40 %, u kvality 2 bylo začleněno 28 jedinců, což je 2,31%. Kvalita 3 zahrnuje pouze jednoho jediného jedince s 0,08 % zastoupením. Odumřelých jedinců se ve variantě A vyskytlo 34,21 %, 415 jedinců.

Z 900 vysázených jedinců bylo ve varinatě B vyhodnoceno 497 jedinců ve kvalitě 1, což vychází na 55,22 %. Do kvality 2 bylo zařazeno 12 stromů se zastoupením 1,33 % z celkového množství. Žádný jedinec z varinaty B nebyl silně poškozený (kvalita 3). Odumřelých jedinců ve varinatě B se vyskytlo 391. S největším zastoupením všech varinat 43, 44 %. (viz Graf 5)

Ve variantě C je opět celkem 900 jedinců. Do zdravých a vitálních stromů (kvalita 1) bylo zařazeno 557 jedinců. To odpovídá 61,89 %. Ve skupině slabě poškozených jedinců (kvalita 2) se vyskytovalo 12 stromů, se zastoupením 1,33 %. Dva jedinci spadaly do stupnice silně poškozených (kvalita 3). Ve variantě C odumřelo 329 jedinců, což je stejný počet jako v roce 2018.



Graf 5: Kvalita jedinců borovice lesní dle jednotlivých variant

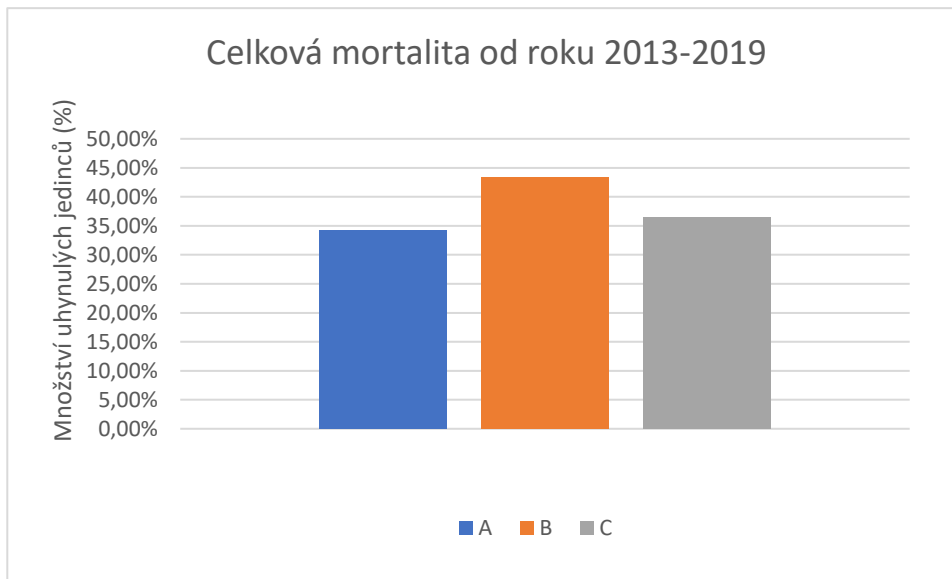
7.4 Mortalita borových porostů

Hodnocená mortalita byla pojata ve dvou variantách (viz Tabulka 9). První z nich byla mortalita hodnocena od založení výsadby, tedy od roku 2013 až po rok 2019. Nejnižší zjištěná mortalita byla u varianty A, kde uhynulo 415 jedinců ze všech 1213 sazenic, což odpovídá 34,21 %. Naopak nejvyšší mortalita byla zjištěna u varianty B. V této variantě uhynulo 391 jedinců z 900 vysazených sazenic, což je 43,44 %. Mortalita ve variantě C vyšla 36,56 %, počet uhynulých stromů bylo 329 z celkových 900 jedinců.

Druhý způsob se zaměřil na porovnání uhynulých jedinců v letošním roce 2019 a v roce 2018. Ve variantě A uhynulo od roku 2018 celkem 6 jedinců, což je 0,75 % z počtu 804 jedinců. Ve Variantách B a C neuhynul v období 2018-2019 žádný jedinec.

Tabulka 9: Mortalita borových porostů dle jednotlivých variant

Mortalita	Počet živých jedinců			Mortalita (ks)		Mortalita (%)	
	2013	2018	2019	2013-2019	2018-2019	2013-2019	2018-2019
A	1213	804	798	415	6	34,21	0,75
B	900	509	509	391	0	43,44	0,00
C	900	571	571	329	0	36,56	0,00
Celkem	3013	1884	1 878	1135	6	37,67	0,32



Graf 6: Celková mortalita borových kultur od roku 2013 až 2019 dle jednotlivých variant

8 Diskuze

Zalesňování zemědělských půd na různě degradovaných stanovištích je podporováno řadou rozličných melioračních látek a hnojiv (např. Silvamix, zeolit a mletý amfibolit), které zvyšují ujímavost lesních dřevin. Mezi tyto látky patří i v této práci zkoumaný alginít – organicko sedimentární hornina na bázi řas s vysokým obsahem fosforu, draslíku, vápníku a hořčíku (Tužinský et al. 2015).

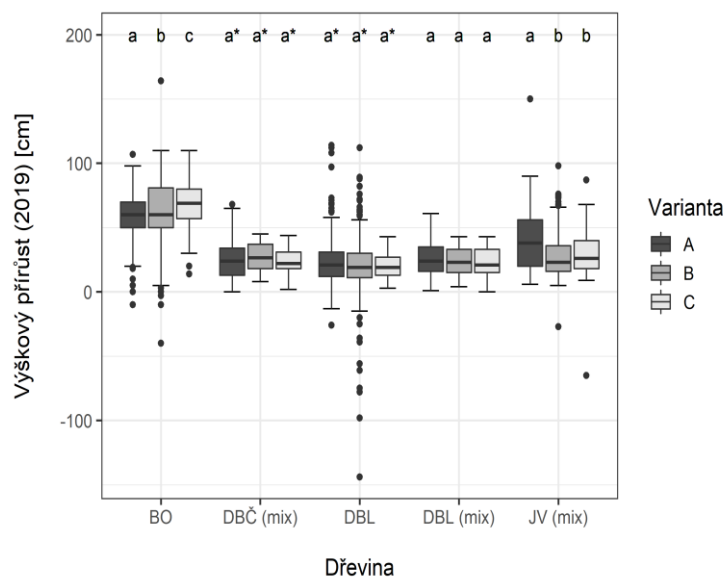
Tato práce posuzuje vliv alginitu ve dvou různých dávkách (0,5 kg na sazenici a 1,5 kg na sazenici) na přírůsty, zdravotní stav a mortalitu borovice lesní na lokalitě „U hnojiště“ v úrodné Polabské nížině na degradované orné půdě. Degradace této půdy se přičítá intenzivnímu zemědělství.

Z vývoje výšek u borovice lesní naměřených od roku 2013 do roku 2015 vyplývá, že nejvyšší zaznamenané výšky byly na přihnojených plochách. Dle dřívějších výsledků lze konstatovat, že v prvních letech působí alginít pozitivně v různém množství na všechny vysazované druhy dřevin (Kupka a kol. 2015). Od roku 2016 přihnojené varianty mírně v růstu zaostávaly. V roce 2019 se varianty s alginitem opět zvýšily. V celku však nešlo o výrazný nárůst. V této práci se dále hodnotila kvalita, mortalita a přírůsty borových porostů dle množství aplikované meliorační látky alginít.

Přírůsty a mortalita byly statisticky vyhodnocovány ve dvou obdobích, a to od roku 2013-2019 a v roce 2018-2019. Od roku 2013 až po rok 2018 vyšel prokazatelně vyšší průměrný přírůst u borovice lesní u varianty bez alginitu než ve variantách B (0,5kg alginitu na sazenici) a C (1,5 kg alginitu na sazenici). U přihnojovaných variant dosáhla vyššího přírůstu varianta C s nejvyšším obsahem alginitu. Od roku 2018-2019 se oproti předchozím obdobím nejvyšší průměrný přírůst projevil nejvíce u přihnojené variantě C (1,5 kg na sazenici). Jedná se nejspíš o vliv extrémního sucha, který během vegetační doby v roce 2019 byl výrazný. Mortalita v období 2013-2019 byla největší na přihnojené variantě B, poté následovala varianta C a A se statisticky podobnými výsledky.

Mortalita v roce 2019 byla zaznamenána pouze v malém množství u varianty bez alginitu. U přihnojených variant nebyla již zaznamenána.

Na výzkumné lokalitě „U hnojiště“ byly měřeny a statisticky testovány i další dřeviny, borovice lesní (BO), dub letní (DBL), dub červený DB ve směsi s dubem a javor mléč (JV) také ve směsi s dubem. Přírůsty těchto dřevin jsou graficky znázorněny v grafu 7.



Graf 7: Přírůsty všech dřevin na lokalitě U hnojiště v roce 2019 dle jednotlivých variant.

V porovnání s dřívějšími výzkumy na lokalitě „U hnojiště“ lze konstatovat, že aplikace meliorační látky alginit se projevuje spíše negativně. Důvodem může být bohatší stanoviště, které leží na černozemi, v suché oblasti s nízkými srážkami 500-600 mm a s průměrnými ročními teplotami kolem 8-9 °C (Podrázský et al. 2017). Na situaci se podepsalo extrémní počasí posledních let a je tak otázkou, zda v podobných případech může alginit podpořit vitalitu výsadeb. Naopak na extrémně chudých lokalitách lze předpokládat výraznější růst sazenic. Cukor a kol (2017) se ve svém článku zabýval další zkusnou lokalitou „U lomu“ s horší bonitou, která leží asi 2 km od lokality „U hnojiště“, kde vysvětluje pozitivní vliv alginitu u některých dřevin už v druhém roce po výsadbě.

Další výzkum se zabýval aplikací mletého amfibolitu a hnojiva Silvamix u smrkových výsadeb v Jizerských horách. Experiment byl založen v roce 1994 na zkusné ploše Jizerka. Zkusná plocha se nachází na imisní holině v nadmořské výšce 960 m n.m. na Středním Jizerském hřebeni. Zkusná plocha spadá do lesního typu kyselá smrčina třtinová (8K2), hospodářského souboru 721. Průměrná roční teplota stanoviště je 5,2 °C a celkové roční srážky asi 1 089 mm. Horninové podloží je tvořeno biotitickou žulou, půdním typem je horský humusový podzol. Byl zde sledován vliv aplikace jemného amfibolitového odprašku a hnojivých tablet Silvamix Forte na prosperitu mladé smrkové výsadby, u které byla zkoumána mortalita, roční výškový přírůst, tloušťka kmene, průměr koruny a byla provedena analýza obsahu živin. Přihnojení se u obou testovaných variant pozitivně projevilo, ovšem v posledních dvou letech došlo k jeho snížení. To bylo zapříčiněno adaptací dřevin na horské prostředí a přirozeným zvýšením ročního přírůstu (Kuneš et al. 2005)

K podobnému závěru došel i Podrázský (2006), kdy byl aplikován jemně mletý vápenec a jemně mletý amfibolit na podporu bukových porostů na stanovišti degradovaném dlouhodobým pěstováním jehličnatých monokultur v oblasti Žďáru nad Sázavou (580 m n. m., SLT 5K8). Hnojení zvýšilo přírůst a výrazně snížilo poškození výsadeb.

Dle Kádára et al. (2015) je vhodné používat meliorační látku alginit hlavně na kyselých písčitých půdách, které mají velký obsah dusíku. Na bohatých půdách nemá alginit výrazný vliv. Otázkou zůstává, nakolik je schopná v extrémně suchých podmínkách tato meliorační hmota uvolňovat vláhu pro potřeby výsadeb. Při aplikaci jakékoli meliorační a podpůrné látky tak je nutno vážít mechanismus jejího působení a ten konfrontovat s potenciálem dané lokality. Jako v jiných oblastech lesního hospodářství nelze v žádném případě spoléhat na jednoduchá řešení, řešící šablonovitě lesnické problémy. Znalost lokálních poměrů a podmínek bude stejně jako v minulých staletích rozhodovat o výsledcích lesnického hospodaření.

9 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnotit účinek různého množství meliorační látky alginitu na mortalitu, růst a vývoj výsadby borovice lesní na zalesněné orné půdě v Polabí.

Z výsledků je patrné, že v letech 2013-2018 byl vliv meliorační látky alginit na přírůstek borové kultury spíše negativní. Naopak v roce 2019 se průměrné přírůsty projeví pozitivně v nejvíce přihnojené variantě (1,5 kg na sazenici).

Přestože mortalita v roce 2019 byla nejvyšší u varianty A, z celkového průměru v období 2013-2019 se nejmenší mortalita vykazovala právě u varianty A.

Závěrem lze celkově shrnout, že pozitivní vliv meliorační látky alginit na tomto stanovišti, které zastupuje úrodnou černozem nemá ve sledovaném období pozitivní vliv na přírůsty i na mortalitu borovice lesní. Aplikace alginitu na extrémně suchých stanovištích může způsobovat odebrání půdní vláhy. Využití podobných melioračních materiálů je tedy vhodnější na chudých a strukturně extrémních půdách, ke kterým sledovaná lokalita rozhodně nepatří.

10 Zdroje

BARTOŠ J., KACÁLEK D. (2013). Přihnojení mladého porostu jedle bělokoré na zemědělské půdě. Zprávy lesnického výzkumu, 58: 213–217.

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. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 48.

BINKLEY D. (1986). Forest nutrition management. New York, John Wiley & Sons, Inc.: 304.

CUKOR J., VACEK Z., LINDA R., REMEŠ J., BÍLEK L., SHARMA R. P., BALÁŠ M., KUPKA I. Effect of mineral eco-fertilizer on growth and mortality of young afforestations. Australian Journal of Forest Science. 2017, 134(4), s. 367-386.

ČERNÝ, Z., NERUDA J. (1995). Zalesňování nelesních půd. 1. vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky. Ekonomika. ISBN 978-80-7105-093-3.

DVOŘÁK J., FRANC J., VALDMAN S. (2006). Cvičení z lesnické mechanizace. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-1524-2.

ERBA J., (2019). Zakládání kultur borovice lesní na zalesněných zemědělských půdách – lokalita Předboj, Polabí, diplomová práce. 2019.

HLAVOVÁ Z., (2004). Využití semenných roků. Lesnická práce, 83: 18–19.

HOLUBÍK O., PODRÁZSKÝ V., VOPRAVIL J., KHEL T., REMEŠ J. (2014). Effect of agricultural land afforestation and tree species composition on the soil reaction, total organic carbon and nitrogen content in the uppermost mineral soil profile. Soil and Water Research, 9, 2014, č. 4, s. 192 – 200.

CHROUST L. (1997). Ekologie výchovy lesních porostů: smrk obecný, borovice lesní, dub letní: porostní prostředí, růst stromů, produkce porostu. Opočno: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno. ISBN 978-80-238-0889-6.

KACÁLEK D., NOVÁK J., ŠPULÁK O., ČERNOHOUS V., BARTOŠ J. (2007). Přeměna půdního prostředí zalesněných zemědělských pozemků na půdní prostředí lesního ekosystému – přehled poznatků. Zprávy lesnického výzkumu. 52, (4), s. 334 – 337.

KÁDÁR I., RAGÁLYI P., MAURÁNYI A., RADIMSZKY L., GAJDO A. (2015). Effect of Gércé alginit on the fertility of an acid sandy soil. Agrokémia és talajtan, 64: 437–452.

- KORČÁK M. (2017): Vliv alginitu na růst a prosperitu výsadeb lesních dřevin při zalesňování zemědělských půd. Diplomová práce. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze: 56.
- KORPEL Š., PENAZ J., SANIGA M., TESAŘ V. (1991). Pestovanie lesa. Bratislava, Príroda: 472.
- KRAVKA M. (2012). Plantáže dřevin pro biomasu, vánoční stromky a zalesňování zemědělských půd: metody vhodné pro malé a střední provozy. 1. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3925-0.
- KRIEDEL H. (1998). Optimalizace zakládání porostů s borovicí. Realizační výstup. Opočno, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 5.
- KULICH J., VALKO J., OBERNAER D. (2001). Perspektiva využitia alginitu vo výžive rastlín. Journal of Central European Agriculture, 2: 199–206.
- KUNEŠ I., BALCAR V., ČÍŽEK M. Influence of amphibolite powder and Silvamix fertiliser on Norway spruce plantation in conditions of air polluted mountains. Journal of Forest Science-UZPI (Czech Republic). 2004.
- KUPKA I. (2008). Pěstování lesů I. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-1782-6.
- KUPKA I., PRKNOVÁ H., HOLUBÍK O., TUŽINSKÝ M., (2015). Účinek přípravků na bázi řas na ujmavost a odrůstání dřevin. Zprávy lesnického výzkumu, 60: 24–28.
- LITAVEC T., BARANČÍKOVÁ G. (2013). Základná charakteristika alginitu. Vedecké práce., (35), 97 – 106. ISSN 978-80-8163-003-3.
- MAREK B. (1948). Zalesňování rolí a holin v pohraničí. Lesnická práce. 27, s. 177-179.
- MAUER O. (2006). Produkce krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin. Brno: LESNICKÁ PRÁCE. ISBN 978-80-86386-72-0.
- MENCLOVÁ K. (2019). Situační a výhledová zpráva Půda 2018. ČMSZP [online] [vid. 2019-09-13]. Dostupné z: <http://cmszp.cz/mze/2019/situacni-a-vyhledova-zprava-puda-2018/>
- MIKULA P. (1997). Organická hmota v půdě . In: Rostlinná výroba, č. 6/1997, Studijní informace, Praha, ÚZPI, 46 s.
- MUSIL I., HAMERNÍK J. (2007). Jehličnaté dřeviny: přehled nahosemenných i výtrusných dřevin: lesnická dendrologie 1. Vyd. 1. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-1567-9.

NĚMEČEK J., et al., (2008). Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. 2. vydání. Praha: ČZU, 95 s.

NEUHÖFEROVÁ P. (2006). Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Sborník referátů, Kostelec na Černými lesy, 17.1.2006, KPL FLE ČZU v Praze a VÚLHM Jíloviště-Strnady, VS Opočno, 240 s.

NOVÁK J., DUŠEK J., SLODIČÁK M. (2013). Výchova porostů borovice lesní a poškození sněhem. Zprávy lesnického výzkumu, 58: 147–157. (58), 147–157.

NOVÁK J., SLODIČÁK M., DUŠEK D. (2008). Positive effect of thinning on throughfall as possible way for adaptation of young Scots pine monocultures to changing climate. In: Adaptation of forests and forest management to changing climate with emphasis on forest health: a review of science, policie and practices. Book of abstracts and preliminary programme. Umeå, Sweden 25-28 August 2008. B. m. s. 187.

NOVÁK J., SLODIČÁK M., KACÁLEK D., DUŠEK D. (2010). The effect of different stand density on diameter growth response in Scots pine stands in relation to climate situations. Journal of Forest Science, 56. (10), 461–473.

NOŽIČKA J. (1957). Přehled vývoje našich lesů. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 459 s.

PODRÁZSKÝ V. Fertilization as an ameliorative measure – examples of the research at the Faculty of Forestry and Environment CUA in Prague. Journal of forest science, 2006, 52, str. 58–64.

PODRÁZSKÝ V., CUKOR J., HOLUBÍK O., PRKNOVÁ H. (2017). Vliv alginitu na růst a vývoj založených kultur na plochách v oblasti obce Hovorčovice v letech 2013–2016. In: Prknová H. (ed.): Zalesňování zemědělských půd – produkční a environmentální přínosy II, Sborník recenzovaných příspěvků z konference, Kostelec nad Černými lesy, 17. a 18. května 2017: 29–33.

PODRÁZSKÝ V. (2014). Základy ekologie lesa. Vydání první. V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-2515-9.

POLENO Z., VACEK S. et al (2009). Pěstování lesů III – Praktické postupy pěstování lesů. Lesnická práce. Kostelec n. Č. l., 950 s.

SKALICKÝ V. (1988a). Pinus sylvestris. In: Hejný S., Slavík B. (eds) 1988. Květena České socialistické republiky. Praha, Academia: 291–293.

SKALICKÝ V. (1988b). Regionálně fytogeografické členění. – In: Hejný S., Slavík B. (eds), Květena České socialistické republiky 1. Praha, Academia: 103–121.

SLÁVIK M. (1991). Výskum substrátov a kompostov vyrobených na báze drevných odpadov. KDP, Lesnícky výskumný ústav, Zvolen, 144 s.

SLODIČÁK M, NOVÁK J. (2008). Výchova porostů náhradních dřevin. Lesnický průvodce č. 3, VÚLHM, 28 s.

SLODIČÁK M., NOVÁK J., DUŠEK D., (2011). Canopy reduction as a possible measure for adaptation of young Scots pine stand to insufficient precipitation in Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 262, 2011, s. 1913-1918.

SLODIČÁK M., NOVÁK J., DUŠEK D. (2013). Výchova porostů borovice lesní. Lesnický průvodce. (5). ISSN 0862-7657.

SVOBODA P. (1953). Lesní dřeviny a jejich porosty. Část I: Jehličnaté. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. Lesnická knihovna. Velká řada, sv. 6.

ŠINDELÁŘ J. (2004). Přirozená obnova borovice lesní. *Lesnická práce*, 83: 25–27.

ŠINDELÁŘ J., FRÝDL J. (2006). Hlavní směry a cíle aktivit spojených se zalesňováním nelesních půd v České republice. In: Zalesňování zemědělských půd – výzva pro lesnický sektor. Kostelec n.Č.l. 33–42.

ŠMELKOVÁ L., et al. (1989). Zakladanie lesa. Zvolen, VŠLD, 372 s.

ŠMELKOVÁ L., et al. (2001). Zakladanie lesa. Zvolen, V3LD, 372 s.

ŠPULÁK O. (2006). Příspěvek k historii zalesňování zemědělských půd v České republice. Zalesňování zemědělských půd – výzva pro lesnický sektor. Kostelec n.Č.l., ČZU. 15–24.

ŠPULÁK O., KACÁLEK D. (2011). Historie zalesňování nelesních půd na území České republiky. Zprávy lesnického výzkumu. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno. (56), 49–57.

TESAŘ V. (1996). Pěstování lesa v heslech. Brno: MZUL v Brně.

TUŽINSKÝ M., KUPKA I, PODRÁZSKÝ V., PRKNOVÁ H. (2015). Influence of the mineral rock alginite on survival rate and re-growth of selected tree species on agricultural land. *Journal of forest science*, 61: 399–405.

ÚRADNÍČEK L., MADĚRA P, TICHÁ S., KOBLÍŽEK J. (2009). Dřeviny České republiky. 2., přeprac. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-87154-62-5.

VACEK S., SIMON J. (2009). Zakládání a stabilizace lesních porostů na bývalých zemědělských a degradovaných půdách. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce s. r. o., 784 s. ISBN 978-80-87154-27-4.

VACEK S., SLÁVIK M. (2006). Pěstování lesů: zalesňování zemědělských půd. Vyd. 1. Praha: ČZU-FLE. ISBN 978-80-213-1576-1.

VASS D., KONEČNÝ V., ELEČKO M. (1998). Alginit – nová ekologická surovina vhodná na využití v lesnom hospodárstve. Lesnictví – Forestry. Roč. 44, č. 8, s. 348-358.

VĚTVIČKA V., MATOUŠOVÁ V., MAŠEK J. (2005). Stromy a keře. Vyd. 2. Praha: Aventinum. Souborné svazky. ISBN 978-80-7151-254-7.

VOPRAVIL J., PODRÁZSKÝ V., BATYSTA M., NOVÁK P., HAVELKOVÁ L., HRABALÍKOVÁ M. (2015). Identification of agricultural soils suitable for afforestation in the Czech Republic using a soil database. Journal of Forest Science, 61: 141–147.

VOPRAVIL J., PODRÁZSKÝ V., HOLUBÍK O., VACEK S., BEITLEROVÁ H., VACEK Z. (2017). Principy zakládání porostů na bývalé zemědělské půdě v rámci ploch vymezených k zalesnění. Metodika pro praxi. Praha, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy a Česká zemědělská univerzita v Praze: 58.

VOPRAVIL J., KHEL T., HLADÍK J., HAVELKOVÁ L. (2014). Metodika půdního průzkumu zemědělských pozemků určená pro pachtovní smlouvy: (metodický postup). Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. ISBN 978-80-87361-35-1.

VRBA V., HULEŠ L. (2006). Humus – půda – rostlina (2). Biom.cz [online]. 8(11). ISSN 1801-2655. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-2-humus-a-puda>.

WALKER A. (2009). Dřevo – Velká encyklopedie, GRADA Publishing, a. s., 192 s. ISBN 978-80-247-2858-2.

ZACHAR D. (1965). Zalesňovanie nelesných pôd. Slovenske vydavateľstvo poľnohospodárskej literatury. Bratislava.

ZPRÁVA (2018). Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2017. Praha, Ministerstvo Zemědělství České republiky: 116.

10.1 Legislativa

- Nařízení vlády č. 185/ 2015 Sb. o podmínkách poskytování dotací v rámci opatření zalesňování zemědělské půdy a o změně některých souvisejících nařízení vlády.
In: Zákon č. 252/1997 Sb., o zemědělství. ISSN 1211-1244.
- 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
- Zákon. 289/1995 Sb. o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon)
- Zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny

10.2 Software

- Program RStudio
- Microsoft Excel