

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta lesnická a dřevařská**

**Katedra pěstování lesů**



**Fakulta lesnická  
a dřevařská**

**Prosperita experimentálních výsadeb domácích  
druhů dřevin na Vysočině**

**Diplomová práce**

**Bc. Marek Veber**

**prof. RNDr. Stanislav Vacek, DrSc.**

**2024**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Marek Veber

Lesní inženýrství

Název práce

**Prosperita experimentálních výsadeb domácích druhů dřevin na Vysočině**

Název anglicky

**Prosperity of Experimental Plantings of Native Tree Species in the Vysočina Region**

### Cíle práce

Získat poznatky o prosperitě experimentálních výsadeb čtyř druhů domácích druhů dřevin na Vysočině s důrazem na jejich odrůstání a vitalitu v rámci postupujících klimatických změn.

### Metodika

- Rozbor problematiky o zakládání porostů umělou obnovou v podmínkách globálních klimatických změn na Vysočině z hlediska optimalizace druhové skladby a ekologické stability zakládaných porostů.
- Charakteristika zájmové oblasti Vysočiny a zejména pak jejich stanovištních a porostních poměrů.
- Výběr a charakteristika experimentálních výsadeb vybraných čtyř druhů domácích dřevin.
- Standardní biometrická měření výsadeb a hodnocení jejich vitality dle standardních metod.
- Aplikace standardních biometrických a matematicko-statistických metod.
- Vyhodnocení prosperity experimentálních výsadeb s důrazem na jejich odrůstání a vitalitu vybraných čtyř druhů domácích dřevin jako podkladu pro optimalizaci druhové skladby porostů založených různými způsoby na holinách po kůrovcové kalamitě na Vysočině.
- Vypracování literární rešerše (termín 5/2023)
- Sběr dat v terénu (termín 7 až 9 /2023)
- Zpracování metodiky a dat (termín 9/2023)
- Celkové vyhodnocení výsledků (termín 12/2023)
- Sepsání a precizace práce (termín 2/2024)

### Doporučený rozsah práce

Minimálně 50 stran textu.

### Klíčová slova

Zakládání lesů, experimentální výsadby, domácí dřeviny, růst dřevin, vitalita dřevin, Vysočina.

### Doporučené zdroje informací

- Kulla L., Šebeň V. (2012): Pokus s uplatněním neceloplošnej umelej obnovy kalamitnej holiny na demonstračnom objekte Husárik. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 58: 171–180.
- Martiník A., Dobrovolný L., Hurt V. (2013): Úspěšnost a nákladovost různých variant obnovy lesa po větrné kalamitě. In: Baláš, M. et al. (eds.): *Proceedings of Central European Silviculture. 14th international conference. Kostelec nad Černými lesy, 2.–3. 7. 2013. Praha, ČZU: 151–158.*
- Martiník A., Sednecký M., Březina D. (2021): První poznatky ze skupinové obnovy javoru kleny (*Acer pseudoplatanus* L.) v oblasti rozpadu nepůvodních jehličnatých porostů. *Zprávy lesnického výzkumu*, 66: 28–35.
- Poleno Z., Vacek S. et al. (2009): Pěstování lesů III. Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., 952 s.
- Pretzsch H., Block J., Dieler J., Dong P. H., Kohnle U., Nagel J. et al. (2010): Comparison between the productivity of pure and mixed stands of Norway spruce and European beech along an ecological gradient. *Annals of Forest Science*, 67: 712.
- Repáč I., Belko M. (2020): Vývoj lesnej kultury smreka obyčejného a buka lesného po aplikácii hnojiva a hydrogelu na kalamitnej ploche v pohorí Javorie, Středné Slovensko. *Zprávy lesnického výzkumu*, 65: 232–241.
- Repáč I., Parobeková Z., Sendecký M. (2017): Reforestation in Slovakia: History, current practice and perspectives. *Reforesta*, 3: 53–88.
- Schelhaas M. J. (2008): Impacts of natural disturbances on the development of European forest resources: application of model approaches from tree and stand levels to large-scale scenarios. Wageningen, Alterra: 168 s.
- Souček J., Špulák O., Leugner J., Pulkrab K., Sloup R., Jurásek A., Martiník A. (2016): Dvoufázová obnova lesa na kalamitních holinách s využitím přípravných dřevin. Certifikovaná metodika. Strnady, VÚLHM: 35 s. – Lesnický průvodce č. 10/2016.
- Vacek Z., Prokúpková A., Vacek S., Bulušek D., Šimůnek V., Hájek V., Králíček I. (2021): Mixed vs. monospecific mountain forests in response to climate change: structural and growth perspectives of Norway spruce and European beech. *Forest Ecology and Management*, 488: 119019.

### Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FLD

### Vedoucí práce

prof. RNDr. Stanislav Vacek, DrSc.

### Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 2. 5. 2023

**doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 7. 2023

**prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.**

Děkan

V Praze dne 10. 03. 2024

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Prosperita experimentálních výsadeb domácích druhů dřevin na Vysočině vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil, a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 27.3.2024

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu své diplomové práce panu prof. RNDr. Stanislavu Vackovi, DrSc. za jeho odborné rady, typy a věcné připomínky při zpracování této diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině za jejich podporu v průběhu celého studia.

## Abstrakt

V této diplomové práci bylo řešeno téma prosperity experimentálních výsadeb domácích druhů dřevin na Vysočině. Jedná se o obnovu rozsáhlých kalamitních holin vzniklých po kůrovcové gradaci v posledních letech. V literární rešerši jsou popsány možnosti přirozené a umělé obnovy, dále je rozebrána problematika produkce sadebního materiálu, jeho následné manipulace a způsobů výsadeb. Další kapitoly popisují ochranu výsadeb proti negativním vlivům zejména buřeně a také ochranu proti škodám působeným zvěří a dalšími biotickými a abiotickými škodlivými činiteli. Literární rešerše se dále zabývá typologií a charakteristikou CHS na zájmovém území, obnovou kalamitních holin s jednofázovou a dvoufázovou obnovou lesa a klimatickými změnami, které mají dopad na pěstování lesů a lesní ekosystémy. Metodická část charakterizuje zájmové území, popisuje charakteristiky klimatu na zájmovém území, založení trvalých výzkumných ploch a jejich umístění a způsoby sběru dat a jejich vyhodnocení. Na trvalých výzkumných plochách byly změřeny a vyhodnoceny růstové parametry čtyř domácích druhů dřevin – olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), javor mléč (*Acer platanoides*), dub zimní (*Quercus petraea*) a modřín opadavý (*Larix decidua*). Z výsledků práce je patrné, že v probíhajících podmínkách klimatické změny vykazují odrůstající jedinci výsadeb olše velmi dobrou růstovou dynamiku, kde vliv na odrůstání má stanoviště (CHS 47) a také volnější spon, kde byly naměřené hodnoty nejvyšší. Javor mléč prosperoval zejména na stanovištích s CHS 45. Na oglejených stanovištích byla v minulosti zjištěna vysoká mortalita javoru mléče a výsadby byly doplněny dubem zimním a modřínem opadavým, kde tyto dvě dřeviny vykazují také dobrou prosperitu a jsou tudíž perspektivními na těchto stanovištích pro probíhající klimatickou změnu. Dále byly vyhodnocovány výsledky měření dubu a olše na trvalé výzkumné ploše v areálu bývalé lesní školky Budišov. Na této ploše byly zjištěny značně nižší hodnoty v měřených parametrech oproti plochám mimo lesní školku. Mortalita výsadeb olše zde dosahovala 86,6 %. Došlo zde k synergickému působení negativních vlivů okolí na odrůstání sazenic, a to zejména zhoršený stav půdy, velmi nízké měsíční úhrny srážek a nárůst průměrných měsíčních teplot zejména v průběhu vegetačního období. Lze tedy konstatovat, že smíšené porosty budou lépe odolávat dopadům klimatických změn. Při obnově je vždy třeba

dbát na stanovištní vhodnost dřevin a eliminaci negativních vlivů, jako jsou buřeň a zvěř. Pro trvalou výzkumnou plochu v bývalé lesní školce by bylo vhodnějším postupem dvoufázová obnova s využitím přípravných dřevin nebo při jednofázové obnově aplikace hydrogelu pro lepší ujímavost a překonávání period sucha.

**Klíčová slova:** zakládání lesů, experimentální výsadby, domácí dřeviny, růst dřevin, vitalita dřevin, Vysočina.

## Abstract

In this thesis, the theme of the prosperity of experimental plantings of indigenous tree species in the Vysočina was solved. It is a restoration of large-scale calamitous hollows formed after the bark gradation of recent years. The literary research describes the possibilities of natural and artificial renewal, and discusses the issues of planting material production, its subsequent handling and planting methods. Other chapters describe the protection of plantations against negative influences in particular of bushmeat, as well as protection against damage caused by game and other biotic and abiotic harmful agents. Literary researches further explore the typology and characterization of CHS in the interest territory, restoring calamitous hollows with single and two-stage forest restoration and climate change impacting on forest cultivation and the forest ecosystem. Methodology section characterizes interest territory, describes climate characteristics research areas and their locations and ways of collecting and evaluating data. On the research plots, the growth parameters of four indigenous species of tree species were measured and evaluated - *Alnus glutinosa*, *Acer platanoides*, *Quercus petraea* and *Larix decidua*. The results of the work show that, in the ongoing climate change conditions, the growing individuals of alder plantations show very good growth dynamics, with habitats (CHS 47) having an impact on de-growth, as well as looser buckles, where the measured values were highest. *Acer platanoides* thrived mainly at sites with CHS 45. High mortality of *Acer platanoides* has been found in oiled habitats in the past, and plantings have been supplemented by *Quercus petraea* and *Larix decidua*, where the two species also show good prosperity and are therefore promising in these habitats for the ongoing climate change. The results of the measurement of oak and alder in the research area of the former forest nursery Budišov were also evaluated. This area was found to have significantly lower values in measured parameters than areas outside the forest nursery. The mortality of alder plantings here was 86,6 %. There has been a synergistic effect of negative environmental effects on seedling growth, in particular the degraded state of the soil, very low monthly rainfall and an increase in average monthly temperatures especially during the growing season. So it can be argued that mixed-use stands will be better able to withstand the effects of climate change. The habitat suitability of woody trees must always be taken into account when restoring



and the elimination of negative influences such as bushmeat and game. For an area in a former forest nursery, a two-stage restoration process using preparatory tree species or a one-stage restoration of hydrogel application would be a more appropriate procedure for better acceleration and overcoming periods of drought.

**Keywords:** establishment of forests, experimental plantings, indigenous tree species, tree growth, vitality of woody plants, Vysočina.

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>15</b>
<b>2 Cíle práce</b> .....	<b>17</b>
<b>3 Literární rešerše</b> .....	<b>18</b>
<b>3.1 Obnova lesa</b> .....	<b>18</b>
<b>3.2 Přirozená obnova</b> .....	<b>18</b>
3.2.1 Předpoklady přirozené obnovy .....	19
<b>3.3 Umělá obnova</b> .....	<b>20</b>
3.3.1 Příprava půdy a prostředí pro zalesňování .....	21
3.3.2 Porostní síje.....	24
3.3.3 Sadba sazenic .....	25
3.3.4 Výsadba sazenic .....	32
3.3.5 Ochrana nárostů a kultur .....	36
<b>3.4 Typologické podklady pro pěstování lesů</b> .....	<b>39</b>
3.4.1 Přírodní lesní oblasti .....	39
3.4.2 Hospodářské soubory .....	40
<b>3.5 Obnova kalamitních holin</b> .....	<b>40</b>
3.5.1 Legislativa obnovy lesa.....	41
3.5.2 Jednofázová obnova .....	41
3.5.3 Dvoufázová obnova .....	41
3.5.4 Druhovú skladbu pro obnovu kalamitních holin .....	42
<b>3.6 Olše lepkavá (<i>Alnus glutinosa</i>)</b> .....	<b>42</b>
<b>3.7 Modřín opadavý (<i>Larix decidua</i>)</b> .....	<b>42</b>
<b>3.8 Javor mléč (<i>Acer platanoides</i>)</b> .....	<b>43</b>
<b>3.9 Dub zimní (<i>Quercus petraea</i>)</b> .....	<b>43</b>
<b>3.10 Pěstování lesa v kontextu klimatických změn</b> .....	<b>44</b>
<b>4 Metodika</b> .....	<b>45</b>
<b>4.1 Charakteristika území</b> .....	<b>45</b>
<b>4.2 Založení trvalých výzkumných ploch</b> .....	<b>46</b>
<b>4.3 Sběr dat</b> .....	<b>48</b>

<b>4.4</b>	<b>Vyhodnocení dat .....</b>	<b>50</b>
4.4.1	Statistické vyhodnocení dat.....	50
<b>5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>52</b>
<b>5.1</b>	<b>Vyhodnocení růstových parametrů olše lepkavé.....</b>	<b>52</b>
5.1.1	Celková výška .....	52
5.1.2	Tloušťka kořenového krčku .....	53
5.1.3	Přírůst .....	54
5.1.4	Statistické vyhodnocení pro olši lepkavou.....	55
<b>5.2</b>	<b>Vyhodnocení růstových parametrů javoru mléče .....</b>	<b>57</b>
5.2.1	Celková výška .....	57
5.2.2	Tloušťka kořenového krčku .....	58
5.2.3	Přírůst .....	58
5.2.4	Statistické vyhodnocení pro javor mléč a ostatní druhy dřevin nacházející se na plochách JV1, JV2, JV3 .....	59
<b>5.3</b>	<b>Vyhodnocení růstových parametrů dubu a olše na trvalé výzkumné ploše v bývalé lesní školce Budišov .....</b>	<b>64</b>
<b>6</b>	<b>Diskuse.....</b>	<b>67</b>
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>71</b>
<b>8</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>74</b>

## Seznam použitých obrázků

Obrázek 1: Umístění trvalých výzkumných ploch (Zdroj: <a href="http://geoportal.lesycr.cz">geoportal.lesycr.cz</a> ).....	47
Obrázek 2: Umístění trvalé výzkumné plochy v bývalé lesní školce Budišov (Zdroj: <a href="http://geoportal.lesycr.cz">geoportal.lesycr.cz</a> ). .....	48
Obrázek 3: Měření celkové výšky olše (Zdroj: foto vlastní). .....	49
Obrázek 4: Měření kořenového krčku olše (Zdroj: foto vlastní). .....	49
Obrázek 5: Porovnání celkových výšek s předchozími vegetačními obdobími. ....	52
Obrázek 6: Porovnání tloušťek kořenových krčků s předchozími vegetačními obdobími. ....	53
Obrázek 7: Porovnání přírůstků na jednotlivých plochách. ....	54
Obrázek 8: Vztah mezi výškou a výškovým přírůstkem ( $r = 0,98$ ; $p < 0,001$ ) a tloušťkou kořenového krčku a výškovým přírůstkem ( $r = 0,73$ ; $p < 0,001$ ) odrostlé umělé obnovy olše lepkavé. ....	56
Obrázek 9: Srovnání celkových výšek s předchozími vegetačními obdobími. ....	57
Obrázek 10: Porovnání tloušťek kořenových krčků s předchozími vegetačními obdobími. ....	58
Obrázek 11: Porovnání přírůstků na jednotlivých plochách. ....	59
Obrázek 12: Vztah mezi výškou a výškovým přírůstkem umělé obnovy javoru mléče ( $r = 0,89$ ; $p < 0,001$ ), olše lepkavé ( $r = 0,51$ ; $p < 0,01$ ), dubu zimního ( $r = 0,83$ ; $p < 0,001$ ) a modřínu opadavého ( $r = 0,82$ ; $p < 0,001$ ). ....	62
Obrázek 13: Vztah mezi tloušťkou kořenového krčku a výškovým přírůstkem umělé obnovy javoru mléče ( $r = 0,73$ ; $p < 0,001$ ), olše lepkavé ( $r = 0,05$ ; $p > 0,05$ ), dubu zimního ( $r = 0,56$ ; $p < 0,001$ ) a modřínu opadavého ( $r = 0,67$ ; $p < 0,001$ ). ....	63
Obrázek 14: Poškození plochy zvěří (Zdroj: foto vlastní). ....	65
Obrázek 15: Vztah mezi výškou a výškovým přírůstkem umělé obnovy olše lepkavé ( $r = 0,49$ ; $p < 0,001$ ) a dubu zimního ( $r = 0,27$ ; $p < 0,001$ ). ....	66
Obrázek 16: Vztah mezi tloušťkou kořenového krčku a výškovým přírůstkem umělé obnovy olše lepkavé ( $r = 0,39$ ; $p < 0,001$ ) a dubu zimního ( $r = 0,06$ ; $p > 0,05$ ). ....	66

## Seznam použitých tabulek

Tabulka 1: Průměrná měsíční teplota na stanici Velké Meziříčí (°C). .....	45
Tabulka 2: Průměrný měsíční úhrn srážek na stanici Velké Meziříčí (mm).....	46
Tabulka 3: Trvání slunečního svitu na stanici Velké Meziříčí (h).....	46
Tabulka 4: Základní parametry odrostlé umělé obnovy olše diferencovaně dle ploch v roce 2023; signifikantní rozdíly ( $p < 0,05$ ) jsou označeny rozdílnými písmeny. ...	55
Tabulka 5: Základní parametry umělé obnovy diferencovaně dle dřevin a ploch v roce 2023; signifikantní rozdíly ( $p < 0,05$ ) jsou označeny rozdílnými písmeny. ....	60
Tabulka 6: Základní parametry umělé obnovy diferencovaně dle dřevin v roce 2023; signifikantní rozdíly ( $p < 0,05$ ) jsou označeny rozdílnými písmeny. ....	64

## Seznam použitých zkratk

B – bohatá

H – hlinitá

D – obohacená

Cm – centimetry

CO<sub>2</sub> – oxid uhličitý

ČR – Česká republika

ČSN – česká technická norma

ČSÚ – Český statistický úřad

DB – dub zimní

Ha – hektar

CHS – cílový hospodářský soubor

JV – javor mléč

Ks – kusy

LVS – lesní vegetační stupeň

M – metry

ML – mléč

MD – modřív opadavý

MZD – meliorační a zpevňující dřeviny

Mze – Ministerstvo zemědělství

O – oglejená svěží

°C – stupně Celsia

OL – olše lepkavá

P – oglejená kyselá

S – svěží

SLKT – speciální lesní kolový traktor

SLT – soubor lesních typů

TVP – trvalá výzkumná plocha

ÚHÚL – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů

UKT – univerzální kolový traktor

VÚLHM – Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti

# 1 Úvod

Z historického hlediska došlo na našem území ke čtyřem přemnožením lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*). V posledních letech probíhá již pátá gradace, která je zatím tou nejrozsáhlejší. Za přispění klimatických podmínek, zejména suchého a abnormálně teplého roku 2015, vznikly příznivé podmínky pro množení lýkožrouta, které pokračovaly do dalších let, kde dalším extrémním rokem byl rok 2018. Stromy byly stresovány suchem a vysokými teplotami, došlo tedy k negativnímu synergickému působení škodlivých faktorů. K šíření kalamity a ke špatnému zvládnutí přispěl nedostatek pracovních kapacit pro zpracování kůrovcového dříví a jeho asanaci, nezájem drobných vlastníků zpracovat napadené dříví a pokles cen trhu, kdy nebylo výhodné dříví prodávat. Zvládnutí současné kalamity je tedy zdlouhavé a náročné (Zahradník, Zahradníková 2019).

V důsledku kůrovcové gradace je zapotřebí vhodně a včas obnovovat kalamitní plochy v převážné míře zejména obnovou umělou. Od počátku kůrovcové kalamity vzrostla plocha obnovy lesa více než dvojnásobně. Za rok 2022 činila plocha obnovy lesa 50 058 ha, kde z 80 % převažuje obnova umělá. Nárůst při obnově zaznamenávají v posledních letech listnaté dřeviny, které se podílí na umělé obnově takřka 50 %, z nichž nejzastoupenějšími jsou dub s bukem (MZe 2023).

Jedním z nejpostiženějších regionů gradací lýkožrouta smrkového v naší republice je kraj Vysočina. V roce 2022 se zde vytěžilo celkem 5 336 685 m<sup>3</sup> dříví, z čehož bylo 4 871 480 m<sup>3</sup> dříví smrkového (ČSÚ 2023). V období mezi lety 2018 a 2022 činila plocha těžeb převážně jehličnatého dříví a souší 178 tisíc hektarů. Jedněmi z nejvíce dotčených ORP byly Jihlava a Třebíč (ÚHÚL 2022). Díky této rozsáhlé devastaci lesních porostů vznikly rozsáhlé kalamitní holiny. Za rok 2022 se v kraji Vysočina obnovilo téměř pět tisíc hektarů holin, kde v poměrně vyrovnané míře byly zastoupeny dřeviny jehličnaté a listnaté. Obnovu lesa stále provázejí negativní dopady měnícího se klimatu, ale také významným škodlivým faktorem je přemnožená zvěř, která má na svědomí za rok 2022 škody za více než padesát milionů korun (ČSÚ 2023).

Vzhledem k pozorování dlouhodobých trendů lze označit rok 2022 za teplotně nadprůměrný, kde se podobný trend přenesl i do roku 2023. Dochází také k vzestupu

hladin moří a tání ledovců a nárůstu koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře. Působení negativního vlivu větru a sucha se projevilo v nárůstu nahodilých těžeb i v kraji Vysočina (Viktorin 2023). Za přispění klimatické změny je patrné, že disturbance lesních ekosystémů v současné době předčily ty historické a je zapotřebí nových způsobů managementu a plánování (Hlásny et al. 2021). Ke zvýšení odolnosti lesních porostů vůči klimatickým extrémům je zapotřebí vytvořit lesy stabilní a druhově smíšené s maximálním zapojením přírodních procesů. Při změně klimatu je žádoucí podpora odolnosti lesních porostů zvýšením strukturální rozmanitosti se zachováním druhové bohatosti (Vacek et al. 2019). Očekávané zvýšení průměrné teploty má za následek vytvoření příznivějších podmínek pro škůdce a jejich posun do vyšších nadmořských výšek (Hlásny, Turčáni 2009). Klimatická změna má významný vliv zejména na vitalitu, růst a sekvestraci uhlíku. Je tedy zapotřebí vhodného plánování a výběru vhodných dřevin odolnějších vůči škodlivým faktorům (Vacek et al. 2023). Změna klimatu představuje poměrně jasné nebezpečí. V regionu Evropy bude mít v různých lokalitách odlišné dopady, ale existuje zde všeobecná tendence k nárůstu teplot a rozdílné distribuci srážek v průběhu roku, což může podpořit rozvoj biotických škodlivých činitelů a zvýšení rizika vzniku požárů (Schelhaas 2008).



## **2 Cíle práce**

Cílem této práce je získat poznatky o prosperitě experimentálních výsadeb čtyř druhů domácích druhů dřevin na Vysočině s důrazem na jejich odrůstání a vitalitu v rámci postupujících klimatických změn. Literární rešerše se zabývá problematikou klasického zakládání lesů a produkcí sadebního materiálu pro umělou obnovu lesa, dále problematikou výsadeb a ochrany sazenic, charakteristikou čtyř druhů dřevin použitých k obnově na cílových hospodářských souborech a samotnou problematikou obnovy kalamitních holin a pěstování lesů při působení klimatické změny. V části praktické bude zhodnocena prosperita výsadeb jednotlivých druhů dřevin s ohledem na jejich vitalitu a odrůstání vzhledem k daným stanovištním podmínkám.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Obnova lesa

Obnova lesa je jedním ze základních prvků pěstování lesů. Je to proces, kdy nahrazujeme stávající lesní porosty novými jedinci, novým pokolením lesních dřevin. Postupy a způsoby obnovy lesa jsou nejdůležitější aspekty pro rozlišení hospodářských způsobů (Kantor 2014). Obnovní způsoby v podstatě odpovídají hospodářským způsobům, které jsou definovány vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 298/2018 Sb. Základní formy obnovních způsobů jsou rozčleněny takto:

- obnova lesa probíhá na celé ploše porostu najednou,
- obnova lesa probíhá na malých ploškách v porostu, které se dále rozšiřují až dojde k jejich splnutí,
- obnova lesa probíhá takovým způsobem, kde nevzniká žádná holina.

Tyto obnovní způsoby lze dále kombinovat (Vacek et al. 2021). Na začátku obnovy lesa je stěžejní stanovení pěstebního cíle, pomocí kterého lze dosáhnout žádoucích výsledků a optimálního stavu lesa vhodným pěstováním (Poleno et al. 2009). Obnovu lesa dělíme na obnovu přirozenou, kdy nový jedinec vzniká z opadlého semene nebo vegetativně a obnovou umělou, kdy jsou noví jedinci vnášeni do lesů uměle za pomoci sítě či sadby (Mauer 2009).

### 3.2 Přirozená obnova

V minulosti, zejména od období středověku, byly naše lesy devastovány a výraznou měrou přetěžovány, poněvadž dřevo bylo tehdy potřebnou surovinou hlavně v okolí měst, dolů či hutí. Vytěžené lesní pozemky nebyly nijak zalesňovány, což vedlo často ke vzniku rozsáhlých holin a neplodných pozemků. Čekalo se tedy, jak se tyto plochy samovolně obnoví. Samovolný vývoj byl velmi dlouhý a pouze zřídka docházelo k nějakým pokusům o podporu přirozené obnovy lesa přípravou půdy pro nalétnutí semen. Na holé plochy nalétaly vesměs pionýrské dřeviny, ale díky vyhánění dobytka na pastvu do lesů byly i tyto nálety poškozovány. S rozvojem lesního hospodářství se začala prosazovat obnova umělá a přirozená obnova byla ponechána v menší míře. Rozvoj přirozené obnovy přišel opět v první polovině dvacátého století. Přirozená obnova vegetativní, kdy noví jedinci vznikají z výmladků

se nyní již téměř nepoužívá, poněvadž se z této obnovy vyskytují méně kvalitní jedinci (Poleno et al. 2009).

### 3.2.1 Předpoklady přirozené obnovy

Pro úspěšnou přirozenou obnovu je důležitých několik aspektů. Je zapotřebí, aby byly přítomni kvalitní jedinci, kteří jsou schopni plodit. Dále je zapotřebí výskytu semenného roku. Pokud porosty nefruktifikují, není pak možnost ani přirozené obnovy. Nepravidelná fruktifikace měla velký vliv na pokles přirozené obnovy v posledních desetiletích. Jedním ze zásadních faktorů je stav půdy, který je velmi důležitý pro klíčení, vzcházení a samotné přežití náletu. Vlastnosti půdy by měly odpovídat druhu obnovované dřeviny (Mauer 2009). Průša (2001) uvádí, že pro přirozenou obnovu jsou příznivé půdy s menším obsahem živin, vlhčí s dostatkem kyslíku a s keříčkovitou vegetací, kde nehrozí rychlý nástup buřeně. Pro přežití semene může napomoci příprava půdy, kterou se odkryje minerální půda nebo pokrytí semen tenkou vrstvou minerální půdy, kde se zvyšuje ochrana před biotickými činiteli a před vyschnutím (Poleno et al. 2009). Dalšími aspekty jsou příznivé klimatické podmínky a ochrana semen a náletu proti biotickým činitelům, kterými mohou být ptáci, hlodavci a zvěř (Mauer 2009). Pro přirozenou obnovu je nejvhodnějším obnovním způsobem podrostní způsob, který uplatňuje formy clonné či výběrné seče. Možnost přirozené obnovy při holosečné obnově lze uvažovat v případě nalétnutí semen z okrajů sousedních porostů nebo z ponechaných výstavků na holině. Pro úspěšnou obnovu nesmí být holá seč provedena ve větším rozsahu, kde potom dochází ke změně mikroklimatu na holině, které je nepříznivé pro přirozenou obnovu. Vůči změně mikroklimatických podmínek jsou odolné zvláště pionýrské dřeviny, např. bříza, osika, olše, jeřáb (Poleno et al. 2009). V roce 2022 byla zjištěna přirozená obnova lesa na 10 088 ha, což je zhruba o 2 500 ha více než v roce přechozím (MZe 2023). Výhody přirozené obnovy uvádí Kovář et al. (2013) tyto:

- umožnění intenzivního přirozeného i umělého výběru,
- využití vlastností stanoviště dle požadavku dřevin,
- známá provenience a chování dřevin,
- vznik různorodých, věkově a prostorově diferenciovaných porostů.

Dále jsou uvedeny další výhody, jako např. zachování autochtonních i alochtonních druhů dřevin, nižší náklady na sádky nebo sadbu, klesající významnost škod zvěří při velkém počtu jedinců z přirozené obnovy (Vacek et al. 2021). Nevýhodami přirozené obnovy podle Mauera (2009) jsou:

- nelze zlepšovat genofond, měnit druhovou a prostorovou skladbu,
- vazba na výskyt semenných roků,
- větší pracnost těžebních zásahů při ochraně podrostu,
- vysoké nároky na správnou volbu obnovních postupů.

### **3.3 Umělá obnova**

Umělou obnovou lesa rozumíme obnovu pomocí sádky a sadby, vytváření nové generace lesa umělou cestou (Kantor 2014). Historicky se začaly první formy umělé obnovy objevovat ve středověku, kdy po rozsáhlé devastaci a odtěžování lesních porostů nastal nedostatek dřeva, jež bylo velmi ceněnou surovinou. Prvním způsobem byla obnova lesa pomocí sádky. V pozdějších dobách docházelo ke zmenšování produkční základny, poněvadž společnost požadovala stále větší množství dříví. Bylo porušeno původní zastoupení dřevin a větší pozornost se upínala ke dřevinám potřebným, které se hojně využívaly. U těchto dřevin se ponechávaly i výstavky na holinách. V sedmáctém století byly zakládány první lesní školky a na konci století se začaly objevovat první zprávy o obnově lesa sadbou (Poleno et al. 2009). Na území České republiky stále převažuje obnova lesa umělá (Kantor 2014). V roce 2022 bylo na našem území obnoveno 39 970 ha lesa uměle, což odpovídá zhruba 80 % z celkové obnovavné plochy lesa za rok 2022 (MZe 2023). Jako výhody umělé obnovy uvádí Kantor (2014) tyto:

- záruka genetické kvality nových porostů,
- diferenciací sadebního materiálu podle přírodních podmínek,
- méně nákladná výchova oproti přirozené obnově,
- snadnější zabezpečení cílové skladby,
- rychlejší odrůstání kultur z dosahu buřeně a okusu zvěře.

Nevýhodami dle Mauera (2009) jsou:

- zvýšené náklady na zalesňování,
- menší možnost selekce během výchovy,
- nedostatky v zalesňování – deformace kořenové systému, špatná technika výsady, užití nekvalitního sadebního materiálu.

### **3.3.1 Příprava půdy a prostředí pro zalesňování**

Příprava prostředí pro zalesnění spočívá v úpravě povrchu, odstranění klestu a jiných potěžebních zbytků a odstranění nežádoucích druhů dřevin (Kovář et al. 2013). Z hlediska biologického je nejvhodnější nechat potěžební zbytky na ploše k rozkladu, kterým dojde k obohacení půdy, ale znesnadní samotnou výsadbu (Mauer 2009).

#### **3.3.1.1 Odstranění klestu, potěžebních zbytků a nežádoucích druhů dřevin**

Odstraňování klestu lze provádět několika způsoby – ručně nebo mechanizovaně. Ručně lze shazovat klest na hromady, do valů či řad. Ruční shazování je namáhavou a pracnou činností, avšak je nezbytné pro místa s přirozenou obnovou. S ručním shazováním je často také spojeno pálení klestu, které je samo o sobě nebezpečnou činností (Kovář et al. 2013).

Mechanizované odstraňování klestu lze provádět několika způsoby. Prvním způsobem je shrnování klestů do řad a valů. Použití mechanizaci je vhodné na únosných půdách a terénech dobře sjízdných pro SLKT a UKT a také na plochách bez přirozeného zmlazení, kde nehrozí jeho poškození. Shrnování do řad a valů se provádí ve výšce 1 – 1,5 metrů a šířce 2 – 3 metry. Důležitá je také jejich orientace vzhledem k budoucímu zpřístupnění porostů (Kovář et al. 2013).

Dále se využívá drcení či štěpkování klestu. Výhodou je ponechání organické hmoty přímo v porostu, omezení růstu buřeně, snížení odparu vody z půdy a omezení výskytu chorob a škůdců, kteří by se na těžebních zbytcích mohli vyskytovat. Nevýhody jsou téměř shodné jako při shrnování klestu, kde je třeba dbát na únosnost a sjízdnost terénu (Kovář et al. 2013).

Jednou z možností je také využití drtící půdní frézy, která je schopna rozdrtit těžební zbytky a nárosty do tloušťky 15 cm i více. Nevhodné je půdní frézu nasazovat na kamenitých a silně pýrem zaplevelených půdách (Poleno et al. 2009). Při drcení těžebních zbytků a buřeně nad povrchem půdy je brán její účinek jako pozitivní. Negativní účinky má v případech, kdy se rozdrčené zbytky zapravují do půdy a dochází ke slehnutí půdy (Mauer 2009).

Odstranění klestu lze zabezpečit i jeho vyvážením z porostů. Zde je efektivní využit těžebních technologií ke shromáždění klestu na jednom místě, kde dále dochází k jeho štěpkování a odvozu. Nevýhodou je ovšem ochuzení lesní půdy o organickou hmotu (Kovář et al. 2013).

Odstranění nežádoucích druhů dřevin ve fázích náletů a nárostů lze docílit křovinořezy, lehkými motorovými pilami či drtícími půdními frézami (Kovář et al. 2013).

### **3.3.1.2 Příprava půdy pro obnovu lesa**

Přípravu půdy provádíme za účelem zlepšení vlastností půdního povrchu pro vyklíčení semen a ujmoutí se náletu či sazenic (Kantor 2014). Od 18. století se příprava půdy rozdělila dvěma směry, které používáme dodnes. Prvním je skarifikace půdy – její lehké zraňování pro podporu přirozené obnovy. Druhým je zemědělský způsob zpracování půdy pro umělou obnovu v nižších polohách. Přípravu půdy lze provádět mechanicky, chemicky, biologicky či jejich kombinací (Poleno et al. 2009).

#### **3.3.1.2.1 Mechanická příprava půdy**

Tímto typem přípravy půdy se upravují fyzikální poměry povrchové vrstvy půdy. Je důležité vzít v úvahu stanovištní poměry, kam se mechanizace nasazuje (Kantor 2014). Pomocí této přípravy chceme docílit zlepšení fyzikálních, chemických vlastností půdy nebo zapravení hnojiv do půdy a potlačení buřeně (Mauer 2009). Mechanickou přípravu půdy lze provádět ručně či mechanizovaně. Ruční příprava půdy je nejčastěji jamková a na podmáčených stanovištích kopečková. Příprava se provádí pomocí motyk, sekeromotyk či sazeče. Mechanizaci lze nasadit při přípravě pruhové, pásové či ploškové. Celoplošná příprava půdy se až na několik výjimek neprovádí. Na půdách podmáčených lze za ztížených podmínek provádět přípravu

kopečkovou a záhrobcovou. Nejčastěji se tato příprava provádí orbou či frézováním (Poleno et al. 2009).

Pruhovou a pásovou přípravou půdy se vytvoří souvislá rýha od 35 do 70 cm. Orientaci pasů volíme dle terénních podmínek, ohrožení abiotickými činiteli, druhu dřeviny a sklonu terénu. Pruhovou přípravou půdy se odstraní buřň, vrstva surového humusu a dojde k povrchovému mělkému prokypření půdy. Zalesnění se provádí do nezabuřenělého pásu (Kovář et al. 2013). Pracovním nástrojem je v tomto případě pluh. Typy orby se rozlišují podle způsobu obrácení skývy na celý obrat skývy, kdy je otočená skýva o 180 stupňů; luštění, kdy je skýva otočená o 90 stupňů a vzmet, kdy je skýva nakloněna mezi úhly 90 a 180 stupňů (Poleno et al. 2009).

Pro ploškovou přípravu půdy se využívá zejména ploškovačů, díky kterým se vytvoří přerušovaně plošky ve tvaru čtverce či obdélníku, na kterých je stržena půda s buřň. Ploškovač lze využít na silně zabuřenělých stanovištích (Poleno et al. 2009).

Jamkovou přípravu půdy provádíme jamkovači, u kterých jsou pracovními nástroji vrtáky, které dělíme na spirálové a srdčité. Jamkovače jsou jednomužné, dvoumužné nebo nesené (Poleno et al. 2009).

### **3.3.1.2.2 Chemická příprava půdy**

Chemickou přípravu půdy lze rozdělit do dvou kategorií. Tou první je příprava půdy hnojením, kdy máme za cíl upravit nevhodné zastoupení živin v půdě. Nejvhodnějším způsobem po stránce ekologické i biologické je takzvané zelené hnojení, které spočívá ve výsevu bylin a jejich následném zaorávání. Lze využívat také průmyslově vyráběná organickominerální hnojiva, která jsou ovšem nákladnější (Mauer 2009).

Druhou kategorií je likvidace buřně a nežádoucích rostlin za pomoci fytocidů, kde se využívají hlavně herbicidy pro hubení buřně, arboricidy pro hubení keřů a stromů a defolianty, které mají účinek na odlistění dřevin. Nejvíce užívané jsou herbicidy, jež se dělí na selektivní, které nepoškozují pěstovanou dřevinu a neselektivní, které hubí veškerou vegetaci. Dalším dělením herbicidů je listové nebo kořenové v závislosti na tom, jak je rostliny přijímají nebo na kterou část působí a dále na kontaktní, translokační a kořenové. Pro tlumení nežádoucí vegetace lze použít přípravky uvedené v Seznamu registrovaných přípravků na ochranu rostlin

Ministerstva zemědělství, který je aktualizován jednou za 2 roky (Poleno et al. 2009). Aplikovat tyto prostředky lze pomocí ručních zádových postřikovačů či postřikovačů motorových nesených. Postřiky lze provádět celoplošně, pruhově i bodově, a to zejména v období největšího výskytu buřeně v letních měsících nebo v podzimních měsících před jarním zalesňováním (Kantor 2014).

### **3.3.1.2.3 Biologická příprava půdy**

Tento typ přípravy půdy využívá přípravné dřeviny k vytvoření krycí kultury, která zabraňuje růstu buřeně a pozitivně ovlivňuje půdní poměry. Úkolem krycí kultury je vytvoření ekologického krytu pro lesní kulturu rostoucí na holé ploše (Poleno et al. 2009). Krycí funkce brání klimatickým výkyvům (mrazům), působení imisí a působení zvěře. Krycí kulutra optimalizuje biologickou aktivitu půdy a mechanicky váže půdu (Mauer 2009). Při této přípravě půdy se také snažíme hospodařit se světlem a připravit optimální podmínky pro klíčení semen a budoucích náletů například snížením zakmenění (Kovář et al. 2013).

### **3.3.2 Porostní síje**

K úspěšné porostní síji je žádoucí zejména příprava půdy, kde pro klíčení semene je důležité, aby byla půda odplevelená a kyprá minerální. Přípravu půdy nemusíme provádět při bodové síji, kdy vkládáme velké plody po dvou do připraveného půdního otvoru motykou. Pro bodovou síji využíváme žaludy, bukvice, kaštany a ořechy. Špetkovou síji lze uplatnit na půdách bez půdní vegetace, kdy se po odhrnutí hrabanky vyseje špetka drobných semen. Pro zvýšení efektivity práce lze použít secí hole. Dalšími technikami jsou síje misková, síje rýhová, která se na větších obnovovaných plochách hodí pro výsev bukvic a žaludů, síje pruhová a plnosíje. Plnosíjí se nyní vysévají pouze semena břízy na větších holinách za účelem vytvoření přípravného porostu (Poleno et al. 2009).

Provádění porostní síje je na podzim nebo na jaře. Na podzim se sejí většinou žaludy, kvůli obtížnému skladování přes zimní měsíce. Na těžkých půdách je doporučený jarní výsev, poněvadž by zde mohlo dojít po podzimních deštích k zabahnění. Tyto výsevy je vhodné oplotit, protože žaludy jsou vyhledávanou potravou zejména černé zvěře. Výsev jehličnatých dřevin probíhá na jaře při dispozici dostatku zimní vláhy. Břizu vyséváme na sníh na konci zimy před masivním táním



sněhu (Poleno et al. 2009). V dnešní době se porostní síje již prakticky nevyužívá, v roce 2022 bylo sīj obnovováno méně než 1 % obnovovaných ploch v České republice (MZe 2022). Síje má totiž v dnešních podmínkách mnoho nedostatků, jako např. pomalé odrůstání, úmrtí osiva a semenáčků vlivem nevhodného hydrotermálního režimu půdy i vzduchu, velké škody myšovitými, ptáky, zvěří či buřením. V neposlední řadě je poměrně vysoká cena osiva, což se s ohledem na silně negativní faktory odráží také v míře použití síje. Používají se jen dřeviny, které každoročně bohatě plodí (bříza, olše, javor, jasan). Síje břízy a olše se používá pro vytvoření přípravných porostů na kalamitních plochách a dubu po přípravě půdy (Mauer 2009).

### **3.3.3 Sadba sazenic**

Výsadba sazenic má oproti porostní síji a přirozené obnově své výhody, jako např. nezávislost na výskytu semenných roků, nezávislost na stavu obnovovaného porostu a zralosti půdy, možnost použití kvalitních sazenic a zvyšování genetické kvality budoucích porostů, překonání nebezpečí rychleji v juvenilním stádiu. Jako nevýhody jsou uváděny vyšší vstupní kapitál na nákup a výsadbu sadebního materiálu a nebezpečí ztrát v důsledku šoku (Vacek et al. 2021).

#### **3.3.3.1 Sadební materiál**

Sadebním materiálem jsou rostliny nebo jejich části určené k zalesňování a zakládání nových porostů. Produkce kvalitního sadebního materiálu pro umělou obnovu je úkolem zejména lesního školkařství. Sadební materiál lze třídit podle několika hledisek, kterými jsou původ, ochrana kořenového systému, morfologické parametry a technika jeho pěstování (Mauer 2013). Pro třídění sadebního materiálu jsou důležité zejména tři podklady. Jedná se o zákon č. 149/2009 Sb. ve znění zákona č. 387/2005 Sb. o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin, vyhláška MZe č. 29/2004 Sb. o obchodu s reprodukčním materiálem a ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin (Poleno et al. 2009). Podle původu je sadební materiál rozdělen na generativní (vypěstovaný ze semene) a vegetativní, který je vypěstován z části rostlin. Dle ochrany kořenového systému dělíme sadební materiál na prostokořenný a krytokořenný, kde prostokořenný sadební materiál není nijak chráněn a vyžaduje tedy oproti krytokořennému zvýšenou ochranu před poškozením nebo vyschnutím (Mauer 2009). Státní norma třídí sadební materiál na semenáčky – rostliny vyrostlé

ze semene bez úpravy kořenového systému, sazenice – pěstované ze semenáčků či vegetativním množením s úpravou kořenového systému podřezáváním, přesazováním do obalů, školkováním nebo přepichováním s nadzemní částí do výšky 50 cm, poloodrostky – vypěstování jedinci minimálně dvojitým školkováním, podřezáváním kořenů s nadzemní částí o výšce 51–120 cm, odrostky – pěstované stejně jako poloodrostky s výškou 121–250 cm. Kvalitu sadebního materiálu ovlivňují znaky genetické, fyziologické a morfologické (Poleno et al. 2009).

Genetické znaky jsou dány původem semene či ostatních částí rostlin a lze je ovlivnit pouze sběrem z kvalitních jedinců. Údaje o původu se uvádí v potvrzení o původu reprodukčního materiálu a v průvodním listu. Znaky fyziologické jsou určeny obsahem zásobních látek, stavem terminálních pupenů, obsahem vody v pletivech, stupněm vegetačního klidu, stavem mykorhizy a růstovým potenciálem kořenů. Zjišťování těchto znaků má destruktivní charakter a zjišťuje se tedy pouze na reprezentativních jedincích. U znaků morfologických se zjišťuje výška a tvar nadzemní části, tloušťka kořenového krčku, velikost a tvar kořenového systému a poměr nadzemní části ku kořenovému systému (Poleno et al. 2009).

K obnově lesních porostů lze použít sadební materiál s průběžným, nevětveným terminálním výhonem, který je na konci vegetačního období zdřevnatělý a je ukončen terminálním pupenem. Standardní sadební materiál odpovídá příslušné normě (Poleno et al. 2009). Způsob pěstování sadebního materiálu a jeho věk značíme pomocí vzorce, kde jednotlivé číslice označují počet vegetačních období před školkařskou operací a jejich celkový součet udává celkový věk jedince (Vacek et al. 2021). Symboly, které se používají pro jednotlivé školkařské operace jsou dle Mauera (2009) následující:

- + školkování či přesazení do obalu,
- - podřezávání kořenů,
- f pěstování v umělém krytu,
- k pěstování v obalu,
- r řízkovanec,
- t řízkovanec topolu,
- s štěpkovanec,
- e explanát.

### **3.3.3.1.1 Získávání sadebního materiálu**

Při získávání sadebního materiálu je vždy důležité znát jeho původ. Sadební materiál lze získat několika způsoby: nákupem v obchodních školkách, pěstováním sadebního materiálu ve vlastních školkách lesních správ, vyzvedáváním náletových semenáčků, hřížením, množením dřevin explanátovými kulturami (Vacek et al. 2021).

### **3.3.3.1.2 Pěstování semenáčků a sazenic**

#### **3.3.3.1.2.1 Příprava půdy**

Jedním ze základních předpokladů pro pěstování sadebního materiálu je příprava půdy, pomocí které upravujeme její vlastnosti z hlediska fyzikálního, chemického či vláhového. Příprava půdy se provádí orbou, kterou provádíme zásadně na podzim, poněvadž na jaře se zhoršuje struktura půdy. Dále následuje vláčení, pomocí kterého se upraví vrchní vrstva ornice. Smykáním se upraví plochy a vyznačovačem záhonů se vytvoří záhony. Poslední fází je válcování, jímž se zhutňuje povrch půdy. Při přípravě půdy je vhodné použití půdních substrátů, které pomáhají vytvářet příznivé podmínky pro síji. Důležitým aspektem ve výživě jedinců je hnojení. Lesní školkařství má za cíl vypěstovat především jedince, kteří budou odolní vůči biotickým a abiotickým faktorům a překonají v co nejkratší době šok z přesazení. V lesních školkách se kromě minerálních hnojiv používají i hnojiva organická, jako např. rašelina, zelené hnojení, chlévský hnůj, močůvka a lesní hrabanka. Jedním z opatření proti biotickému poškození sadebního materiálu je krátkodobá dezinfekce půdy, pomocí které se ničí choroboplodné zárodky a různá vývojová stadia škůdců. Dle použitých metod rozlišujeme dezinfekci biologickou, chemickou a termickou (Vacek et al. 2021).

#### **3.3.3.1.2.2 Výsev semen**

Výsev semene provádíme zpravidla na jaře, v létě vyséváme semena osiky, jilmu a břízy. Na podzim ihned po sběru se vysévají semena douglasky, vejmutovky, jedle bělokoré, buku a dubu. Tuto síji je zapotřebí chránit před černou zvěří. Pro tradiční výsevy je nutné dbát na půdní reakci, která se liší pro jehličnaté a listnaté dřeviny, kde je vyšší. Než se zahájí samotný výsev, je potřeba ještě upravit půdy dorovnaním, zavlažením či mělkým kypřením. Na větších plochách lze k výsevu použít secích strojů. Hloubka výsevu se odvíjí od velikosti semene, které je následně zasypáno vhodnou zásypkou. Podmínky kvalitního výsevu jsou: výsev na vhodně upravený

záhon, uložení semen do odpovídající hloubky, pravidelné horizontální rozmístění semen, náležitý dotek semene s půdou, pomocí vhodné zásypky omezení vlhkostních a teplotních výkyvů (Poleno et al. 2009). Ve školkách s intenzivní produkcí se využívá plnosíje. Výsev lze provádět ručně ve směsi se suchým pískem nebo za pomoci secích strojů, kde je vyšší efektivita práce. Následně je důležité přitlačení semen k půdě pomocí válců. Zásypka musí být čistá bez plevelů a odolná k odplavení. Proti intenzivním srážkám, ptactvu a myšovitým se menší semena zakrývají. Po vzejití semenáčků se uplatňuje jejich stínění, které brání teplotním výkyvům a nadměrnému odpařování vody z půdy a rostlin. Nyní se provádí mlžení s pomocí závlahy. V poslední době se pěstují semenáčky s obalem intenzivně ve fóliovnících. Chrání tak výsevy před nepříznivými výkyvy počasí, umožňují prodloužení vegetační doby časnějším výsevem, dají se zde regulovat mikroklimatické poměry, nemusí se zde provádět pletí a kypření a zkracuje se produkční doba na vypěstování semenáčků (Vacek et al. 2021).

#### **3.3.3.1.2.3 Pěstování sazenic školkováním a podřezáváním**

Pojem školkování znamená přesazování semenáčků do minerální půdy (Poleno et al. 2009). Cílem školkování je vypěstovat silné sazenice s mohutným a kompaktním kořenovým systémem v pravidelném sponu na záhonech (Kovář et al. 2013). Jako hlavní zásady pro správné školkování vidí Poleno et al. (2009) následující:

- semenáčky před školkováním vytrídít – pouze kvalitní jedinci,
- chránit rostliny během školkování před vysycháním – zejména kořeny,
- školkovat do řádně připravené půdy za příznivých atmosférických podmínek,
- dodržovat stejný spon a rozestup,
- nedeformovat kořenový systém,
- vysazování jedinců ve svislé poloze,
- umístit kořenový krček těsně pod povrch půdy,
- zajistit dokonalý styk kořenů s půdou,
- zaškolkované sazenice zavlažit a zastínit.

Školkování lze provádět v různých ročních obdobích. Na jaře, které je vhodné pro všechny druhy dřevin v časovém pořadí: modřín, listnáče, jehličnany. Provádí se od března do konce dubna podle počasí. V létě je školkování vhodné pro semenáčky

pěstované pod fólií, tzv. intenzivním způsobem, které jsou zralé pro tento úkon ve stáří 3–4 měsíců. Školování se zde provádí od konce července do poloviny září. Nejméně vhodné je školování na podzim. V tomto ročním období lze školovat pouze některé listnáče, např. buk a dále modřín. U smrku, douglasky a dubu je toto období nevhodné. Zde lze provádět veškeré úkony maximálně do poloviny listopadu. Pro školování semenáčků je zapotřebí dosažení určité velikosti, na kterou mají vliv rychlost růstu, věk a způsob pěstování. Jednotlivé druhy školovaných sazenic mají své nároky na prostor potřebný ke svému růstu, od něhož se odvíjí samotné spony (Vacek et al. 2021). Podřezáváním kořenového systému rozumíme mechanickou úpravu kořenového systému (zkracování) sazenic a semenáčků v půdě v záhonu. Lze jím určitou měrou nahradit školování sazenic. Cílem podřezávání je vytvoření bohatého svazitého kořenového systému s koncovými kořeny a tyto tak zmnožit. Podřezávání se provádí v obou rovinách – horizontální i vertikální. V rovině horizontální se provádí za pomoci podřezávače s vodorovným nožem v hloubce 6–8 centimetrů, kterou je potřeba správně nastavit a udržovat po celou dobu úkonu. Po provedení je zapotřebí umáčkknout záhon k zamezení nepříznivých následků nakypřené půdy, kde při podřezávání dochází k uvolňování a nadzvedávání jedinců. Dále je potřeba zavlažení semenáčků. Pozitivní efekt má také přihnojování, které napomáhá semenáčkům překonat následky redukce kořenového systému (Poleno et al. 2009).

#### **3.3.3.1.2.4 Pěstování krytokořenného sadebního materiálu**

Pěstování obalovaných sazenic má za cíl zlepšit vývoj dřevin po výsadbě a zredukovat tak ztráty, ke kterým docházelo v důsledku šoku z přesazení zejména u choulostivých jedinců. Dalším nadějným aspektem pro zavedení produkce krytokořenného sadebního materiálu bylo prodloužení doby pro možnou výsadbu až do pozdního jara. V minulosti se došlo k různým zjištěním, které měly vliv na samotný vývoj pěstování sadebního materiálu v obalech, např. dosažení příznivějších výsledků zalesňování při použití sadebního materiálu s většími obaly, kde jsou zásoby vody. Jedním z hlavních kritérií při použití obalů je, zda obaly poškozují (deformují) kořenový systém či nikoli (Vacek et al. 2021). Pro zvýšení úspěchu samotných výsadeb je dobrou možností příprava sazenic fyziologicky, zejména na ekologické poměry na holinách určených k zalesnění v dostatečné době před výsadbou. Semenáčky v obalech se pěstují především ve fóliovnících, kde není tato příprava

dostatečná a sadební materiál poté trpí na poškození mrazem s následnou špatnou schopností regenerace kořenů. Materiály, které se k pěstování krytokořenného sadebního materiálu využívají, prošly také svým historickým vývojem. Zhruba v polovině minulého století měla poměrně dobré výsledky technologie RCK – rašelinocelulózových kelímků, které se využívají do současnosti. Obaly můžeme rozdělit na dva typy:

- rozpadavé, které umožňují prorůstání kořenů stěnami i dnem obalu,
- pevné, kde prorůstání kořenů stěnami a dnem obalu není možné.

Důležitým aspektem pro volbu a použití obalů je jejich odpovídající velikost vůči konečné velikosti pěstovaného sadebního materiálu a dále typy kořenových systémů jednotlivých dřevin. Pro pěstování sadebního materiálu v obalech je optimální krátkodobé pěstování, kde kořeny prorůstají po dobu několika měsíců, nanejvýše jednoho roku. Pěstování v obalech po delší dobu může vést k deformaci kořenových systémů. V obalech je možnost pěstování semenáčků přímo z výsevu do obalů anebo těch, které byly předtím pěstování jako prostokořenní (Poleno et al. 2009). Jako výhody tohoto způsobu pěstování vidí Kovář et al. (2013) jako: zásboní látky v obalech, použití pro výsadbu téměř kdykoliv, výživa a hnojení v obalech a malé ztráty při zalesňování. Jako nevýhody uvádí: větší pracnost, vyšší náklady na produkci obalovaného sadebního materiálu a nebezpečí deformace kořenů.

Jednou z metod je také pěstování na vzduchovém polštáři, kde jsou sadbovače umístěny do kovového rámu nad podlahou tak, aby mezi jejich dnem a jednotlivými buňkami vznikl prostor 20–30 cm s volně proudícím vzduchem. Kořen proroste do tohoto volného prostoru, zasychá a vytváří kalus, který po přesazení iniciuje tvorbu kořenů vyššího řádu (Poleno et al. 2009).

#### **3.3.3.1.2.5 Vyzvedávání, manipulace a transport prostokořenného sadebního materiálu**

Při těchto činnostech může docházet k největšímu poškození sazenic, kterých je celá řada. Může to být poškození mechanické, kde dochází ke zlomení rostlin či odření krycích pletiv. Dále napadení houbami nebo plísněmi, které vzniká při vysoké vzdušné vlhkosti a teplotě – nejčastěji plíseň šedá a buková. K vysychání a ztrátě vody dochází při vyšší teplotě, nízké vzdušné vlhkosti a při rychlém proudění

vzduchu. Dalšími jsou ztráta zásobních látek, poškození mykorrhizy, zapaření či poškození mrazem. Jako podmínky pro bezpečnou manipulaci se sadebním materiálem uvádí Mauer (2011) tyto:

- rostliny v dormanci,
- rostliny ve tmě,
- teplotu vzduchu s mezní hranicí od  $-1,5\text{ °C}$  do  $6\text{ °C}$  s optimem  $0\text{ °C}$  až  $2\text{ °C}$ ,
- relativní vzdušnou vlhkost nad 90 %,
- odvedení vyzářeného tepla rostlinami.

Vyzvedávání sadebního materiálu lze provádět v různých ročních obdobích. Na jaře je vhodné pro všechny dřeviny v době, kdy jsou teploty nad  $5\text{ °C}$  a rostliny jsou nenarašené. Letní vyzvedávání lze provádět od poloviny srpna do poloviny září, kde rostliny musí mít alespoň částečně zdřevnatělou nadzemní část. Toto je vhodné pouze pro jehličnany a jedince nelze skladovat ani zakládat. Vyzvedávání na podzim je vhodné pro všechny druhy dřevin, budou-li v tomto období vysázeny nebo dlouhodobě skladovány. Od poloviny října lze takto vyzvedávat listnáče a modřín, které lze dále skladovat či zakládat jeden týden. Je nutné, aby měly rostliny zdřevnatělou nadzemní část a suché listy. Ostatní druhy dřevin lze vyzvednout pouze v případě, že budou přes zimní období skladovány. V době vyzvedávání je nutné, aby se půda sypala a netvořila hroudy. Hloubka vyzvedávání je dána velikostí kořenového systému, kde se úkon provádí cca 5 centimetrů hlouběji oproti hloubce kořenového systému. Nutné je i zabránit vysychání, kdy je vhodné vyzvedávat sadební materiál v chladném a bezvětrném počasí. Samotné vyzvedávání lze provádět ručně nebo mechanizovaně. Ruční se provádí u plnosíjí, vyzvedávání náletových dřevin, poloodrostků a odrostků. Mechanizované lze provést u sadebního materiálu s nadzemní částí delší než 20 centimetrů. Dále se provádí třídění, u kterého je nutné, aby bylo provedeno v co možná nejkratším čase a nedošlo před poškozením nebo vysycháním kořenů. Lze takto vykonávat přímo na záhonech za vhodných podmínek počasí či v manipulačních halách. Vytríděný sadební materiál musí odpovídat legislativě, který se dále svazkuje. Transport sadebního materiálu je pak možno přepravit bez ochrany kořenového systému nebo s ochranou (Mauer 2009). U přepravy s ochranou kořenů se používají antidesikační prostředky, kalení sazenic, transport v přepravkách nebo přebaly kořenového systému. Dále se využívá ochrany nadzemní

části či celé sazenice. Při dopravě je nutné šetrné zacházení se sadebním materiálem. Vhodná je přeprava v noci. Přes den pouze za vhodného počasí. Sadební materiál lze zakládat na krátkou dobu nebo jej skladovat (Jurásek et al. 2010). Ke skladování slouží sněžné jámy ke krátkodobému skladování a k dlouhodobému skladování klimatizované sklady, kde je udržována teplota od  $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Mauer 2009).

### **3.3.4 Výsadba sazenic**

V dnešní době je při umělé obnově v majoritním zastoupení právě výsadba sazenic oproti porostní síji (Kovář et al. 2013). Je tudíž nejrozšířenějším způsobem obnovy lesa (Mauer 2009). Jako hlavní výhody výsadby sazenic vidí Poleno et al. (2009):

- nezávislost na stavu obnovovaného porostu a zralosti půdy,
- nezávislost výskytu semenných roků,
- zvyšování genetické kvality,
- rychlejší překonávání nebezpečí v juvenilním stadiu.

Naproti tomu jako nevýhody výsadb uvádějí Vacek et al. (2021) tyto:

- vysoký kapitálový vklad na začátku produkční doby,
- riziko ztráty z šoku sazenic po vysazení,
- problematická výsadba na silně kamenitých půdách.

Kovář et al. (2013) uvádí důležité aspekty, kterým je zapotřebí věnovat pozornost před samotnou výsadbou. Jsou jimi: doba výsadby, vhodný způsob, volba dřeviny, volba druhu sazenic, volba sponu a počtu na 1 ha, péče o vysazené kultury.

#### **3.3.4.1 Doba výsadby**

Nejlepší dobou pro výsadbu je počátek period růstu kořenů. Výsadbu lze provádět opět v několika různých obdobích. Jarní výsadba je vhodná pro všechny druhy dřevin, ideální je období, kdy je rozmrzlá a dostatečně vlhká půda a nehrozí mrazy. Letní výsadby lze provádět od poloviny srpna do poloviny září. Vhodné jsou pouze u jehličnanů, kde je nejlépe snáší smrk s výjimkou modřínu. Ovšem v dnešním období nepříznivých klimatických podmínek v letních měsících jde o velmi rizikové období pro provádění výsadb. Je zapotřebí tedy kvalitního sadebního materiálu, rychlé výsadby a provádění výsadb do vlhké půdy na chráněném stanovišti



s ochranou proti škodám zvěří (Mauer 2009). Od poloviny října do listopadu či prosince lze provádět podzimní výsadby vhodné pro listnáče a modřín. Zalesnění lze provádět až do počátku mrazů, kdy končí růst kořenů listnatých dřevin. Sadbu je nutno provést důsledně a hlouběji, aby se zabránilo vymrzání sazenic (Kovář et al. 2013).

#### **3.3.4.2 Vhodný způsob zalesnění**

Způsob výsadby dnes můžeme rozdělit na ruční a mechanizovaný. Do kategorie ruční sadby řadíme štěrbínovou, jamkovou a vyvýšenou (Repáč et al. 2017).

##### **3.3.4.2.1 Jamková sadba**

Je jednou ze základních způsobů pro umělou obnovu lesa. Velikost jamek se odvíjí podle velikosti a tvaru kořenového systému sazenice. Provádí se za pomoci sekeromotyky, kterou se strhne vrstva buřene, prokope a promíchá zemina a vyhloubí se vhodná jamka odpovídající pro zvolený druh sadebního materiálu dle tvaru jeho kořenového systému. Ten je zapotřebí rozprostřít do přirozené polohy, aby nedocházelo k jeho deformaci. Na závěr se jamka zasype zeminou a přimáčkne tak, aby se sazenice při zatažení za terminál nehnula (Bušina, Hrdina 2016).

##### **3.3.4.2.2 Štěrbínová sadba**

Po jamkové sadbě se jedná o druhý nejčastější způsob používaný při zalesňování. Je rychlejší a méně pracná, není nerušeno vztlínání spodní vody a je zajištěn větší kontakt kořenů s půdou. Nelze ji ovšem použít na všech stanovištích a u všech druhů dřevin. Provádí se za pomoci sazeče. Při tomto způsobu sadby zůstávají půdní struktura a půdní horizonty zcela beze změny. Při umístění sadebního materiálu do štěrbin nesmí docházet k deformacím kořenového systému. Sadbu provádějí dva pracovníci, kdy jeden manipuluje se sazečem a druhý se sadebním materiálem (Mauer 2009).

##### **3.3.4.2.3 Vyvýšená sadba**

Při tomto způsobu sadby se vysazují sazenice do uměle navržené zeminy ve tvaru kopečku nebo záhrobce (Poleno et al. 2009). V tomto případě se tedy nachází kořenový systém nad původním půdním povrchem (Mauer 2009).

Výsadbu krytokořenného sadebního materiálu lze použít na těžko zalesnitelných půdách. Je zapotřebí, aby kořenový bal zůstal vždy neporušený. Rozložitelné obaly ponecháváme (Bušina, Hrdina 2016). Do jamky se sazenice umisťují tak, aby se povrch obalu nacházel mírně pod úrovní jamky. Velikost jamek volíme dle velikosti sadebního materiálu. Lze použít sekeromotyky či sázecí hole (Poleno et al. 2009).

V minulosti se také vyvíjela možnost výsadby za pomoci mechanizačních prostředků, která měla předpoklady usnadnit práci spojenou s vysazováním sazenic. Při použití mechanizace bylo možno snížit náklady na výsadbu sazenic. Nicméně je použití mechanizačních prostředků z technického hlediska velmi náročné zejména v nepřipraveném terénu. Proto byla mechanizace používána na zalesnění nelesních pozemků či pozemků s náročnou přípravou půdy (Poleno et al. 2009). Jako technologie lze použít buďto jamkovače nebo sázecí stroje. Obě technologie je vhodné použít na lehkých písčitých a hlinito-písčitých půdách bez terénních či půdních překážek nebo pro zalesnění nelesních půd. Jamkovače mohou být ruční motorové, adaptéry na motorových pilách a nesené na traktoru. Velikost vrtáku k použití pro výsadbu se odvíjí dle vyspělosti sazenice a její velikost kořenového systému a také podle typu stanoviště, kde se má výsadba provádět. Nevhodná jsou stanoviště ovlivněná vodou. Sázecí stroje jsou nesené traktorem a je tedy nutné, aby byl terén pro traktor dostupný a sjízdný. Nejčastěji je nelze použít z důvodů ponechání vysokých pařezů po těžbě a výskytu těžebních zbytků po ploše určené k obnově. Sázecí stroje vytváří souvislé klínovité štěrbiny nebo napodobují kývavý pohyb ramene jako při práci s motykou při výsadbě. K úspěšnému zalesnění je zapotřebí správná hloubka výsadby a uzavření štěrbiny. Při špatném postupu hrozí deformace kořenového systému (Kovář et al. 2013).

#### **3.3.4.2.4 Volba druhu dřeviny a sazenic**

Pro správnou volbu dřeviny je nutné znát charakter holiny, kde má obnova proběhnout, zejména co se týče stanovištních poměrů o jaký lesní typ se jedná a jeho cílovou druhovou skladbu. Důležité pro rozmístění jednotlivých druhů dřevin jsou růstové a klimatické podmínky, ekologické nároky a vlastnosti dřevin a stav okolního porostu. Vyspělé a kvalitní sazenice je nutno použít na místech se špatnými

stanovištními podmínkami. V normě ČSN 48 2115 jsou uvedeny parametry standardních výsadbyschopných druhů sadebního materiálu pro jednotlivé druhy dřevin. Semenáčky borovice a modřínu je vhodné použít pro zalesnění lehkých písčitých půd, kde nehrozí nebezpečí buřeně a je zde dostatek srážek. Nejčastěji používaným sadebním materiálem jsou školované a podřezávané sazenice. Vyspělé sazenice a poloodrostky se hodí pro zalesnění obtížně zalesnitelných ploch se silnou buřenou a k doplnění starších kultur. Odrostky lze efektivně využít pro osázení alejí či doplnění kultur melioračních a zpevňujících dřevin. Obalované sazenice, jak již bylo zmíněno, se hodí pro výsadby na obtížně zalesnitelných, degradovaných, minerálně chudých půdách se silnou buřenou (Kovář et al. 2013).

#### **3.3.4.2.5 Volba sponu a počtu sazenic na 1 ha**

Sazenice se většinou vysazují v pravidelných rozestupech – sponech. Mezi nejpoužívanější se řadí spon čtvercový, obdélníkový a trojúhelníkový. U sponů čtvercových a obdélníkových je plocha vymezená sponem identická s disponibilní plochou pro jednu sazenici – lůžko sazenice. To ovšem neplatí pro spon trojúhelníkový, kde je lůžkem sazenice šestiúhelník, který je dvojnásobkem plochy sponového obrazce. Spony o stejné délce stran jsou příznivé pro využívání disponibilní plochy, obdélníkové usnadňují samotnou výsadbu a přípravu půdy, ale i péči o mlaziny. Při trojúhelníkovém sponu se lépe využívá disponibilní prostor, kde všechny rozestupy mají stejnou vzdálenost od sousedících jedinců (Poleno et al. 2009). Vyhláška č. 456/2021 Sb. (2021) stanovuje minimální počty jedinců v tisících kusech pro jednotlivé druhy dřevin na jeden hektar pro obnovu lesních porostů.

#### **3.3.4.2.6 Použití hydrogelu při výsadbě**

V důsledku změn klimatu a s tím souvisejících výskytů period sucha čelí dřeviny synergickému působení negativní vlivů, které velkou měrou přispěly k rozsáhlému průběhu kůrovcové kalamity. Na kalamitních holinách dochází následně k extrémním podmínkám, které jsou mnohdy nepříznivé pro odrůstání nových výsadeb. Pro lepší ujímavost sadebního materiálu a jeho následné odrůstání se jeví jako jedno z možných řešení použití hydrogelů, které dokáží absorbovat 100násobek až 400násobek své hmotnosti a uvolňují vodu v průběhu suchého období a jsou také schopny pojmout vodu z půdy (Macků et al. 2022). Použití hydrogelu má v současné

době značný potenciál přispět k vyššímu úspěchu zalesňování a snížit tak vysoké riziko nezdaru zalesnění (Repáč et al. 2017). Způsobů aplikace hydrogelu je několik: aplikace práškového hydrogelu lokálně pod kořenový systém sazenice, aplikace směsi hydrogelu a vody pod kořen dřeviny, máčení kořenového systému dřeviny v hydrogelu a aplikace tablet s hydrogelem do jamek pro sazenice. Nejlépe a nejsnadněji aplikovatelné se jeví použití formy směsi hydrogelu a vody pod kořeny sazenice a použití tablety s hydrogelem (Macků et al. 2022).

### **3.3.5 Ochrana nárostů a kultur**

Vedle konkurenční vegetace existuje celá řada činitelů, kteří mají na odrůstání nárostů a kultur negativní vliv. Jsou jimi činitelé biotičtí (zejména lýkohubi, klikoroh, lalokonosci a zvěř) a činitelé abiotičtí. Důležitá jsou také preventivní opatření. Zásadní je používání zdravých a vitálních sazenic, které mohou lépe překonat poškození (Poleno et al. 2009).

#### **3.3.5.1 Klikoroh borový (*Hylobius abietis*)**

Jedním z nejzávažnějších škůdců na výsadbách je právě klikoroh borový, který škodí zejména na sazenicích smrku a borovice. Vývoj klikorooha probíhá v čerstvých pařezech na vzniklých holosečích po těžbě (MZe, VÚLHM 2015). Škody jsou způsobeny čůčkovitým okusem imag při zralostním žíru na kořenových krčcích a kmíncích v období od dubna do září. U silnějších žíru sazenice uhynie. Jedním z preventivních opatření je ponechání pasečného klidu před umělou obnovou, který může být ovšem v rozporu se zákonem č. 289/1995 Sb. o lesích. Dalším vhodným preventivním opatřením je využívání podrovního způsobu hospodaření. Sazenice je také vhodné ošetřit insekticidy. Existují i další možnosti ochrany, jako je např. voskování, pískování (Švestka et al. 1998).

#### **3.3.5.2 Ochrana proti negativním vlivům buřeně**

Pro úspěšné odrůstání kultur je důležité aktivní tlumení buřeně. Buřeně lze tlumit mechanicky nebo chemicky (Zahradník et al. 2014). Jedná se o nákladnou operaci, která je ovšem nezbytně nutná pro úspěšnou obnovu lesa. Kultura je zajištěná v případě, kdy odroste negativním vlivům buřeně. Buřeně se začíná rozvíjet v momentu, kdy začne dopadat světlo na povrch půdy. Negativních vlivů buřeně

na obnovu je celá řada, např. konkurence o živiny, vodu a světlo, negativní účinky kořenových exudátů, zalehávání sazenic – v případě vyšší buřeně zejména v zimním období (Mauer 2009).

#### **3.3.5.2.1 Mechanické hubení buřeně**

Stanovištní podmínky, druh a intenzita zaplevelení a stav ošetřované kultury jsou důležitými ukazateli pro volbu mechanické obrany. Mezi způsoby hubení buřeně řadíme:

- ruční ožínání, které se využívá pouze pomístně formou vytrhávání plevelu,
- mechanické ožínání za pomoci křovinořezu, které lze provádět celoplošně, pásově nebo ploškově (individuálně), kde je nadzemní část buřeně eliminována,
- ošlapávání, které má ovšem oproti ožinu nižší intenzitu,
- mulčování, při kterém se rozprostírá hmota okolo sazenice zabraňující růstu buřeně.

Zásadní roli při těchto úkonech hraje lidský faktor, kde je zapotřebí dbát na šetrné zacházení s mechanizací, aby nedocházelo ke ztrátám sadebního materiálu. Právě proto je snadnější práce na rozvolněných a přehlednějších plochách. Vliv na úspěšnost ožinu má také druh a intenzita zaplevelení, např. třtiny – *Calamagrostis* spp. mohou po ztrátě vytvářet výrazně větší objem nadzemní biomasy, který má na kulturu negativní vliv. Je tedy vhodnější na plochách silně zabuřeněných využívat chemického způsobu eliminace buřeně nebo způsobu kombinovaného (Zahradník et al. 2014).

#### **3.3.5.2.2 Chemické hubení buřeně**

Jako v předchozím případě jsou zde rozhodujícími faktory pro volbu správné technologie: druh a zastoupení cílové dřeviny v kultuře, druh a intenzita zaplevelení, možnost použití selektivního herbicidu, nasazení vhodné technologie při použití neselektivního herbicidu, lokální a stanovištní podmínky a klimatické podmínky na dané lokalitě v určitém čase. Zásadní roli hrají – druh dřeviny, druh plevelu a vhodný herbicid (Zahradník et al. 2014). Principem tohoto způsobu eliminace buřeně

je použití chemických látek. Při použití herbicidů by měly být použité ty bez reziduálních účinků a jejich množství by mělo být minimalizováno (Mauer 2009).

### **3.3.5.3 Ochrana kultur proti škodám zvěři**

Postupně se v průběhu minulých let v našich lesích zvyšovaly stavy spárkaté zvěře, což nyní má negativní vliv na obnovu lesa, kde je problém s vysokým množstvím škod způsobených právě zvěří. V dnešní době je obnova a pěstování lesů zejména smíšených a listnatých velmi nákladnou záležitostí, poněvadž je zde zapotřebí vynaložit více finančních prostředků na patřičnou obranu proti zvěři. Škody, které způsobuje zvěř na lesních porostech jsou problémem trvalým a je třeba přistoupit k redukci spárkaté zvěře s daleko větším úsilím. Na samotný vznik škod má vliv hned několik faktorů, jako např. početnost zvěře, úživnost prostředí a specifické nároky zvěře na potravu a prostředí (Poleno et al. 2009). Zejména mladé lesní kultury a porosty chráníme proti okusu, vytloukání, ohryzu, loupání a vytahování. Způsobů ochrany proti škodám zvěři je několik – ochrana mechanická, chemická, biologická a kombinovaná (Kovář et al. 2013).

#### **3.3.5.3.1 Mechanická ochrana proti zvěři**

Princip tohoto typu ochrany spočívá v zabránění přístupu zvěři k obnovované ploše. Nejběžněji používaným typem ochrany jsou oplocenky, jejichž výměra se běžně pohybuje od 0,1 do 1 ha. Jako materiál se na oplocenku používá dřevo, zejména na kůly nebo mohou být oplocenky celodřevěné, což je velmi nákladným způsobem ochrany (Mauer, Leugner 2014). Běžnější kombinací je oplocenka s dřevěnými kůly a drátěným pletivem. Výšku plotu navrhujeme dle zvěře pohybující se v okolí a podle výšky sněhové pokrývky, která se zde každoročně vyskytuje. Výška plotu většinou nepřesahuje 2 – 2,5 m. Sadební materiál lze chránit i individuálně pomocí různých typů oplůtků, např. dřevěných či plastových tubusů (Švestka et al. 1998).

#### **3.3.5.3.2 Chemická ochrana proti zvěři**

Chemická ochrana je typem ochrany v ČR hojně používaným. K jejímu provedení se používají repelenty, zvláště k ochraně kultur neoplocených. Je zapotřebí, aby bylo spektrum repelentů obměňováno, neboť se dokáže zvěř na často používaný přípravek adaptovat. Repelenty musí být neškodné vůči dřevinám, na které mají být aplikovány. Aplikace se provádí postříkem nebo nátěrem. Pro repelenty, které je

možno k ochraně použít existuje Seznam registrovaných přípravků na ochranu lesa vydávaný Státní rostlinolékařskou správou. Nátěr nebo postřik aplikujeme v době vegetačního klidu. Aplikace postřikem je oproti nátěrům hygieničtější a také umožňuje větší pracovní výkon, ale je vyšší spotřeba přípravku. Repelenty se neaplikují za deště a na námrazou obalené sazenice (Poleno et al. 2009).

### **3.3.5.3.3 Biologická ochrana proti zvěři**

Primárním úkolem tohoto typu ochrany je zvyšování přirozené úživnosti prostředí k zabránění škod zvěří. V minulosti zvyšování podílu smrku a tvorba smrkových monokultur příliš situaci neprospěla. Vliv na přirozenou úživnost lesů má také hospodářský způsob, kde pro zvěř je příznivější podrostní. Nutné je také udržet zvěř v počtech odpovídajících úživnosti prostředí. Většinou jsou ovšem vyšší, než je žádoucí. Za ideální poměr pohlaví se u zvěře považuje 1:1, což se v dnešní době příliš nedaří dodržet a stavy takto narůstají. Zvyšovat úživnost lze např. změnou dřevinné skladby, zakládáním políček, luk, výsadbou okusových a plodonosných dřevin a samozřejmě také příkrmováním zvěře zejména v zimním období. Zvěř lze také lákat v zimě do přezimovacích obůrek ke snížení či zabránění škod (Poleno et al. 2009).

### **3.3.5.3.4 Ochrana proti abiotickým škodám**

V celkovém měřítku oproti předešlým kategoriím mají škody vzniklé abiotickými činiteli poměrně malý význam. Mezi nejvýznamnější činitele zde řadíme holomráz, pozdní mráz, sněhový útlak, krupobití a lesní požáry. Většinou se vyskytují pouze lokálně. Zmírnit dopady škod lze především vhodnými pěstebními opatřeními, v nejmladších porostech pak vhodným obnovním způsobem, kterým je zde podrostní. (Poleno et al. 2009).

## **3.4 Typologické podklady pro pěstování lesů**

### **3.4.1 Přírodní lesní oblasti**

Přírodní lesní oblasti jsou souvislá území s obdobnými růstovými podmínkami pro les. Česká republika je rozdělena celkem do 41 přírodních lesních oblastí. Označují se zkratkou PLO a příslušným číslem (Kovář et al. 2013). Každá přírodní lesní oblast má své specifické charakteristiky, jako např. úhrn srážek, teplotu, délku vegetačního

období a spektrum půdních typů. Pro PLO se zpracovávají oblastní plány rozvoje lesa (Kantor 2014).

### **3.4.2 Hospodářské soubory**

Hospodářské soubory jsou jednotkou diferenciací hospodaření v lesích. Při jejich vymezení se vychází z rámcového vymezení cílových hospodářských souborů, z funkčního zaměření lesů a ze stavu lesních porostů. Prvním dvojčíslem je označen CHS a třetím číslem porostní typ (Vyhláška 298/2018 Sb.).

#### **3.4.2.1 CHS 45**

Tento cílový hospodářský soubor je charakterizován příznivými terénními podmínkami, vyvinutými hlinito-písčitými půdami na živném podloží. Zastoupené soubory lesních typů jsou zde: 3-4S, 3-4B, 3-4H, 3-4D. Porosty s průměrnou až nadprůměrnou produkcí ohrožené buřením a zhoršenou stabilitou smrkových porostů (Svoboda et al. 2015).

#### **3.4.2.2 CHS 47**

Stanoviště s vodou ovlivněnými půdami na bohatém podloží s SLT 3V a 4V a stanoviště s vodou ovlivněnými kyselými a svěžími půdami s SLT 3O, 4O, 4P. V obou případech jsou stanoviště ohrožena větrem, zamokřením a výskytem mrazových poloh. Nachází se zde porosty s nadprůměrnou produkcí (Svoboda et al. 2015).

## **3.5 Obnova kalamitních holin**

Vznik kalamitních holin je zapříčiněn biotickými a abiotickými činiteli kalamitního rozsahu. Na těchto plochách panují velmi nepříznivé podmínky, charakteristickými výkyvy teplot jak v ročních obdobích, tak i během dne, silným prouděním větru, terénními překážkami, půdní erozí, nástupem buřene. Dochází k synergickému působení těchto nepříznivých faktorů (Kovář et al. 2013).

Od roku 2015 dochází v důsledku kůrovcové kalamity ke zvyšování produkce sadebního materiálu k obnově kalamitních holin. Došlo ke změně druhové skladby produkovaného sadebního materiálu. Znatelný je výrazný pokles smrku a naopak nárůst dubu, buku, javoru a olše. Při obnově je vhodné využití různé druhové skladby v kombinaci cílových a přípravných dřevin (ÚHÚL 2022).



### **3.5.1 Legislativa obnovy lesa**

Zákon č. 289/1995 Sb. o lesích ukládá vlastníkům lesů vzniklou holiny do 2 let zalesnit a do 7 let zajistit. Od roku 2020 platí opatření obecné povahy Ministerstva zemědělství, které umožňuje kalamitní holinu zalesnit do 5 let a do 10 let zajistit (Mze 2020). Dále vyhláška č. 456/2021 Sb. stanovuje jednotlivé parametry obnovovaných, zalesněných a zajištěných pozemků.

### **3.5.2 Jednofázová obnova**

Jednofázová umělá obnova se zdá být na kalamitních holinách náročnou, co se týče požadavků na sadební materiál. Zvyšují se postupem času i náklady na vylepšování založených porostů (Leugner 2019). V důsledku nepříznivých podmínek prostředí na kalamitních holinách vykazují dřeviny pomalý růst a velmi často vysokou mortalitu (Vacek, Balcar 2004). Porosty jsou často vylepšovány a péče o ně je komplikovaná (Souček et al. 2016). Obnovu přímým vysazením cílových dřevin lze preferovat na bohatších stanovištích s příznivými terénními podmínkami. Nutné je dodržet stanovištní vhodnost a podíl MZD dle vyhlášky 298/2018 Sb. Při velikosti holiny nad 10 ha je vhodné rozčlenit porosty pruhy rychlerostoucích dřevin pěstovaných ve zkráceném obmýtí (Leugner 2019).

### **3.5.3 Dvoufázová obnova**

Při dvoufázové obnově se využívá dřevin přípravných, které mají pozitivní vliv zejména na půdu, kde svým opadem zlepšují stav půdy. Základními vlastnostmi pionýrských dřevin jsou: rychlý počáteční růst, schopnost dobře se šířit, snesou přímé oslunění (Poleno et al. 2009). V první fázi se vytvoří porost pionýrských dřevin a ve druhé se doplní cílovými dřevinami. Tento postup lze použít i s využitím přirozené obnovy. Zásadní faktory pro použití způsobu dvoufázové obnovy jsou – podmínky stanoviště, stupeň zabuřnění a přítomnost mateřských stromů (Leugner 2019). Uplatnění dvoufázové obnovy vidí Souček et al. (2016) v několika případech:

- nedostatek personálních kapacit pro přímou obnovu a nedostatek sadebního materiálu,
- problém při obnově s buřením a mikroklimatickými podmínkami,

- omezení tvorby rozsáhlých stejnověkových porostů. Zde je problém zejména do budoucnosti, kdy by mohly být náchylné k rozpadu (Martiník et al. 2016).

### 3.5.4 Druhá skladba pro obnovu kalamitních holin

Cílem obnovy kalamitních holin je vytvořit bohatě věkově, druhově i strukturovaně pestré porosty s odpovídajícími stanovištními nároky s vysokou ekologickou stabilitou (Poleno et al. 2009). Návrh druhové skladby je dle Mlčouška et al. (2020) následující – využití přípravných dřevin na velkých holinách, vyrovnané zastoupení jehličnatých a listnatých dřevin, podíl geograficky nepůvodních dřevin maximálně 20 %, podíl dřevin s vysokou meliorační schopností až 20 %, minimálně čtyři druhy dřevin, ve 3. a 4. LVS omezit pěstování smrku pouze na vhodná stanoviště. Aktivní pěstování smrku od 5. LVS s následujícími parametry:

- v 5. LVS smrk do 30 % a jehličnany do 50 %,
- v 6. LVS smrk do 50 % a jehličnany do 65 %,
- v 7. LVS smrk do 60 % a jehličnany do 75 %.

### 3.6 Olše lepkavá (*Alnus glutinosa*)

Strom vlhkých nížinných až podhorských stanovišť s tmavou brázditou borkou. Dorůstá výšky 20–35 metrů a dožívá se 100 let. Tvoří pařezové výmladky. Jedná se o světlomilnou dřevinu. Vyžaduje dostatek vláhy v půdě, vyskytuje se i na stanovištích se stagnující vodou. Prospívá na humózních, vlhkých a provzdušněných půdách. Za typická stanoviště lze považovat břehy pomalu tekoucích vod, tůní, rybníků a lesních močálů. Nejvíce zastoupena v oblasti měkkého luhu (Musil 2005). Přispívá také k vysoušení zamokřených stanovišť. Opadem zlepšuje kvalitu chudých půd (Buriánek et al. 2015). Typicky je součástí smíšeného listnatého lesa (Claessens et al. 2010). V ČR je vyskytuje do nadmořské výšky max. 850 m a celkově je rozšířena v Evropě a okraji západní Asie (Musil 2005).

### 3.7 Modřín opadavý (*Larix decidua*)

Plastická pionýrská dřevina hor i nižších poloh. Snáší drsné klima – u nás dostatečně odolná. Má vyšší nároky na úživnost a vlhkost půdy. Může dosahovat výšky 50 metrů a je rychlerostoucí dřevinou. Koruna je řídká a kuželovitá. Kmen je

přímý s mírnou kmenovou výmladností, borka je hrubá a rozpraskaná. Dřevo má zřetelné červenohnědé jádro. Kořenový systém je zpočátku kulový, poté je hlavní kořen nahrazen postranními srdcovitě rostoucími. V mládí má rychlý růst, který zpomaluje ve 20 letech. Modřín je značně proměnlivou dřevinou v morfologických znacích a ekologických nárocích. Rozlišujeme tedy alpské, karpatské, polské a sudetské klimatypy modřínů. V mládí trpí zejména škodami zvěří, problémem jsou také námrazy a těžký sníh při lámání větví. Vyskytuje se ve střední Evropě, Karpatech s výrazně disjunktním areálem (Musil 2005).

### **3.8 Javor mléč (*Acer platanoides*)**

Strom s přímým kmenem a hustou korunou. Dorůstá výšky 20 – 30 metrů. Borka je síťovitě rozbrázděná. Jedná se o dřevinu odolnou proti větru díky krátkému kulovitému kořenu s kořeny bočními. Do 60 let je velmi dobrá pařezová výmladnost. Javor mléč je polostinnou dřevinou, kde zástin snáší v mládí. Je odolný vůči mrazu a roste na hlinitých, bohatých minerálních (i dusíkem) půdách s vyšší příměsí skeletu. Převážně roste v suťových a roklinových lesích, květnatých bučinách a v nezaplavovaných částech tvrdého luhu. V ČR se vyskytuje od nížin a pahorkatin do podhorských poloh, max. 730 m n. m. V Evropě se vyskytuje v jižní a střední části, dále v malé Asii a na Kavkazu (Musil 2005).

### **3.9 Dub zimní (*Quercus petraea*)**

Strom dorůstající až 40 metrů výšky s protáhlou a nepravidelnou korunou a rovným kmenem. Chybí výrazný kulový kořen. Projevuje se silná pařezová výmladnost. Jedná se o hlavní dřevinu původních doubrav a nižších pahorkatin (Musil 2005). Vyskytuje se v západní, střední a jihovýchodní Evropě. Izolované areály jsou na Krymu a na Kavkaze. V ČR rozšířen ve druhém LVS. Výškové maximum je 850 m n. m. Na rozdíl od dubu letního má menší nároky na minerální bohatost a hloubku půdy. Nesnáší mokré a oglejené půdy. V lužních oblastech chybí (Buriánek et al. 2015). Má vyšší nároky na světlo. Jedná se o dřevinu s vysokou citlivostí vůči pozdním mrazům (Eaton et al. 2016).

### 3.10 Pěstování lesa v kontextu klimatických změn

S nástupem klimatické změny se mění růstové podmínky lesních porostů. Důležitou úlohou lesních porostů bude zejména sekvestrace vzdušného uhlíku (Pokorný 2013). Významně budou ovlivněny klimatické podmínky jednotlivých stanovišť a to jak negativně, tak i pozitivně. Ovlivňovat růst bude zvýšená koncentrace CO<sub>2</sub> (Vacek et al. 2021). Dále se se změnou klimatu změní další faktory, jako je obsah vody v půdě, teplota půdy a vzduchu a jeho vlhkost. Klimatické změny budou mít i vliv na délku vegetačního období (Williamson et al. 2009). V důsledku nedostatku srážek se budou vyskytovat častější a déle trvající periody sucha, které s sebou ponесou velké riziko pro ekologickou stabilitu, růst a vitalitu lesních ekosystémů (Kolström et al. 2011). Z toho by měla vyplynout změna potenciálů jednotlivých stanovišť pro pěstování lesních porostů. Nároky jednotlivých dřevin se sníží o dva vegetační stupně směrem k nejnižšímu, posunem stanovištních podmínek. Horší podmínky nastanou pro pěstování smrku ve středních polohách. V souvislosti s klimatickou změnou lze předpokládat zvýšený výskyt biotických činitelů. Podle scénáře k roku 2030 by mohlo dojít ke snížení kompetiční schopnosti buku a snížení produkce. V rámci adaptace na klimatickou změnu záleží na resistenci a resilienci jednotlivých druhů. Pro lepší adaptaci lesních porostů na klimatickou změnu je třeba dbát na zvýšení diverzity dřevin, zvýšení strukturální diverzity, zvýšení genetické variability v rámci druhů lesních dřevin, zvýšení odolnosti vůči biotickým a abiotickým stresovým faktorům, přeměnu vysoce rizikových porostů, udržení relativně nízké zásoby porostů. Do budoucna bude výhodný přístup přírodě blízkého pěstování lesů se skupinovým výběrem (Vacek et al. 2021). Zejména tvorba vhodných porostních směsí a poměr dřevin mohou výrazně zvýšit produkční potenciál a budou lépe odolávat klimatickým výkyvům, suchu, biotickým škodlivým činitelům a znečištění oproti monokulturám (Pretzsch et al. 2010).

## 4 Metodika

### 4.1 Charakteristika území

Zájmové území se nachází v Kraji Vysočina, okrese Třebíč, ORP Třebíč, katastrálním území Valdíkov. Pozemky jsou v majetku České republiky a hospodaří zde Lesy České republiky, s.p. Území se nachází v přírodní lesní oblasti č. 33 – Předhoří Českomoravské vrchoviny a v klimatické oblasti MT5 dle Quitta s počtem letních dnů 30–40 a s úhrnem srážek ve vegetačním období 350–450 mm. Nachází se ve čtvrtém lesním vegetačním stupni s nadmořskou výškou od 465 do 476 m. Převládající cílové hospodářské soubory jsou zde 45 a 47 s dominantními lesními typy 4S, 4B, 4V, 4O (Lesprojekt Východní Čechy, s.r.o. 2020).

Z hlediska klimatických charakteristik na meteorologické stanici Velké Meziříčí lze konstatovat, že rok 2023 ve srovnání s lety 1961 až 2022 byl relativně extrémní. Průměrné měsíční teploty byly ve všech měsících (leden až říjen) vyšší o 0,5 až 4,3 °C. Velké plusové rozdíly v roce 2023 byly v lednu (4,3 °C), v září (3,7 °C), v červenci (2,6 °C) i v únoru a březnu (1,9 °C) – (viz. Tabulka 1).

Tabulka 1: Průměrná měsíční teplota na stanici Velké Meziříčí (°C).

Stanice	Měsíc												Rok
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
Velké Meziříčí 1961-2022	-2,6	-1,0	2,5	7,8	13,4	16,4	17,9	17,2	12,5	7,6	2,9	-1,2	7,8
Velké Meziříčí rok 2023	1,7	0,9	4,4	6,5	12,9	17,5	20,5	18,9	16,2	10,4	3,6		

Též průměrné měsíční úhrny srážek byly značně nevyrovnané a extrémní. Srážkově podnormálně nejextrémnější byly měsíce září (pouze 16 % dlouhodobého průměru), červenec (pouze 38 % dlouhodobého průměru), červen (pouze 39 % dlouhodobého průměru) a květen (pouze 51 % dlouhodobého průměru). Nižší srážky byly i v říjnu (70 % dlouhodobého průměru) a v březnu (81 % dlouhodobého průměru). Naopak srážkově abnormální byl duben (dokonce 241 % dlouhodobého průměru) – viz. Tabulka 2.

Tabulka 2: Průměrný měsíční úhrn srážek na stanici Velké Meziříčí (mm).

Stanice	Měsíc												Rok
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
Velké Meziříčí 1961-2022	34,9	32,0	36,9	36,7	68,3	72,8	71,4	66,2	48,4	36,5	41,6	37,7	588
Velké Meziříčí rok 2023	36,0	37,2	30,0	88,6	34,7	28,1	26,9	109,4	7,6	25,6	71,7		

U trvání slunečního svitu byly zaznamenány jen převážně plusové odchylky, a to v rozmezí 5 až 48 %. Největší z nich v rozsahu 48 % byla zaznamenána v září. Méně svítilo slunce v lednu, dubnu a srpnu o 18 až 31 % (viz. Tabulka 3).

Tabulka 3: Trvání slunečního svitu na stanici Velké Meziříčí (h).

Stanice	Měsíc												Rok
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
Velké Meziříčí 1961- 2022	40,9	69,4	124,0	177,6	217,5	227,2	240,7	226,1	161,3	109,3	44,0	34,0	1672,1
Velké Meziříčí rok 2023	33,7	76,9	130,0	122,3	234,2	241,1	257,7	191,6	238,0	120,9	56,1		

Ke značnému vysušování lokality přispíval i vítr, a to zejména ve vegetačním období, a to nejvíce v květnu až září.

## 4.2 Založení trvalých výzkumných ploch

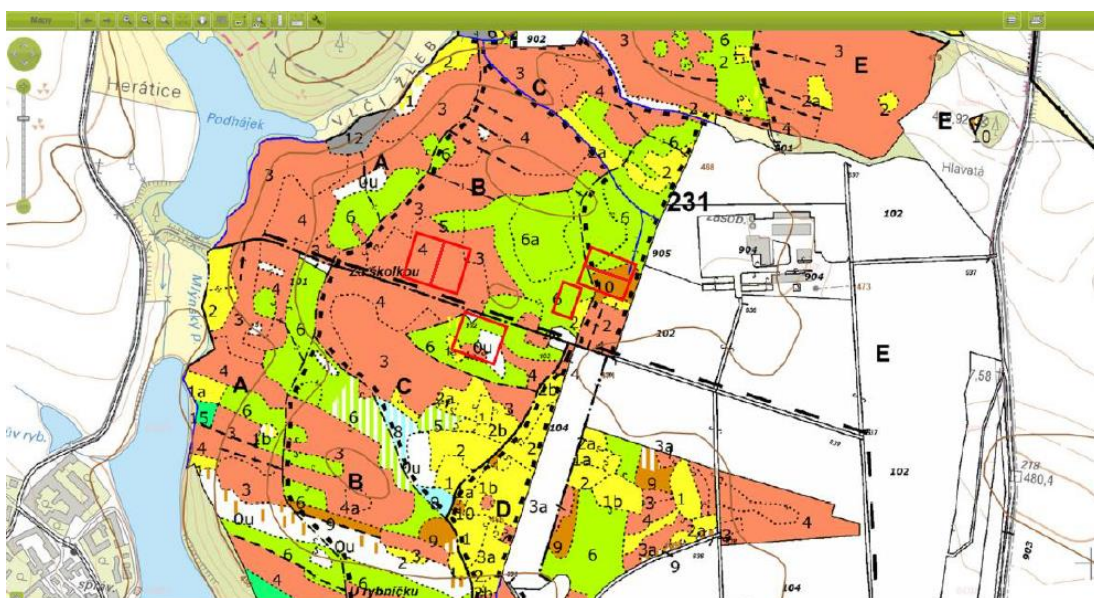
V roce 2020 bylo založeno celkem 6 trvalých výzkumných ploch, kde byly pro umělou obnovu použity dřeviny javoru mléče (*Acer platanoides*) a olše lepkavé (*Alnus glutinosa*). Schéma umístění trvalých výzkumných ploch je na obrázku 1. Pro výsadby bylo využito několika variant hektarových počtů sazenic a velikostí

jednotlivých sponů. Pro každou dřevinu byly stanoveny 3 varianty. Pro javor mléč byly tyto varianty výsadby:

- spon 2×2m a 2500 ks/ha (JV1),
- spon 2×1,4m a 3600 ks/ha (JV2),
- spon 1,65×1m a 6000 ks/ha (JV3).

Varianty pro výsadbu olše lepkavé:

- spon 2×2m a 2500 ks/ha,
- spon 3×2m a 1666 ks//ha,
- spon 2×1,25m a 4000 ks/ha.



Obrázek 1: Umístění trvalých výzkumných ploch (Zdroj: geoportal.lesy.cz).

Plochy pro javor mléč jsou oploceny, pro olši již nikoliv. Z důvodu vysokých ztrát v případě výsadeb javoru byly tyto oplocenky doplněny sadebním materiálem dubu, olše a modřínu. Plochy s výsadbami javoru mléče se nacházejí na CHS 45 a 47. Plochy s olší se nacházejí na CHS 47. Na plochách JV1 a JV2 jsou zastoupeny oba cílové hospodářské soubory v různých velikostech ploch. Na ploše JV3 je CHS 47 zastoupen majoritně.

Mimo tyto plochy byly v areálu bývalé lesní školky Budišov vymezeny oplocené plochy s experimentálními výsadbami domácích druhů dřevin, kde pro tuto práci byly zjišťovány růstové parametry sazenic olše a dubu (obrázek 2).



Obrázek 2: Umístění trvalé výzkumné plochy v bývalé lesní školce Budišov (Zdroj: geoportal.lesycr.cz).

### 4.3 Sběr dat

Data byla sbírána na konci vegetačního období v roce 2023. Na každé ploše byl od každého druhu dřeviny změřen reprezentativní vzorek 35 jedinců, u kterých se měřily následující parametry:

- tloušťka kořenového krčku (mm) – obrázek 4,
- celková výška (cm) – obrázek 3,
- šířka koruny (cm),
- výškový přírůst za poslední vegetační období (cm).
- výška nasazení koruny (cm).

Data byla měřena za pomoci svinovacího metru a posuvného měřítka, následně zapsána do zápisníku a posléze přepsána do softwaru MS Excel k dalšímu vyhodnocení. Celková výška, šířka koruny, výškový přírůst za poslední vegetační období a výška nasazení koruny se měřily s přesností na 1 cm. Tloušťka kořenového krčku se měřila s přesností na 0,1 mm.





Obrázek 3: Měření celkové výšky olše (Zdroj: foto vlastní).



Obrázek 4: Měření kořenového krčku olše (Zdroj: foto vlastní).

V areálu bývalé lesní školky Budišov u sazenic dubu a olše byly měřeny tyto růstové parametry:

- celková výška (cm),
- přírůst za poslední vegetační období (cm),
- tloušťka kořenového krčku (mm).

Zde byla ještě vypočítávána mortalita výsadeb. Naměřená data byla též zapsána do zápisníku a následně přepsána do softwaru MS Excel k dalšímu zpracování.

## **4.4 Vyhodnocení dat**

Jednotlivé růstové parametry byly vyhodnocovány v MS Excel, kde pro každý parametr byly vypočítány průměrné hodnoty u každé dřeviny, zapsány do tabulky a provedena komparace mezi nimi. Pro hodnoty celkové výšky a tloušťky kořenového krčku byla známa naměřená data z předchozích vegetačních období a byl tak pro ně vytvořen sloupcový graf, který navazuje na hodnoty z předchozích let. Data byla měřena na plochách v jednotlivých sponech. V softwaru R byly následně vytvořeny boxploty pro vizualizaci hodnot průměrného přírůstu. Grafické znázornění bylo možné provést u druhů dřevin olše lepkavé a javoru mléče, kde byly známy hodnoty z předchozích let. U ostatních dřevin na plochách označených JV1, JV2 a JV3 byly vypočítány průměrné hodnoty jednotlivých růstových parametrů a následně zapsány do tabulek, kde byla provedena komparace mezi jednotlivými druhy dřevin.

### **4.4.1 Statistické vyhodnocení dat**

Z naměřených údajů byly pro každou plochu a dřevinu vypočteny tyto charakteristiky: průměrná výška, průměrný přírůst, průměrná tloušťka kořenového krčku, průměrná šířka koruny a výška nasazení zelené koruny. Rozdíly mezi jednotlivými variantami z hlediska zkoumaných parametrů byly testovány v programu STATISTICA 12 (StatSoft). Data byla nejprve testována Shapiro-Wilkovým testem normality a poté Bartlettovým testem rozptylu. Při splnění obou požadavků byly rozdíly mezi zkoumanými parametry testovány analýzou rozptylu (ANOVA) a následně Tukey HSD testem. Pokud nebyla splněna normalita a rozptyl, byly zkoumané charakteristiky testovány neparametrickým Kruskal-Wallisovým testem.

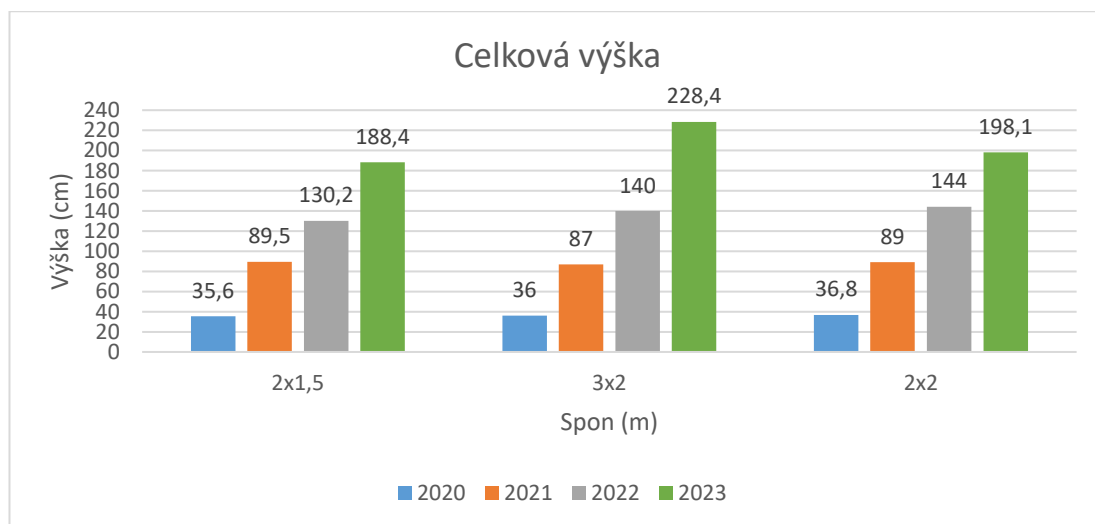
V případě hodnocení pouze dvou variant (dřevin), rozdíly byly testovány t-testem, resp. neparametrickým Mann-Whitney U-test. Vztah mezi výškou obnovy a výškovým přírůstem či tloušťkou kořenového krčku byl hodnocen pomocí Pearsonovy korelace.

## 5 Výsledky

### 5.1 Vyhodnocení růstových parametrů olše lepkavé

#### 5.1.1 Celková výška

Na jednotlivých výzkumných plochách se provádělo měření celkové výšky celkem 35 jedinců za poslední vegetační období.

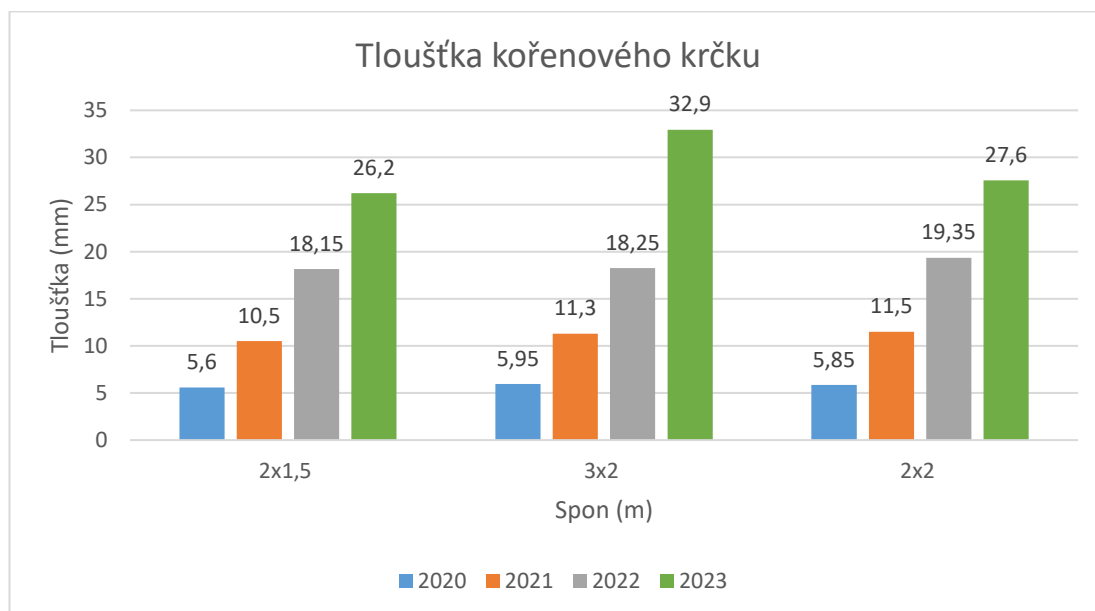


Obrázek 5: Porovnání celkových výšek s předchozími vegetačními obdobími.

Z obrázku 5 je patrný kontinuální nárůst celkové výšky olše lepkavé na CHS 47. Nejvyšší hodnotou celkové výšky je 228,4 cm, která byla zjištěna na ploše se sponem 3×2 metry. Je zde také zaznamenán největší rozdíl v naměřené výšce oproti předchozímu vegetačnímu období. Druhou nejvyšší hodnotou bylo 198,1 cm na ploše se sponem 2×2 metry. Nejnižší hodnota byla zjištěna na ploše se sponem 2×1,5 m, a to 188,4 cm. Na obrázku 5 lze pozorovat vliv velikosti sponu na naměřenou celkovou výšku zejména v posledním vegetačním období, kde nejvyšších hodnot dosahují jedinci na plochách s většími spony. Důležité je také se zmínit o vlivu buřene, která má na oglejených stanovištích značný potenciál, který byl zde ještě posílen sníženými hektarovými počty sadebního materiálu při výsadbách. Nicméně dle naměřených hodnot je patrné, že jedinci vlivu buřene dokáží poměrně dobře odolávat.

### 5.1.2 Tloušťka kořenového krčku

Na stejném počtu jedinců jako u celkové výšky byla také měřena tloušťka kořenového krčku za poslední vegetační období, kde tyto hodnoty byly porovnány s hodnotami z předchozích vegetačních období v následujícím grafu.

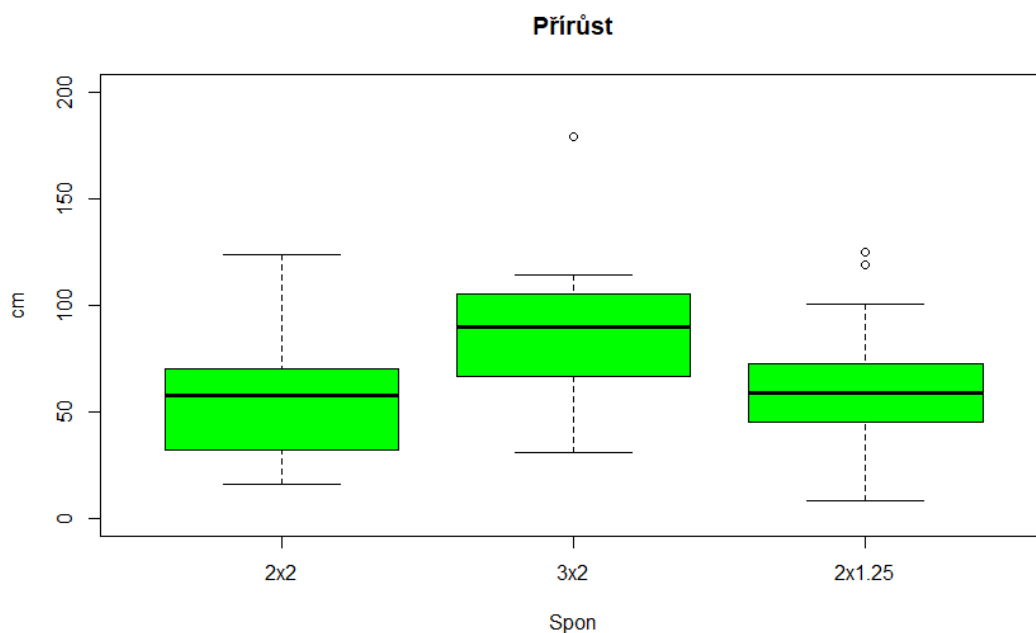


Obrázek 6: Porovnání tlouštěk kořenových krčků s předchozími vegetačními obdobími.

Na obrázku 6 jsou viditelné nárůsty tlouštěk kořenových krčků u měřených jedinců na plochách s různými spony. Nejvyšší naměřenou hodnotou je tloušťka kořenového krčku 32,9 mm na ploše se sponem 3×2 metry. Zároveň je zde také nejvyšší nárůst naměřených hodnot oproti předchozímu vegetačnímu období. Druhou nejvyšší hodnotou je 27,6 mm na ploše se sponem 2×2 metry. Nejnižší hodnota činila 26,2 mm na ploše se sponem 2×1,5 metru. Obdobně jako u celkové výšky lze zde pozorovat závislost velikosti sponu na naměřených hodnotách, kde se opět nejvyšší naměřené hodnoty nacházely na plochách s většími spony. Zde není tak patrný rozdíl jako u celkové výšky na sponech 2×2 m a 2×1,5 m. Na sponu o velikosti 3×2 m je však rozdíl markantní.

### 5.1.3 Přírůst

Obrázek 7 porovnává naměřené hodnoty přírůstů na plochách s různými spony pomocí boxplotu. U sponu 2×2 metry byla zjištěna průměrná hodnota přírůstu 57,7 cm a medián 58 cm. Polovina výšek se nachází v rozmezí od 32 cm do 70 cm. V případě sponu 3×2 metry byla vypočítána průměrná hodnota 88,4 cm. Střední hodnota v tomto případě činila 90 cm a 50 % výšek se nachází v rozsahu 66,5 cm a 105 cm. Spon 2×1,25 metru má průměrnou hodnotu přírůstu 59 cm a střední hodnotu 58,8 cm. Polovina výšek se zde nachází v rozsahu 45,5–72,8 cm. Jak lze vidět, v posledním případě je rozsah výšek nejmenší. Nicméně jako v předchozích případech dosahují nejvyšší hodnoty přírůstu na ploše s největším sponem. V ostatních dvou případech se od sebe střední hodnoty zásadním způsobem neliší. Jsou zde na obrázku 7 patrné rozdílné maximální a minimální naměřené hodnoty.



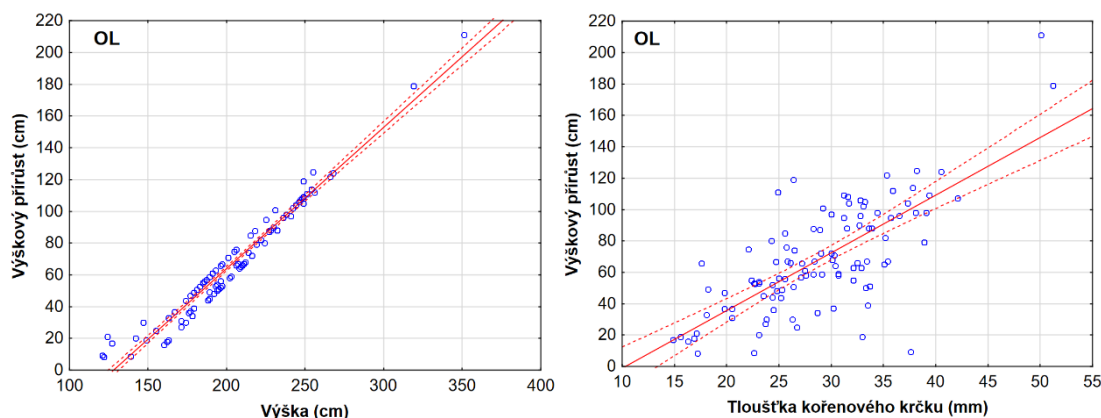
Obrázek 7: Porovnání přírůstů na jednotlivých plochách.

#### 5.1.4 Statistické vyhodnocení pro olši lepkavou

V tabulce 4 jsou signifikantní rozdíly znázorněny rozdílnými písmeny a na obrázcích graficky znázorněny závislosti výškového přírůstu na výšce a výškového přírůstu na tloušťce kořenového krčku. Z této tabulky lze pozorovat signifikantně ( $p < 0,05$ ) nejnižší hodnotu výšky na TVP OL3 (188,4 cm) a nejvyšší na TVP OL2 (228,3 cm). U výškového přírůstu byla signifikantně nejnižší hodnota na TVP OL1 (57,7 cm) a nejvyšší na TVP OL2 (88,4 cm). Dále signifikantně nejnižší hodnoty tloušťek kořenových krčků byly na TVP OL3 (26,2 mm) a nejvyšší na TVP OL2 (32,9 mm). Hodnota šířky koruny byla signifikantně nejnižší na TVP OL2 (90,4 cm) a nejvyšší na TVP OL1 (98,4 cm). Výška nasazení koruny byla signifikantně nejnižší na TVP OL1 (59,9 cm) a nejvyšší na TVP OL2 (77,0 cm).

Tabulka 4: Základní parametry odrostlé umělé obnovy olše diferencovaně dle ploch v roce 2023; signifikantní rozdíly ( $p < 0,05$ ) jsou označeny rozdílnými písmeny.

Varianta	Dřevina	Výška (cm)	Výškový přírůst (cm)	Kořenový krček (mm)	Šířka koruny (cm)	Nasazení koruny (cm)
Plocha OL1	OL	198,1a	57,7a	27,6a	98,4a	59,9a
Plocha OL2	OL	228,3b	88,4b	32,9b	90,4a	77,0b
Plocha OL3	OL	188,4a	59,2a	26,2a	99,7a	64,1a



Obrázek 8: Vztah mezi výškou a výškovým přírůstem ( $r = 0,98$ ;  $p < 0,001$ ) a tloušťkou kořenového krčku a výškovým přírůstem ( $r = 0,73$ ;  $p < 0,001$ ) odrostlé umělé obnovy olše lepkavé.

Na obrázku 8 si lze všimnout velmi silné závislosti mezi výškou a výškovým přírůstem. Můžeme tedy s jistotou konstatovat, že veličina výškového přírůstu je přímo závislá na výšce, což potvrzuje i korelační koeficient s hodnotou  $r = 0,98$ . Poněkud slabší korelace je ve vztahu výškového přírůstu ke tloušťce kořenového krčku, ale korelační koeficient je zde poměrně vysoký s hodnotou  $r = 0,73$ , tudíž i zde lze pozorovat závislost výškového přírůstu na tloušťce kořenového krčku, byť ne tak silnou jako v předchozím případě.

Naměřená data ukazují na dobrou prosperitu olše v podmínkách probíhající klimatické změny. Jedním ze zásadních aspektů je zde vhodnost stanoviště, kterým je v tomto případě cílový hospodářský soubor 47. Dále poukazují i na příznivé růstové podmínky zejména ve volnějším sponech, kde spon  $3 \times 2$  m dosahoval v růstových parametrech dominantních hodnot. U sponů  $2 \times 1,5$  m a  $2 \times 2$  m nebyly rozdíly mezi jednotlivými veličinami tak markantní, jako oproti sponu  $3 \times 2$  m. Jedinci olše se museli zejména v posledním vegetačním období potýkat s poměrně extrémními podmínkami prostředí oproti dlouhodobému průměru. Vliv na dynamiku růstu měly zejména průměrné měsíční teploty v období od dubna do září a průměrné měsíční úhrny srážek, které se zejména v červnu a červenci dostaly pouze na 38 % a 39 % ze svého dlouhodobého průměru.

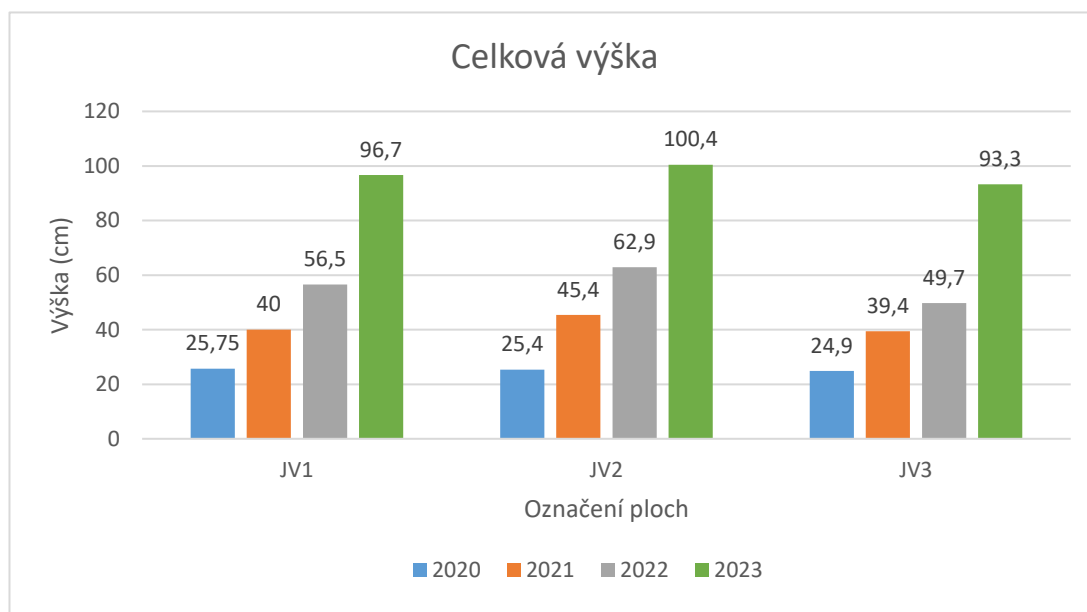


## 5.2 Vyhodnocení růstových parametrů javoru mléče

Obdobně jako u olše byly na třech plochách měřeny růstové parametry javoru mléče s různými spony. Plochy byly označeny zkratkami JV1 se sponem 2×2 m, JV2 se sponem 2×1,4 m a JV3 se sponem 1,65×1 m.

### 5.2.1 Celková výška

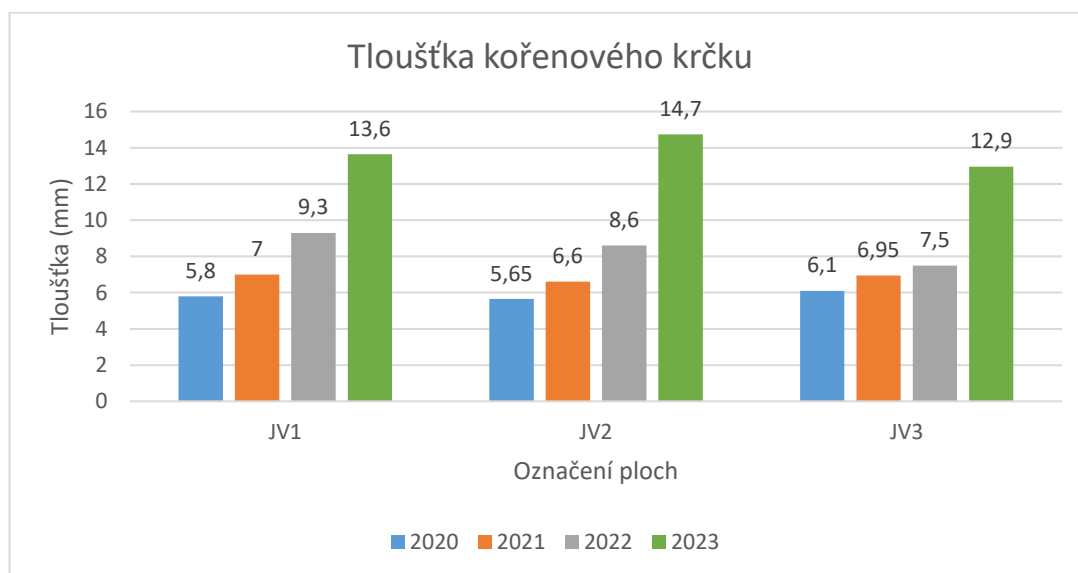
Na obrázku 9 je patrný trvalý růst výšky u javoru mléče. Největší rozdíl oproti předešlému vegetačnímu období je zde na ploše JV3, avšak největší naměřená výška byla u jedinců na ploše JV2, a to 100,4 cm. V tomto srovnání naměřených celkových výšek v posledním vegetačním období nejsou tak patrné rozdíly, jako tomu bylo u olše. Největší výškový rozdíl zde činí pouze 7,1 cm mezi plochami JV2 a JV3. Velikost sponu na prosperitu jedinců v tomto případě nemá tak značný vliv.



Obrázek 9: Srovnání celkových výšek s předchozími vegetačními obdobími.

## 5.2.2 Tloušťka kořenového krčku

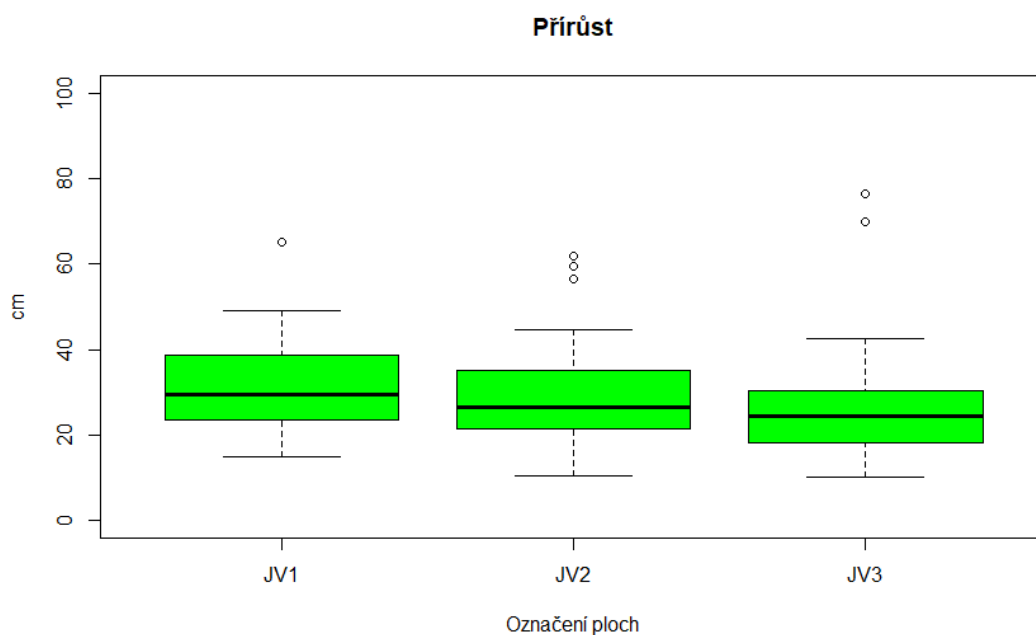
Nejvyšších hodnot naměřených u kořenového krčku dosahuje plocha JV2 se sponem 2×1,4 metru a je zde i nejvyšší rozdíl v hodnotách oproti předchozímu vegetačnímu období. Nejnižší hodnota byla naměřena na ploše JV3 s 12,9 mm. I zde nejsou tak významné rozdíly mezi naměřenými hodnotami u jednotlivých sponů.



Obrázek 10: Porovnání tlouštěk kořenových krčků s předchozími vegetačními obdobími.

## 5.2.3 Přírůst

Na Obrázku 11 je znázorněno porovnání přírůstu u javoru mléče na jednotlivých plochách. Na ploše JV1 byla zjištěna střední hodnota 29,5 cm a aritmetický průměr 32 cm. Polovina všech výšek se zde nachází v rozsahu od 23,5 cm do 38,75 cm. Jedná se zde zároveň i o největší rozsah mezi hodnotami přírůstu. Pro plochu JV2 byl vypočítán medián s hodnotou 26,5 cm a průměrná hodnota 30,4 cm. 50 % všech výšek se nachází v rozmezí od 21,5 cm do 35,25 cm. Nejnižší hodnota přírůstu byla na ploše JV3, kde průměrná hodnota dosáhla 26,9 cm a střední hodnota 24,5 cm. Polovina všech výšek se nacházela v rozmezí od 18,25 cm do 30,5 cm. Ani zde není pozorovatelný zásadní vliv velikosti sponu na hodnoty přírůstu.



Obrázek 11: Porovnání přírůstů na jednotlivých plochách.

#### 5.2.4 Statistické vyhodnocení pro javor mlč a ostatní druhy dřevin nacházející se na plochách JV1, JV2, JV3

Tabulka 5 znázorňuje signifikantní rozdíly rozdílnými písmeny a na obrázcích 12 a 13 graficky znázorněny závislosti výškové přírůstu na výšce a výškového přírůstu na tloušťce kořenového krčku. Z této tabulky vyplývá, že signifikantně ( $p < 0,05$ ) nejnižší výška byla zjištěna u dřeviny OL na TVP JV1 (64,6 cm), DB na TVP JV2 (70,4 cm) a DB na TVP JV1 (85,7 cm), naopak signifikantně nejvyšší byly sazenice MD na TVP JV3 (120,8 cm), MD na TVP JV2 (117,9 cm), ML na TVP JV2 (100,4 cm) a ML na TVP JV1 (96,7 cm). U výškového přírůstu byly zjištěny signifikantně nejnižší hodnoty u dřeviny DB na TVP JV1 (19,2 cm), DB na TVP JV2 (17,6 cm) a DB TVP JV3 (22,0 cm). Naproti tomu signifikantně nejvyšší výškový přírůst byl u dřeviny ML na TVP JV1 (32,8 cm), ML na TVP JV2 (30,4 cm) a MD na TVP JV3 (26,9 cm). Z hodnot tloušťek kořenových krčků byla zjištěna signifikantně nejnižší hodnota u dřeviny OL na TVP JV1 (9,5 mm), DB na TVP JV2 (12,3 mm) a DB na TVP JV3 (12,7 mm), naopak signifikantně nejvyšší hodnoty byly u dřeviny ML na TVP JV1 (13,6 mm), MD na TVP JV2 (19,0 mm) a MD na TVP JV3 (20,1 mm). Dále lze pozorovat signifikantně nejnižší hodnoty šířky koruny u dřeviny OL na TVP JV1 (26,9 cm), ML na TVP JV2 (32,1 cm) a ML na TVP JV3 (38,1 cm).

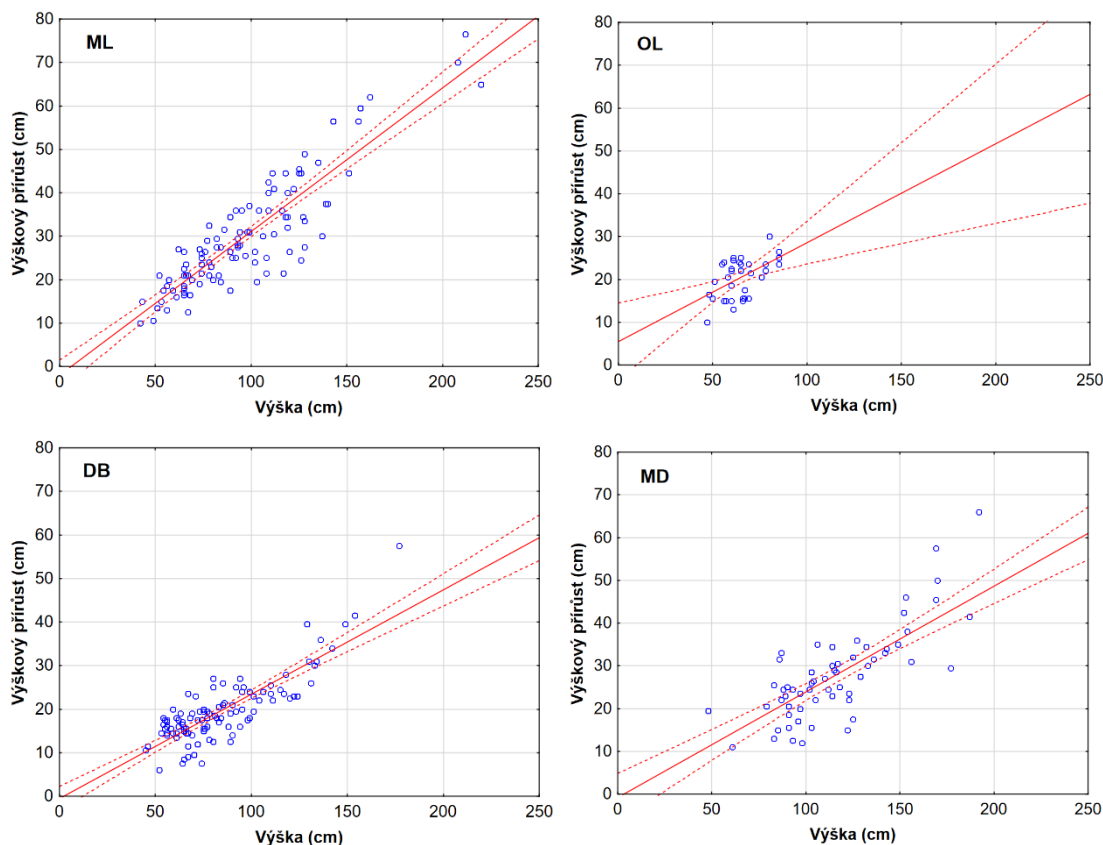
Signifikantně nejvyšší hodnoty šířky koruny byly u DB na TVP JV1 (40,5 cm), MD na TVP JV2 (68,1 cm) a u MD na TVP JV3 (71,4 cm). Posledními vyhodnocovanými veličinami byly hodnoty výšky nasazení koruny, kde signifikantně nejnižší nasazení koruny bylo u dřeviny ML a OL na TVP JV1 (26,8 cm), MD na TVP JV2 (28,1 cm) a MD na TVP JV3 (29,4 cm). Naopak nejvyšší signifikantní hodnoty byly u dřeviny DB na TVP JV1 (41,1 cm), ML na TVP JV2 (35,8 cm) a DB na TVP JV3 (41,5 cm).

Tabulka 5: Základní parametry umělé obnovy diferencovaně dle dřevin a ploch v roce 2023; signifikantní rozdíly ( $p < 0,05$ ) jsou označeny rozdílnými písmeny.

Varianta	Dřevina	Výška (cm)	Výškový přírůst (cm)	Kořenový krček (mm)	Šířka koruny (cm)	Nasazení koruny (cm)
Plocha JV1	DB	85,7ab	19,2ab	12,8ab	40,5bc	41,1cd
Plocha JV1	ML	96,7bcd	32,8d	13,6b	32,2ab	26,8a
Plocha JV1	OL	64,6a	20,4abc	9,5a	26,9a	26,8a
Plocha JV2	DB	70,4a	17,6a	12,3ab	39,9bc	33,3abc
Plocha JV2	MD	117,9cd	29,9d	19,0c	68,1d	28,1ab
Plocha JV2	ML	100,4bcd	30,4d	14,7b	32,1ab	35,8bcd
Plocha JV3	DB	95,9bc	22,0abc	12,7ab	47,0c	41,5cd
Plocha JV3	MD	120,8d	26,9bcd	20,1c	71,4d	29,4ab
Plocha JV3	ML	93,3b	26,8cd	12,9ab	38,1bc	31,2ab

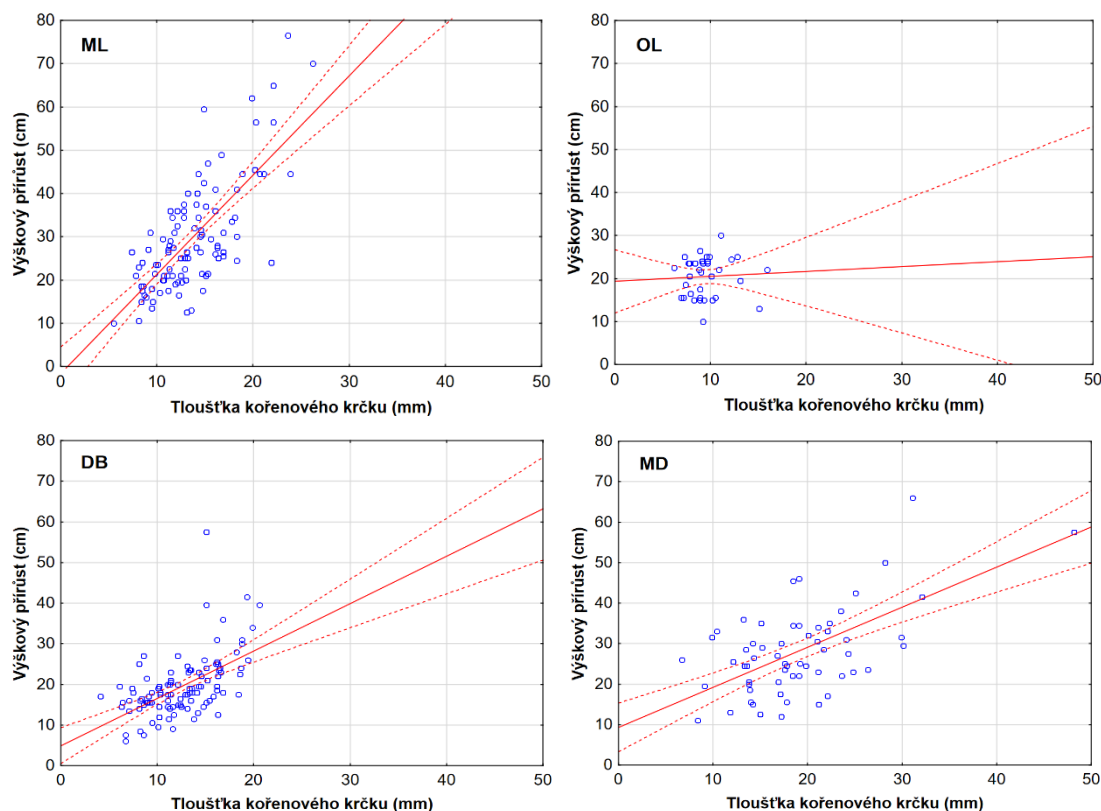
U výsadeb javoru mléče nebyl zatím zjištěn signifikantní vliv velikosti sponu na prosperitu jedinců. Na ploše JV3 se nachází kromě šířky koruny a výšky jejího nasazení nejnižší hodnoty, což může být zapříčiněno tím, že se většina výzkumné plochy nachází na na CHS 47, kde nejsou úplně vhodné podmínky pro odrůstání javoru mléče. Vyšší hodnoty vykazují jedinci na plochách s vyšším plošným zastoupením CHS 45. Kvůli vlivu extrémních podmínek musely být tyto tři výzkumné plochy doplněny dalšími druhy dřevin z důvodu vysoké mortality javoru mléče. Zásadní vliv zde měly opět průměrné měsíční teploty, které byly vyšší oproti dlouhodobému průměru a průměrné měsíční úhrny srážek, které byly naopak nižší. K těmto faktorům se ve velké míře přidal negativní vliv buřeně na odrůstání sazenic a poškození sazenic zvěří, i když jsou plochy oploceny.

Všechny tři plochy byly doplněny dubem a z uvedených tabulek lze pozorovat, že nejlépe prosperuje na ploše JV3, kde dosahuje nejvyšších hodnot u všech měřených aspektů. Lze tedy usuzovat, že dub má pro své odrůstání nejlepší podmínky právě na této ploše, tudíž na CHS 47. Dále se na plochách JV2 a JV3 vyskytují také jedinci modřínu. Na ploše JV3 má modřín vyšší hodnoty u celkové výšky, tloušťky kořenového krčku, šířky koruny a výšky nasazení koruny. Na ploše JV3 má modřín vyšší přírůst oproti ploše JV2. Rozdíly mezi těmito plochami nejsou u modřínu tak markantní, tudíž vykazuje dobrou prosperitu na CHS 45 i 47. Podle naměřených hodnoty se zdají být dub i modřín perspektivními dřevinami pro budoucí vývoj.



Obrázek 12: Vztah mezi výškou a výškovým přírůstem umělé obnovy javoru mléče ( $r = 0,89$ ;  $p < 0,001$ ), olše lepkavé ( $r = 0,51$ ;  $p < 0,01$ ), dubu zimního ( $r = 0,83$ ;  $p < 0,001$ ) a modřinu opadavého ( $r = 0,82$ ;  $p < 0,001$ ).

Na obrázku 12 jsou zobrazeny grafy závislosti výškových přírůstů na výšce jednotlivých dřevin. Nejvyšší korelační koeficient je zde u javoru mléče, kde hodnoty výškového přírůstu závisí na výšce nejvíce a tedy s rostoucí výškou roste i výškový přírůst. Dalšími dřevinami s vysokou hodnotou korelačního koeficientu jsou dub zimní a modřin opadavý, kde lze pozorovat také silnou korelaci mezi tloušťkovým přírůstem a výškou. Nejnižší hodnota korelačního koeficientu byla vypočítána u olše, kde je jeho hodnota pouze  $r = 0,51$ . Je zde tedy nejnižší korelovanost mezi výškovým přírůstem a výškou dřeviny, což znamená, že u olše nemá výška jedinců tak signifikantní vliv na výškový přírůst jako je tomu u ostatních dřevin, kde nabývaly korelační koeficienty poměrně vysokých hodnot.



Obrázek 13: Vztah mezi tloušťkou kořenového krčku a výškovým přírůstem umělé obnovy javoru mléče ( $r = 0,73$ ;  $p < 0,001$ ), olše lepkavé ( $r = 0,05$ ;  $p > 0,05$ ), dubu zimního ( $r = 0,56$ ;  $p < 0,001$ ) a modřínu opadavého ( $r = 0,67$ ;  $p < 0,001$ ).

Obrázek 13 graficky znázorňuje závislosti výškového přírůstu na tloušťce kořenových krčků u jednotlivých dřevin. Oproti závislosti výškového přírůstu na výšce dřeviny lze zde pozorovat nižší míru korelace mezi oběma naměřenými veličinami. Nejvyšší závislost výškového přírůstu na tloušťce kořenového krčku je uvedena na grafu pro javor mléč s hodnotou korelačního koeficientu  $r = 0,73$ . Druhou nejvyšší hodnotu korelačního koeficientu má modřín opadavý s hodnotou  $r = 0,67$ . U těchto dřevin je pozorovatelná vyšší závislost hodnot výškového přírůstu na tloušťce kořenového krčku. Nižší hodnotu korelačního koeficientu má dub zimní, kde se  $r = 0,56$ . Nejnižší hodnota korelačního koeficientu patří olši lepkavé, kde se  $r = 0,05$  a poukazuje to na to, že u této dřeviny není výškový přírůst závislý na tloušťce kořenového krčku.

### 5.3 Vyhodnocení růstových parametrů dubu a olše na trvalé výzkumné ploše v bývalé lesní školce Budišov

Pro srovnání byly změřeny růstové parametry u jedinců dubu a olše v areálu bývalé lesní školky Budišov. Vyhodnocována byla celková výška, přírůst za poslední vegetační období, tloušťka kořenového krčku a vypočítána mortalita.

Bylo provedeno statistické vyhodnocení růstových veličin u dubu a olše a na obrázcích 15 a 16 znázorněny vztahy mezi výškou a výškovým přírůstem a tloušťkou kořenového krčku a výškovým přírůstem. Z tabulky 6 vyplývá, že sazenice OL byly signifikantně ( $p < 0,05$ ) vyšší (56,6 cm) oproti DB (47,3 cm). Obdobně, signifikantně vyšší výškový přírůst byl zaznamenán u OL (11,5 cm) oproti DB (9,5 cm). Dále tloušťka kořenového krčku byl signifikantně vyšší u DB (8,2 mm) oproti OL (7,6). Mortalita byla znatelně vyšší u sazenic olše (86,6 %) než u dubu (55,3 %).

Tabulka 6: Základní parametry umělé obnovy diferencovaně dle dřevin v roce 2023; signifikantní rozdíly ( $p < 0,05$ ) jsou označeny rozdílnými písmeny.

Varianta	Dřevina	Výška (cm)	Výškový přírůst (cm)	Kořenový krček (mm)	Mortalita (%)
Plocha OL	OL	56,6b	11,5b	7,6a	86,8b
Plocha DB	DB	47,3a	9,5a	8,2b	55,3a

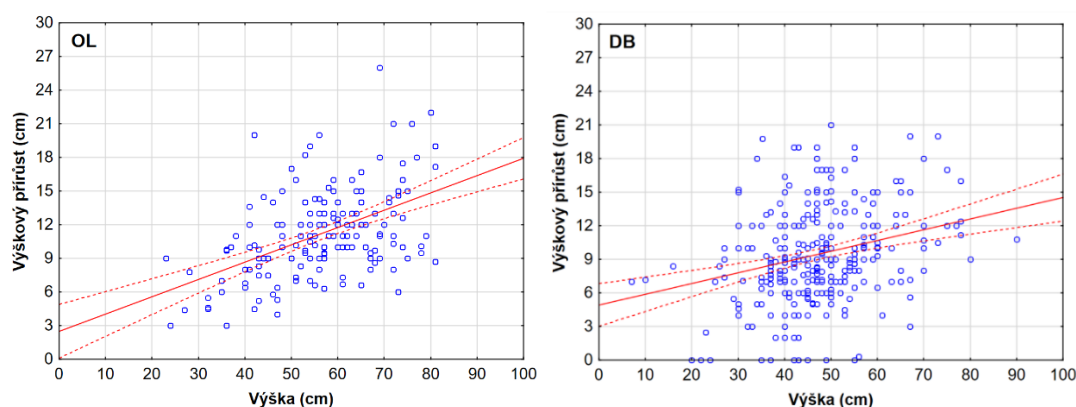
V tabulce 6 je patrné, jak prospívají obě dřeviny v podmínkách klimatické změny, které jsou pro tyto výsadby extrémní. Na výzkumné ploše byla velmi vysoká mortalita zejména u olše, která dosahovala až 86,6 %. Mortalita sazenic dubu byla v nadpoloviční většině. Oproti plochám mimo bývalou lesní školku lze vidět poměrně nižší hodnoty jednotlivých parametrů. Zde se projeví do značné míry extrémní podmínky prostředí, zejména opět velmi nízké měsíční úhrny srážek v letních měsících, které měly zásadní vliv na přežívání výsadby a také vyšší průměrná měsíční



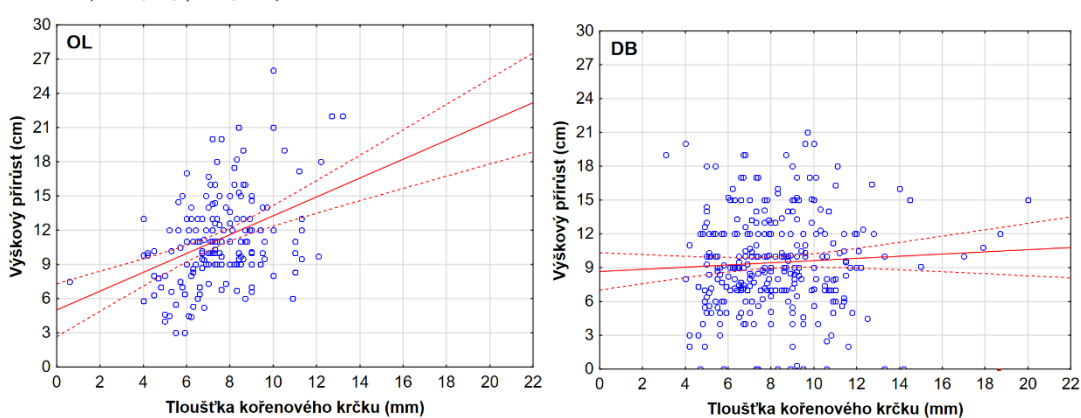
teplota ve vegetačním období. Na těchto rozsáhlých a otevřených plochách docházelo k synergickému působení negativních faktorů. Dalším negativním faktorem zde byl vítr, který přispíval k vysušování ploch. Poměrně významným negativním faktorem zde byla také zvěř, která i přes oplocení celé výzkumné plochy dokázala proniknout dovnitř a napáchat na výsadbách škody, jak je vidět na obrázku 14. Posledním negativním faktorem byl vliv buřeně, kde v několika případech byla po ožinu buřeně navrstvena na sadbním materiálu.



Obrázek 14: Poškození plochy zvěří (Zdroj: foto vlastní).



Obrázek 15: Vztah mezi výškou a výškovým přírůstem umělé obnovy olše lepkavé ( $r = 0,49$ ;  $p < 0,001$ ) a dubu zimního ( $r = 0,27$ ;  $p < 0,001$ ).



Obrázek 16: Vztah mezi tloušťkou kořenového krčku a výškovým přírůstem umělé obnovy olše lepkavé ( $r = 0,39$ ;  $p < 0,001$ ) a dubu zimního ( $r = 0,06$ ;  $p > 0,05$ ).

Na obrázku 15 jsou graficky znázorněny závislosti hodnot výškového přírůstu na výšce dřevin. Jak je na první pohled patrné, ani u jedné dřeviny není korelovanost vysoká, přesto vyšší závislost je u dubu zimního s hodnotou korelačního koeficientu  $r = 0,49$ . U olše lepkavé je hodnota korelačního koeficientu pouze  $r = 0,27$ . Je zde tedy velmi nízká závislost výškového přírůstu na výšce dřeviny.

Podobně je tomu i na obrázku 16, který znázorňuje závislost hodnot výškového přírůstu na tloušťce kořenového krčku. I zde je vidět velmi nízká korelovanost mezi oběma veličinami. Zde má vyšší hodnotu korelačního koeficientu olše lepkavá s hodnotou  $r = 0,39$ . U dubu zimního vidíme velmi nízký korelační koeficient s hodnotou  $r = 0,06$ . Znamená to tedy, že výškový přírůst na tloušťce kořenového krčku téměř vůbec nezávisí. Pro olši je sice korelační koeficient vyšší, ale hodnota je stále nízká pro pozorování signifikatního vlivu výškového přírůstu na tloušťce kořenového krčku.

## 6 Diskuse

Tato závěrečná práce navazuje na předchozí měření Leugnera et al. (2022). Předchozí měření ukazují zejména na nízkou mortalitu olše lepkavé na obnovovaných plochách při nižších hektarových počtech a její dobrou růstovou dynamiku. Z vyhodnocených výsledků této práce lze vidět pokračující dobrou růstovou dynamiku olše lepkavé na cílovém hospodářském souboru 47, který je vhodným stanovištěm pro budoucí prosperitu této dřeviny. Hodnoty naměřené ve čtvrtém vegetačním období ukazují nejvyšší nárůsty u celkových výšek a tlouštěk kořenových krčků. Oproti měřením v minulých letech se po posledním měření začíná projevovat nejlepší růstová dynamika jedinců vysázených ve volnějším sponech, kde jsou nejvíce dominantní hodnoty růstových parametrů, např. výška jedinců zde dosahovala až 228,4 cm. V minulosti zde ve velikosti sponu nebyl signifikantní rozdíl.

V případě javoru mléče byla zjištěna v předešlých letech velmi vysoká mortalita jedinců zejména na místech s CHS 47. Tyto plochy byly tedy doplněny dubem zimním, olší lepkavou a modřínem opadavým. Jak uvádí Leugner et al. (2022), lepší dynamika růstu byla zaznamenána na CHS 45, což je v souladu i s výsledky této práce, kde na ploše s plošnou dominancí CHS 47 byly u javoru mléče naměřeny nižší hodnoty růstových parametrů. Na těchto stanovištích byl také problém s rychlým nástupem buřeně a i přes oplocení se škodami zvěří. Vliv volnějším sponů na růstovou dynamiku zde není tak signifikantní jako u olše lepkavé. Vysokou mortalitu javoru mléče uvádí také ve své práci Kulla, Šebeň (2012), kde tato dřevina při obnově téměř vymizela vlivem negativního působení zvěře a buřeně.

Dřevinami, které byly doplněny místo javoru mléče byly dub zimní, olše lepkavá a modřín opadavý. Zejména dub zimní a modřín opadavý se ukazují býtí perspektivními dřevinami pro budoucí vývoj, kde vykazovaly dobrou dynamiku růstu v posledním vegetačním období. Nejvyšších naměřených hodnot dosahovaly duby na ploše JV3 s dominantním plošným zastoupením CHS 47, ale na ostatních plochách s CHS 45 byly růstové parametry také velice slibné. V průběhu klimatické změny a adaptaci lesního ekosystému a jeho dřevinné skladby se ukazují být tato stanoviště pro dub perspektivními, poněvadž zde podle zjištěných dat dosahuje dobré prosperity. Tato tvrzení podporují Novák et al. (2017), kde uvádí duby jako klimaticky a bioticky

málo zranitelné. Jako riziko zde uvádí na CHS 47 při změně podmínek u zásob vody při dlouho trvajících periodách sucha, které je jednou z aktuálních hrozeb klimatické změny, kde tyto periody hrozí stále častěji. Tato tvrzení jsou v rozporu s prací Sedmákové et al. (2021), kteří uvádí zejména nárůst teplot ve vegetačním období jako významný faktor mortality dubu. Jak uvádí ve své práci Korecký (2023), na těchto stanovištích je zásadním faktorem dobrého odrůstání dubu hubení buřeně.

Další perspektivní dřevinou byl na obou cílových hospodářských souborech modřín opadavý, který vykazoval na obou stanovištích obdobně dobrou dynamiku růstu. Na ploše JV2 dosahoval modřín přírůstu za poslední vegetační období téměř třiceti centimetrů, respektive 26,9 cm na ploše JV3. Na obou plochách vykazoval také poměrně dobré hodnoty tloušťek kořenových krčků, které se lišily pouze minimálně. Z hlediska obnovy kalamitních holin lze tedy uvažovat o modřínu jako o vhodné dřevině pro použití při zalesnění, jelikož snese i drsnější klima a v našich podmínkách je poměrně odolnou dřevinou, což by mohlo být značnou výhodou v podmínkách klimatických změn. Tato tvrzení podporuje i práce Saulnierové et al. (2019), kteří dospěli k závěru, že modřín opadavý je vysoce plastickou dřevinou pro přizpůsobení růstu podmínkám, ve kterých se aktuálně nachází, ať se jedná o vyšší, či nižší polohy. Tato tvrzení ovšem rozporuje práce Danek, Danek (2021), kteří uvádějí omezený růst modřínu opadavého zejména při předpokládaném zvýšení teplot a teplotních extrémů zejména v letních měsících a změně distribuce srážek v průběhu roku, kde byly pozorované negativní vlivy při rychlém nárůstu teplot na dostupnost vody.

Pro srovnání s těmito trvalými výzkumnými plochami byly ještě měřeny a vyhodnocovány růstové parametry dubu zimního a olše lepkavé na trvalé výzkumné ploše v areálu bývalé lesní školky Budišov. Zde se musely jedinci obou dřevin potýkat s extrémními podmínkami prostředí, které nastávají vlivem měnícího se klimatu. V tomto smyslu byl zejména rok 2023 extrémním. Od začátku roku do října zde byly plusové rozdíly v průměrných měsíčních teplotách oproti dlouhodobému průměru o 0,5 až 4,3 °C. Z hlediska průměrných měsíčních srážkových úhrnů se jednalo o mnohdy extrémnější situace, zejména v průběhu vegetačního období, kde byly srážky značně nevyrovnané a podnormální. Nejextrémnější byly měsíce květen – 51 % dlouhodobého průměru, červen – 39 % dlouhodobého průměru, červenec – 38 % dlouhodobého průměru a září – pouze 16 % dlouhodobého průměru.

Dalším negativním vlivem zde byl také vítr, který při nízkých srážkových úhrnech přispíval ještě více k vysušování lokalit. Toto synergické působení negativních vlivů mělo za následek špatný růst a velmi vysokou mortalitu, zejména u olše lepkavé, která dosahovala v průměru 86,6 %. U přeživších jedinců byl také zaznamenán nižší přírůst oproti plochám mimo lesní školku. Jedními z důvodů jsou stres v periodě sucha a prodloužení doby slunečního svitu. Tyto faktory, které negativně ovlivňují úspěšné odrůstání olše lepkavé uvádí i Laganis et al. (2008). Vysoká mortalita jedinců olše, ale i dubu také poukazuje na špatný stav půdy na výzkumné ploše. Na těchto plochách by mohla pomoci zejména ujímavosti sazenic aplikace hydrogelu ke zmírnění dopadů účinků vodního stresu a nedostatku vody v půdě. Repáč et al. (2017) uvádí příznivější účinky hydrogelu již v lesních školkách oproti místu výsadby. Metodika publikovaná Macků et al. (2022) prezentuje výsledky výzkumu také pro dub zimní, kde aplikace hydrogelu neměla na výškový a tloušťkový přírůst signifikantní vliv, ale bylo zjištěno pozitivních dopadů na fyziologické charakteristiky, zejména u vyšších hodnot fotosyntézy. Dalším zásadním škodlivým činitelem zde byla také zvěř, ač byla plocha oplocena, tak škody zde byly markantní, zejména od prasete divokého (*Sus scrofa*). Při přežití sazenic se mohou poškození projevit v budoucnu např. na kvalitě porostu. Ke zvýšení úspěšnosti umělé obnovy zejména listnatých druhů dřevin je nutno zalesněnou plochu důsledně oplotit a tak zabezpečit proti vniknutí a škodám způsobených zvěří. Jak ukazují výsledky práce Ježa (2023), tak při obnově lesa listnatými druhy dřevin je téměř nemožná úspěšnost obnovy bez oplocení. Na problémy se zvěří poukazuje také práce Vacka et al. (2019), kdy zvěř poškozuje zejména potravně atraktivní druhy.

Při takto vysoké míře mortality by mohl být vhodnějším způsobem obnovy kalamitních holin postup s dvoufázovou obnovou s využitím pionýrských druhů dřevin zejména k úpravě stanovištních poměrů a zlepšení porostního mikroklimatu pro následné vnášení cílových druhů dřevin, jak uvádí Souček et al. (2016).

Kalamitní holiny vzniklé především v oblasti, kde byl prováděn výzkum pro tuto práci jsou svojí rozlohou velmi rozsáhlé. Zalesnění tedy stanovištně vhodnými druhy dřevin s následnou produkcí je klíčové pro zmírnění dopadu klimatických extrémů a adaptaci lesních ekosystémů. Práce Gálose et al. (2012) uvádí, že by takto

mohl být snížen počet extrémně teplých a suchých dnů s poklesem průměrné teploty o 0,5 °C na dané lokalitě.

## 7 Závěr

Tato diplomová práce se věnovala tématu prosperity experimentálních výsadeb domácích druhů dřevin. Jednalo se tedy o téma obnovy kalamitních holin vzniklé po kůrovcové gradaci v předchozích letech. Toto téma je stále aktuálním a navíc k němu přispívají i negativně působící účinky změn klimatu, zejména tedy nárůsty průměrných měsíčních teplot, delší periody sucha, změna distribuce a pokles srážkových úhrnů a lokální klimatické extrémů. Literární rešerše se v této práci věnuje problematice produkce sadebního materiálu, kde se v poslední době využívá spíše obalovaného sadebního materiálu pro jeho lepší vlastnosti po zalesnění, dále technikám jednotlivých druhů výsadeb sadebního materiálu a následné péči o výsadby – ochrana před negativním vlivem buřeneš, před škodami způsobenými zvěří a dalšími biotickými a abiotickými škodlivými činiteli. Další kapitoly byly věnovány rozboru typologie a zájmových cílových hospodářských souborů a legislativě při obnově lesa společně s volbou druhového složení při obnově. Posledním tématem rozboru problematiky byla obnova kalamitních holin s využitím jednofázového a dvoufázového postupu obnovy a dopady měnícího se klimatu na pěstování lesů.

Cílem této práce bylo získat poznatky o prosperitě experimentálních výsadeb čtyř domácích druhů dřevin v rámci probíhajících klimatických změn. Pro tuto práci byly vybrány již založené trvalé výzkumné plochy nedaleko obce Budišov na Vysočině. Dřeviny, které se zde vyskytovaly, byly olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), javor mléč (*Acer platanoides*), dub zimní (*Quercus petraea*) a modřín opadavý (*Larix decidua*). Tato práce navazuje na měření, které zde byly prováděny v letech 2020 – 2022 a byly zde tedy měřeny údaje za čtvrté vegetační období. Při výsadbách byly použity snížené hektarové počty dřevin. Pro olši lepkavou byly založeny tři plochy o různých variantách sponů, a to konkrétně 2×2 m, 3×2 m a 2×1,25 m. U javoru mléče byly použity spony 2×2 m, 2×1,4 m, 1,65×1 m a plochy označeny v tomto pořadí JV1, JV2 a JV3. Plochy se nacházely na cílových hospodářských souborech 45 a 47. Z důvodu vysoké mortality javoru mléče především na CHS 47 byly plochy doplněny výsadbami dubu zimního, modřínu opadavého a na jedné ploše také olší lepkavou. U každého druhu dřeviny byly následně změřeny výška, výškový přírůst, tloušťka kořenového krčku, šířka koruny a výška nasazení koruny. Dále na založené ploše

v areálu bývalé lesní školky Budišov byly hodnoceny výsadby dubu zimního a olše lepkavé a zde byly změřeny výšky, výškové přírůsty, tloušťky kořenových krčků a vypočítána mortalita.

Dosažené výsledky poukazují na velmi dobrou prosperitu odrůstajících výsadeb olše lepkavé v probíhající klimatické změně. Zde se projevil i faktor velikosti sponu, který nebyl v předchozích letech tak signifikantní, jako v posledním vegetačním období, kde nejlépe odrůstali jedinci na trvalých výzkumných plochách s volnějšími spony – 2×2 m, 3×2 m. Dalším, pozitivně se projevujícím faktorem, zde byla vhodnost stanoviště, poněvadž se všechny tři plochy nacházely na CHS 47. Tyto volnější spony poskytují také značný potenciál buřeni, zde se vyskytovala ve vysoké míře třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*). Výsadby již vlivu buřeně odrostly a nejvitálnější jedinci dosahovaly výšky až 228,4 cm. Statistické výsledky také ukázaly silnou závislost výškového přírůstu na výšce i na tloušťce kořenového krčku.

V případě javoru mléče se vyskytla v minulých letech vysoká mortalita zejména na místech, kde byl plošně zastoupen CHS 47. Nejvíce to byl tedy případ plochy s označením JV3, kde byly i u přeživších jedinců naměřeny nejnižší hodnoty růstových parametrů. Na ostatních plochách byl zastoupen CHS 47 pouze lokálně. Lepších hodnot dosahoval javor mléč na stanovištích s CHS 45, ale zde bylo nutné důsledné hubení buřeně a omezení poškozování oplocení zvěří a působení škod na výsadbách. U dřevin, které byly doplněny po vysoké míře mortality u javoru mléče, byly naměřeny velmi dobré hodnoty růstových parametrů dubu zimního a modřínu opadavého, které zatím ukazují na velmi dobrou růstovou dynamiku těchto dřevin a potenciál jejich odrůstání v budoucím období probíhajících klimatických změn. Jedná se opět o stanoviště vhodné dřeviny pro tyto cílové hospodářské soubory. Výškový přírůst byl u těchto dřevin na výšce nejvíce závislý u javoru mléče, dubu zimního a modřínu opadavého a v závislosti na tloušťce kořenového krčku byly nejvyšší hodnoty pro javor mléč a modřín opadavý.

V areálu bývalé lesní školky Budišov byly zhodnoceny naměřené veličiny růstových parametrů výsadeb dubu zimního a olše lepkavé. Při srovnání s plochami mimo lesní školku vykazují tyto jedinci nižší hodnoty a tedy hůře odrůstají v průběhu klimatické změny. U olše lepkavé byla také vypočítána velmi vysoká mortalita,



a to 86,6 %. Zde se musely výsadby potýkat s extrémními vlivy okolního prostředí, kterými byly zhoršený stav půdních poměrů, vyšší měsíční průměrná teplota a velmi nízké měsíční úhrny srážek zejména v průběhu vegetačního období. Dále zde byly zjištěny četné škody zvěří a to přesto, že byla trvalá výzkumná plocha oplocena. Ožnutá vegetace v několika případech přelehávala sadební materiál.

Výsledky této práce ukazují, že při obnově kalamitních holin je zásadní klást důraz na stanovištní vhodnost jednotlivých druhů dřevin pro jejich prosperitu a dopady pochodů klimatické změny zde nemusí mít tak zásadní vliv. Dále je důležité dbát na ochranu výsadeb, v těchto případech mechanickou pomocí oplocenek, kde se při jejich poškození objevují ve velké míře škody zvěří. Další důležitým faktorem pro úspěšnou obnovu je také hubení buřeně. Velmi dobrou prosperitu ukázaly odrůstající výsadby olše lepkavé na CHS 47, kde vykazují po čtvrtém vegetačním období dobrou růstovou dynamiku. Javoru mléčí se spíše dařilo na CHS 45, kde oproti oglejeným stanovištím nebyla tak vysoká mortalita a javor zde prospíval lépe. Dalšími dobře prosperujícími dřevinami byly dub zimní a modřín opadavý. Je zde tedy zřejmé, že v průběhu klimatické změny budou lépe prospívat smíšené porosty se zastoupením více druhů dřevin. Pochody klimatické změny se ovšem mohou v budoucnu ukázat i extrémními pro tyto dřeviny. Na ploše v areálu bývalé lesní školky Budišov by bylo vhodnějším způsobem využití postupu dvoufázové obnovy, kde by byla využita sukcese pionýrských druhů dřevin a následné vytvoření přípravného porostu s následným vnášením cílových druhů dřevin. Mohla by to být možnost, jak zabránit takto vysokým ztrátám výsadeb. Při jednofázové obnově by mohl být aplikován hydrogel ke snížení účinků stresu při periodách sucha a zvýšení ujímavosti sazenic.

## 8 Literatura

- BURIÁNEK, V. (2013): Metodická příručka k určování domácích druhů dubů: certifikovaná metodika. Lesnický průvodce. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. ISBN 978-80-7417-073-7.
- BURIÁNEK, V., NOVOTNÝ, P., FRÝDL, J. (2015): Metodická příručka k určování domácích druhů olší: certifikovaná metodika. Lesnický průvodce. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. ISBN 978-80-7417-098-0.
- BUŠINA, F., HRDINA, V. (2016): Pěstování lesů, Písek: Vyšší odborná škola lesnická a Střední lesnická škola Bedřicha Schwarzenberga Písek, 201 s.
- CLAESSENS, H., OOSTERBAAN, A., SAVILL, P., RONDEUX, J. (2010): A review of the characteristics of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and their implications for silvicultural practices. *Forestry* 83(2): 163–175.
- ČESKÁ REPUBLIKA (1995): Zákon č.289/1995 Sb. o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon). *Lesn. Akt.*, 31(1-2), 10-43.
- ČESKÁ REPUBLIKA (2018): Vyhláška č. 298/2018 Sb.: Vyhláška o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů. [cit. 2024-02-02].
- ČESKÁ REPUBLIKA (2020): Opatření obecné povahy: Praha: Ministerstvo zemědělství: Odbor hospodářské úpravy a ochrany lesů. [cit. 2024-02-02].
- ČESKÁ REPUBLIKA (2021): Vyhláška č. 456/2021 Sb.: Vyhláška o podrobnostech přenosu reprodukčního materiálu lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnostech o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa. [cit. 2024-02-02].
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD (2023): Lesnictví - 2022. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/lesnictvi-2022>. [cit. 2024-02-02].
- DANEK, M., DANEK, T. (2022): Recent changes in the climate-growth response of European larch (*Larix decidua* Mill.) in the Polish Sudetes. *Trees* 36, 803–817.

- EATON, E. et al. (2016): *Quercus robur* and *Quercus petraea* in Europe: Distribution, Habitat, Usage and Threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., et al., Eds., *European Atlas of Forest Tree Species*, Publication Official EU, Luxembourg: 160–163.
- GÁLOS, B., HAENSLER, A., KINDERMANN, G., RECHID, D., SIECK, K., JACOB, D. (2012): The Role of Forests in Mitigating Climate Change – a Case Study for Europe. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*. 8. 87-102. 10.2478/v10303-012-0007-2.
- GEOPORTÁL (2024). Dostupné z: [www.geoportal.lesycr.cz](http://www.geoportal.lesycr.cz).
- HLÁSNY, T., MERGANIČOVÁ, K., MODLINGER, R., MARUŠÁK, R., LÖWE, R. et al. (2021): Prognóza vývoje kůrovcové kalamity a nová platforma pro šíření informací o lesích v české republice. *Zprávy lesnického výzkumu*, roč. 66, č. 3, s. 197-205.
- HLÁSNY, T., TURČÁNI, M. (2009). Insect pests as climate change driven disturbances in forest ecosystems. In: Strelcová, K., Matyas, C., Kleidon, A., Lapin, M., Matejka, F., Blazenec, M., Škvarenina, J., Holec, J. (Eds.), *Bioclimatology and Natural Hazards*. Springer, Berlin.
- HOLUŠA, J., ZAHRADNÍK, P. (2014). *Metodická příručka integrované ochrany rostlin pro lesní porosty*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-7458-057-4.
- JEŽO, M. (2023): *Vývoj obnovy lesních porostů po kůrovcové kalamitě v LHC Obecní lesy Zahorany*. Diplomová práce. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta lesnická a dřevařská.
- JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ, J., LEUGNER, J. (2010): Manipulace se sadebním materiálem lesních dřevin od vyzvednutí ve školce až po výsadbu. Certifikovaná metodika. *Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti*. 34 s. Lesnický průvodce 5/2010. ISBN 978-80-7417-035-5.
- KANTOR, P. et al. (2014): *Pěstění lesa, skripta – učební text*. Mendelova univerzita v Brně, 153 s.
- KOLSTRÖM, M., LINDNER, M., VILÉN, T., MAROSCHEK, M., SEIDL, R., LEXER, M.J., NETHERER, S., KREMER, A., DELZON, S., BARBATI, A. et

- al. (2011): Reviewing the Science and Implementation of Climate Change Adaptation Measures in European Forestry. *Forests*, 2: 961–982.
- KORECKÝ, Š. (2023): Vývoj přirozené a umělé obnovy na plochách po kůrovcové kalamitě na LHC Jemniště. Diplomová práce. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská.
- KOVÁŘ, K., HRDINA, V., BUŠINA, F. Pěstování lesů (2013): Písek: Vyšší odborná škola lesnická a Střední lesnická škola Bedřicha Schwarzenberga Písek, 194 s.
- KULLA, L., ŠEBEŇ, V. (2012): An experiment with non-whole-area reforestation of calamity clearing on the demonstration area Husárik. *Lesnícky časopis - Forestry Journal*, 58(3): 171–180, fig. 8, tab. 3, ref. 21. ISSN 0323 – 1046. Original paper.
- LAGANIS, J., PEČKOV, A., DEBELJAK, M. (2008): Modeling radial growth increment of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) tree. *Ecological Modelling*. 215. 180–189. 10.1016/j.ecolmodel.2008.02.018.
- LESPROJEKT VÝCHODNÍ ČECHY, s.r.o. (2020): Lesní hospodářský plán.
- LEUGNER, J., BARTOŠ, J., MAUER, O., SOUČEK, J. (2022): Obnova kalamitních ploch s využitím přípravných dřevin ve snížených počtech, s. 1-64.
- LEUGNER, J. (2019): Obnova kalamitních holin. *Lesnická práce*, 98(3), s. 18-19.
- LEUGNER, J., BARTOŠ, J. (2019): Obnova kalamitních holin – nové přístupy. In: Matějka K. (ed.), *Sborník k semináři Lesník 21. století, most mezi ekologií lesa a potřebami společnosti*, 15. ročník, Kašperské Hory 24. 10. 2019, s. 59-63.
- MACKŮ, J., RESNEROVÁ, K., TOMÁŠKOVÁ, I., HOLEČEK, T., HÁJKOVÁ, K. et al. (2022): Způsoby aplikace hydrogelu a možnosti jeho využití v lesnickém provozu s inovovanými možnostmi dávkování: certifikovaná metodika. *Lesnický průvodce*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. ISBN 978-80-7417-243-4.
- MARTINÍK, A., DOBROVOLNÝ, L., HURT, V. (2016): Potencionál kombinované obnovy lesa na kalamitních holinách nižších poloh. *Zprávy lesnického výzkumu*, 61(2), s. 125-131.

- MAUER, O., LEUGNER, J. (2014): Péče a ochrana kultur po obnově a zalesňování. Certifikovaná metodika. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 26 s.
- MAUER, O. (2009): Zakládání lesů I. Učební text. Brno: Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 172 s.
- MAUER, O. (2011): Zakládání lesů II. Brno: Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
- MAUER, O. (2013): Pěstování sadebního materiálu. Brno: Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-698-7.
- MLČOUŠEK, M. et al. (2020): Generel obnovy lesních porostů po kalamitě. Etapa III. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Frýdek-Místek 28. 2. 2020, 75 s.
- MODLINGER, R., LIŠKA, J., KNÍŽEK, M. (2015): Hmyzí škůdci našich lesů. Praha: Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti. ISBN 978-80-7434-206-6.
- MUSIL, I., HAMERNÍK, J. (2003): Lesnická dendrologie 1. Jehličnaté dřeviny. Praha: Česká zemědělská univerzita, 177 s. ISBN 80-213-0992-X.
- MUSIL, I., MÖLLEROVÁ, J. (2005): Lesnická dendrologie 2. Praha: Česká zemědělská univerzita, 216 s. ISBN 80-213-1367-6.
- MZE (2023): Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2022. Praha: Ministerstvo zemědělství, 138 s. ISBN 978-80-7434-703-0.
- NOVÁK, J., HLÁSNY, T., MARUŠÁK, R., DUŠEK, D., SLODIČÁK, M. (2017): Využití dubů při adaptaci lesů ČR na změnu klimatu: pěstování a hospodářská úprava lesa: certifikovaná metodika. Lesnický průvodce. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. ISBN 978-80-7417-155-0.
- POKORNÝ, R. (2013): Pěstování lesů pod vlivem měnícího se klimatu. Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Brno, 39 s.

- POLENO, Z., VACEK, S. et al. (2009): Pěstování lesů. III.; Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Česnými lesy: lesnická práce. ISBN 978-80-87154-34-2.
- PRETZSCH, H., BLOCK, J., DIELER, J., DONG, P. H., KOHNLE, U., NAGEL, J. et al. (2010): Comparison between the productivity of pure and mixed stands of Norway spruce and European beech along an ecological gradient. *Annals of Forest Science*, 67: 712.
- PRŮŠA, E. (2001): Pěstování lesů na typologických základech. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 80-86386-10-4.
- REPÁČ, I., PAROBEKOVÁ, Z., SENDECKÝ, M. (2017): Reforestation in Slovakia: History, current practice and perspectives. *Reforesta* 3:53-88.
- SAULNIER, M., CORONA, C., STOFFEL, M., GUIBAL, F., EDOUARD, J.L. (2019): Climate-growth relationships in a *Larix decidua* Mill. network in the French Alps. *Science of the Total Environment*, roč. 664, s. 554-566.
- SEDMÁKOVÁ, D., SEDMÁK, R., SANIGA, M., SARVAŠOVÁ, I., PAROBEKOVÁ, Z. et al. (2021): Reakcia dubov voči klimatickým extrémom v prechodnej zóne dubových a bukových lesov. *Zprávy lesnického výzkumu*, roč. 66, č. 2, s. 104-114.
- SCHELHAAS, M. J. (2008): Impacts of natural disturbances on the development of European forest resources: application of model approaches from tree and stand levels to large-scale scenarios. Wageningen, Alterra: 168 s.
- SOUČEK, J., ŠPULÁK, O., LEUGNER, J., PULKRAB, K., SLOUP, R., JURÁSEK, A., MARTINÍK, A. (2016): Dvoufázová obnova lesa na kalamitních holinách s využitím přípravných dřevin. Certifikovaná metodika. Strnady, VÚLHM: 35 s. – Lesnický průvodce č. 10/2016.
- SVOBODA, J., DOHNANSKÝ, T., KOTEK, K., LIDICKÝ, V., MORÁVEK, F. et al. (2015): Program trvale udržitelného hospodaření v lesích. Hradec Králové: Lesy České republiky, s.p. ISBN 978-80-86945-27-9.

- ŠVESTKA, M., HOCHMUT, R., JANČAŘÍK, V. (1998): Praktické metody v ochraně lesa. Dot. 2. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 80-902503-0-0.
- ÚHÚL (2023): Generel obnovy lesních porostů po kalamitě: Etapa 2022 VI. Dostupné z: [www.uhul.cz](http://www.uhul.cz).
- VACEK, S., BALCAR, V. (2004): Sustainable management of mountain forests in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 50: 11: 526–532.
- VACEK, S., PROKŮPKOVÁ, A., VACEK, Z., BULUŠEK, D., ŠIMŮNEK, V., KRÁLÍČEK, I., PRAUSOVÁ, R., HÁJEK, V. (2019): Growth response of mixed beech forests to climate change, various management and game pressure in Central Europe. *Journal of Forest Science*, 65: 331–345.
- VACEK, Z., VACEK, S., BÍLEK, L., BALÁŠ, M. (2020): Základy pěstování lesů. V Praze: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80 213-3043-6.
- VACEK, Z., VACEK, S., CUKOR, J. (2023): European forests under global climate change: Review of tree growth processes, crises and management strategies. *Journal of Environmental Management*, roč. 332, s. 1-19.
- VACEK, Z., VACEK, S., SLANAŘ, J., BÍLEK, L., BULUŠEK, D. et al. (2019): Adaption of Norway spruce and European beech forests under climate change: from resistance to close-to-nature silviculture. *Central European Forestry Journal*, roč. 65, s. 129-144.
- VIKTORIN, F. (2023): Škodliví činitelé v lesích Česka 2022/2023. *Lesnická práce*, roč. 102, č. 5, s. 18-20. ISSN 0322-9254.
- WILLIAMSON, T.B., COLOMBO, S.J., DUINKER, P.N. et al. (2009): *ClimateChange and Canada's Forests: From Impacts to Adaptation*. Edmonton, AB, Canada: Canadian Forest Service
- ZAHRADNÍK, P., ZAHRADNÍKOVÁ, M. (2019): Kůrovcová kalamita z historického pohledu a možnosti řešení. [Www.infodatasys.com](http://www.infodatasys.com), s. 1-8.