

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Srovnání vývoje nadzemní části a kořenového systému
z umělé a přirozené obnovy v oblasti Hořicka**

Diplomová práce

Autor: Bc. Adam Augsten

Vedoucí práce: prof. Ing. Ivo Kupka, CSc.

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Adam Augsten

Lesní inženýrství

Název práce

Srovnání vývoje nadzemní části a kořenového systému z umělé a přirozené obnovy v oblasti Hořicka

Název anglicky

Comparison of the Development of the Aboveground Part and the Root System from Artificial and Natural Regeneration in the Hořice Area

Cíle práce

Cílem práce je posoudit vývoj nadzemní části a kořenového systému naší nejrozšířenější dřeviny v mladých porostech vzniklých umělou a přirozenou obnovou. Srovnání provést na několika párech zkusných ploch v mladých porostech v rozmezí přibližně 2-10 let.

Metodika

- Výběr vhodných párových ploch v mladých smrkových porostech po dohodě s místním lesním hospodářem – 5/22
- V práci se pokuste navázat na výsledky svých předchůdců v této oblasti s využitím i jejich ploch – 5/22
- Každá zkusná plocha musí obsahovat minimálně 100 ks sazenic – 5/22
- Provedení základních dendrometrických měření (výška, poslední výškový přírůst, výčetní tloušťka – u mladých sazenic tloušťka kořenového krčku) – 9/22
- Zjištění zdravotního stavu, poškození sazenic, okus – 9/22
- Na náhodně vybraných 10 ks sazenic provést podrobné šetření jejich kořenového systému (objem, podíl jemných kořenů, rozměry – délka a šířka kořenového systému, deformace) – 9/22
- Provedení základních výpočtů a statistického hodnocení rozdílů mezi oběma typy výsadeb – 11/22
- Vyvození závěrů ze zjištěných dat a jejich hodnocení – 12/22
- Napsání pracovní verze DP a jej předložení vedoucímu DP – 4/23

Doporučený rozsah práce

minimálně 50 stran

Klíčová slova

Technologie výsadeb, vývoj sazenic, vývoj kořenového systému, přírůst, smrk

Doporučené zdroje informací

- AXER M. et al., Modelling natural regeneration of European beech in Saxony, Germany: identifying factors influencing the occurrence and density of regeneration. 2021, European Journal of Forest Research, Open access
- JURÁSEK, A. *Kontrola kvality reprodukčního materiálu lesních dřevin = Quality control of forest tree species reproduction material : sborník referátů z celostátního odborného semináře s mezinárodní účastí : Opočno 7.-8. března 2000*. Opočno: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno, 2000. ISBN 80-902615-6-6.
- KUPKA, I. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. KATEDRA PĚSTOVÁNÍ LESŮ. *Speciální lesnické kultury*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2019. ISBN 978-80-213-2995-9.
- KUPKA, I. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. KATEDRA PĚSTOVÁNÍ LESŮ. *Základy pěstování lesa*. Praha: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a environmentální, 2005. ISBN 80-213-1308-0.
- KUPKA, I. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA. *Pěstování lesů I*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2008. ISBN 978-80-213-1782-6.
- KUPKA, I. *Fundamentals of silviculture*. Praha: Česká zemědělská univerzita, Lesnická fakulta, 2002. ISBN 80-213-0986-5.
- MAUER, O. *Produkce krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin*. Kostelec: Lesnická práce, 2006.
- SARVAŠ, M. – KUPKA, I. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA. *Pěstování a výsadba krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2011. ISBN 978-80-213-2166-3.
- WILSON E.R. et al., Root characteristics and growth potential of container and bare-root seedlings of red oak (*Quercus rubra* L.) in Ontario, Canada. 2007, *New Forests* 34:163-176
-

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Ing. Ivo Kupka, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 29. 4. 2022

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 31. 8. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 24. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma: Srovnání vývoje nadzemní části a kořenového systému z umělé a přirozené obnovy v oblasti Hořicka vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Iva Kupky, CSc. 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.....

Podpis autora

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval především vedoucímu své diplomové práce, kterým je pan prof. Ing. Ivo Kupka, CSc., za ochotu a cenné rady. Další, komu patří mé poděkování, je Ing. Robin Orct. Zejména jeho konzultace mně v některých bodech práce hodně pomohly. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině a přítelkyni za podporu po celou dobu mého studia na vysoké škole.

Srovnání vývoje nadzemní části a kořenového systému z umělé a přirozené obnovy v oblasti Hořicka

Souhrn

Tato diplomová práce se věnuje srovnání stavu a vývoje nadzemní části a kořenového systému u smrku ztepilého – *Picea abies*, které vznikly umělou a přirozenou obnovou. Smrk je naše hlavní hospodářská dřevina, která v lesních porostech stále zaujímá největší zastoupení. Srovnání bylo provedeno v okrese Jičín, na severu Čech, poblíž obce Boháňka. V této oblasti bylo vybráno 8 párových ploch, na kterých bylo provedeno terénní měření v roce 2021 a v roce 2022. Mimo růstových parametrů u nadzemní části a kořenového systému byl také zjišťován zdravotní stav, poškození, které bylo způsobeno zvěří a kořenové deformace. Stáří ploch bylo dvouleté, tříleté, čtyřleté, pětileté, sedmileté, osmileté, devítileté a desetileté.

Pokud se podíváme na některé dílčí výsledky, tak zjistíme, že například u výšky nadzemní části si u nejmladších ploch vede lépe umělá obnova, tento trend se otáčí u čtyřletých ploch a trvá až do stáří devíti let, kde se obnovy opět velmi vyrovnávají. Obdobně je tomu i u přírůstu. Například průměrná výška u dvouletých jedinců je o 3,3 cm vyšší ve prospěch umělé obnovy. V případě pětileté obnovy je rozdíl 31,3 cm ve prospěch přirozené obnovy. Tloušťka kořenového krčku se ukázala jako velmi vyrovnaná u obou způsobů obnovy. Objemnější kořenový systém vykazovala přirozená obnova, například u čtyřleté obnovy měla průměrný objem 350 ml. Oproti tomu umělá obnova 324 ml. V případě jemných kořenů tomu bylo naopak, u tohoto parametru vycházela lépe obnova umělá. Sledováno bylo také, zda se projevil povýsadbový šok u nejmladších ploch. Zkoumány byly také kořenové deformace, z výzkumu vyplynulo, že menší množství deformací se vyskytl u přirozené obnovy, konkrétně to bylo o 27,5 % bodu méně než v případě umělé obnovy. Zjišťován byl také vliv deformací na růstové veličiny a zdravotní stav, výsledné zjištění bylo, že deformace negativně ovlivňují tyto parametry.

Klíčová slova: Technologie výsadeb, smrk ztepilý, obnova porostu, růstový vývoj, kořenový systém

Comparison of the development of the above-ground part and the root system from artificial and natural regeneration in the Hořice region

Summary

This master thesis is devoted to the comparison of the state and development of the above-ground part and root system in Norway spruce - *Picea abies*, which were created by artificial and natural regeneration. Spruce is our main economic tree species, which still occupies the largest share in forest stands. The comparison was carried out in the Jičín district, in northern Bohemia, near the village of Boháňka. In this area, 8 paired plots were selected and field measurements were carried out in 2021 and 2022. Apart from growth parameters of the above-ground part and root system, health status, damage caused by game and root deformation were also investigated. The age of the plots was two years, three years, four years, five years, seven years, eight years, nine years and ten years.

If we look at some of the sub-results, we find that, for example, for height above ground, artificial regeneration performs better in the youngest plots; this trend reverses for the four-year plots and continues up to the age of nine years, where regeneration is again very even. The same is true for regrowth. For example, the average height of two-year-olds is 3.3 cm higher in favour of artificial regeneration. In the case of the five-year renewal, the difference is 31.3 cm in favour of natural renewal. Root collar thickness proved to be very balanced between the two methods of regeneration. The natural regeneration had a more voluminous root system, for example, the four-year regeneration had an average volume of 350 ml. In contrast, the artificial regeneration had 324 ml. In the case of fine roots, the opposite was true, with artificial regeneration performing better on this parameter. It was also monitored whether post-planting shock was evident in the youngest areas. Root deformation was also examined, and the research showed that there was less deformation in the case of natural regeneration, namely 27.5 % fewer points than in the case of artificial regeneration. The effect of deformations on growth variables and health status was also investigated, the final finding being that deformations negatively affect these parameters.

Keywords: Planting technology, Norway spruce, stand regeneration, growth development, root system

OBSAH

1 ÚVOD	16
2 CÍL PRÁCE	17
3 SMRK ZTEPILÝ	18
3.1 HABITUS.....	18
3.2 AREÁL.....	18
3.3 EKOLOGICKÉ VLASTNOSTI SMRKU.....	19
3.4 SMRK ZTEPILÝ A KLIMATICKÁ ZMĚNA.....	20
4 OBNOVA SMRKOVÝCH POROSTŮ	22
4.1 PŘIROZENÁ OBNOVA.....	23
4.1.1 <i>Generativní přirozená obnova</i>	24
4.1.2 <i>Vegetativní přirozená obnova</i>	24
4.1.3 <i>Výhody a nevýhody přirozené obnovy</i>	25
4.2 UMĚLÁ OBNOVA.....	25
4.2.1 <i>Výhody a nevýhody umělé obnovy</i>	26
4.2.2 <i>Techniky zalesnění sadebním materiálem</i>	26
5 NADZEMNÍ ČÁST A KOŘENOVÝ SYSTÉM	30
5.1 NADZEMNÍ ČÁST SAZENICE.....	30
5.2 ZDRAVOTNÍ STAV.....	30
5.3 KOŘENOVÝ SYSTÉM.....	31
5.3.1 <i>Kořenový systém a jeho funkce</i>	31
5.3.2 <i>Architektura kořenového systému</i>	32
5.3.3 <i>Deformace kořenového systému</i>	34
6 METODIKA	36
6.1 OBLAST VÝZKUMU.....	36
6.2 VÝBĚR PLOCH K VÝZKUMU.....	39
6.3 MĚŘENÍ NADZEMNÍ ČÁSTI.....	39
6.3.1 <i>Metodika měření výšek nadzemní části a přírůstků sazenic</i>	39
6.3.2 <i>Metodika měření tloušťky kořenového krčku a výčetní tloušťky</i>	40
6.3.3 <i>Metodika posouzení zdravotního stavu sazenic</i>	40
6.3.4 <i>Metodika posouzení poškození sazenic zvěří</i>	41
6.4 MĚŘENÍ KOŘENOVÉHO SYSTÉMU.....	41
6.4.1 <i>Metodika měření objemů kořenového systému a jemných kořenů</i>	41
6.4.2 <i>Metodika měření šířky a délky kořenového systému</i>	42
6.4.3 <i>Metodika posouzení kořenových deformací</i>	42
6.4.4 <i>Vliv deformací na vývoj sazenic</i>	42
6.5 POSOUZENÍ POVÝSADBOVÉHO ŠOKU.....	43
6.6 PROGRAMY POUŽITÉ K SEPSÁNÍ PRÁCE A STATISTICKÉMU VYHODNOCENÍ.....	43
7 VÝSLEDKY	45
7.1 VÝSLEDKY MĚŘENÍ V ROCE 2021.....	45
7.1.1 <i>Plocha A-U-2-3 – Dvouletá umělá obnova</i>	45
7.1.2 <i>Plocha A-P-2-3 – Dvouletá přirozená obnova</i>	46
7.1.3 <i>Plocha B-U-4-5 – Čtyřletá umělá obnova</i>	46
7.1.4 <i>Plocha B-P-4-5 – Čtyřletá přirozená obnova</i>	47
7.1.5 <i>Plocha C-U-7-8 – Sedmiletá umělá obnova</i>	48
7.1.6 <i>Plocha C-P-7-8 – Sedmiletá přirozená obnova</i>	49
7.1.7 <i>Plocha D-U-9-10 – Devítiletá umělá obnova</i>	49
7.1.8 <i>Plocha D-P-9-10 – Devítiletá přirozená obnova</i>	50
7.2 VÝSLEDKY MĚŘENÍ V ROCE 2022.....	50
7.2.1 <i>Plocha A-U-2-3 – Tříletá umělá obnova</i>	50
7.2.2 <i>Plocha A-P-2-3 – Tříletá přirozená obnova</i>	51

7.2.3 Plocha B-U-4-5 – Pětiletá umělá obnova	52
7.2.4 Plocha B-P-4-5 – Pětiletá přirozená obnova	53
7.2.5 Plocha C-U-7-8 – Osmiletá umělá obnova	54
7.2.6 Plocha C-P-7-8 – Osmiletá přirozená obnova	54
7.2.7 Plocha D-U-9-10 – Desetiletá umělá obnova	55
7.2.8 Plocha D-P-9-10 – Desetiletá přirozená obnova	55
8 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ	56
8.1 SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ DVOULETÉ UMĚLÉ A PŘIROZENÉ OBNOVY	56
8.2 SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ TŘÍLETÉ UMĚLÉ A PŘIROZENÉ OBNOVY	62
8.3 SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ ČTYŘLETÉ UMĚLÉ A PŘIROZENÉ OBNOVY	67
8.4 SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ PĚTILETÉ UMĚLÉ A PŘIROZENÉ OBNOVY	73
8.5 SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ SEDMILETÉ UMĚLÉ A PŘIROZENÉ OBNOVY	78
8.6 SROVNÁNÍ ZDRAVOTNÍHO STAVU A POŠKOZENÍ ZVĚŘÍ U STARŠÍCH PLOCH	81
8.7 GRAFICKÉ SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ RŮSTU OSMILETÉ OBNOVY	81
8.8 GRAFICKÉ SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ RŮSTU DEVÍTILETÉ OBNOVY	83
8.9 GRAFICKÉ SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ RŮSTU DESETILETÉ OBNOVY	85
8.10 VÝVOJ RŮSTU V PRŮBĚHU LET	87
9 DISKUZE	91
10 ZÁVĚR	95
12 SEZNAM PŘÍLOH	103
13 PŘÍLOHY	104

Seznam použitých zkratk

CHS	Cílový hospodářský soubor
DKS	Délka kořenového systému
OJK	Objem jemných kořenů
OKS	Objem kořenového systému
OSSL	Orgán státní správy lesů
P	Přírůst
SLT	Soubor lesních typů
ŠKS	Šířka kořenového systému
TKK	Tloušťka kořenového krčku
VNČ	Výška nadzemní části
VT	Výčetní tloušťka
ZP	Zkusná plocha

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 – Informace o jednotlivých plochách.....	37
Tabulka č. 2 – Stupnice pro vyhodnocení zdravotního stavu.....	40
Tabulka č. 3 – Stupnice pro vyhodnocení poškození zvěří.....	41
Tabulka č. 4 – Hodnoty nadzemní části sazenic – dvouletá umělá obnova.....	45
Tabulka č. 5 – Hodnoty podzemní části sazenic – dvouletá umělá obnova.....	45
Tabulka č. 6 – Hodnoty nadzemní části sazenic – dvouletá přirozená obnova.....	46
Tabulka č. 7 – Hodnoty podzemní části sazenic – dvouletá přirozená obnova.....	46
Tabulka č. 8 – Hodnoty nadzemní části sazenic – čtyřletá umělá obnova.....	47
Tabulka č. 9 – Hodnoty podzemní části sazenic – čtyřletá umělá obnova.....	47
Tabulka č. 10 – Hodnoty nadzemní části sazenic – čtyřletá přirozená obnova.....	48
Tabulka č. 11 – Hodnoty podzemní části sazenic – čtyřletá přirozená obnova.....	48
Tabulka č. 12 – Hodnoty nadzemní části sazenic – sedmiletá umělá obnova.....	49
Tabulka č. 13 – Hodnoty nadzemní části sazenic – sedmiletá přirozená obnova.....	49
Tabulka č. 14 – Hodnoty nadzemní části sazenic – devítiletá umělá obnova.....	50
Tabulka č. 15 – Hodnoty nadzemní části sazenic – devítiletá přirozená obnova.....	50
Tabulka č. 16 – Hodnoty nadzemní části sazenic – tříletá umělá obnova.....	51
Tabulka č. 17 – Hodnoty podzemní části sazenic – tříletá umělá obnova.....	51
Tabulka č. 18 – Hodnoty nadzemní části sazenic – tříletá přirozená obnova.....	51
Tabulka č. 19 – Hodnoty podzemní části sazenic – tříletá přirozená obnova.....	52
Tabulka č. 20 – Hodnoty nadzemní části sazenic – pětiletá umělá obnova.....	52
Tabulka č. 21 – Hodnoty podzemní části sazenic – pětiletá umělá obnova.....	53
Tabulka č. 22 – Hodnoty nadzemní části sazenic – pětiletá přirozená obnova.....	53
Tabulka č. 23 – Hodnoty podzemní části sazenic – pětiletá přirozená obnova.....	54
Tabulka č. 24 – Hodnoty nadzemní části sazenic – osmiletá umělá obnova.....	54
Tabulka č. 25 – Hodnoty nadzemní části sazenic – osmiletá přirozená obnova.....	55
Tabulka č. 26 – Hodnoty nadzemní části sazenic – desetiletá umělá obnova.....	55
Tabulka č. 27 – Hodnoty nadzemní části sazenic – desetiletá přirozená obnova.....	55
Tabulka č. 28 – Porovnání zdravotního stavu u dvouleté umělé a přirozené obnovy....	60
Tabulka č. 29 – Porovnání poškození zvěří u dvouleté umělé a přirozené obnovy.....	60
Tabulka č. 30 – Porovnání výskytu kořenových deformací u dvouleté umělé a přirozené obnovy.....	60
Tabulka č. 31 – Vliv kořenových deformací – dvouletá obnova.....	61

Tabulka č. 32 – Dvouletá obnova – Statistické vyhodnocení.....	61
Tabulka č. 33 – Porovnání zdravotního stavu u tříleté umělé a přirozené obnovy.....	65
Tabulka č. 34 – Porovnání poškození zvěří u tříleté umělé a přirozené obnovy.....	66
Tabulka č. 35 – Porovnání výskytu kořenových deformací u tříleté umělé a přirozené obnovy.....	66
Tabulka č. 36 – Vliv kořenových deformací – tříletá obnova.....	66
Tabulka č. 37 – Tříletá obnova – Statistické vyhodnocení.....	67
Tabulka č. 38 – Porovnání zdravotního stavu u čtyřleté umělé a přirozené obnovy.....	71
Tabulka č. 39 – Porovnání poškození zvěří u čtyřleté umělé a přirozené obnovy.....	71
Tabulka č. 40 – Porovnání výskytu kořenových deformací u čtyřleté umělé a přirozené obnovy.....	72
Tabulka č. 41 – Vliv kořenových deformací – čtyřletá obnova.....	72
Tabulka č. 42 – Čtyřletá obnova – Statistické vyhodnocení.....	73
Tabulka č. 43 – Porovnání zdravotního stavu u pětileté umělé a přirozené obnovy.....	77
Tabulka č. 44 – Porovnání poškození zvěří u pětileté umělé a přirozené obnovy.....	77
Tabulka č. 45 – Porovnání výskytu kořenových deformací u pětileté umělé a přirozené obnovy.....	77
Tabulka č. 46 – Vliv kořenových deformací – pětiletá obnova.....	78
Tabulka č. 47 – Pětiletá obnova – Statistické vyhodnocení.....	78
Tabulka č. 48 – Porovnání zdravotního stavu u sedmileté umělé a přirozené obnovy...	80
Tabulka č. 49 – Porovnání poškození zvěří u sedmileté umělé a přirozené obnovy.....	80
Tabulka č. 50 – Sedmiletá obnova – Statistické vyhodnocení.....	81
Tabulka č. 51 – Porovnání zdravotního stavu a poškození zvěří u starších ploch.....	81
Tabulka č. 52 – Osmiletá obnova – Statistické vyhodnocení.....	83
Tabulka č. 53 – Devítiletá obnova – Statistické vyhodnocení.....	85
Tabulka č. 54 – Desetiletá obnova – Statistické vyhodnocení.....	87

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 – Evropský areál smrku ztepilého (<i>Picea abies</i>).....	19
Obrázek č. 2 – Vývoj průměrné roční teploty v ČR v jednotlivých lesních vegetačních stupních.....	21
Obrázek č. 3 – Jamková sadba.....	27
Obrázek č. 4 – Štěrbínová sadba.....	28
Obrázek č. 5 – Koutová sadba.....	29
Obrázek č. 6 – Kopečková sadba.....	29
Obrázek č. 7 – Mapa vyobrazující jednotlivé plochy.....	37
Obrázek č. 8 – Mapa vyobrazující jednotlivé plochy.....	38
Obrázek č. 9 – Porostní mapa oblasti výzkumu.....	38
Obrázek č. 10 – Rozložení dat u dvouleté obnovy – VNČ.....	56
Obrázek č. 11 – Rozložení dat u dvouleté obnovy – P.....	57
Obrázek č. 12 – Rozložení dat u dvouleté obnovy – TKK.....	57
Obrázek č. 13 – Rozložení dat u dvouleté obnovy – DKS.....	58
Obrázek č. 14 – Rozložení dat u dvouleté obnovy – ŠKS.....	58
Obrázek č. 15 – Rozložení dat u dvouleté obnovy – OKS.....	59
Obrázek č. 16 – Rozložení dat u dvouleté obnovy – OJK.....	59
Obrázek č. 17 – Rozložení dat u tříleté obnovy – VNČ.....	62
Obrázek č. 18 – Rozložení dat u tříleté obnovy – P.....	63
Obrázek č. 19 – Rozložení dat u tříleté obnovy – TKK.....	63
Obrázek č. 20 – Rozložení dat u tříleté obnovy – DKS.....	64
Obrázek č. 21 – Rozložení dat u tříleté obnovy – ŠKS.....	64
Obrázek č. 22 – Rozložení dat u tříleté obnovy – OKS.....	65
Obrázek č. 23 – Rozložení dat u tříleté obnovy – OJK.....	65
Obrázek č. 24 – Rozložení dat u čtyřleté obnovy – VNČ.....	68
Obrázek č. 25 – Rozložení dat u čtyřleté obnovy – P.....	68
Obrázek č. 26 – Rozložení dat u čtyřleté obnovy – TKK.....	69
Obrázek č. 27 – Rozložení dat u čtyřleté obnovy – DKS.....	69
Obrázek č. 28 – Rozložení dat u čtyřleté obnovy – ŠKS.....	70
Obrázek č. 29 – Rozložení dat u čtyřleté obnovy – OKS.....	70
Obrázek č. 30 – Rozložení dat u čtyřleté obnovy – OJK.....	71
Obrázek č. 31 – Rozložení dat u pětileté obnovy – VNČ.....	73

Obrázek č. 32 – Rozložení dat u pětileté obnovy – P.....	74
Obrázek č. 33 – Rozložení dat u pětileté obnovy – TKK.....	74
Obrázek č. 34 – Rozložení dat u pětileté obnovy – DKS.....	75
Obrázek č. 35 – Rozložení dat u pětileté obnovy – ŠKS.....	75
Obrázek č. 36 – Rozložení dat u pětileté obnovy – OKS.....	76
Obrázek č. 37 – Rozložení dat u pětileté obnovy – OJK.....	76
Obrázek č. 38 – Rozložení dat u sedmileté obnovy – VNČ.....	79
Obrázek č. 39 – Rozložení dat u sedmileté obnovy – P.....	79
Obrázek č. 40 – Rozložení dat u sedmileté obnovy – VT.....	80
Obrázek č. 41 – Rozložení dat u osmileté obnovy – VNČ.....	82
Obrázek č. 42 – Rozložení dat u osmileté obnovy – P.....	82
Obrázek č. 43 – Rozložení dat u osmileté obnovy – VT.....	83
Obrázek č. 44 – Rozložení dat u devítileté obnovy – VNČ.....	84
Obrázek č. 45 – Rozložení dat u devítileté obnovy – P.....	84
Obrázek č. 46 – Rozložení dat u devítileté obnovy – VT.....	85
Obrázek č. 47 – Rozložení dat u desetileté obnovy – VNČ.....	86
Obrázek č. 48 – Rozložení dat u desetileté obnovy – P.....	86
Obrázek č. 49 – Rozložení dat u desetileté obnovy – VT.....	87
Obrázek č. 50 – Vývoj VNČ.....	88
Obrázek č. 51 – Vývoj P.....	88
Obrázek č. 52 – Vývoj TKK.....	89
Obrázek č. 53 – Vývoj OKS.....	89
Obrázek č. 54 – Vývoj OJK.....	90

1 Úvod

Tato práce se věnuje srovnání stavu a vývoje nadzemní části a kořenového systému v mladých porostech smrku ztepilého – *Picea abies*, které vznikly umělou a přirozenou obnovou. Ačkoliv se smrk v posledních letech potýká se spoustou potíží, které jsou spojeny s klimatickou změnou, stále je naší hlavní hospodářskou dřevinou. Jeho zastoupení v našich lesích je v současné době 48,1 %. (MZE, 2021)

Obnova lesa patří k základním činnostem lesního hospodářství. Je to úkon, který ovlivní vývoj lesa i na více než sto let dopředu. Z tohoto důvodu je třeba k obnově lesa přistupovat velmi zodpovědně a předvídat možné důsledky, které naše rozhodnutí v budoucnu mohou mít. Nové porosty mohou vznikat umělou obnovou nebo za pomoci přirozené obnovy, případně jejich kombinací. V současné době v České republice převažuje umělá obnova lesa. Její podíl dle (MZE,2021) dosahuje téměř 82 %. V případě umělé obnovy je nezbytné, aby výsadba byla provedena velmi pečlivě a byl použit kvalitní sadební materiál, který je pro danou oblast vhodný. Pokud není výsadba kvalitně provedena, mohou vznikat kořenové deformace, kterým se tato práce mimo jiné také věnuje.

Právě kořenový systém je základ stromu, který zajišťuje mnoho životně důležitých funkcí. Mezi tyto funkce patří příjem a transport vody a živin z půdy. Důležitá je také zásobní funkce. Kořenový systém hraje zásadní roli v samotné stabilitě stromu. Aby kořenový systém správně plnil všechny své funkce, tak musí být plně vitální a bez kořenových deformací. Poškozený kořenový systém má velký vliv na stabilitu porostu a odolnost vůči stresovým faktorům.

Jelikož jsou kořeny skryté v zemi, je jejich zkoumání obtížné, proto se naše znalosti o kořenovém systému dřevin nemohou vyrovnat znalostem, které máme o nadzemní části stromu. Jejich zkoumání také komplikuje fakt, že jejich velikost oproti bylinám je mnohem větší. (MAUER a kol., 2013) Tato práce se tak snaží přispět k lepšímu poznání kořenového systému na základě dat nasbíraných v terénu.

2 Cíl práce

Cílem tohoto výzkumu je srovnání stavu a vývoje nadzemní části a kořenového systému u naší nejrozšířenější hospodářské dřeviny – smrku ztepilého. Toto srovnání bylo nutné provést mezi porosty, které byly založeny umělou obnovou a porosty, které vznikly přirozenou obnovou. Pro tento účel bylo třeba založit osm párových zkusných ploch. Jejich výběr provést tak, aby měly, pokud možno, shodné přírodní podmínky a zároveň, aby jejich stáří bylo v rozmezí dva až deset let. Na každé zkusné ploše muselo být alespoň sto kusů sazenic, zároveň na plochách do stáří pěti let, včetně, vyzvednuto alespoň deset jedinců k podrobnému šetření jejich kořenového systému. Terénní měření mělo být provedeno dvakrát, a to v roce 2021 a v roce 2022.

Vývoj nadzemní části byl sledován na těchto parametrech: celková výška jedince, poslední výškový přírůst, tloušťka kořenového krčku, u porostů starších pěti let nahrazena výčetní tloušťkou.

Vývoj kořenového systému byl posuzován na základě: objemu kořenového systému, objemu jemných kořenů, délky a šířky kořenového systému. Sledovány byly též kořenové deformace.

U všech sazenic bylo potřeba posoudit zdravotní stav. K posouzení zdravotního stavu byla vytvořena třístupňová škála, kde písmenem „Z“ byly označeny zdravé sazenice, písmenem „N“ nezdravé sazenice a písmenem „O“ odumřelí jedinci. Také bylo nutné provést šetření poškození zvěří. Pro tento cíl byla vytvořena čtyřstupňová stupnice kde: „0“ – bez poškození, „1“ – okus vrcholového terminálu, „2“ – boční okus, „3“ – boční okus + okus vrcholového terminálu.

3 Smrk Ztepilý

3.1 Habitus

Smrk ztepilý – *Picea abies* je stálezelený jehličnatý strom, který dorůstá až do výšky 40 metrů. Tvar kmene smrku je sloupovitý a má tmavě zelenou korunu pyramidovitého tvaru. Spodní větve mají převislé postavení, to je způsobeno tím, jak větve nabírají na hmotnosti. Podle BANFI, CONSOLINO (2001) lze právě díky tomuto znaku smrk bezpečně poznat od jedle bělokoré – *Abies alba*. Smrkový kmen je hladký a jeho tvar, pokud se nejedná o kmen s nějakou růstovou vadou, je zpravidla kulatý. Na bázi může průměr kmene měřit až 2 metry. Borka je v mladém věku nejčastěji světle hnědá později má červenohnědou až šedivou barvu. V pozdějším věku je také borka kosočtvercovitě členěna. (HORÁČEK, 2007)

Jehlice jsou velmi špičaté, mají délku 1 až 3 centimetry. Při bližším pohledu na samotnou jehlici zjistíme, je leskle zelená. Pokud ji příčně rozřízneme, uvidíme její čtyřhranný tvar. Podíváme-li se na více jehlic, tak při sledování uvidíme spirálovité uspořádání. Lze konstatovat, že jejich barva je žlutá až hnědá, při bližším pohledu můžeme u některých jedinců nalézt jednotlivé chloupky, povětšinou je ale nenalezneme. (POKORNÝ, 1963) ÚRADNÍČEK, MADĚRA a kol. (2009) sdělují, že vrcholové pupeny smrku jsou oválně kónické a dlouhé okolo 4 centimetrů. Mohou být slabě pryskyřičné, ale většinou pryskyřici neobsahují. BANFI, CONSOLINO (2001) uvádějí, že v jarním období se objevují květní šištice. Uvolnění semen ze šišek, které jsou světle hnědé a až 15 centimetrů dlouhé, probíhá v zimním období. Semena smrku mají hnědou až černou barvu a mají průsvitné okřídlení, díky kterému za letu rotují.

3.2 Areál

Smrk ztepilý se vyskytuje v rozlehlém areálu celé Eurasie. Jeho výskyt od jihu Evropy až po tajgu poukazuje na jeho nenáročnost na klimatické podmínky. (ŠIMEK, 1993) Severní areál sahá od Norska až po Rusko, kde je následně vytlačován smrkem sibiřským – *Picea obovata*. Významné areály jsou také ve velkých pohořích Evropy, jako Alpy, Tatry nebo třeba Karpaty. (BANFI, CONSOLINO, 2001)



Obrázek č. 1 – Evropský areál smrku ztepilého (*Picea abies*) (FAJON, 2017)

Například v Alpách můžeme smrk nalézt od nadmořské výšky 100 m n. m. až po 2200 m n. m. V České republice se smrk vyskytuje v rozmezí 300 až 1400 m n. m. (ÚRADNÍČEK, MADĚRA a kol., 2009) V současné době je u nás smrk ztepilý nejrozšířenější dřevinou vůbec. Jeho oblibě a silnému rozšíření napomohla pěstební nenáročnost a ekonomická rentabilita. V roce 2021 bylo jeho zastoupení v našich lesích 48,1 %. Oproti tomu přirozené zastoupení na území České republiky je 11,2 %. (MZE, 2021).

Podle POLENA, VACEKA a kol. (2009) se ve svém přirozeném areálu smrk vyskytuje nejčastěji ve smíšených porostech. Čistě smrčiny můžeme nalézt hlavně v nejvyšších horských polohách.

3.3 Ekologické vlastnosti smrku

Smrk ztepilý patří mezi dřeviny, které velice dobře snáší nízké teploty. Dobře také snáší pozdní mrazy. Daleko více je citlivější k vysokým teplotám a zejména k nízké vlhkosti vzduchu. Je to totiž dřevina, která vyžaduje značnou vzdušnou vlhkost. Smrk je polostinná dřevina, která ale v mládí dobře snáší dlouhodobé zastínění. Smrk se tak v matečném porostu udrží dlouhou dobu i přes to, že téměř nepřirůstá. Schopnost

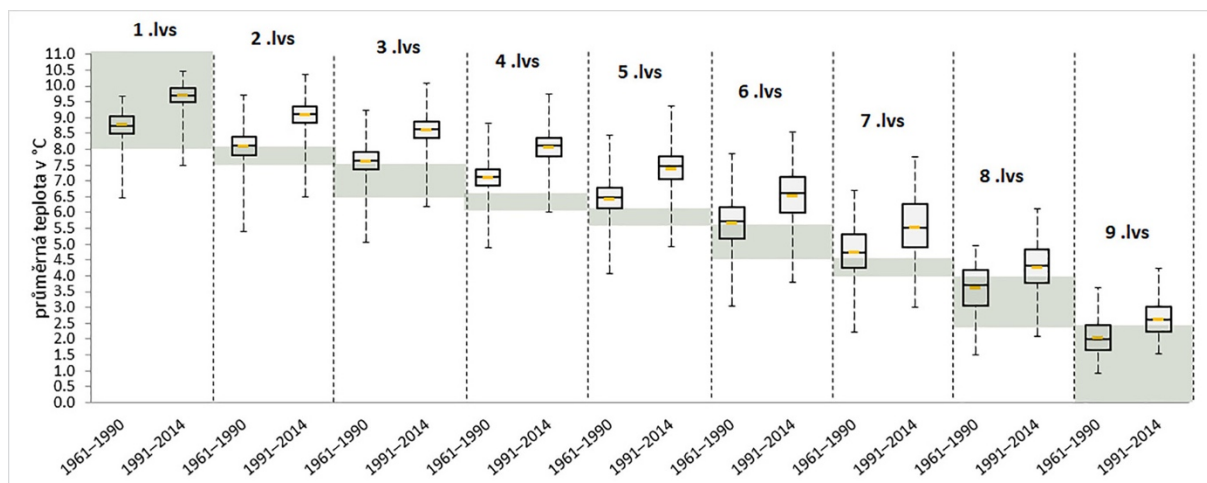
dlouhodobě snášet zástin mu pomáhá v pronikání do porostů odlišných dřevin. (ŠIMEK, 1993)

Smrk má povrchový kořenový systém, z tohoto důvodu je náročný na rovnoměrnou půdní vlhkost. Poměrně dobře snáší nadbytečnou vlhkost a snese i stagnující vodu například v rašeliništích. Zároveň není příliš náročný na minerální složení půdy a geologické podloží. (AAS, 2017) Je to dřevina, která je náchylná na poškození způsobené větrem. To se nejčastěji projevuje vývraty nebo vrcholovými zlomy. Vrcholové zlomy také často způsobuje těžký mokrý sníh nebo silná námraza. Smrk je také velmi citlivý vůči imisím, především SO₂. (ÚRADNÍČEK, MADĚRA a kol., 2001)

ŠIMEK (1993) konstatuje, že smrk kvete přibližně od 60. roku, většinou v intervalu 4 až 5 let, na horách potom v intervalu 7 až 8 let. Má velké množství semen, kdy v úrodně bohatých letech jich může být i více jak 100 kilogramů na 1 hektar. To představuje přibližně 20 milionů kusů semen. Nejideálnější podmínky k výskytu má smrk ztepilý v chladném vnitrozemském podnebí, v severních a středních horských oblastech a také v severních šířkách tajgy.

3.4 Smrk ztepilý a klimatická změna

Z ekologických nároků smrku ztepilého vyplývá, že mění se podmínky na našem území, které jsou způsobené klimatickou změnou, smrku příliš nevyhovují. Jedná se zejména o vyšší teploty, zvýšení evapotranspirace, dřívější začátek vegetačního období, který zapříčiní rychlejší vyčerpání vodních zásob v půdě. (MIKITA a kol., 2014) Častěji také nastávají jarní a letní období sucha, které se ukazují jako limitující faktor růstu rostlin. Ze sledování průměrných úhrnů srážek na našem území vyplývá, že jejich množství je poměrně vyrovnané a v průběhu let se příliš nemění. Problémem ale je rozložení těchto srážek. Stále častěji se stává, že spadne veliké množství srážek během velmi krátké doby. Tato voda se nestačí vsakovat do půdy a značná část odeče z povrchu bez většího užitku. (ČERMÁK a kol., 2018)



Obrázek č. 2 – Vývoj průměrné roční teploty v ČR v jednotlivých lesních vegetačních stupních (ČERMÁK a kol., 2018)

Všechny tyto faktory jsou významným stresorem, který ohrožuje stabilitu lesa. Stresem oslabené stromy jsou poté snadněji napadány některými biotickými chorobami a hmyzími škůdci. Toto byl také významný faktor, společně s pěstováním smrku na nevhodných stanovištích a nevhodným způsobem, který vyeskaloval v kůrovcovou kalamitu v roce 2015, která doznívá ještě dnes. Během této kalamity se zastoupení smrku v České republice snížilo z 50,7 % (MZE, 2014) na současných 48,1 %. (MZE, 2021)

ČERMÁK (2016) uvádí, že k bezpečnému pěstování smrku potřebujeme roční úhrn srážek alespoň 700–800 milimetrů, průměrnou roční teplotu pod 6 °C a délku vegetační doby okolo 120–130 dní. Smrk je dnes ještě stále běžně pěstován ve 3. a 4. lesním vegetačním stupni, kde klimatické podmínky nesplňují, nebo z důvodu klimatické změny brzy splňovat nebudou, ekologické nároky smrku.

Abychom v budoucnu snížili pravděpodobnost obdobných událostí, je třeba pěstovat lesy druhově pestré, respektovat ekologické nároky dřevin a na jednotlivých stanovištích pěstovat dřeviny, které jsou pro jednotlivá stanoviště vhodná. (KUPKA, 2002) Další opatření, která bychom měli provést, jsou například podpora přirozené obnovy, změny obmýtí a obnovní doby, podpora strukturální bohatosti. Změny výchovy porostů, u smrku zejména vysokou intenzitou prvního zásahu. Dále pak šlechtění odolných genotypů nebo hybridů, a také kombinovat různé hospodářské tvary a způsoby. (BÍLEK, KUPKA a kol., 2016)

4 Obnova smrkových porostů

Obnova lesa je základní lesnická činnost, která má za úkol nahradit stávající porost, zpravidla mýtného věku, novou generací lesních dřevin. (KUPKA, 2005) V České republice platí, že holinu, která po těžbě vznikla, máme povinnost dle lesního zákona č. 289/1995 Sb. zalesnit stanovištně vhodnými dřevinami do 2 let od jejího vzniku. Tato zákonem uložená povinnost může být prodloužena, pokud jsou splněny dané podmínky. Musí být splněn bod, že se v následujících letech dá předpokládat vznik přirozené obnovy. O tomto prodloužení rozhoduje zpravidla OSSL, vlastník lesa nebo správce o to ovšem musí předem požádat. (POLENO, VACEK a kol., 2007) Od dubna roku 2020 je v platnosti prodloužení této lhůty až na 5 let od vzniku holiny. Tato prodloužená lhůta platí pouze na kalamitních holinách.

KUPKA (2005) sděluje, že obnova lesa je předmětem pěstování lesů a obnovní postupy a způsoby jsou zásadním hlediskem při rozlišování hospodářského způsobu. Obnovu porostů můžeme hodnotit podle těchto znaků: způsob vytvoření nového porostu, prostorové uspořádání obnovy, doba trvání obnovy a velikostí obnovované plochy.

POLENO, VACEK a kol. (2009) uvádějí, že obnovu rozlišujeme na dva základní druhy. Těmito druhy jsou obnova přirozená a umělá. V případě obnovy přirozené se snažíme využít rozmnožovací schopnost mateřského porostu. To může být buď pomocí semen nebo výmladností. Na druhé straně umělá obnova vzniká sadbou nebo sítí. Rozlišujeme ještě pojem kombinovaná obnova lesa. To je velmi často využívaná forma obnovy, která nastává v případě, že na obnovované ploše využíváme současně obnovu přirozenou a umělou. Ekonomickým pohledem je umělá obnova jednou z nejnáročnějších lesnických činností. To je hlavním důvodem, proč je v praxi snaha o hojně využití přirozené obnovy. (ŠARVAŠ, KUPKA, 2011)

Tyto tři techniky obnovy nám dělí obnovu podle prostorového uspořádání. Obnovu můžeme provádět, a dnes se stále nejčastěji provádí, holosečným způsobem. Další dva postupy, u kterých se i více využívá přirozené obnovy, tak jsou clonná a okrajová obnova. Dnes se do popředí dostává také obnova výběrným způsobem, tento způsob se ukazuje jako vhodný v současné klimatické změně. Dle délky známe krátkodobou obnovu, která je zpravidla kratší než rozmezí 20 až 30 let. Pokud tato doba přesahuje 30 let, tak hovoříme o dlouhodobé obnově. (KUPKA, 2005).

Obnova lesa může být nejen finančně velmi nákladná, ale starosti lesníkům může dělat také její ujímavost. Schopnost ujímání snižuje mnoho faktorů, mezi ně řadíme především výrazné extrémní počasí. (WILSON a kol., 2019) Kvůli klimatické změně tyto extrémní, zejména v posledních letech, nejsou ojedinělé. Pokud se extrémní počasí objeví v jarním období, tak to pro lesníky může znamenat vážný problém, jelikož v této době probíhají práce na obnově lesa. Problém nastává, pokud se objeví tyto faktory: teplotní extrémní, nevyrovnané srážky nebo jejich deficit po zimách chudých na sněhovou pokrývku. Negativně působí i pozdní jarní mrazíky. (BAIG a kol., 2015) Podle (BOSE a kol., 2014) jsou na velkých kalamitních holinách tyto podmínky ještě mnohem extrémnější a přidávají se k nim i další činitelé, kteří nejsou jinak tolik významní. Může to být například vítr, navátý sníh, zamokření půdy a také silnější zabuření. Proto bychom na problémových lokalitách měli obnovu zahajovat na místech chráněných před větrem, využívat přípravných dřevin, hromad klestu nebo také nedotěžených částí porostu. (SOUČEK a kol., 2019) Podle vyhlášky č. 139/2004 Sb. se za obnovený pozemek považuje ten, na kterém se nachází alespoň 90 % minimálního počtu životaschopných jedinců rovnoměrně rozmístěných po ploše. Za porost zajištěný se potom považuje takový porost, na kterém je alespoň 80 % minimálního počtu jedinců, vykazují trvalý výškový přírůst a jsou odrostlé vlivu buření a nejsou výrazně poškozeny. Pokud se nám tento cíl z nějakých důvodů nepodaří dosáhnout, je třeba daný porost vylepšit. Vylepšování je proces, při kterém se potřebná část odumřelých jedinců nahradí novou sadbou. (BUČEK, LACINA 1999)

4.1 Přirozená obnova

Přirozená obnova je dle ŠIMKA (1993) zákonitým procesem biologie lesa. Je známo, že lesní porosty se v pralesích samovolně obnovují bez zásahu lidské ruky. Staré stromy postupně odumírají a na jejich místě se vyvíjí nový mladý porost, který vznikl opadem semen odumírajícího mateřského porostu. Z minulosti víme, že tam kde lidským zásahem vznikla holina, tak i přes to, že nebyla obnovena, dokázal zde za pomoci přírodních sukcesí vzniknout nový porost, většinou složený z přípravných dřevin. Oproti tomu v hospodářském lese je přirozená obnova spojena s cílevědomou činností hospodařícího lesníka. Zde je nejdůležitější generativní přirozená obnova. Její vznik je

podmíněný semennou úrodou, příznivým porostním klimatem a také stavem půdního krytu. V některých případech je nutné půdu nejprve připravit, aby bylo možné ujmoutí semen. Přirozená obnova se pojí zejména s podrobným způsobem hospodaření, ale může být využita i při holosečném způsobu hospodaření. To buď ponecháním výstavek nebo náletem semen z okolních porostů. (KUPKA, 2005)

4.1.1 Generativní přirozená obnova

Jedná se o nejčastěji se vyskytující druh přirozené obnovy. Porosty vznikají pod mateřským porostem, kdy právě z těchto mateřských stromů dochází k opadu generativního materiálu-semen a plodů. Tento efekt můžeme podpořit tím, že původní porost prosvětlíme a tím nastanou vhodnější podmínky pro přirozenou obnovu. Tento postup se často užívá, když zvolíme clonnou seč. Pro ještě lepší ujímavost se doporučuje zraňování půdy, které může být provedeno celoplošně, případně ve formě plošek, pásů nebo pruhů. (POLENO, VACEK a kol., 2007)

4.1.2 Vegetativní přirozená obnova

KUPKA (2005) píše, že tento druh obnovy je méně častý, ale potkáme se s ním jak v přirozené variantě, tak se také využívá uměle, například ve výmladkovém či sdruženém lese. Je, to tedy obnova, ve které nefigurují semena, ale pařezové nebo kořenové výmladky. Můžeme se také setkat s hřížením, to může nastat v momentě, kdy se větve dotýkají půdy. Tento případ se může vyskytnout jak u jehličnatých, tak listnatých dřevin. Pokud bychom hledali vegetativní rozmnožování v případě smrku, tak s největší pravděpodobností se s ním setkáme v horských oblastech. V těchto oblastech se vlivem extrémních podmínek hůře ujímají semena. Také se zde vyskytuje menší počet semenných roků. Proto v těchto podmínkách volí smrk jinou taktiku rozmnožování a využívá právě zmíněné hřížení. Z tohoto důvodu můžeme v horách vidět smrky v menších skupinkách. Tento fakt ale neznamená, že by zde neprobíhalo generativní rozmnožování. (POLENO, VACEK a kol., 2007)

4.1.3 Výhody a nevýhody přirozené obnovy

Mezi největší výhody přirozené obnovy patří vhodnost ekotypu, zejména klimatotypu. Jelikož reprodukcující populace se měla možnost minimálně po dobu jedné generace přizpůsobit místním podmínkám stanoviště. Další výhodou je kvalita kořenového systému, ten se vyvíjí přirozeně a není tolik ohrožen vznikem deformací, které vznikají u umělé obnovy ve školce nebo při výsadbě, uvádí (KUPKA, 2004). Ne méně důležité je také ekonomické hledisko, kdy přirozená obnova představuje úsporu financí a práce. Při následné výchově máme možnost výběru z mnohem většího počtu jedinců. Díky přirozené obnově vznikají věkově různorodější porosty. Je zde vysoká přirozená mortalita, kořenový systém odumřelých jedinců vytvoří po jeho rozložení v půdě drobné trhliny, kterými se potom lépe vsakuje voda. (AXER a kol., 2021)

KUPKA (2004) řadí mezi nevýhody určitě patří ve většině případů vyšší náklady na pozdější výchovu lesního porostu. Přirozeně obnovené porosty jsou zpravidla velmi husté, proto je hlavně první zásah náročný. V případě přirozené obnovy si nemůžeme zvolit libovolnou druhovou skladbu, nově vznikající skladba je limitována pouze na druhy, které jsou schopné se rozmnožovat v mateřském porostu. Také si nemůžeme zvolit spon.

4.2 Umělá obnova

Umělá obnova lesa vzniká pouze cílevědomou činností lesních hospodářů. Nově vznikající porost z umělé obnovy může vznikat dvěma způsoby. První možností je sadba sazenic a semenáčků, které byly vypěstovány v lesních školkách. Někdy se můžeme setkat také se sadbou, při které jsou využívány stromky vyzvednuté z náletu. Druhá varianta je využití síje, kdy se plody a semena rozesejí po obnovované ploše. Největší uplatnění nalézá umělá obnova v případě, kdy se provede holá seč. Při uplatnění clonné seče je snaha využít maximální potenciál přirozené obnovy, pokud se tento záměr nedaří, tak se využije umělá obnova ve formě podsadeb a podsíjí. (KUPKA, 2005) Podle KUPKY (2008) se umělá obnova rozlišuje na síji a sadbu, kde sadba může být generativního a vegetativního původu. V dnešní době je síje poměrně finančně náročná, jelikož při umělé síji je vysoká spotřeba semene. Z tohoto důvodu je tento způsob spíše na ústupu. Její

výhodou je jednoduché provedení. Jako hlavní způsob se u nás využívá sadba sazenic a semenáčků, které byly vypěstovány v lesních školkách.

Pokud se lesní hospodář rozhodne využít umělou obnovu, tak by měl dbát na to, aby se jednalo o kvalitní sadbu. Pokud tento faktor podcení, tak může dojít ke špatnému ujmnutí a vysoké mortalitě. To výsledně velmi prodraží samotnou obnovu lesa, nehledě na to, že tento fakt může mít i negativní vliv na následný vývoj porostu. U mladých sazenic je třeba si pohlídat zejména kvalitní kořenový systém. Důležité je, aby sazenice měla vysoký podíl jemných kořenů. Na těchto faktorech je závislý pozdější vývoj sazenice. (POLENO, VACEK a kol., 2009)

4.2.1 Výhody a nevýhody umělé obnovy

Mezi nesporné výhody umělé obnovy patří možnost výběru druhové skladby nově vznikajícího porostu. To můžeme uplatnit zejména na stanovištích, kde se nachází mateřský porost, který nemá vhodnou druhovou skladbu. Díky umělé obnově můžeme použít geneticky kvalitnější materiál, než který by poskytl mateřský porost. Zároveň si u umělé obnovy můžeme zvolit optimální spon, který usnadní pozdější výchovu porostu. Je potřeba si uvědomit, že zmíněné přednosti se mohou snadno proměnit v nedostatky, pokud je s nimi neodborně naloženo. (KUPKA, 2004)

Mezi nevýhody patří možnost vzniku kořenových deformací, buď ve školkách nebo při nesprávně provedené sadbě. Umělá obnova představuje velké finanční náklady. Při použití umělé obnovy vznikají věkově stejnorodé porosty. (AMOROSO a kol., 2010)

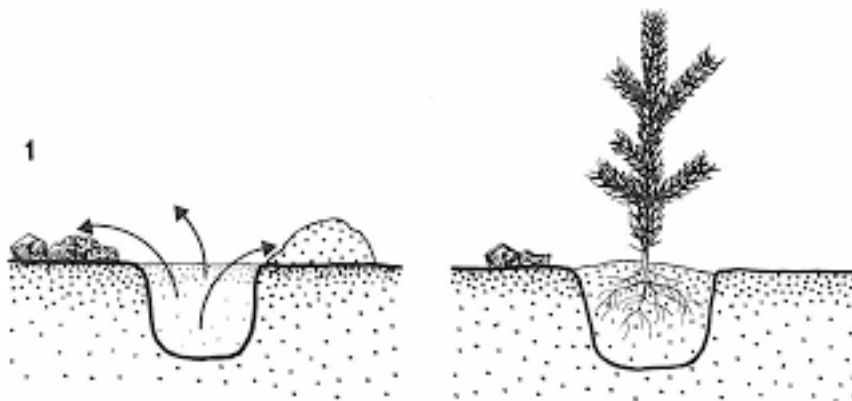
4.2.2 Techniky zalesnění sadebním materiálem

KANTOR a kol. (1975) píše, že jamková sadba je u nás nejrozšířenějším způsobem výsadby. Abychom mohli konstatovat, že sadba byla úspěšná, tak tomu musíme jít od začátku naproti a již v počátku zajistit, aby se kořeny dotýkaly půdy a sazenice tak neměly problém nedostatkem živin nebo vody. Pokud se lesník rozhodne pro využití jamkové sadby, tak velikost jednotlivých jamek určí na základě půdních podmínek, dřeviny a tvaru kořenového systému. Pokud chceme do lesa umísťovat odrostky, poloodrostky, nebo sazenice větších rozměrů, tak vlastně ani nemáme jinou

možnost než využít sadbu do jamek. Takto veliké jedince bychom do štěrbin v případě štěrbinové sadby ani nedostali a pokud ano, tak by bylo velmi pravděpodobné, že by došlo k poškození kořene. (KUPKA, 2008)

Dle výkonových norem by sadební materiál o velikosti do 20 cm měl být zasazen do jamek o velikosti 25 x 25 cm nebo 35 x 35 cm. Pro sadební materiál nad 25 cm jsou potřeba jamky velikosti 35 x 35 cm nebo 50 x 50 cm. (NOUZOVÁ, NOUZA, 2010)

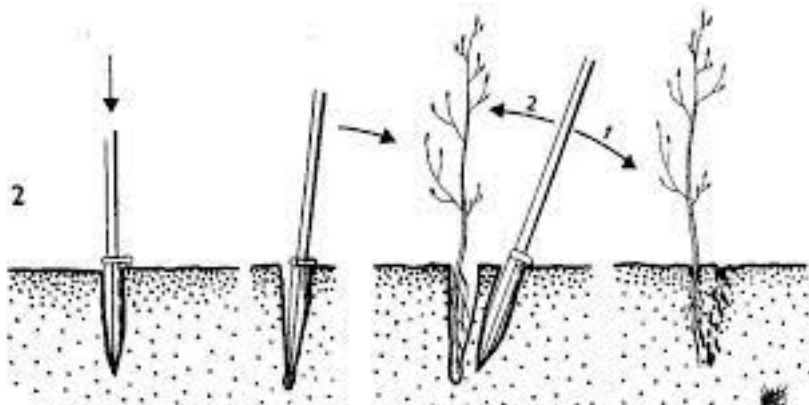
POLENO, VACEK a kol. (2009) konstatují, abychom mohli tvrdit, že jsme výsadbu provedli správně, tak je potřeba, aby lesní dělník věnoval zvláštní péči kořenovému systému. Ten by neměl být nijak násilím upravován, naopak by měl být kořen přirozeně rozprostřen. Důležité je, aby sazenici nezasadil moc hluboko nebo naopak. To, že je jedinec ve správné hloubce zjistí lesní dělník tak, že kořenový krček je v úrovni terénu. Pokud se provádí výsadba krytokořeným materiálem, tak tento obal musí být lehce pod povrchem. Nesmí dojít k ohnutí hlavního kořene, pokud by k tomu mělo dojít, je lepší takový kořenový systém zkrátit. V případě vyhodnocení, že jedinec má velmi plochý kořen, tak by měl lesní dělník vytvořit kopeček uprostřed jamky. Poslední krok, který lesní dělník provede, je kontrola, jak dobře sazenice drží v zemi. To ověří jednoduše tím, že za ní zatáhne.



Obrázek č. 3 – Jamková sadba (GRATCL, 2012)

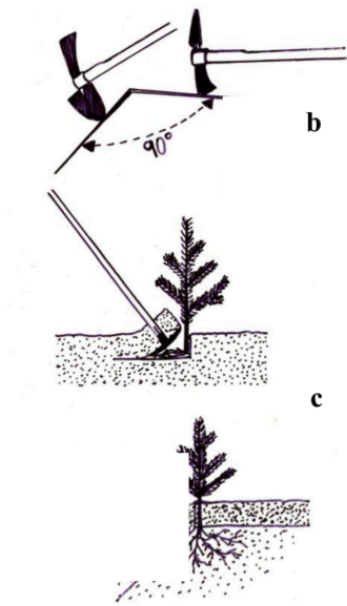
Druhá nejvíce využívaná je sadba štěrbinová. Je to metoda vhodná pro vysazování jednoletých až dvouletých sazenic nebo semenáčků. Tento způsob výsadby je vhodný do kyprých půd s nižším obsahem skeletu, využít se dá také ve svahu, kde by porušením půdního krytu mohlo dojít k vodní erozi. (MAUER, 2009) Velkou výhodou štěrbinové sadby je podle KUPKY (2008) její rychlost, zároveň má i jednu podstatnou nevýhodu, a to je ta, že snadno dochází ke kořenovým deformacím. V prvním kroku je třeba v půdě

vytvořit štěrbinu pomocí nástroje, který nazýváme sazeč. Do takto vytvořeného otvoru se následně vsune jedinec. Po vsunutí se ještě krátkým pohybem povytáhne směrem zpět, tento úkon nám zajistí to, že nenastane ohnutí kořene ve štěrbině. Ve druhém kroku se provede vpich hned vedle a přimáčknutím zeminy směrem k původní štěrbině se semenáček uzavře.



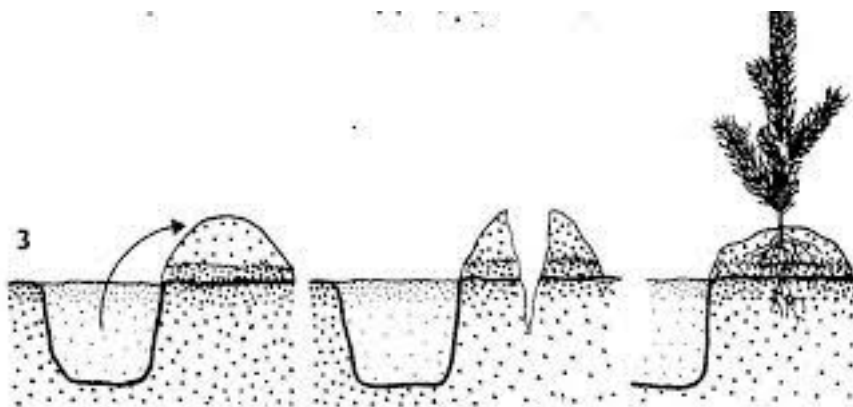
Obrázek č. 4 – Štěrbínová sadba (GRATCL, 2012)

Další variantou je koutová sadba. Při této sadbě se využívá speciální motyka ve tvaru písmene L nebo T. Motyka se zasekne do země a páčením směrem k tělu se v půdě otevře prostor, kam se vloží sazenice. Následně odkopnutý pás vlastní vahou přikryje kořeny sazenice. Následně je nutné místo sešlápnout, aby zemina lépe přilnula kořenovému systému. Výhodou oproti štěrbinové sadbě je, že se touto metodou mohou vysazovat starší sazenice a nedochází v takové míře ke kořenovým deformacím. (KANTOR a kol., 1975)



Obrázek č. 5 – Koutová sadba (MAUER, 2009)

Při kopečkové sadbě vytváříme kopečky o základně 40–70 cm a samotná výška kopečku by měla být 30–50 cm. Kopečky musíme připravit na podzim pro jarní výsadbu nebo v létě pro podzimní výsadbu. Je totiž nezbytné, aby nakypřená půda slehla. Důležité také je povrch půdy, na který budeme vršit kopeček porušit, v opačném případě by drn vytvářel překážku pro růst kořenů. Využití tohoto způsobu výsadby najdeme především na podmáčených půdách nebo v mrazových oblastech. Vyvýšení zajistí, aby byla půda více provzdušněna a sazenice dříve odroste horizontu, kde je nejsilnější přízemní mráz. Vyvýšení také jedinci poskytuje náskok před buřením, toho můžeme využít na silně zabuřeněných stanovištích. (KANTOR a kol., 1975)



Obrázek č. 6 – Kopečková sadba (GRATCL, 2012)

5 Nadzemní část a kořenový systém

5.1 Nadzemní část sazenice

Pod slovem jakost sadebního materiálu se podle KUPKY, STEJSKALOVÉ a kol. (2014) skrývá soubor všech jeho morfologických, fyziologických a genetických vlastností. Základní soubor informací, zejména těch genetických nalezneme v certifikátu původu. V tomto dokumentu nalezneme všechny důležité údaje, které by měly lesníka zajímat.

Morfologické znaky používáme k tomu, abychom určili vhodnou velikost a zároveň dostatečnou odolnost sazenic proti fyzickému namáhání, kterému mohou čelit na stanovišti, kde budou vysazené. Jako základní morfologický index se používá poměr mezi nadzemní částí a kořenovým systémem. Dalším hojně využívaným indexem je poměr výšky a průměru kořenového krčku. Pokud je poměr nadzemní části a kořenového systému nižší než hodnota 2,0 a poměr mezi výškou a průměrem kořenového krčku nižší než hodnota 80, můžeme hovořit o dobré rovnováze. (ALBRECHTOVÁ, LHOTÁKOVÁ, 2019)

Vývoji kořenového systému příliš nepomáhá dlouhodobé zastínění. Takové podmínky mohou nastat pod mateřským porostem. Ten zapříčiní nedostatečný průchod světla, ale také srážkové vody. Pokud je jedinec těmto nevyhovujícím podmínkám vystaven dlouhodobě, tak dojde téměř k zastavení vývoje kořenového systému. To značně ovlivňuje schopnost přirůstání sazenice. (POLENO, VACEK a kol., 2007)

5.2 Zdravotní stav

Vitalita, jinými slovy životaschopnost je dle DOBBERTINA a BANGA (2001) soubor vlastností, pomocí kterých určujeme vývojovou tendenci stromu. Patří sem především vlastnosti asimilace, schopnost reprodukce, odolnost vůči stresovým faktorům a schopnost reakce na změnu podmínek okolního prostředí. Pokud jsou vegetativní pupeny smrku v dobrém stavu dochází k růstu nových výhonů, které asimilují. Tento proces zabezpečuje regeneraci koruny. Některé pupeny u smrku zůstávají dormantní

klidně i několik let. Představují tak zásobu meristémů, které se mohou aktivovat v případě, že dojde k určité míře defoliace způsobené stresem. (STRAW a kol., 2000)

5.3 Kořenový systém

Kořen je orgán, který se téměř vždy nachází pod povrchem půdy. Je to část rostliny bez listů, pravidelných pupenů nebo nodů. Kořenový systém upevňuje rostlinu v zemi, i díky němu dochází k přijímání vody a živin. Je to také zásobní orgán. Kořenový systém je místem, kde dochází k symbióze mezi dřevinami a mikroorganismy. Především je potřeba zmínit mykorhizu, která představuje symbiózu mezi dřevinou a houbami. Kořen je heterotrofní orgán, který potřebuje přísun asimilátů z nadzemní části. (PEJCHAL, 2004)

NÁROVCOVÁ (2013) uvádí, že již mnoho autorů se v minulosti i současnosti věnovalo problematice růstu a vývoji kořenového systému dřevin, ať už to bylo při pěstování v lesních školkách nebo po výsadbě jedinců v porostu. Ve Skandinávii bylo zjištěno, že kořenové deformace mohou způsobit některé vady dřeva. Tyto deformace následně zhoršují stabilitu porostu, především stabilitu vůči větru. Strom s nedostatečně vyvinutým kořenovým systémem je nedostatečně ukotven a může být tak snadněji vyvrácen. Vliv mohou mít deformace také na houbové infekce, samotný růst a kvalitu jedince. (STROMBERG, 1988)

Jelikož jsou kořeny skryté v zemi je jejich zkoumání poměrně obtížné, tak se naše znalosti o kořenovém systému dřevin nemohou vyrovnat znalostem nadzemní části stromu. Oproti bylinám je také u dřevin komplikací samotná velikost kořenového systému. (MAUER a kol., 2013)

5.3.1 Kořenový systém a jeho funkce

Kořenový systém má mnoho funkcí. Zajišťuje vlastně životaschopnost stromu, jelikož strom ke svému životu potřebuje mimo jiné vodu a minerální látky. Ty právě díky kořenu čerpá z půdy a následně transportuje. Aby byl strom odolný proti větru, tak potřebuje pevně držet v zemi, i tuto funkci kořenový systém plní. K tomu, aby dobře plnil výše uvedené funkce, tak je třeba, aby měl velký rozsah, jelikož voda nebo třeba i některé

živiny mohou být v půdě zastoupeny pouze v malém množství. Může se tedy stát, že se v okolí kořenů vyčerpají. Aby tak nenastalo, kořenový systém neustále přirůstá do nového prostoru. Pomocí kořenových vlásků a postranních kořenů zvětšuje absorpční povrch a zajišťuje si dostatek živin. Tomuto cíli dopomáhá i mykorhiza. (VOTRUBOVÁ, 2017)

PEJCHAL (2004) píše, že pokud se zaměříme na velké stromy, zjistíme, že kořenový systém zde plní především kotevní funkci. Ovšem ani u takto velkých stromů nesmí chybět funkce, která zajišťuje vstřebávání a rozvod živin a vody. Při zkoumání kořenových systémů bylo zjištěno, že přibližně osmdesát procent všech kořenů se nachází pouze v hloubce 20-30 cm. Hluběji se nacházejí kulové kořeny, které podporují ukotvení stromu. Někdy se můžeme setkat s tím, že se těmto kořenům říká kosterní.

5.3.2 Architektura kořenového systému

Kořenový systém je tvořen třemi základními druhy kořenů. Jsou to kosterní kořeny, vodorovné kořeny, kořeny svislé a koncové kořínky. Kosterní kořeny jsou kořeny nižších řádů, druhotně ztloustlé, tyto kořeny již nemají schopnost aktivní sorpce. Hlavní funkcí je tak udržení stability stromu, vedení vody a živin a také jsou zásobárnou látek. Vodorovné kořeny, někdy také nazývané horizontální, nalezneme na povrchu nebo blízko povrchu. Tyto kořeny rostou přibližně rovnoběžně se zemským povrchem. Svislé někdy nazývané vertikální kořeny, rostou svisle, či šikmo v úhlu, který nepřesahuje 45 °. Koncové kořínky jsou odpovědné za sorpci. Označujeme tak kořenové větvičky posledního řádu. (MAUER a kol., 2013)

Dle MAUERA a kol. (2013) nám architektura kořenového systému udává způsob, kterým je kořenový systém uspořádaný. Toto uspořádání určuje větvení, diferenciaci, orientaci a lokalizaci kořenů. Ideální architektura kořenového systému je taková, která je tvořena alespoň čtyřmi kosterními kořeny, které rostou souběžně s povrchem. Měli by mít průběžný růst mezi vodorovnými kořeny a svírat s nimi maximální úhel 90 °. Pokud je kořenový systém tvořen jen třemi kosterními kořeny, musí být mezi dvěma kořeny úhel 180 ° a zároveň úhel třetího kořene nesmí být menší než 45 °. V případě kulového kořene je nutné, aby součástí kořenového systému byl alespoň jeden kořen rostoucí na povrchu. Kořeny kosterní by mezi sebou neměli být propletené nebo se dokonce obtáčet a musí dodržovat stále stejný směr růstu. (POLENO, VACEK a kol., 2009)

Základní členění architektury vychází z charakteru kostry kořenového systému. Známe tři základní typy tohoto členění. Prvním typem je kůlový kořen. Tomuto typu dominuje silný kůlový kořen. Ten je doplněn o kořeny vodorovné, ze kterých vyrůstají kotevní kořeny. Mezi dřeviny, které mají tento kořenový systém patří například: *Abies alba*, *Pinus nigra* nebo *Pinus sylvestris*. Druhým typem je srdčitý charakter. Zde chybí kůlový kořen, nebo je jen málo vyvinutý. Skupiny vodorovných kořenů zpravidla není tolik výrazná a dochází u ní k brzkému větvení. Prokořenění půdy u tohoto typu kořenového systému je oproti zbývajícím dvou typům většinou intenzivnější. Srdčitý kořenový systém mají například tyto dřeviny: *Larix decidua*, *Fagus sylvatica* či *Pseudotsuga menziesii*. Posledním typem je kotevní nebo také talířovitý kořenový systém. U tohoto typu jsou dominantní vodorovné kořeny. Z nich později vyrůstají ve svislé poloze kořeny kotevní. Tento kořenový systém nalezneme nejčastěji u dřevin jako jsou: *Picea abies*, *Fragaria excelsior* nebo třeba *Sorbus aucuparia*. (GREBNER a kol., 2013)

JURÁSEK (2000) říká, že je třeba si uvědomit, že výše zmíněné typy kořenových systémů jsou vždy výrazně ovlivněné stanovištními podmínkami. Není tedy vyloučené, že se u jednoho druhu dřeviny může vyskytovat více typů kořenového systému. Obecně panuje představa, že dřeviny hlubokokořenicí mají kůlový kořen, a naopak dřeviny mělkokořenicí mají kotevní systém. To ale platí pouze na stanovištích, která výrazným způsobem neomezují rozvoj kořenových systémů. Naopak smrk ztepilý, který je obecně považován za dřevinu mělkokořenicí, tak může na hlubokých půdách mít zapuštěné kotevní kořeny i ve větší hloubce, než jsou 2 metry.

Výše zmíněné základní rozdělení můžeme rozšířit ještě o panohovitý kořenový systém, kdy z báze kořene kůlového vyrůstají pozitivně geotropicky rostoucí panohy. Horizontálně kotevní systém je kořen, u kterého z báze vyrůstá několik horizontálních kosterních kořenů, z těch později vyrůstají kotvy. Všestranně rozvinutý kořenový systém je charakteristický tím, že kosterní a kotevní kořeny jsou poměrně tenké, je jich ale velké množství. Poslední je povrchový kořenový systém, ten má značné množství kořenů kosterních, ale nevyrůstají z nich kotvy. (MAUER a kol., 2013)

Kořenové systémy rozlišujeme také dle jejich hustoty na hustší a řidší. Obecně platí, že hustota kořenového systému je vyšší u listnáčů než u jehličnanů. Kořeny můžeme rozdělit ještě podle prostorového rozložení na válcovité, činkovité, obráceně kuželovité a tvaru písmene T. (VLK, 2017)

5.3.3 Deformace kořenového systému

Kořenové deformace mají podle KOLNÍNA (2001) negativní vliv zejména na schopnost stromu přijímat půdní živiny. Porosty, kde se nachází jedinci s kořenovými deformacemi, postrádají potřebnou stabilitu. Ke kořenovým deformacím dochází nejčastěji již při pěstování jedinců v lesních školkách, dále potom při neodborné výsadbě. Ovšem deformace se mohou objevit i v případě, že výsadba byla zdařilá.

Mezi faktory, které mohou mít vliv na kořenové deformace patří:

- Nepříznivé půdní podmínky – nedostatek živin, vody, vysoký obsah soli nebo třeba nevhodné pH.
- Fyzikální vlivy – nadbytečná vlhkost, eroze půdy nebo nárazy větru.
- Biologické vlivy – choroby, škůdci, vzájemná konkurence mezi kořeny

MACHOVIČ (2022) říká, nejvíce ohrožený kořenovými deformacemi je krytokořený sadební materiál. Pokud se ve školce pěstuje nevhodně, dochází k nejfatálnějším kořenovým deformacím. Z tohoto důvodu byla tato technologie výrazně vylepšena. V průběhu let došlo ke zvětšení obalu. MACHOVIČ (2022) dále uvádí, že zmizelo i dno, to vedlo ke změně technologie pěstování, kdy se začal využívat vzduchový polštář. Dalším problémem bylo to, že kořeny neměly tendenci růst směrem dolů, vymyslely se tedy žebra, které tomu měly dopomoci. Problémem byl též nadměrný růst kořenů, vymyslelo se tedy, že se stěny ošetří preparáty na základě mědi.

Problémy se samozřejmě vyskytují i u prostokořených jedinců. Mezi časté deformace patří tyto:

- Strboul – je častá deformace, která bývá způsobena zamotáním kořenů při výsadbě. Ty pak rostou dokola a jak nabývají na objemu, tak se zaškrucují. Poškozený jedinec má poté problémy s vedením vody a živin. Také se může snadněji vyvrátit.
- Kořen do písmen J a L – často je důvodem malá jamka, do té se kořeny nevejdou a pracovník místo prohloubení jamky kořen raději ohne.

- Nepřítomnost kůlu či panoh – takto postižený strom je náchylný k vývratům. Zároveň výrazným způsobem snížena schopnost přijímání živin a vody.
- Nerovnoměrné rozprostření horizontálních kořenů – může se stát, že se u takto postiženého stromu rozvine jednostranný kořen.

Při pěstování sadebního materiálu vznikají deformace kvůli špatným půdním vlastnostem. Pokud při podřezávání nejsou vhodně nabroušené nože na stroji, tak je velká pravděpodobnost, že nevznikne čistý řez. Kořeny mohou být narušeny nebo ohnuty a místo podpory jemného vlášení hrozí výrazné riziko vzniku deformací. (KOLÍN, 2001) Před tím, než školkař vyseje semena, měl by se ujistit, že je u nich vhodná délka klíčku. V případě, že tuto kontrolu neudělá a délka bude zároveň nevyhovující, tak se může stát, že dojde ke zkroucení u kořenového krčku. V případě neodborného přenesení prostokořenné sazenice do obalu může způsobit nepřítomnost kůlu nebo strboul. (MAUER a kol., 2013)

Podle MAUERA a kol., (2013) jsou při výsadbě nejčastější tyto chyby. Pokud kořeny spirálovitě obtočíme, a ještě vysadíme do malé jamky nebo štěrbinu, tak je velmi pravděpodobné, že vznikne strboul. Další příčina strboulu může být ta, že stěny jamky jsou ztuhlé a kořeny jimi nedokáží prorůst. Pokud vykopeme malou jamku nebo vytvoříme malou štěrbinu je možné, že budoucí kořenové větve budou nepravidelně rozložené nebo bude zcela chybět kůl kořene. Pokud sazenici do jamky nevložíme do normální polohy, nebo z nějakého důvodu dojde k jednostrannému odstranění kořenového systému, budoucí kořenový systém nebude rovnoměrně rozložený.

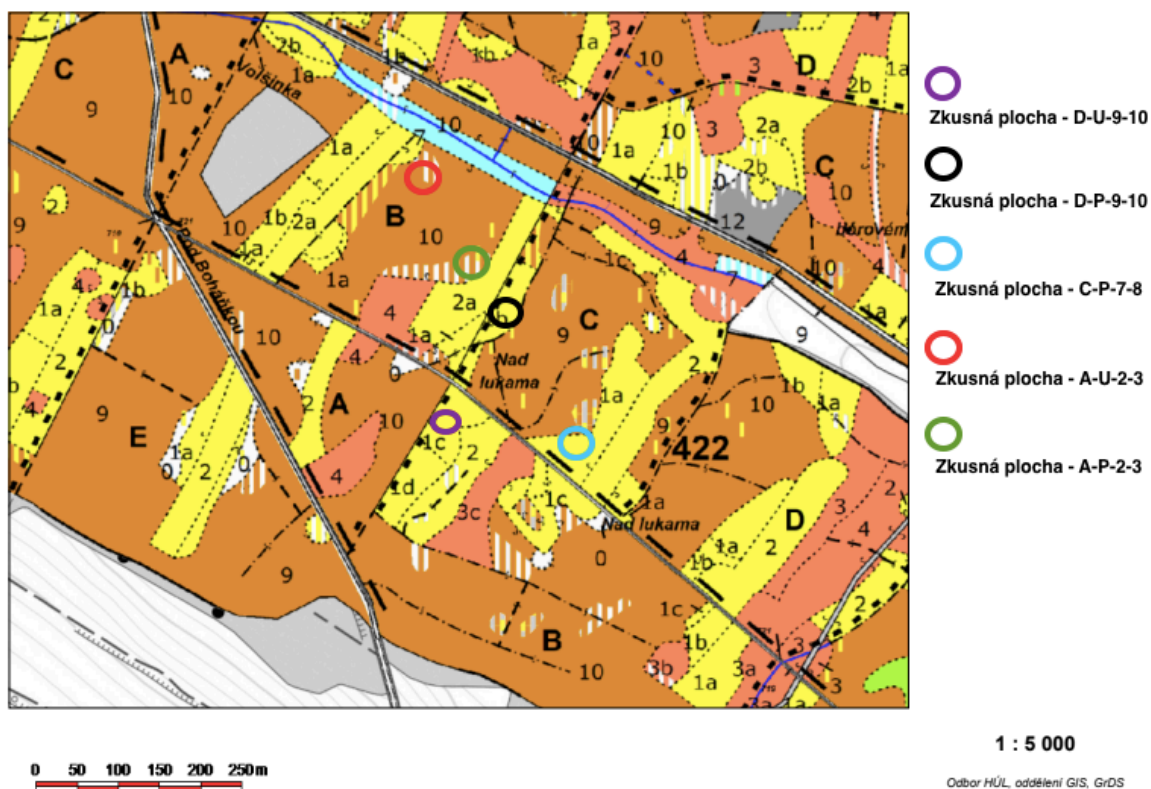
6 Metodika

6.1 Oblast výzkumu

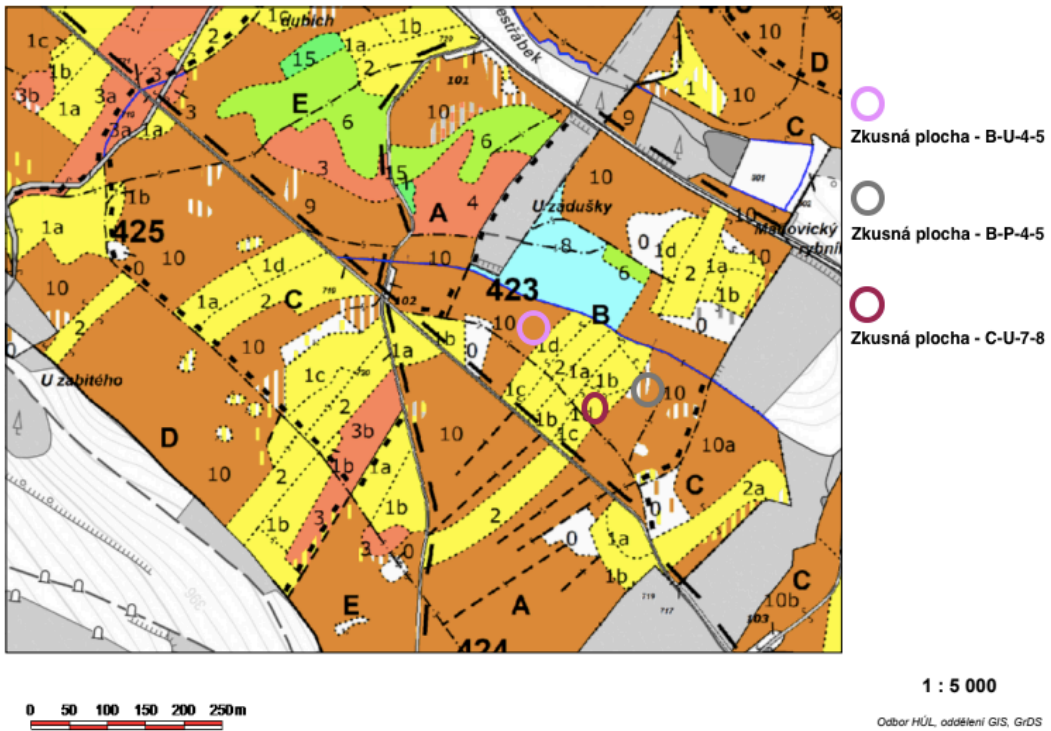
Pro dosažení stanoveného cíle bylo založeno 8 párových zkusných ploch. Všechny zkusné plochy se nacházejí v přírodní lesní oblasti Podkrkonoší, označované číslem 23. Porosty nalezneme na majetku státního podniku Lesy České republiky a jsou v katastrálním území obce Boháňka. Tuto obec najdeme v okrese Jičín, který se nachází na severu Čech. Nedaleko nalezneme město Hořice. Porosty se nachází ve výšce okolo 300 m n. m. Výzkumné plochy patří do CHS 45 – živná stanoviště středních poloh, 3. lesního vegetačního stupně – dubobukový a lesního typu 3H1 – hlinitá dubová bučina. Plochy se nacházejí v mírně svažitém terénu se severní expozicí. Většinu území v dané oblasti pokrývají kambizemě. Ke každé zkusné ploše byl přidělen kód pro lepší přehlednost. Kód se skládá ze dvou písmen a dvou číslic. První písmeno znamená označení plochy. Druhé písmeno značí způsob obnovy. „P“ je označení pro přirozenou obnovu a písmenem „U“ je poté znázorněna umělá obnovu. První číslice značí věk v roce 2021, druhá číslice představuje věk v roce 2022. Nejmladší plochy se nacházejí ve stejném porostu 422B10. Jedná se o plochu A-U-2-3. Tato umělá obnovu zde byla založena v roce 2019 s pěstebním vzorcem 1+2. Evidenční číslo pěstební jednotky je CZ-2-2B-SM-3652-23-3-H. A také o plochu A-P-2-3, která byla obnovena přirozeně. Další dvě plochy se nacházejí rovněž ve shodném porostu, a to porostu 423B10. Jedná se o plochu s přirozenou obnovou B-P-4-5 a plochu B-U-4-5, tato plocha byla obnovena v roce 2017, pěstební vzorec je 1+2 a evidenční číslo CZ-2-2B-SM-3465-23-3-H. Další plocha je označena C-U-7-8 a nachází se v porostu 423B1d. Tento porost byl obnoven uměle v roce 2014 jeho pěstební vzorec je 1+2, evidenční číslo pěstební jednotky je CZ-2-2B-SM-2658-23-3-H. Párová plocha k této ploše je označena C-P-7-8, tuto plochu najdeme v porostu 422C1a pro obnovu lesa zde byla zvolena přirozená obnovu. Následující plocha byla označena kódem D-U-9-10 a založena byla v porostu 425B1c. Jedná se o uměle obnovený porost, jehož obnovu proběhla v roce 2012. Pěstební vzorec a evidenční číslo jsou 1+2-1 a CZ-2-2B-SM-2196-23-3-H. Poslední zkusná plocha s přirozenou obnovou je v porostu 422C1b a nese označení D-P-9-10.

Tabulka č. 1 – Informace o jednotlivých plochách

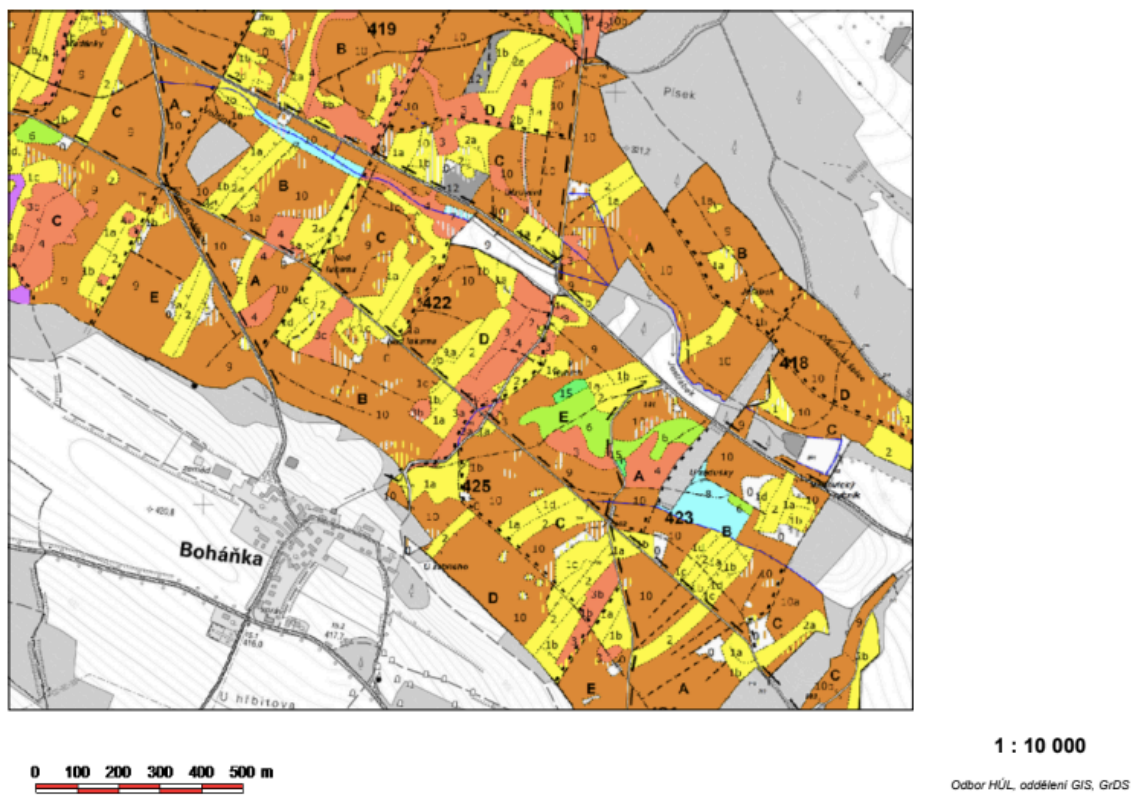
Název plochy	Porost	Nadmořská výška (m n. m.)	CHS	SLT	Množství jedinců na ZP v roce 2021 a (2022) (ks)	Množství vykopaných kořenů v roce 2021 a (2022) (ks)
A-U-2-3	422B10	300	45	3H1	100 (100)	10 (10)
A-P-2-3	422B10	300	45	3H1	100 (100)	10 (10)
B-U-4-5	423B10	300	45	3H1	100 (100)	10 (10)
B-P-4-5	423B10	300	45	3H1	100 (100)	10 (10)
C-U-7-8	423B1d	300	45	3H1	100 (100)	0 (0)
C-P-7-8	422C1a	300	45	3H1	100 (100)	0 (0)
D-U-9-10	425B1c	300	45	3H1	100 (100)	0 (0)
D-P-9-10	422C1b	300	45	3H1	100 (100)	0 (0)



Obrázek č. 7 – Mapa vyobrazující jednotlivé plochy



Obrázek č. 8 – Mapa vyobrazující jednotlivé plochy



Obrázek č. 9 – Porostní mapa oblasti výzkumu

6.2 Výběr ploch k výzkumu

Základním bodem je výběr ploch, kde bude měření provedeno. Důležité je vybrat takové plochy, aby byly vzájemně porovnatelné. Je tedy nutné, aby byly ve stejném CHS, přibližně stejné nadmořské výšce, na totožném SLT a nacházely se byly ve vzájemné blízkosti. Pro účely tohoto výzkumu bylo vybráno 8 párových zkusných ploch na kterých proběhlo terénní šetření v letech 2021 a 2022. Bylo nezbytné, aby dvě z osmi ploch byly v roce 2021 dvouleté a zároveň jedna z nich s umělou a druhá s přirozenou obnovou. Dále aby dvě plochy byly čtyřleté, opět jedna s přirozenou a druhá s umělou obnovou. Další dvě plochy byly sedmileté, z toho jedna obnovena přirozeně a druhá uměle a jako poslední dvě plochy devítileté, taktéž jedna s přirozenou a druhá s umělou obnovou. Na každé jednotlivé ploše bylo náhodným výběrem vybráno 100 jedinců, u těchto jedinců byl měřen výškový přírůst, u jedinců do pěti let byla měřena tloušťka kořenového krčku, u ploch s obnovou starší pěti let se měřila výčetní tloušťka kmene v 1,3 m nad zemí. Jako poslední byla u každého ze 100 jedinců měřena celková výška nadzemní části. U všech ploch do stáří pěti let včetně bylo z těchto 100 kusů náhodným výběrem vyzvednuto 10 jedinců ke zkoumání kořenového systému. Na každém vyzvednutém kořenovém systému byla měřena jeho šířka a délka, celkový objem kořenového systému, objem jemných kořenů a také byly evidovány kořenové deformace. Plocha B-U-4-5 byla následně po domluvě s revírníkem vylepšena. U každého jedince byl hodnocen zdravotní stav a poškození způsobené zvěří. Důležité je také zmínit, že žádná z těchto ploch nebyla oplocena a vyžínány byly jen plochy s umělou obnovou, a to jen do tří let od obnovení plochy.

6.3 Měření nadzemní části

6.3.1 Metodika měření výšek nadzemní části a přírůstků sazenic

Jako první se u všech sto jedinců zjišťovala jejich celková výška. Tato výška byla měřena jako nejkratší vzdálenost od zemského povrchu až po terminální pupen. Na plochách do pěti let včetně, byla celková výška jedince měřena jedním měřičem, a to za pomoci kalibrovaného svinovacího metru. Stejným způsobem byl na plochách do pěti let, včetně, měřen poslední výškový přírůst. Na plochách starších pěti let byla celková výška měřena pomocí nivelační latě o celkové délce 7 m. Měření probíhalo ve dvoučlenném

týmu složeného jedním měřičem a jedním zapisovatelem. Zapisovatel měl také za úkol sledovat měřiče z větší vzdálenosti a upozornit ho na moment, kdy nivelační lať vysune na úroveň konce terminálního pupene, jelikož měřič neměl vždy ideální výhled na vrcholek stromu. Poslední výškový přírůst byl měřen také nivelační latí, a to takovým způsobem, že byla změřena výška jedince až po začátek posledního přírůstu a tato hodnota byla následně odečtena od celkové výšky jedince. Celková výška a přírůst byly zaokrouhleny na celé centimetry.

6.3.2 Metodika měření tloušťky kořenového krčku a výčetní tloušťky

Tloušťka kořenového krčku byla zjišťována u všech sto kusů na plochách do stáří pěti let, včetně. U ploch starších byla měřena výčetní tloušťka ve výšce 1,3 m nad zemí. Jako pomůcka zde bylo použito posuvného měřítka s přesností na milimetry.

6.3.3 Metodika posouzení zdravotního stavu sazenic

Zdravotní stav byl zkoumán u každého stromu ze sta měřených. Pro posouzení zdravotního stavu byla vytvořena stupnice, o třech kategoriích. Jak můžeme vidět v následující tabulce. Stupeň „Z-zdravý“, kterým byly označeny sazenice zcela zdravé, sytě zelené. Další byl stupeň „N-nezdravý“, kterým byli označeni jedinci, kteří vykazovali známky zhoršené vitality, jako žloutnutí, částečná defoliace a podobně. Posledním stupněm byl stupeň „O-odumřelý“.

Tabulka č. 2 – Stupnice pro vyhodnocení zdravotního stavu

Stupeň	Význam
Z	Zdravý
N	Nezdravý
O	Odumřelý

6.3.4 Metodika posouzení poškození sazenic zvěří

Poškození zvěří bylo zjišťováno u všech stromů, které byly zkoumány v tomto výzkumu. K posouzení byla vytvořena tato čtyřstupňová stupnice: 0 – jedinec bez poškození, 1 – okus vrcholového terminálu, 2 – boční okus, 3 – okus vrcholového terminálu + boční okus. Poškození loupáním nebo ohryzem se nevyskytlo.

Tabulka č. 3 – Stupnice pro vyhodnocení poškození zvěří

Stupeň	Význam
0	Bez poškození
1	Okus vrchového terminálu
2	Boční okus
3	Okus vrcholového terminálu + boční okus

6.4 Měření kořenového systému

6.4.1 Metodika měření objemů kořenového systému a jemných kořenů

Z každé zkusné plochy do stáří pěti let, včetně, bylo náhodným výběrem vybráno deset jedinců, u kterých bude zkoumán kořenový systém. Těchto deset jedinců bylo potřeba vykopat ze země, a to velmi opatrným způsobem, aby nedošlo k poškození kořenového systému. K tomuto účelu byla použita lesnická sekeromotyka a rýč. Ještě v lese byly kořeny očištěny od nejhrubších nečistot a naloženy do pytle kvůli jednodušší přepravě. V domácích podmínkách se kořeny nechaly 3 dny, aby zemina vyschla. Následně bylo z jednotlivých kořenů potřeba odstranit všechny zbylé nečistota, jako byly kamínky, zemina a kořínky jiných sazenic. Po důkladném očištění se vyčkal, než se

z kořenů odpaří přebytečná voda, která na nich zůstala po očištění. Takto připravené kořeny byly odříznuty od kmínku sazenice. Měření objemů bylo provedeno xylometrickým způsobem s přesností na desítky mililitrů. K tomuto měření byl použit odměrný válec, do kterého se nalilo přesně 500 ml vody, do takto připraveného odměrného válce se potom ponořil celý kořen. V případě, že se kořen do odměrného válce nevešel, bylo třeba ho pomocí zahradních nůžek rozstříhat na menší části. Po ponoření kořene byla hladina vody vytlačena na novou úroveň. Od této úrovně se odečetlo původních 500 ml a rozdíl představoval skutečný objem kořene. Identickým způsobem byly měřeny také objemy jemných kořenů (<1 mm). Tyto kořeny musely být nejprve odděleny.

6.4.2 Metodika měření šířky a délky kořenového systému

Délka a šířka kořenového systému byla měřena pomocí kalibrovaného svinovacího metru s přesností na centimetry. Délka byla měřena rovnoběžně s kmínkem sazenice od začátku kořene až po jeho nejhlubší část. Šířka byla měřena v nejširším bodě kořenového systému.

6.4.3 Metodika posouzení kořenových deformací

U všech kořenů, které byly vykopány ze země se sledovalo, zda jsou či nejsou postiženy nějakou deformací. Kořenové systémy bez deformace byly označeny hodnotou 0 a kořenové systémy, u kterých se vyskytovaly nějaké deformace, byly označeny hodnotou 1.

6.4.4 Vliv deformací na vývoj sazenic

Na plochách, na kterých byl zkoumán kořenový systém včetně jeho deformací, tak byl posuzován i vliv těchto deformací. Kořenové deformace by totiž měly ovlivnit růstové veličiny. Kořeny, které byly posuzovány se tedy rozdělily do dvou kategorií. První skupinou byla skupina kořenů bez deformací a do druhé skupiny se zařadily

sazenice s deformacemi. Pro obě skupiny byla vypočítána průměrná výška a přírůst. Posouzen byl také zdravotní stav, zda je v normálu nebo vykazuje nějaké odchylky. Nejedná se tedy o posouzení rozdílu mezi jednotlivými druhy obnov, ale posouzení, zda se deformace odráží na vlastnostech sazenic. Toto šetření bylo aplikováno na všech plochách do stáří 5 let, včetně.

6.5 Posouzení povýsadbového šoku

Na ploše A-U-2-3 a ploše A-P-2-3 bylo sledováno, zda se u umělé obnovy projeví povýsadbový šok. Povýsadbový šok se projevuje u umělé obnovy v době, kdy se jedinec ještě řádně neujmul. Projevuje se pomalým růstem a může mít vliv i na zhoršený zdravotní stav. Vysazené stromky tedy nejprve téměř nepřirůstají, takzvaně sedí a následně dochází k rychlému růstu. Na těchto plochách bylo tedy zkoumáno, zda k tomuto jevu došlo. Aby se smazaly rozdíly ve výšce, kterou měla na počátku přirozená či umělá obnova, tak byl přírůst přepočítán na to, kolik procent zaujímá z celkové výšky. Tím bylo docíleno toho, že byl eliminován nějaký počáteční rozdíl mezi jednotlivými obnovami.

6.6 Programy použité k sepsání práce a statistickému vyhodnocení

K sepsání textové části a všech informací byl využit Microsoft Office Word 2020. Pro uložení datových informací, sestavení grafů a tabulek byl poté použit Microsoft Office Excel 2020. Ke statistickému vyhodnocení byl použit program IBM SPSS Statistics Viewer.

Do jednoho datasetu byla vždy sloučena data přirozené a umělé obnovy stejného stáří. Vzniklo tak osm datasetů týkající se nadzemní části a čtyři datasety týkající se podzemní části. V každém datasetu byla vytvořena proměnná typ pro rozdělení podle přirozené versus umělé obnovy, která nabývá hodnot 1 a 2. Tato proměnná byla posléze použita jako vysvětlující proměnná. Zároveň jde o kategoriální proměnnou, která má pouze dvě kategorie, tudíž je vhodná jako třídící proměnná v T-testu. Poté bylo potřeba v datasetech týkající se nadzemní části překódovat proměnnou zdravotní stav, která měla

podobu stringu neboli textové proměnné. Z ní tak vznikla nominální proměnná. Ostatní proměnné lze považovat za kardinální.

Data byla analyzována pomocí T-testu, který se využívá pro testování závislosti kardinální proměnné a kategoriální, která má právě dvě kategorie. T-test je parametrický test, který se používá pro testování rozdílu dvou středních hodnot. (MAREŠ, RABUŠIC, SOUKUP, 2019) Přičemž pro všechny analýzy je hladina významnosti $\alpha=0,05$ (5 %). Nulová hypotéza je, že druh obnovy nemá vliv na daný parametr. Pokud je tedy hladina významnosti $\alpha<0,05$, tak zamítáme nulovou hypotézu. Znamená to tedy, že druh obnovy má vliv na zkoumaný parametr.

Pro porovnání rozdílů přirozené a umělé obnovy z hlediska výšky nadzemní části, přírůstu, tloušťky kořenového krčku a výčetní tloušťky byl použit T-test. Nejprve bylo potřeba zkontrolovat předpoklady. Ty jsou splněny, protože proměnné jsou kardinální, nezávislost pozorování je splněna a rozdělení proměnných lze považovat za normální. Předpoklad normality je robustní díky velkému množství případů a také díky centrální limitní větě. Při dostatečně velkém souboru ($N\geq 100$) díky centrální limitní větě platí, že v takové situaci nenormální rozložení nemá na výsledky velký účinek. Pro porovnání rozdílů přirozené a umělé obnovy z hlediska poškození zvěří a zdravotního stavu byla použita jednofaktorová ANOVA. ANOVA – analýza rozptylu je statistická metoda, která ověří, zda na hodnotu náhodné veličiny má statisticky významný vliv hodnota některého sledovaného znaku. Tento znak musí nabývat konečného počtu hodnot. (MAREŠ, RABUŠIS, SOUKUP, 2019)

K porovnání rozdílů přirozené a umělé obnovy kořenových systémů byl použit neparametrický Kolmogorov-Smirnov test, protože nebyl splněn předpoklad T-testu o normálním rozdělení proměnných. Předpoklad nelze považovat za robustní kvůli nízkému počtu případů. Ostatní předpoklady jsou splněny.

7 Výsledky

7.1 Výsledky měření v roce 2021

7.1.1 Plocha A-U-2-3 – Dvouletá umělá obnova

S ohledem na velký rozsah výsledkové části byla snaha o zkrácení. Z tohoto důvodu byly ve výsledkové části sledované parametry nahrazeny zkratkami, jejich význam se nachází na začátku práce v seznamu použitých zkratk a symbolů.

Na této ploše byla u dvouleté umělé obnovy průměrná VNČ 40,7 cm. Nejnižší jedinec měřil 30 cm, nejvyšší potom 49 cm. Při vyhodnocení TKK byla zjištěna průměrná hodnota 9,8 mm, maximální hodnota 13 mm a minimální 7 mm. Průměrný P dosahoval 50,6 % z průměrné výšky nadzemní části, maximální hodnota byla 53,1 % a minimální 46,7 %.

Tabulka č. 4 – Hodnoty nadzemní části sazenic – dvouletá umělá obnova

	VNČ (cm)	P (cm)	Výškový přírůst v % z celkové výšky	TKK (mm)
Průměr	40,7	20,6	50,6	9,8
MIN	30	14	46,7	7
MAX	49	26	53,1	13

Na této ploše byly naměřeny následující hodnoty. Průměrná DKS 15,2 cm, průměrná ŠKS byla 18,2 cm, průměrný OKS byl 105 ml a průměrný OJK byl 19 ml.

Tabulka č. 5 – Hodnoty podzemní části sazenic – dvouletá umělá obnova

Číslo	DKS (cm)	ŠKS (cm)	OKS (ml)	OJK (ml)
1	16	19	110	20
2	18	23	120	20
3	10	13	80	10
4	17	17	60	20
5	16	20	120	30
6	12	14	90	10
7	12	16	100	10
8	16	18	120	20
9	19	22	130	30
10	16	20	120	20
Průměr	15,2	18,2	105	19

7.1.2 Plocha A-P-2-3 – Dvouletá přirozená obnova

Hodnoty u dvouleté přirozené obnovy byly následující. Průměrná VNČ byla 37,4 cm, maximální hodnota 48 cm a minimální hodnota 27 cm. Průměrná TKK dosáhla hodnoty 8,9 mm, maximální TKK byla 11 mm a minimální 5 mm. Průměrný P byl 48,4 % z celkové výšky sazenice, maximální P dosáhl 54,2 % a minimální 44,4 % z celkové výšky jedince.

Tabulka č. 6 – Hodnoty nadzemní části sazenic – dvouletá přirozená obnova

	VNČ (cm)	P (cm)	Výškový přírůst v % z celkové výšky	TKK (mm)
Průměr	37,4	18,1	48,4	8,9
MIN	27	12	44,4	5
MAX	48	26	54,2	11

V tomto roce byla u dvouleté přirozené obnovy naměřena průměrná DKS 14,2 cm a ŠKS 19 cm. Průměrný OKS byl 97 ml a průměrný OJK byl zjištěn 15 ml.

Tabulka č. 7 – Hodnoty podzemní části sazenic – dvouletá přirozená obnova

Číslo	DKS (cm)	ŠKS (cm)	OKS (ml)	OJK (ml)
1	12	19	90	10
2	17	23	110	20
3	16	21	100	20
4	14	11	80	10
5	14	14	90	10
6	15	19	100	10
7	13	20	90	20
8	9	16	80	10
9	17	25	120	20
10	15	22	110	20
Průměr	14,2	19	97	15

7.1.3 Plocha B-U-4-5 – Čtyřletá umělá obnova

Čtyřletá umělá obnova měla průměrnou VNČ 104,7 cm, nejvyšší sazenice měřila 121 cm, nejnižší 83 cm. Průměrná TKK byla 25,9 mm, maximální hodnota byla 31 mm,

minimální 20 mm. Průměrný P z celkové výšky byl 36,8 %, maximální 44,6 % a minimální 30,1 %.

Tabulka č. 8 – Hodnoty nadzemní části sazenic – čtyřletá umělá obnova

	VNČ (cm)	P (cm)	Výškový přírůst v % z celkové výšky	TKK (mm)
Průměr	104,7	38,5	36,8	25,9
MIN	83	25	30,1	20
MAX	121	54	44,6	31

U čtyřleté umělé obnovy byla zjištěna průměrná DKS 24,2 cm, průměrná ŠKS 43,9 cm. Průměrná hodnota OKS byla 324 ml, u OJK poté 32 ml.

Tabulka č. 9 – Hodnoty podzemní části sazenic – čtyřletá umělá obnova

Číslo	DKS (cm)	ŠKS (cm)	OKS (ml)	OJK (ml)
1	28	35	230	30
2	27	41	300	40
3	19	43	350	40
4	21	49	380	30
5	27	44	360	20
6	20	37	250	20
7	31	46	300	20
8	18	41	280	30
9	26	49	380	40
10	25	54	410	50
Průměr	24,2	43,9	324	32

7.1.4 Plocha B-P-4-5 – Čtyřletá přirozená obnova

Na této ploše byla průměrná VNČ jedince 112,7 cm, maximální výška 145 cm a minimální výška 87 cm. Průměrný P byl 42,8 cm, maximální 61 cm a minimální 28 cm. TKK dosáhla průměrné hodnoty 25,1 mm, maximální TKK byla 32 mm, minimální 17 mm.

Tabulka č. 10 – Hodnoty nadzemní části sazenic – čtyřletá přirozená obnova

	VNČ (cm)	P (cm)	Výškový přírůst v % z celkové výšky	TKK (mm)
Průměr	112,7	42,8	38,0	25,1
MIN	87	28	32,2	17
MAX	145	61	42,1	32

V roce 2021 byla průměrná DKS na této ploše 26,7 cm, ŠKS poté 45,8. U OKS byla naměřena průměrná hodnota 350 ml, u jemných kořenů byl průměrný objem 25 ml.

Tabulka č. 11 – Hodnoty podzemní části sazenic – čtyřletá přirozená obnova

Číslo	DKS (cm)	ŠKS (cm)	OKS (ml)	OJK (ml)
1	31	51	380	30
2	21	40	320	20
3	28	45	350	20
4	23	39	270	10
5	25	47	360	20
6	29	49	380	30
7	20	35	290	20
8	33	57	400	40
9	29	52	380	30
10	28	43	370	30
Průměr	26,7	45,8	350	25

7.1.5 Plocha C-U-7-8 – Sedmiletá umělá obnova

Sedmiletá umělá obnova měla průměrnou VNČ 269,8 cm, nevyšší jedinec měřil 358 cm a nejnižší 208 cm. Průměrný P představoval 25,5 % z průměrné celkové výšky sazenice, maximální byl 24,6 % a minimální 23,6 %. Průměrná výčetní tloušťka byla 45,2 mm, maximální 54 mm a minimální 33 mm.

Tabulka č. 12 – Hodnoty nadzemní části sazenic – sedmiletá umělá obnova

	VNČ (cm)	P (cm)	Výškový přírůst v % z celkové výšky	VT (mm)
Průměr	269,8	68,9	25,5	45,2
MIN	208	49	23,6	33
MAX	358	88	24,6	54

7.1.6 Plocha C-P-7-8 – Sedmiletá přirozená obnova

V roce 2021 byla u sedmileté přirozené obnovy naměřena průměrná VNČ 303,5 cm, maximální hodnota byla 402 cm a minimální 271 cm. Průměrný P byl zjištěn 72,1 cm, maximální 89 cm a minimální 52 cm. Průměrná výčetní tloušťka byla 44,8 mm, maximální 52 mm, minimální 30 mm.

Tabulka č. 13 - Hodnoty nadzemní části sazenic – sedmiletá přirozená obnova

	VNČ (cm)	P (cm)	Výškový přírůst v % z celkové výšky	VT (mm)
Průměr	303,5	72,1	23,8	44,8
MIN	271	52	19,2	30
MAX	402	89	22,1	52

7.1.7 Plocha D-U-9-10 – Devítiletá umělá obnova

Devítiletá umělá obnova měla průměrnou VNČ 498,9 cm, nejvyšší jedinec měřil 546 cm, nejnižší 386 cm. Průměrný P představoval 20,3 % z celkové výšky sazenice, maximální hodnota byla 23,6 %, minimální 19,9 %. Výčetní tloušťka byla v průměru 53,1 mm, maximum bylo 67 mm, minimum 48 mm.

Tabulka č. 14 – Hodnoty nadzemní části sazenic – devítiletá umělá obnova

	VNČ (cm)	P (cm)	Výškový přírůst v % z celkové výšky	VT (mm)
Průměr	498,9	101,3	20,3	53,1
MIN	386	77	19,9	48
MAX	546	129	23,6	67

7.1.8 Plocha D-P-9-10 – Devítiletá přirozená obnova

Na této ploše byla průměrná VNČ 492,6 cm, maximální výška 528 cm a minimální 387 cm. Průměrný P u devítileté přirozené obnovy byl 98,8 cm, maximální 121 cm a minimální 65 cm. Výčetní tloušťka pak byla v průměru 51,3 mm, maximální hodnota byla 63 mm, minimální 42 mm.

Tabulka č. 15 – Hodnoty nadzemní části sazenic – devítiletá přirozená obnova

	VNČ (cm)	P (cm)	Výškový přírůst v % z celkové výšky	VT (mm)
Průměr	492,6	98,8	20,1	51,3
MIN	387	65	16,8	42
MAX	528	121	22,9	63

7.2 Výsledky měření v roce 2022

7.2.1 Plocha A-U-2-3 – Tříletá umělá obnova

V roce 2022 byla u tříleté umělé obnovy průměrná VNČ 72,3 cm, maximální 82 cm a minimální 56 cm. Průměrný P byl 31,7 cm, maximální byl 42 cm a minimální 23 cm. Průměrná TKK dosáhla 18,1 mm, maximální hodnota byla 22 mm a minimální 13 mm.

Tabulka č. 16 – Hodnoty nadzemní části sazenic – tříletá umělá obnova

	VNČ (cm)	P (cm)	Výškový přírůst v % z celkové výšky	TKK (mm)
Průměr	72,3	31,7	43,8	18,1
MIN	56	23	41,1	13
MAX	82	42	51,2	22

Hodnoty kořenového systému byly na této ploše následující. Průměrná DKS byla 21 cm, ŠKS poté 28,3 cm. Průměrný OKS byl 205 ml a průměrný OJK 29 ml.

Tabulka č. 17 – Hodnoty podzemní části sazenic – tříletá umělá obnova

Číslo	DKS (cm)	ŠKS (cm)	OKS (ml)	OJK (ml)
1	22	36	230	40
2	18	29	190	30
3	20	23	190	10
4	20	28	220	20
5	27	27	220	20
6	21	31	200	40
7	17	22	180	30
8	20	30	210	40
9	26	34	240	40
10	19	23	170	20
Průměr	21	28,3	205	29

7.2.2 Plocha A-P-2-3 – Tříletá přirozená obnova

Průměrná VNČ jedinců přirozené obnovy na této ploše byla 66,9 cm, nejvyšší jedinec měřil 80 cm, nejnižší 51 cm. Průměrný P představoval 44,5 % z celkové výšky průměrného jedince. Maximální P byl 48,8 % a minimální 41,2 %. Průměrná TKK byla 16,9 mm, maximální 21 mm a minimální 11 mm.

Tabulka č. 18 – Hodnoty nadzemní části sazenic – tříletá přirozená obnova

	VNČ (cm)	P (cm)	Výškový přírůst v % z celkové výšky	TKK (mm)
Průměr	66,9	29,8	44,5	16,9
MIN	51	21	41,2	11
MAX	80	39	48,8	21

U tříleté přirozené obnovy byla průměrná DKS 24,4 cm, ŠKS potom 30,9 cm. Průměrný OKS byl zjištěn 192 ml u OJK 22 ml.

Tabulka č. 19 – Hodnoty podzemní části sazenic – tříletá přirozená obnova

Číslo	DKS (cm)	ŠKS (cm)	OKS (ml)	OJK (ml)
1	25	38	220	30
2	20	29	180	20
3	24	31	200	20
4	18	24	160	10
5	26	27	180	20
6	30	35	210	30
7	28	32	210	30
8	30	30	190	20
9	19	28	180	20
10	24	35	190	20
Průměr	24,4	30,9	192	22

7.2.3 Plocha B-U-4-5 – Pětiletá umělá obnova

U pětileté umělé obnovy byla průměrná VNČ 149,6 cm, maximální 183 cm a minimální 101 cm. Průměrný P byl 44,7 cm, maximální 65 cm, minimální 31 cm. Průměrná TKK byla 33,2 mm, maximální 39 mm a minimální 27 mm.

Tabulka č. 20 – Hodnoty nadzemní části sazenic – pětiletá umělá obnova

	VNČ (cm)	P (cm)	Výškový přírůst v % z celkové výšky	TKK (mm)
Průměr	149,6	44,7	29,9	33,2
MIN	101	31	30,7	27
MAX	183	65	35,5	39

Na této ploše v roce 2022 byla průměrná DKS 30,5 cm, průměrná ŠKS 61,8 cm. Průměrný OKS byl 412 ml a u OJK 38 ml.

Tabulka č. 21 – Hodnoty podzemní části sazenic – pětiletá umělá obnova

Číslo	DKS (cm)	ŠKS (cm)	OKS (ml)	OJK (ml)
1	43	30	380	30
2	31	65	430	50
3	23	78	350	20
4	32	61	400	40
5	36	57	490	50
6	24	59	390	30
7	33	73	420	40
8	20	50	330	30
9	29	64	440	40
10	34	81	490	50
Průměr	30,5	61,8	412	38

7.2.4 Plocha B-P-4-5 – Pětiletá přirozená obnova

Na této ploše byla průměrná VNČ 161,1 cm, maximální výška 196 cm a minimální 110 cm. Průměrný P byl 48,3 cm, maximální 63 cm a minimální 29 cm. Průměrná TKK byla 32,7 mm, maximální 37 mm a minimální 25 mm.

Tabulka č. 22 – Hodnoty nadzemní části sazenic – pětiletá přirozená obnova

	VNČ (cm)	P (cm)	Výškový přírůst v % z celkové výšky	TKK (mm)
Průměr	161,1	48,3	30,0	32,7
MIN	110	29	26,4	25
MAX	196	63	32,1	37

Kořenový systém měl tyto průměrné hodnoty: DKS 34 cm, ŠKS 68,4 cm, OKS 490 ml a OJK 28 ml.

Tabulka č. 23 – Hodnoty podzemní části sazenic – pětiletá přirozená obnova

Číslo	DKS (cm)	ŠKS (cm)	OKS (ml)	OJK (ml)
1	33	81	530	40
2	29	61	450	30
3	30	60	390	20
4	27	53	400	20
5	27	59	420	30
6	40	85	590	30
7	34	61	480	20
8	38	76	550	20
9	42	76	580	40
10	40	72	510	30
Průměr	34	68,4	490	28

7.2.5 Plocha C-U-7-8 – Osmiletá umělá obnova

U osmileté umělé obnovy dosahovaly sazenice průměrné VNČ 354,5 cm, maximum bylo 423 cm a minimum 271 cm. Průměrný P byl 22,8 % z celkové průměrné VNČ, maximum bylo 22,5 %, minimum 19,2 %. Výčetní tloušťka byla v průměru 51,1 mm, maximální byla naměřena 62 mm a minimální 40 mm.

Tabulka č. 24 – Hodnoty nadzemní části sazenic – osmiletá umělá obnova

	VNČ (cm)	P (cm)	Výškový přírůst v % z celkové výšky	VT (mm)
Průměr	354,5	80,7	22,8	51,1
MIN	271	52	19,2	40
MAX	423	95	22,5	62

7.2.6 Plocha C-P-7-8 – Osmiletá přirozená obnova

Na této ploše byla v roce 2022 průměrná VNČ 385,8 cm, maximální 498 cm a minimální 331 cm. P byl v průměru 82,3 cm, maximální 97 cm a minimální 60 cm. Výčetní tloušťka byla v průměru 50,7 mm, maximální 61 mm, minimální 39 mm.

Tabulka č. 25 - Hodnoty nadzemní části sazenic – osmiletá přirozená obnova

	VNČ (cm)	P (cm)	Výškový přírůst v % z celkové výšky	VT (mm)
Průměr	385,8	82,3	21,3	50,7
MIN	331	60	18,1	39
MAX	498	97	19,5	61

7.2.7 Plocha D-U-9-10 – Desetiletá umělá obnova

Desetiletá umělá obnova měla průměrnou VNČ 612,9 cm, nejvyšší jedinec měřil 657 cm a nejnižší 487 cm. Průměrný P představoval 18,7 % z průměrné VNČ, maximum bylo 20,2 %, minimum 17,5 %. Průměrná výčetní tloušťka byla 62,1 mm, maximální 76 mm, minimální 54 mm.

Tabulka č. 26 – Hodnoty nadzemní části sazenic – desetiletá umělá obnova

	VNČ (cm)	P (cm)	Výškový přírůst v % z celkové výšky	VT (mm)
Průměr	612,9	114,5	18,7	62,1
MIN	487	85	17,5	54
MAX	657	133	20,2	76

7.2.8 Plocha D-P-9-10 – Desetiletá přirozená obnova

Na této ploše byla průměrná VNČ 602,4 cm, maximum bylo 638 cm a minimum 476 cm. Průměrný P byl 109,4 cm, maximální 128 cm, minimální 81 cm. Průměrná výčetní tloušťka byla 59,8 mm, nejsilnější tloušťka byla 73 mm, naopak nejslabší byla 51 mm.

Tabulka č. 27 – Hodnoty nadzemní části sazenic – desetiletá přirozená obnova

	VNČ (cm)	P (cm)	Výškový přírůst v % z celkové výšky	VT (mm)
Průměr	602,4	109,4	18,2	59,8
MIN	476	81	17,0	51
MAX	638	128	20,1	73

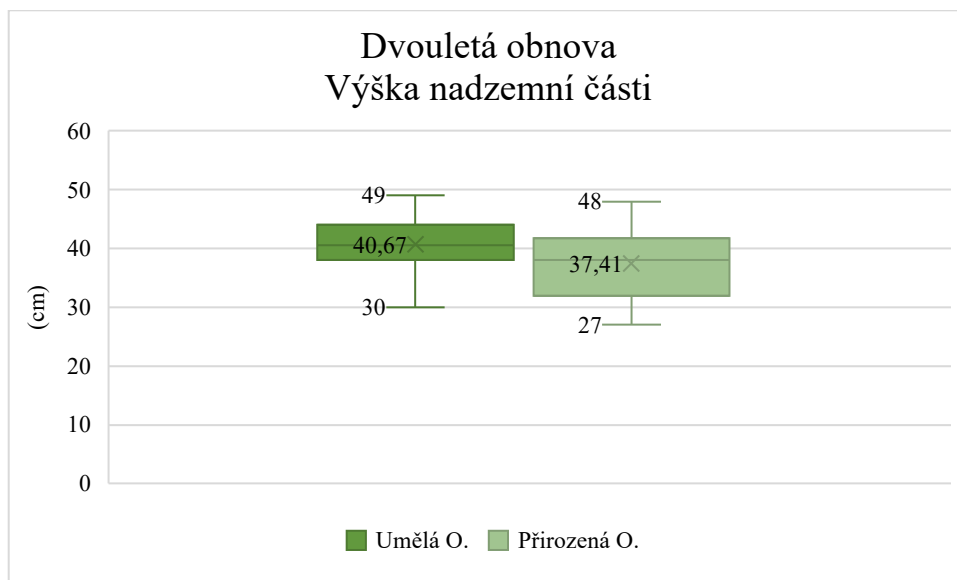
8 Porovnání výsledků

8.1 Srovnání výsledků dvouleté umělé a přirozené obnovy

Pro grafické znázornění srovnání výšky nadzemní části, přírůstu, tloušťky kořenového krčku, výčetní tloušťky, délky kořenového systému, šířky kořenového systému, objemu kořenového systému a objemu jemných kořenu byly použity krabicové grafy. BUDÍKOVÁ a kol. (2007) uvádějí, že krabicový graf neboli boxplot se používá v deskriptivní statistice. Graficky zobrazuje data pomocí jejich kvartilů. Zespolu je diagram ohraničen 1. kvartilem, shora potom 3. kvartilem. Vousy nám vyjadřují variabilitu dat pod 1. a 3. kvartilem. V některých boxplotech se mohou vyskytnout odlehlé hodnoty, které jsou vykresleny jako body.

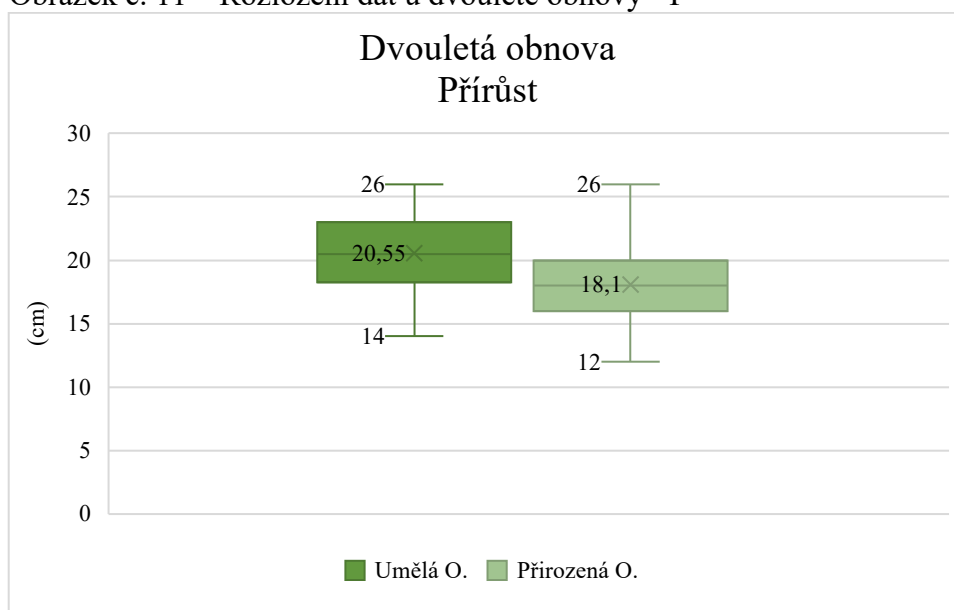
Obrázek č. 10 nám ukazuje rozložení dat VNČ u dvouleté obnovy. Z porovnání lze vyčíst, že lépe je na tom obnova umělá, její průměrná VNČ je vyšší o 3,26 cm. Nejvyšší jedinci se téměř shodují je zde rozdíl jen 1 cm ve prospěch umělé obnovy.

Obrázek č. 10 – Rozložení dat u dvouleté obnovy – VNČ



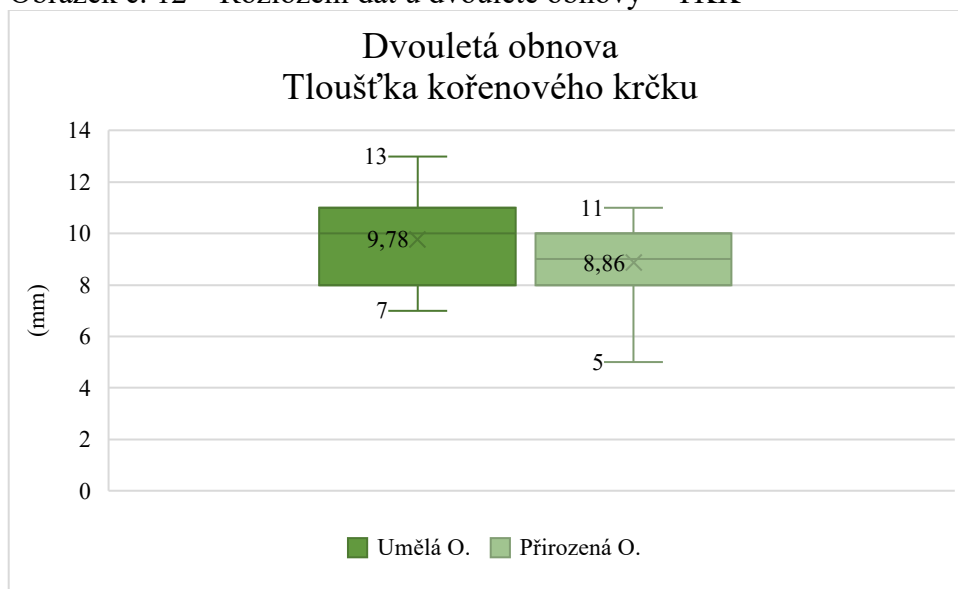
Obrázek číslo 11 znázorňuje rozložení dat P u dvouleté přirozené a umělé obnovy. Vyšší P vykazuje umělá obnova, v průměru o 2,45 cm vyšší. Nejvyšší P byly u přirozené i umělé obnovy totožné. Rozdíl u nejnižších P jsou 2 cm ve prospěch umělé obnovy.

Obrázek č. 11 – Rozložení dat u dvouleté obnovy - P



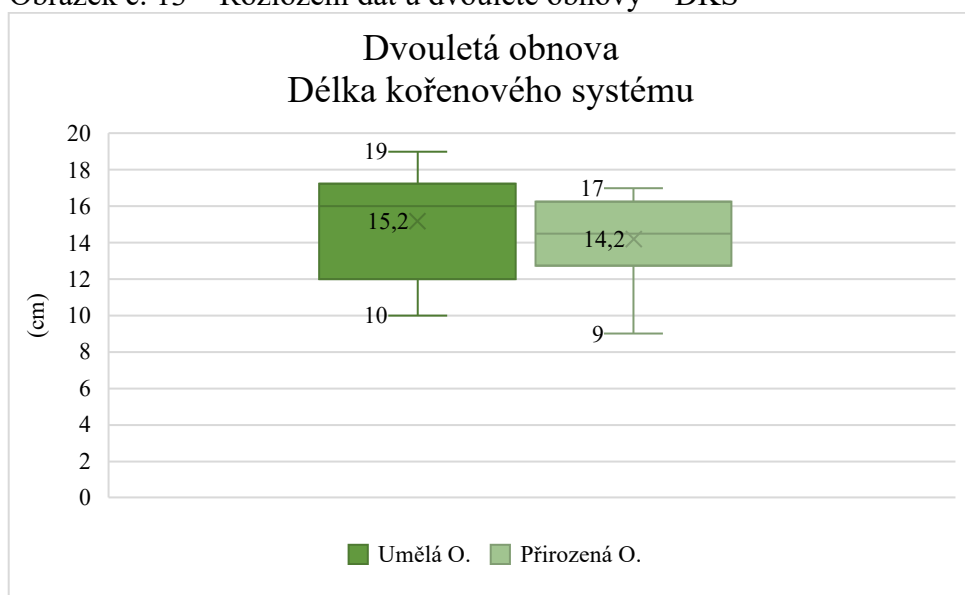
I v případě TKK vykazuje vyšší hodnoty umělá obnova. Průměr je o 0,92 mm vyšší než u obnovy přirozené. Třetí kvartil u umělé obnovy je shodný jako nejvyšší hodnota u obnovy přirozené. První kvartil je shodný pro oba způsoby obnovy. Nejnižší TKK je u přirozené obnovy nižší o 2 mm.

Obrázek č. 12 – Rozložení dat u dvouleté obnovy – TKK

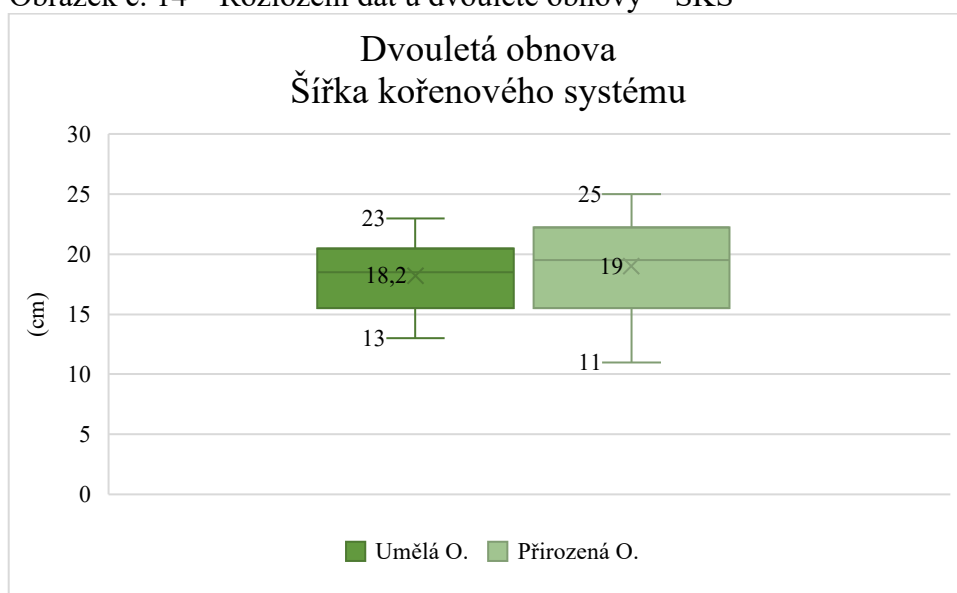


Při porovnání DKS můžeme vidět větší variabilitu délek u umělé obnovy. Průměrná DKS je o 1 cm vyšší u umělé obnovy. Naopak u ŠKS kořenového systému můžeme vidět větší variabilitu u přirozené obnovy. Zároveň i průměrná ŠKS je u přirozené obnovy o 0,8 cm vyšší než u obnovy umělé.

Obrázek č. 13 – Rozložení dat u dvouleté obnovy – DKS

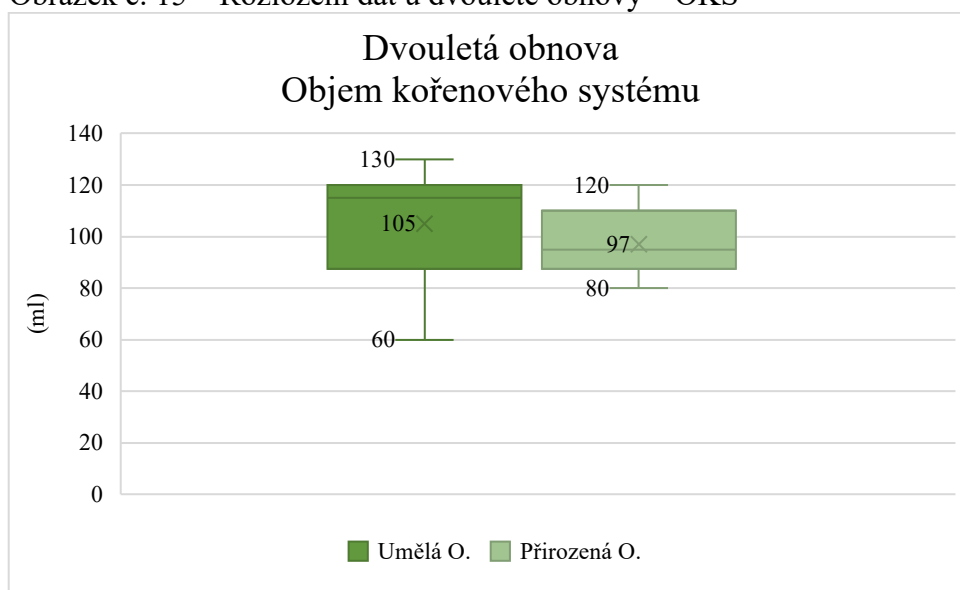


Obrázek č. 14 – Rozložení dat u dvouleté obnovy – ŠKS



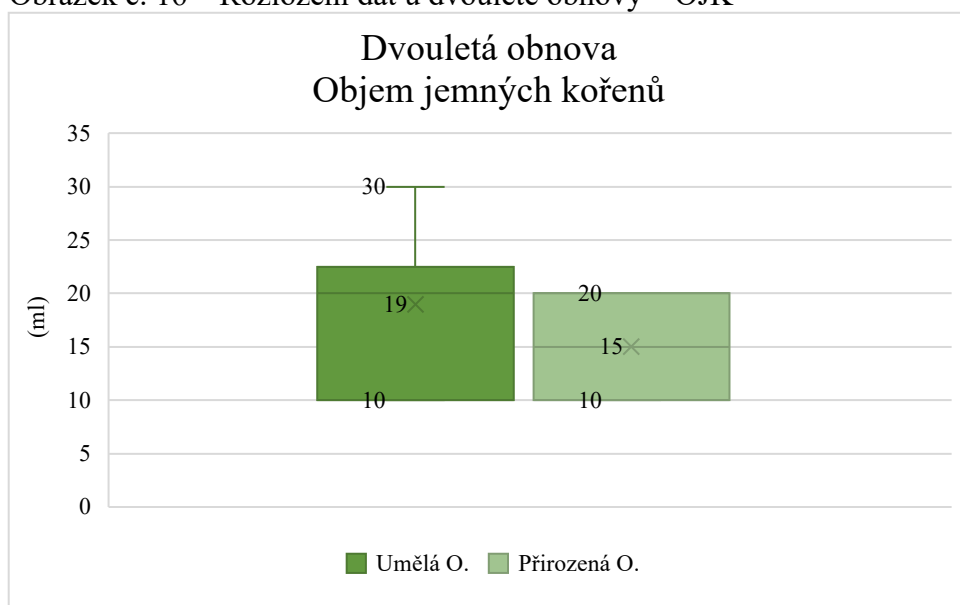
Průměrný OKS je vyšší o 8 ml u umělé obnovy. Na grafu ale můžeme vidět, že je u umělé obnovy velký rozsah OKS. Dokonce kořenový systém s nejmenším OKS měl o 20 ml menší objem než kořenový systém s nejmenším OKS u přirozené obnovy.

Obrázek č. 15 – Rozložení dat u dvouleté obnovy – OKS



Obrázek číslo 16 znázorňuje rozložení dat v případě OJK. Průměrný OJK je vyšší u umělé obnovy, a to o 4 ml. Nejnižší hodnoty jsou shodné. Nejvyšší hodnota u umělé obnovy je vyšší o 10 ml než nejvyšší hodnota u obnovy přirozené.

Obrázek č. 16 – Rozložení dat u dvouleté obnovy – OJK



V tabulce číslo 28 můžeme vidět porovnání zdravotního stavu dvouleté umělé a přirozené obnovy. Z tohoto porovnání vychází lépe přirozená obnova, kde bylo z celkového počtu 100 kusů, 94 % zdravých jedinců. 4 % jedinců bylo nezdravých a 2 % jedinců bylo odumřelých. Oproti tomu umělá obnova měla zdravých 87 % jedinců, tedy o 7 % méně než obnova přirozená. 10 % jedinců bylo nezdravých a 3 % odumřelo.

Tabulka č. 28 – Porovnání zdravotního stavu u dvouleté umělé a přirozené obnovy

Zdravotní stav	2 roky umělá obnova (ks)	2 roky přirozená obnova (ks)
Z	87	94
N	10	4
O	3	2

U dvouletých sazenic bylo zjištěno, že více poškozených jedinců měla umělá obnova, konkrétně opět o 7 %. Jedinců bez poškození zde bylo u umělé obnovy 88 kusů. 5 kusů mělo okus vrcholového terminálu, 2 kusy pouze boční okus a 5 kusů mělo boční okus spolu s okusem vrcholového terminálu. U přirozené obnovy bylo 95 kusů nepoškozených jedinců. 3 kusy s okusem vrcholového terminálu a 2 kusy s bočním okusem.

Tabulka č. 29 – Porovnání poškození zvěří u dvouleté umělé a přirozené obnovy

Poškození zvěří	2 roky umělá obnova (ks)	2 roky přirozená obnova (ks)
0	88	95
1	5	3
2	2	2
3	5	0

Na obou plochách bylo vyzvednuto 10 sazenic. U umělé obnovy mělo 60 % jedinců nějakou deformaci kořenového systému. V případě přirozené obnovy tomu tak bylo u 30 % jedinců. Rozdíl mezi umělou a přirozenou obnovou je tedy 30 % ve prospěch obnovy přirozené.

Tabulka č. 30 – Porovnání výskytu kořenových deformací u dvouleté umělé a přirozené obnovy

Deformace K. S.	2 roky umělá obnova (ks)	2 roky přirozená obnova (ks)
0	4	7
1	6	3

Tato část vyhodnocuje vliv kořenových deformací na růstové parametry u přirozené a umělé obnovy. V tabulce jsou jedinci rozděleny na deformované a nedeformované. Pro každou skupinu můžeme vidět průměrné hodnoty u sledovaných parametrů. V případě dvouleté obnovy můžeme vidět, že deformace měly zásadní vliv

pouze na zdravotní stav sazenic. Kde se ukázalo, že u deformovaných sazenic je zhoršený zdravotní stav u čtyřech kusů. V případě nedeformovaných to byl pouze jeden kus.

Tabulka č. 31 – Vliv kořenových deformací – dvouletá obnova

	Nedeformované	Deformované
VNČ (cm)	39,8	38,2
P (cm)	18,9	18,7
Zdravotní stav (ks-poškozené)	1	4

U dvouleté obnovy byla hodnota $p < 0,05$ u VNČ, zdravotního stavu, poškození zvěří a OKS. Znamená to tedy že tyto parametry jsou statisticky významné a zamítáme nulovou hypotézu. Z toho plyne, že druh obnovy má vliv na tyto parametry.

Naopak u P, TKK, DKS, ŠKS a OJK byla hodnota $p > 0,05$. To tedy znamená, že není statisticky významná. Nepotvrdilo se, že by druh obnovy měl vliv na tyto parametry.

Tabulka č. 32 – Dvouletá obnova – Statistické vyhodnocení

Zkoumaný parametr	Umělá o.	Přirozená o.	F	p
VNČ	40,7	37,4	4,562	0,034
P	20,6	18,1	1,579	0,210
TKK	9,8	8,9	1,461	0,228
Zdravotní stav	-	-	12,629	0,000
Poškození zvěří	-	-	19,22	0,000
DKS	15,2	14,2	0,894	0,400
ŠKS	18,2	19	0,447	0,988
OKS	105	97	3,548	0,043
OJK	19	15	0,519	0,122

Posouzení povýsadbového šoku

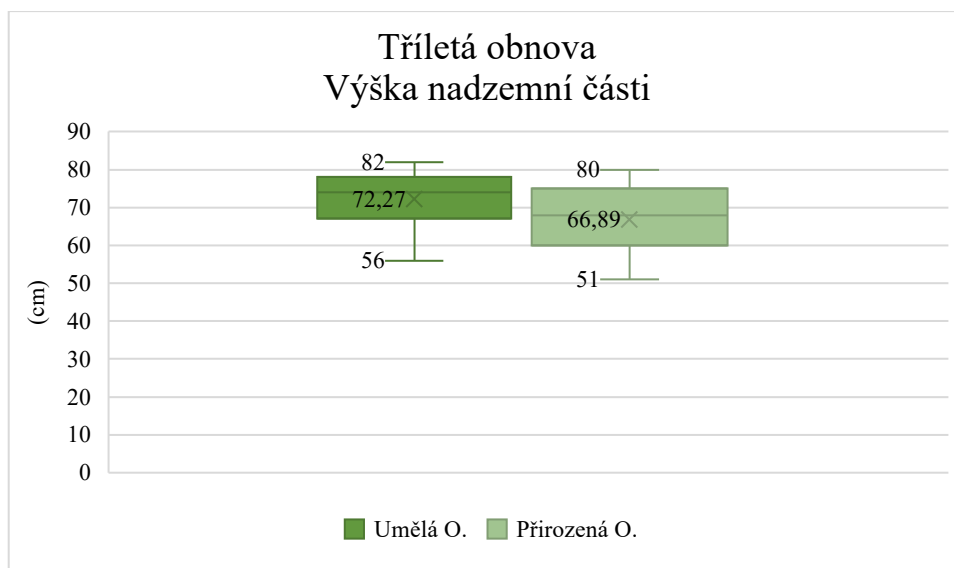
Pro posouzení povýsadbového šoku bylo zjišťováno, kolik procent z celkové výšky představuje poslední přírůst. Tento jev se předpokládal u umělé obnovy. Při výpočtu tohoto procenta bylo zjištěno, že u dvouletých jedinců se u umělé obnovy žádný povýsadbový šok neprokázal. Dokonce se vyšší procento ukázalo u umělé obnovy než u

obnovy přirozené. U umělé obnovy představoval přírůst 50,6 % z celkové výšky. U obnovy přirozené bylo zjištěno 48,4 %.

8.2 Srovnání výsledků tříleté umělé a přirozené obnovy

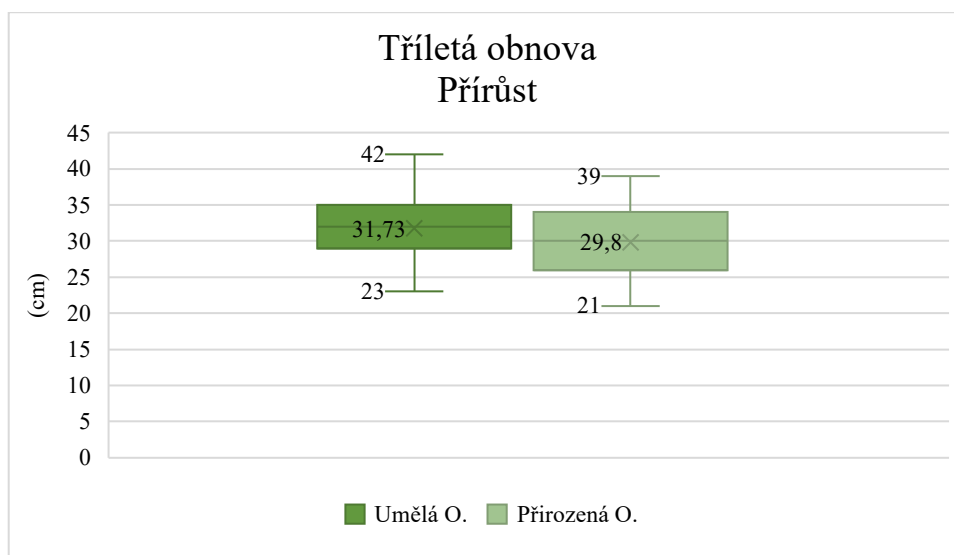
Z porovnání VNČ vychází lépe umělá obnova. Její průměr je 5,38 cm vyšší než u přirozené obnovy. Nejvyšší jedinec umělé obnovy je o 2 cm vyšší než nejvyšší jedinec přirozené obnovy. V případě nejnižších hodnot je rozdíl 4 cm opět ve prospěch umělé obnovy.

Obrázek č. 17 – Rozložení dat u tříleté obnovy – VNČ



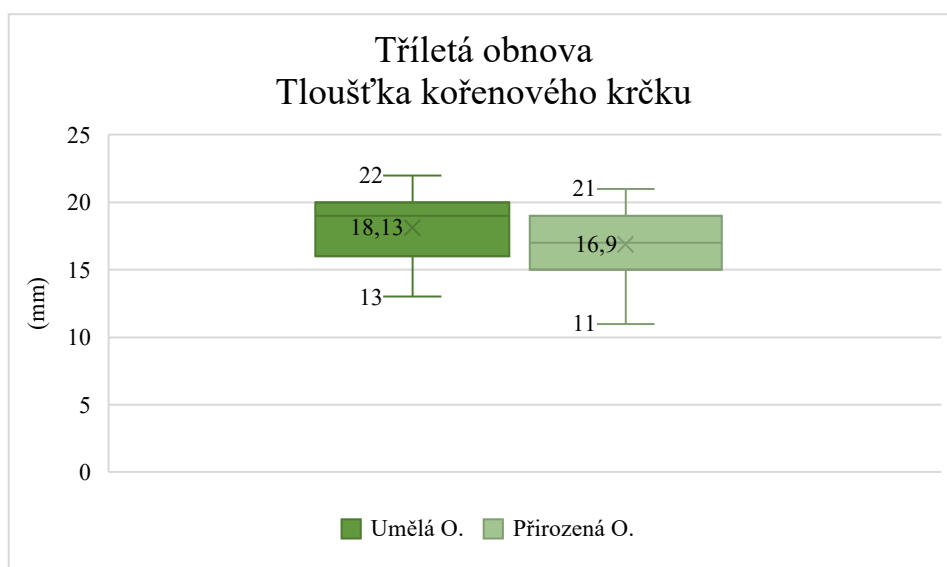
Při porovnání naměřených hodnot v roce 2022 u tříleté obnovy můžeme vidět, že lépe přirůstala umělá obnova. V průměru o 1,93 cm více. Nejvyšší P byl u umělé obnovy o 3 cm vyšší než u obnovy přirozené. Rozdíl nejmenších P je 2 cm ve prospěch umělé obnovy.

Obrázek č. 18 – Rozložení dat u tříleté obnovy – P



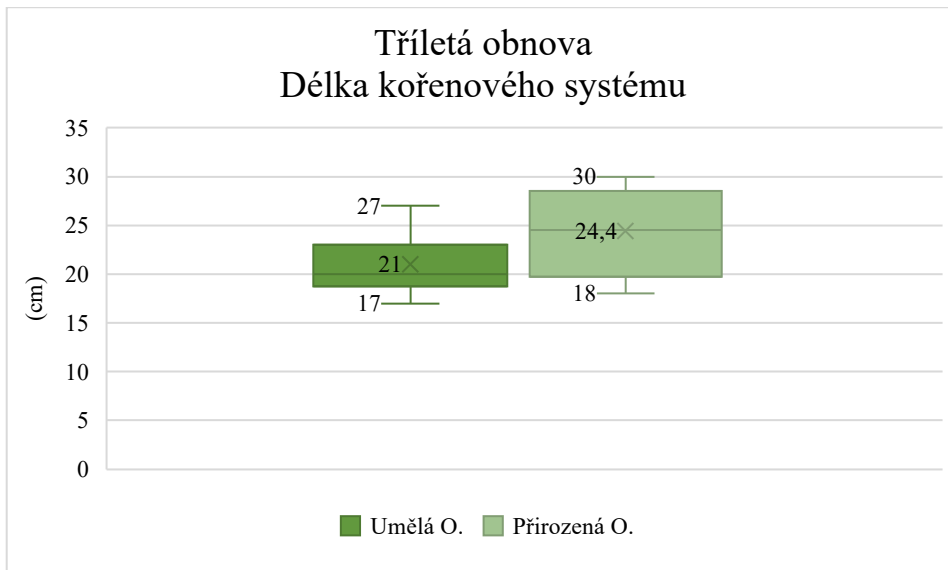
Vyšší hodnoty u TKK měla umělá obnova. Průměr byl vyšší o 1,23 mm, nejvyšší hodnota byl vyšší o 1 mm a nejnižší hodnota byla vyšší o 2 mm.

Obrázek č. 19 – Rozložení dat u tříleté obnovy – TKK

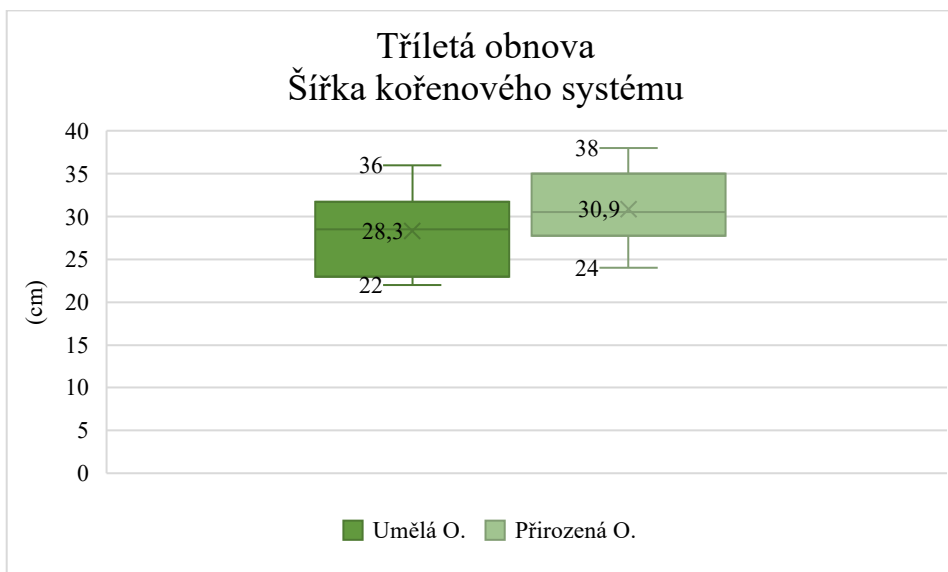


V případě DKS a ŠKS vychází lépe přirozená obnova. V obou případech vykazuje vyšší hodnoty. U DKS je průměr u přirozené obnovy vyšší o 3,4 cm u šířky je vyšší o 2,6 cm.

Obrázek č. 20 – Rozložení dat u tříleté obnovy – DKS

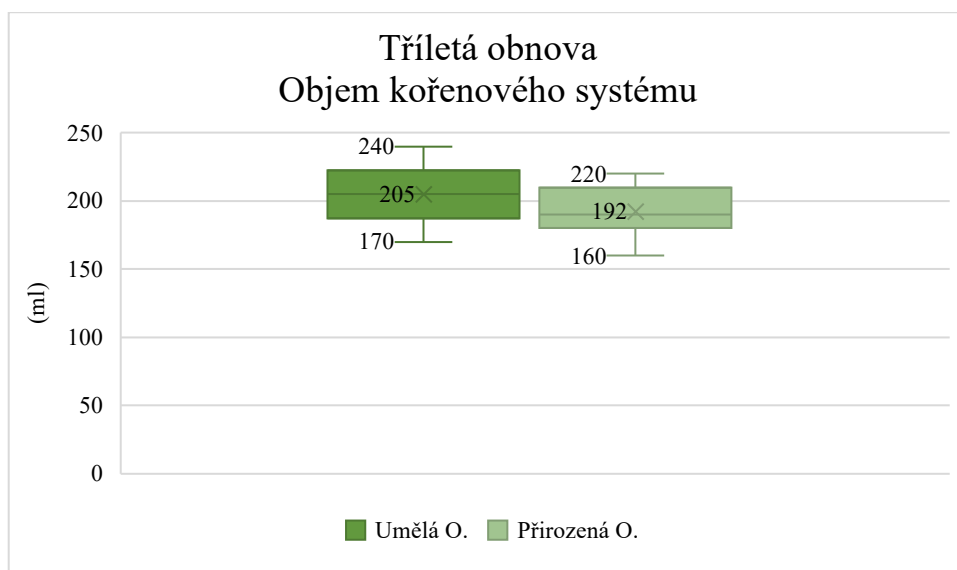


Obrázek č. 21 – Rozložení dat u tříleté obnovy – ŠKS

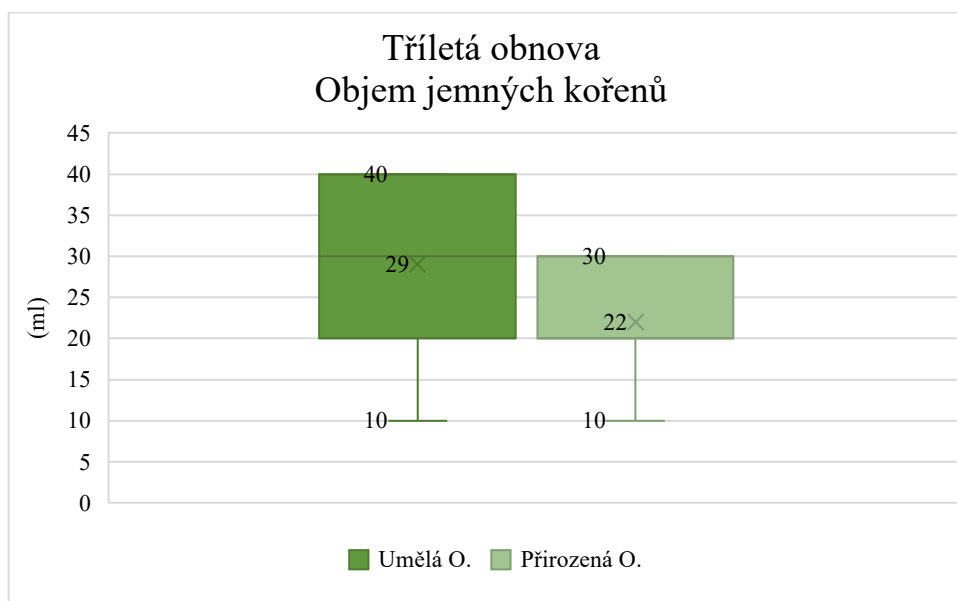


Naopak v případě OKS a OJK je na tom lépe umělá obnova v porovnání s obnovou přirozenou. Průměrný OKS je vyšší 13 ml a OJK je vyšší o 7 ml. U OJK dokonce dosahuje nejvyšší hodnota u umělé obnovy o 10 ml vyšší objem než nejvyšší hodnota u obnovy přirozené. To je rozdíl 25 %.

Obrázek č. 22 – Rozložení dat u tříleté obnovy – OKS



Obrázek č. 23 – Rozložení dat u tříleté obnovy – OJK



Zdravotní stav byl lepší u přirozené obnovy, která měla 95 zcela zdravých jedinců. To je o 2 % více než u umělé obnovy. Přirozená obnova měla 5 nezdravých jedinců. Umělá obnova 6 nezdravých a 1 odumřelou sazenici.

Tabulka č. 33 – Porovnání zdravotního stavu u tříleté umělé a přirozené obnovy

Zdravotní stav	3 roky umělá obnova (ks)	3 roky přirozená obnova (ks)
Z	93	95
N	6	5
O	1	0

Poškození zvěří bylo velmi vyrovnané. Umělá obnova měla jen o 1 kus nepoškozených jedinců méně. Poškození vrcholového terminálu bylo u obou obnov shodně po 5 kusech. Boční okus se vyskytl jednou u umělé obnovy a dvakrát u přirozené obnovy. U umělé obnovy byly 2 sazenice, které měly boční okus a zároveň okus vrcholového terminálu.

Tabulka č. 34 – Porovnání poškození zvěří u tříleté umělé a přirozené obnovy

Poškození zvěří	3 roky umělá obnova (ks)	3 roky přirozená obnova (ks)
0	92	93
1	5	5
2	1	2
3	2	0

U tříleté umělé obnovy bylo 70 % vyzvednutých sazenic postiženo některou z forem kořenových deformací. U obnovy přirozené to bylo vyrovnané, 50 % jedinců vyzvednutých ze země nemělo kořenové deformace a 50 % ano. To tedy představuje rozdíl 20 % mezi oběma druhy obnov.

Tabulka č. 35 – Porovnání výskytu kořenových deformací u tříleté umělé a přirozené obnovy

Deformace K. S.	3 roky umělá obnova (ks)	3 roky přirozená obnova (ks)
0	3	5
1	7	5

Tato část sleduje rozdíly mezi deformovanými a nedeformovanými kořenovými systémy. V tabulce můžeme vidět průměrné hodnoty pro sledované parametry. V případě tříleté obnovy můžeme vidět, že na všechny sledované parametry mají deformace vliv. Je zřejmé, že deformované kusy vykazují nižší hodnoty u růstových vlastností, a naopak vyšší u kvalitativních vlastností. Lze tedy konstatovat, že deformace mají na jedince negativní vliv.

Tabulka č. 36 – Vliv kořenových deformací – tříletá obnova

	Nedeformované	Deformované
VNČ (cm)	69,2	63,8
P (cm)	30,3	29,1
Zdravotní stav (ks-poškozené)	1	3

U tříleté obnovy se jako statisticky významné ukázala pouze VNČ, kde hodnota $p = 0,003$, tedy méně než 0,05. Lze tedy konstatovat, že druh obnovy ovlivňuje VNČ.

Ostatní sledované parametry mají hodnotu $p > 0,05$. Jsou tedy statisticky nevýznamné a druh obnovy na ně nemá vliv.

Tabulka č. 37 – Tříletá obnova – Statistické vyhodnocení

Zkoumaný parametr	Umělá o.	Přirozená o.	F	p
VNČ (cm)	72,3	66,9	9,111	0,003
P	31,7	29,8	2,834	0,093
TKK	18,1	16,9	0,803	0,371
Zdravotní stav	-	-	0,809	0,370
Poškození zvěří	-	-	1,761	0,186
DKS	21	24,4	1,118	0,164
ŠKS	28,3	30,9	0,671	0,759
OKS	205	192	0,671	0,759
OJK	29	22	0,894	0,400

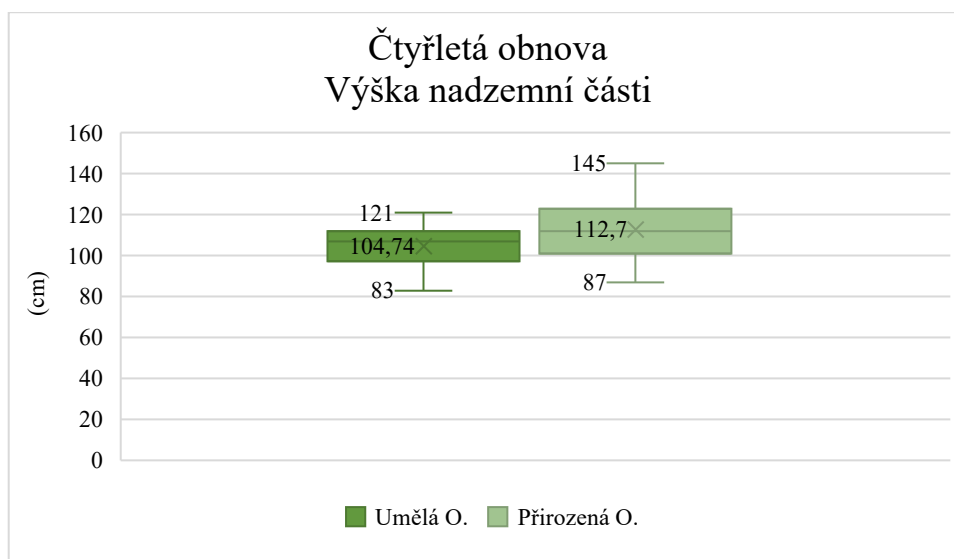
Posouzení povýsadbového šoku

U umělé obnovy se neprokázal povýsadbový šok ani v případě tříleté obnovy. Procento mezi oběma druhy obnov bylo velmi vyrovnané. V tomto případě bylo vyšší procento u přirozené obnovy. U umělé obnovy představoval přírůst 43,8 % z celkové výšky a u obnovy přirozené to bylo 44,5 %. Lze tedy konstatovat, že na zkoumaných plochách se v tomto výzkumu nepodařilo prokázat, že by zejména u umělé obnovy došlo k nějakému povýsadbovému šoku.

8.3 Srovnání výsledků čtyřleté umělé a přirozené obnovy

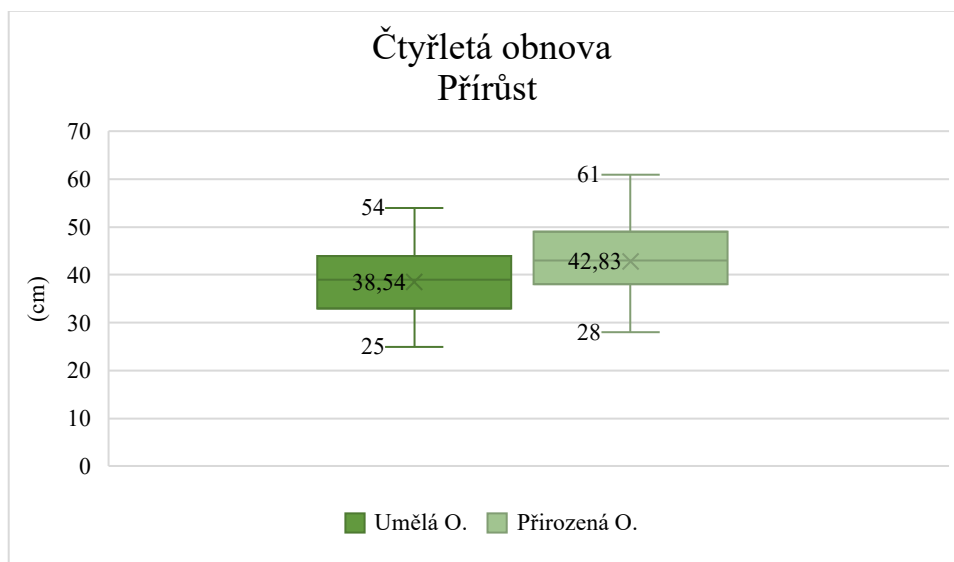
Porovnání VNČ u čtyřleté obnovy vychází lépe pro přirozenou obnovu. Rozdíl v průměrech je 7,96 cm právě ve prospěch přirozené obnovy. U spodních hodnot je nepatrný rozdíl 4 cm vy prospěch přirozené obnovy. Větší rozdíl je u horních hodnot, kde přirozená obnova přesahuje umělou u 24 cm.

Obrázek č. 24 – Rozložení dat u čtyřleté obnovy – VNČ



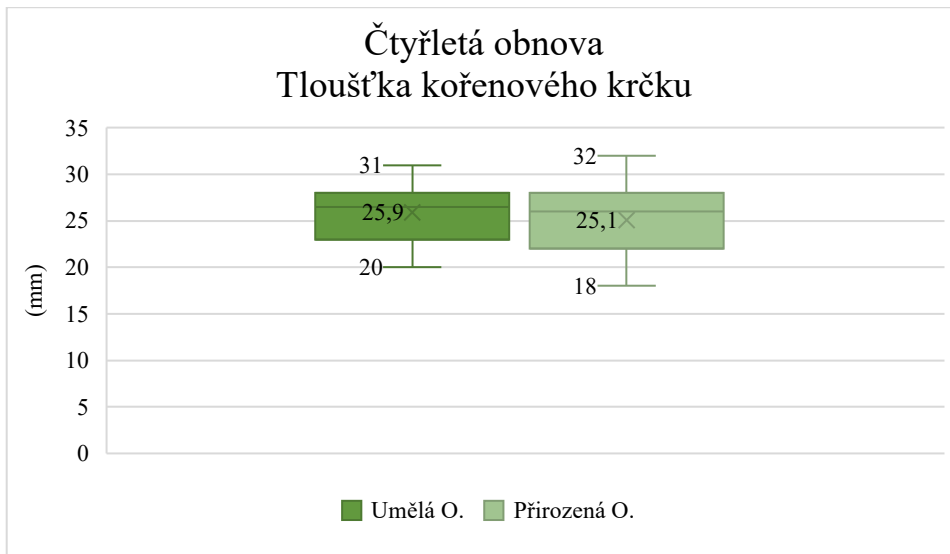
Vyšší P vykazovala přirozená obnova, v průměru o 4,29 cm. Nejvyšší hodnota byla u přirozené obnovy vyšší o 7 cm, nejnižší hodnota byla také vyšší u přirozené obnovy, a to o 3 cm.

Obrázek č. 25 – Rozložení dat u čtyřleté obnovy – P



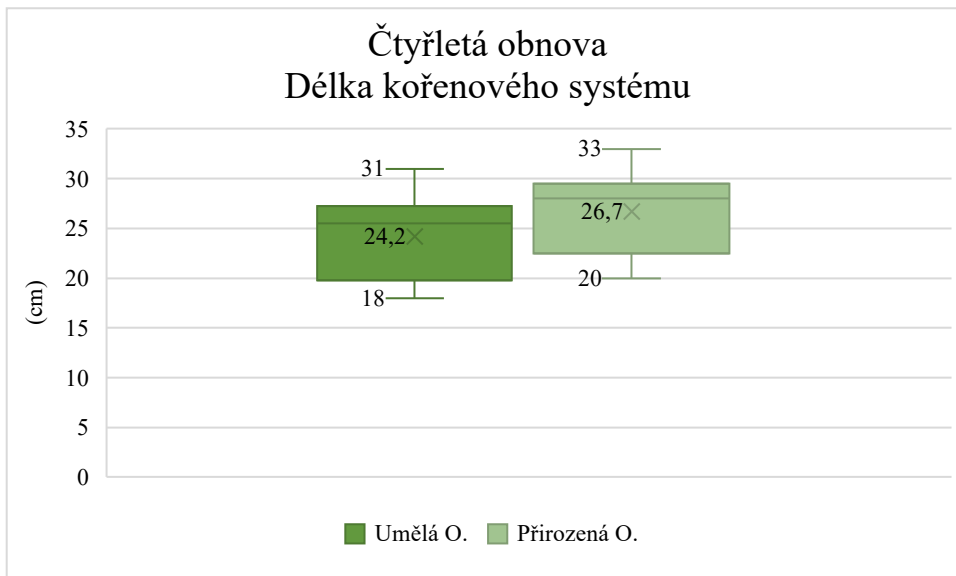
U TKK nebyl takový rozdíl mezi přirozenou a umělou obnovou, jako tomu bylo v případě VNČ a P. Průměr byl vyšší u umělé obnovy o 0,8 mm. Horní hodnoty se lišily o 1 mm ve prospěch přirozené obnovy.

Obrázek č. 26 – Rozložení dat u čtyřleté obnovy – TKK



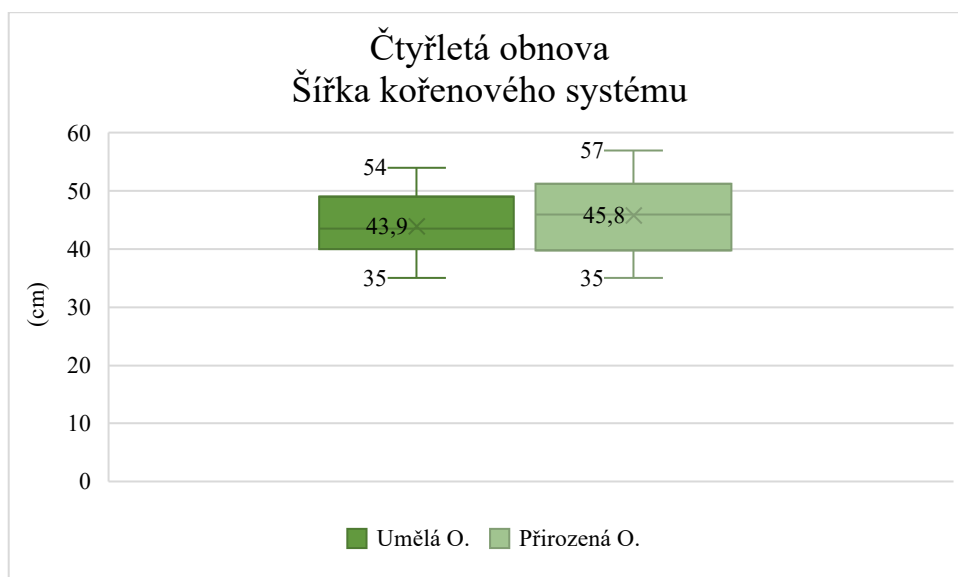
Větší DKS měla přirozená obnova, v průměru o 2,5 cm. Nejvyšší DKS se vyskytl také u přirozené obnovy a byl o 2 cm delší než nejdelší kořenový systém u umělé obnovy. Rozdíl u nejkratších jedinců byl také 2 cm ve prospěch přirozené obnovy.

Obrázek č. 27 – Rozložení dat u čtyřleté obnovy – DKS



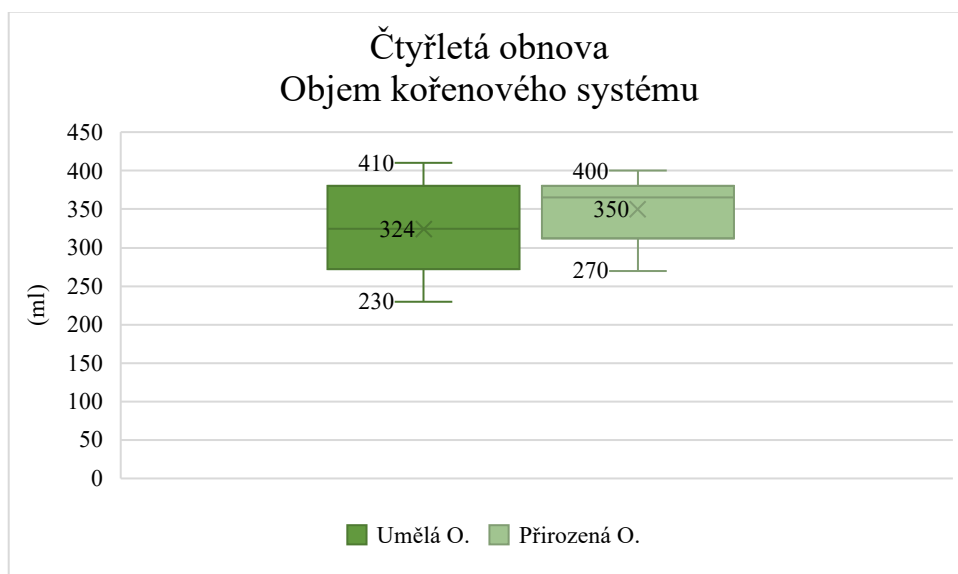
Vyšší ŠKS měla opět obnova přirozená. Rozdíl v průměrech byl 1,9 cm. Nejnižší ŠKS byl u obou způsobů obnovy shodný 35 cm. Nejvyšší ŠKS byl u přirozené obnovy a byl o 2 cm širší než nejširší jedinec u obnovy umělé.

Obrázek č. 28 – Rozložení dat u čtyřleté obnovy – ŠKS

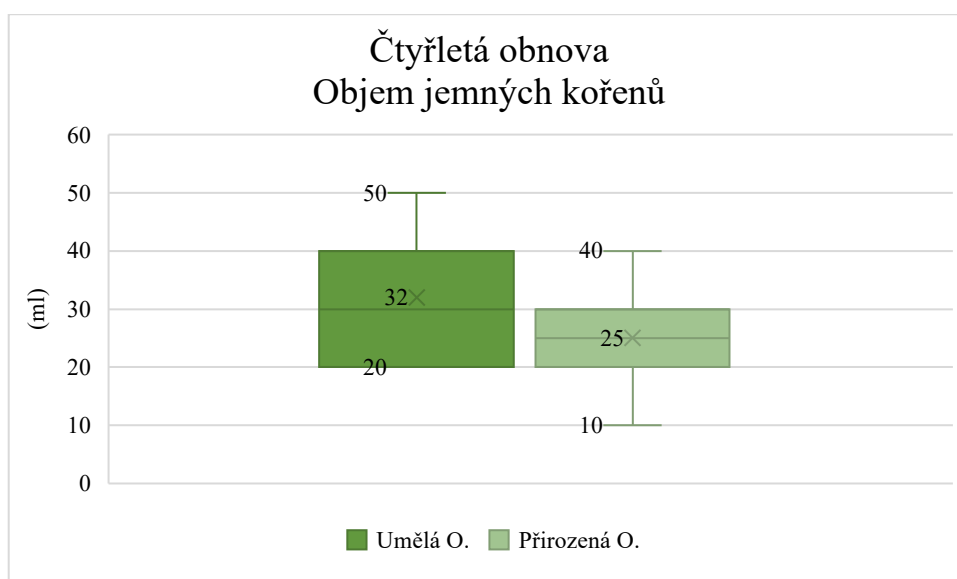


Celkový OKS (obrázek č. 29) vykazovala vyšší obnova přirozená. Rozdíl v průměru byl 26 ml. Jedinec s nejobjemnějším kořenovým systémem byl však u obnovy umělé. Zároveň i nejnižší OKS byl u obnovy umělé. Oproti tomu OJK (obrázek č. 30) vycházel lépe u obnovy umělé. Jemné kořeny měly u umělé obnovy v průměru o 7 ml vyšší objem než jemné kořeny u obnovy přirozené. Rozdíl u horních hodnot i u spodních hodnot byl 10 ml, vždy ve prospěch umělé obnovy.

Obrázek č. 29 – Rozložení dat u čtyřleté obnovy – OKS



Obrázek č. 30 – Rozložení dat u čtyřleté obnovy – OJK



U umělé obnovy bylo 97 kusů zcela zdravých sazenic. Oproti tomu u přirozené obnovy bylo 96 zcela zdravých jedinců. Umělá obnova měla 3 nezdravé kusy, přirozená 4 nezdravé kusy.

Tabulka č. 38 – Porovnání zdravotního stavu u čtyřleté umělé a přirozené obnovy

Zdravotní stav	4 roky umělá obnova (ks)	4 roky přirozená obnova (ks)
Z	97	96
N	3	4
O	0	0

Více poškozena zvěř byla přirozená obnova a o 3 %. Počet nepoškozených kusů u umělé obnovy bylo 95, u přirozené 92. Z toho okus vrcholového terminálu byl u umělé i přirozené obnovy shodný, po 3 kusech. Rovněž boční okus byl shodný po 2 kusech. Jen u přirozené obnovy se vyskytly 3 jedinci, kteří měli boční okus a zároveň okus vrcholového terminálu.

Tabulka č. 39 – Porovnání poškození zvěř u čtyřleté umělé a přirozené obnovy

Poškození zvěř	4 roky umělá obnova (ks)	4 roky přirozená obnova (ks)
0	95	92
1	3	3
2	2	2
3	0	3

Porovnání deformací kořenového systému bylo provedeno na 10 vyzvednutých kusech, jak v případě obnovy umělé, tak přirozené. Výsledky dopadly shodně jak u obnovy umělé, tak přirozené. V obou případech bylo 60 % vyzvednutých kořenových systémů bez deformace a 40 % jedinců vykazovalo kořenové deformace.

Tabulka č. 40 – Porovnání výskytu kořenových deformací u čtyřleté umělé a přirozené obnovy

Deformace K. S.	4 roky umělá obnova (ks)	4 roky přirozená obnova (ks)
0	6	6
1	4	4

Při posuzování vlivu kořenových deformací bylo zjištěno, že sledované parametry jsou u deformovaných i nedeformovaných kusů velmi podobné. V tabulce můžeme vidět průměrné hodnoty u jednotlivých vlastností, které byly sledovány. Z pozorování vyplynulo, že i přes podobnost vycházejí kusy, které vykazovaly nějaký druh deformace horší výsledky než kusy, které nebyly nijak postižené.

Tabulka č. 41 – Vliv kořenových deformací – čtyřletá obnova

	Nedeformované	Deformované
VNČ (cm)	106,6	104,3
P (cm)	41,1	40,2
Zdravotní stav (ks-poškozené)	0	1

Jako statisticky významné se u čtyřleté obnovy ukázaly tyto parametry: VNČ, poškození zvěří a OKS. Hodnota p byla u těchto parametrů menší než 0,05. Zamítáme tedy nulovou hypotézu.

Parametry: P, TKK, zdravotní stav, DKS, ŠKS a OJK se ukázaly jako statisticky nevýznamné. Jelikož je jejich hodnota $p > 0,05$.

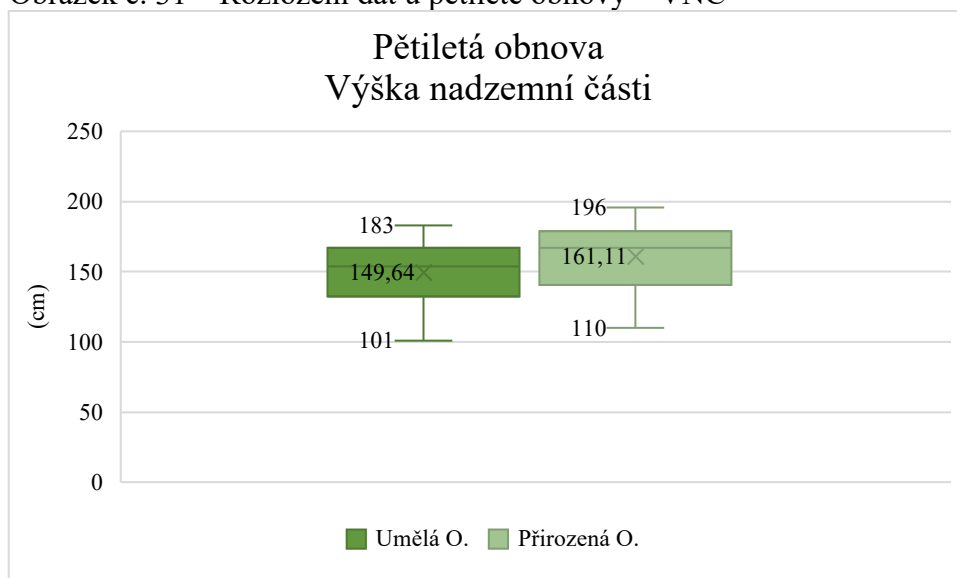
Tabulka č. 42 – Čtyřletá obnova – Statistické vyhodnocení

Zkoumaný parametr	Umělá o.	Přirozená o.	F	p
VNČ (cm)	104,7	112,7	14,755	0,000
P	38,5	42,8	1,370	0,243
TKK	25,9	25,1	2,291	0,132
Zdravotní stav	-	-	0,588	0,444
Poškození zvěří	-	-	7,262	0,008
DKS	24,2	26,7	0,894	0,400
ŠKS	43,9	45,8	0,447	0,988
OKS	324	350	3,765	0,048
OJK	32	25	0,671	0,759

8.4 Srovnání výsledků pětileté umělé a přirozené obnovy

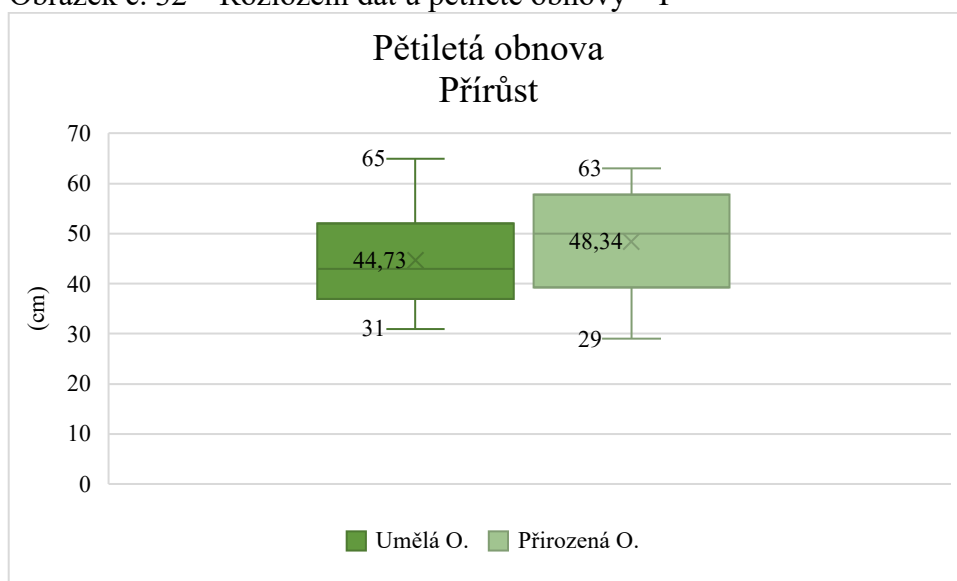
U pětileté obnovy bylo zjištěno, že vyšší VNČ dosahuje přirozená obnova. Rozdíl mezi průměry byl 11,47 cm. Nejvyšší jedinec u přirozené obnovy byl o 13 cm vyšší než nejvyšší jedinec u obnovy umělé. Zároveň nejnižší jedinec byl u obnovy umělé a byl o 9 cm menší než nejnižší jedinec u obnovy přirozené.

Obrázek č. 31 – Rozložení dat u pětileté obnovy – VNČ



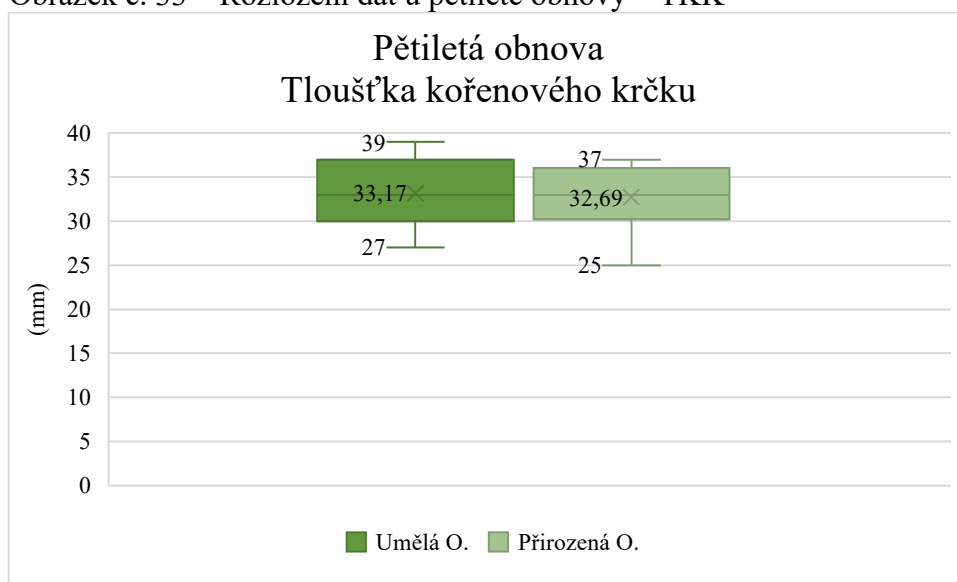
Stejný trend jako u VNČ byl i u P. Tedy i v tomto hledisku měla navrch přirozená obnova. Průměr měla o 3,61 cm vyšší. Nejvyšší hodnota byla ovšem u obnovy umělé, a to 65 cm, což je o 2 cm více než u přirozené obnovy. Zároveň přirozená obnova měla i nejnižší P, a to 29 cm, což je o 2 cm méně než nejnižší přírůst u obnovy umělé.

Obrázek č. 32 – Rozložení dat u pětileté obnovy – P



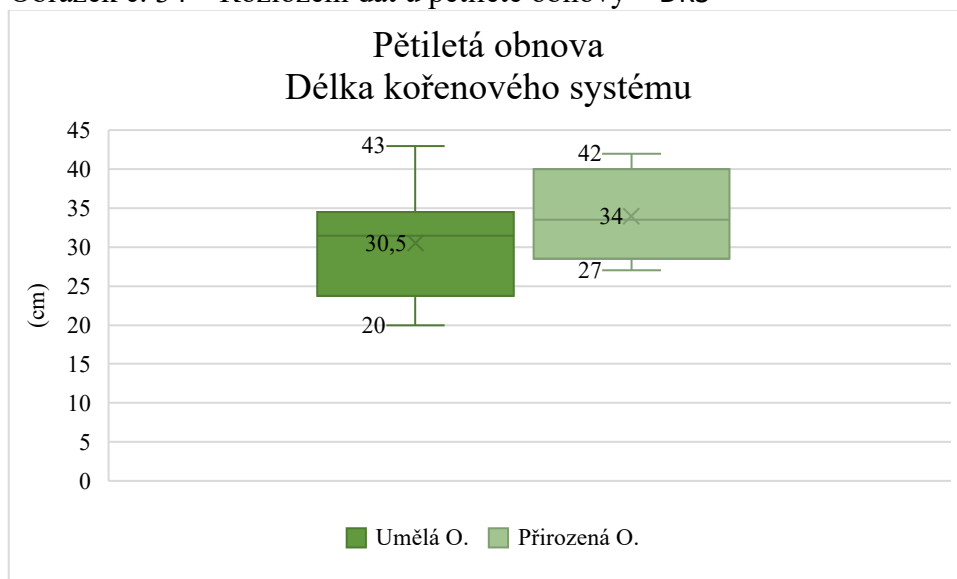
Naopak u TKK vykazovala vyšší hodnoty umělá obnova. V průměru o 0,48 mm. To může být způsobeno vyšší konkurencí u přirozené obnovy. Proto přirozená obnova dosahuje vyšší výšky, ale zároveň méně prostoru pro každého jedince znamená menší koruny a tím i slabší kmínek.

Obrázek č. 33 – Rozložení dat u pětileté obnovy – TKK

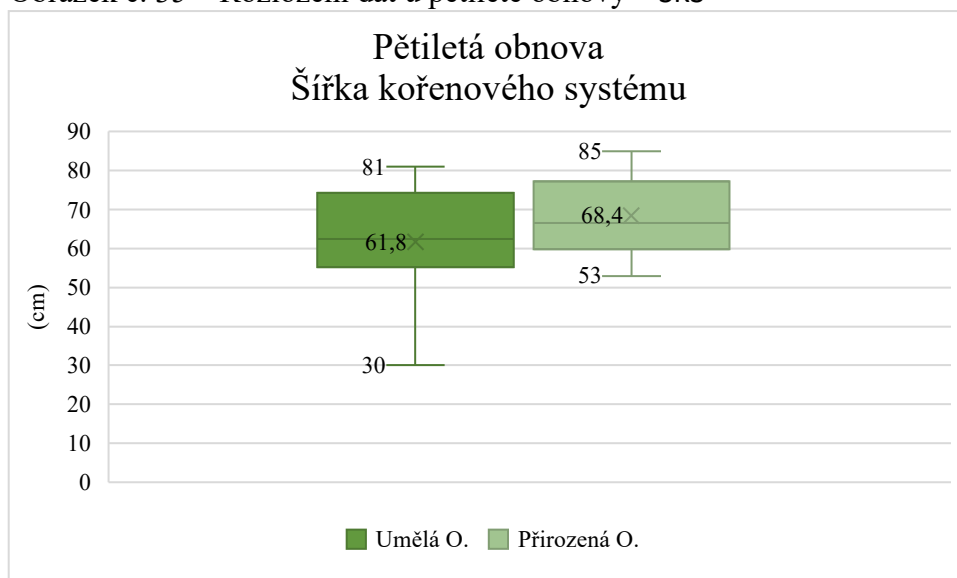


Jak v případě DKS (obrázek č. 34), tak v případě ŠKS (obrázek č. 35) vykazuje vyšší průměr přirozená obnova. U DKS je to o 3,5 cm, u ŠKS o 6,6 cm. U umělé obnovy můžeme v obou případech vidět mnohem větší rozsah hodnot, než je tomu u obnovy přirozené.

Obrázek č. 34 – Rozložení dat u pětileté obnovy – DKS

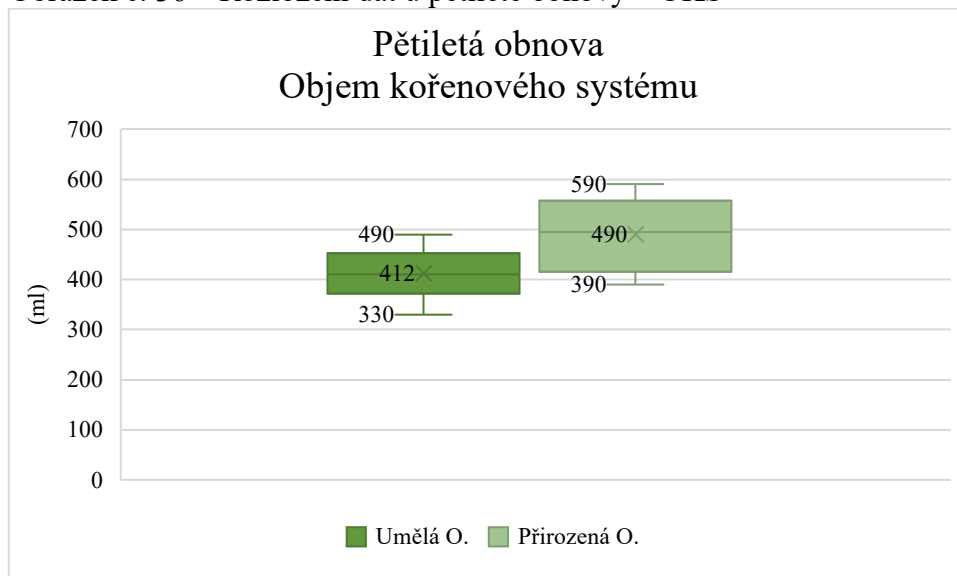


Obrázek č. 35 – Rozložení dat u pětileté obnovy – ŠKS



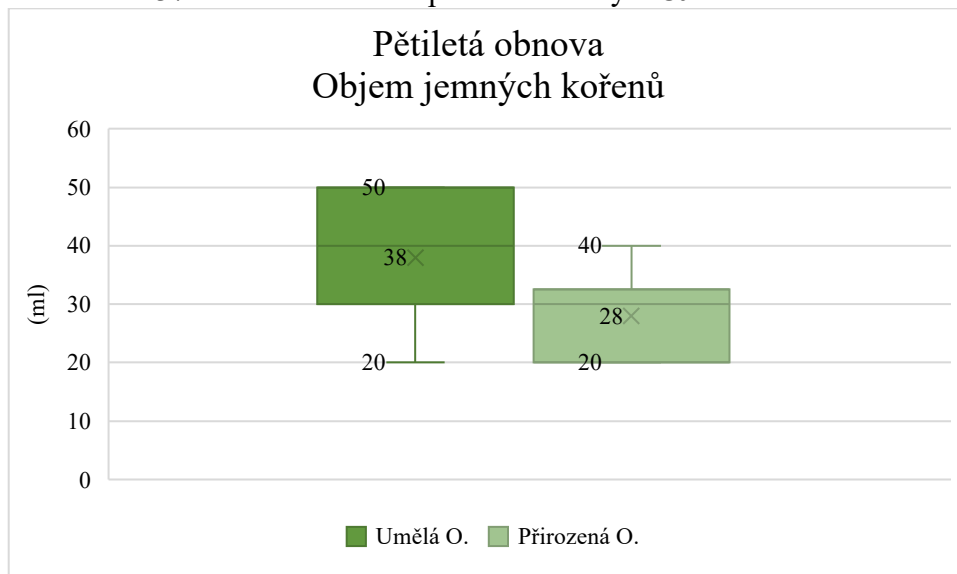
Vyšší OKS měla přirozená obnova. Její průměr byl o 78 ml vyšší než průměr u umělé obnovy. Nejvyšší hodnota se lišila o 100 ml ve prospěch přirozené obnovy. Nejnižší OKS byl u obnovy umělé a byl o 60 ml nižší než nejnižší OKS u přirozené obnovy.

Obrázek č. 36 – Rozložení dat u pětileté obnovy – OKS



Naopak OJK byl výrazně vyšší u umělé obnovy. V průměru umělá obnova převyšovala přirozenou o 20 ml. Spodní hodnoty byly shodné. Nejvyšší OJK byl u umělé obnovy o 10 ml vyšší než nejvyšší OJK u obnovy přirozené.

Obrázek č. 37 – Rozložení dat u pětileté obnovy – OJK



Umělá obnova vykazovala 98 kusů zcela zdravých jedinců. To je o 2 více než obnova přirozená. Nezdravý jedinci byly u umělé obnovy 2, u přirozené 4. Odumřelé sazenice se nevyskytly.

Tabulka č. 43 – Porovnání zdravotního stavu u pětileté umělé a přirozené obnovy

Zdravotní stav	5 let umělá obnova (ks)	5 let přirozená obnova (ks)
Z	98	96
N	2	4
O	0	0

Menší poškození v pěti letech vykazovala umělá obnova, a to konkrétně o 2 %. Nepoškozených jedinců u umělé obnovy bylo 96, u přirozené obnovy 94. U umělé obnovy se vyskytl pouze boční okus, a to u čtyřech jedinců. U obnovy přirozené měly 2 jedinci okus vrcholového terminálu, 3 jedinci boční okus a 1 jedinec boční okus i okus vrcholového terminálu.

Tabulka č. 44 – Porovnání poškození zvířít u pětileté umělé a přirozené obnovy

Poškození zvířít	5 let umělá obnova (ks)	5 let přirozená obnova (ks)
0	96	94
1	0	2
2	4	3
3	0	1

U pětileté umělé obnovy bylo 50 % vyzvednutých sazenic postiženo kořenovými deformacemi. U přirozené obnovy tomu bylo pouze ve 20 %. Rozdíl mezi umělou a přirozenou obnovou tedy představuje 30 %.

Tabulka č. 45 – Porovnání výskytu kořenových deformací u pětileté umělé a přirozené obnovy

Deformace K. S.	5 let umělá obnova (ks)	5 let přirozená obnova (ks)
0	5	8
1	5	2

I u pětileté obnovy byl sledován vliv deformací na jednotlivé parametry, které můžeme vidět v následující tabulce, kde jsou uvedené průměrné hodnoty těchto parametrů. Na této ploše byly rozdíly u růstových vlastností největší. Rozdíly byly v neprospěch postižených kusů. V případě zdravotního stavu nebyl vyzvednut žádný kus, který by vykazoval nějaké známky zhoršeného zdravotního stavu. Lze tedy konstatovat, že deformace mají negativní vliv na růstové vlastnosti sazenic.

Tabulka č. 46 – Vliv kořenových deformací – pětiletá obnova

	Nedeformované	Deformované
VNČ (cm)	157,6	143,3
P (cm)	47,1	43,8
Zdravotní stav (ks-poškozené)	0	0

U Pětileté obnovy byla p hodnota nižší než 0,05 pouze u parametru OKS. To znamená, že pouze u tohoto parametru se potvrdilo, že druh obnovy na něj má vliv.

U všech ostatních sledovaných parametrů byla hodnota p větší než 0,05, nemohla být tedy zamítnuta nulová hypotéza.

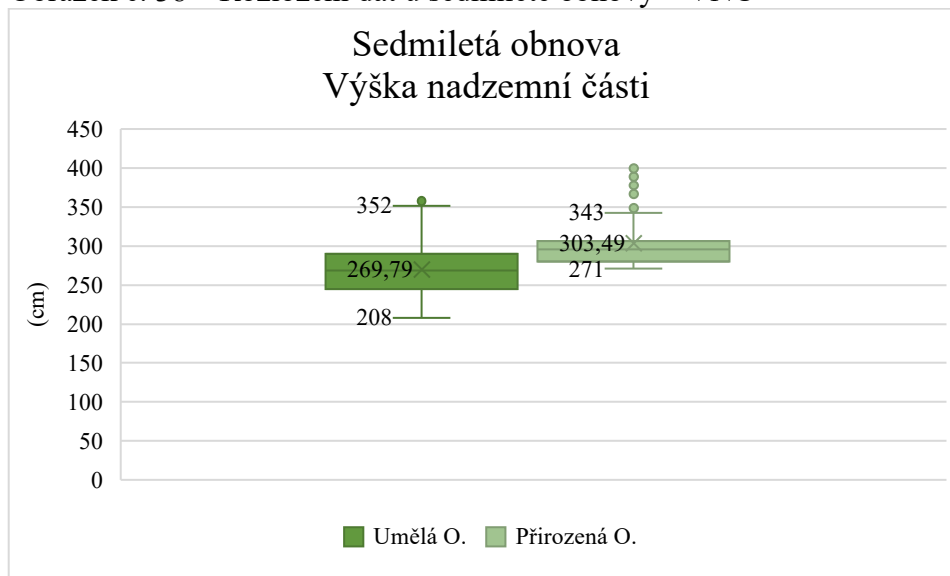
Tabulka č. 47 – Pětiletá obnova – Statistické vyhodnocení

Zkoumaný parametr	Umělá o.	Přirozená o.	F	p
VNČ	149,6	161,1	0,141	0,707
P	44,7	48,3	0,741	0,390
TKK	33,2	32,7	0,581	0,447
Zdravotní stav	-	-	2,768	0,098
Poškození zvěří	-	-	0,918	0,339
DKS	30,5	34	0,671	0,759
ŠKS	61,8	68,4	0,447	0,988
OKS	412	490	4,678	0,031
OJK	38	28	0,894	0,400

8.5 Srovnání výsledků sedmileté umělé a přirozené obnovy

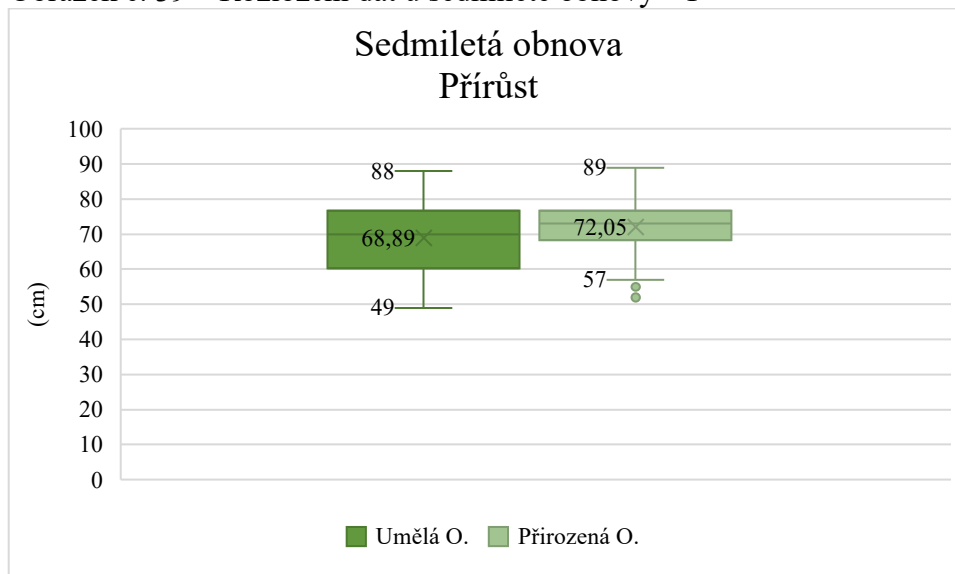
Na obrázku číslo 38 můžeme vidět rozložení dat VNČ u sedmileté obnovy. Z tohoto vyobrazení je vidět, že lépe je na tom obnova přirozená. Průměr je o 33,7 cm vyšší u přirozené obnovy. Na grafu je vidět, že zejména u přirozené obnovy je několik odlehlých hodnot, ty jsou vyobrazeny formou jednotlivých bodů.

Obrázek č. 38 – Rozložení dat u sedmileté obnovy – VNČ



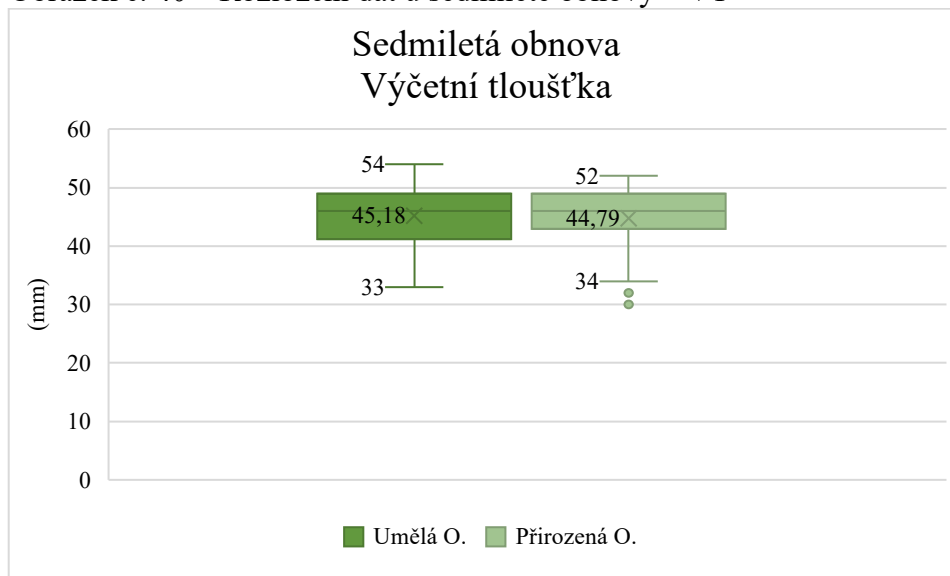
U sedmileté obnovy vykazuje lepší P obnova přirozená. Její průměr je vyšší o 3,16 cm. Horní hodnoty se liší pouze o 1 cm ve prospěch přirozené obnovy. Nejnižší hodnota se vyskytuje u umělé obnovy a je to P 49 cm.

Obrázek č. 39 – Rozložení dat u sedmileté obnovy – P



VT jsou u obou způsobů obnovy velmi vyrovnané. Jejich průměr se liší jen o 0,39 mm ve prospěch obnovy umělé. Jedinec s nejvyšší VT byl z umělé obnovy a jeho tloušťka byla o 2 mm vyšší než VT nejsilnějšího jedince z obnovy přirozené.

Obrázek č. 40 – Rozložení dat u sedmileté obnovy – VT



U sedmileté obnovy byl lepší zdravotní stav u té přirozené, která měla jen jediný strom, který vykazoval nezdravý stav. Umělá obnova měla takové jedince tři.

Tabulka č. 48 – Porovnání zdravotního stavu u sedmileté umělé a přirozené obnovy

Zdravotní stav	7 let umělá obnova (ks)	7 let přirozená obnova (ks)
Z	97	99
N	3	1
O	0	0

Na sedmiletých plochách se objevil pouze boční okus. V případě umělé obnovy to bylo u 5 kusů, v případě obnovy přirozené to bylo u 3 kusů. Nepoškozených jedinců bylo tedy v případě umělé obnovy 95 kusů a v přirozené obnově 97 kusů.

Tabulka č. 49 – Porovnání poškození zvěří u sedmileté umělé a přirozené obnovy

Poškození zvěří	7 let umělá obnova (ks)	7 let přirozená obnova (ks)
0	95	97
1	0	0
2	5	3
3	0	0

V případě sedmileté obnovy mohla být zamítnuta nulová hypotéza u parametru P a zdravotní stav. P hodnota u přírůstu byla 0,034 a u zdravotního stavu 0,043. Druh obnovy má tedy vliv na tyto dva parametry.

U VNČ a poškození zvěří byla p hodnota vyšší než 0,05. Nulová hypotéza se tedy u těchto parametrů nezamítla.

Tabulka č. 50 – Sedmiletá obnova – Statistické vyhodnocení

Zkoumaný parametr	Umělá o.	Přirozená o.	F	p
VNČ	269,8	303,5	1,437	0,232
P	68,9	72,1	4,547	0,034
VT	45,2	44,8	0,338	0,562
Zdravotní stav	-	-	4,145	0,043
Poškození zvěří	-	-	2,089	0,151

8.6 Srovnání zdravotního stavu a poškození zvěří u starších ploch

Na plochách osmiletých, devítiletých a desítiletých se nevyskytl žádný jedinec, který by jevil známky nějakého zdravotního poškození. Stejně tomu bylo i v případě poškození zvěří. Na plochách s umělou i přirozenou obnovou se tak vyskytovalo 100 % zcela zdravých jedinců a zároveň 100 % nepoškozených jedinců. Proto bylo výsledné porovnání zdravotního stavu a poškození zvěří u jedinců osmiletých, devítiletých a desítiletých vloženo do souhrnné tabulky číslo 51.

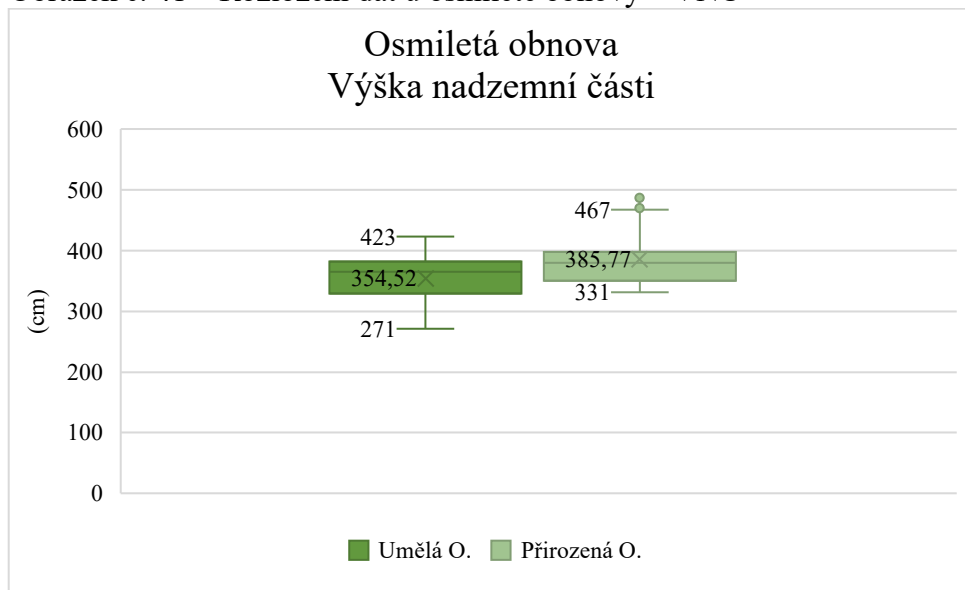
Tabulka č. 51 – Porovnání zdravotního stavu a poškození zvěří u starších ploch

Stáří a druh obnovy	Počet zdravých jedinců (ks)	Počet zvěří nepoškozených jedinců (ks)
8 let umělá obnova	100	100
8 let přirozená obnova	100	100
9 let umělá obnova	100	100
9 let přirozená obnova	100	100
10 let umělá obnova	100	100
10 let přirozená obnova	100	100

8.7 Grafické srovnání výsledků růstu osmileté obnovy

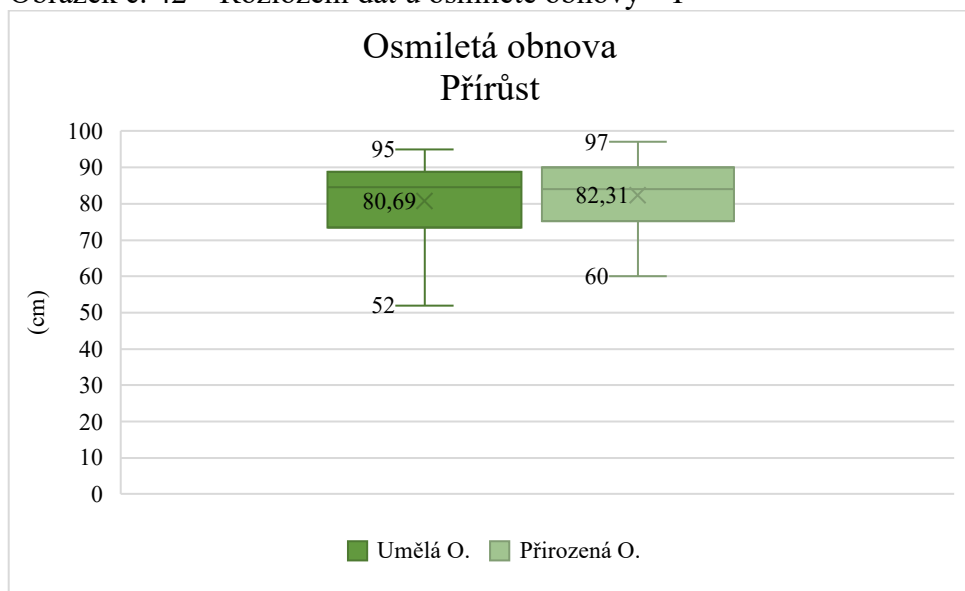
Z porovnání VNČ vychází lepe osmiletá přirozená obnova. Její průměrná VNČ je o 31,25 cm vyšší než průměrná výška nadzemní části osmileté umělé obnovy. Značný rozdíl je i u nejvyšších a nejnižších hodnot, vždy ve prospěch přirozené obnovy.

Obrázek č. 41 – Rozložení dat u osmileté obnovy – VNČ



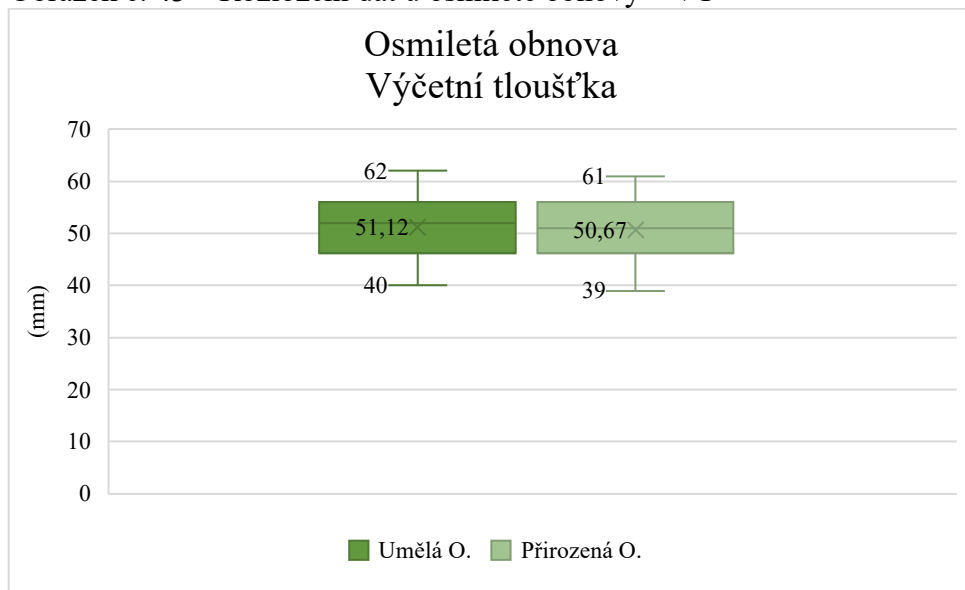
V parametru P nebyl tak znatelný rozdíl jako v celkové VNČ. Přes to i v tomto parametru vychází lépe přirozená obnova. Průměrná hodnota P přirozené obnovy převyšuje průměrnou hodnotu P umělé obnovy o 1,62 cm. Maximální P byl u přirozené obnovy vyšší o 2 cm než maximální P u umělé obnovy. Minimální P byl u přirozené obnovy o 8 cm vyšší než u umělé obnovy.

Obrázek č. 42 – Rozložení dat u osmileté obnovy – P



U VT je rozdíl nepatrný, ovšem trend je opačný. Průměrná VT je o 0,45 mm vyšší u umělé obnovy. Nejvyšší hodnoty a zároveň i nejnižší hodnoty se liší vždy o 1 mm a vždy ve prospěch umělé obnovy.

Obrázek č. 43 – Rozložení dat u osmileté obnovy – VT



U osmileté obnovy měly všechny sledované parametry p hodnotu vyšší než 0,05. U VNČ to bylo konkrétně $p=0,679$, $P p=0,238$ a u VT $p=0,465$. Všechny parametry byly tedy statisticky nevýznamné a nelze vyvrátit nulovou hypotézu.

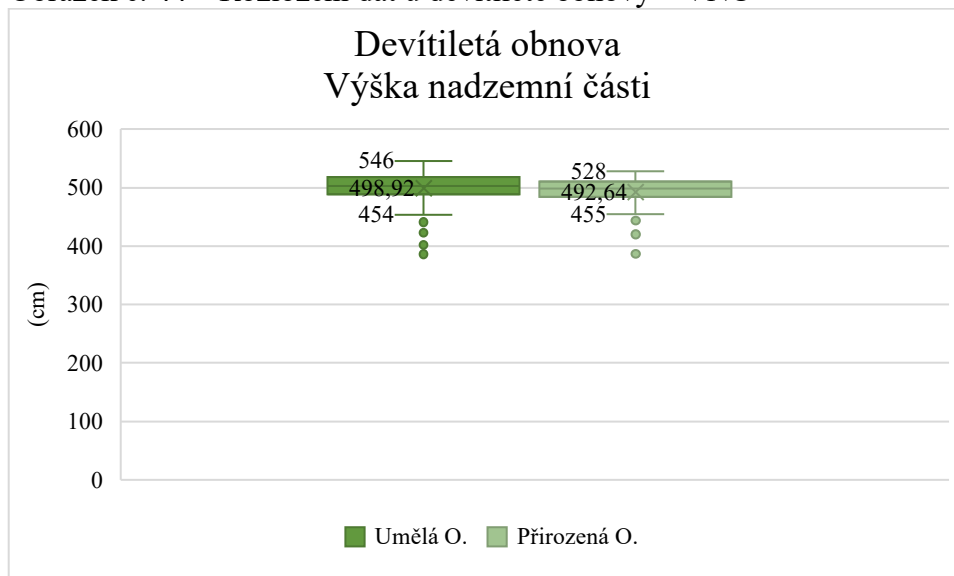
Tabulka č. 52 – Osmiletá obnova – Statistické vyhodnocení

Zkoumaný parametr	Umělá o.	Přirozená o.	F	p
VNČ (cm)	354,5	385,8	0,172	0,679
Přírůst	80,7	82,3	1,399	0,238
VT	51,1	50,7	0,536	0,465

8.8 Grafické srovnání výsledků růstu devítileté obnovy

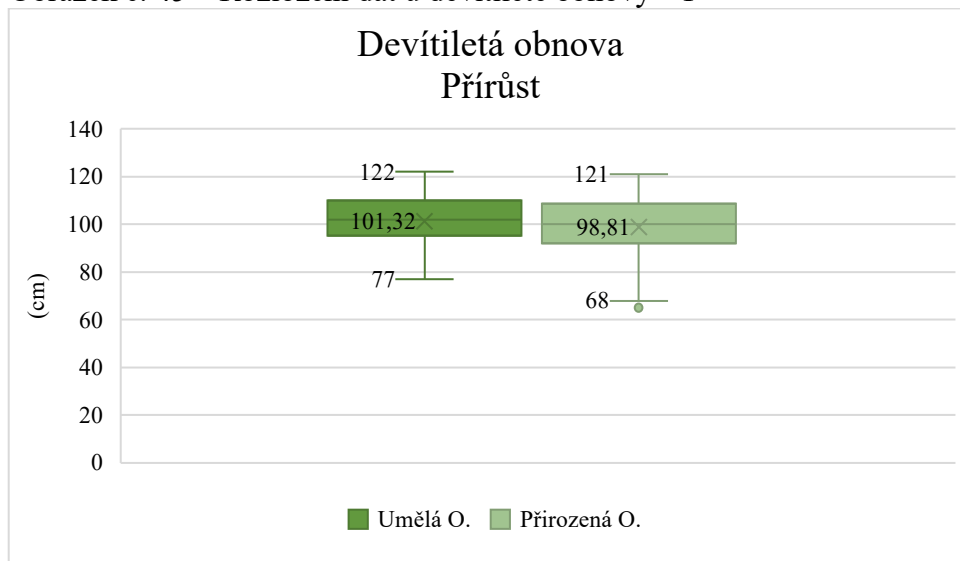
Porovnání VNČ vychází lépe pro devítiletou umělou obnovu. Její průměr je o 6,28 cm vyšší než u devítileté přirozené obnovy. Zároveň na grafu můžeme vidět několik nejnižších hodnot, jak u umělé, tak přirozené obnovy, které byly vyhodnoceny jako odlehlé hodnoty.

Obrázek č. 44 – Rozložení dat u devítileté obnovy – VNČ



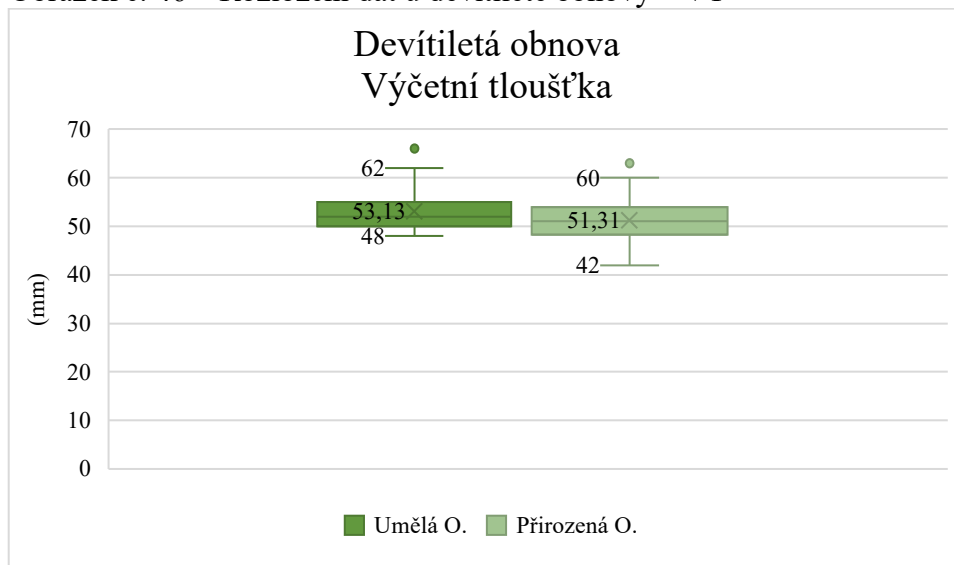
Z obrázku číslo 45 lze vyčíst, že větší P vykazovala umělá obnova. V průměru to bylo o 2,51 cm. Nejvyšší P se lišil pouze o 1 cm ve prospěch umělé obnovy. Nejnižší P potom o 12 cm také ve prospěch umělé obnovy.

Obrázek č. 45 – Rozložení dat u devítileté obnovy – P



Vyšší hodnoty VT vykazuje umělá obnova. V průměru je to více o 1,82 mm. Nejnižší VT se liší o 6 mm ve prospěch umělé obnovy.

Obrázek č. 46 – Rozložení dat u devítileté obnovy – VT



V případě devítileté obnovy se všechny parametry ukázaly jako statisticky nevýznamné. Jejich p hodnota byla vyšší než 0,05, nemohla být tedy zamítnuta nulová hypotéza.

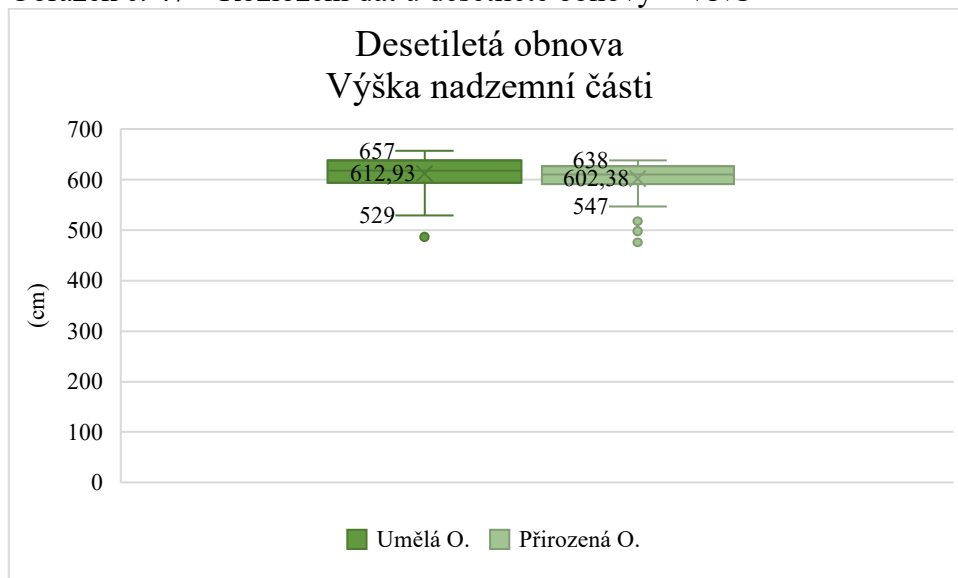
Tabulka č. 53 – Devítiletá obnova – Statistické vyhodnocení

Zkoumaný parametr	Umělá o.	Přirozená o.	F	p
VNČ	498,9	492,6	0,416	0,520
P	101,3	98,8	0,210	0,647
VT	53,1	51,3	1,515	0,220

8.9 Grafické srovnání výsledků růstu desetileté obnovy

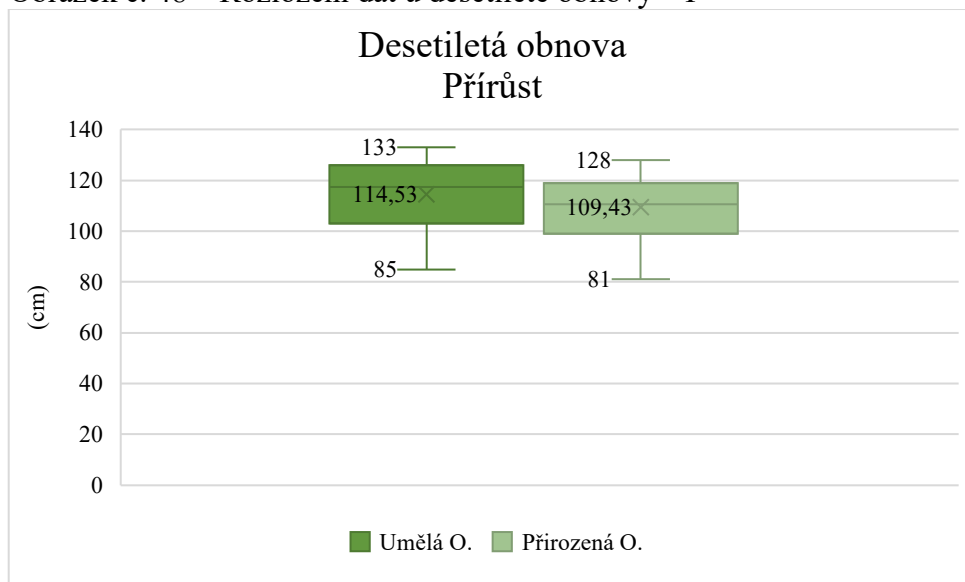
Z obrázku číslo 47 můžeme vyčíst, že VNČ je vyšší u umělé obnovy. Průměr je u umělé obnovy vyšší o 10,55 cm. Nejvyšší hodnotu má opět desetiletá umělá obnova a je vyšší o 19 cm než nejvyšší hodnota u desetileté přirozené obnovy. Nejnižší výška se liší o 11 cm ve prospěch umělé obnovy.

Obrázek č. 47 – Rozložení dat u desetileté obnovy – VNČ



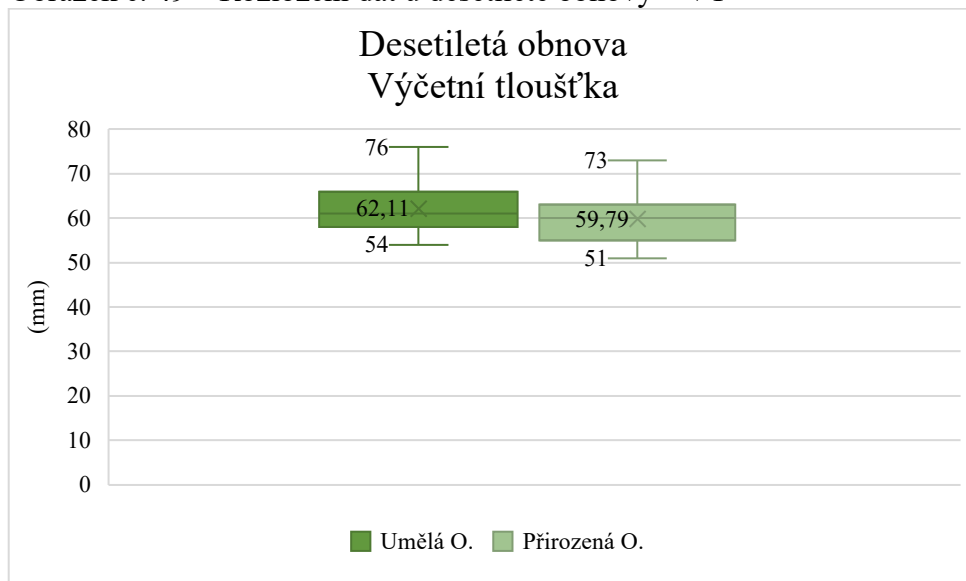
Vyšší P vykazovala umělá obnova, v průměru to bylo o 5,1 cm. Nejvyšší P byl u umělé obnovy. Byl to P o délce 133 cm, což je o 5 cm vyšší P než nejvyšší přírůst u přirozené obnovy. Nejnižší P byl 81 cm a zaznamenán byl v přirozené obnově. Nejnižší P u umělé obnovy byl o 4 cm vyšší.

Obrázek č. 48 – Rozložení dat u desetileté obnovy – P



Průměrná VT byla vyšší u desetileté umělé obnovy. Rozdíl oproti přirozené obnově byl 2,32 cm. Rozdíl u nejvyšších VT a zároveň u nejnižších VT byl 3 cm, vždy ve prospěch umělé obnovy.

Obrázek č. 49 – Rozložení dat u desetileté obnovy – VT



U desetileté obnovy se rovněž ukázaly všechny sledované parametry jako statisticky nevýznamné. U VNČ byla hodnota $p=0,782$, u P $p=0,337$ a u VT $p=0,765$. Nelze tedy zamítnout nulovou hypotézu.

Tabulka č. 54 – Desetiletá obnova – Statistické vyhodnocení

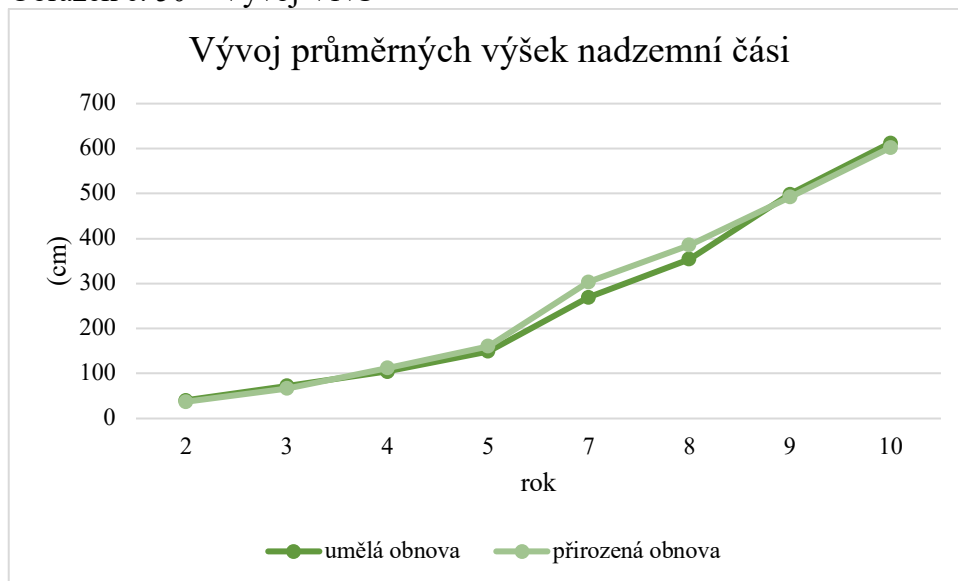
Zkoumaný parametr	Umělá o.	Přirozená o.	F	p
VNČ	612,9	602,4	0,077	0,782
P	114,5	109,4	0,926	0,337
VT	62,1	59,8	0,090	0,765

8.10 Vývoj růstu v průběhu let

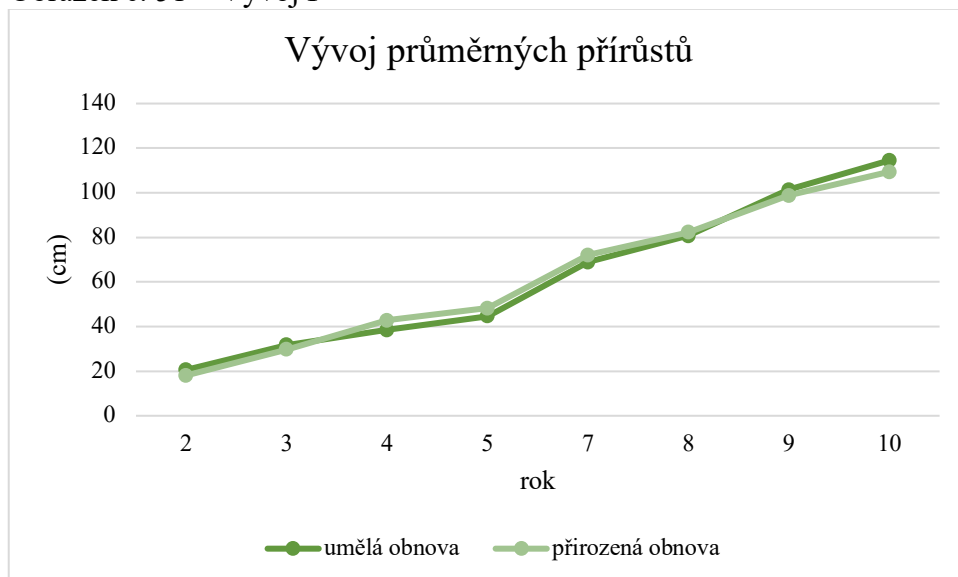
Na obrázku číslo 50 můžeme sledovat vývoj průměrných VNČ u přirozené a umělé obnovy v průběhu od dvou až do deseti let. V počátku má lehce navrch umělá obnova. Trend se otáčí u čtyřletých obnov. Od této doby až do osmého roku vykazuje vyšší výšku přirozená obnova. Později se tento trend opět obrací ve prospěch umělé obnovy.

Zároveň lze sledovat na obrázku číslo 51 průměrné P. Při porovnání obrázku 50 a 51 můžeme vidět, že vývoj P umělé a přirozené obnovy je více vrovnaný než VNČ. Zároveň trend vývoje P se shoduje s trendem VNČ.

Obrázek č. 50 – Vývoj VNČ

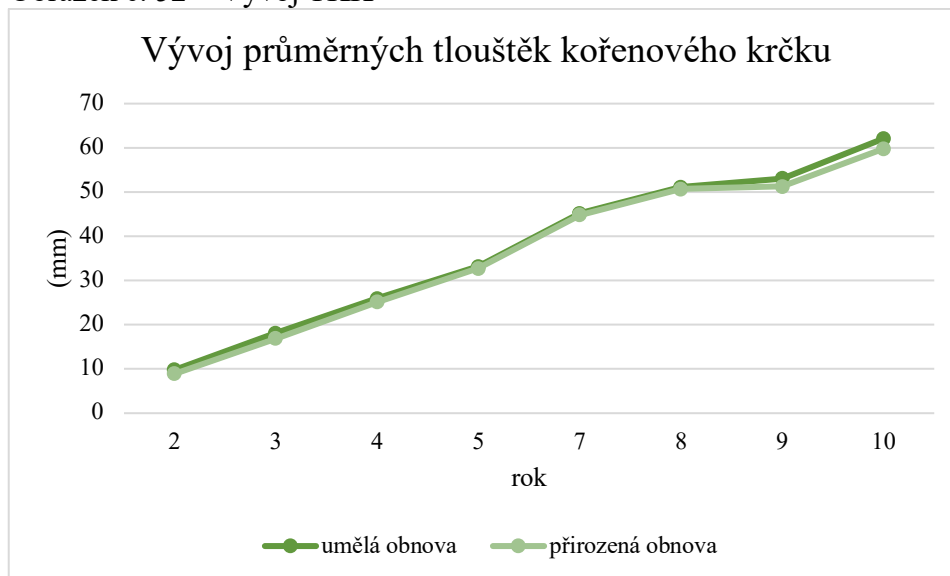


Obrázek č. 51 – Vývoj P



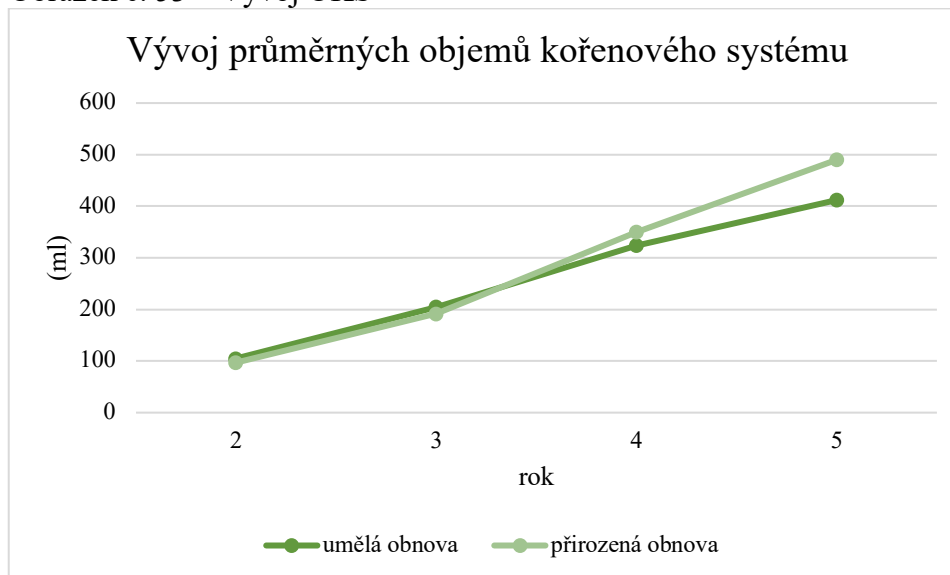
Vývoj TKK a později VT je mezi umělou a přirozenou obnovou velmi vyrovnaný. Lépe ze vzájemného porovnání vychází umělá obnova, která ve všech letech vykazuje vyšší tloušťky.

Obrázek č. 52 – Vývoj TKK



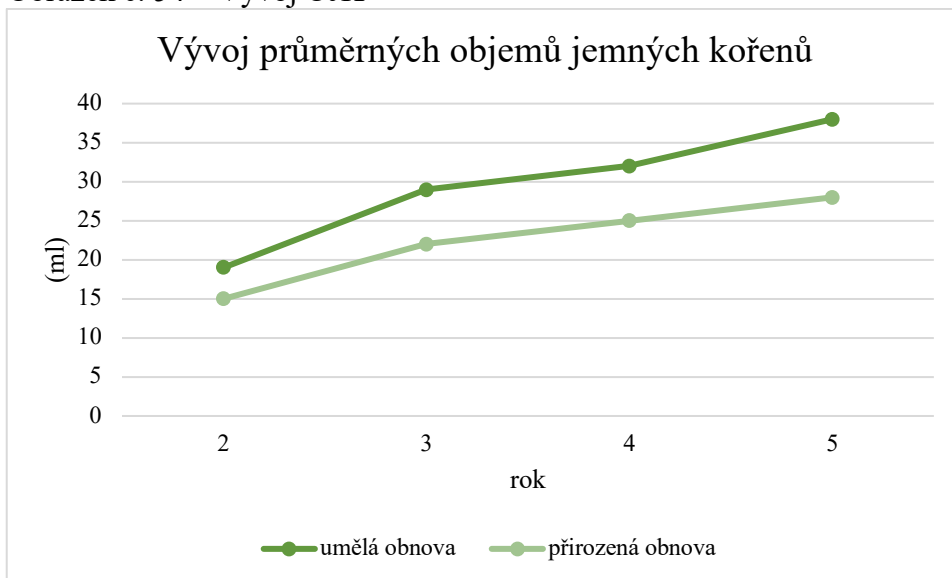
Obrázek číslo 53 znázorňuje vývoj celkového OKS v průběhu let u umělé a přirozené obnovy. Z vývoje lze vyčíst, že u dvouleté a tříleté obnovy má mírně navrch umělá obnova. Oproti tomu u čtyřleté a pětileté obnovy je na tom lépe přirozená obnova a rozdíl je markantnější.

Obrázek č. 53 – Vývoj OKS



Z obrázku číslo 54, který porovnává vývoj OJK v průběhu let u umělé a přirozené obnovy můžeme vidět, že umělá obnova je na tom ve všech letech výrazně lépe než obnova přirozená.

Obrázek č. 54 – Vývoj OJK



9 Diskuze

Tato práce se věnuje srovnání umělé a přirozené obnovy. Porovnávají se parametry nadzemní části sazenic a také kořenové systémy. Výzkum byl proveden na plochách starých dva až deset let. Vzájemnému srovnání se mnoho autorů nevěnuje. Většinou je spíše prováděno měření a vzájemné porovnávání pouze u umělé obnovy. Ještě mnohem méně jsou v literatuře prezentovány výsledky šetření, které by se věnovalo kořenovým systémům. Je to zejména z důvodu náročnosti takového výzkumu a samotné destrukce zkoumaného jedince.

Například ORCT (2018) ve svém výzkumu porovnává tříleté a pětileté plochy z umělé a přirozené obnovy. Tato práce je do srovnání velmi vhodná, jelikož byl výzkum prováděn také nedaleko obce Boháňka a jeho plochy mají obdobné podmínky jako plochy v této práci. Mimo i jiných parametrů se ORCT (2018) ve své práci věnoval také srovnání výšky nadzemní části, přírůstu a tloušťce kořenového krčku. U kořenových systémů sledoval také objem kořenového systému a objem jemných kořenů a také kořenové deformace. Ve své práci se nevěnoval statistické významnosti daných parametrů.

Pokud porovnáme tříletou obnovu, u které Orct prováděl měření v roce 2017, tak zjistíme, že přírůst byl takřka shodný jako u mnou zkoumané tříleté obnovy. Lišil se jak v případě umělé, tak přirozené obnovy pouze o necelý centimetr. U výšky nadzemní části byl rozdíl u přirozené obnovy 10,37 cm, ve prospěch přirozené obnovy z roku 2017. Stejně tomu bylo i u umělé obnovy, s rozdílem 10,7 cm. Zajímavé je srovnání tloušťky kořenového krčku. Nejen, že oproti mé práci, kde byl kořenový krček silnější u umělé obnovy, tak v případě ORCTA (2018) to bylo naopak, ale jeho hodnoty jsou u kořenového krčku z přirozené obnovy o 47 % vyšší než v tomto výzkumu. Při pohledu na objem kořenového systému zjistíme, že vyšší objem měla v Orctově výzkumu přirozená obnova, v mém výzkumu tomu bylo naopak. Výsledky se shodují v případě objemu jemných kořenů. U nich v obou výzkumech vyšlo, že vyšší objem jemných kořenů vykazuje tříletá umělá obnova. ORCTOVI (2018) vyšlo, že 0 % vyzvednutých sazenic z umělé obnovy mělo kořenové deformace. V mém výzkumu mělo naopak 70 % jedinců z umělé obnovy nějakou kořenovou deformaci. V porovnání deformací kořenového systému přirozené obnovy byl rozdíl pouze 10 % mezi oběma výzkumy.

ORCTOVI (2018) v porovnání parametrů nadzemní části u pětileté obnovy vyšla ve všech případech lépe umělá obnova. Vykazovala vyšší výšku nadzemní části, větší přírůst i větší tloušťku nadzemní části. V mém výzkumu tomu bylo naopak, výška

nadzemní části a přírůst vyšel lépe pro obnovu přirozenou. Jen tloušťka kořenového krčku vyšla lépe pro obnovu umělou. Srovnání kořenových systémů z pohledu objemů vyšlo v obou výzkumech velmi podobně. Znatelný rozdíl nebyl ani v poměru kořenových deformací.

NAVRÁTIL (2018) prováděl výzkum pouze na umělé obnově, a to v oblasti Litovle. Měření prováděl na dvouletých a pětiletých plochách. Pokud porovnáme jeho dvouletou umělou obnovu s dvouletou obnovou v mém výzkumu, zjistíme, že tloušťka kořenového krčku se lišila pouze o 0,2 desetiny milimetru. Větší rozdíl byl ve výšce nadzemní části, kde sazenice u Litovle byly o 38 % vyšší, ale průměrný přírůst vykazovaly o 9 % nižší. Navrátil vyhodnotil, že 96 % zkoumaných sazenic bylo plně vitální, to je o 8 % vitálnějších jedinců než v mém výzkumu. Navrátil také zjistil, že 60 % jedinců vyzvednutých ze země mělo kořenové deformace, to se naprosto shoduje s touto prací.

NAVRÁTIL (2020) zkoumal umělou obnovu v oblasti Libavé. Měření prováděl na tříletých, čtyřletých a sedmiletých plochách. Pokud porovnáme čtyřleté umělé obnovy, tak zjistíme, že Navrátil měl sazenice, které měly o 23 % vyšší průměrnou výšku nadzemní části. V případě přírůstu a tloušťky kořenového krčku byly hodnoty velmi podobné. Velké rozdíly se vyskytly v porovnání vitality a kořenových deformací. Navrátil vyhodnotil, že plně vitálních bylo 76 % zkoumaných jedinců, to je výrazně méně, oproti mým 97 %. Zároveň 90 % vyzvednutých sazenic měl kořenové deformace, v mém případě to bylo pouze 40 %. Vzorek, na kterém Navrátil zkoumal nadzemní část a kořenový systém byl shodný s tímto výzkumem.

MAUER A PALÁTOVÁ (2004) realizovali výzkum v několika lokalitách, který se věnoval kořenovému systému a zejména deformacím kořenových systémů. Na plochách, které byly nedaleko Nového Města na Moravě zjistili u ploch z umělé obnovy ve stáří 1-8 let, že 20 % jedinců má deformovaný kořenový systém. U přirozené obnovy na stejně starých plochách dospěli k závěru, že deformovaných jedinců bylo 43 %. Pokud tedy spočítáme procento všech jedinců, které jsem zkoumal na Hořicku, zjistíme, že u přirozené obnovy bylo 35 % jedinců, u kterých byly kořenové deformace. V případě umělé obnovy je to dokonce 55 %, výsledky tedy vykazují opačné zjištění, než u MAUERA A PALÁTOVÉ (2004).

V práci MAUERA a kol. (2011) byly zkoumány kořenové systémy na plochách ve stáří 4-6 let. Zkoumána byla pouze umělá obnova. Mauer měl poměrně velký vzorek,

na kterém deformace zkoumal, celkem vykopal 660 kusů sazenic. Z tohoto počtu zjistil, že u 63 % kořenových systémů byly zjištěny kořenové deformace.

ORCT (2020) prováděl druhý výzkum v oblasti Boháňka. Jedná se tedy o stejnou lokalitu, na které byl prováděn výzkum v této práci. Terénní šetření prováděl na dvouletých, pětiletých a sedmiletých plochách, vždy z přirozené i umělé obnovy. Při porovnání sedmileté obnovy zjistil Orct, že statisticky významná je výška nadzemní části a přírůst. V této práci se jako statisticky významný parametr ukázal pouze přírůst. Pokud vzájemně porovnáme sedmiletou umělou obnovu, tak zjistíme, že největší rozdíl je ve výšce nadzemní části. Kde Orctova přirozená obnova má průměrnou výšku nadzemní části 333,4 cm, to je o 29,9 cm více než u sedmileté přirozené obnovy v této práci. Ještě větší rozdíl je u obnovy umělé, tam je Orctova obnova vyšší v průměru dokonce o 73,2 cm. Je to způsobeno zejména tím, že plocha, která byla měřena v mé práci, tak byla v minulosti silně poškozena zvěří, to vyplývá i z popisu pětileté obnovy, kterou popisuje Orct ve své práci, jedná se totiž o stejnou plochu, jen měřenou o dva roky déle. Orct zjistil, že se u jeho sedmileté plochy nevyskytuje žádné poškození zvěří, a to jak v případě umělé, tak přirozené obnovy. V této práci bylo zjištěno, že u umělé obnovy bylo 5 % jedinců poškozeno bočním okusem a u přirozené obnovy byli 3 jedinci poškozeni bočním okusem.

V případě vyhodnocení dvouleté obnovy zjistil Orct, že statisticky významná je výška nadzemní části, poškození zvěří a v případě kořenového systému jeho délka. V tomto výzkumu bylo u dvouleté obnovy jako statisticky významná vyhodnocena výška nadzemní části, zdravotní stav, poškození zvěří a objem kořenového systému. Při bližším porovnání zjistíme, že hodnoty nadzemních částí sazenic se u obou autorů příliš neodlišují, jedná se o odchylky pouze v jednotkách centimetrů. Zajímavější je porovnání kořenových systémů. Pokud porovnáme objemy jemných kořenů, tak Orct uvádí průměrný objem jemných kořenů u přirozené obnovy 13 ml a u umělé 20 ml, to se příliš neodlišuje od hodnoty 15 ml u přirozené obnovy a 19 ml u umělé obnovy v této práci. Markantní rozdíl je v průměrném objemu celého kořenového systému. Zde Orct uvádí, že průměrný objem kořenového systému z umělé obnovy je 36 ml a z přirozené obnovy 31 ml. Průměrné objemy kořenových systémů v této práci jsou u umělé obnovy 105 ml a u přirozené 97 ml. Jedná se tedy o přibližně třikrát vyšší hodnoty. Nelze jednoznačně určit, čím je způsoben takto obrovský rozdíl. Pokud se podíváme na Orctovi objemy jemných kořenů v porovnání s celkovým objemem kořenů, tak bych nevyklučoval třeba nějakou chybu při přepisování dat. Pokud porovnáme poškození zvěří, tak zjistíme, že

Orct měl u umělé obnovy 96 % nepoškozených sazenic a 87 % nepoškozených jedinců eviduje u přirozené obnovy. V této práci byly zjištěny podobné hodnoty, ale naprosto opačně, tedy 94 % nepoškozených jedinců u přirozené obnovy a 88 % nepoškozených jedinců u umělé obnovy. V porovnání kořenových deformací byly hodnoty podobné. Orct eviduje 4 kořenové systémy s deformacemi u přirozené obnovy, v této práci jsou to 3 jedinci. U umělé obnovy eviduje 7 sazenic s kořenovou deformací, v této práci je to 6 kusů. Množství vzorků v obou výzkumech bylo shodné.

HLADÍK (2011) zjišťoval vitalitu u tříletých a pětiletých ploch v umělé obnově. Zjistil, že průměrně se na těchto plochách nachází 25 % nějakým způsobem poškozených jedinců. To je výrazně vyšší číslo než v této práci, kde je takových jedinců přibližně 5 %. Může to být způsobeno méně kvalitním sadebním materiálem, případně hůře provedenou výsadbou. Nevíme také, jaké zde v době měření panovaly klimatické podmínky. Vitalitě se věnuje také JELÍNEK (2014). Ten eviduje u dvouleté umělé obnovy dokonce 32 % nezcela vitálních jedinců. V tomto výzkumu bylo nezcela vitálních jedinců u umělé obnovy 13 %.

10 Závěr

V této diplomové práci se podařilo naplnit předem stanovené cíle. Bylo provedeno vzájemné porovnání stavu a vývoje nadzemní části a kořenového systému u mladých smrkových porostů z přirozené a umělé obnovy. Výzkum navázal na předešlé autory v této zájmové oblasti.

Při bližším pohledu na výsledky zjistíme, že v případě nejmladších ploch si u celkové výšky vede lépe umělá obnova, tento trend se otáčí u čtyřletých jedinců a přetrvává až do stáří devíti let, v tomto stáří se obě obnovy začínají opět vyrovnávat. Stejný průběh kopíruje i samotný přírůst. Například průměrná výška u tříletých jedinců je o 5,4 cm vyšší u umělé obnovy. V případě pětileté obnovy je pak rozdíl 31,3cm, ovšem ve prospěch obnovy přirozené. Při zkoumání tloušťky kořenového krčku, případně výčetní tloušťky bylo zjištěno, že jsou u obou obnov v průběhu let poměrně vyrovnané.

U nejmladší plochy se ukázalo, že objemnější kořenový systém má umělá obnova. Navrch měla v průměru o 8 ml. Pokud se podíváme na pětileté plochy, tak tam už tomu bylo naopak a objemnější kořenový systém byl zjištěn u obnovy přirozené. Rozdíl činil 78 ml. Srovnávaly se též jemné kořeny, kde jejich objem byl vždy vyšší u umělé obnovy. Při zkoumání kořenových deformací bylo zjištěno, že se mnohem častěji vyskytují u umělé obnovy. V jejím případě bylo deformováno 55 % všech vykopaných kusů kořenů. V případě přirozené obnovy to bylo 27,5 %. Jednotlivé kořeny byly rozděleny do dvou kategorií, na deformované a nedeformované a vzájemně byl porovnán jejich vliv na růstové vlastnosti a zdravotní stav. V některých případech byl rozdíl menší, ale téměř u všech parametrů vycházelo, že deformace negativním způsobem ovlivňují vlastnosti stromku.

U nejmladších ploch bylo pozorováno, na základě procentuálního přírůstu, jestli se projevil povýsadbový šok. Teoreticky by se tento jev měl ukázat u umělé obnovy. V tomto výzkumu se ale nepodařilo tuto teorii prokázat.

Poškození zvěří se v případě umělé obnovy vyskytlo u 12 % ze všech jedinců a u přirozené obnovy pouze u 6 % ze všech jedinců. V případě zdravotního stavu bylo vyhodnoceno u umělé obnovy 5 % ne zcela zdravých sazenic. U přirozené obnovy tomu tak bylo u 2,5 % případů.

Z této práce vychází jasné doporučení. Přirozená obnova by měla být maximálně podporována na lokalitách, kde jsou pro ni vhodné podmínky. Nejen, že podpora přirozené obnovy šetří vlastníkům lesů nemalé finanční prostředky, ale zároveň tento

výzkum prokázal, že vykazuje lepší stav kořenových systémů, které jsou důležitým faktorem ve stabilitě lesů. V případě kořenových deformací ve výzkumu bylo zjištěno mnohem menší procento jejich zastoupení. To, jak se ukázalo má také vliv na růstové vlastnosti dřeviny. Zároveň i zdravotní stav byl v lepší kondici u přirozené obnovy.

11 Literatura

AAS, Gregor. *Die Fichte (Picea abies): Verwandtschaft, Morphologie und Ökologie*. 2017, **017**, 7. ISSN 2198-106X.

AMOROSO, G., FRANGI, P., PIATTI, R., FERRINI, F., FINI, A., & FAORO, M. (2010). *Effect of Container Design on Plant Growth and Root Deformation of Littleleaf Linden and Field Elm*, *HortScience horts*, 45(12), 1824-1829. Retrieved Apr 2, 2023, from <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.12.1824>

ALBRECHTOVÁ, Jana a Zuzana LHOTÁKOVÁ. *Metodika určování vitality smrku ztepilého podle kritéria zastoupení výhovových směrů pupenů*. Praha, 2019. ISBN 978-80-7444-074-8.

AXER M. et al., *Modelling natural regeneration of European beech in Saxony, Germany: identifying factors influencing the occurrence and density of regeneration*. 2021, *European Journal of Forest Research*, Open access

BAIG, S., RIZVI, A.R., BARROW, E., KUMAR, C. (2015). *Synergies between Climate Mitigation and Adaptation in Forest Landscape Restoration*. Gland, Switzerland: IUCN.

BANFI, Enrico a Francesca CONSOLINO. *Stromy: na zahradě, v parku a ve volné přírodě*. [Praha]: Ikar, 2001. Velký průvodce přírodou (Euromedia Group - Ikar). ISBN 80-720-2807-3.

BÍLEK, Lukáš, Ivo KUPKA, Marian SLODIČÁK, et al. *Introduction to silviculture*. Prague: Czech University of Life Sciences, Faculty of Forestry and Wood Sciences, Department of Silviculture, 2016. ISBN 978-80-213-2701-6.

BOSE, Arun K., Mart-Jan SCHELHAAS, Marc J. MAZEROLLE a Frans BONGERS. *Temperate forest development during secondary succession: effects of soil, dominant species and management*. *European Journal of Forest Research*. 2014, **133**(3), 511-523. ISSN 1612-4669. Dostupné z: doi:10.1007/s10342-014-0781-y

BUČEK, Antonín a Jan LACINA. *Geobiocenologie II*. Dotisk. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1999. ISBN 80-715-7417-1.

BUDÍKOVÁ, Marie, Štěpán MIKOLÁŠ a Pavel OSECKÝ. *Popisná statistika*. 4. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2007. ISBN 978-80-210-4246-9.

ČERMÁK, Petr. Limity a rizika pěstování smrku v měnícím se klimatu. *Veronica*. 2016, 2016(3/2016), 5-7. ISSN 1213-0699.

ČERMÁK, Petr, Tomáš MIKITA a Jan KADAVÝ. Klimatické změny a hospodaření se smrkem. *Časopis ochrana přírody*. 2018, 2018(2/2018), 6.

DOBBERTIN, M., BRANG, P. (2001): Crown defoliation improves tree mortality models. *Forest Ecology and Management*, 3, 141, 271–284.

GREBNER, Donald L., Pete BETTINGER a Jacek P. SIRY. *Introduction to forestry and natural resources*. London: Elsevier, 2013. ISBN 978-0-12-386901-2.

HLADÍK, J. *Vyhodnocení přirozené a umělé obnovy smrku ztepilého (Picea abies L. KARST.) na majetku Dr. Kinského*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně.

HORÁČEK, Petr. *Encyklopedie listnatých stromů a keřů*. 2. vydání. V Brně: CPress, 2019. ISBN 978-80-264-2462-8.

JELÍNEK, R. *Vývoj smrkových výsadeb založených různou technologií v oblasti Brd*. Praha, 2014. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita.

JURÁSEK, Antonín. *Kontrola kvality reprodukčního materiálu lesních dřevin*. [Jíloviště Strnady]: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno, 2000. ISBN 80-902-6156-6.

KANTOR, Josef. *Zakládání lesů a šlechtění lesních dřevin: učebnice pro vysokoškolské lesnické obory*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1975. Lesnická knihovna.

KOLÍN, S. Deformace kořenového systému : stabilita budoucích porostů. *Lesnická práce: lesní školkařství*. 2001, **80**(4). ISSN 0322-9254.

KUPKA, Ivo. Vliv možných klimatických změn na zastoupení dřevin v našich lesích. *Lesnická práce*. 2002, (1/02), 7-10.

KUPKA, Ivo. *Fundamentals of silviculture*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2002. ISBN 80-213-0986-5.

KUPKA, Ivo. *Základy pěstování lesa*. Praha: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a environmentální, 2005. ISBN 80-213-1308-0.

KUPKA, I, J STEJSKALOVÁ a O NOVÁKOVÁ. Influence of sycamore seed stratification length on their germination capacity. *Journal of Forest Science*. 2014, **60**(5), 212-219. ISSN 1212-4834.

MADĚRA, Petr a Luboš ÚRADNÍČEK. *Dřeviny České republiky*. Písek: Matice lesnická, c2001. ISBN 80-862-7109-9.

MACHOVIČ, Ivo, majitel lesní školky Dendria s.r.o. [ústní sdělení], Nové Město pod Smrkem, 2.2. 2023

MAUER, O. a kol. *Zakládání lesů II. : učební text*. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2011. 216 str.

MAUER, O. a kol. *Rhizologie lesních dřevin*. Brno : Mendelova univerzita v Brně, 2013. 259 str. ISBN: 978-80-7375-697-0.

MIKITA, Tomáš, Petr ČERMÁK, Miroslav TRNKA a František JUREČKA. *Modelování podmínek pro pěstování smrku, buku a dubu*[online]. Brno, 2014 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: https://www.frameadapt.cz/coajdfadlf/uploads/2015/07/1-3_Modelovani_podminek_pro_pestovani_SM_BK_DB.pdf. Mendelova univerzita v Brně.

MZE: *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství za rok 2014*, 1. Vyd., Mze, Praha, 2014

MZE: *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství za rok 2021*, 1. Vyd., Mze, Praha, 2021

NÁROVCOVÁ, J. *Katalog obalů pro pěstování krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin: s. 12-13*. Opočno, 2013. ISBN 978-80.7417-070-6.

NAVRÁTIL, Adam. *Posouzení vlivu štěrbínové technologie výsadby na stav a vývoj kořenové soustavy smrku (Picea abies L.) v oblasti Litovle*. Praha, 2018. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita.

NAVRÁTIL, Adam. *Posouzení vlivu technologie výsadby na vývoj nadzemní a podzemní části výsadeb smrku v oblasti Libavá*. Praha, 2020. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita.

ORCT, Robin. *Vliv umělé obnovy na stav a vývoj kořenové soustavy smrku (Picea abies L.) v oblasti Hořovicka*. Praha, 2018. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita.

ORCT, Robin. *Srovnání vývoje nadzemní části a kořenového systému smrku z umělé a přirozené obnovy v oblasti Hořicka*. Praha, 2020. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita.

PEJCHAL, M., 2004. *Architektura kořenového systému stromů*. In: Sborník referátů z konference. „Kořenový systém – základ stromů“, Křtiny 25.8.2004, MZLU v Brně, 2004, s. 21-36

POLENO, Z.; VACEK, S. a kol. *Pěstování lesů II. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce*, 2007. 463 str. ISBN 978-80-87154-09-0.

POLENO, Zdeněk, Stanislav VACEK a Vilém PODRÁZSKÝ. *Pěstování lesů*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2007. ISBN 978-80-87154-07-6.

POLENO, Zdeněk, Stanislav VACEK a Vilém PODRÁZSKÝ. *Pěstování lesů*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2009. ISBN 978-80-87154-34-2.

POKORNÝ, Jaromír. *Jehličnany lesů a parků*. Praha: SZN, 1963. Lesnická knihovna (Státní zemědělské nakladatelství).

Přirozená a umělá obnova: přednosti, nevýhody a omezení : sborník referátů : Kostelec nad Černými lesy 23. března 2004. Praha: Česká zemědělská univerzita, Lesnická a environmentální fakulta, Katedra pěstování lesů, 2004. ISBN 80-213-1147-9.

RABUŠIC, Ladislav, Petr SOUKUP a Petr MAREŠ. *Statistická analýza sociálněvědních dat (prostřednictvím SPSS)*. 2., přepracované vydání. Brno: Masarykova univerzita, 2019. ISBN 978-80-210-9248-8.

SARVAŠ a Ivo. *Pěstování a výsadba krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin*. [Praha]: Česká zemědělská univerzita, 2011. ISBN 978-80-213-2166-3.

SOUČEK, Jiří, Ondřej ŠPULÁK a Jan LEUGNER. Vývoj porostu s dominancí břízy a osiky na kalamitní holině. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2019, **64**(4), 191-197.

STRAW, N. A., FIELDING, N. J., GREEN, G., PRICE, J. (2000): *The impact of green spruce aphid, Elatobium abietinum (Walker), and root aphids on the growth of young Sitka spruce in Hafren Forest, Wales: effects on height, diameter and volume*. *Forest Ecology and Management*, 1–3, 134, 97–109.

STROMBERG, A. Deformace a stabilita kořenového systému. *Lesnická práce*, 1988, no. 11, s. 18-23.

ŠIMEK, Jaroslav. *Přirozená obnova smrku*. 2. vyd. Tábor: Frank, 1993. Lesnické aktuality. ISBN 80-708-4056-0.

ÚRADNÍČEK, Luboš. *Dřeviny České republiky*. 2., přeprac. vyd. [Kostelec nad Černými lesy]: Lesnická práce, 2009. ISBN 978-80-87154-62-5.

VLK, Jiří. *Vliv umělé mykorhizace na odrůstání kultur smrku ztepilého*. Brno, 2017. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně.

VOTRUBOVÁ, Olga. *Anatomie rostlin* [online]. [cit. 2023-04-03]. ISBN 9788024632476.

WILSON, J., AGNEW, A., & ROXBURGH, S. (2019). *The Nature of Plant Communities*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781108612265

Normy:

NOUZOVÁ J., NOUZA J. Výkonnové normy v lesním hospodářství, 4. vydání. Silvaco, Praha 2001. 163 s

Webové odkazy:

FAJON, A. The IUCN Red List of Threatened Species 2017. *Iucnredlist* [online]. 2017 [cit. 2023-04-05]. Dostupné z: <https://www.iucnredlist.org/species/42318/71233492>

GRATCL, Jiří. *Pěstování lesa III. ročník* [online]. 2012 [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://adoc.pub/hodina-umla-obnova-lesa-a-zakladani-lesnich-porost.html>

MAUER, Oldřich. Pěstování lesů I: učební text. *Uzpl-fraxinus.mendelu.cz* [online]. 2009 [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://uzpl-fraxinus.mendelu.cz/index.php/konference-pestovani-lesu/sborniky-ke-stazeni?download=177:zakladani-lesu-i-skripta>

12 Seznam příloh

Obrázek č. 1 - Plocha A-U-2-3.....	104
Obrázek č. 2 – Plocha A-P-2-3.....	104
Obrázek č. 3 – Plocha B-P-4-5.....	104
Obrázek č. 4 – Plocha B-U-4-5.....	104
Obrázek č. 5 – Plocha C-U-7-8.....	105
Obrázek č. 6 – Plocha C-P-7-8.....	105
Obrázek č. 7 – Plocha D-U-9-10.....	105
Obrázek č. 8 – Plocha D-P-9-10.....	105
Obrázek č. 9 – Měření přírůstu.....	106
Obrázek č. 10 – Měření výčetní tloušťky.....	106
Obrázek č. 11 – Oddělené jemné kořeny.....	106
Obrázek č. 12 – Kořenová deformace.....	107
Obrázek č. 13 – Kořenová deformace	107
Obrázek č. 14 – Kořenová deformace	107
Obrázek č. 15 – Kořenový systém bez deformací.....	108
Obrázek č. 16 – Posuvné měřítko.....	108

13 Přílohy



Obrázek č. 1 – Plocha A-U-2-3



Obrázek č. 3 – Plocha B-P-4-5



Obrázek č. 2 – Plocha A-P-2-3



Obrázek č. 4 – Plocha B-U-4-5



Obrázek č. 5 – Plocha C-U-7-8



Obrázek č. 6 – Plocha C-P-7-8



Obrázek č. 7 – Plocha D-U-9-10



Obrázek č. 8 – Plocha D-P-9-10



Obrázek č. 9 – Měření přírůstu



Obrázek č. 10 – Měření výčetní tloušťky



Obrázek č. 11 – Oddělené jemné kořeny



Obrázek č. 12 – Kořenová deformace



Obrázek č. 13 – Kořenová deformace



Obrázek č. 14 – Kořenová deformace



Obrázek č. 15 – Kořenový systém bez deformací



Obrázek č. 16 – Posuvné měřítko