

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Růst výmladků a produkce dřevní biomasy
v nízkém a středním lese na experimentální ploše
TARMAG Soběšice**

Bakalářská práce

Autor: Bc. Lucie Dvořáková

Vedoucí práce: doc. Ing. Radim Matula, Ph.D.

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Bc. Lucie Dvořáková

Lesnictví

Ochrana a pěstování lesních ekosystémů

Název práce

Růst výmladků a produkce dřevní biomasy v nízkém a středním lese na experimentální ploše TARMAG Soběšice

Název anglicky

Sprout growth and woody biomass production in coppices in experimental plot TARMAG Soběšice

Cíle práce

Pařezení je tradiční způsob hospodaření, který byl po staletí hojně využíván v teplejších oblastech České republiky, od kterého ale bylo v minulém století upuštěno. Pařežiny ve formě nízkého nebo středního lesa jsou však v posledních desetiletích stále častěji obnovovány. Hlavním důvodem je, že umožňují rychlou produkci dřevní biomasy a zároveň podporují biodiverzitu. Informací o převodech a managementu nově zakládaných pařežin je však málo. Cílem práce bude vyhodnotit růst, produkci biomasy a přežívání pařezených stromů ve středním a nízkém lese na trvalé experimentální ploše pařežin TARMAG Soběšice.

Metodika

Měření budou prováděna na výzkumné ploše TARMAG Soběšice (4 ha), kde je od roku 2009 les vysoký převáděn na les nízký a střední. Zároveň je vývoj stromů na ploše dlouhodobě monitorován. V rámci bakalářské práce budou na výzkumné ploše zrevidovány všechny pařezy původně smýcených (v roce 2009) stromů (za účelem převodu na pařežinu), u kterých bude zaznamenáváno, zda mají či nemají živé výmladky. V případě přítomnosti výmladků budou tyto výmladky přeměřeny. Na každém pařezu bude měřena tloušťka ve výšce u 5 nejtlustších výmladků. Tyto údaje pak budou pomocí alometrických rovnic přepočítány na biomasu. Počty živých pařezů a množství biomasy budou porovnány s daty z dřívějších měření. V analýze dat bude vyhodnoceno, kolik z původně smýcených stromů vytvořilo výmladky, kolik z nich přežilo a jak rychle rostly. Rychlost růstu, produkce biomasy a přežívání budou porovnány mezi druhy.

Harmonogram

duben – červen 2022: terénní měření

květen – listopad 2022 : studium literatury, formulace cílů, konzultace

červenec – prosinec 2022: analýzy dat, tvorba výsledků

leden – duben 2023: psaní práce, finalizace výsledků

Doporučený rozsah práce

30

Klíčová slova

pařezina, nízký les, střední les, obnova lesa

Doporučené zdroje informací

- Matula, R., Damborská, L., Nečasová, M., Geršl, M., Šrámek, M., 2015. Measuring biomass and carbon stock in resprouting woody plants. PLoS One 10, e0118388. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118388>
- Matula, R., Svátek, M., Kůrová, J., Úradníček, L., Kadavý, J., Kneifl, M., 2012. The sprouting ability of the main tree species in Central European coppices: Implications for coppice restoration. Eur. J. For. Res. 131, 1501–1511. <https://doi.org/10.1007/s10342-012-0618-5>
- Matula, R., Šrámek, M., Kvasnica, J., Uherková, B., Slepíčka, J., Matoušková, M., Kutchartt, E., Svátek, M., 2019. Pre-disturbance tree size, sprouting vigour and competition drive the survival and growth of resprouting trees. For. Ecol. Manage. 446, 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.05.012>
- Mejstřík, M., Šrámek, M., Matula, R., 2022. The effects of stand density, standards and species composition on biomass production in traditional coppices. Forest Ecology and Management. 504, 119860.
- Müllerová, J., Hédl, R., Szabó, P., 2015. Coppice abandonment and its implications for species diversity in forest vegetation. For. Ecol. Manage. 343, 88–100.
- Spinelli, R., Ebone, A., Gianella, M., 2014. Biomass production from traditional coppice management in northern Italy. Biomass and Bioenergy 62, 68–73. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.01.014>
- Šrámek, M., Matoušková, M., Lengálová, K., Kruttová, M., Zlatanov, T., Úradníček, L., Ehrenbergerová, L., Matula, R., 2020. Effective determination of biomass in oak coppices. Trees – Struct. Funct. 34, 1335–1345. <https://doi.org/10.1007/s00468-020-01987-8>
- Víld, O., Roleček, J., Hédl, R., Kopecký, M., Utinek, D., 2013. Experimental restoration of coppice-with-standards: Response of understorey vegetation from the conservation perspective. For. Ecol. Manage. 310, 234–241. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.07.056>

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Radim Matula, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Konzultant

Ing. Marek Mejstřík

Elektronicky schváleno dne 25. 4. 2022

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 31. 8. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 28. 03. 2023

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Růst výmladků a produkce dřevní biomasy v nízkém a středním lese na experimentální ploše TARMAG Soběšice vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila, a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou 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 vědoma, že odevzdáním bakalářské 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:

Bc. Lucie Dvořáková

Poděkování

Upřímně děkuji vedoucímu své bakalářské práce doc. Ing. Radimu Matulovi, Ph.D. za ochotu, podporu a vstřícný přístup projevený při vedení mé práce a za povzbuzení, které mě motivovalo k pokračování ve studiu.

Ráda bych také poděkovala svému konzultantovi Ing. Marku Mejstříkovi, Martinu Frnčovi a Zdeňku Matějkovi a všem ostatním, kteří se v roce 2022 podíleli na inventarizaci experimentální plochy v Soběšicích. Bez jejich pomoci by si sběr dat vyžádal mnohem více času a úsilí.

Dále děkuji své rodině a snoubenci za neochvějnou podporu po celou dobu studia.

Abstrakt

Na začátku 20. století bylo tradiční hospodaření ve výmladkových lesích opuštěno a lesy byly převáděny na lesy vysoké. Od počátku 21. století se však zájem k pařezinám vrací, a to především díky jejich pozitivnímu vlivu na biodiverzitu a rychlé produkci palivového dříví. Cílem bakalářské práce bylo zhodnocení růstu pařezových výmladků a produkce dřevní biomasy, vyhodnocení míry přežívání pařezovaných stromů u jednotlivých druhů dřevin na experimentální ploše nízkého a středního lesa TARMAG Soběšice v roce 2022. Za daným účelem bylo provedeno terénní měření, při kterém bylo změřeno pět nejtlustších výmladků na každém živém pařezu. Z výsledků analýzy dat plyne, že produkce biomasy je silně ovlivňována množstvím výstavků na ploše, taktéž mají výstavky vysoký vliv na velikost výčetní kruhové základny výmladků. Největší zastoupení měl dub zimní (*Quercus petraea*). Nejvyšší průměrná produkce biomasy výmladků byla zjištěna u lípy srdčité (*Tilia cordata*). Nejlépe přežívaly: lípa (*Tilia*), habr obecný (*Carpinus betulus*), javory (*Acer*) a třešeň (*Prunus*).

Klíčová slova: pařezina, nízký les, střední les, obnova lesa

Abstract

At the beginning of the 20th century, traditional management in coppice forests was abandoned and the forests were converted into high forests. However, since the beginning of the 21st century, the interest in coppicing has returned, primarily due to its positive impact on biodiversity and fast production of fuelwood. The aim of the bachelor thesis was to evaluate the growth of coppice shoots and the production of woody biomass, as well as evaluate the survival rate of coppiced trees for individual tree species on the experimental area of the coppice and coppice with standards TARMAG Soběšice in 2022. For this purpose, a field measurement was carried out, during which the five thickest sprouts on each living tree stump were measured. The results of data analysis show that the biomass production is strongly influenced by the number of standards per area, and they also have a high impact on the size of the basal area of sprouts. Sessile oak (*Quercus petraea*) was the most common species. The highest average biomass production was found in small-leaved lime (*Tilia cordata*). The best survival rate was observed in lime (*Tilia*), European hornbeam (*Carpinus betulus*), maples (*Acer*) and wild cherry (*Prunus*).

Key words: coppice, coppice with standards, forest regeneration

OBSAH

1.	ÚVOD.....	10
2.	CÍL PRÁCE.....	11
3.	LITERÁRNÍ PŘEHLED	12
3.1	Vegetativní rozmnožování dřevin.....	12
3.2	Výmladnost.....	12
3.3	Výmladkový les.....	14
3.3.1	Nízký les.....	14
3.3.2	Střední les.....	15
3.4	Historie výmladkových lesů.....	16
3.5	Biodiverzita jako přínos výmladkových lesů.....	17
4	METODIKA.....	19
4.3	Charakteristika zájmového území.....	19
4.3.1	Druhové složení.....	21
4.4	Sběr dat.....	22
4.5	Zpracování dat.....	22
5	VÝSLEDKY.....	24
5.1	Produkce nadzemní biomasy výmladků.....	24
5.1.1	Vazba uhlíku.....	30
5.2	Přežívání pařezných stromů.....	31
5.3	Růst výmladků.....	35
6	DISKUSE.....	37
6.1	Zhodnocení produkce biomasy výmladků.....	37
6.2	Zhodnocení přežívání pařezných stromů.....	38
6.3	Zhodnocení růstu výmladků.....	39
7	ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE.....	40

8	SUMMARY	42
9	PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	44
10	SEZNAM OBRÁZKŮ	47
11	SEZNAM TABULEK	48

Seznam použitých zkratek a symbolů

BO	<i>Pinus sylvestris</i> (borovice lesní)
BOC	<i>Pinus nigra</i> (borovice černá)
CO	<i>Cornus mas</i> (dřín obecný)
DBsp	<i>Quercus species</i> (rod dub)
HB	<i>Carpinus betulus</i> (habr obecný)
HR	<i>Pyrus pyraster</i> (hrušeň planá)
JRb	<i>Sorbus torminalis</i> (jeřáb břek)
JVb	<i>Acer campestre</i> (javor babyka)
JVm	<i>Acer platanoides</i> (javor mléč)
LPsp	<i>Tilia species</i> (rod lípa)
MD	<i>Larix decidua</i> (modřín opadavý)
TR	<i>Prunus avium</i> (třešeň ptačí)
VJ	<i>Pinus strobus</i> (borovice vejmutovka)

1. ÚVOD

Tradiční hospodaření v lesích jako i jiné tradiční způsoby výroby v ostatních odvětvích lidské činnosti byly s postupem času a nástupem mechanizace postupně nahrazeny jinými, pro člověka více efektivními způsoby produkce. Avšak s odstupem času se ukazuje, že právě tyto dávno nepoužívané postupy měly spoustu výhod, které byly dříve lidmi opomíjeny.

Výmladkové hospodaření je starobylý způsob pěstování pařezin, který je založen na pravidelném odebírání nadzemní biomasy výmladků vyrůstajících z pařezů pokácených stromů, především listnatých.

Tyto nízké lesy, jak jsou podle hospodářského tvaru nazývány pařeziny, byly hojně využívány na rychlou produkci palivového dříví. Od jejich aktivního využívání lidé začali ustupovat již od druhé poloviny 19. století (Peterken, 1992). Výmladkové lesy byly nahrazovány lesy vysokými za účelem produkce kvalitních sortimentů (Kadavý a kol., 2011). K této změně došlo z toho důvodu, že produkty pařezin již nebyly více poptávány (Jansen a Kuiper, 2004). Příčinou byla ta skutečnost, že lidé začali používat jako palivo kamenné uhlí.

V poslední době se však pozornost k pařezinám vrací, je to především díky zjištění, že nízké lesy hrají významnou roli v ochraně přírody. Především je vyzdvihován jejich vliv na vyšší biodiverzity, ať už se jedná o chráněné druhy hmyzu či rostlin (Müllerová a kol., 2015). Dalším důvodem zájmu o pařeziny je jejich atraktivita pro malé vlastníky lesa, pro které jsou pařeziny zdrojem paliva a jejich obhospodařování není tak ekonomicky náročné, jako pěstování lesa vysokého.

Daná bakalářská práce v rešeršní části stručně uvádí téma výmladkových lesů a jejich historii na území České republiky. Praktická část je věnována analýze produkce biomasy výmladků a jejich růstu. Taktéž byla věnována pozornost míře přežívání pařezovaných stromů s ohledem na jednotlivé druhy dřevin zastoupených na experimentální ploše TARMAG Soběšice.

2. CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo zhodnocení růstu výmladků a produkce dřevní biomasy na experimentální ploše nízkého a středního lesa TARMAG Soběšice. Cílem bylo rovněž vyhodnotit míru přežívání pařezných stromů a tyto údaje porovnat mezi jednotlivými druhy dřevin vyskytujícími se na experimentální ploše. Pro dosažení těchto cílů byly změřeny výmladky na čtyřech hektarech výzkumné plochy, a to jak v lese nízkém, tak i v lese středním.

3. LITERÁRNÍ PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

3.1 Vegetativní rozmnožování dřevin

Mimo generativního (pohlavního) množení je známo množení vegetativní, které je založeno na obnově částí rostlinných těl po jejich disturbanci (poškození). Proces regenerace je řízen fytohormony (rostlinnými hormony). Dané schopnosti rostlin je s oblibou využíváno především v ovocnictví, protože si noví jedinci zachovávají vlastnosti jim dané na genetické úrovni. (Šebánek, 2008) To je dáno skutečností, že si nově vzniklí jedinci nesou shodnou genetickou informaci s rostlinami, ze kterých vznikli. (Řepková, 2013)

Existují dvě metody získávání nových jedinců pomocí vegetativního množení. První metoda *in vivo* využívá části rostlin a používá se například při řízkování či štěpování. Druhá metoda *in vitro* je založená na kultivaci buněk v laboratorním prostředí (Šebánek, 2008).

Ve školkařství se využívá mnoho různých způsobů vegetativního množení dřevin (*in vivo*), například se zde používá dělení kořenového systému, tvorba řízků či kopčení (Bärtels, 1988). K dalším známým způsobům vegetativního rozmnožování dochází rovněž přirozeně v lesních porostech, jedná se především o hřížení a tvorbu výmladků.

Výmladnou schopnost, která předurčuje vznik samotných výmladků dělíme podle toho, ze které rostlinné části výmladky vyrůstají, a to na výmladnost pařezovou, kořenovou a kmenovou.

3.2 Výmladnost

Pojem výmladnost je definován následovně: „schopnost dřevin vytvářet prýty z adventivních, popř. spících pupenů různého původu na kmenu, pařezu, větvi a kořenu.“ (Vacek, 2006) Prýty vytvořené výmladností nazýváme výmladky. Z definice vyplývá, že hlavní úlohu při regeneraci dřeviny hrají adventivní pupeny (nahodilé) a spící pupeny (preventivní).

Spící pupeny na první pohled nevykazují vegetační činnost, plní záložní funkci a začínají být aktivní v případě poranění rostliny například při defoliaci (odlistění) nebo při mechanickém poškození jedince. Vliv na vytvoření spících pupenů může mít například i zeslabení světelného požitku rostliny nebo stres suchem. (Vaněk, 1960)

Obecně platí, že největší podíl spících pupenů je vytvářen u báze jedince, avšak u dřevin klíčících hypogeicky bývají spící pupeny přítomny i v podzemní části. Oproti tomu adventivní pupeny jsou časté na kalusu (závalu) a od spících je možné je rozlišit díky tomu, že jsou na kmínku nepravidelně uspořádány. (Vaněk, 1960)

Oba druhy pupenů se vyskytují „na kořenovém krčku, kořenech nebo nově vznikají na pařezu, hlavně v zavalovacím pletivu kolem řezné plochy.“ (Svoboda, 1952)

Pařezovou výmladností disponují zdaleka ne všechny dřeviny, typická je u listnatých dřevin následujících rodů: dub (*Quercus*), habr (*Carpinus*) a lípa (*Tilia*). Z nepůvodních druhů s touto schopností lze uvést například akát (*Robinia*). (Vacek, 2006) Pařezová výmladnost bývá záměrně využívána při pěstování výmladkových lesů a je tedy nejdůležitějším druhem výmladnosti z hlediska pařezinového hospodaření.

Dalším druhem výmladnosti je kořenová výmladnost, tedy vyrůstání výmladků z kořenového systému dřeviny. Tato byla pozorována u rodu *Robinia* a u topolu osiky (*Populus tremula*). Může být taktéž využívána k pěstování výmladkových lesů, ale ne účelně, neboť se jedná o nepříliš častý druh výmladnosti u našich dřevin.

Třetím a posledním druhem výmladnosti, kmenová výmladnost dřevinám slouží k tvorbě nových asimilačních orgánů. Takto vzniklé kmenové výmladky bývají označovány taktéž jako výstřelky či vlky. Kořenová a kmenová výmladnost se pro pěstební účely využívají sporadicky. (Vacek, 2006) Příkladem hospodářského využití kmenových výmladků je pěstování dřevin na proutí (Kadavý a kol., 2011).

Přirozenou kmenovou výmladnost můžeme pozorovat například u dřevin napadených patogenními houbami, které způsobují onemocnění projevující se mimo jiné symptomem ztráty asimilačního aparátu. Příkladem takového onemocnění může být nekróza jasanu (*Fraxinus*).

S ohledem na tematiku dané práce je potřeba se zaměřit především na již zmíněnou výmladnost pařezovou. Z výsledků výzkumu, který zkoumal výmladnost u následujících druhů: lípa srdčitá (*Tilia cordata*), dub zimní (*Quercus petraea*)

a habr obecný (*Carpinus betulus*) vyplývá, že nejlepší výmladností disponuje druh *Tilia cordata*, která má až 100% výmladnost. Na druhém místě je z daných dřevin *Carpinus betulus* s 93,8 % a *Quercus petraea* dosáhl 61,1 %. U rodu *Quercus* bylo zároveň zjištěno, že s rostoucím průměrem pařezu klesala jeho výmladná schopnost. Ostatní zkoumané druhy obrážely ze všech pařezů, bez ohledu na jejich průměr. (Matula a kol., 2012)

Pro logickou návaznost následujících kapitol je třeba zmínit, že lesy dělíme podle jejich tvaru na vysoké, nízké a střední. Vysoký les je nejběžnější hospodářský tvar lesa v České republice. Jedná se o porosty s dlouhou obnovní dobou. (Kadavý a kol., 2011) Na tento tvar se v minulosti lesy výmladkové a sdružené ve velkém množství převáděly (Vacek, 2006). Nízký a střední les budou podrobně popsány v následující kapitole.

3.3 Výmladkový les

Lesy, ve kterých se účelně využívá výmladné schopnosti dřevin, nazýváme lesy výmladkovými a dělíme je podle jejich tvaru na lesy nízké a střední. Hlavní odlišností obou lesů je přítomnost či absence výstavků. V nízkém lese nejsou na rozdíl od lesa středního výstavky ponechávány. (Kadavý a kol., 2011)

3.3.1 Nízký les

Nízký les či pařezina jsou názvy pro „hospodářský tvar lesa výlučně založený na systematicky opakované vegetativní obnově výmladky.“ (Vacek, 2006) Opakovanou obnovou se myslí pravidelné mýcení výmladků a jejich následná regenerace, tedy opětovný růst.

Informace ohledně obmýetí výmladkového lesa je v literatuře uváděn shodně, a to následovně: „Obmýetí je určeno především optimální výmladností, druhem a výší očekávané produkce a je vázáno na úrodnost stanoviště, pohybuje se v rozmezí pěti (vrbové proutníky) až 40 (dub, habr, buk), popřípadě 60 let (olše).“ (Vacek, 2006)

Jednou z výhod výmladkového lesa je to, že má k dispozici již vytvořený kořenový systém, ze kterého mohou výmladky čerpat živiny. Proto se ze začátku vyznačují rychlým růstem. Avšak pro těžené dřevo je specifická nízká kvalita, způsobená

především vysokým výskytem suků a křivostí u báze. Kvůli těmto skutečnostem se dřevo těžené ve výmladkových lesích využívá především na palivo. (Vacek, 2006)

Dané zakřivení je příznačné pro pařezové výmladky a bývá metaforicky přirovnáváno k šavli. Dalším typickým znakem je prostorové rozmístění jednotlivých výmladků, které vyrůstají ve skupinách. (Kadavý a kol., 2011) Výše uvedená skutečnost je dána rozmístěním adventivních či spících pupenů.

Výmladkové hospodaření může být zajímavé pro malé a střední vlastníky lesů, především z toho důvodu, že náklady na hospodaření v daném typu porostu jsou nízké. Výmladkové lesy jsou též minimálně ohroženy kalamitami. (Kadavý a kol., 2011) Dalším nepopiratelným přínosem lesa nízkého je jeho vliv na biodiverzitu. Tomuto tématu je v dané bakalářské práci věnována samostatná kapitola.

Co se týče produkce, zdravý výmladkový les se lesu vysokému vyrovná, rozdíl je však v hodnotě dané produkce (Vacek, 2006). Daná skutečnost, týkající se produkce, vyplývá především z kratší doby obmýtí.

3.3.2 Střední les

V lese středním neboli v lese sdruženém se setkáváme s prvky nízkého i vysokého lesa. Jedná se o etážový porost, kde spodní patro tvoří většinou pařezy s výmladky (prvek nízkého lesa) a v horním patře se nachází výstavky, většinou semenného původu (prvek lesa vysokého). Výstavky je vhodné patřičně barevně označit, aby se zabránilo jejich nechtěnému pokácení. Může se jednat i o jedince vzniklé předržením z výmladků. Jedinci plnící úlohu výstavků, především ti semenného původu, mohou být po dosažení mýtního věku použiti na výrobu zvláště kvalitních sortimentů. (Kadavý a kol., 2011) Případně ještě mohou plnit funkce estetické či ochrany přírody jako doupné stromy (Vacek, 2006).

Obnova výmladků ve středním lese se provádí jejich pravidelným mýcením a pro obnovu výstavků může být využito přirozené obnovy či v případě potřeby je možné jedince do porostu vysadit. Střední les je historicky mladší než les nízký. Jedná se porost, který přináší svému vlastníku dřevo různých jakostí a využití. Jedinci rostoucí ve spodním patře jsou využíváni pro tvorbu paliva, stejně jak je tomu u lesů nízkých i v lese středním se využívají k těmto účelům dřeviny s dobrou výmladnou schopností.

V horním patře se nacházejí většinou stromy, které se využívají pro produkci cenných sortimentů, příkladem takových dřevin jsou rody: *Quercus*, javor (*Acer*) a třešeň (*Prunus*). (Kadavý a kol., 2011)

Poleno (1999) rozlišil tři typy středního lesa, podle počtu výstavků na jeden hektar. Jedná se o „sdružený les

- s malým počtem výstavků (50-100 jedinců) s zásobou do 100 m³ ve kterém se vyskytují i výstavky z předržených výmladků,
- s průměrným počtem výstavků (100-160 jedinců) se zásobou od 100 do 200 m³
- a s vysokým počtem výstavků (160-200 jedinců) se zásobou nad 200 m³.“

3.4 Historie výmladkových lesů

Prvopočátky výmladkových lesů sahají do hlubin historie lidstva, do neolitu neboli mladší doby kamenné (Szabó, 2009). Což je období, kdy se lidé začali věnovat zemědělství a chovu domácích zvířat, což jim umožnilo přestat žít kočovným životem a následně se usadit v osadách (Podborský, 1993).

Dříve si lidé obstarávali potravu především sběrem a lovem. V období neolitu lidé začínají v přírodě hospodařit takovým způsobem, aby jim zajistila obživu i do budoucna. Začínají vznikat první zemědělské nástroje. Chov zvířat byl založen především na pastevectví, což vedlo k prosvětlování listnatých porostů. Zároveň lidé zakládali pole pomocí klučení, které rovněž vedlo k odlesňování. K odlesnění se využívalo i žďáření, tedy vypalování porostů. Dané období se vyznačovalo vysokou spotřebou dřeva, která byla dána mimo jiné tím, že byl tento materiál využíván pro výstavbu domů a celých osad, které velmi často podléhaly požárům a bylo tedy potřeba je neustále obnovovat. (Svoboda, 1952) A tedy dřevo těžené z výmladkových lesů bylo využíváno nejenom jako palivo, ale sloužilo lidem i jako stavební materiál či na výrobu dřevěného uhlí (Slach a kol., 2021).

Kvůli nízké poptávce po produktech výmladkových lesů způsobené průmyslovým využíváním kamenného uhlí se začíná v 19. století upouštět od výmladkových lesů a lidé výmladkové lesy začali převádět na lesy vysoké (Jansen a Kuiper, 2004).

Tedy jinými slovy výmladkové hospodaření ztratilo svůj ekonomický význam v době, kdy se rozšířilo užívání fosilních paliv (Müllerová a kol., 2015).

Zmiňovaný převod pařezin na lesy vysoké byl realizován pomocí vyjednocování. Tento způsob byl založen na tom, že lidé záměrně na pařezu vybírali ten nejkvalitnější výmladek a ten ponechali a ostatní výmladky vyřezávali, takto vznikaly nepravé kmenoviny. (Peterken, 1996)

Naopak začala společnost poptávat silnější dříví, neboť jeho zpracování již nebylo překážkou (Kadavý a kol., 2011).

Ve 21. století se pozornost vlastníků lesů, ekologů a vědců k výmladkovým lesům začíná vracet, jelikož výzkumy provedené ve výmladkových lesích ukázaly, že opuštění výmladkového hospodaření a jejich převod na lesy vysoké způsobilo pokles biodiverzity v daných porostech (Müllerová a kol., 2015).

Výmladkové lesy budí zájem i tím, že jsou zdrojem obnovitelné energie (paliva), čehož by se mohlo využít k v současné době žádané diverzifikaci zdrojů energie (Kadavý a kol., 2011).

3.5 Biodiverzita jako přínos výmladkových lesů

Po opuštění výmladkových lesů a jejich převodu na lesy vysoké došlo na územích, kde tyto lesy dříve rostly, k poklesu počtu druhů vázaných na prosvětlené výmladkové lesy a na přítomnost starých jedinců v porostu (výstavky sloužící jako doupné stromy). (Müllerová a kol., 2015)

Nejen výstavky ve středním lese, ale i dendrotelmy (dutiny ve stromech s dešťovou vodou), které se v pařezinách většinou nachází uprostřed polykormonů, slouží jako úkryt pro mnohé druhy živočichů. Některé druhy hmyzu jsou vázané pouze na prostředí dendrotelem a jiní je využívají jen po část svého života. Jedná se například o pakomárovité (*Chironomidae*), komárovité (*Culicidae*) nebo vodule (*Hydrachnidae*). (Záruba, 2004)

Výmladkové lesy jsou uváděny i jako způsob managementu v chráněných územích, kde pomáhají porosty prosvětlit, a tak vytvořit vhodné podmínky pro mnohé světlomilné a teplomilné druhy živočichů, včetně těch chráněných. Především se jedná

o světlomilné rostliny a hmyz. Výmladkové lesy vyhovují saproxylofágním broukům (brouci vázaní na mrtvé dřevo) (Čížek a Vodka, 2013), příkladem takového druhu je tesařík obrovský (*Cerambyx cerdo*) či roháč obecný (*Lucanus cervus*).

Z rostlin vyhovují výmladkové lesy například třemdavě bílé (*Dictamnus albus*) nebo lilii zlatohlavé (*Lilium martagon*). Výhodou výmladkových lesů je to, že se nedaleko od sebe vyskytují různá stádia vývoje lesa a jsou tedy vhodné i pro druhy, které v každé své životní fázi potřebují jiné podmínky. (Čížek a kol., 2016)

4 METODIKA

4.3 Charakteristika zájmového území

Experimentální plocha TARMAG Soběšice, na které bylo provedeno měření, se nachází na území školního lesního podniku Masarykův les Křtiny, jehož vlastníkem je Mendelova univerzita v Brně. Přesná poloha plochy je udána souřadnicemi 49°14'43.0" severní šířky a 16°35'59.0" východní délky. Nadmořská výška na daném místě činí 355 metrů nad mořem a průměrná roční teplota zde dosahuje 8,4 °C. Horninové podloží na ploše tvoří granodiorit a půdní horizont je tvořen kambisoly. (Mejstřík a kol., 2022) Průměrné roční srážky jsou v intervalu od 550 do 650 mm (Kadavý a kol., 2015).

Experimentální plocha byla rozdělena v roce 2009 na 16 čtverců o ploše 2500 m² (50 x 50 m), její celková plocha činí čtyři hektary (200 x 200 m) (Obrázek 1). Následně byla výzkumná plocha oplocena, aby nedocházelo ke škodám působených zvěří. (Matula a kol., 2012)

Bohužel toto oplocení zcela nezabránilo vniku zvěře na plochu. Při sběru dat bylo zjištěno porušení plotu na jednom místě, způsobené vývratem stromu, rostoucího mimo oplocení. Nehledě na danou skutečnost nebyly zaznamenány čerstvé škody na výmladcích, pravděpodobně díky tomu, že na ploše jsou již výmladky dostatečně odrostlé vlivu zvěře.

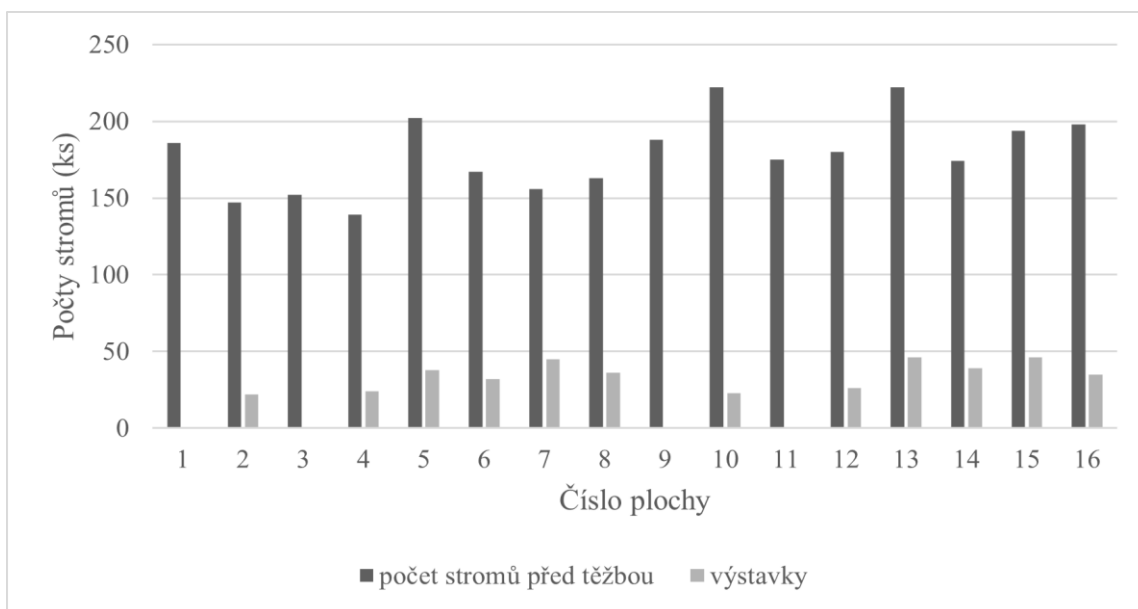
V rámci inventarizace v roce 2022 byla změřena tloušťka 5255 výmladků na 1056 živých pařezech. Zároveň byla přeměřena tloušťka 412 výstavků.

13	9	5	1
14	10	6	2
15	11	7	3
16	12	8	4

Obrázek 1 Rozmístění dílčích ploch na experimentální ploše TARMAG Soběšice (Kadavý a kol., 2015)

Na dvanácti plochách byly ponechány výstavky s různou intenzitou a na čtyřech plochách byly odtěženy veškeré původní stromy.

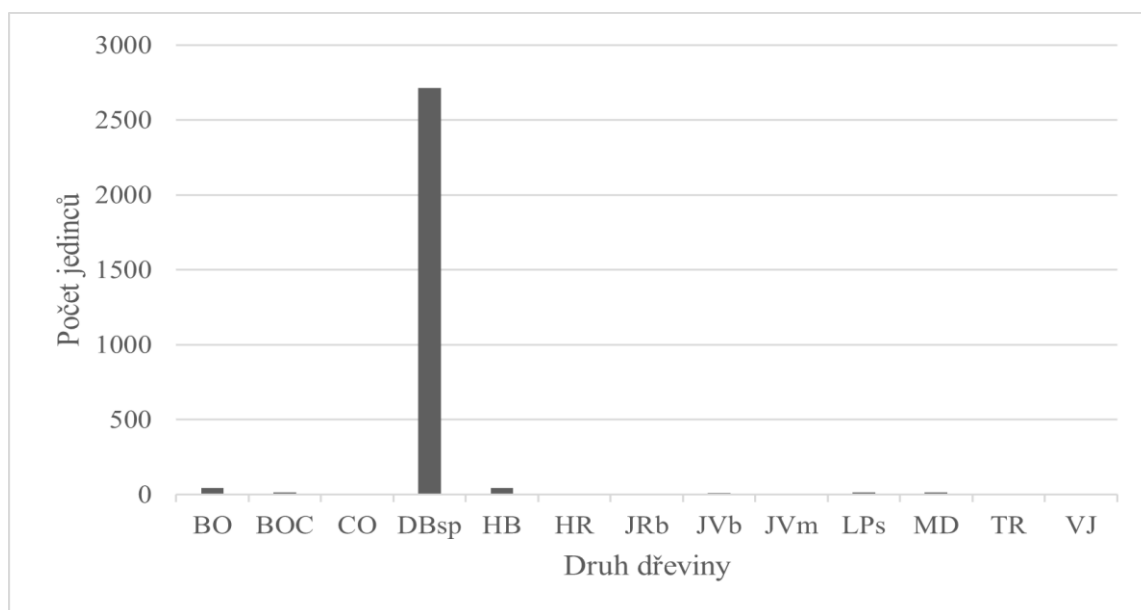
Nejvíce stromů se před těžbou nacházelo na ploše č. 10 a 13 shodně po 222 jedincích. Nejméně stromů bylo na ploše č. 4 (139 jedinců) a průměrný počet na jednu dílčí plochu činil 179 stromů (Obrázek 2).



Obrázek 2 Počty stromů na ploše TARMAG Soběšice na jednotlivých dílčích plochách před a po těžbě

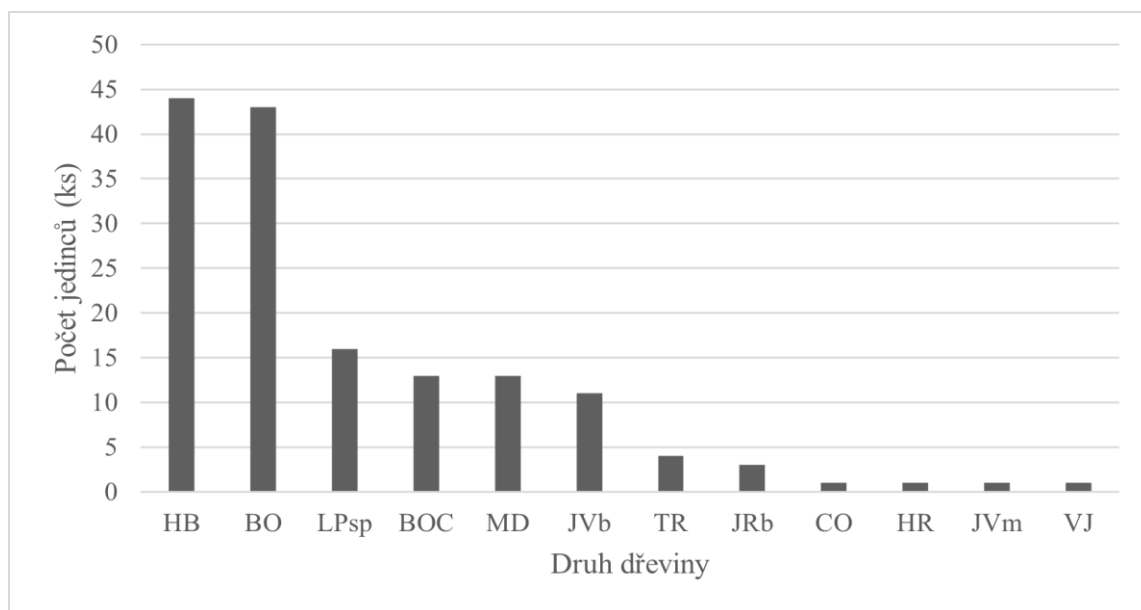
4.3.1 Druhové složení

Na experimentální ploše TARMAG Soběšice převažoval rod *Quercus*, jehož relativní zastoupení činilo před těžbou v roce 2009 95 % (Obrázek 3). V roce 2022 dosahovalo relativní zastoupení 96 %, jelikož v průběhu času došlo k poklesu celkového počtu stromů, některé pařezy odumřely.



Obrázek 3 Druhové složení dřevinného patra na ploše TARMAG Soběšice před těžbou

Ostatní druhy dřevin byly zastoupeny nízkým počtem jedinců, nejvíce z nich byly zastoupeny rody *Carpinus* a *Pinus* (Obrázek 4).



Obrázek 4 Druhové složení dřevinného patra na ploše TARMAG Soběšice před těžbou bez rodu *Quercus*

4.4 Sběr dat

Data byla získána terénním měřením před začátkem vegetační doby na experimentální ploše TARMAG Soběšice v roce 2022. Jednalo se o pravidelnou inventarizaci zkoumaných porostů, který byl na daném místě zahájen již roce 2009. K záznamu dat byl použit Odolný tablet ST935B s integrovaným globálním polohovým systémem GPS a nainstalovaným programem Field-Map. Na dané ploše byly již dříve všechny pařezy označeny svým identifikačním číslem zapsaným na hliníkových štítcích. Polohové umístění jednotlivých pařezů a výstavků bylo již ve Field-Mapu zaznamenáno.

Záměrem bylo přeměřit ve výčetní výšce pět výmladků s největší tloušťkou u každého živého pařezu a získané údaje zadat do výše zmiňovaného programu. Uvedený způsob měření je nejefektivnější a nejpřesnější pro následný výpočet množství biomasy všech výmladků na pařez (Matula a kol., 2015).

Pařez byl určen fyzicky pomocí jeho identifikačního čísla a následně pomocí GPS byla zjištěna jeho poloha v použitém programu. Po ověření, že se jedná o ten samý pařez (shodná identifikační čísla), byly zadány údaje z měření. K měření tloušťky jednotlivých výmladků bylo použito posuvné měřítko (šuplera). Přeměřeny byly i výstavky, a to pomocí měřičského pásma.

4.5 Zpracování dat

Data z měření byla vyexportována z Field-Mapu do programu Microsoft Excel, ve kterém bylo realizováno jejich zpracování a třídění. Pro analýzu dat byly využity informace o jednotlivých pařezech, a to konkrétně jejich umístění na jedné z 16 ploch, výčetní tloušťka původního stromu před smýcením, druh dřeviny, informace o životním stavu pařezu (živý/mrtvý) a u živých pařezů tloušťky jejich pěti nejsilnějších výmladků.

Byla vypočtena výčetní kruhová základna původních stromů a výmladků pomocí vzorce: kruhová výčetní základna = $\pi \cdot (\text{tloušťka výmladku ve výčetní výšce}/2)^2$.

Na základě tlouštěk pěti nejtlustších výmladků byla rovněž vypočítána celková dřevní biomasa výmladků na každý ze změřených pařezů. K tomu bylo použito

alometrických rovnic vyvinutých za tímto účelem pro výzkumné plochy pařezin TARMAG Soběšice a TARMAG Hády (Matula a kol. 2015).

Ze získaných dat byly následně vypočteny základní popisné statistky (počty, průměry, rozpětí atd.). Pro posouzení vlivu výstavků a počtu a pařezů byla použita lineární regrese. Hladina významnosti byla stanovena na standardních $\alpha = 0,05$. Všechny analýzy byly provedeny v programu Microsoft Excel.

Pro výpočet množství uloženého uhlíku ve výmladcích bylo využito zjištění, že 50 % hmotnosti biomasy v suchém stavu připadá na vázaný uhlík, pokud se nejedná o porost s velkým věkovým rozpětím (Šrámek a kol., 2020).

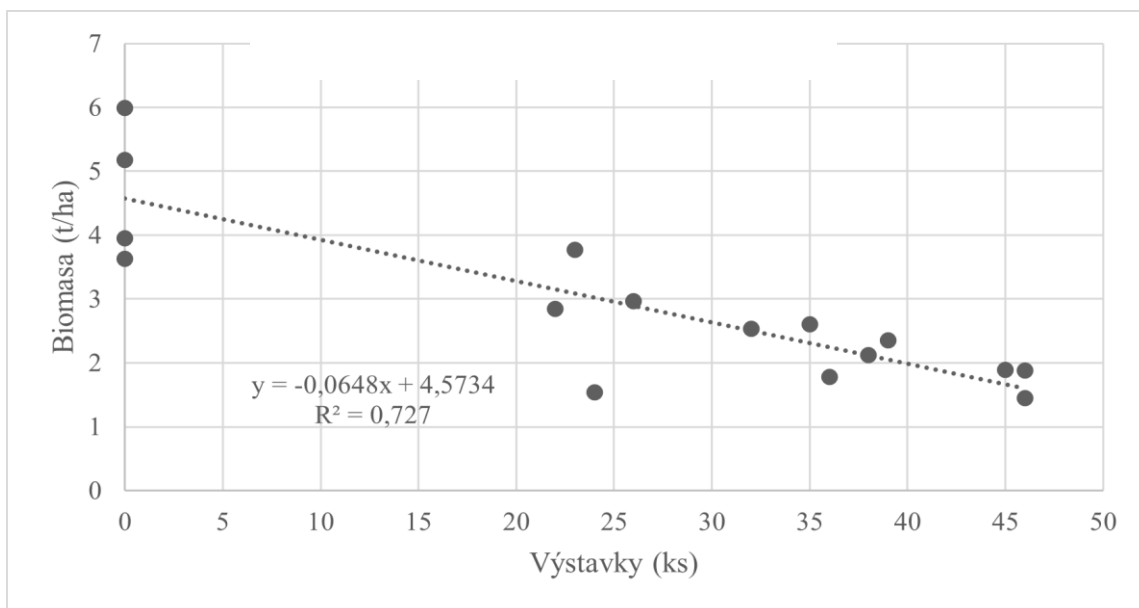
5 VÝSLEDKY

5.1 Produkce nadzemní biomasy výmladků

Data o biomase výmladků vycházejí z 16 jednotlivých dílčích ploch, ze kterých se skládá čtyřhektarová experimentální plocha.

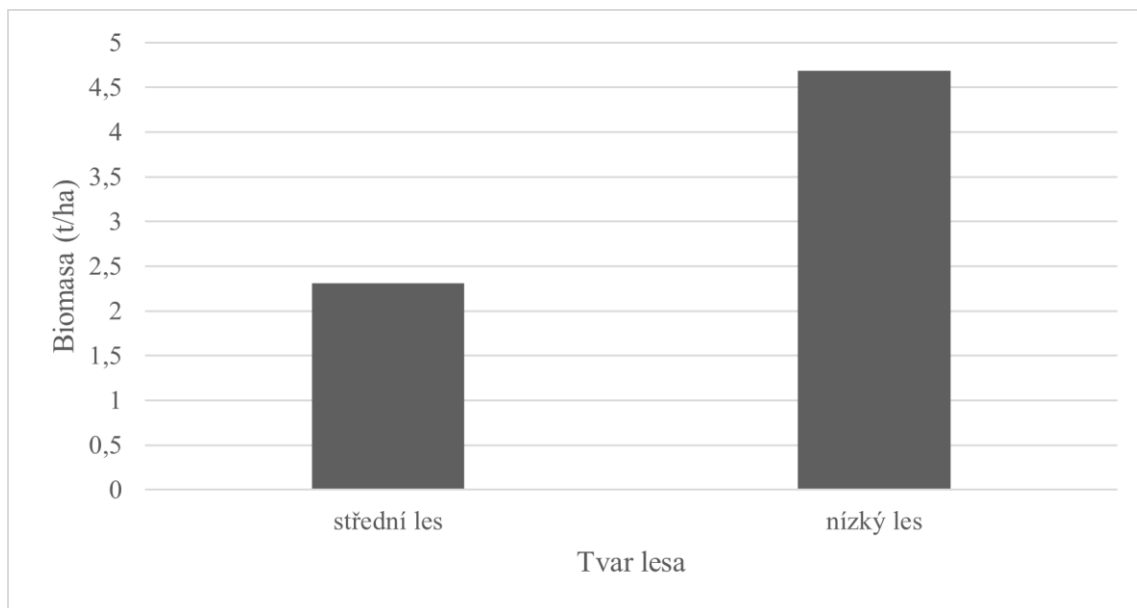
Z analýzy shromážděných dat vyplývá, že mezi množstvím biomasy výmladků a počtem ponechaných výstavků existuje statisticky významná závislost ($P < 0,05$; Obrázek 5).

Při absenci výstavků byla biomasa výmladků nejvyšší a s jejich rostoucím počtem biomasa klesala. Při 22 výstavcích biomasa činila tři tuny na hektar. Minima jedné a půl tuny na hektar biomasa dosahovala při přítomnosti 46 výstavků, což je nejvyšší počet na jednu dílčí plochu. Nejvíce biomasy bylo vyprodukováno na ploše č. 11, a to celkem šest tun na hektar.



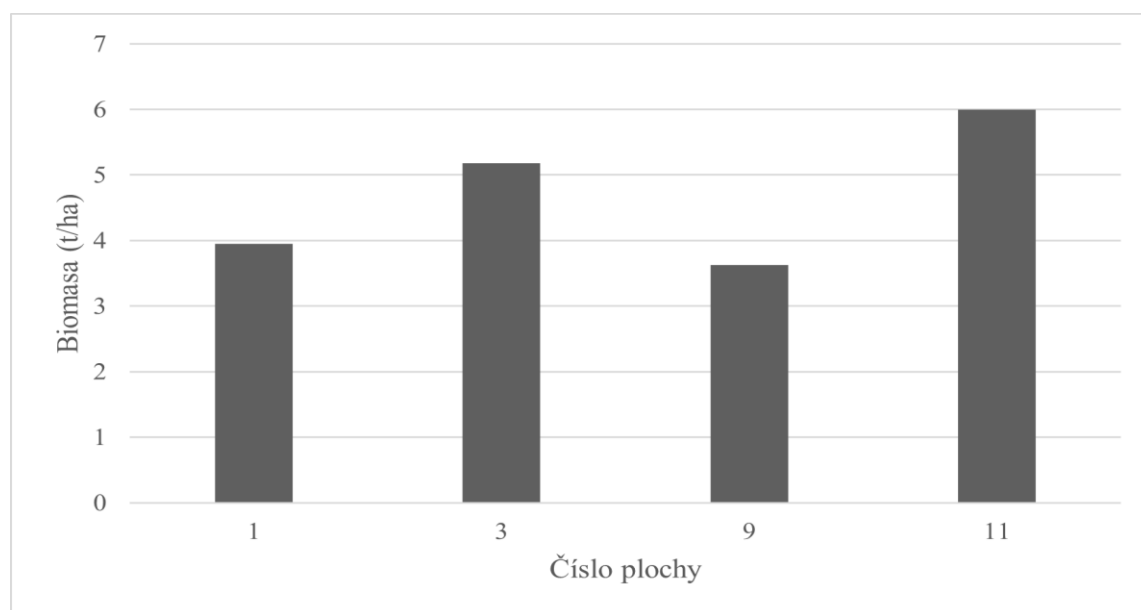
Obrázek 5 Závislost množství nadzemní biomasy na počtu výstavků na ploše

Průměrná biomasa na plochu středního lesa činila 2,3 tuny na hektar, oproti tomu v nízkém lese byly hodnoty nadzemní biomasy dvakrát vyšší (Obrázek 6).



Obrázek 6 Porovnání množství biomasy v nízkém a středním lese

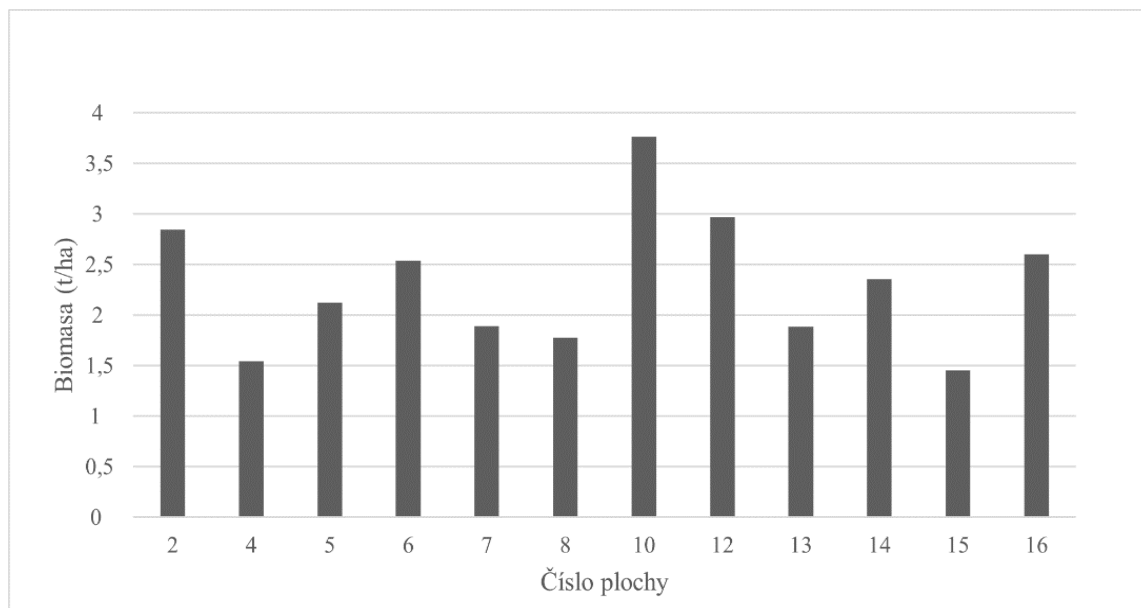
Při porovnání množství biomasy jednotlivých ploch nízkého lesa, tedy ploch, kde byly vykáceny všechny původní stromy se ukázalo, že nejnižší hodnota nadzemní biomasy byla zjištěna na ploše č. 9 ($3,63 \text{ t ha}^{-1}$), což je o $2,36 \text{ t ha}^{-1}$ méně než na ploše s nevyšší produkcí nadzemní biomasy (Obrázek 7).



Obrázek 7 Biomasa na plochách se 100% intenzitou těžby (nízký les)

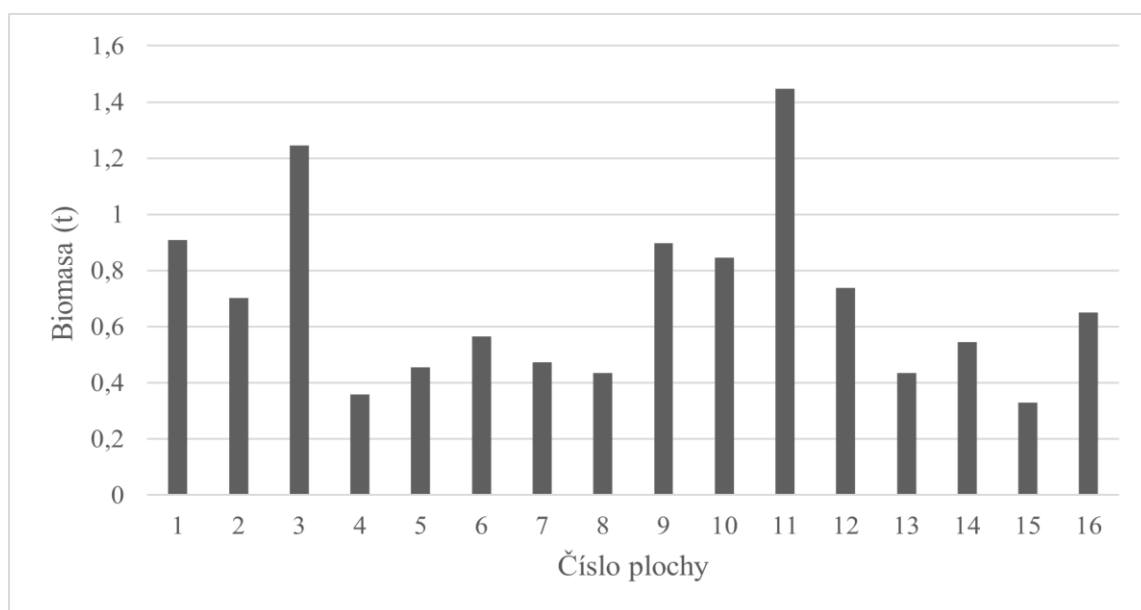
Při srovnání množství vyprodukované biomasy na jednotlivých plochách středního lesa, tedy na plochách s ponechanými výstavky, bylo zjištěno, že nejvíce nadzemní biomasy bylo vyprodukováno na plochách č. 10 ($3,8 \text{ t ha}^{-1}$), č. 12 a č. 2, naopak

nejméně na plochách s čísly 4 a 15 (1,4 t ha⁻¹). Ostatní plochy mezi sebou nemají významné rozdíly (Obrázek 8).



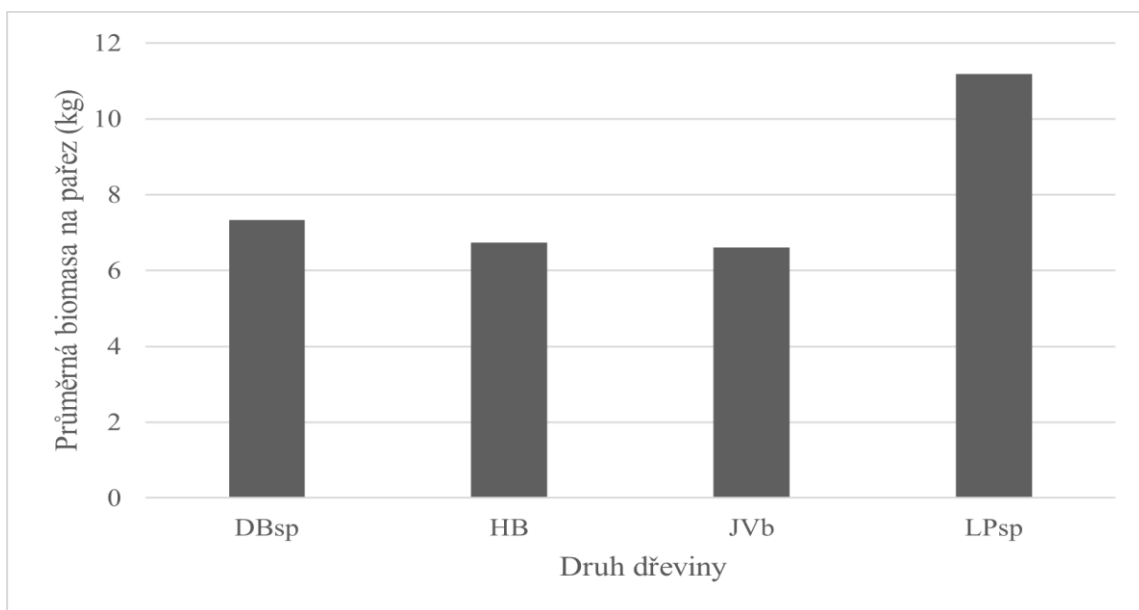
Obrázek 8 Nadzemní biomasa na plochách středního lesa

Jelikož byly ostatní druhy dřevin zastoupeny minoritně, byla srovnána biomasa pro jednotlivé plochy i samostatně pro dominující rod *Quercus*. Ten měl nejvyšší hodnotu nadzemní biomasy na plochách nízkého lesa, průměrně 2,76 t ha⁻¹ (Obrázek 9).



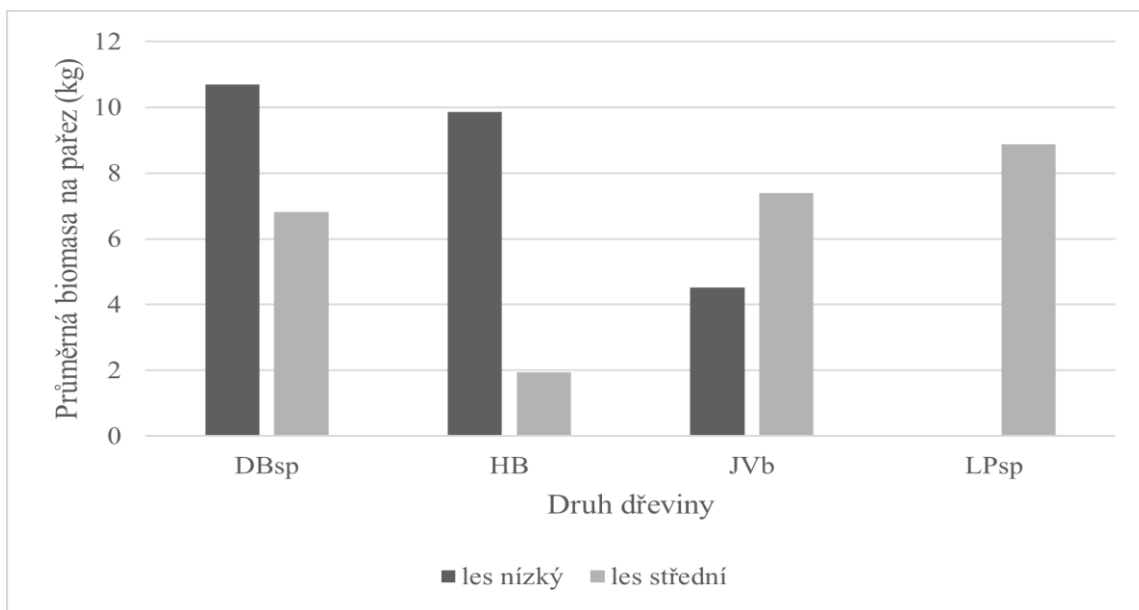
Obrázek 9 Nadzemní biomasa rodu *Quercus* na jednotlivých plochách

Průměrná biomasa na pařez byla porovnána mezi čtyřmi rody *Quercus*, *Carpinus*, *Acer* a *Tilia*. Ostatní rody, které byly na ploše zastoupeny živými pařezy se na ní vyskytovaly velice sporadicky, proto výpočet jejich průměrné biomasy nebyl realizován. Například javor mlč (*Acer platanoides*) byl zastoupen na ploše pouze jedním živým pařezem. Nejvyšší průměrné množství nadzemní biomasy na pařez vytvořily výmladky rodu *Tilia*, 11,2 kg na pařez. Na druhém místě byl rod *Quercus* v průměru s 7,3 kg na pařez (Obrázek 10).



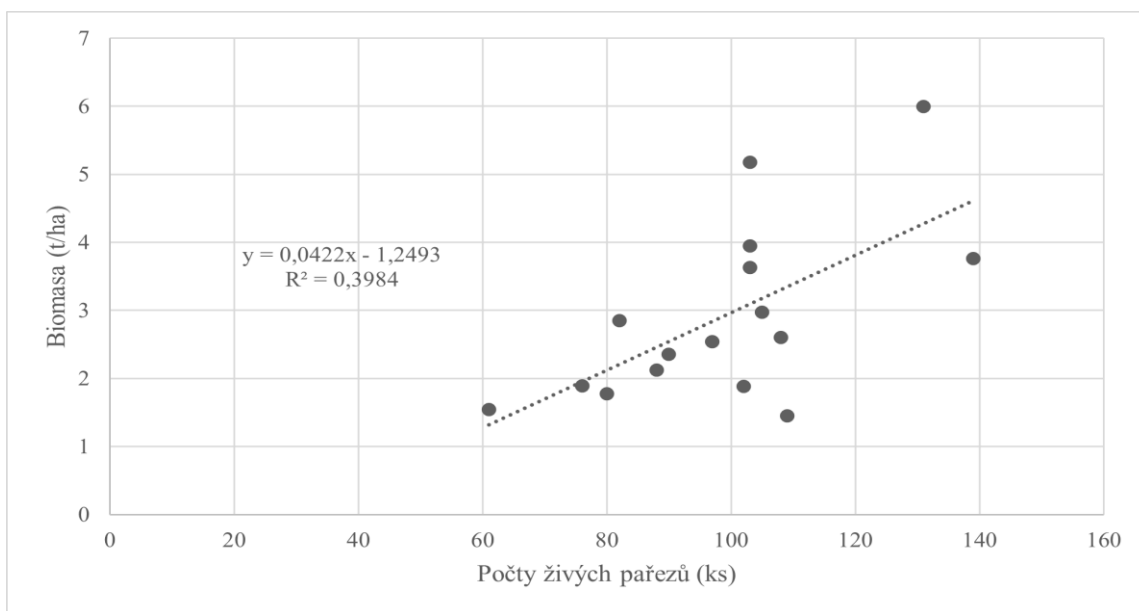
Obrázek 10 Průměrná nadzemní biomasa na pařez čtyř nejpočetněji zastoupených dřevin

Z analýzy shromážděných dat vyplývá, že rody *Quercus* a *Carpinus* produkovaly v průměru více nadzemní biomasy na pařez na plochách lesa nízkého, než v lese středním. Naopak rod *Acer* produkoval více biomasy v lese středním, avšak daný výsledek je ovlivněn nízkým počtem jedinců daného rodu na výzkumné ploše, jelikož v lese nízkém byl daný rod zastoupen pouze třemi pařezy a ve středním lese devíti. Pro rod *Tilia* není uvedena průměrná nadzemní biomasa na pařez pro nízký les, neboť zde byla zastoupena pouze jedním živým pařezem (Obrázek 11).



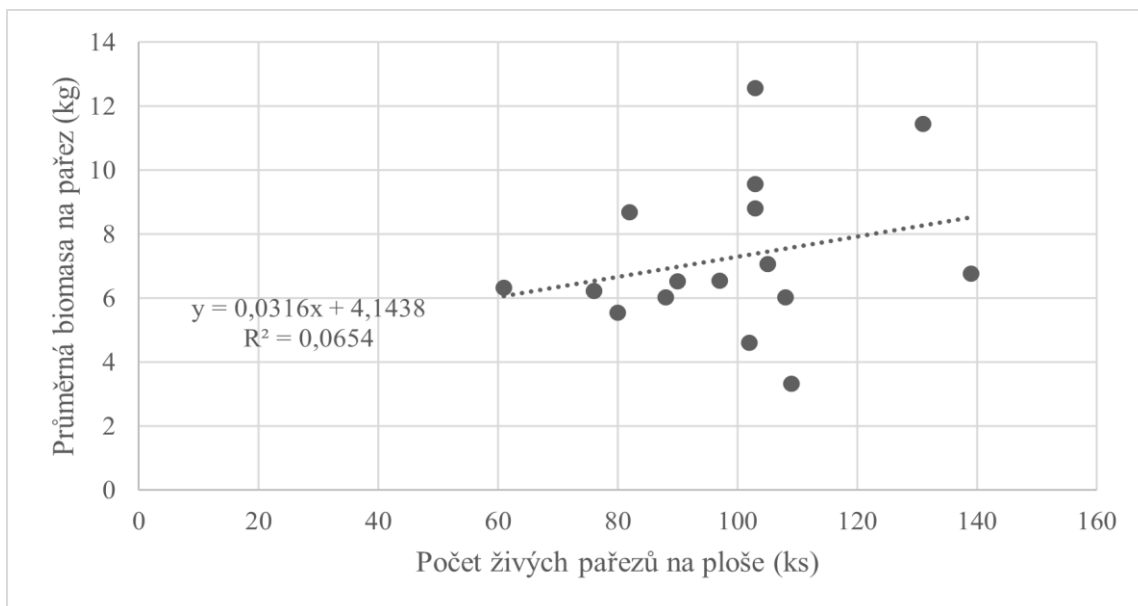
Obrázek 11 Průměrná nadzemní biomasa na pařez pro jednotlivé dřeviny v nízkém a středním lese

Závislost mezi počtem živých pařezů na ploše a množstvím biomasy vyprodukované výmladky byla statisticky významná ($P < 0,001$; Obrázek 12), z čehož vyplývá, že počet živých pařezů ovlivňuje množství vytvořené biomasy na experimentální ploše.



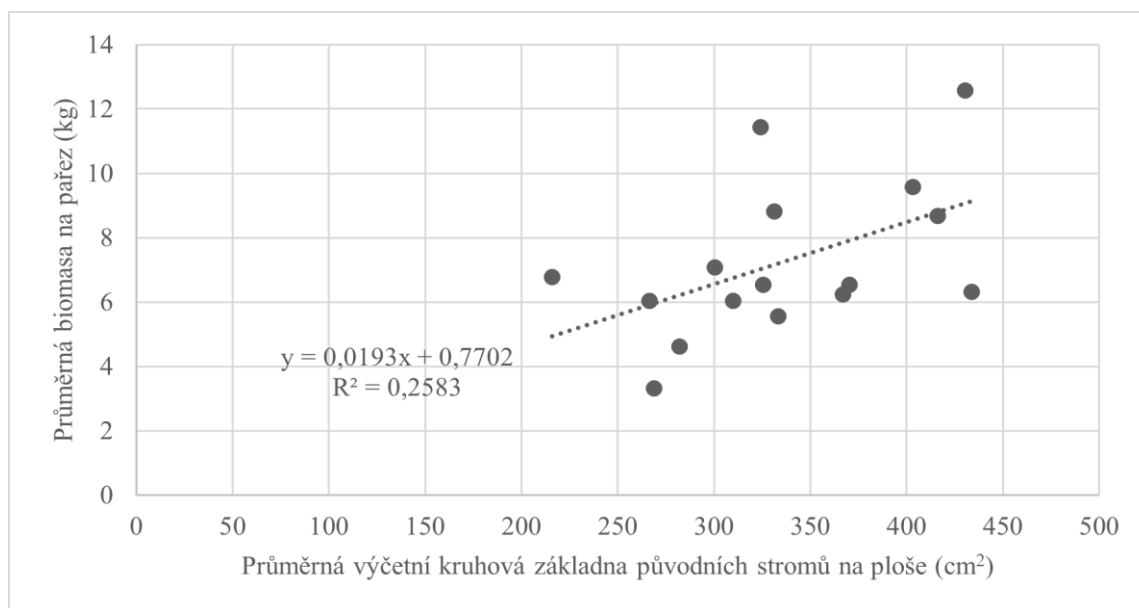
Obrázek 12 Vztah hustoty živých pařezů a nadzemní biomasy výmladků

Vztah mezi počtem živých pařezů na ploše a průměrným množstvím nadzemní biomasy na pařez byl statisticky významný ($P < 0,001$; Obrázek 13).



Obrázek 13 Vztah mezi průměrnou nadzemní biomasou na pařez a živými pařezy na ploše

Závislost mezi průměrnou kruhovou základnou původních stromů na ploše a průměrnou biomasou výmladků na pařez byla rovněž statisticky významná ($P < 0,05$; Obrázek 14). Velikost výčetní kruhové základny má pozitivní vliv na množství vyprodukované biomasy výmladků.



Obrázek 14 Vztah mezi průměrnou nadzemní biomasou na pařez a výčetní základnou původních stromů

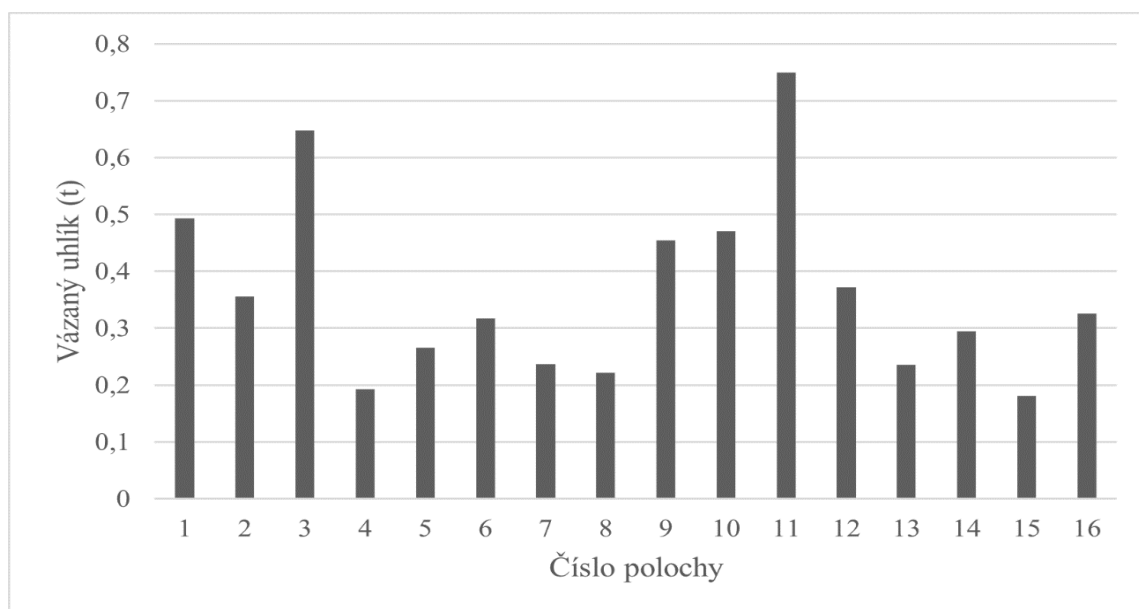
Na základě srovnání množství nadzemní biomasy mezi lety 2015 a 2022 lze tvrdit, že se produkce výmladků zrychlila po šestém roce od založení a smýcení plochy. Množství nadzemní biomasy na hektar se zvýšilo o 2,3 tuny. Významně se zvýšila i průměrná biomasa na pařez, přesně o 5,4 kilogramu (Tabulka 1).

Tabulka 1 Porovnání množství nadzemní biomasy: měření v roce 2015 a 2022

	2015	2022
Množství biomasy (t/ha)	0,6	2,9
Průměr biomasy na pařez (kg)	2	7,4
Celkové množství biomasy na experimentální ploše (t)	2,5	11,6

5.1.1 Vazba uhlíku

Průměrné množství vázaného uhlíku ve výmladcích na jednu dílčí plochu bylo 0,97 tuny. Průměrná vazba na hektar byla 0,24 tuny. Nejvíce uhlíku bylo vázáno v nadzemní biomase výmladků na ploše č. 11, což je jedna z ploch nízkého lesa. Množství vázaného uhlíku na této ploše souvisí s tím, že tato plocha vyprodukovala nejvíce biomasy ze všech 16 dílčích ploch (Obrázek 15).

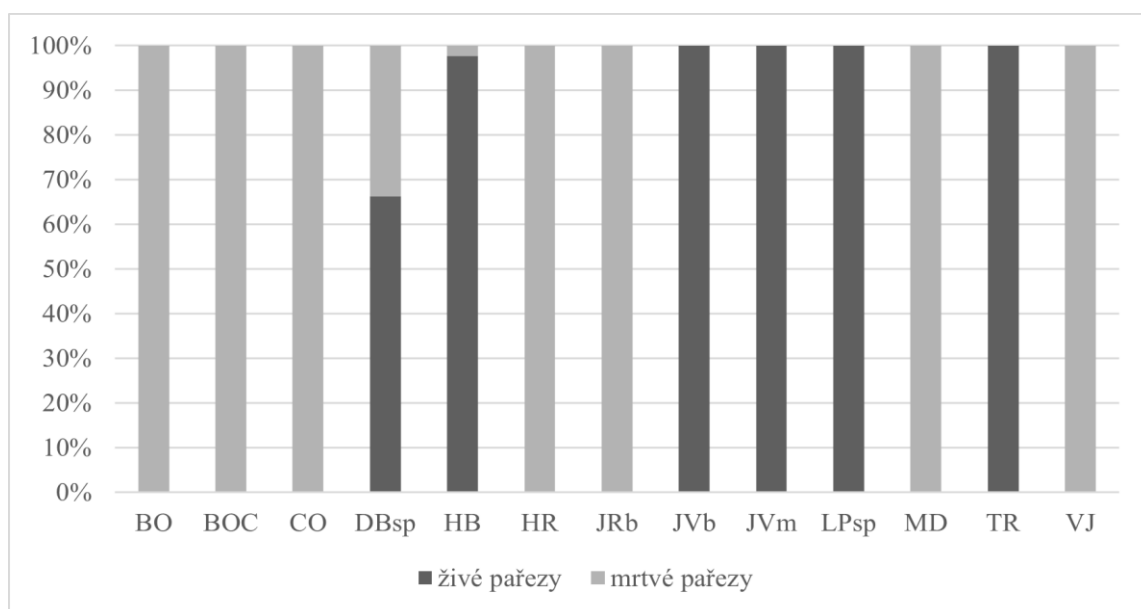


Obrázek 15 Vázání uhlíku v nadzemní biomase výmladků

5.2 Přežívání pařezů stromů

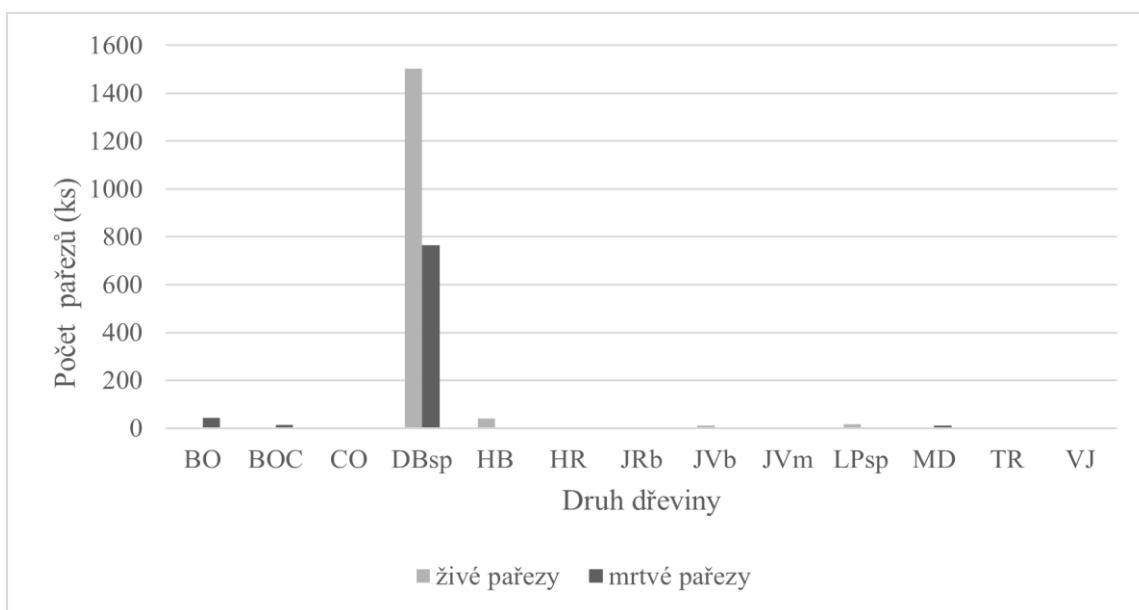
Z původního počtu stromů, který činil 2865 jedinců, bylo 2453 pokáceno a odtěženo a 412 ponecháno jako výstavky. V roce 2022 bylo z celkového počtu pařezů evidováno živých 65,3 %.

Nejlépe přežívaly minoritně zastoupené pařezy rodů *Carpinus*, *Acer*, *Tilia* a *Prunus*. Nejpočetnější z nich byly pařezy rodu *Carpinus* (44 jedinců). Pařezů nejpočetnějšího rodu *Quercus* přežilo 66,7 %. Z rodů: borovice (*Pinus*), dřín (*Cornus*), hrušeň (*Pyrus*), modřín (*Larix*) a jeřáb (*Sorbus*) nepřežil do současnosti ani jeden z pařezů (Obrázek 16).



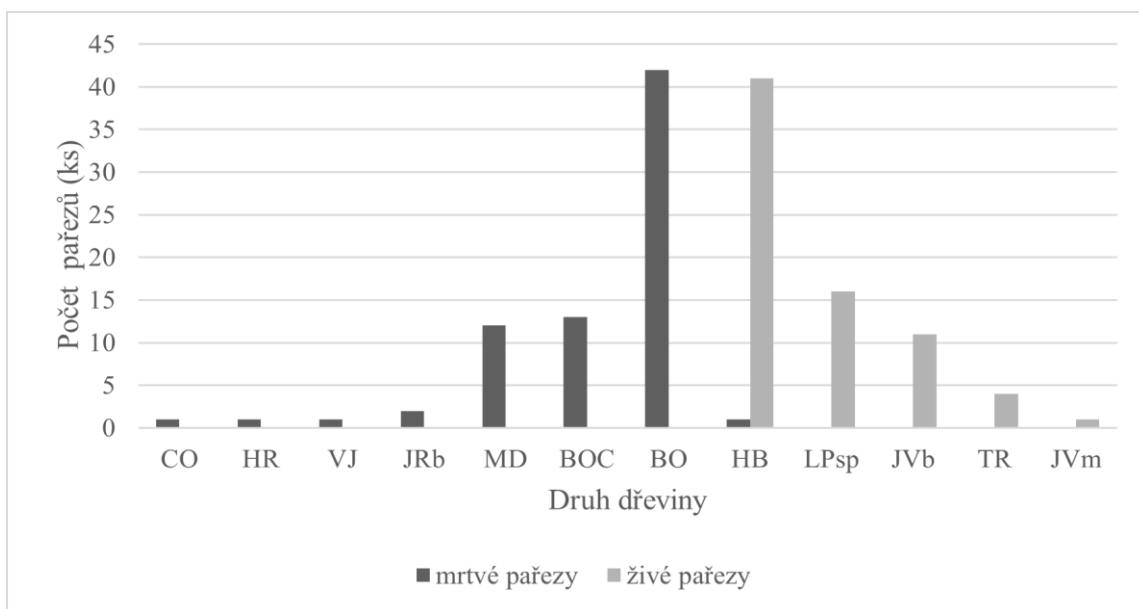
Obrázek 16 Poměry živých a mrtvých pařezů pro jednotlivé druhy dřevin zastoupené na experimentální ploše

Živých pařezů rodu *Quercus* bylo evidováno 1503 a mrtvých 765 (Obrázek 17).



Obrázek 17 Počty živých a mrtvých pařezů jednotlivých druhů dřevin zastoupených na experimentální ploše

Z minoritních druhů dřevin přežilo 100 % všech pařezů rodů *Tilia*, *Acer* a *Prunus* (Obrázek 18).



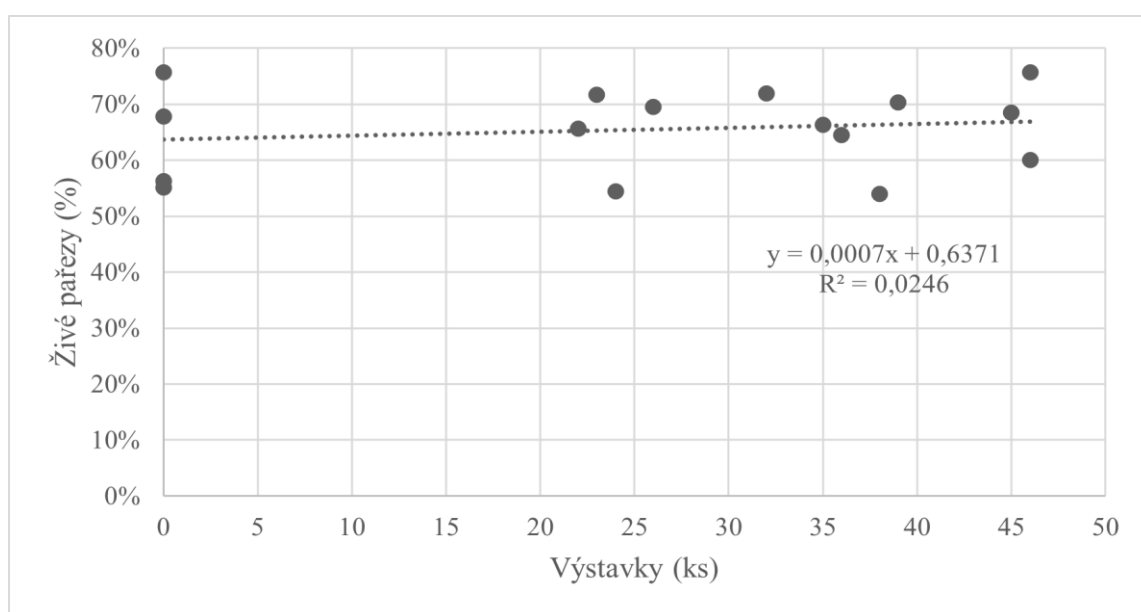
Obrázek 18 Počty živých a mrtvých pařezů jednotlivých dřevin (bez rodu *Quercus*)

Při porovnání počtu živých pařezů mezi daty získanými v letech 2015 a 2022 vyšlo najevo, že se počet živých pařezů snížil za šest vegetačních období o 14 % (Tabulka 2).

Tabulka 2 Počty živých pařezů na experimentální ploše v letech 2015 a 2022

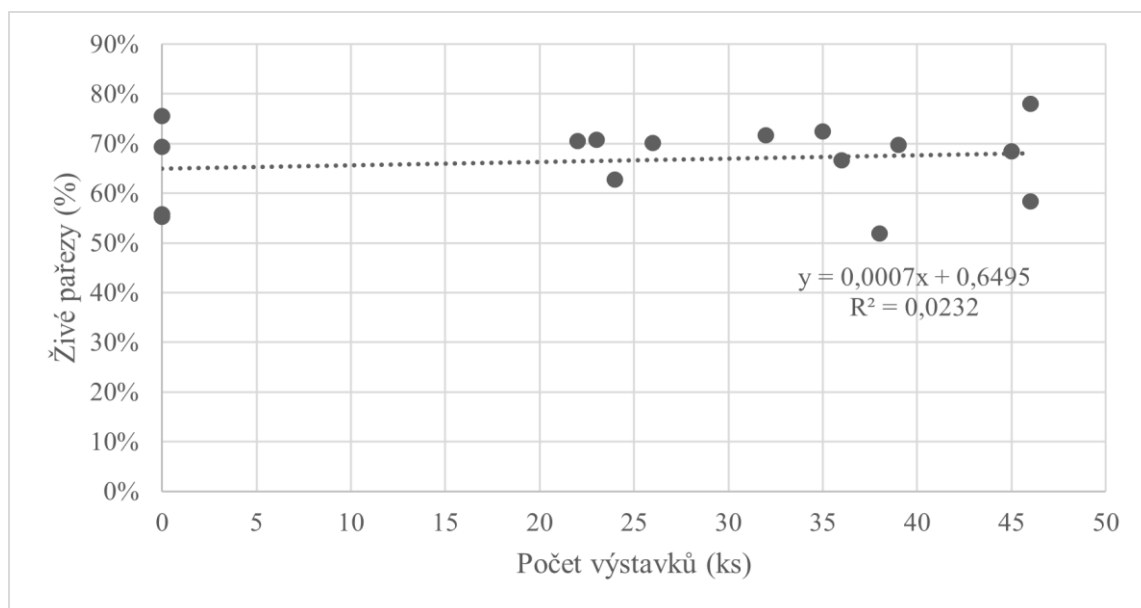
	2015	2022
Celkový počet živých pařezů (ks)	1230	1056

Závislost mezi relativní četností živých pařezů a počtem výstavků na ploše nebyla statisticky významná ($P > 0,05$; Obrázek 19).



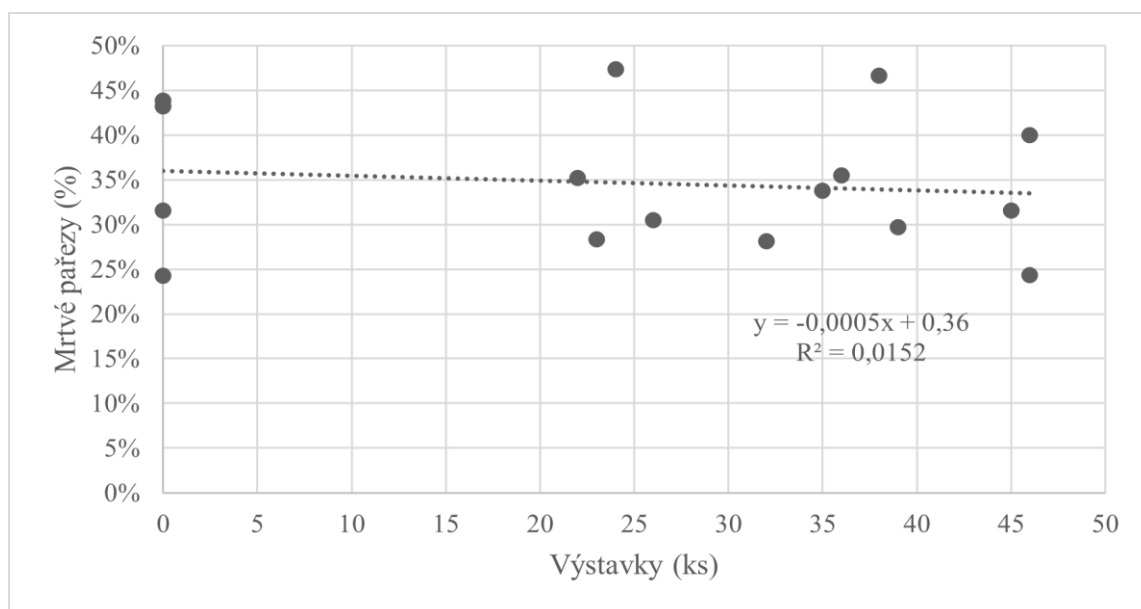
Obrázek 19 Přežívání pařezů v závislosti na počtu výstavků na ploše

Vzájemná podmíněnost mezi relativní četností živých pařezů na ploše a počtem výstavků rodu *Quercus* nebyla statisticky významná ($P > 0,05$; Obrázek 20).



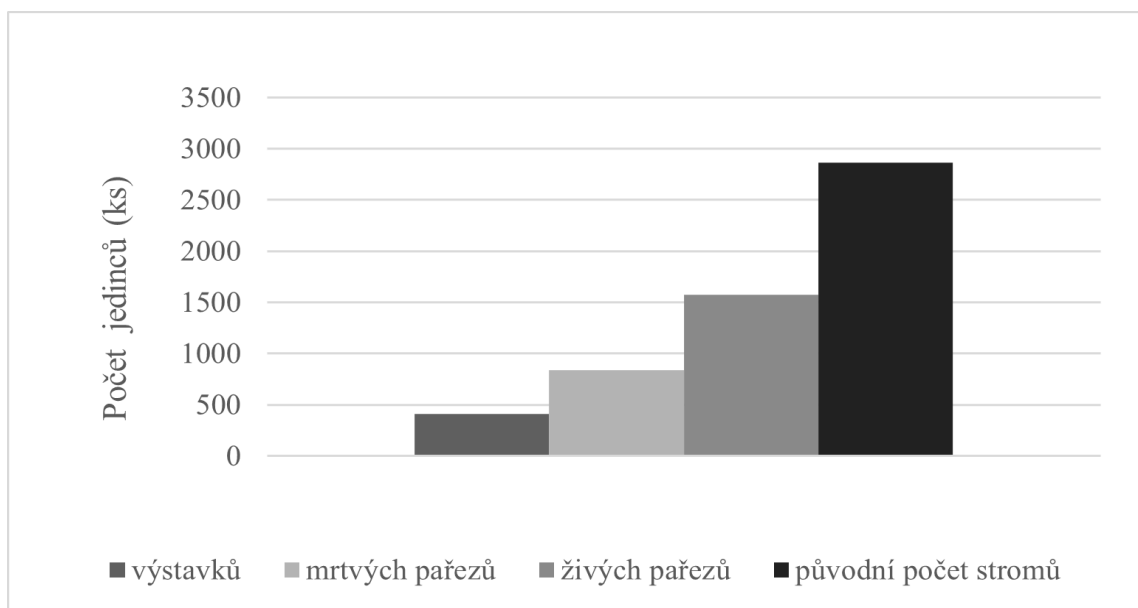
Obrázek 20 Přežívání pařezů rodu *Quercus* na experimentální ploše

Závislost mezi relativní četností mrtvých pařezů ostatních dřevin (bez rodu *Quercus*) na ploše a počtem výstavků nebyla statisticky významná ($P > 0,05$; Obrázek 21).



Obrázek 21 Poměr mrtvých pařezů dřevin (bez rodu *Quercus*) v závislosti na počtu výstavků na ploše

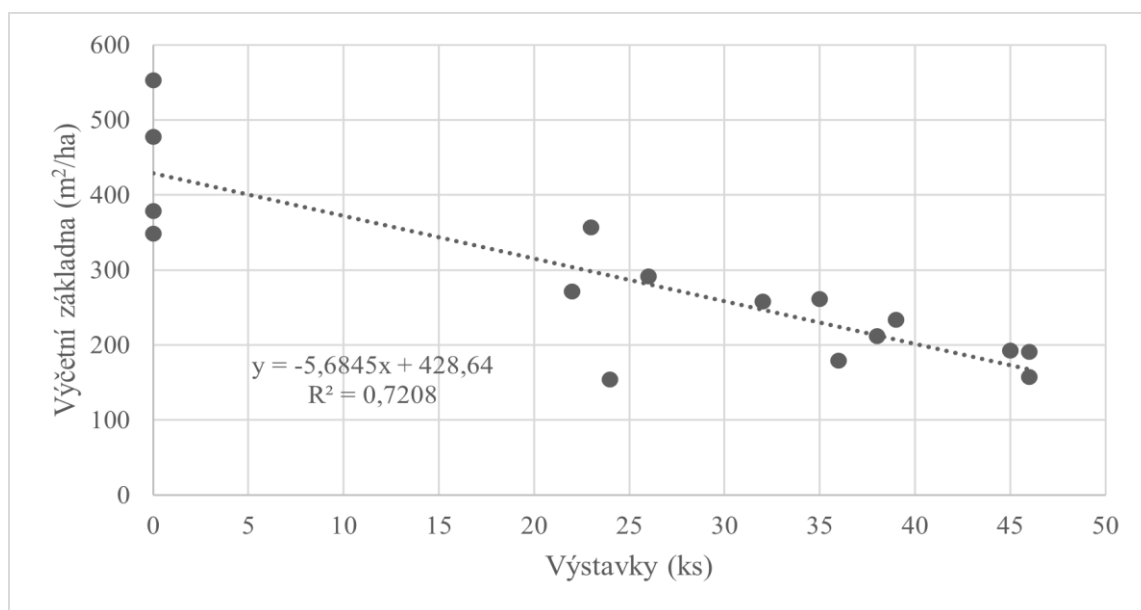
Rozložení jedinců mezi výstavky, živé a mrtvé pařezy ve srovnání s původním počtem stromů na experimentální ploše (Obrázek 22).



Obrázek 22 Srovnání dřevinného patra na ploše TARMAG Soběšice před těžbou a po těžbě

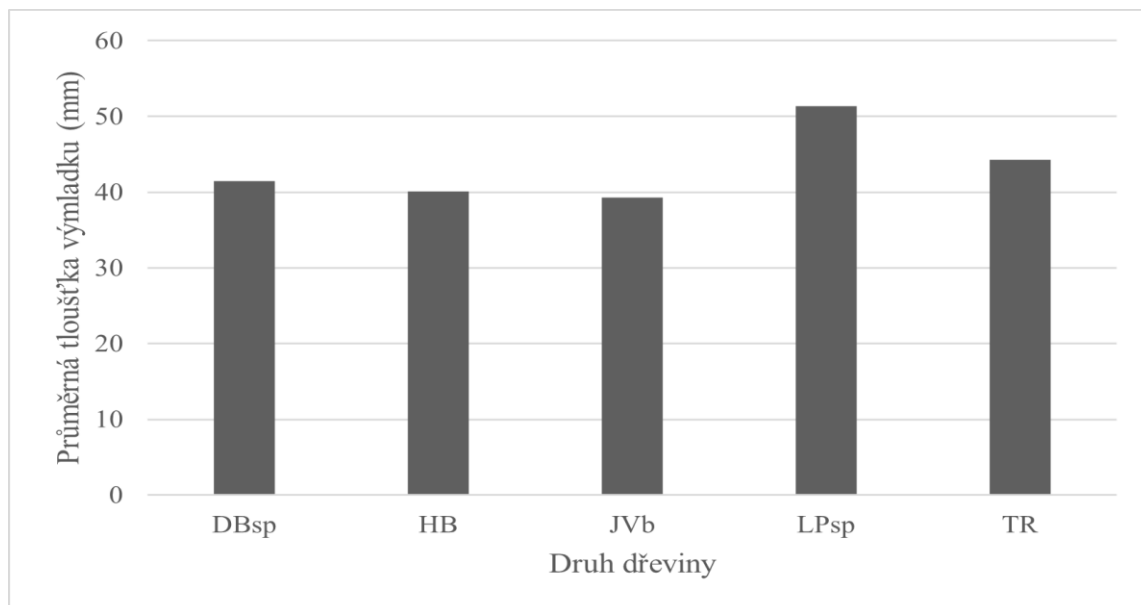
5.3 Růst výmladků

Závislost mezi výčetní základnou výmladků a počtem výstavků na ploše byla statisticky významná ($P < 0,001$; Obrázek 23). S růstem počtu výstavků na ploše se snižovala výčetní kruhová základna výmladků.



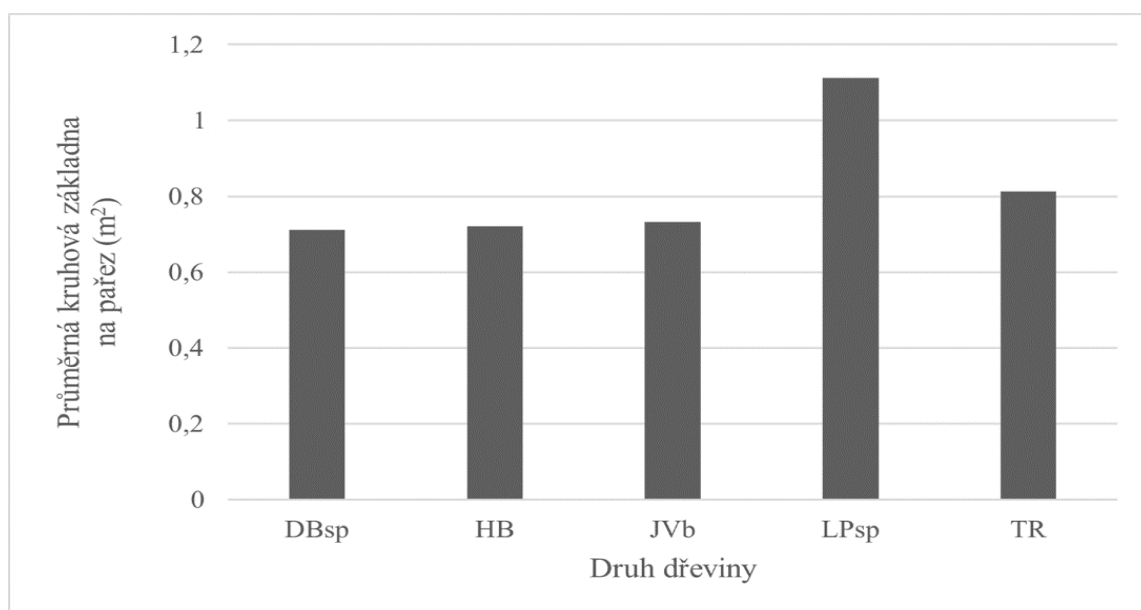
Obrázek 23 Výčetní základna výmladků v závislosti na počtu výstavků na ploše

Z analýzy shromážděných dat vyšlo najevo, že výmladky s největší průměrnou tloušťkou vyrostly na pařezích rodu *Tilia*. Průměrná tloušťka výmladků tohoto rodu činila 51 mm. Naopak nejslabší výmladky vyprodukovaly pařezy javoru babyky (*Acer campestre*). V průměru jejich výmladky dosahovaly tloušťky 39 mm (Obrázek 24).



Obrázek 24 Průměrná tloušťka výmladku u jednotlivých druhů dřevin zastoupených na experimentální ploše

Bylo zjištěno, že největší průměrnou kruhovou výčetní základnu na pařez vytvořily výmladky rodu *Tilia* ($1,1 \text{ m}^2$), což je o $0,4 \text{ m}^2$ více, než v průměru vyprodukovaly pařezy rodu *Quercus* (Obrázek 25).



Obrázek 25 Průměrná kruhová výčetní základna výmladků na pařez pro jednotlivé druhy dřevin na experimentální ploše

6 DISKUSE

6.1 Zhodnocení produkce biomasy výmladků

Jak bylo očekáváno, byl zjištěn negativní, statisticky významný vztah mezi množstvím biomasy výmladků a počtem ponechaných výstavků na ploše (Obrázek 5). Se zvyšujícím se počtem výstavků na plochu klesalo vyprodukované množství biomasy. Ke stejnému závěru došel Mejstřík a kol. (2022), který danou závislost studoval na experimentální ploše v Soběšicích, ale i na Hádech. Tato závislost může být vysvětlena vzájemnou konkurencí výstavků a výmladků – čím méně výstavků na ploše, tím více zdrojů a světelného požitku získají pařezy s výmladky. Z toho plyne, že pokud bude cílem vlastníka lesa produkce palivového dříví, bude tato produkce efektivnější při absenci výstavků.

Dále byl zaznamenán pozitivní, statisticky významný vztah mezi hustotou živých pařezů a množstvím biomasy vyprodukované výmladky na dílčí plochu (Obrázek 12). Tento výsledek je shodný s Mejstřík a kol. (2022). Daná skutečnost může být podmíněna tím, že si jednotlivé živé pařezy nejsou navzájem silnými konkurenty, na rozdíl od výstavků, které znatelně konkurují pařezům.

Nejproduktivnějším dřevinným rodem se ukázal silně kompetiční rod *Tilia* (Obrázek 24 a 25), který produkoval výmladky průměrně nejtlustší a s největší průměrnou kruhovou základnou. K tomuto závěru došli i Matula a kol. (2012; 2019) a Mejstřík a kol. (2022) ve svých studiích, které hodnotily růst výmladků v prvních šesti letech po založení pařeziny. V jejich výzkumech pařezy rodu *Tilia* vytvářely nejvyšší počty výmladků, nejvíce rostly do výšky a tvořily nejvíce biomasy na pařez.

Na základě těchto výsledků je možné tvrdit, že rod *Tilia* disponuje ze všech rodů dřevin zastoupených na experimentální ploše TARMAG Soběšice nejlepší výmladnou schopností. Bohužel ve srovnání s výmladky rodu *Quercus* nejsou tak vhodné na palivové dřevo, jelikož mají nižší hustotu a příliš rychle hoří. Z toho vyplývá, že se na topení spotřebuje větší objem dřeva než u výmladků s vyšší hustotou dřeva. (Pojlar, 2019) Nejspíše byl tento rod dříve z výmladkových lesů odstraňován jako nežádoucí (Matula a kol., 2012).

6.2 Zhodnocení přežívání pařezů stromů

Závislost mezi relativní četností živých pařezů a počtem výstavků na ploše nebyla statisticky významná (Obrázek 19). Z toho vyplývá, že výstavky podstatně neovlivňují přežívání jednotlivých pařezů. K tomuto může přispívat již vyvinutý kořenový systém pařezů stromů, který podporuje růst výmladků na začátku jejich vývoje (Matula a kol. 2012).

V roce 2022 bylo z celkového počtu pařezů evidováno živých 65,3 %. Pařezů nejpočetnějšího rodu *Quercus* přežilo 66,7 %. V dřívější studii Matula a kol. (2012) uvádí přežívání pařezů tohoto druhu 61,1 % na ploše, která se nachází na Hádech. Na dané ploše se ale lišila dřevinná skladba, byl tam přítomen větší počet jedinců ostatních dřevin (mimo rod *Quercus*), na rozdíl od experimentální plochy v Soběšicích, kde dominoval rod *Quercus* se zastoupením 96 %.

Míra přežívání pařezů rodu *Tilia* byla 100 % (Obrázek 16). Matula a kol. (2012) dospěl k témuž závěru. Stejnou mírou přežívaly pařezy rodů *Prunus* a *Acer* (*Acer platanoides* i *Acer campestre*). Z pařezů stromů rodu *Carpinus* nepřežil pouze jediný. Rozdíl v přežívání těchto rodů dosahujících vysoké míry přežívání, v porovnání s rodem *Quercus* může být podmíněn různými stanovištními nároky a světlo milností rodu *Quercus*.

Dalším faktorem může být tloušťka kůry, která má vliv na výmladnou schopnost u starších stromů (Johnson, 1977). Přestože byl tento výzkum proveden pro druhy rodu *Quercus* rostoucích v Severní Americe, lze předpokládat, že daná skutečnost platí i pro druhy rostoucí v Evropě.

Rody *Tilia* a *Carpinus* mají tenčí a měkčí kůru než stromy rodu *Quercus* (Matula a kol. 2012). Z čehož se dá odvodit jejich lepší výmladná schopnost.

6.3 Zhodnocení růstu výmladků

V rámci analyzování získaných dat byl zjištěn statisticky významný negativní vztah mezi výčetní základnou výmladků a počtem výstavků na ploše (Obrázek 23). Tato skutečnost je stejně jako množství biomasy výmladků nejspíše ovlivněna konkurencí mezi pářeznými stromy s výmladky a ponechanými výstavky na ploše.

Průměrně nejtlustší výmladky vyrostly na pářezech rodu *Tilia*, následoval rod *Prunus*. Naopak nejtenčí byly evidovány na pářezech druhu *Acer campestre* (Obrázek 24). Ohledně průměrné výčetní kruhové základny byly výsledky podobné jako u tloušťky výmladků (Obrázek 25). Tloušťka i kruhová základna byly pravděpodobně ovlivněny různou konkurenceschopností jednotlivých druhů.

7 ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE

Tato bakalářská práce byla zpracována na experimentální ploše nízkého a středního lesa TARMAG Soběšice a kladla si za cíl zhodnotit růst výmladků a produkci dřevní biomasy. Dále bylo cílem rovněž vyhodnotit míru přežívání pařezných stromů a tyto údaje porovnat mezi jednotlivými druhy dřevin, vyskytujícími se na experimentální ploše. Inventarizace experimentální plochy byla provedena v roce 2022.

Experimentální plocha TARMAG Soběšice se nachází na území školního lesního podniku Masarykův les Křtiny, který patří Mendelově univerzitě v Brně. V zimě 2009/10 na ní byl převeden les vysoký na les nízký a střední s variabilním počtem ponechaných výstavků. Experimentální plocha byla rozdělena na 16 čtverců (dílčích ploch) o výměře 2500 m² (50 x 50 m), celková plocha činila čtyři hektary (200 x 200 m). Po vytyčení plochy a provedení těžby, byla experimentální plocha oplocena. (Matula a kol., 2012) Druhové složení se vyznačovalo dominantním zastoupením rodu *Quercus*. Na čtyřech dílčích plochách se nacházel les nízký a na 12 plochách byl les střední. Celkem bylo v rámci inventarizace změřeno 5255 výmladků na 1056 živých pařezech.

Výmladky byly měřeny pomocí posuvného měřítka (šuplery) a odolného lesnického tabletu s programem Field-Map, do kterého byly změřené hodnoty zadávány. U každého pařezu byly přeměřeny tloušťky u pěti nejlustších výmladků. Metodika měření pouze pěti výmladků vychází z vědecké práce (Matula a kol., 2015). Zároveň byla změřena tloušťka u všech 412 ponechaných výstavků pomocí měřičského pásma. Tímto způsobem byla získána data z celé čtyřhektarové experimentální plochy.

Pro každý pařez byla vypočítána kruhová výčetní základna všech výmladků z něj vyrůstajících. Dále na základě změřených tlouštěk výmladků bylo pomocí alometrických rovnic vypočítáno celkové množství biomasy na pařez. Pro stanovení množství vázaného uhlíku ve výmladcích bylo využito poznatku, že polovina hmotnosti nadzemní biomasy v suchém stavu je tvořena tímto prvkem (Šrámek a kol., 2020).

Ze získaných dat byly následně vypočteny základní popisné statistiky a byla provedena lineární regrese pro posouzení vzájemných vztahů v programu Microsoft Excel.

Analýzy ukázaly negativní vztah mezi množstvím biomasy a počtem výstavků ponechaných na ploše, pro daný vztah vyšla silná a statisticky významná závislost. S rostoucím počtem výstavků se snižovalo množství vyprodukované biomasy z důvodu rostoucí konkurence mezi pařeznými stromy a výstavky. Naopak se neukázalo, že by měly výstavky vliv na přežívání pařezů. Průměrná biomasa na hektar středního lesa se rovnala 2,3 tuny a v lese nízkém činila na hektar 4,7 tuny.

Průměrné množství biomasy vyprodukované na pařez bylo porovnáno mezi rody *Acer*, *Carpinus*, *Quercus* a *Tilia*. Nejproduktivnějšími se ukázaly výmladky rodu *Tilia*, které produkovaly průměrně 11,2 kg nadzemní biomasy na pařez. Na druhém místě byl rod *Quercus* v průměru s 7,3 kg biomasy na pařez.

Míra přežívání byla nejvyšší u dřevin rodu *Tilia*, *Prunus* a *Acer* jejichž pařezy všechny přežily a rodu *Carpinus*, v rámci kterého nepřežil pouze jeden jedinec. Pařezů dominantního rodu *Quercus* přežilo 66,7 %.

Nejen, že výmladky rodu *Tilia* produkovaly nejvíce biomasy, ale zároveň vytvářely výmladky s nejvyšší průměrnou tloušťkou (51 mm) a výčetní kruhovou základnou (1,1 m²). Průměrně nejtenčí výmladky vytvořil na experimentální ploše druh *Acer campestre* (39 mm).

Data získaná během zpracování dané bakalářské práce by mohla být přínosná pro malé vlastníky lesa, kteří zvažují, jaký tvar lesa upřednostnit na svém pozemku. Tato práce jasně ukázala, že ponechání výstavků v pařezinách snižuje produkci dřevní biomasy výmladků a je tak důležité brát v potaz hustotu výstavků při zakládání pařezin. Dále by mohlo být problematické, pokud by došlo k nárůstu relativního zastoupení rodu *Tilia*, který produkuje nekvalitní palivové dříví a konkuruje rodu *Quercus*. Je proto do budoucna vhodné zvážit výchovné zásahy na podporu dubu či jiných cenných dřevin.

8 SUMMARY

This bachelor's thesis was developed on the experimental area of the coppice and coppice with standards TARMAG Soběšice and aimed to evaluate the growth of sprouts and the production of woody biomass. Furthermore, the goal was also to evaluate the survival rate of stumped trees and to compare these data between individual tree species occurring on the experimental area. The inventory of the experimental area was carried out in 2022.

The experimental area of TARMAG Soběšice is located on the territory of the Training Forest Enterprise Masarykův les Křtiny, which belongs to the Mendel University in Brno. In the winter of 2009/10, the high forest on it was converted to coppice and coppice with standards with a variable number of remaining standards. The experimental area was divided into 16 squares (sub-areas) with an area of 2500 m² (50 x 50 m), the total area was four hectares (200 x 200 m). After delineating the area and carrying out logging, the experimental area was fenced. (Matula a kol., 2012) The species composition was characterized by a dominant distribution of the genus *Quercus*. Four of sub-areas were coppice, and 12 areas were coppice with standards. A total of 5255 sprouts on 1056 live tree stumps were measured as part of the inventory.

For data collection, a calliper was used to measure sprouts and a durable forestry tablet with Field-Map software, into which the measured values were entered. For each tree stump, the thicknesses of the five thickest sprouts were measured. The methodology of measuring only five sprouts is based on scientific work (Matula a kol., 2015). At the same time, the thickness was measured for all 412 remaining standards using a tape measure. In this way, data was obtained from the entire four-hectare experimental area.

For each tree stump, the basal area of all sprouts growing from it was calculated. Furthermore, based on the measured thicknesses of the saplings, the total amount of biomass per tree stump was calculated using allometric equations. To determine the amount of bound carbon in the sprouts, we used the knowledge that half of the weight of above-ground biomass in a dry state is made up of this element (Šrámek a kol., 2020).

Basic descriptive statistics were subsequently calculated from the obtained data, and a linear regression was performed to assess mutual relationships in the Microsoft Excel program.

The analyses showed a negative relationship between the amount of biomass and the number of standards left on the area, a strong and statistically significant dependence was found for the given relationship. As the number of standards increased, the amount of biomass produced decreased due to increasing competition between stumped trees and standards. On the contrary, it was not shown that standards had an effect on the survival of stumps. The average biomass per hectare of the coppice with standards was equal to 2,3 tons and in the low forest it was 4,7 tons per hectare.

The average amount of biomass produced per stump was compared between the genera *Acer*, *Carpinus*, *Quercus* and *Tilia*. The most productive were the sprouts of the genus *Tilia*, which produced an average of 11,2 kg of above-ground biomass per tree stump. In second place was the genus *Quercus* with an average of 7,3 kg of biomass per stump.

The survival rate was highest for trees of the genera *Tilia*, *Prunus* and *Acer* whose stumps all survived, and for the genus *Carpinus* where only one individual did not survive. 66,7 % of stumps of the dominant genus *Quercus* survived.

Not only did the sprouts of the genus *Tilia* produce the most biomass, but they also produced sprouts with the highest average thickness (51 mm) and the largest basal area (1,1 m²). On average, the thinnest saplings were produced by the species *Acer campestre* (39 mm) on the experimental plot.

The data obtained during the processing of this bachelor's thesis could be beneficial for small forest owners who are considering which form of forest to prefer on their property. This work has clearly shown that leaving standards in stumps reduces the production of woody biomass of sprouts, and it is, therefore, important to take into account the density of standards when establishing coppice. Furthermore, it could be problematic if there was an increase in the relative abundance of the genus *Tilia*, which produces poor-quality firewood and competes with the genus *Quercus*. It is, therefore, appropriate in the future to consider educational interventions to support oak and other valuable trees.

9 PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

Odborné publikace:

ČÍŽEK, Lukáš a Štěpán VODKA. The effects of edge-interior and understory-canopy gradients on the distribution of saproxylic beetles in a temperate lowland forest. *Forest Ecology and Management*. 2013, roč. 304, 33-41. ISSN 03781127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.04.007>

BÄRTELS, Andreas. *Rozmnožování dřevin*. Vyd. 2. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1988. Rostlinná výroba.

JANSEN, Patrick a Leen KUIPER. Double green energy from traditional coppice stands in the Netherlands. *Biomass and Bioenergy*. 2004, roč. 26, č. 4, 401-402. ISSN 09619534. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2003.08.004>

JOHNSON, Paul. Predicting oak stump sprouting and sprout development in the Missouri Ozarks. *Research Paper NC-149*. 1977, Saint Paul: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, 1-11.

KADAVÝ, Jan, KNEIFL Michal, SERVUS Michal, KNOTT Robert, HURT Václav a FLORA Martin. *Nízký a střední les jako plnohodnotná alternativa hospodaření malých a středních vlastníků lesa: obecná východiska*. Vyd. 1. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2011. ISBN 978-80-87154-96-0.

KADAVÝ, Jan, Michal KNEIFL a Robert KNOTT. Tree Quality and Forest Structure Changes in the First Stage of Conversion of High Forest Into Coppice-with-standards. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2015, roč. 63, č. 5, 1485-1491. ISSN 12118516. <http://dx.doi.org/10.11118/actaun201563051485>

MATULA, Radim, Martin SVÁTEK, Jana KŮROVÁ, Luboš ÚRADNÍČEK, Jan KADAVÝ a Michal KNEIFL. The sprouting ability of the main tree species in Central European coppices: implications for coppice restoration. *European Journal of Forest Research*. 2012, roč. 131, č. 5, 1501-1511. ISSN 1612-4669. <https://doi.org/10.1007/s10342-012-0618-5>

MATULA, Radim, Lenka DAMBORSKÁ, Monika NEČASOVÁ, Milan GERŠL a Martin ŠRÁMEK. Measuring Biomass and Carbon Stock in Resprouting Woody Plants. *PLOS ONE*. 2015, roč. 10, č. 2, ISSN 1932-6203. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118388>

MATULA, Radim, Martin ŠRÁMEK, Jakub KVASNICA, Barbora UHERKOVÁ, Jaroslav SLEPIČKA, Marie MATOUŠKOVÁ, Erico KUTCHARTT a Martin SVÁTEK. Pre-disturbance tree size, sprouting vigour and competition drive the survival and growth of resprouting trees. *Forest Ecology and Management*. 2019, roč. 446, 71-79. ISSN 03781127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.05.012>

- MEJSTŘÍK, Marek, Martin ŠRÁMEK a Radim MATULA. The effects of stand density, standards and species composition on biomass production in traditional coppices. *Forest Ecology and Management*. 2022, roč. 504, ISSN 03781127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119860>
- MÜLLEROVÁ, Jana, Radim HÉDL a Péter SZABÓ. Coppice abandonment and its implications for species diversity in forest vegetation. *Forest Ecology and Management*. 2015, roč. 343, 88-100. ISSN 03781127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.02.003>
- PETERKEN, George. Coppices in the lowland landscape. *Ecology and Management of Coppice Woodlands*. 1992, 3-17. ISBN 978-94-010-5042-5. https://doi.org/10.1007/978-94-011-2362-4_1
- PETERKEN, George. *Natural Woodland: Ecology and Conservation in Northern Temperate Regions*. 1996, ISBN 9780521367929.
- PODBORSKÝ, Vladimír. *Pravěké dějiny Moravy*. 1993, Brno: Muzejní a vlastivědná společnost. Vlastivěda moravská. ISBN 80-850-4845-0.
- POLENO, Zdeněk. Převod hospodářského tvaru sdruženého lesa na les vysokokmenný (na příkladu lesů v CHKO Český kras). *Journal of Forest Science*. 1999, č. 12, 566-571.
- SLACH, Tomáš, Daniel VOLAŘÍK a Petr MADĚRA. Dwindling coppice woods in Central Europe – Disappearing natural and cultural heritage. *Forest Ecology and Management*. 2021, roč. 501, ISSN 03781127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119687>
- SVOBODA, Pravdomil. *Život lesa*. Vyd. 1. Praha: Brázda, 1952. Lesnická knihovna. Velká řada.
- SZABÓ, Péter. Open woodland in Europe in the Mesolithic and in the Middle Ages: Can there be a connection?. *Forest Ecology and Management*. 2009, roč. 257, č. 12, 2327-2330. ISSN 03781127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.03.035>
- ŠEBÁNEK, Jiří. *Fyziologie vegetativního množení dřevin: Physiology of vegetative propagation of woody species : monografie*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7375-238-5.
- ŠRÁMEK, Martin, Marie MATOUŠKOVÁ, Klára LENGÁLOVÁ, Michaela KRUTTOVÁ, Tzvetan ZLATANOV, Luboš ÚRADNÍČEK, Lenka EHRENBERGEROVÁ a Radim MATULA. Effective determination of biomass in oak coppices. *Trees*. 2020, roč. 34, č. 6, 1335-1345. ISSN 0931-1890. <https://doi.org/10.1007/s00468-020-01987-8>
- VACEK, Stanislav, ed. *Pěstování lesů: pěstební výkladový slovník*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a environmentální, 2006. ISBN 80-213-1573-3.

VANĚK, Jan. Regenerace jako projev činnosti spících a adventivních pupenů. *Živa*. 1960, č. 2, 49-50.

ZÁRUBA, Petr. Dendrotelmy - zvláštní biotop vodního hmyzu. *Živa*. 2004, č. 5, 221-222.

Internetové zdroje:

POJLAR, Petr. Jakým dřevem topit?. *České stavby* [online]. 2019, České Budějovice: České stavby [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/jakym-drevem-topit-23517.html>

ŘEPKOVÁ, Jana. Rozmnožování rostlin a jeho genetické důsledky. *Genetika rostlin* [online]. 2013, Brno: Přírodovědecká fakulta Masarykovy Univerzity [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/js13/genetika/web/pages/04-rozmnozovani-apomixis.html>

Ostatní zdroje:

ČÍŽEK, Lukáš, Pavel ŠEBEK, Radek BAČE, Jiří BENEŠ, Jiří DOLEŽAL, Miroslav DVORSKÝ, Jan MIKLÍN a Miroslav SVOBODA. *Metodika péče o druhově bohaté (světlé) lesy: Certifikovaná metodika*. 2016, České Budějovice: Entomologický ústav, Biologické centrum AV ČR.

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Rozmístění dílčích ploch na experimentální ploše TARMAG Soběšice (Kadavý a kol., 2015)	20
Obrázek 2 Počty stromů na ploše TARMAG Soběšice na jednotlivých dílčích plochách před a po těžbě	20
Obrázek 3 Druhové složení dřevinného patra na ploše TARMAG Soběšice před těžbou	21
Obrázek 4 Druhové složení dřevinného patra na ploše TARMAG Soběšice před těžbou bez rodu <i>Quercus</i>	21
Obrázek 5 Závislost množství nadzemní biomasy na počtu výstavků na ploše	24
Obrázek 6 Porovnání množství biomasy v nízkém a středním lese.....	25
Obrázek 7 Biomasa na plochách se 100% intenzitou těžby (nízký les).....	25
Obrázek 8 Nadzemní biomasa na plochách středního lesa	26
Obrázek 9 Nadzemní biomasa rodu <i>Quercus</i> na jednotlivých plochách	26
Obrázek 10 Průměrná nadzemní biomasa na pařez čtyř nejpočetněji zastoupených dřevin	27
Obrázek 11 Průměrná nadzemní biomasa na pařez pro jednotlivé dřeviny v nízkém a středním lese	28
Obrázek 12 Vztah hustoty živých pařezů a nadzemní biomasy výmladků.....	28
Obrázek 13 Vztah mezi průměrnou nadzemní biomasou na pařez a živými pařezy na ploše	29
Obrázek 14 Vztah mezi průměrnou nadzemní biomasou na pařez a výčetní základnou původních stromů	29
Obrázek 15 Vázání uhlíku v nadzemní biomase výmladků.....	30
Obrázek 16 Poměry živých a mrtvých pařezů pro jednotlivé druhy dřevin zastoupené na experimentální ploše	31
Obrázek 17 Počty živých a mrtvých pařezů jednotlivých druhů dřevin zastoupených na experimentální ploše	32
Obrázek 18 Počty živých a mrtvých pařezů jednotlivých dřevin (bez rodu <i>Quercus</i>) ...	32
Obrázek 19 Přežívání pařezů v závislosti na počtu výstavků na ploše.....	33
Obrázek 20 Přežívání pařezů rodu <i>Quercus</i> na experimentální ploše	34
Obrázek 21 Poměr mrtvých pařezů dřevin (bez rodu <i>Quercus</i>) v závislosti na počtu výstavků na ploše.....	34

Obrázek 22 Srovnání dřevinného patra na ploše TARMAG Soběšice před těžbou a po těžbě	35
Obrázek 23 Výčetní základna výmladků v závislosti na počtu výstavků na ploše.....	35
Obrázek 24 Průměrná tloušťka výmladku u jednotlivých druhů dřevin zastoupených na experimentální ploše	36
Obrázek 25 Průměrná kruhová výčetní základna výmladků na pařez pro jednotlivé druhy dřevin na experimentální ploše	36

11 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Porovnání množství nadzemní biomasy: měření v roce 2015 a 2022	30
Tabulka 2 Počty živých pařezů na experimentální ploše v letech 2015 a 2022.....	33