

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesa



**Bříza, její taxonomie a potenciál pro obnovu a
stabilizaci lesa**

Bakalářská práce

Autor: Ondřej Moudrý

Vedoucí práce: doc. Ing. Ivan Kuneš, Ph.D.

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ondřej Moudrý

Lesnictví

Lesnictví

Název práce

Bříza, její taxonomie a potenciál pro obnovu a stabilizaci lesa

Název anglicky

Birch, Taxonomy of the Genus, and its Potential for Regeneration and Stabilization of Forest

Cíle práce

Prohloubit znalosti o možnostech a využití bříz při obnově a stabilizaci lesa.

Posoudit fyto-meliorační a porostotvorný potenciál bříz.

Metodika

Vypracujte rešerši o taxonomii domácích druhů bříz a jejich použitelnosti v lesnictví.

Navažte na starší měření na vybrané experimentální ploše a proveďte další sérii biometrických šetření. Stanovte mortalitu, výšku a výškový přírůst, průměr v krčku, případně další doprovodné parametry prosperity výsadeb.

Pokuste se zhodnotit porostotvorný a meliorační potenciál břízy a konfrontujte jej s dostupnými informacemi o některých dalších pionýrských dřevinách (např. olše, jeřáb).

Data vyhodnoťte a připravte elaborát závěrečné práce.

Časový plán (termíny dokončení jednotlivých fází)

Předložení rešerše a dokončení terénních šetření: 11/2020

Zpracování dat: 1/2021

Předložení elaborátu závěrečné práce ke kontrole školitelem: 3/2021

Zpracování závěrečných připomínek vedoucího: 4/2021

Doporučený rozsah práce

40

Klíčová slova

bříza; Betula; obnova lesa; stabilizace lesa; prosperita výsadeb

Doporučené zdroje informací

- Balcar V, Kacálek D, Špulák O, Kuneš I, Dušek D, Baláš M, Novák J (2010) Prosperita pionýrských listnatých dřevin a smrku v horských podmínkách. Zprávy lesnického výzkumu 55 (3): 149–157
- Kuneš I, Balcar V, Zahradník D (2007) Influence of a planting hole application of dolomitic limestone powder and basalt grit on the growth of Carpathian birch (*Betula carpatica* W. et K.) and soil chemistry in the air-polluted Jizerské hory Mts. *Journal of Forest Science* 53 (11): 505–515
- Kuneš I, Linda R, Fér T, Karlík P, Baláš M, Ešnerová J, Vítámvás J, Bílý J, Urfus T (2019) Is *Betula carpatica* genetically distinctive? A morphometric, cytometric and molecular study of birches in the Bohemian Massif with a focus on Carpathian birch. *PLOS ONE* 14 (10):e0224387. doi:10.1371/journal.pone.0224387
- Linda R, Kuneš I, Baláš M and Gallo J (2017) Morphological variability between diploid and tetraploid taxa of the genus *Betula* L. in the Czech Republic. *Journal of Forest Science* 63, (12): 531–537
- Podrázský V, Ulbrichová I, Moser WK (2005) Využití břízy a smrku pichlavého při obnově porostů na plochách s nenarušenou vrstvou humusu. Zprávy lesnického výzkumu 50: 75–77
- Some experience of European birch (*Betula pendula* Roth) and Carpathian birch (*Betula carpatica* W. et K.) planted on the ridge part of the Jizerské hory Mts.
- Šrámek V, Šebková V, Kučera J, Lomský B (2001) Birch dying in the Ore Mts. in 1997 – probable causes and new developments. *Journal of Forest Science* 47 (Special Issue): 110–116
- Zerbe S, Meiwes KJ (2000) Zum Einfluss von Weichlaubhölzern auf Vegetation und Auflagehumus von Fichtenforsten – Untersuchungen in einem zwei Jahrzehnte alten Birken-Ebereschen-Vorwald im Hoch-Solling *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 119: 1–19

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Ivan Kuneš, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 13. 7. 2020

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21. 10. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 28. 02. 2022

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma "Bříza, její taxonomie a využití při obnově a stabilizaci lesa" vypracoval/a samostatně pod vedením doc. Ing. Ivana Kuneše, Ph.D., a Ing. Martina Baláše, Ph.D., a použil/a jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Blatné dne 09. 04. 2022

Ondřej Moudrý

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Ivanu Kunešovi, Ph.D., a Ing. Martinu Balášovi, Ph.D., za možnost podílet se na výzkumu dané problematiky, ochotu, pomoc, vstřícnost a možnost individuálních konzultací při zpracování této bakalářské práce.

Abstrakt

Poměrně velká část vysokohorských lesů na území České republiky byla vystavena značnému poškozování a zhoršování růstových podmínek v důsledku vysoké míry znečištění ovzduší.

V některých oblastech byla míra znečištění tak vysoká, že docházelo k vykácování smrkových porostů. To dalo podnět k hledání lepšího způsobu hospodaření v horských, imisemi zatížených podmínkách. Spolu s tím začalo vznikat mnoho projektů, jejichž cílem bylo ověření prosperity výsadeb jiných, odolnějších dřevin.

Cílem této práce bylo posoudit prosperitu výsadby *Betula pubescens* v lokalitě Jizerka-Panelka v Jizerských horách. Tento projekt byl založen mezi lety 2008–2009 a od té doby zde proběhlo několik měření, z nichž zatím poslední měření proběhla v srpnu a září roku 2020.

Tato práce je zaměřena především na výškový a tloušťkový vývoj, vývoj korun a procentuální mortalitu výsadeb a také vliv přihnojování výsadeb na jejich prosperitu a vitalitu.

V rámci posouzení dat z let 2009–2020 byl zjištěn příznivý vývoj břízy pýřité ve vysokohorských polohách. Vliv přihnojování byl vzhledem k růstu jednotlivých variant posouzen jako mírně příznivý, ne však jednoznačně významný.

Klíčová slova: bříza, *Betula*, obnova lesa, stabilizace lesa, prosperita výsadeb

Abstract

A relatively large part of mountain forests in the Czech Republic is exposed to significant damage and deterioration of growth conditions due to high levels of air pollution. In some areas, the level of pollution was so high that spruce stands had to be felled. This gave rise to the search for a better way of silvicultural techniques in mountain air-polluted conditions. At the same time, many projects began to emerge, the aim of which was to verify the prosperity of plantation of other, more resistant tree species.

This work aimed to assess the prosperity of *Betula pubescens* plantation in the locality Jizerka-Panelka in the Jizera Mountains. This project was established between 2008–2009 and since then there have been several measurements, of which the last measurements took place in August and September 2020. This work is focused primarily on height and thickness development, crown development and percentage mortality of plantings and also the effect of fertilization of plantings on their prosperity and vitality.

As part of the assessment of data from 2009–2020, favourable development of downy birch in mountain locations was found. Due to the growth of individual variants, the effect of additional fertilization was assessed as slightly favourable, but not significant.

Keywords: birch, *Betula*, forest regeneration, forest stabilization, planting prosperity

Obsah

1	Seznam použitých zkratk a symbolů	12
2	Úvod a cíl práce	9
3	Literární rešerše	10
3.1	Morfologie	12
3.2	Rozšíření	13
3.3	Význam a využití	15
3.3.1	Využití v lesnictví	16
3.3.2	Pozitiva využití bříz	17
3.3.3	Negativa využití bříz	17
3.4	Druhy bříz vyskytující se v ČR	18
3.5	Lokalita Jizerské hory	26
3.5.1	Výzkumné plochy Jizerka, Panelka	27
4	Metodika	29
4.1	Založení výzkumné plochy	29
4.2	Výsadba cílové dřeviny	29
4.3	Přihnojování jedinců	29
4.4	Data z měření	30
5	Výsledky a diskuze	31
5.1	Stanovení průměrné výšky	31
5.2	Stanovení výškových přírůstků	32
5.3	Stanovení průměrných tloušťek	35
5.4	Velikost korun	37
5.5	Stanovení mortality	39
6	Závěr	40
7	Seznam literatury a použitých zdrojů	41
8	Přílohy	46

1 Seznam použitých zkratek a symbolů

AFLP – *amplified fragment-length polymorphism*, česky délkový polymorfismus amplifikovaných fragmentů

GMM – geometrická morfometrika

CHKO – Chráněná krajinná oblast

ITS – *internal transcribed spacer*, česky vnitřní přepisovaný mezerník

IUCN – *International Union for Conservation of Nature*, česky Mezinárodní svaz ochrany přírody

NIL ČR – Národní inventarizace lesů České republiky

Var. – varieta

VP – výzkumná plocha

KV- kontrolní varianta výsadby s velkými odrostky bez přihnojování

KM- kontrolní varianta výsadby s malými odrostky bez přihnojování

SM- varianta výsadby menších odrostků přihnojování hnojivem Silvamix Forte v množství 3 tablety po 10g na jedince

S+F(M) – varianta výsadby menších odrostků přihnojovaná kombinací hnojiv Silvamix Forte a Fosmag MK (30g/kus)

F- varianta výsadby přihnojovaná hnojivem Fosmag MK ve vyšší dávce 50g/kus

2 Úvod a cíl práce

Lesnické hospodaření v České republice bylo v minulosti převážně vedeno k co nejvyššímu hospodářskému užítku. Upřednostňovány byly především dřeviny s co nejvýhodnějším poměrem mezi rychlostí přírůstu dřevní hmoty a její kvalitou, kterými jsou v první řadě smrk ztepilý (*Picea abies*) či borovice lesní (*Pinus sylvestris*). Přílišné zaměření na úzké množství druhů lesních dřevin a jejich vysazování leckdy i na nevhodná stanoviště dnes působí hned několik závažných problémů, jakými jsou kůrovcové, větrné, imisní či jiné kalamity.

V roce 1990 byl v Jizerských horách vytvořen pracovníky VÚLHM vytvořen projekt na popud předešlých imisních zátěží na tamní smrkové porosty, které měly za následek jejich vykácení. Smyslem tohoto projektu byla studie 30 taxonů lesních dřevin a jejich vývoje a prosperity ve vysokohorských, imisemi zatížených podmínkách.

V letech 2008–2009 byla týmem vedoucího práce založena výzkumná plocha Jizerka–Panelka, zaměřená na studium vlastností břízy pýřité (*Betula pubescens*), vysazené na klimaticky značně extrémním stanovišti. V průběhu let 2009–2020 proběhlo několik sérií měření, během kterých byly zjišťovány údaje o prosperitě a vitalitě tohoto druhu na výzkumné ploše, na základě kterých je možné vypracování následující práce.

Cílem této práce je tedy vyhodnocení a porovnání údajů o výsadbě břízy karpatské, které byly mezi lety 2009–2020 získány týmem vedoucího práce. Vyhodnoceny budou především údaje o mortalitě, růstu, výškovém a tloušťkovém přírůstu s přihlédnutím na přihnojování několika různými hnojivy. Na základě dostupných informací o dalších pionýrských dřevinách, které byly zapojeny do tohoto projektu, se bude porovnávat porostotvorný a meliorační potenciál břízy.

Výsledky této práce by měly umožnit lepší rozhodování výběru dřevinných druhů vhodných k zalesňování imisních oblastí Jizerských hor. Zároveň je žádoucí zvýšit možnost využití břízy při obnově a stabilizace lesních porostů, a tím i k vyšší druhové diverzitě lesních porostů tak, aby nedocházelo k výše uvedeným kalamitním situacím.

3 Literární rešerše

4.1 Taxonomie rodu *Betula* L.

Taxonomické zařazení:

Rod: *Betula* (L. 1753)

Čeleď: Betulaceae – břízovité

Řád: Fagales – bukotvaré

Třída: Rosopsida – vyšší dvouděložné rostliny

Oddělení: Magnoliophyta – rostliny krytosemenné

Říše: Plantae – rostliny

(Zicha, 2007)

Taxonomie bříz rodu *Betula* je poměrně kontroverzní a komplikovanou záležitostí. Celosvětově podle některých zdrojů existuje okolo 30–60 druhů (Kuneš et al. 2019), Savill (2019) jich udává 102, podle Kříže (1990) jich je dokonce 120. Tento fakt vedl ke vzniku několika různých taxonomických koncepcí, dělicích druhy *Betula* do sekcí a podrodů na základě morfologie a později i genetiky. Jako první rozčlenil druhy bříz Regel ve druhé polovině 19. století – podle něj spadaly do dvou podrodů, které se dále dělily na sekce: podrod *Betulaster* zahrnoval jednu sekci, podrod *Eubatula* jich měl podle Regela šest (Schenk et al. 2008). Novějším dělením se zabývali například Schenk et al. (2008), kteří za využití metody AFLP zkoumali variabilitu genomu, na základě kterého břízy rozdělili do čtyř podrodů – *Betulaster*, *Neurobetula*, *Betulenta* a *Betula*.

Problematika určování druhů bříz souvisí především s jejich vysokou morfologickou a genetickou variabilitou. Ta je alespoň částečně spojena s ekotypickou proměnlivostí danou reakcí na klimatické faktory (Elkington 1968; Schenk et al. 2008). U bříz je častá také mezidruhovú hybridizace, introgrese a polyploidie (Schenk et al. 2008; Kuneš et al. 2019). K hybridizaci dochází při překrývání přirozených areálů výskytu druhů v tzv. hybridních zónách a přispívá k ní také zavlékání a šíření v oblasti nepůvodních druhů člověkem (Tsuda et

al. 2017). Nízká genetická rozdílnost ukazující na hybridizaci je v Evropě dobře známá mezi druhy bříza bělokorá *Betula pendula*, bříza pýřitá *B. pubescens* a bříza trpasličí *B. nana* (Palme et al. 2004), v Japonsku například u druhů bříza Maximovičova *B. maximowicziana*, bříza mandžuská *B. platyphylla* a bříza Ermanova *B. ermanii* (Tsuda et al. 2017). Hybridi často nesou morfologické znaky obou původních druhů, vzájemně se od sebe ovšem mohou odlišovat, což ještě výrazněji ztěžuje jejich morfologickou identifikaci (Schenk et al. 2008). V mnoha oblastech Evropy neexistuje žádná jasně stanovená morfologická hranice mezi skutečnými druhy a jejich hybridy (Eager et al. 2004). Alternativní genetické výzkumy, například s využitím sekvencí DNA či mikrosatelitů, sice přinesly důležité poznatky týkající se historie rodu *Betula*, nicméně ukázaly také na extrémně nízkou genetickou variabilitu mezi jednotlivými rozeznávanými druhy bříz (Schenk et al. 2008). Ani jedna z nejmodernějších studií využívající ITS sekvence nedokázala rozlišit blízké příbuzné druhy (Tarieriev et al. 2021).

Základní chromozomové číslo (neboli také monoploidní číslo) bříz rodu *Betula*, udávající počet chromozomů v jedné sadě, je $n = 14$. Některé z druhů bříz jsou diploidní (například *B. pendula*, *B. nana*, či bříza černá *B. nigra*), jiné tetraploidní (například *B. pubescens*, *B. ermanii*), vyskytuje se u nich ale také pentaploidie, hexaploidie či oktoploidie (Furrow 1990). Výjimečné nejsou ani vnitrodruhové rozdíly – například u břízy papírovité *B. papyrifera* je známa tetraploidie, pentaploidie i hexaploidie. K hybridizaci dochází i mezi jedinci s různou ploidní úrovní (Eager et al. 2004). Ačkoli triploidní hybridy (například mezi *B. pubescens* a *B. nana* na Islandu) jsou často označovány za sterilní, podle studie Thórsson et al. (2007) je u nich častá introgrese, tedy zpětné křížení s oběma rodičovskými druhy.

Ploidie z všeobecného hlediska ovlivňuje například fertilitu, možnost křížení, i genovou expresi (Eager et al. 2004). Klasifikace bříz rodu *Betula* na základě ploidie sice neodpovídá současnému taxonomickému rozdělení, nicméně hraje významnou roli v lesnictví (Linda et al. 2017). Bylo zjištěno, že tetraploidní druhy jsou výrazněji úspěšnější i životaschopnější v extrémních podmínkách, jako jsou horské hřebeny v oblasti s vysokým znečištěním vzduchu, než druhy diploidní (Balcar et al. 2010). Zejména skupina tetraploidních druhů bříz zahrnuje drobné a poměrně obtížně odlišitelné taxony (Karlík 2010). Určení ploidie se provádí především pomocí laboratorních technik (například průtokové cytometrie), které jsou ovšem poměrně finančně i časově náročné (Linda et al. 2017). Do popředí se tak dostává i využití jiných než molekulárních metod – zejména morfologických (Linda et al. 2017; Ešnerová et al. 2013). Mezi moderní morfologické metody patří například

studium tvaru listů pomocí GMM, využívající buď obrysovou analýzu, nebo analýzu relativní pozice anatomických bodů listu (Ešnerová et al. 2013). Při studii provedené u českých zástupců rodu *Betula* byli Ešnerová et al. (2013) schopni pomocí GMM s 90% úspěšností rozlišit diploidní a tetraploidní druhy na základě morfologických rozdílů jejich listů.

3.1 Morfologie

Do rodu *Betula* patří dřeviny jak stromovité, tak keřovité (Kříž 1990). Vyznačují se intenzivním růstem v prvních letech, kdy jsou výrazně vyšší než ostatní stromy stejného věku (Dubois et al. 2020). Řadí se mezi krátkověké dřeviny (v průměru se dožívají okolo 60–100 let, například bříza bělokorá ve vhodných podmínkách až 150 let) (Úradníček 2010). Většina bříz je mělce kořenící, se srdcovitými a bohatě rozvětvenými kořeny. Tenká borka je u mladých stromů hladká, u starších stromů zpravidla odlupčivá. U většiny druhů má typickou bílou barvu – může být však také tmavohnědá až černá (Kříž 1990). Listy bříz jsou jednoduché, dlouze řapíkaté, střídavě postavené a opadavé. Boční žilky na listech, kterých může být až sedm párů, jsou často pomůckou pro dělení druhů bříz do sekcí. Břízy jsou jednodomé dřeviny, květenství jsou oddělené samčí a samičí jehnědy. Samčí jsou prodloužené, samičí kulovité či válcovité. Lehká semena ve formě drobných okřídlených nažek se šíří větrem (Úradníček 2010).

Struktura dřeva břízy je roztroušeně pórovitá. Břízy nevytváří pravé jádro a patří tak mezi dřeviny bělové (například společně s olšemi a javory) – jejich dřevo má po celém průřezu kmene shodnou barvu, většinou světlou, do běla, s nažloutlým či načervenalým nádechem. Letokruhy bříz jsou široké a málo zřetelné, také textura dřeva je většinou jemná a jeho kresba není příliš výrazná. Existují ovšem také druhy se zřetelnou a dekorativní texturou – zejména tzv. karelská bříza (*B. pendula*, var. *carelica*) (Zeidler 2010). Dřevo je většinou středně tvrdé, pevné, ohebné, ale málo trvanlivé. Jeho vlastnosti jsou dané podmínkami prostředí – kvalita dřeva stromů rostoucích na extrémních stanovištích je nízká, často u nich dochází i ke vzniku nepravého jádra (Zeidler 2010; Mansfeld & Zeman 2010).

3.2 Rozšíření

Podle fosilních nálezů sahá historie rodu *Betula* minimálně do období svrchní křídy (před 100–66 miliony lety), nejhojnější nálezy bříz pochází z paleocénu a eocénu (Furlow 1990). Jedná se o nenáročnou dřevinu, často rostoucí v extrémních přírodních i klimatických podmínkách (Beck et al. 2016). I přesto jsou břízy ohrožené z důvodu změny klimatu, zejména kvůli senzitivitě na zvyšující se teploty a sucho. Vyskytují se po téměř celé severní polokouli od subtropů po arktické oblasti. Mají největší areál rozšíření ze všech evropských listnatých stromů a jsou schopny růst na nejrůznějších půdách – často i takových, kde se ostatní druhy stromů nevyskytují (Dubois et al. 2020). Osidlují různé habitaty včetně rašelinišť, tundry a vysokohorských oblastí (Rojo et al., 2021; Wang et al., 2016). Například himalájský druh *B. utilis* se vyskytuje v nadmořské výšce přesahující 4 000 m (Singh et al. 2013).

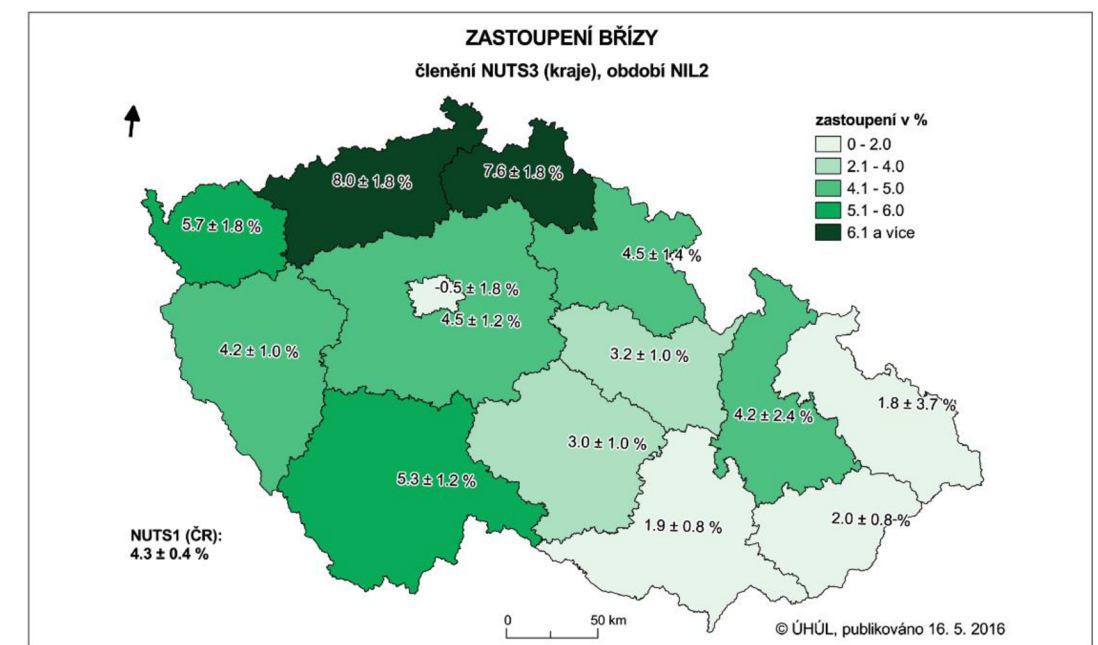
Mnohé z druhů bříz jsou hojně rozšířené, v Evropě především *B. pendula* a *B. pubescens* – i jejich areál výskytu je však zejména v jižních oblastech omezen na horské oblasti kvůli jejich náchylnosti k letním suchům v kombinaci s vysokými teplotami (Rojo et al. 2021). Kromě již zmíněných změn klimatu jsou břízy ohroženy i odlesňováním pro účely zemědělství či těžbu nerostných surovin, také těžbou dřeva, sesuvy půdy v horských oblastech i invazními druhy, parazity a nemocemi (blíže viz podkapitola 2.4.3). Vzácné druhy mohou být ohroženy také hybridizací (Bona et al., 2018). Do rodu *Betula* patří i druhy zařazené do kategorie „ohrožené“ (EN, Endangered) či „kriticky ohrožené“ (CR, Critically Endangered) Červeného seznamu IUCN (Wang et al., 2016). Mezi nejohroženější druhy se řadí *Betula megrellica*, či *Betula chichibuensis* (Shaw et al., 2014; Shaw et al., 2014a). Také bříza nízká *B. humilis*, vyskytující se v Evropě i v Asii, je v současné době ve střední a západní Evropě považována za ohroženou v důsledku lidské činnosti, zejména kvůli vysoušení mokřadů a vlhkých luk. V sušších habitatech je postupně vytlačována suchomilnými druhy stromů a keřů (Bona et al., 2018).

2.3.1 Rozšíření v ČR

V rámci České republiky je rod *Betula* hojně rozšířen, podle statistik NIL ČR jsou břízy 6. nejzastoupenější dřevinou, z celkového plošného zastoupení dřevin ČR zaujímají 4.2 % (informace z let 2011–2015). Vyskytují se především na severozápadě, zejména v Krušných horách. Oblastí s nejmenším výskytem je pak jihovýchodní Morava (pro procentuální zastoupení bříz v jednotlivých krajích ČR v letech 2011–2015 viz Obr.č. 1)

(ÚHUL, 2016). Rostou zejména na sekundárních stanovištích. Kromě jejich hojného zastoupení v lesních porostech se vyskytují i ve volné krajině, hlavně na antropogenních nelesních půdách. Jejich rozšíření je spojené zejména s devastací původních lesů.

V rámci našich zemí zažilo pěstování břízy rozmach v 18. století, kdy byla využívána na dřevo i na zalesnění ploch po těžbě ostatních druhů stromů, od 19. století však zájem opět opadal, a dnes jsou břízy považovány spíše za plevelné dřeviny (Mansfeld & Zeman, 2010). V rámci ČR se vyskytují druhy bříza bělokorá *B. pendula*, bříza pýřitá *B. pubescens*, bříza karpatská *B. carpatica*, bříza trpasličí *B. nana*, bříza ojcovská *B. oycoviensis* a bříza tmavá *B. obscura*. Dříve se u nás vyskytovala také výše zmíněná ohrožená bříza nízká *B. humilis*, která z našeho území vymizela v důsledku odvodnění jejích lokalit. V minimálním množství se v okrasných parcích nacházejí také cizokrajné druhy bříz jako je bříza papírová *B. papyrifera* a bříza tuhá *B. lenta* (Úradníček, 2010).



Obr.1: Procentuální zastoupení břízy v jednotlivých krajích ČR v letech 2011-2015. Zdroj: ÚHUL, 2016.

3.3 Význam a využití

Produkty bříz mají široké využití: dřevo zejména na výrobu nábytku, podlahových krytin, hudebních nástrojů či dětských hraček; míza, listy a kůra mají své stále místo ve farmacii i v lidovém lékařství. Například ve Finsku jsou známé a využívané postupy zajišťující vysokou kvalitu dřeva, zahrnující mimo jiné vyhodnocování a výběr vhodné půdy a klimatických podmínek, výběr mezi sázením a přirozenou regenerací porostu, načasování, intenzitu a pečlivý výběr při kácení stromů. Tyto postupy ve střední i západní Evropě schází (Dubois et al. 2020).

Ačkoli se dnes pěstování a využívání bříz v mnoha evropských zemích příkládá vyšší důraz než v ČR, i tak patří mezi opomíjené druhy jak v lesnictví, tak dřevařství. V posledních letech však především v západní Evropě nabývá rod *Betula* na významu, zejména kvůli závažným faktorům negativně ovlivňujícím zdraví lesních porostů dalších dřevin, jako je například úhyn dubů, nemoci zasahující jedle a douglasky, klimatický stres, škůdci a poškození smrkových a bukových porostů (Dubois et al. 2020). U nás mezi tyto faktory patří nejvýrazněji chřadnutí nepůvodních smrčín zejména v oblasti severní Moravy (Martiník & Adamec 2016) a odlesňování a poškození porostů v důsledku imisí v Jizerských horách (Balcar et al. 2010). Do popředí se dostává také zájem o zvýšenou diverzitu stromových druhů a nových možností k managementu produkce a břízy *Betula* (společně s olšemi rodu *Alnus* či lípami *Tilia*) se jeví jako zajímavá alternativa ke klasickým druhům dřevin kvůli možné lepší adaptabilitě a budoucímu přínosu ve formě nových tržních produktů.

V západoevropském měřítku se většina studií soustředí na *B. pendula* a *B. pubescens* kvůli jejich nejčastějšímu zastoupení v tamějších lesích (Dubois et al. 2020). V rámci ČR je především v horských oblastech využívána *B. carpatica* (Balcar et al. 2010; Kuneš et al. 2007). Praktická znalost managementu pěstování a využívání bříz v západní a střední Evropě je však stále poměrně slabá, a to i co se týče odpovídajícího výzkumu (Dubois et al. 2020; Martiník & Adamec 2016). A to zejména v porovnání se severní Evropou, severozápadním Ruskem a baltickými zeměmi, kde je březové dřevo komerčně nejvyužívanějším tvrdým dřevem (Dubois et al., 2020).

3.3.1 Využití v lesnictví

Břízy produkují významné množství lehkých semen, která jsou přenášena větrem na poměrně velké vzdálenosti, což dává břízám schopnost kolonizovat otevřená prostranství (Dubois et al. 2020). Jejich schopnost snadného osídlení degradovaných stanovišť například po požárech, intenzivním zemědělství či těžbě je důležitým faktorem pro zalesňování holých ploch (Prévosto & Curt 2004). I u nás byl potvrzen vysoký potenciál bříz pro přirozenou obnovu v oblastech zasažených odumíráním a chřadnutím alochtonních smrčín, kde je ovšem nutné počítat s vysokou světlomilností bříz a z ní vyplývajícími rozdíly při růstu na holině a pod porostem (Martíník & Adamec 2016).

Břízy jsou důležité i jako přípravné či výchovné dřeviny pro usnadnění růstu dalších cílových dřevin – trendy poslední doby cílí po obohacení druhové skladby, nikoli monokulturních lesích. V tomto ohledu byla například využita *B. pendula* ve francouzském pohoří Chaine des Puys, kde společně s borovicí lesní *Pinus sylvestris* umožnila úspěšné osídlení vybraných stanovišť původním bukem lesním *Fagus sylvatica*, kterému se v oblasti jinak nedařilo (Prévosto & Curt 2004). Například v Belgii, Francii a Spojených státech došlo v místech poškozených silnými bouřemi a hurikány nejprve k osídlení volných ploch březinami, ve kterých se později podařilo obnovit porosty komerčně významnějších dřevin, jako jsou duby či buky (Dubois et al. 2020). Podobné možnosti obnovy jsou známy i z ČR z míst, kdy břízy samovolně osídlily narušená a zdevastovaná stanoviště, s potenciálem k budoucímu výskytu cílových dřevin s nižšími nároky na světlo (Novák et al. 2017).

Především v nepříznivých podmínkách na extrémních stanovištích je vhodné pro zvýšení pravděpodobnosti uchycení vysazovaných druhů použití vyspělého sadebního materiálu, tzn. prostokořenných poloodrostků (51–120 cm) a odrostků (121–250 cm), u kterých byl dříve upraven kořenový systém. Využití takového materiálu pro obohacení druhové skladby monokultur jehličnanů je u nás poměrně novou a nepřilíživě ozkoušenou metodou, nicméně je jí využíváno například v Jizerských horách, kde slouží jako doplňková metoda k výsadbě běžných sazenic (Baláš et al. 2011). Balcar et al. (2010) upozorňují na lepší úspěšnost při výsadbách potomků místních populací než populací vzdálených – a to co se týče jak horizontální, tak vertikální vzdálenosti.

3.3.2 Pozitiva využití bříz

Vhodnost využití břízy pro obnovu lesa je daná v první řadě dobrými světelnými podmínkami díky morfologií jejich korun a ochranou dalších dřevin proti okusu, námraze a vysychání. Jednou z důležitých vlastností bříz je i zlepšování půdy, především díky rychlému rozkladu uhynulých kořenů a spadáných listů (Dubois et al. 2020). Podle Nováka et al. (2017) je nejvíce živin obsaženo v listech a větvích, které by tak měly být po prořezávání či kácení ponechány na místě pro zlepšení často živinově chudých půd. Rozklad březových listů, větví a kořenů zlepšuje kromě oběhu živin také porozitu půdy i filtraci vody a následně také růst cílových porostů (například Kanerva & Smolander 2007). Ačkoli mladé březové porosty redukuje sezónní změny teploty i teplotní extrémy, jejich efekt je o něco menší v porovnání se smrkem a je omezený během období po opadání listů. Na druhou stranu poskytují břízy lepší světelné podmínky než jehličnaté dřeviny (Novák et al. 2017; Dubois et al. 2020).

Neopomenutelnou je i jejich důležitost pro biodiverzitu: s břízami je spojen výskyt řady druhů fauny i flóry. Prostředí vytvářené břízami zlepšuje podmínky pro pozemní vegetaci, která podporuje různé druhy hmyzu (především opylovače a druhy živící se nektarem). Zlepšení půdních podmínek zvyšuje množství a diverzitu půdních organismů, které slouží také jako potrava pro rozličné druhy zvířat od hlodavců po savce (včetně například rejšků či jezevců) (Dubois et al. 2020). Bříza je používána také jako cílový druh ke zlepšení biodiverzity ptactva v monokulturách jehličnanů (Felton et al. 2011).

3.3.3 Negativa využití bříz

Využití bříz má samozřejmě také svá negativa – například již zmíněnou krátkověkost. Dřevo živých stromů má také nízkou odolnost proti napadení mikroorganismy. Hniloba kmenů je poměrně častým jevem zejména v oblastech, kde odumřelé větve nejsou v krátké době odlomeny např. tlakem sněhu, zůstávají na stromě a hniloba se tak šíří dále do kmene. Pokácené dřevo nesnese dlouhé skladování v otevřeném venkovním prostoru, protože je náchylné k napadení houbami i hmyzem (Dubois et al. 2020). Z hlediska využití břízy v lesnictví je podle Nováka et al. (2017) nevýhodou pro budoucí osídlení stanovišť jinými dřevinami i snížení dostupnosti půdní vláhy pro cílové dřeviny ve dvoufázových systémech pěstování (za použití břízy jako přípravné dřeviny). Dubois et al. (2020) zmiňují jako možný negativní faktor i příliš rychlý růst mladých bříz v prvních letech ve smíšených porostech, kde mohou zastíňovat další stromky a zpomalovat jejich růst – je proto důležitá intenzivní výchova mladých porostů.

Jak již bylo zmíněno výše, břízy jsou také často napadány škůdci. Zatímco většina druhů hmyzu škodí na listech a nezasahuje tak zdraví samotného stromu, evropské břízy jsou vážně ohroženy sršní evropskou *Vespa crabro germana*, která olupuje kůru zřejmě kvůli míze a na stavbu hnízd. Větve nad napadeným místem se často ulamují a dále vedou k následnému poškození dřeva stromu (Dubois et al. 2020). Roste i obava z šíření sršně asijské *Vespa velutina* a její možné hrozby pro břízy zasažené sršní evropskou. Častým škůdcem bříz je i *Phytobia betulae*, muška z čeledi vrtalkovitých *Agromyzidae*, která způsobuje černé zabarvení napadeného dřeva, vedoucí k jeho estetickému znehodnocení (Ylioja et al. 2000). Nejnebezpečnější pro evropské břízy je možné zavlečení severoamerického brouka polníka *Agrilus anxius*, který v průběhu 20. století způsobil vymírání eurasijských druhů vysazených v Severní Americe. Jeho přítomnost v Eurasii však nebyla potvrzena (Dubois et al. 2020). Neopomenutelné jsou také houbovitá onemocnění napadající břízy – například průtržka *Pyrenopeziza betulicola* či *Melampsorium betulinum* rostoucí na listech (Pasonen et al. 2004). Z býložravců břízy především v severní Evropě ohrožují stáda losa evropského *Alces alces*, který se ovšem v našich podmínkách nevyskytuje.

Jedním z negativních faktorů ovlivňujících vysazování bříz je fakt, že jejich pyl je závažným alergenem. V Evropě způsobuje alergii u více než 100 milionů lidí a je jedním z nejčastějších původců dýchacích potíží, včetně senné rýmy a astmatu. Za příznivých podmínek může být pyl přenášen větrem na stovky kilometrů a klimatická změna přináší nejen vyšší koncentrace pylu, ale i prodlužování pylové sezóny. Tím se zvyšuje negativní dopad bříz na lidské zdraví (Dubois et al. 2020).

3.4 Druhy bříz vyskytující se v ČR

Bříza bělokorá – *Betula pendula*

Bříza bělokorá (viz obr. 2), někdy označovaná též jako bříza bradavičnatá, dorůstá výšky až 30 m (v průměru 25 m). Její výškový růst na vhodných stanovištích vrcholí okolo 10–15 let, ustává přibližně v 50–60 letech (Úradníček 2010). Je světlomilná a roste převážně na chudších půdách, a zejména pak na vysoce kyselých stanovištích – naopak na půdách bohatých na živiny se téměř nevyskytuje. Upřednostňuje hlavně sušší stanoviště nad stanovišti vlhkými, ačkoli je schopna se adaptovat i na místa s vyšší vlhkostí. Celkově je k projevům klimatu poměrně lhostejná a úspěšně odolává i brzkým podzimním či pozdním jarním mrazům (Úradníček 2010). Mezi její běžné habitaty v rámci ČR patří lesy, hlavně

acidofilní doubravy, písčité a reliktní bory a také silikátové podklady. Druhotně roste také na pasekách, výsypkách, v remízcích a dalších ladem ležících plochách (Kříž 1990).

Bříza bělokorá se přirozeně vyskytuje na většině území Evropy až po Sibiř, její celkový areál ovšem není jednoduché určit z důvodu možné záměny s podobnými druhy či s hybridy (Úradníček 2010). Svým areálem zasahuje i do jižnějších oblastí, jako je Jižní Itálie, Řecko či Pyrenejský poloostrov. Zde je ovšem její výskyt limitován letními suchy (Beck et al. 2016). V ČR se vyskytuje na většině území, od nížin (s výjimkou lužních lesů) po horské oblasti do cca 1000 m n.m. (Kříž 1990), ačkoli z Evropy je znám i její výskyt v nadmořských výškách nad 1400 m n.m. (Úradníček 2010).

Koruna břízy bělokoré má nepravidelný, vejcovitý tvar. Mladé stromky mají borku načervenalé či žlutavě hnědou. Věkem se z hladké borky stává loupavě šedavě bílá až bílá, u starých stromů se v dolní části kmene tvoří hluboké brázdy. Větve nižších řádů jsou zpravidla převislé, zbarvené do hněda, letorosty mohou být buď holé, nebo pryskyřičnatě bradavičnaté (Kříž 1990). Čepel listu je široce vejčitá až vejčitá, s nejširším místem (2,5–5 cm) v dolní třetině listu. Listy jsou dlouhé 3–7 cm a mají 5–7 párů bočních žilek. Řapíky listů délky 1–3 cm (zhruba poloviny délky čepele) jsou lysé. Samčí jehnědy jsou převislé, za květu dosahují délky 3–7 cm. Samičí jehnědy jsou válcovité a znatelně kratší (zhruba 1–2 cm, za plodu zhruba 4–5 cm). Zpočátku rostou vzpřímeně, po opylení jsou převislé. Nažky dosahují délky okolo 2 mm. Stromy začínají plodit nejdříve v 10–15 letech, v porostech běžně až ve 20–30 letech (Kříž 1990; Úradníček 2010). Kořenový systém je mělký a silně rozvětvený (Úradníček 2010).

Vzhledem k tomu, že dobře snáší znečištěné i kyselé půdy, jsou břízy bělokoré využívanou pionýrskou, výchovnou a meliorační dřevinou. Vhodné jsou zejména pro zalesňování holých ploch po zdevastovaných lesích po lesních kalamitách, požárech i hospodářské činnosti (Kříž 1990). Jejich výsadba je vhodná pouze do 800–900 m n. m., vyšší nadmořské výšky mají na tento druh negativní dopad – způsobují zvýšenou úmrtnost vysazených stromů, sníženou hustotu i výškový růst (Balcar et al., 2010). Dřevo se často využívá k výrobě nábytku, listy jsou používány ve farmacii a společně s kůrou v lidovém léčitelství pro jejich diuretické vlastnosti. Neméně důležitá je i krajinnotvorná funkce a použití v rekultivaci. Mnohé variety jsou také významnými okrasnými stromy (například již zmíněná bříza karelská, u níž je hodnotné její dekorativní dřevo), (Beck et al. 2016; Kříž 1990).



Obr. 2: Břıza bělokorá. Zdroj: Biolib.cz, autor M. Deml.

Břıza pýřitá – *Betula pubescens*

Tento druh břízy (viz obr. 3) je tetraploidní, oproti bříze bělokoré dorůstá nižších výšek, maximálně okolo 20 m. Roste převážně na vlhkých, mokřadních stanovištích, slatinách a rašeliništích (Kříž 1990). Najdeme ji ve vlhkých acidofilních doubravách, rašelinných březinách i borech (Karlík 2010). Vyskytuje se v obdobném areálu jako břıza bělokorá po téměř celé Evropě. Není ovšem rozšířená tak daleko na jih, ale naopak zasahuje více na sever a na východ – patří mezi nejseverněji rostoucí evropské dřeviny (Beck et al., 2016). V rámci ČR se podle Kříže (1990) vyskytuje ostrůvkovitě po celém území, také ve vyšších nadmořských výškách, kde se zřejmě většinou jedná o hybridní populace. Kvůli výskytu stromů se znaky společnými pro *B. pubescens* i *B. pendula* je často zmiňována možnost jejich křížení (Karlík 2010).

Borka břízy pýřité je bílá, na rozdíl od borky břízy bělokoré spíše matná, také ve stáří není v dolní části rozpukaná. Větve nižších řádů směřují šikmo vzhůru, nejsou převislé.

Letorosty mají většinou červeno-hnědou barvu, nevznikají na nich pryskyřičné bradavky a také nejsou lysé – většinou jsou pýřité. Čepel listu i chlupatý řapík je stejné délky jako u předcházejícího druhu, také párových žilek na stranách listu mají stejně. Čepel má tvar eliptický až vejčitý, s nejširší částí zhruba uprostřed. Samičí jehnědy jsou o něco kratší, okolo 2,5–3 cm.

V lesnictví slouží bříza pýřitá jako pionýrská dřevina na půdách podmáčených a zrašeliněných (Kříž 1990). Je využívána zejména pro levné topné dřevo, ve skandinávských smrkových plantážích také zvyšuje biodiverzitu lišejníků a ptáků. V Chorvatsku je oblíbenou léčivou a aromatickou rostlinou. Z mízy se v minulosti ve východní Evropě tradičně vyrábělo březové pivo nebo víno, dnes má využití hlavně v kosmetice (Beck et al. 2016).



Obr. 3: Bříza pýřitá. Zdroj: biolib.cz, autor M. Kesl

Bříza karpatská – *Betula carpatica*

Tento tetraploidní druh břízy (viz obr. 4) dorůstá podle Kříže (1990) maximálně 12 m, podle Úradníčka (2010) 7 m. Břízy karpatské jsou známy jako keře i stromky s šikmými kmeny a nepravidelnou korunou. Jsou silně světlomilné, rostou zejména na rašelinných

stanovištích v horských oblastech i na okrajích horských smrčín. Velmi dobře snáší extrémní stanovištní podmínky včetně chladu a větru, i vysokou úroveň hladiny podzemní vody (Baláš et al. 2010). V rámci ČR se vyskytují zejména na extrémních stanovištích pohraničních hor, typicky v oblasti Jizerských hor (Kříž 1990) a na rašeliništích a lavinových drahách v Hrubém Jeseníku a v Krkonoších (Karlík 2010).

Původ břízy karpatské je poměrně sporný, někdy dokonce není uznávána jako samostatný druh a je označována za poddruh břízy pýřité. Podle Kuneše et al. (2019) není možné ji zcela jasně identifikovat ani v terénu na základě morfologických znaků, ani pomocí genetických laboratorních metod. Například podle Kříže (1990) se jedná o druh vzniklý hybridizací břízy pýřité s nějakým severským druhem břízy, často bývá jmenována jako hybrid *B. pubescens* a *B. pendula*.

Kořeny tohoto druhu jsou mělké a spletité, vystupující na povrch (Úradníček 2010). Zbarvení borky může být od bílé a žlutavé přes načervenalé hnědou a šedou až po černou. Letorosty jsou zpočátku mírně plstnaté, brzy však olysávají. Čepel listu má vejčitý tvar v délce 2,5–6 cm, řapík je dlouhý cca 0,8–2 cm. Postranních žilek mají listy většinou 6–7 párů (může jich ovšem být i 5 či 8). Samčí i samičí jehnědy jsou o něco kratší než u předchozích druhů. Bříza karpatská je vhodná k ochraně půdy na extrémně vlhkých stanovištích i ke stabilizaci lesních porostů (Kříž 1990), využívá se také jako pionýrská dřevina (Kuneš et al. 2007). Na rozdíl od břízy bělokoré je úspěšná její výsadba také ve vyšších nadmořských výškách (Baláš et al. 2010; Balcar et al. 2010).



Obr. 4: Bříza karpatská. Zdroj: biolib.cz, autor M. Hroneš.

Bříza trpasličí – *Betula nana*

Jak její název napovídá, jedná se o nízkou keřovitou dřevinu (viz obr. 5), dosahující do výšky okolo 1 m (v průměru 20–50 cm), (Kříž 1990). Roste zejména na kyselých rašelinných tundrách a horských vrchovištích. Je světlomilná, upřednostňuje otevřené prostranství a je schopna růst i na čisté rašelině. Snese jak vlhkost (včetně vody trvale na půdním povrchu), tak sucho (Úradníček 2010). Podle Kříže (1990) se vyskytuje také na sekundárních stanovištích, jako jsou okraje vytěžených borkovišť. Bříza trpasličí je rozšířena zejména na severu Evropy a Severní Ameriky, poměrně hojná je na Islandu a v Grónsku. Izolované lokality zasahují až do střední Evropy – v ČR patří mezi jednu z nejvzácnějších dřevin, je u nás dokonce chráněna zákonem. Vyskytuje se defacto jen na vrchovištích Krušných hor a Šumavy, dříve zřejmě i v Českém lese, Orlických horách a Jizerských horách.

Její postranní větve ležící nad povrchem snadno zakořeňují, díky čemuž se keř vegetativně šíří do okolí (Úradníček 2010). Borka je málo loupavá a tmavá, u mladších keřů hnědá, u starších dočerna. Její listy jsou drobné a okrouhlé, s 2–4 páry postranních žilek. Čepel je dlouhá přibližně 0,4–1,2 cm a široká 0,5–1,5 cm, řapík dosahuje délky okolo 1–2 mm (Kříž 1990). Vzhledem k jejímu omezenému výskytu nemá v ČR využití, kromě občasného pěstování na okrasných skalkách (Úradníček 2010). V Severní Americe bývá používána místními indiánskými kmeny především pro přípravu čaje proti bolesti žaludku, míza je vhodná také jako sladidlo či na výrobu sirupu. Neopomenutelná je také její důležitost jako potravy mnoha divokých zvířat, například jelenů, losů, sobů, zajíců, i mnoha druhů ptáků (Lahring 2003).



Obr.5: Bříza trpasličí. Zdroj: biolib.cz, autor L. Konečný

Bříza ojcovská – *B. oycoviensis*

Taxonomie břízy ojcovské není příliš jasná. Někteří z autorů tvrdí, že existují znaky, podle kterých je možné Břízu ojcovskou rozpoznat, zejména pak z důvodu morfologických odlišností (například Baláš et al. 2016 identifikovali 15 výrazně rozdílných znaků) nicméně podle jiných autorů (například Kuneše et al. 2019) se geneticky shoduje s *B. pendula* a jedná se tak pouze o varietu břízy bělokoré. Bříza ojcovská (viz obr. 6) se vyskytuje nejčastěji ve formě keřů vysokých 3–5 m, méně časté jsou i nízké stromky s borkou bílé až šedé barvy u starších stromů, červenavě hnědé u stromků mladých (Kříž 1990; Úradníček 2010). Letorosty břízy ojcovské jsou červenohnědé a lysé. Čepel listů je kosníkovitá, dlouhá cca 1,5–3 cm a široká 1–2 cm. Řapík je načervenalý, na okrajích listů je 4–5 párů postranních žilek (Kříž 1990). Pro břízu ojcovskou je charakteristické velmi brzké kvetení i plození (již ve 2 letech). Druh byl identifikován na konci 20. století. Vyskytuje se pouze na několika izolovaných lokalitách v Polsku, Dánsku, Švédsku, na Ukrajině, a také na našem území – i v ČR se jedná o vzácný druh, známý pouze z jediné lokality v okolí Volyně v Krušných horách (Úradníček 2010).



Obr.č. 6: Bříza ojcovská. Zdroj: biolib.cz, autor M. Kesl

Bříza tmavá – *Betula obscura* (*B. pendula* var. *obscura*)

Bříza tmavá (viz obr. 7) je některými autory (například Kříž 1990; Ostapiuk et al. 2021) uznávána jako samostatný druh, někdy je však označována za poddruh/varietu břízy bělokoré, což vyplývá i z nedávné genetické analýzy provedené ve výzkumu Jadwiszczak et al. (2021). Od břízy bělokoré se liší především červenohnědou až černou borkou, která je neloupavá (Kříž 1990), jinak se morfologicky shodují (Úradníček 2010). Její výskyt je vzácný, roste zejména v zalesněných oblastech střední a východní Evropy (Polsko, Slovensko, Ukrajina), (Ostapiuk et al. 2021), v rámci naší země se vyskytuje pouze sporadicky v oblasti severní Moravy (Úradníček 2010). Kvůli jejímu omezenému výskytu není příliš využívána, ačkoli výzkum Ostapiuk et al. (2021) naznačuje její možné využití ve farmacii či kosmetice.



Obr.č. 7: Bříza tmavá. Zdroj: plantarium.ru, autor V. Heluta

3.5 Lokalita Jizerské hory

Jizerské hory jsou nejsevernějším pohořím ČR, jejich východní část zasahuje také do Polska. Po dlouhou dobu byly považovány za součást Krkonoš. Z geologického hlediska se jedná o pohoří vzniklé v průběhu prvohor s charakteristickými plošinami, zaoblenými hřbety a širokými údolímí. Stejně jako sousední Krkonoše jsou Jizerské hory již po miliony let vystaveny intenzivnímu zvětrávání. Typickými půdami střední části Jizerských hor jsou často zrašeliněné kambizemní podzoly, ve výškách nad 1000 m n. m. podzolové půdy, na rašeliništích pak organozemě a organozemní gleje. Ve vyšších polohách se nacházejí oproti jílovitohlinitým půdám nižších poloh půdy lehčí s vyšším podílem šterku. Půdy Jizerských hor jsou většinou kyselé (pH 3,5–5,5). Pro pohoří je charakteristická hustá říční síť a rozsáhlé přírodní zdroje povrchové vody včetně minerálních pramenů. Jizerské hory leží na rozvodí Severního a Baltského moře, většina početných místních vodních toků pramení na vrchovištích náhorní plošiny. Vodní režim oblasti je zásadně ovlivňován lesními komplexy a rašeliništi.

CHKO Jizerské hory o ploše 368 km² byla vyhlášena v roce 1967 zejména kvůli vysoké lesnatosti území (73 %). Nejvyšším vrcholem české části Jizerských hor je Smrk (1124 m n. m.), významnou horou je také Bukovec (1005 m n. m.), který je znám jako nejvyšší čedičová kupa střední Evropy. Lesní porosty, kvalita místní vody i půdní poměry v Jizerských horách byly zdevastovány především dlouhodobou imisní zátěží, hmyzími škůdci (lýkožrouty) a špatným lesním hospodařením. Kombinací těchto negativních faktorů v čele s odtěžením smrkových porostů náhorních plošin došlo ke vzniku rozsáhlých holin, jejichž zalesňování je dodnes v řešení. Znečištění ovzduší je v oblasti stále závažné.

Na druhé straně se v Jizerských horách vyskytují i zachovalá území přirozených společenstev. V posledních letech je při obnově místních porostů kladen důraz hlavně na návrat k metodám přírodě blízkého hospodaření, především na zvyšování zastoupení listnatých dřevin. V současnosti k nejcennějším lesním porostům v oblasti patří bukové porosty a podmáčené smrčiny na rašeliništích, extrémně fragmentované a vzácné jsou i zbytky původních porostů smrku. Obnova porostů se setkává s problémy nejen v důsledku znečištění a degradace prostředí, ale také kvůli vysokým počtům spárkaté zvěře (AOPK ČR 2021).

Jizerské hory patří mezi území s mírně chladným podnebím bohatým na srážky. Vzhledem ke značným rozdílům v nadmořské výšce území (od 350 do 1 124 m n. m.) jsou

zde značné rozdíly v klimatických podmínkách. Průměrná roční teplota vzduchu je okolo 5,8 °C (VÚLHM Jíloviště-Strnady 2003–2004), průměrné lednové teploty se pohybují mezi -7 a -3 °C, červencové pak v rozmezí 12–16 °C. Jizerské hory jsou oblastí ČR s nejvyšším průměrem denních, měsíčních i ročních srážek. Roční úhrn se pohybuje okolo 800–1 700 mm, přibližně 65 % z nich spadne v průběhu vegetačního období, které trvá (v závislosti na nadmořské výšce) okolo 120–180 dní. Oblast je pokrytá sněhem v průměru 140–160 dní v roce. Pro Jizerské hory jsou charakteristické také časté teplotní inverze (AOPK ČR 2021), zejména v údolích Jizery a Jizerky, kde téměř celoroční přízemní mrazy komplikují obnovu porostů. Ve vyšších nadmořských výškách převládá severní a severozápadní proudění vzduchu, které mělo v minulosti za následek přísun imisí především oxidu siřičitého z Polska a Německa (VÚLHM Jíloviště-Strnady 2003–2004).

3.5.1 Výzkumné plochy Jizerka, Panelka

VP Jizerka se nachází na Středním Jizerském hřebenu na kalamitní holině, která vznikla po celoplošném vytěžení imisemi poškozeného smrkového porostu. Založena byla v roce 1990 cca 1,5 km severně od obce Jizerka v nadmořské výšce 950–980 m n. m. Hlavním půdním typem na stanovišti je horský humusový podzol, částečně také rašelinný podzol. Geologickým podkladem je biotitická žula. Stanoviště se řadí do lesního typu kyselá smrčina třtinová. Hlavní cíle výzkumu na VP se zaměřují především na sledování a vyhodnocování stavu a vývoje výsadeb přibližně 30 druhů dřevin a vlivů zde použitých melioračních a fyto-melioračních opatření. Také se soustředí na zkoumání reakcí dřevin na místní stresy a dynamiku růstových podmínek dřevin. Sledovány jsou také místní klimatické podmínky.

VP Panelka, založená pracovníky ČZU Praha, se nachází v mrazové kotlině pod vrchem Bukovec (1005 m n. m.), přesněji na okraji vesnice Jizerka.

Výsledky studií jsou využívány pro návrhy na opatření pro obnovu místního lesního porostu v oblasti poškozené imisemi.

V období let 1997–2010 byl naměřen roční úhrn srážek v průměru 1 135 mm (nejnižší byl v roce 2003: 690 mm, nejvyšší v roce 2010: 1 561 mm), což bylo méně než v předchozích obdobích i méně, než je průměr oblasti Jizerských hor. Obdobně jako v celých Jizerských horách je četnost srážek na VP vyšší ve vegetačním období (od května do října), s nejvyšším množstvím srážek v červenci a srpnu, nejnižším v dubnu, únoru a prosinci. Sníh pokrývá

území VP převážně v období od listopadu do dubna. Objemová vlhkost půdy v měřeném období 1997–2010 se pohybovala od 16 do 57 % (Balcar et al. 2012).

Teplota vzduchu na VP Jizerka (měřená 200 cm nad povrchem) v rámci dlouhodobého ročního průměru let 1997–2010 byla 5 °C – nejchladnějším rokem byl rok 2010 s průměrem 3,4 °C. Nejnižší denní teploty byly průměrně naměřeny v prosinci a lednu, nejvyšší pak v červenci a srpnu. Průměrná teplota půdy (měřená 20 cm pod úrovní terénu) v daném období byla 6 °C, pohybovala se mezi -0,7 °C a 16,4 °C. Byl zaznamenán pouze jeden dlouhodobý pokles teploty pod bod mrazu v období prosinec 2009 až duben 2010, který byl způsoben nízkou teplotou vzduchu a nízkou vrstvou sněhu.

Pro vývoj porostu na VP je velmi důležitá i rychlost a směr větru a jeho proměnlivost. Dále je sledováno, jak odrůstající lesní porost ovlivňuje dynamiku větru. V prvních letech výzkumu (po roce 1997) se na VP vyskytovalo téměř bezlesí. Četnost výskytu větru s vyššími stupni intenzity tak byl v porovnání s následujícími obdobími znatelně výraznější. Nejčastějším a nejsilnějším větrem byl vítr jižní, dále jihozápadní, jihovýchodní a severní. Průměrná rychlost větru za první dva roky výzkumu byla 3,7 m/s. V následujících letech s rostoucím porostem dřevin byl zjištěn vyšší podíl bezvětří a znatelné snížení rychlosti větru. V letech 2000–2003 se průměrná rychlost větru snížila na 3,07 m/s, v letech 2004–2007 na 1,9 m/s. V posledním měřeném období 2008–2010 se na stanovišti již nevyskytovaly nejvyšší stupně větru, převládal jihozápadní vítr a průměrná rychlost se pohybovala okolo 1,5 m/s (Balcar et al. 2012a).

4 Metodika

4.1 Založení výzkumné plochy

Metodika této práce vychází z projektu založeného v roce 2008 na výzkumné ploše Panelka. Z typologického hlediska převažují kyselé půdy, ve druhé části, nacházející se u příjezdové panelové cesty, je půda značně podmaččená. Nadmořská výška zde dosahuje přibližně 855 metrů nad mořem a její GPS souřadnice jsou 50.8192744N, 15.3520278E.

4.2 Výsadba cílové dřeviny

Na tomto pozemku byla v letech 2008–2009 provedena výsadba *Betula pubescens*. V první fázi výsadby došlo k vysazení 756 kusů obalovaných sazenic s výškou do 40 cm. Druhou skupinou vysázených jedinců byly poloodrostky s výrazným výškovým rozdílem. Jednalo se o 440 kusů o výšce od 80–150 cm. V roce 2009 došlo v návaznosti na vysokou mortalitu obalovaných sazenic z předchozího roku k dosazení do volných řad mezi stávajícími. Tentokrát se jednalo opět o poloodrostky o výšce 120–180 cm.

4.3 Přihnojování jedinců

Z hlediska přihnojování byli vysazení jedinci rozděleni do několika skupin (variant). Sazenice z roku 2008, tedy z první fáze výsadby, nebyly z důvodu vysokého procenta mortality přihnojovány vůbec. U poloodrostků z roku 2008 proběhlo přihnojování takto:

- Varianta č.1 sloužila jako tzv. kontrolní, tudíž nebyla přihnojována vůbec. Kontrolní varianty jsou později označovány jako K(M), tedy kontrolní varianta malých poloodrostků, a K(V) jako kontrolní varianta velkých odrostků.
- Varianta č. 2 byla obohacena přípravkem Silvamix Forte. Tento přípravek obsahuje značné množství Fosforu, Dusíku a Draslíku a v menší míře je zde zastoupen i MgO, neboli Oxid hořečnatý. Aplikace tohoto přípravku byla individuální, a sice ke každému z jedinců byly aplikovány 3 tablety po 10 g. Tuto variantu níže najdeme pod zkratkou S.
- Ve 3. Variantě byl mimo Silvamix forte aplikován i Fosmag MK a tím došlo k obohacení o vápník a hořčík v množství 30g/kus. Označení této varianty je proto S+F.

Druhá část výsadby byla rozdělena pouze do 2 variant:

- 1. Varianta sloužila opět jako kontrolní.
- 2. Varianta obsahovala hnojivo Fosmag MK, tentokrát v silnější dávce 50 g/kus. Tato varianta je později označována jako varianta F.

4.4 Data z měření

Na základě předešlých měření od roku 2009 proběhlo v srpnu roku 2020 další ze série měření. Cílem tohoto měření bylo získání dendrometrických údajů o všech jedincích z výsadby. Jednalo se o výšku, tloušťku a velikost koruny. Data byla statisticky posouzena prostřednictvím parametrické analýzy rozptylu, resp. neparametrické Kruskal-Wallisovy analýzy. Zvolená hladina významnosti byla $\alpha = 0,05$.

Z první části výsadby, která byla přihnojována na jaře roku 2009, byly v září 2020 náhodně vybrány vzorníkové stromy, a to 6 kusů na jednu variantu přihnojení. Před provedením náhodného výběru byly z databáze vyloučeni silně poškození jedinci, aby vybrané vzorníky co nejlépe reprezentovaly charakter porostu. Vzorníkové stromy byly následně odřezány ve výšce, kde kmínky dosahovaly 2 cm tloušťky. Od kmínků byly odděleny pomocí ručního nářadí větve a listy, jež byly následně uloženy do plastových pytlů. Ty byly důkladně popsány, aby se předešlo případné záměně.

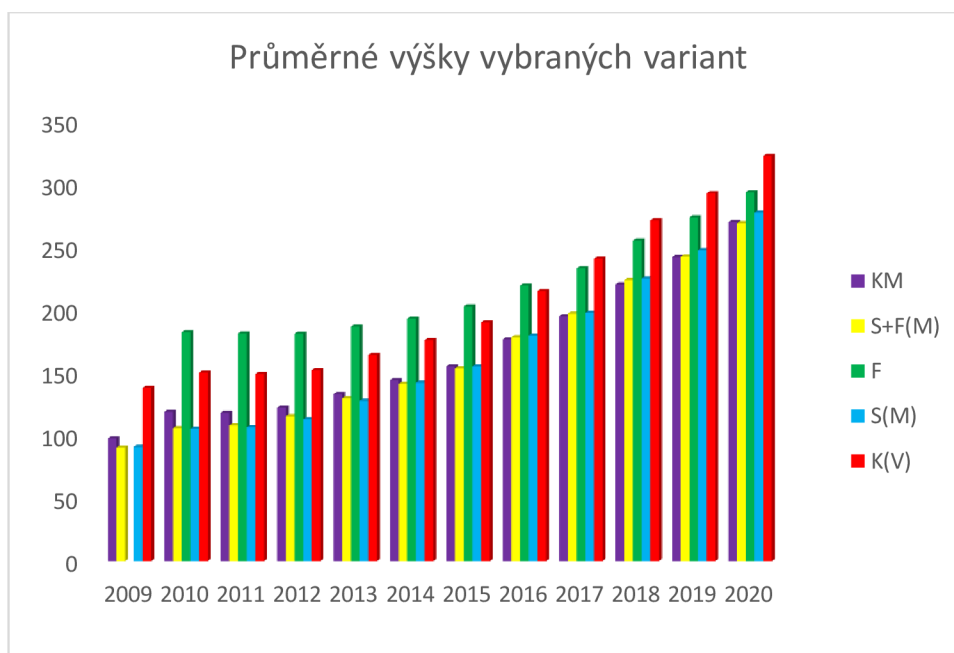
První skupina vzorků, a sice větve s listy a vršky stromů, které nepřesahovaly tloušťku 2 cm, byla převezena do laboratoře za účelem dalšího zpracování. Tam došlo k částečnému vyschnutí vzorků a krácení větví na menší vzorky.

Druhá skupina, kterou tvořily kmínky stromů s průměrem vyšším než 2 cm, se rozdělila díky jednodušší manipulaci do stejně velkých sekcí a následně byla rovněž převezena do laboratoře. V syrovém stavu byly kmeny odkorněny, popsány a kůra se uložila do krabic a byla ponechána volnému vysychání v prostorách laboratoře. Kmeny byly postupně vkládány do sušárny a následně proběhlo zjišťování jejich hmotnosti. Sušení probíhalo při 103 °C do doby, než vzorky dosáhly konstantní hmotnosti (od cca 3 hodin v případě listů do cca 40 h v případě kmínků). Celý proces sloužil k vyhodnocení množství biomasy v jednotlivých složkách rostliny. Výsledky týkající se zpracování údajů o biomase nejsou předmětem předkládané práce a budou po svém zpracování prezentovány v další fázi výzkumu.

5 Výsledky a diskuze

5.1 Stanovení průměrné výšky

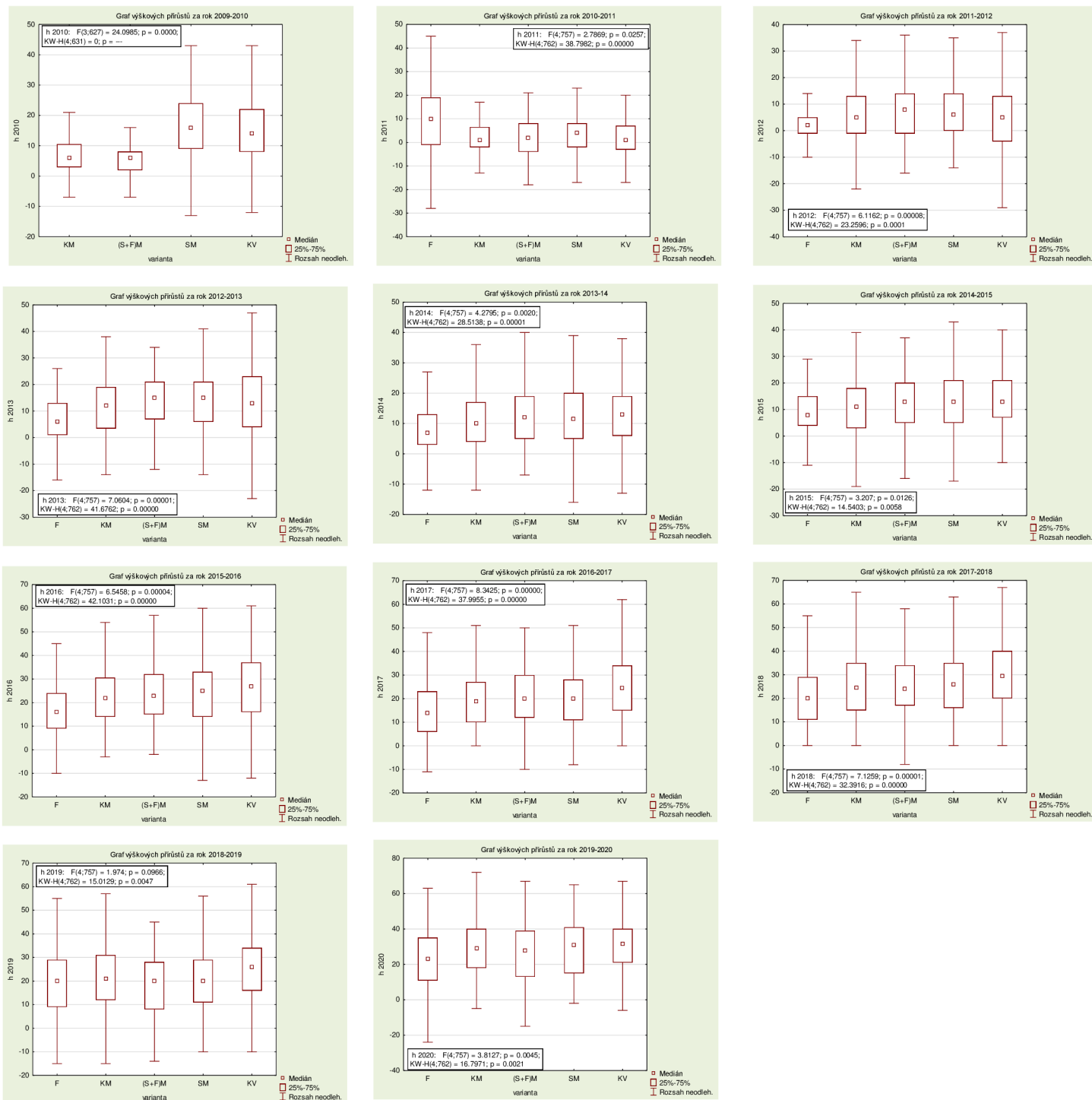
Průměrné výšky všech variant *Betula pubescens* na výzkumné ploše z let 2009–2020 znázorňuje graf č. 1:



Graf č. 1: Průměrné výšky jednotlivých variant ve výsadbě břízy pýřité v lokalitě Jizerka-Panelka. Osa y – přírůsty v mm; Osa x- jednotlivé roky

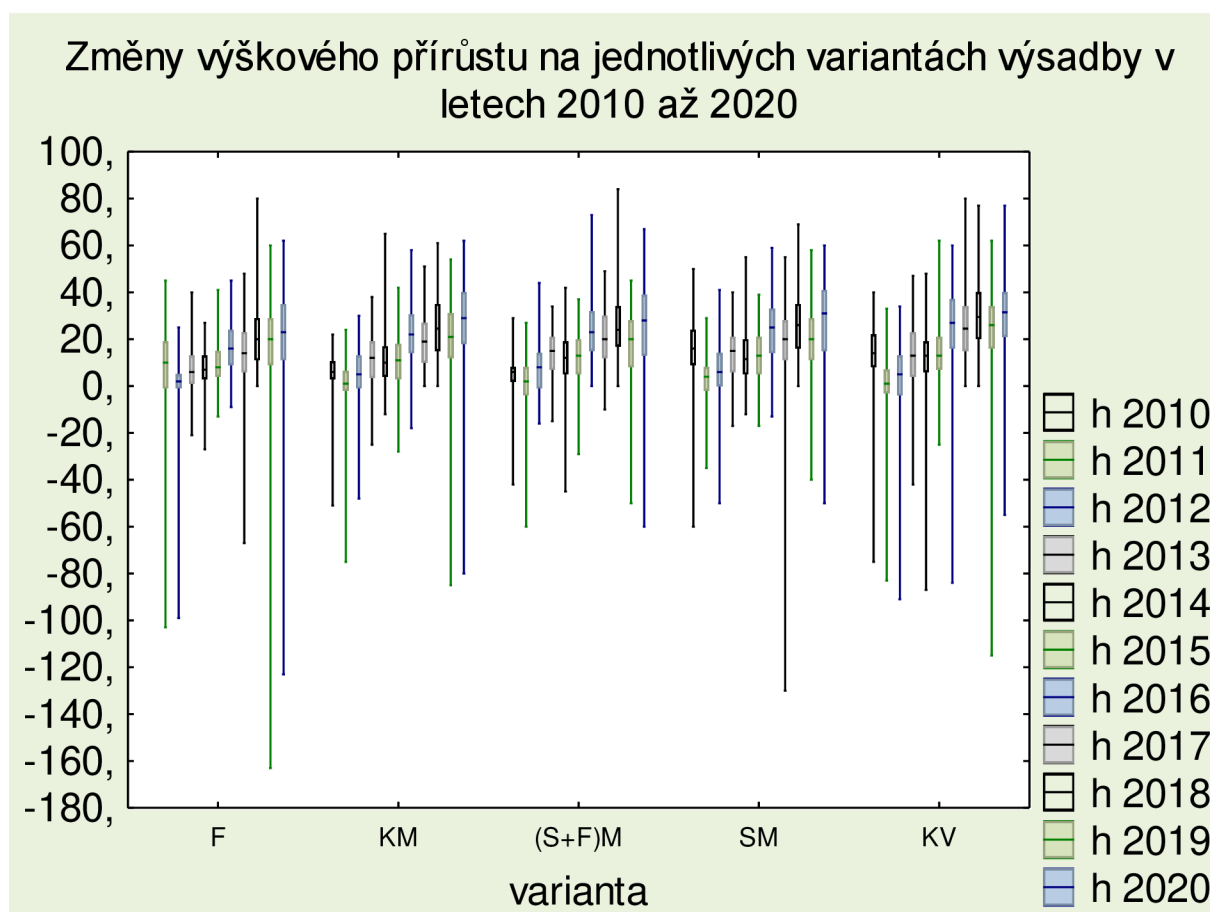
Z grafu můžeme vypočítat výškový vývoj jednotlivých variant v průběhu let 2009 až 2020. U kontrolní varianty KM je vidět úbytek rychlosti růstu od roku 2011 například oproti variantám S(M) a S+F(M), které poté v roce 2015 dosahují prakticky stejných hodnot a varianta S(M) následně vykazuje i mírný vzestup oproti kontrolní metodě KM. Metoda F, tedy varianta s přihnojováním hnojivem Fosmag MK v dávce 50g/kus, do roku 2014 prakticky stagnuje. Až v roce 2015 je vidět mírný výškový přírůst, který se zvyšuje i v následujících letech. V porovnání kontrolní metody KM s přihnojovanými metodami S+F(M) a S(M) lze podle tohoto grafu říci, že v prvních letech výsadby mělo přihnojení daných variant mírně příznivý vliv na jejich vývoj.

5.2 Stanovení výškových přírůstků



Graf č. 2-12 – Výškové přírůsty za sledované období 2009 až 2020 u vybraných variant výsadby na lokalitě Jizerka-Panelka. V prvních letech po výsadbě dosahují jedinci ročního

přírůstu v rozmezí 0-15 cm ročně. Teprve mezi lety 2015-2016 dosahuje většina z variant průměrného ročního přírůstu hranici 20 cm. Nejpomaleji vzrůstá průměr u varianty F, která hranici 20 cm dosahuje až v letech 2017-2018. Naopak nejvyšších hodnot nabývá až do roku 2019 metoda K(V), kdy ji později dorovnávají metody SM a KM. Vysoké rozdíly mezi odlehlými hodnotami mohou být způsobeny mnoha faktory. V prvním případě se může jednat o chybu v přesnosti měření, tedy chybou člověka. Nesmíme opomenout ani fakt, že výsadba se nachází v mrazové kotlině, a tudíž i výkyvy teplot a především námraza může mít značný vliv na celý vývoj jedinců.



Graf č. 13: Vývoj a změny výškových přírůstů jednotlivých vybraných variant výsadby Břízy pýřité na lokalitě Jizerka-Panelka v závislosti na jejich přihnojování. Osa y zobrazuje hodnoty ročních přírůstů v cm; osa x zobrazuje jednotlivé varianty výsadby. Takřka u všech výsadeb jsou znatelné rozdíly v přírůstech v prvních letech výsadby. Od roku 2012 nastává usměrnění hodnot a další silné odchylky od mediánu jsou k vidění v letech 2017 a 2019, kdy jsou odlehlé hodnoty nejvyšší. V rámci porovnání všech metod společně se hodnoty nejvíce odchylují od mediánu u varianty KV, avšak nejodlehlejší hodnoty dosahuje metoda F v roce 2019, kdy se blíží hranici -160 cm. Důvodem toho, že odlehlé hodnoty většiny variant jsou

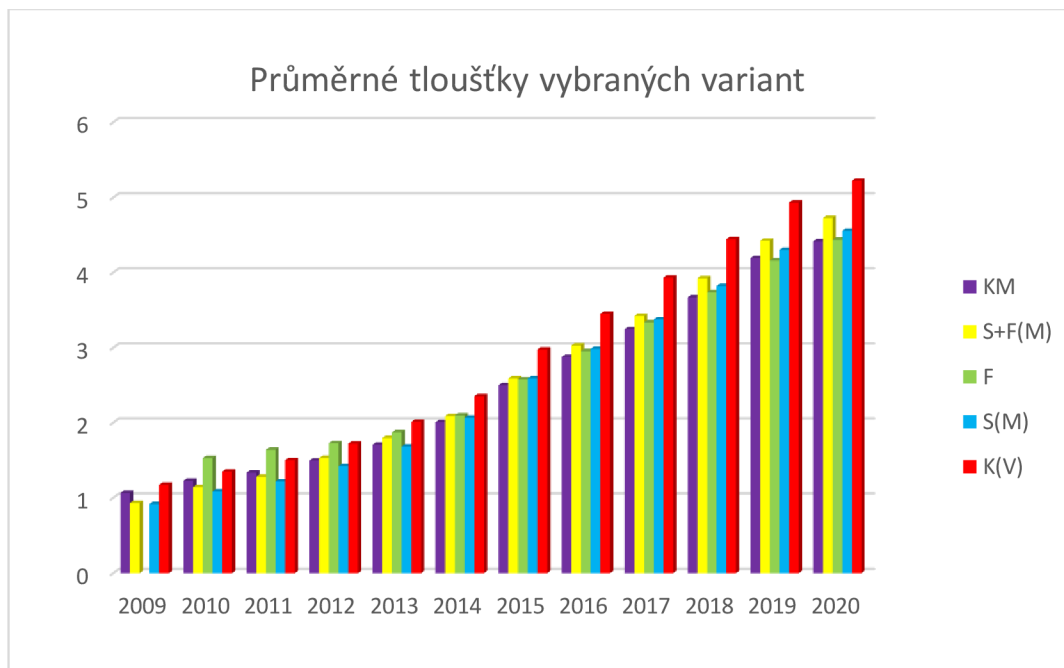
nejvýraznější zejména v prvních letech od výsadby a poté v posledních dvou letech, kdy bylo měření prováděno, mohou být opět zhoršené klimatické podmínky, avšak k tomu by byla zapotřebí další analýza spolu s meteorologickými údaji z dané lokality.

	Popisná statistika																		
	F			KM			(S+F)M			SM			KV			ANOVA		Kruskal-Wallis	
	Průměr	Rozmezí hodnot		Průměr	Rozmezí hodnot		Průměr	Rozmezí hodnot		Průměr	Rozmezí hodnot		Průměr	Rozmezí hodnot		výsledek	p-value	výsledek	p-value
2010				5,99	-78	24	4,6	-43	46	7,94	-108	52	7,01	-131	43	24,56	<0,001	-	-
2011	4,08	-181	96	-1,45	-130	27	0,2	-82	83	0,36	-62	36	-5,11	-146	39	2,79	>0,001	38,8	<0,001
2012	-0,82	-130	26	4,37	-54	34	7,5	-44	58	4,01	-60	44	1,19	-132	37	6,12	<0,001	23,26	<0,001
2013	7,19	-22	62	11,14	-29	46	14,3	-17	74	11,29	-78	41	11,04	-60	52	7,06	<0,001	41,68	<0,001
2014	6,46	-143	32	11,51	-31	67	12	-64	55	11,51	-33	55	8,89	-230	57	4,28	>0,001	28,51	<0,001
2015	9,79	-24	41	10,34	-37	44	12,4	-48	84	11,54	-23	43	13,09	-31	84	3,21	>0,001	14,54	>0,001
2016	16,94	-10	49	21,72	-60	69	24,7	-2	75	21,8	-83	60	23,16	-102	61	6,55	<0,001	42,1	<0,001
2017	13,93	-124	57	19,96	-20	75	20	-144	50	11,36	-244	63	22,37	-163	111	8,34	<0,001	37,99	<0,001
2018	21,35	0	94	25,16	-52	65	26,3	-8	85	22,49	-177	84	27,79	0	83	7,13	<0,001	32,39	<0,001
2019	14,24	-235	70	19,64	-120	57	16,5	-136	45	16,46	-104	59	19,75	-183	65	1,97	>0,001	15,01	>0,001
2020	19,94	-125	63	27,68	-145	72	26,4	-75	79	23,54	-112	65	27,18	-97	84	3,81	>0,001	16,8	>0,001

Tab.č. 1: Tabulka popisné statistiky zobrazující průměry a rozmezí minimálních a maximálních hodnot výškového přírůstu u vybraných variant výsadby břízy pýřité. Dále jsou zde k vidění výsledky statistických testů Anova a Kruskal-Wallis. Z těchto výsledků je patrné, že přihnojování výsadeb některými hnojivy mělo příznivý vliv na její vývoj. Výrazné rozdíly mezi minimálními a maximálními hodnotami mohou být způsobeny například chybou v měření či extrémními klimatickými podmínkami.

5.3 Stanovení průměrných tloušťek

Průměrné tloušťky krčků všech variant *Betula pubescens* získané z údajů z let 2009–2020 zobrazuje graf č. 15:



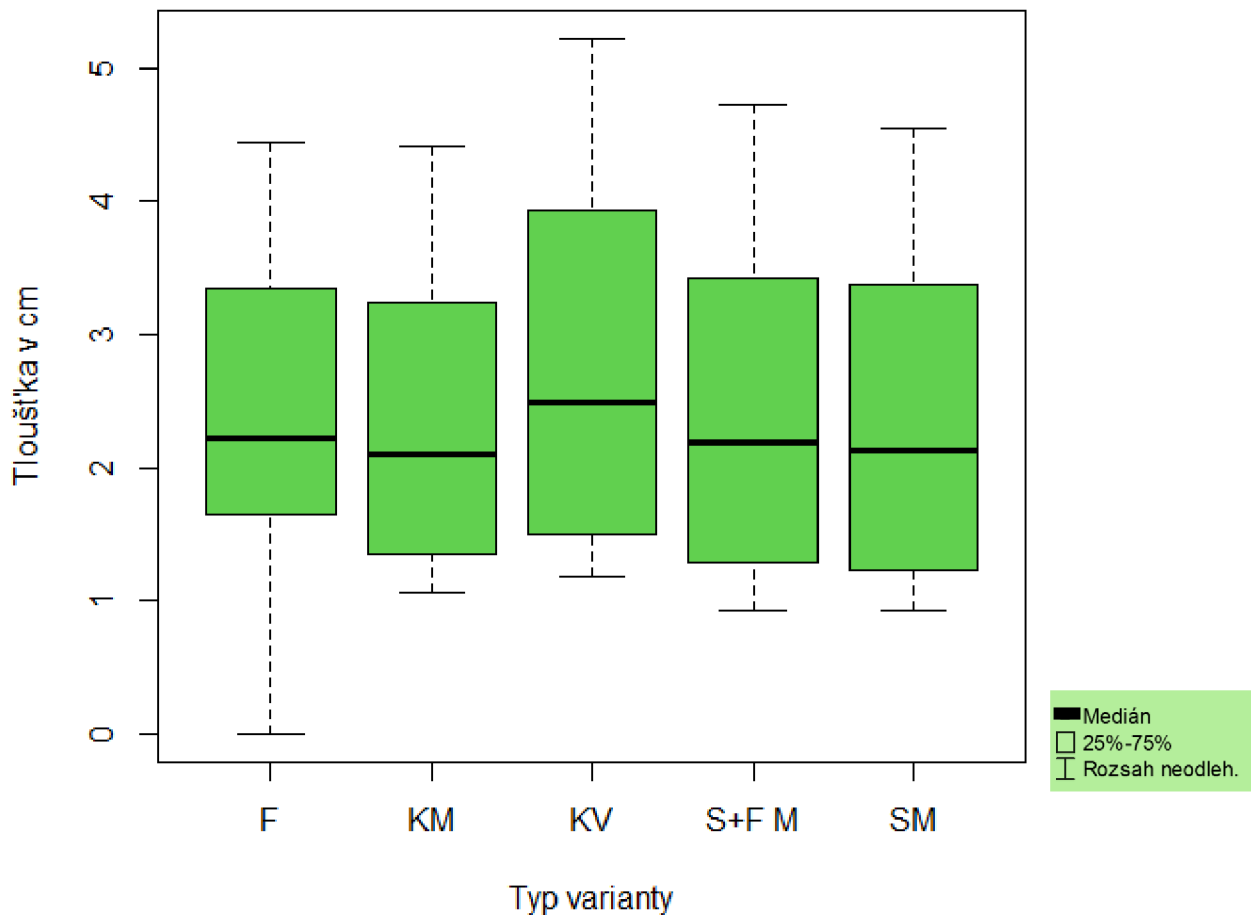
Graf č. 14: Průměrné tloušťky vybraných variant ve výsadbě břízy pýřité v lokalitě Jizerka-Panelka.

Zde zobrazený graf nám podobně jako graf č. 1 umožňuje sledovat postupný vývoj jednotlivých variant od roku 2009 až do roku 2020. Tentokrát byla ale pozorovanou veličinou tloušťka jedinců. U kontrolní varianty KM vidíme opět postupné zaostávání oproti variantám S+F(M) nebo S(M), tak jako tomu bylo u průměrných výšek. Avšak je zde také viditelný rozdíl mezi dvěma zmíněnými hnojenými variantami, kdy v případě výškového přírůstu dosahovala v roce 2020 vyšších hodnot varianta S(M), zatímco v případě přírůstu tloušťkového variantu S+F(M). U varianty F je jasně viditelná rychlá ztráta počátečního náskoku oproti ostatním variantám a následný pokles až na úroveň varianty KM.

Stejně jako u grafu č.1 vidíme mírně příznivý vliv přihnojování u variant S(M) a S+F(M), které v roce 2014 přesahují hodnoty kontrolní varianty KM.

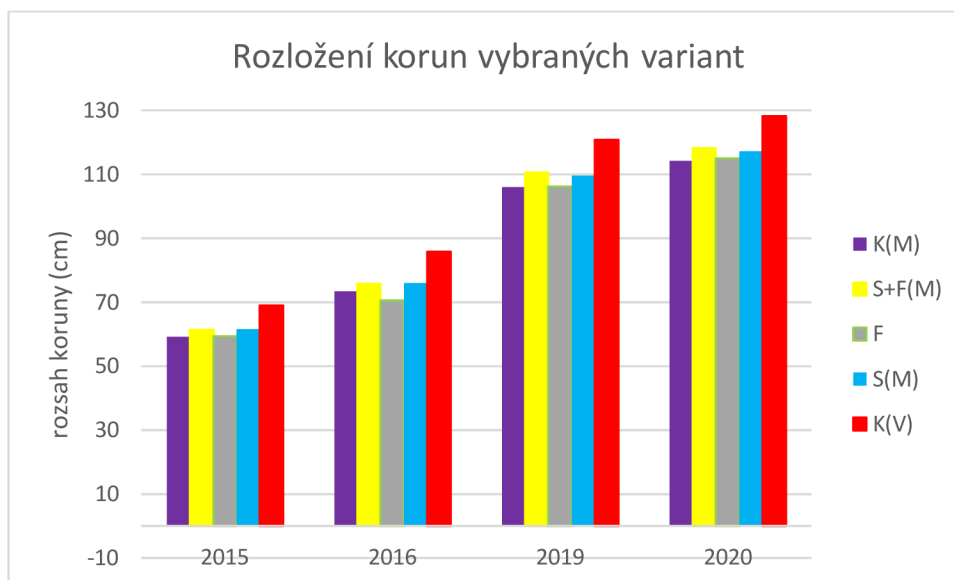
Pro lepší vyobrazení vybraných dat byl vytvořen tzv. krabicový graf, na kterém jsou znázorněny mediány, horní a dolní kvartily a odlehlé hodnoty u jednotlivých variant výsadby.

Průměrné tloušťky pro jednotlivé varianty výsadby



Graf č. 15: Krabicový graf zaměřený na hodnoty průměrných tlouštěk u jednotlivých variant výsadby *Betula pubescens* na lokalitě Jizerka-Panelka za období 2009-2020. Průměrný roční tloušťkový přírůst se u všech variant pohybuje v rozmezí 2 až 2,5 cm za rok. Nejvyšších hodnot dosahuje kontrolní metoda velkých odrostků KV. Tato skutečnost je způsobena počáteční velikostí vysazovaných odrostků u této varianty. Zajímavostí je varianta F, jejíž spodní odlehlá hodnota sahá až na hranici 0 cm za rok.

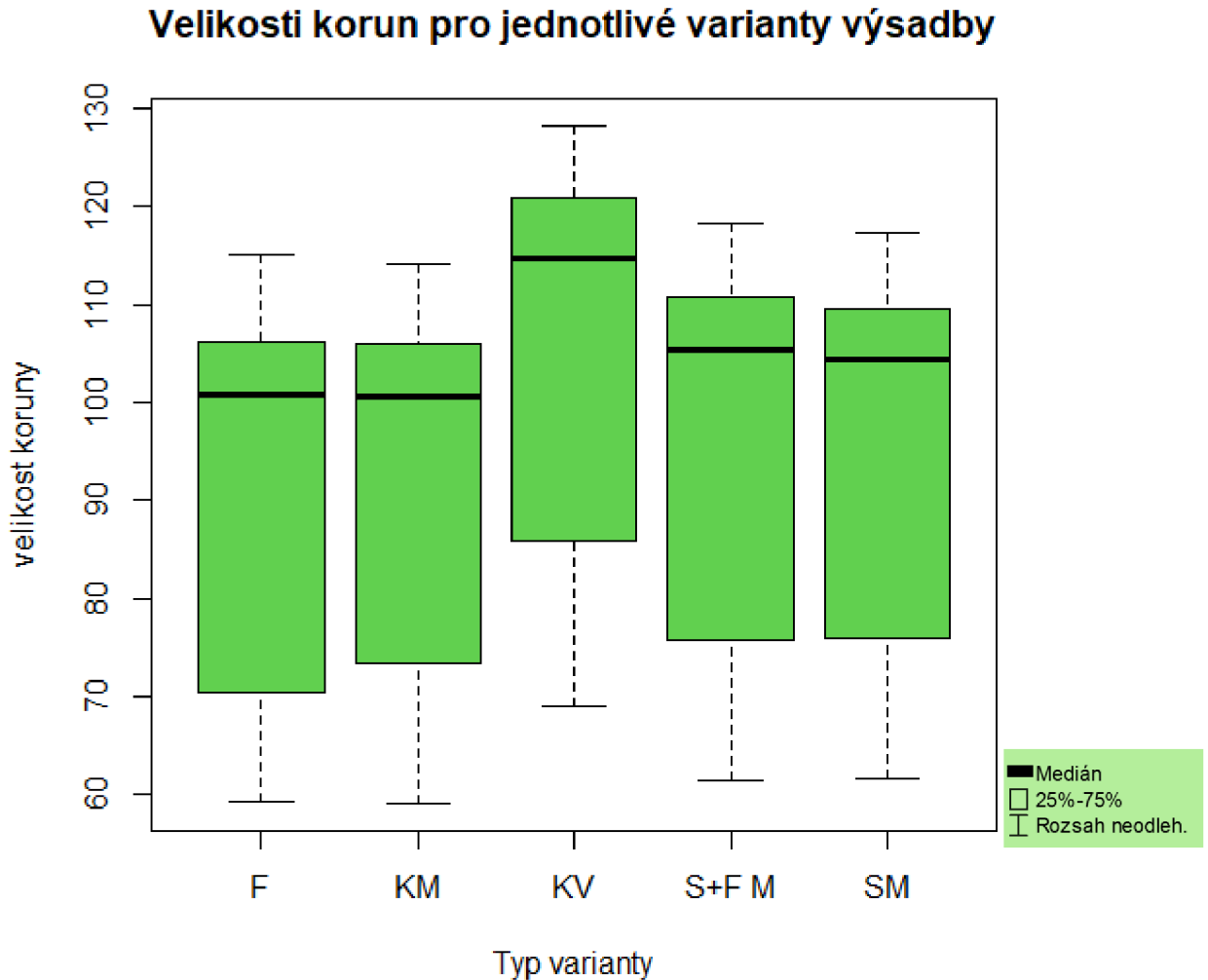
5.4 Velikost korun



Graf č. 16: Velikost korun jednotlivých variant výsadby břízy pýřité v lokalitě Jizerka-Panelka.

Na tomto grafu je možné pozorovat vývoj velikosti (průměru) korun u vybraných variant vysazených jedinců *Betula pubescens*. Vzhledem k pomalému rozrůstání korun a bylo první měření provedeno až v roce 2015, kdy již došlo k výraznějšímu rozvětvení kmínku a průměrná velikost koruny dosahovala alespoň 50 cm. Z důvodu relativně pomalého růstu korun a nižší přesností měření velikosti korun, což je dáno zejména ohybem větví a nepravidelností tvaru korun, bylo měření prováděno v delších časových intervalech, tudíž výsledné údaje nejsou k dispozici za každou sezonu, jako tomu bylo u předešlých veličin. Na rozdíl od nich zde také nejsou patrné až tak rozsáhlé rozdíly mezi jednotlivými variantami jak na počátku, tak ani při konečném měření v roce 2020. Jedinou výjimkou je kontrolní varianta K(V), u které je patrný rozdíl výsledkem počáteční nadměrné velikosti vysazovaných jedinců.

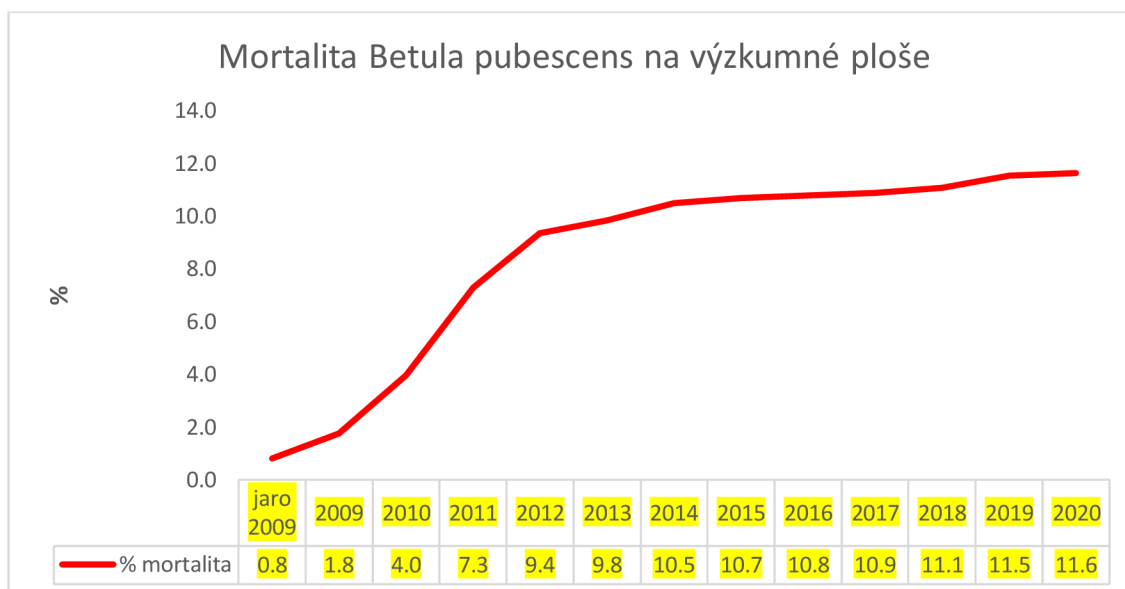
Pro lepší vyobrazení vybraných dat byl vytvořen tzv. krabicový graf, na kterém jsou znázorněny mediány, horní a dolní kvartily a odlehlé hodnoty u jednotlivých variant výsadby.



Graf č. 17: Zobrazení velikostí korun jednotlivých variant a jejich průměrných hodnot u výsadby břízy pýřité v lokalitě Jizerka-Panelka včetně horních a dolních kvartilů a odlehlých hodnot. Mediány u většiny variant se pohybují od 100 do 110 cm. Jedinou výjimkou je zde kontrolní varianta KV, jejíž medián dosahuje hranice téměř 120 cm. Tento patrný rozdíl v rozsahu korun u varianty KV v porovnání s ostatními z vybraných variant je výsledkem rozdílné velikosti odrostků na počátku výsadby.

5.5 Stanovení mortality

Procentuální (relativní) mortalitu výsadby *Betula pubescens* na výzkumné ploše Panelka zobrazuje graf č. 7:



Graf č. 18: Relativní mortalita výsadby břízy pýřité v lokalitě Jizerka-Panelka.

Graf zobrazuje mortalitu všech jedinců *Betula pubescens* vysazených na výzkumné ploše Jizerka v průběhu jejich vývoje v letech 2009–2020. Nejvyšší procentická mortalita je patrná v prvních letech po výsadbě, kdy teprve docházelo k přizpůsobování se vysokohorským klimatickým a půdním podmínkám. Největší relativní mortalita výsadbu postihla kolem roku 2011 kdy na ploše došlo k silným námrazám. V roce 2012 vidíme první znaky zlepšení vitality v celé výsadbě. Poslední vyšší zaznamenané procento mortality je mezi lety 2018–2019.

6 Závěr

Na základě měření, která proběhla mezi lety 2009 až 2020, byla vyhodnocena data o vývoji a prosperitě výsadby břízy pýřité v lokalitě Jizerka-Panelka. Cílem práce bylo ověřit, zda je bříza schopná odolat nepříznivým biotickým i abiotickým vlivům ve vysokohorských polohách a je tedy vhodná k doplnění stávajícího spektra druhů dřevin na těchto stanovištích.

Vzhledem k dosaženým výsledkům se bříza pýřitá jeví jako vhodná k použití při obnově a stabilizaci horských porostů. Její vývoj v mrazové kotlině se z hlediska tvorby porostu dá považovat za pozitivní. Mimo to bříza příznivě sloužila jako pionýrská přípravná dřevina v kalamitních velkoplošných holinách.

Přihnojování výsadeb se v porovnání s kontrolními variantami, u kterých žádné přihnojení neproběhlo, neprokázalo jako jednoznačně významné a potřebné.

7 Seznam literatury a použitých zdrojů

Použitá literatura

AOPK ČR. 2021. Správa CHKO Jizerské Hory – Základní údaje o CHKO [online].

Aktualizováno 2021. Cit. 13.9.2021. Dostupné z:

<https://jizerskehory.ochranaprirody.cz/zakladni-udaje-o-chko/>

Baláš, M., Kuneš, I., Zahradník, D. 2010. Reakce břízy karpatské na vápnění a přihnojení dusíkem. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55 (2): 106–114.

Baláš, M., Kuneš, I., Šrenk, M., Koňasová, T. 2011. Časová a pracovní náročnost výsadby prostokořenných odrostků listnatých dřevin v horských polohách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56 (3): 235–243.

Baláš, M., Kuneš, I., Gallo, J., Rašáková, N. 2016. Review on *Betula oycoviensis* and foliar morphometry of the species in Volyně, Czech Republic. *Dendrobiology*, 76: 116–125. Doi: 10.12657/denbio.076.011

Balcar, V., Kacálek, D., Špulák, O., Kuneš, I., Dušek, D., Baláš, M., Novák, J. 2010. Prosperita pionýrských listnatých dřevin a smrku v horských podmínkách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55 (3): 149–157.

Balcar, V., Špulák, O., Kacálek, D., Kuneš, I. 2012. Klimatické podmínky na výzkumné ploše Jizerka. I – Srážky a půdní vlhkost. *Zprávy lesnického výzkumu*, 57 (1): 74–81.

Balcar, V., Špulák, O., Kacálek, D., Kuneš, I. 2012. Klimatické podmínky na výzkumné ploše Jizerka. II – Teplota, vítr a sluneční svit. *Zprávy lesnického výzkumu*, 57 (2): 160–172.

Beck, P., Candullo, G., De Rigo, D. 2016. *Betula pendula*, *Betula pubescens* and other birches in Europe: distribution, habitat, usage, and threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., De Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant T., Mauri A. (eds.) *European Atlas of Forest Species*, s. 70–73. ISBN 978-92-79-52833-0.

Bona, A., Petrova, G., Jadwiszczak, K.A. 2018. Unfavourable habitat conditions can facilitate hybridisation between the endangered *Betula humilis* and its widespread relatives *B. pendula* and *B. pubescens*. *Plant Ecology & Diversity*, 1–12. Doi:10.1080/17550874.2018.1518497

Dubois, H., Verkasalo, E., Claessens, H. 2020. Potential of Birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) for Forestry and Forest-Based Industry Sector within the Changing

Climatic and Socio-Economic Context of Western Europe. *Forests*, 11 (3): 336. Doi: 10.3390/f11030336

Eager, T.A., Ranney, T.G., Vilorio, Z.J., Mowrey, J., 2004. Variation in Ploidy Level Among Birch Taxa. *SNA Research Conference, Vol. 49 – Plant Breeding & Evaluation Section*. Dostupné jako pdf z: https://www.researchgate.net/profile/Thomas-Ranney/publication/267985596_Variation_in_Ploidy_Level_Among_Birch_Taxa/links/54b7b5b40cf2e68eb280416a/Variation-in-Ploidy-Level-Among-Birch-Taxa.pdf

Elkington, T.T. 1968. Introgressive Hybridization between *Betula nana* L. and *B. pubescens* Ehrh. in North-West Iceland. *New Phytologist* 67 (1): 109–119. Doi: 10.1111/j.1469-8137.1968.tb05459.x

Ešnerová, J., Vítámvás, J., Koňasová, T., Kolář, F., Baláš, M., Karlík, P., Zahradník, D., Křížová, M., Stacho, J., Rašáková, N., Stejskal, J., Kuneš, I. 2013. Využití obrysové analýzy při sledování morfologické variability listů rodu bříza (*Betula* L.). *Zprávy lesnického výzkumu*, 58 (2): 107–114. Dostupné jako pdf z: https://www.vulhm.cz/zlv_online_detail/vyuziti-obrysove-analyzy-pri-sledovani-morfologicke-variability-listu-rodu-briza-betula-l/

Felton, A., Andersson, E., Ventorp, D., Lindbladh, M. 2011. A Comparison of Avian Diversity in Spruce Monocultures and Spruce-Birch Polycultures in Southern Sweden. *Silva Fennica*, 45 (5). Dostupné jako pdf z: <https://www.silvafennica.fi/pdf/article92.pdf>

Furlow, J.J. 1990. The genera of Betulaceae in the southeastern United States. *Journal of the Arnold Arboretum*, 71: 1–67. Doi: 10.5962/bhl.part.24925

Jadwiszczak, K., Bona, A., Brzezinski, D. 2021. Taxonomic Investigations of *Betula obscura* and *B. pendula* var. *carelica*. *MDPI: 1st International Electronic Conference on Biological Diversity, Ecology and Evolution Session, Plant Diversity*. Doi: 10.3390/BDEE2021-09443

Kanerva S., Smolander, A. 2007. Microbial activities in forest floor layers under silver birch, Norway spruce and Scots pine. *Soil Biology and Biochemistry*, 39 (7): 1459–1467. Doi: 10.1016/j.soilbio.2007.01.002

Karlík, P. 2010. Problematika určování druhů bříz *Betula* L. ve světle průtokové cytometrie. In: Prknová, H. (ed.) *Bříza – strom roku 2010*, s. 51–56. ČZU v Praze: Sborník z konference, Kostelec nad Černými lesy, 23. září 2010.

Kuneš, I., Balcar, V., Zahradník, D. 2007. Influence of a planting hole application of dolomitic limestone powder and basalt grit on the growth of Carpathian birch (*Betula carpatica* W. et K.) and soil chemistry in the air-polluted Jizerske hory Mts. *Journal of Forest Science*, 53 (11): 505–515. Doi: 10.17221/2023-JFS

Kuneš, I., Linda, R., Fér, T., Karlík, P., Baláš, M., Ešnerová, J., Vítámvás, J., Bílý, J., Urfus, T. 2019. Is *Betula carpatica* genetically distinctive? A morphometric, cytometric and molecular study of birches in the Bohemian Massif with a focus on Carpathian Birch. *PLoS ONE*, 14 (10): e0224387. doi: 10.1371/journal.pone.0224387

Lahring, H. 2003. *Water and Wetland Plants of the Prairie Provinces*. University of Regina, Saskatchewan: Canadian Plains Research Center, 299s. ISBN 9780889771628

Linda, R., Kuneš, I., Baláš, M., Gallo, J. 2017. Morphological variability between diploid and tetraploid taxa of the genus *Betula* L. in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 63 (12): 531–537. Doi: 10.17221/105/2017-JFS.

Mansfeld, V., Zeman, M. 2010. Rozšíření břízy v lesích ČR na základě údajů Národní inventarizace lesů. In: Prknová, H. (ed.) *Bříza – strom roku 2010*, s. 20-31. ČZU v Praze: Sborník z konference, Kostelec nad Černými lesy, 23. září 2010.

Martiník, A., Adamec, Z. 2016. Rozdíly ve struktuře mladých březových porostů vzniklých na holině a pod porostem v oblasti chřadnoucích smrčín na severní Moravě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 61 (4): 271–278.

Novák, J., Špulák, O., Souček, J., Slodičák, M., Dušek, D. 2017. Potential of birch in the Czech forests. *Beiträge zur Jahrestagung 2017, DVFFA – Sektion Ertragskunde*.

Ostapiuk, A., Kurach, L., Strzemski, M., Kurzepa, J., Hordyjewska, A. 2021. Evaluation of Antioxidative Mechanisms In Vitro and Triterpenes Composition of Extracts from Silver Birch (*Betula Pendula* Roth) and Black Birch (*Betula obscura* Kotula) Barks by FT-IR and HPLC-RDA. *Molecules*, 26 (15): 4633. Doi: 10.3390/molecules26154633

Palme, A.E., Su, Q., Palsson, S., Lascoux, M. 2004. Extensive sharing of chloroplast haplotypes among European birches indicates hybridization among *Betula pendula*, *B. pubescens* and *B. nana*. *Molecular Ecology*, 13: 167–178. Doi: 10.1046/j.1365-294X.2003.02034.x

Pasonen, H.-L., Seppänen, S.K., Degefu, Y., Rytönen, A., von Weissenberg, K., Pappinen, A. 2004. Field performance of chitinase transgenic silver birches (*Betula pendula*): resistance to fungal diseases. *Theoretical and Applied Genetics*, 109: 562–570. Doi: 10.1007/s00122-004-1650-8

- Prévosto, B., Curt, T. 2004. Dimensional relationships of naturally established European beech trees beneath Scots pine and Silver birch canopy. *Forest and Ecology management*, 194: 335–348. doi:10.1016/j.foreco.2004.02.020
- Royo, J., Oteros, J., Picornell, A., Maya-Manzano, J., Damialis, A., Zink, K., Werchan, M., Werchan, B., Smith, M., Menzel, A., Timpf, S., Traidl-Hoffman, C., Bergmann, K.C., Schmidt-Webber, C., Buters, J. 2021. Effects of future climate change on birch abundance and their pollen load. *Global Change Biology* – early view online version. Doi: doi.org/10.1111/gcb.15824
- Savill, P. 2019. *The Silviculture of Trees Used in British Forestry*. Wallingford, UK: CABI. 413 s. ISBN 97817863933937
- Schenk, M.F., Thienpont, C-N., Koopman, W., Gilissen, L., Smulders, M. 2008. Phylogenetic relationships in *Betula* (Betulaceae) based on AFLP markers. *Tree Genetics & Genoms*, 4: 911–924. Doi: 10.1007/s11295-008-0162-0
- Shaw, K., Roy, S. & Wilson, B. 2014. *Betula chichibuensis*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2014: e.T194282A2309490. Doi: [10.2305/IUCN.UK.2014-3.RLTS.T194282A2309490.en](https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-3.RLTS.T194282A2309490.en).
- Shaw, K., Roy, S. & Wilson, B. 2014. *Betula megrelica*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2014: e.T194596A2351670. Doi: [10.2305/IUCN.UK.2014-3.RLTS.T194596A2351670.en](https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-3.RLTS.T194596A2351670.en).
- Singh, C.P., Panigrahy, S., Parihar, J.S., Dharaiya, N. 2013. Modeling environmental niche of Himalayan birch and remote sensing based vicarious validation. *Tropical ecology*, 54 (3): 321–329. ISSN 0564-3295. Dostupné jako pdf z: https://tropecol.com/pdf/open/PDF_54_3/05-Singh%20et%20al.pdf
- Tarieiev, A.S., Gailing, O., Krutovsky, K.V. 2021. ITS Secondary structure reconstruction to resolve taxonomy and phylogeny of the *Betula* L. genus. *PeerJ*, 9: e10889. Doi: 10.7717/peerj.10889
- Thórsson, A.T., Pálsson, S., Sigurgeirsson, Anamthawat-Jónsson. 2007. Morphological Variation among *Betula nana* (diploid), *B. pubescens* (tetraploid), and their Triploid Hybrids in Iceland. *Annals of Botany*, 99 (6): 1183–1193. Doi: 10.1093/aob/mcm060

Tsuda, Y., Semerikov, V., Sebastiani, F., Vendramin, G.G., Lascoux, M. 2017. Multispecies genetic structure and hybridization in the *Betula* genus across Eurasia. *Molecular Ecology*, 26 (2): 589–605. Doi: 10.1111/mec.13885

ÚHUL – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem. 2016. Výstupy národní inventarizace lesů uskutečněné v letech 2011-2015 [online]. Cit. 12.9.2021.

Dostupné z:

https://nil.uhul.cz/downloads/vysledky_projektu_nil2/2016_06_00_zastoupeni_drevin_lp.pdf

Úradníček, L. 2010. Dendrologicko-ekologická charakteristika domácích druhů rodu *Betula*. In: Prknová, H. (ed.) *Bříza – strom roku 2010*, s. 46–50. ČZU v Praze: Sborník z konference, Kostelec nad Černými lesy, 23. září 2010.

Wang, N., McAllister, H., Bartlett, P.R., Buggs, R. 2016. Molecular phylogeny and genome size evolution of the genus *Betula* (Betulaceae). *Annals of Botany*, leden 2016. Doi: 10.1093/aob/mcw048

Ylioja, T., Roininen, H., Heinonen, J. 2000. Susceptibility of *Betula pendula* clones to *Phytobia betulae*, a dipteran miner of birch stems. *Canadian Journal of Forest Research*, 30 (11): 1824–1829. Doi: 10.1139/cjfr-30-11-1824

Zeidler, A. 2010. Vlastnosti dřeva břízy. In: Prknová, H. (ed.) *Bříza – strom roku 2010*, s. 41–45. ČZU v Praze: Sborník z konference, Kostelec nad Černými lesy, 23. září 2010.

Szaferowa J (1928) Brzoza ojcowiska (*Betula oycoviensis* Bess.). Historia i charakterystyka gatunku.

Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego, 2: 69–88.

Kříž Z (1981) K historii *Betula oycoviensis* Besser.

Severočeskou přírodou, 12: 37–46.

8 Přílohy



Obr.č. 8 – Panelová cesta u výzkumné plochy Panelka (foto: Martin Baláš)



Obr. č. 9: *Betula pubescens* (foto: Martin Baláš)



Obr. č. 10: Výzkumná plocha Panelka (foto: Martin Baláš)



Obr. č. 11: Mrazová kotlina s výzkumnou plochou Panelka (foto: Martin Baláš)