

# SROVNÁNÍ RŮSTU A NADZEMNÍ BIOMASY MLADÉHO POROSTU BUKU A BŘÍZY ROSTOUCÍCH NA KALAMITNÍ HOLINĚ PO ALLOCHTHONNÍ SMRČINĚ

## COMPARISON OF GROWTH AND ABOVE-GROUND BIOMASS OF YOUNG BEECH AND BIRCH STAND GROWING ON DISTURBED AREA AFTER ALLOCHTHONOUS NORWAY SPRUCE STAND

ANTONÍN MARTINÍK ✉ - MATÚŠ SENDECKÝ - MARCELA SMEJKALOVÁ

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic

✉ e-mail: antonin.martinik@mendelu.cz

### ABSTRACT

This work deals with comparison of aboveground biomass of 9-year-old silver birch and European beech stands (treatments) growing on former clearing. At the beginning and the end of the 9<sup>th</sup> growing season, height of beech (artificial regeneration) and DBH of birch (succession) was measured. To estimate the aboveground biomass of the beech and birch treatments, allometric equations based on the data of the sample trees were used. Only 47% and 46% of 10,000 planted beeches was found at the time of measurement. At the same time, density of birch in succession treatment was 10,900 plants per ha. Dominant height of birch was about 8 m, whereas maximum height of planted beech was under 3 m. Estimated total aboveground biomass of birch and beech stand were 26.8 (stem – 18.4; branches – 5.5; leaves – 2.9) and 0.8 (stem – 0.44; branches – 0.2; leaves – 0.16) t.ha<sup>-1</sup>, respectively. More biomass means more carbon sequestration – thus more environmental benefits provided by birch stands. It can be concluded that birch should be widely used in the process of reforestation after disasters.

For more information see Summary at the end of the article.

**Klíčová slova:** větrná kalamita; obnova lesů; *Betula pendula*; *Fagus sylvatica*

**Key words:** wind disturbance; forest restoration; *Betula pendula*; *Fagus sylvatica*

### ÚVOD

V současnosti probíhající chřadnutí a velkoplošný rozpad především smrkových porostů vede k obavám o fungování celé řady produkčních i mimoprodukčních efektů, které tyto lesy dosud poskytovaly. Všeobecně panuje shoda na rychlém zahájení obnovy lesů na vzniklých holinách, byť různými postupy (HURT, MAUER 2016; SOUČEK et al. 2016). Diskutovány jsou různé metody obnovy lesů, jako je využívání pionýrských dřevin, dvoufázová obnova, skupinová obnova, výsadba nižšími hektarovými počty apod. (POMMERENING, MURPHY 2004; KULLA, ŠEBEŇ 2012; MARTINÍK 2014; SOUČEK et al. 2016).

Jedním z významných ukazatelů úspěšnosti obnovy lesů je rychlost, s jakou dřeviny odrůstají negativním vlivům prostředí (zvěř, buřeň, klima) a tvoří tak biomasu, tedy poutají uhlík ve svých pletivech (MARTINÍK 2014; STARK et al. 2015). Akumulaci uhlíku v biomase lze přitom posuzovat nejen z hlediska funkce produkční, ale také z hlediska vlivu na klima (SANDS 2005; NAVE et al. 2019).

V rychlosti růstu na kalamitních holinách vynikají především pionýrské druhy dřevin, z nichž se po smrkových porostech ve středních polohách nejčastěji zmlazuje bříza bělokorá (HUTH, WAGNER 2006;

MARTINÍK et al. 2014; ŠPULÁK et al. 2014). Břízu, stejně jako další pionýrské dřeviny, lze využít při procesu tvorby nových lesních porostů po disturbancích, resp. kalamitách (SOUČEK et al. 2016; MARTINÍK 2018). Přes biologickou opodstatněnost využívání pionýrských dřevin brání jejich širšímu uplatnění nedostatečné znalosti jejich přínosů, ale také strnulost v lesnickém myšlení (DUBOIS et al. 2020). Nadále tak na rozsáhlých holinách převažuje konvenční umělá obnova, tzv. hospodářskými dřevinami, z nichž je v ČR nejčastěji využíván buk lesní (Zpráva 2020).

Alokace nadzemní biomasy březových porostů je intenzivně studována především v severských zemích (JOHANSSON 1999; URI et al. 2007; VARIK et al. 2009); některé poznatky lze čerpat také ze střední Evropy (ZASADA et al. 2014; ŠPULÁK et al. 2016; MARTINÍK et al. 2018). Hospodářsky využívaným komponentem nadzemní biomasy je dřevní část, tedy kmen, případně větvovi, jejichž součet tvoří u břízy větší podíl než například u buku a obvykle přesahuje 90 % z celkové nadzemní biomasy (FERM 1993; URI et al. 2007). Z produkčního hlediska je u březových porostů významné období kulminace průměrného přírůstu nadzemní biomasy, který obvykle kulminuje ve věku kolem dvaceti let, kdy může převyšovat 5 tun.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> a kromě věku závisí na stanovišti a hustotě

porostu (JOHANSSON 1999; MARTINÍK et al. 2018). Na rozdíl od břízy je biomasa buku studována především u starších jedinců, resp. porostů (CIENCIALA et al. 2005). Důvodem je odlišný průběh růstu, který souvisí s odlišnou životní (bionomickou) strategií druhů (BRZEZIECKI, KIENAST 1994). Srovnání biomasy v mladých porostech břízy a buku tak může objektivizovat přínosy využívání pionýrských dřevin jako prvního kroku obnovy a tvorby lesů po kalamitách.

Cílem předkládané studie je porovnat nadzemní biomasu dominantně březového, přirozenou obnovou vzniklého porostu a výsadby buku prakticky shodného stáří na variantách obnovního experimentu založeného porostu a následném dotěžení alochtonního smrkového porostu.

## MATERIÁL A METODIKA

Šetření se uskutečnila na trvalé výzkumné ploše (dále jen TVP) Tipeček, která je lokalizována na polesí Habrůvka Školního lesního podniku „Masarykův les“ Křtiny. TVP vznikla v roce 2010 po větrné smršti Antonín s cílem porovnat různé způsoby obnovy lesa po kalamitách (DOBROVOLNÝ et al. 2011). Obě varianty se nacházejí na živném stanovišti (soubor lesních typů 3S – svěží dubová bučina). Průměrné roční úhrny srážek se v oblasti pohybují kolem 601–650 mm a průměrné roční teploty kolísají od 7,1 do 8 °C (Klimatická změna 2020). Před kalamitou na ploše TVP rostl převážně smrkový (SM 87 %, MD 7 %, BO 4 %, BR 2 %), plně zapojený dospělý porost.

Na ploše byly založeny tyto varianty obnovy: sje břízy, sukcese, umělá obnova (smrk, buk), a to ve dvou dílčích sub-plochách (velká a malá). K hodnocení biomasy mladého bukového a březového porostu byly využity varianty „velká sukcese“ (bříza) a „velká umělá obnova“ (buk), resp. její část, která byla osázena bukem (obr. 1).

### Varianty

Varianta *bříza* o velikosti 30 × 30 m byla od svého vzniku ponechána zcela bez úmyslných zásahů, výjimkou byla celoplošná příprava půdy,

kteřá byla provedena na celé ploše holiny před založením experimentu. Pro vlastní šetření byla využita vnitřní část plochy o velikosti 25 × 25 m, která byla následně rozdělena na 25 sub-ploch o velikosti 5 × 5 m. Na ploše *buk* o velikosti 30 × 30 metrů bylo na podzim r. 2010 celkem vysázeno 8 řad dvouleté krytokořenné sazenice buku ve sponu 2 × 0,5 m (obr. 1).

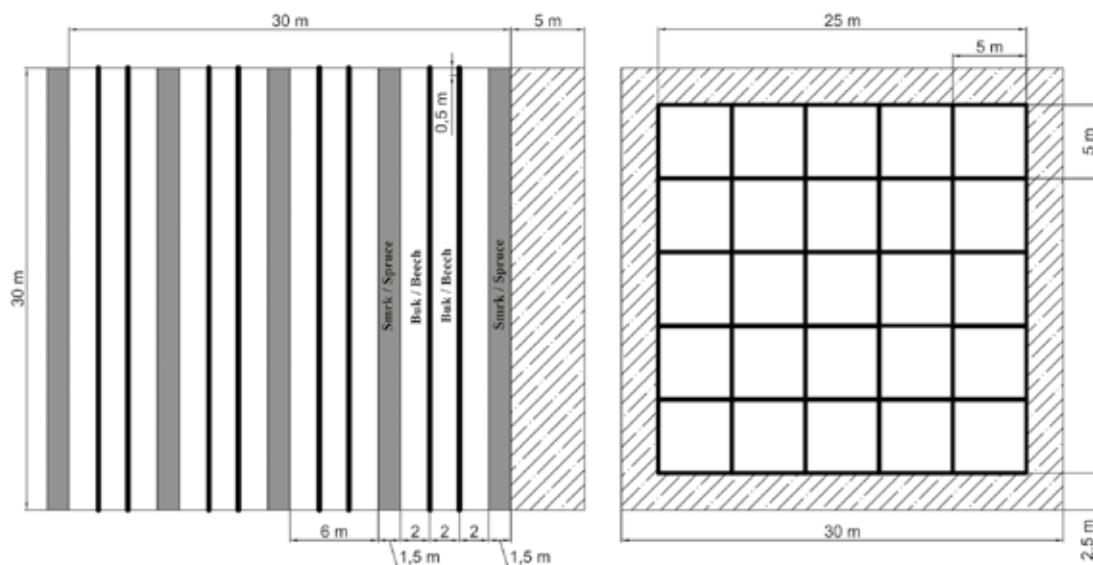
### Sběr dat

Šetření za účelem zjištění alokace nadzemní biomasy pro zájmové varianty byla provedena na začátku, v průběhu a na konci roku 2019. Vzhledem k době založení experimentu (podzim 2010) jsou výsledky vztaheny ke stavu obnovy mezi osmým a devátým rokem.

Alokace nadzemní biomasy na zájmových variantách byla zjišťována přepočtem za pomoci dat z inventarizace a regresních rovnic. Ty byly získány po odběru a destrukční analýze vzorníků břízy i buku. Inventarizace pro variantu *buk* byla zjišťována po jednotlivých řadách, které vyjadřují variabilitu ve stavu obnovy – jedna řada reprezentuje 60 m<sup>2</sup>. V případě varianty *bříza* bylo k inventarizaci využito všech 25, resp. 24 (z důvodu chyby měření byla jedna sub-plocha z hodnocení vyloučena) čtvercových sub-ploch o velikosti 25 m<sup>2</sup>.

Inventarizace byla na obou zájmových variantách provedena opakovaně před začátkem (jaro) a před koncem (pozdní léto) vegetačního období roku 2019. Na variantě *buk* byla zjišťována výška vysázených rostlin v jednotlivých řadách, na variantě *bříza* výčetní tloušťka všech přítomných dřevin na sub-plochách. Na obou variantách se kromě cílových dřevin buku a břízy vyskytovaly také další druhy dřevin. Jednalo se o modřín, lípu, borovici (přirozená obnova, vylepšování a doplňování) na variantě *buk* a vrbu, topol, borovici, dub a buk (pouze přirozená obnova) na variantě *bříza*. Uvedené dřeviny nepřevyšovaly 10 % z celkového zastoupení a byly z dalších šetření vyloučeny.

K výpočtu nadzemní biomasy byly vytvořeny regresní rovnice z dat získaných odběrem vzorníků břízy a buku. Celkem bylo za plně vegetace odebráno 10 vzorníků břízy a 10 vzorníků buku reprezentujících tloušťkové (*bříza*) a výškové (*buk*) rozpětí hodnot na ploše. K upřesnění regresních rovnic, resp. vztahu biomasy větvoví a kmene k výčetní



Obr. 1. Design variant s umělou obnovou (buk) a sukcesí (bříza)

Fig. 1. Design of artificial planting (beech) and succession treatments (birch)

tloušťce břízy bylo dodatečně odebráno 9 neolistěných vzorníků břízy na konci vegetačního období.

Při odběru vzorníků byly v terénu změřeny jejich základních parametry, tedy výčetní tloušťka (DBH) u břízy a výška (H), resp. délka nadzemní části u buku. Následně byly vzorníky transportovány do laboratoře, kde byly rozebrány na jednotlivé komponenty (kmen, větve, listoví), vloženy do papírových pytlů a vysoušeny na konstantní hmotnost při 80 °C.

**Analýza dat**

Výšková, resp. tloušťková struktura zájmových stromů (buk, bříza) byla vyjádřena histogramy (obr. 2 a 3). Pro vzorníky obou dřevin byly vypočteny jejich průměrné charakteristiky – výška, výška nasazení koruny, tloušťka, biomasa dle komponent (tab. 1). Ze zjištěných hodnot hmotnosti kmenů, větví a listoví byly vytvořeny regresní rovnice závislosti hmotnosti nadzemních částí, tj. kmene, větví a listoví na výčetní tloušťce břízy a výšce buku. Parametry takto zjištěných regresních rovnic jsou uvedeny v obrázku č. 4 a 5. Z vytvořených regresních vztahů byla modelově stanovena biomasa pro jednotlivé komponenty – kmen (SB), větve (BB), listoví (LB):

pro břízu

$$y = p_0^{DBH,p1}$$

pro buk

$$y = p_0^{H,p1}$$

kde  $y$  – biomasa určité komponenty (kmen, větví, listoví), DBH – tloušťka stromu ve výčetní výšce,  $H$  – výška stromu,  $p_0$  a  $p_1$  – parametry modelu.

Celková dřevní nadzemní biomasa (TWB) a nadzemní biomasa (TB) byla následně stanovena součtem jednotlivých komponent:

$$TWB = SB+BB$$

$$TB = SB+BB+LB$$

Takto stanovená biomasa pro jednotlivé stromy sloužila pro výpočet biomasy na jednotlivých sub-plochách (*bříza*) a v řadách (*buk*).

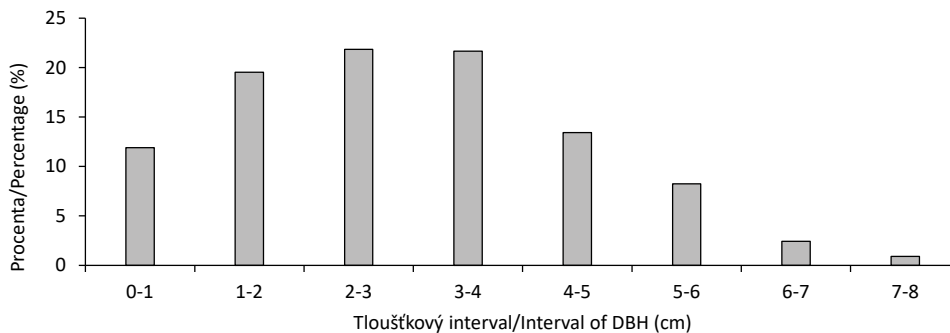
Následně byly vypočteny hodnoty běžných a průměrných přírůstů (t/ha/rok) pro obě varianty: TAI – celkový průměrný přírůst nadzemní biomasy, CWI – běžný přírůst dřevní biomasy,  $AWI_{(8,9)}$  – průměrný přírůst dřevní biomasy na začátku (8) a na konci (9) období.

$$TAI = TB/9$$

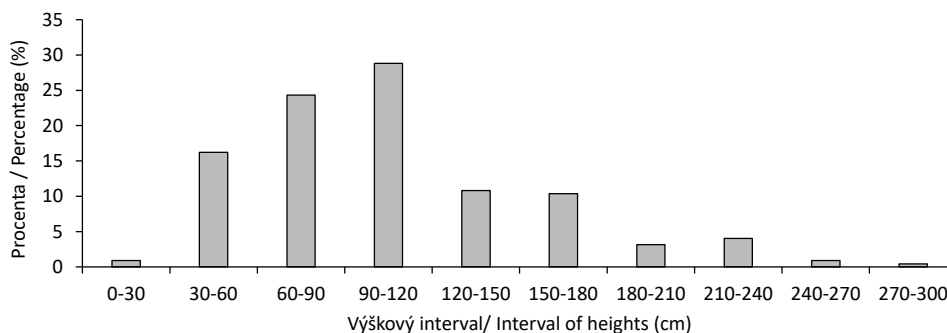
$$CWI = TWB_{(na\ začátku\ období)} - TWB_{(na\ konci\ období)}$$

$$AWI_8 = TWB/8$$

$$AWI_9 = TWB/9$$



**Obr. 2.** Grafické znázornění tloušťkové struktury u břízy pro interval 1 cm na TVP Típeček  
**Fig. 2.** DBH structure of birch for interval 1 cm on the permanent research plot (PRP)

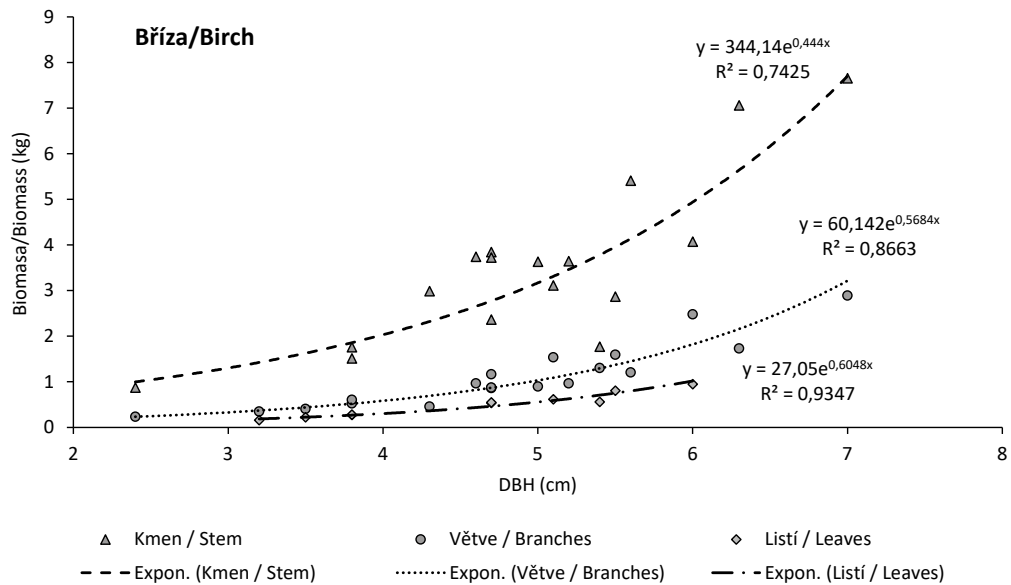


**Obr. 3.** Grafické znázornění výškové struktury u buku pro interval 30 cm na TVP Típeček  
**Fig. 3.** Height structure of beech for interval 30 cm on the PRP

**Tab. 1.**

Základní parametry vybraných vzorníků na TVP Típeček  
Basic characteristic of selected samples on the permanent research plot (PRP)

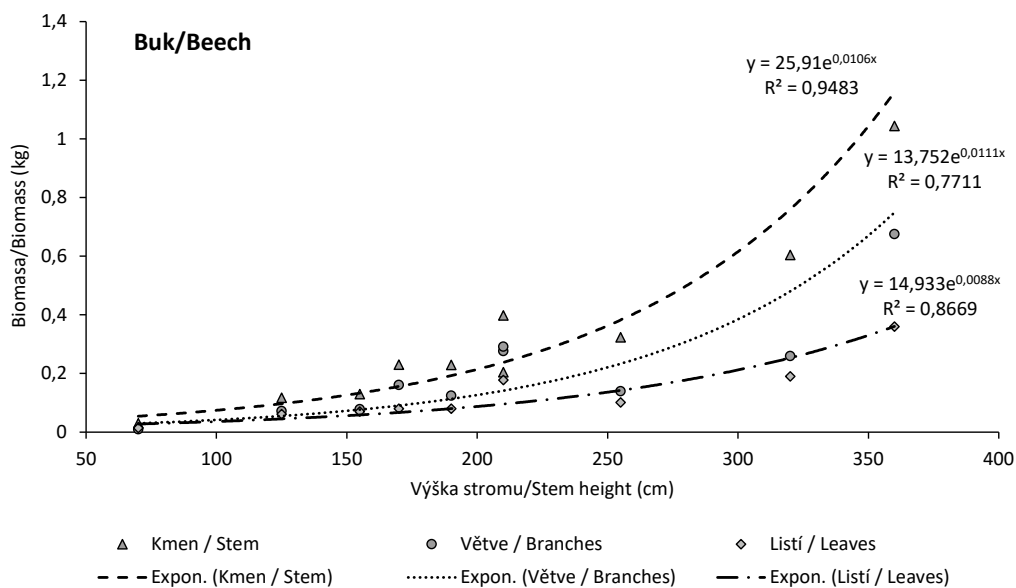
Dřevina/ Tree species	Počet/ Number (ks/pcs)	Tloušťka/Diameter (cm)		Výška/Height (cm)		Biomasa/Biomass (g)			
		na pařezu/at butt	DBH	Celková/Total	Koruny/Crown	Kmen/Stem	Větve/Branch	Listí/Leaves	Celková/Total
Bříza/ Birch	19	7,9 ±1,8	4,8 ±1,1	658,7 ±79,7	308,4 ±62,4	3531,8 ±1768,0	1107,5 ±687,7	494,9 ±246,0	4462,1 ±1442,8
Buk/ Beech	10	2,9 ±0,7	1,3 ±0,7	206,5 ±82,7	31,1 ±15,0	331,1 ±283,1	208,8 ±179,4	130,7 ±455,0	670,5 ±546,6

**Obr. 4.**

Regresní závislost biomasy kmene, větví a listí na výčetní tloušťce (DBH) břízy

**Fig. 4.**

Regression of stem biomass, branch and leaf biomass plotted on diameter at breast height (DBH) for birch

**Obr. 5.**

Regresní závislost biomasy kmene, větví a listí na výšce u buku

**Fig. 5.**

Regression of stem biomass, branch and leaf biomass plotted on stem height for beech

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Hektarové počty buku byly po osmi letech a následně i v devátém roce výrazně pod původně vysázenými počty (tab. 2). Z původních 10 000 jedinců zůstala na této variantě necelá polovina, a to i přes to, že na ploše probíhalo opakované vylepšování (MARTINÍK et al. 2014). Nízkou početnost dřevin na této variantě nemohlo výrazně ovlivnit ani zastoupení ostatních dřevin, které obvykle nepřesahovaly podíl 10 %. Podobně jako početnost i výšky vysázeného buku ve většině případů neodpovídaly legislativně stanoveným požadavkům na zajištěnou kulturu; výsadby byly stále atakovány zvěří a ne u všech jedinců byl patrný pravidelný výškový přírůst (tab. 2). Uvedené výsledky tak ovlivnily i hodnoty nadzemní biomasy mladého bukového porostu, které ve sledovaném období nepřekročily 1 t.ha<sup>-1</sup> (tab. 3). Neutěšený stav výsadby byl konstatován navzdory standardní péči (MARTINÍK et al. 2014). Zjištěné výsledky tak korespondují s dosavadními poznatky o odrůstání buku na holinách (GEMMEL et al. 1996; PODRÁZSKÝ et al. 2019). Obecně lze doporučit spíše podsadby nebo výsadby buku na menší holosečné prvky než jeho přímou kultivaci na rozsáhlé holiny (BEDNÁŘ et al. 2012; PODRÁZSKÝ et al. 2019).

V kontrastu s výsledky zjištěnými v buku, stav březové varianty přes značnou variabilitu v početnosti na jednotlivých sub-plochách potvrzuje biologickou opodstatněnost využívání přirozené obnovy pionýrských dřevin (břízy) jako prvního kroku obnovy lesa po kalamitách (ZAKOPAL 1955). Variabilita ve struktuře, sukcesi vzniklých porostů s převahou břízy, je jejich typickým znakem a lze ji následně

využít při procesu tvorby budoucích (bohatě strukturovaných) lesů (POMMERENING, MURPHY 2004; SOUČEK et al. 2016). Výsledky dále ukázaly, že hustota březového porostu vyjádřená výčetní kruhovou základnou je v těsném lineárním vztahu s množstvím nadzemní biomasy (obr. 6). To je ve shodě s již dříve publikovanými poznatky (FERM 1993; JOHANSSON 1999; URI et al. 2012), které dokládají, že nadzemní biomasa březových porostů závisí nejenom na věku, ale i na hustotě porostů, kterou nejlépe charakterizuje výčetní základna.

Hodnoty zjištěných přírůstků pro březový porost se pohybovaly v rozptýlení od 2,5 do 3,0 t.ha<sup>-1</sup> za rok (tab. 4), což odpovídá publikovaným hodnotám pro takto staré březové porosty (URI et al. 2012; MARTINÍK et al. 2018). Z výsledků patrné zvětšování průměrných přírůstků (AWI) a jeho nižší hodnota v porovnání s přírůstkem průměrným (CWI) naznačují, že se jedná o porost před kulminací přírůstu nadzemní dřevní biomasy.

Srovnáním zjištěných údajů s publikovanými poznatky (URI et al. 2007; ŠPULÁK et al. 2016) lze dále dokumentovat vliv stanoviště na růst, resp. produkci nadzemní biomasy březového porostu. URI et al. (2007) uvádí pro osmileté březové porosty rostoucí na bývalé zemědělské půdě Estonska s hustotou 36 a 14 tis. jedinců na hektar hodnotu nadzemní biomasy mezi 22 a 23 t.ha<sup>-1</sup>, což je o 4, resp. 5 tun méně než bylo zjištěno v naší analyzované devítileté porostu. ŠPULÁK et al. (2016) zjistili pro sedmiletý porost rostoucí na chudším lesním stanovišti (SLT 4I) s hustotou 18 tis. jedinců na hektar

**Tab. 2.**

Výsledky inventarizace analyzovaných variant na trvale výzkumné ploše (TVP) Tipeček  
The results of inventory of analysed treatments on the PRP

Varianta/ Treatment	Období/ Season (rok/year 2019)	Hustota/ Density (ks/ha)	Kruhová základna/ Basal area (m <sup>2</sup> /ha)	Výčetní tloušťka stromu/DBH (cm)			Výška stromu/Height of tree (cm)		
				průměr/mean	min	max	průměr/mean	min	max
Bříza/Birch	Jaro/Spring	10933	6,68	2,62	0,20	6,30	-	-	-
	Léto/Summer	10917	9,21	3,10	0,30	7,45	658,68*	530*	820*
Buk/Beech	Jaro/Spring	4688	-	-	-	-	82,74	20	239
	Léto/Summer	4625	-	1,3*	0,30*	2,70*	105,08	27	278

\*měřeno na vzornících/measured on the samples

**Tab. 3.**

Hodnoty nadzemní biomasy pro analyzované varianty na TVP Tipeček  
Values of biomass for analysed treatments on the PRP

Varianta/ Treatment	Období/ Season (rok/year 2019)	Biomasa/Biomass							
		Kmen/Stem (SB)		Větve/Branches (BB)		Listí/Leaves (LB)		Kmen+větve/ Wood (TWB)	Celková/ Total (TB)
		t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	t/ha
Bříza/Birch	Jaro/Spring	14,122	78,6	3,841	21,4	-	-	17,963	-
	Léto/Summer	18,398	68,5	5,516	20,6	2,927	10,9	23,914	26,842
Buk/Beech	Jaro/Spring	0,331	69,1	0,148	30,9	-	-	0,479	-
	Léto/Summer	0,439	55,1	0,200	25,1	0,158	19,8	0,638	0,796

nadzemní biomasu pouze 14 tun. Rozdíly v nadzemní biomase v námi analyzovaném porostu a porosty, které analyzovali výše uvedení autoři, mohou být dány mj. bonitou stanoviště. Zatímco URI et al. (2007) uvádí průměrnou výšku 3,7, resp. 4,4 m, porost, který analyzovali ŠPULÁK et al. (2016) měl průměrnou výšku 4,4 m a horní výšku 7 m. V případě břízy v naší studii se horní výška pohybovala kolem 8 m (tab. 2), tedy rámcově podobně s výsledky ŠPULÁKA et al. (2016). Rozdílná však byla hustota porostu (18 000 vs 11 000 tis.), ale také výčetní základna, která v námi analyzovaném porostu dosahovala 9,5 m<sup>2</sup>, zatímco ve studii ŠPULÁK et al. (2016) pouze 7,2 m<sup>2</sup>.

Uvedené rozdíly v nadzemní biomase tak naznačují nejen růstový a produkční, ale i ekologický potenciál břízy a buku na kalamitní holině. Jak již bylo uvedeno, nadzemní biomasa bezprostředně souvisí s alokací uhlíku (URI et al. 2012), což je jeden z významných ukazatelů udržitelnosti lesnického hospodaření (SANDS 2005; BELLASSEN, LUYSSAERT 2014).

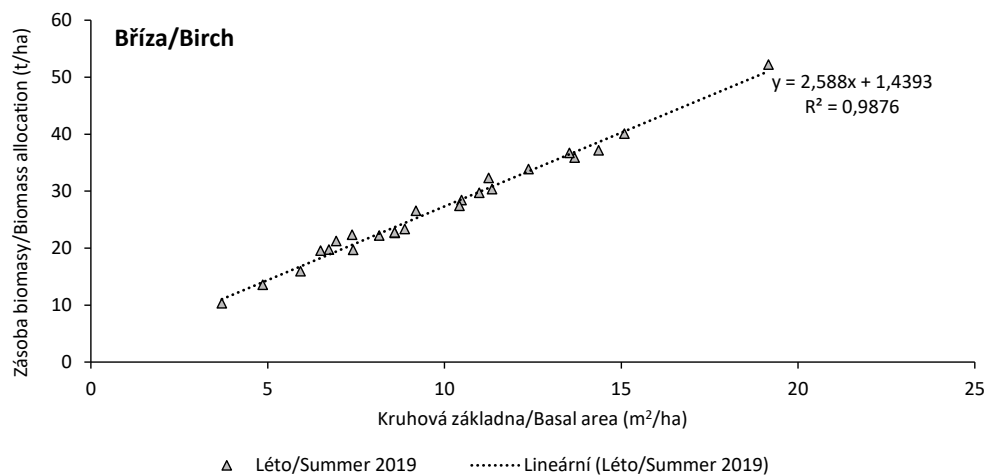
## ZÁVĚR

Výsledky šetření ukázaly na úspěšnost sukcese reprezentované náletem břízy na holinu reprezentující živná stanoviště středních poloh. Naopak za nezdařilou lze označit výsadbu buku na téže holině. V devíti letech od založení kontrastuje březová a buková varianta v těchto parametrech: horní výška (800 cm vs 280 cm), hustota (10 900 vs 4 600 ks.ha<sup>-1</sup>) a nadzemní biomasa (26,8 vs 0,79 t.ha<sup>-1</sup>). Zjištěné výsledky tak ve shodě s literárními i praktickými poznatky potvrzují výhody uplatnění sukcese a pionýrských dřevin při obnově lesa po kalamitách.

Bříza na rozsáhlých holinách odrůstá rychleji než vysazený buk – vytváří záhy zapojené porosty, a přispívá tak k naplňování konceptu udržitelného lesnictví.

### Poděkování:

Tento projekt byl podpořen prostředky specifického vysokoškolského výzkumu, projektem IGA LDF\_PSV\_2018002 „Pěstění pionýrských dřevin – bříza na živném stanovišti po alochtonních smrčínách“.



**Obr. 6.**

Vztah mezi výčetní základnou a nadzemní biomasou (TB) břízy

**Fig. 6.**

Total biomass (TB) in relation to basal area for birch

**Tab. 4.**

Hodnoty přírůstů na biomasu pro analyzované varianty na TVP Típeček  
Values of biomass increment for analysed treatments on the PRP

Varianta/ Treatment	Období/ Season (rok/year 2019)	Průměrný přírůst dřevní biomasy (AWI) <sup>a</sup>	Celkový průměrný přírůst biomasy (TAI) <sup>b</sup>	Běžný přírůst dřevní biomasy (CWI) <sup>c</sup>
		t/ha	t/ha	t/ha
Bříza/Birch	Jaro/Spring	2,989	-	5,951
	Léto/Summer	2,657	2,982	
Buk/Beech	Jaro/Spring	0,060	-	0,159
	Léto/Summer	0,071	0,088	

<sup>a</sup>mean annual increment of wood biomass (AWI), <sup>b</sup>total mean annual increment of biomass (TAI), <sup>c</sup>current annual increment of wood biomass (CWI)

## LITERATURA

- BEDNÁŘ P., VANĚK P., KREJZA J. 2012. Vliv velikosti holosečného obnovního prvku na vývoj bukových kultur. Zprávy lesnického výzkumu, 57: 337–343.
- BELLASSEN V., LUYSSAERT S. 2014. Carbon sequestration: Managing forests in uncertain times. *Nature*, 506: 153–155. DOI: 10.1038/506153a
- BRZEZIECKI B., KIENAST F. 1994. Classifying the life-history strategies of trees on the basis of the Grimian model. *Forest Ecology and Management*, 69 (1–3): 167–187. DOI: 10.1016/0378-1127(94)90227-5
- CIENCIALA E., ČERNÝ M., APLTAUER J., EXNEROVÁ Z. 2005. Biomass functions applicable to European beech. *Journal of Forest Science*, 51 (4): 147–154.
- DOBROVOLNÝ L., HURT V., MARTINÍK A. 2011. Založení experimentální plochy s různými způsoby obnovy lesa na ploše po větrné kalamitě. In: Kacálek, D. et al. (eds.): Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí. Opočno: 28.–29. června 2011. Opočno, VÚLHM Opočno: 43–53.
- DUBOIS H., VERKASALO E., CLAESSENS H. 2020. Potential of birch (*Betula pendula* Roth and *B. pubescens* Ehrh.) for forestry and forest-based industry sector within the changing climatic and socio-economic context of Western Europe. *Forests*, 11: 336. DOI: 10.3390/f11030336
- FERM A. 1993. Birch production and utilization for energy. *Biomass and Bioenergy*, 4 (6): 391–404.
- GEMMEL P., NILSSON U., WELANDER T. 1996. Development of oak and beech seedlings planted under varying shelterwood densities and with different site preparation methods in southern Sweden. *New Forests*, 12 (2): 141–161. DOI: 10.1007/bf00036626
- HURT V., MAUER O. 2016. Podsadby přípravných porostů břízy bělokoré, olše a jeřábu ptačího bukem lesním a jedlí bělokorou. Certifikovaná metodika. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 40 s.
- HUTH F., WAGNER S. 2006. Gap structure and establishment of Silver birch regeneration (*Betula pendula* Roth.) in Norway spruce stands (*Picea abies* L. Karst.). *Forest Ecology and Management*, 229 (1–3): 314–324. DOI: 10.1016/j.foreco.2006.04.010
- JOHANSSON T. 1999. Biomass equations for determining fractions of pendula and pubescent birches growing on abandoned farmland and some practical implications. *Biomass and Bioenergy*, 16 (3): 223–238. DOI: 10.1016/S0961-9534(98)00075-0
- Klimatická změna. 2020. Klimatická změna.cz – Mapy a grafy [online] [cit. 2021-01-20]. Dostupné na/Available on: www: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/>
- KULLA L., ŠEBEŇ V. 2012. An experiment with non-whole-area reforestation of calamity clearing on the demonstration area Husárik. *Lesnický časopis – Forestry Journal*, 58 (3): 171–180.
- MARTINÍK A. 2014. Obnova lesa sjíjí břízou – zkušenosti ze smrkového porostu po větrné kalamitě. Zprávy lesnického výzkumu, 59 (1): 35–39.
- MARTINÍK A., DOBROVOLNÝ L., HURT V. 2014. Comparison of different forest regeneration methods after windthrow. *Journal of Forest Science*, 60 (5): 190–197.
- MARTINÍK A. 2018. Trvale udržitelný tedy přírodě blízký koncept obnovy a tvorby lesa po disturbancích. In: Bednář, P. (ed.): Demonstrační objekty nepasečného hospodaření: sborník příspěvků ze semináře. Fryšava pod Žákovou horou, 25.–26. října 2018. Brno, Pro Silva Bohemica; Strnady, VÚLHM: 21–23.
- MARTINÍK A., KNOTT R., KREJZA J., ČERNÝ J. 2018. Biomass production of *Betula pendula* Roth. stands regenerated in the region of allochthonous *Picea abies* (L.) dieback. *Silva Fenica*, 52 (5): 9985. DOI: 10.14214/sf.9985
- NAVE L.E., WALTERS B.F., HOFMEISTER K.L., PERRY C.H., MISHRA U., DOMKE G.M., SWANSTON C.W. 2019. The role of reforestation in carbon sequestration. *New Forests*, 50: 115–137.
- PODRÁZSKÝ V., BALÁŠ M., LINDA R., KŘIVOHLAVÝ O. 2019. State of beech pole stands established at the clear-cut and in the underplanting. *Journal of Forest Science*, 65: 256–262.
- POMMERENING A., MURPHY S.T. 2004. A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. *Forestry*, 77: 27–44. DOI: 10.1093/forestry/77.1.27
- SANDS R. 2005. *Forestry in global context*. Wallingford, CABI: 272 s.
- SOUČEK J., ŠPULÁK O., LEUGNER J., PULKRAB K., SLOUP R., JURÁSEK A., MARTINÍK A. 2016. Dvoufázová obnova lesa na kalamitních holinách s využitím přípravných dřevin. Certifikovaná metodika. Strnady, VÚLHM: 35 s. Lesnický průvodce 10/2016.
- STARK H., NOTHDURFT A., BLOCK J., BAUHUS J. 2015. Forest restoration with *Betula* ssp. and *Populus* ssp. nurse crops increases productivity and soil fertility. *Forest Ecology and Management*, 339: 57–70. DOI: 10.1016/j.foreco.2014.12.003
- ŠPULÁK O., SOUČEK J., LEUGNER H. 2014. Variabilita struktury mladých převážně březových porostů vzniklých sukcesí na holinách kalamitního charakteru. In: Štefančík, I. (ed.): Proceedings of Central European Silviculture. Zvolen, 9.-10. září 2014. Zvolen, Národné lesnícke centrum: 68–74.
- ŠPULÁK O., SOUČEK J., LEUGNER J. 2016. Nadzemní biomasa, živiny a spalné teplo v mladém sukcesním porostu přípravných dřevin. Zprávy lesnického výzkumu, 61 (2): 132–137.
- URI V., VARES A., TULLUS H., KANAL A. 2007. Above-ground biomass production and nutrient accumulation in young stands of silver birch on abandoned agricultural land. *Biomass and Bioenergy*, 31 (4): 195–204. DOI: 10.1016/j.biombioe.2006.08.003
- URI V., VARIK M., AOSAAR J., KANAL A., KUKUMÄGI M., LÖHMUS K. 2012. Biomass production and carbon sequestration in a fertile silver birch (*Betula pendula* Roth.) forest chronosequence. *Forest Ecology and Management*, 267: 117–126. DOI: 10.1016/j.foreco.2011.11.033
- VARIK M., AOSAAR J., URI V. 2009. Biomass production in silver birch stands in Oxalis site. *Forestry Studies*, 51: 5–16.
- ZAKOPAL V. 1955. Zlepšené způsoby zalesňování rozsáhlých kalamitních holin na Křivoklátsku. *Práce výzkumných ústavů lesnických*, 8: 7–42.
- ZASADA M., BIJAK S., BRONISZ A., GAWEDA T. 2014. Biomass dynamics in young silver birch stands on post-agricultural lands in central Poland. *Drewno*, 57 (192): 29–39.
- Zpráva. 2020. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2019 [online]. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR: 124 s. [cit. 2021-01-20]. Dostupné na/Available on: <http://agri.cz/public/web/mze/lesy/lesnictvi/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-2019.html>

## COMPARISON OF GROWTH AND ABOVE-GROUND BIOMASS OF YOUNG BEECH AND BIRCH STAND GROWING ON DISTURBED AREA AFTER ALLOCHTHONOUS NORWAY SPRUCE STAND

### SUMMARY

Compared to shade-tolerant climax species such as European beech, pioneer species are better-adapted to large clearing conditions; they grow fast in full sunlight, and juvenile plants are also tolerant to climatic extremes. Among the pioneers, silver birch is a dominant tree species that regenerates spontaneously on disturbed areas in central Europe, whereas beech must be planted if it was not present in ground vegetation before the windthrow. Despite that, beech is used for reforestation of clearings more often than silver birch in the Czech Republic.

This work deals with amount of aboveground biomass and one-year increment of the biomass in 9-year-old birch and beech stands on a former clearing; the stands were measured in 2019. Before calamity, the site was dominated by 100-year-old spruce stand with admixture of silver birch, Scots pine and European larch single trees. Three regeneration treatments such as (i) artificial planting of beech and spruce, (ii) birch seeding and (iii) succession after leaving the part of site with no human intervention were established within 1.5-hectare clearing (for more information about design see Fig. 1). In this experiment, we focused on (i) and (iii) treatments with planted beech and dominant silver birch respectively.

Presence of trees, height of beech and diameter at breast height (DBH) of birch were measured in spring (eight-year-old) and late summer 2019 (nine-year-old) (Fig. 2 and 3). To estimate aboveground biomass of the beech and birch treatment, allometric equations based on the data of the sample trees were used (Fig. 4 and 5). Ten representative trees of birch and beech were sampled in summer 2019 (Tab. 1). Additionally, nine more silver birch trees with no foliage were felled in autumn 2019 (Tab. 1). Sample trees were transported to laboratory, where particular compartments such as stem, branches, and leaves were separated and then dried at 80°C until constant weight. For both treatments, total above ground biomass (TB), total woody biomass (TWB), current wood biomass increment (CWI) and average wood and total biomass increment (AWI, TAI) were calculated.

Only 47% and 46% of 10,000 initially planted beeches was found in the time of measurement. At the same time, density of birch in succession treatment was 10,900 plants.ha<sup>-1</sup>. Dominant height of birch stand was about 8 m, whereas that of planted beech was under 3 m (Tab. 2). Estimated total aboveground biomass of birch stand ranged from 18 to 26.8 t.ha<sup>-1</sup> during observed period (Tab. 3). At the end of growing season, total aboveground biomass was 89% stem with branches – i.e. 23.9 t.ha<sup>-1</sup>. The volume of CWI of birch stands was 5.95 t.ha<sup>-1</sup> per year, TAI was 2.98 and AWI increment ranged from 2.66 to 3 t.ha<sup>-1</sup> per year (Tab. 4). Contrary to the birch stand, volume of the total beech aboveground biomass ranged from 0.5 to 0.8 t.ha<sup>-1</sup>, only. Also, volume of biomass increment of beech stand was negligible compared to birch stand as it ranged from 0.06 to 0.16 t.ha<sup>-1</sup> (Tab. 4). The volume of aboveground wood biomass of birch stands strongly correlated with basal area (Fig. 6).

In addition to production function, the more biomass produced, the more carbon sequestered. Hence, birch stand proved to be more beneficial than planted beech. It can be concluded that use of succession at post-disturbance sites where pioneer species such as birch readily regenerate is both ecologically and economically sound.

*Zasláno/Received: 02. 02. 2021*

*Přijato do tisku/Accepted: 14. 05. 2021*