

VÝVOJ POROSTU S DOMINANCÍ BŘÍZY A OSIKY NA KALAMITNÍ HOLINĚ

DEVELOPMENT OF BIRCH-ASPEN STAND ON A WIND-THROWN AREA

JIŘÍ SOUČEK ✉ - ONDŘEJ ŠPULÁK - JAN LEUGNER

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Czech Republic

✉ e-mail: soucek@vulhmop.cz

ABSTRACT

The paper evaluates a development of mixed young stand from natural regeneration on a large clear-cut in East Bohemia, the Czech Republic. Clear-cut resulted from windblown forest stand in 2007; after wood clearing a part of plot was left for natural regeneration. The paper evaluates development of regeneration in 2011–2016. Mean number of juvenile individuals culminated in 2014 (2.6 trees/m²), density decrease in next years was affected by mutual competition. Birch (*Betula pendula*) and aspen (*Populus tremula*) as nurse tree dominated in upper height stratum. Target tree species occurred mainly in understorey (height below 1.3 m), their quantity gradually increased. Density of target trees species decreased with distance from adjacent mature forest stand. Growth of trees in upper storey corresponded to growth tables, left-hand diameter distribution affected mean stem dimensions. Above growth biomass of nurse stand was 27.9 t·ha⁻¹ (DM) in 2016. Upper soil moisture under nurse stand was lower during the whole year (4–7%) compared to the weeded area; during summer periods short term differences exceeded 10% shortly.

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

Klíčová slova: sukcese; bříza; osika; produkce; buřeň; vlhkost půdy**Key words:** succession; birch; aspen; production; weed; soil moisture

ÚVOD

Kalamity působené abiotickými a biotickými faktory v posledních letech výrazně ovlivňují lesní společenstva ve střední Evropě (např. FISCHER, FISCHER 2012). Průběh klimatu a výskyt kalamitních škůdců navyšují podíl nahodilých těžeb v rámci střední Evropy. Výměry vzniklých holin nebo narušených porostů v mnoha případech výrazně přesahují rámec velikostí zákonem povolených sečí.

Plošně rozsáhlé holiny se zpravidla vyznačují extrémnějšími klimatickými podmínkami ve srovnání s holinami běžných výměr (REGOR, TUŽINSKÝ 2011), vyšší ozářenost spolu s rozdílným prouděním vzduchu ovlivňuje průběh teplotních a vlhkostních charakteristik na rozsáhlých holinách (např. KREČMER 1982; AUSSENAC 2000). Změněné podmínky prostředí mohou urychlit mineralizaci povrchového humusu, a tím ovlivnit i dostupnost živin pro následnou obnovu (LINDO, VISSER 2003). Tyto faktory mají dopad i na koloběh energetických toků širší krajiny (ANTONARAKIS 2018). Rychlý rozpad porostů vlivem

kalamit jen výjimečně umožňuje využít přirozenou obnovu cílových dřevin. Nepříznivé podmínky prostředí se mohou projevit i zvýšenými náklady na obnovu lesa na kalamitních plochách i rizikem neúspěchu obnovy (MARTINÍK et al. 2014). Úspěšná a včasná obnova je významným krokem ke stabilizaci lesního prostředí na stávajících holinách.

Výsledky výzkumu opakovaně poukazují na nezastupitelnou úlohu přípravných dřevin při obnově kalamitních holin. Studiu přípravných porostů na rozsáhlých kalamitních holinách byla v rámci České republiky věnována opakovaně pozornost již v minulosti (PĚNČÍK et al. 1958; ZAKOPAL 1958; KULA 2011), různé důvody a postupy zakládání přípravných porostů ovlivnily i způsoby jejich vzniku a dalšího využití. Přípravné dřeviny jsou schopny odrůstat v široké škále klimatických a půdních podmínek, na většině stanovišť rychle vytvářejí porosty plnicí požadované funkce. Z biologického pohledu přípravné dřeviny na plošně rozsáhlých kalamitních holinách upravují porostní mikroklima (ŠPULÁK, KACÁLEK 2016), půdní podmínky

(ZAKOPAL 1958; MORAVČÍK, PODRÁZSKÝ 1993) nebo koloběh vody (LANDHÄUSSER et al. 2003; BARTOŠ et al. 2011), a tím vytvářejí příznivější podmínky pro obnovu cílových dřevin. Širší využití přípravných dřevin v ČR však dosud částečně omezuje stávající lesnická legislativa (doporučená druhová skladba, podíl MZD, doba zalesnění a zajištění).

Mezi přípravnými dřevinami hrají hlavní úlohu břízy (v našich podmínkách hlavně bříza bělokora). Bříza bělokora (*Betula pendula* Roth.) má široký areál rozšíření, sahající od Atlantiku až po východní Sibiř (ÚRADNÍČEK et al. 2001). Nejlepší růst a produkci vykazuje bříza na stanovištích s odpovídající vlhkostí a zásobou živin, je však schopna odrůstat v široké škále stanovištních a porostních podmínek (HYNYNEN et al. 2010).

Příspěvek hodnotí vývoj mladého smíšeného porostu s dominancí břízy a osiky, vzniklého sukcesí na kalamitní holině po smrkovém porostu na kyselém stanovišti středních poloh. Porostní charakteristiky jsou hodnoceny v průběhu 5 let v porostu bez výchovy. V práci je uveden průběh vlhkosti svrchních vrstev půdy pod přípravným porostem a na sousední holině ve sledovaném období.

MATERIÁL A METODIKA

Šetření vývoje mladého porostu bylo prováděno na výzkumné ploše Nemojov (50,479 N, 15,768 E), která leží v blízkosti Dvora Králové nad Labem v nadmořské výšce 460 m. Geologickým podkladem jsou pískovce, na kterých se vytvořila luvická kambizem s dostatečnou zásobou živin. Z přirozených společenstev zde dominovalo *Fagetum illimerosum acidophilum* (SLT 4I). Předchozí dospívající porost tvořený smrkem s příměsí borovice, dubu, břízy a osiky byl poškozen vichřicí Kyrill (leden 2007) a na lokalitě vznikla holina s výměrou přesahující 6 ha. Zuzítkovatelná dřevní hmota byla z plochy vyvezena, ponechané těžební zbytky byly shromážděny do valů. Na ploše se nevyskytovali starší jedinci obnovy ani pasečná vegetace, povrchová vrstva humusu byla částečně narušena vyklizováním dřevní hmoty. Oplocení omezuje přístup zvěře na plochu a následné škody.

Na části kalamitní holiny (1,5 ha) je sledován sukcesní vývoj porostu. Plocha přiléhá severní stranou k původnímu dospělému porostu, na jižní části přechází na kalamitní holinu z roku 2007. Šířka plochy pro sledování sukcese ve směru S-J nepřesahuje 70 m. Na ploše se již v roce 2007 objevila přirozená obnova s dominancí břízy (generativní obnova) a osiky (generativní i vegetativní obnova). Část plochy byla v roce 2007 provozně osázena bukem, který však vykazoval vysokou mortalitu.

Sledování přípravného porostu probíhá od roku 2011 na kruhových ploškách s poloměrem 2 m, plošky jsou rozmístěny v pravidelné čtvercové síti s rozstupem 10 m. Celkem bylo na sukcesní ploše vytyčeno 59 plošek (4,9 % výměry sledované plochy). Na ploškách byli každoročně na konci vegetačního období evidováni jedinci s výškou přesahující 10 cm. Ve sledovaném období byli rozděleni na podúroveň (výška 10–130 cm) a úroveň (výška nad 130 cm). U jedinců nad 130 cm výšky byly podchyceny dřevina a tloušťka ve výčetní výšce, výšky byly měřeny opakovaně na reprezentativních stromech (30–50 kusů). U nižších jedinců (podúroveň) byla na ploškách zaznamenána početnost podle druhů dřevin. Zjištěné dřeviny byly rozděleny na přípravné a cílové. Do přípravných byly zahrnuty: bříza bělokora (*Betula pendula*), topol osika (*Populus tremula*), líska obecná (*Corylus avellana*), vrba jíva (*Salix caprea*), jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*) a bez hroznatý (*Sambucus racemosa*). Kategorii dřevin cílových z přirozené obnovy tvořily jedle bělokora (*Abies alba*), smrk ztepilý (*Picea abies*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*), modřín opadavý (*Larix decidua*), douglaska tisolistá (*Pseudotsuga taxifolia*), dub zimní (*Quercus petraea*) a javor klen (*Acer pseudoplatanus*).

Sledování vlivu vzdálenosti sousedního dospělého porostu na počty jedinců a odrůstání obnovy bylo sledováno na ploškách na transektu S-J pro vzdálenosti 0 (okraj původního porostu) až 60 m. Na lokalitě byly prováděny opakované odběry vzorníků břízy a osiky pro stanovení nadzemní biomasy s využitím standardních metod (ŠPULÁK et al. 2016). Vlhkost svrchní vrstvy půdy (15–30 cm) byla sledována na volné ploše i pod porostem břízy s využitím čidel Virribloger (AMET Velké Bílovice), z hodnot odečítaných v hodinových intervalech byl vypočítán jejich týdenní průměr.

Statistické porovnání hodnot středních tloušťek podle dřevin s využitím analýzy variance bylo provedeno pomocí software NCSS, výsledky byly testovány Scheffeho mnohonásobným srovnáním (neparametrickým testem Kruskal-Wallis v případě nehomogenity dat). Rozdíly byly považovány za průkazné na 95% hladině významnosti.

VÝSLEDKY

V roce 2011 bylo na ploše zjištěno celkem 10 druhů dřevin, přípravné dřeviny početně dominovaly (bříza 73 %, osika 13 %). Z cílových dřevin měly početnější zastoupení smrk, borovice, modřín a dub (tab. 1). Počty jedinců na ploškách značně kolísaly podle stanovištních a porostních podmínek (3–89 kusů), průměr 2,2 ks/m², Sx 1,2 (tab. 2). Střední výška přípravného porostu v roce 2011 dosahovala 2,4 ± 0,9 m, nejvyšší jedinci dosahovali až 5 m. Z cílových dřevin se v porostní úrovni dále vyskytoval modřín (výška 1,96 ± 0,7 m) a javor klen (2,25 ± 0,4 m). Další cílové dřeviny zpravidla nepřesahovaly střední výšku 1 m (podúroveň).

Střední počty jedinců na ploškách kulminovaly v roce 2014 (průměr 2,6 ± 1,2 ks/m²). Většina přípravných dřevin se obnovila záhy po vzniku holiny, cílové dřeviny se obnovily souběžně s přípravnými i následně pod porostní clonou. Pokles počtu kusů na ploškách po roce 2014 způsobilo vzájemné konkurenční působení i klimatické faktory. Po výrazně suchém roce 2015 poklesl podíl jedinců přípravných dřevin v podúrovni na pouhých 3 % z výchozího stavu (tab. 1). Část jedinců přípravných dřevin překročila registrační hranici, většina jich však uschla. Na 64 % plošek se počty jedinců přípravných dřevin postupně snižovaly, u cílových dřevin naproti tomu převažovaly plošky s nárůstem počtu jedinců (66 %).

V roce 2016 přípravné dřeviny stále početně dominovaly (88 % v úrovni, 77 % celkem), v podúrovni již převažovaly cílové dřeviny (tab. 1). Střední počet jedinců poklesl na 2,0 ± 0,8 ks/m². Z dalších dřevin byly na ploše zaznamenány douglaska a líska (tab. 1). Druhová pestrost dřevin na ploškách postupně narůstala s přirozenou obnovou cílových dřevin, z výchozích 2,9 ± 0,9 druhů na plošce v roce 2011 se zvýšila na 3,6 ± 1,4 druhů v roce 2016.

Vývoj středních rozměrů porostu i dřevin ovlivnilo levostranné rozdělení tloušťek (obr. 1 pro dominantní břízu) i postupný přesun jedinců dorůstáním přes registrační hranici. Nejvyšší tloušťku středního kmene vykazovaly po celé období bříza, osika a modřín (tab. 3). Střední porostní výška se zvýšila na 4,0 m v roce 2016. Výška jedinců v horní úrovni v roce 2016 přesahovala 8 m, jejich tloušťka překračovala hranici hroubí. Výčetní základna porostu z výchozích 1,9 m²/ha (2011) dosáhla 12,8 m²/ha v roce 2016. Sušina nadzemní biomasy břízy a osiky v roce 2011 dosahovala 4,0 tun/ha, do roku 2016 se zvýšila na 27,9 tun/ha. V roce 2014 (věk 7 let) sušina biomasy březového porostu dosahovala 16–18 tun v závislosti na termínu šetření (ŠPULÁK et al. 2016).

Počty jedinců přípravných dřevin v roce 2011 početně dominovaly na ploškách 40–50 m od porostního okraje, ve vzdálenosti 60 m jejich počet výrazně poklesl. Srovnatelné minimum bylo zjištěno i u plošek vzdálených 20 m od porostního okraje (obr. 2). Změny počtu jedinců se nejvýrazněji projeví ve vzdálenostech 50 m od okraje (výchozí

Tab. 1.

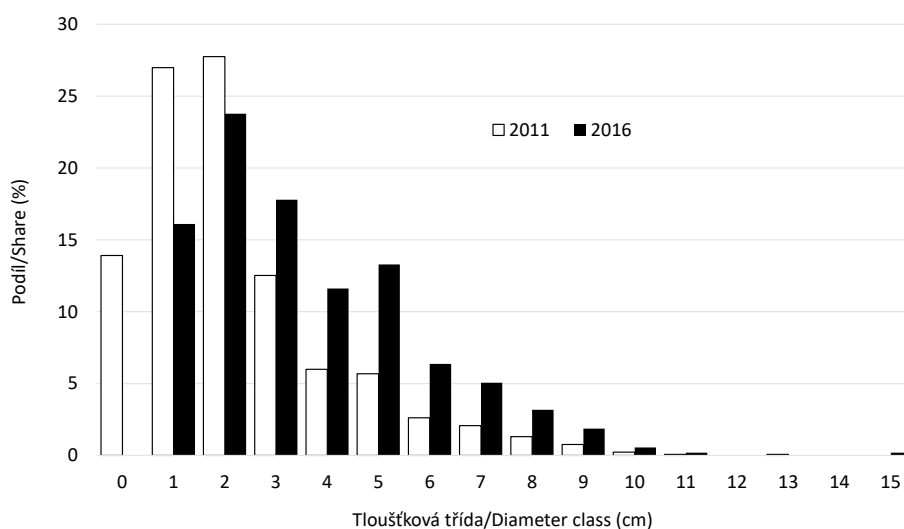
Zastoupení dřevin [%] v letech 2011 a 2016 podle výškových tříd
Tree species share [%] in 2011 and 2016 according to height classes

Dřeviny/Species	2011		2016		
	Výšková třída/Height class		Species share		
	> 1,3 m	< 1,3 m	> 1,3 m	< 1,3 m	Species share
Dřeviny přípravné/ Pioneer trees species					
Bříza/Birch	83	24	73	72	66
Osika/Aspen	13	10	13	13	1
Jíva/Goat willow	3	3	3	3	1
Bez/Elder		2	+		1
Jeřáb/Rowan	0		+	+	+
Líska/Hazel				1	+
Σ	98	39		88	3
Dřeviny cílové/ Target tree species					
Smrk/Spruce	0	22	4	4	40
Borovice/Pine		18	3	4	27
Modřín/Larch	1	13	3	3	18
Douglaska/Douglas fir					1
Dub/Oak		5	1	1	11
Javor/Maple	0	2	1	+	1
Σ	2	61		12	97

Tab. 2.

Počty jedinců na ploškách (12,56 m²) podle dřevin
Numbers of individuals on plots (12,56 m²) according to the species

Rok/Year	Přípravné dřeviny/Pioneer tree species	Cílové dřeviny/Target tree species
	Min-Max ($\bar{O} \pm S_x$)	
2011	3-45 (19,0 \pm 10,9)	1-56 (11,5 \pm 10,3)
2012	2-49 (18,6 \pm 10,9)	1-32 (10,4 \pm 8,4)
2013	6-56 (23,7 \pm 9,4)	1-33 (12,9 \pm 7,1)
2014	8-57 (23,2 \pm 12,1)	1-31 (10,5 \pm 7,1)
2015	10-59 (22,7 \pm 7,5)	2-23 (10,8 \pm 4,9)
2016	10-45 (21,1 \pm 7,0)	1-22 (7,9 \pm 5,9)



Obr. 1.

Rozložení tlouštěk břízy na lokalitě Nemojov

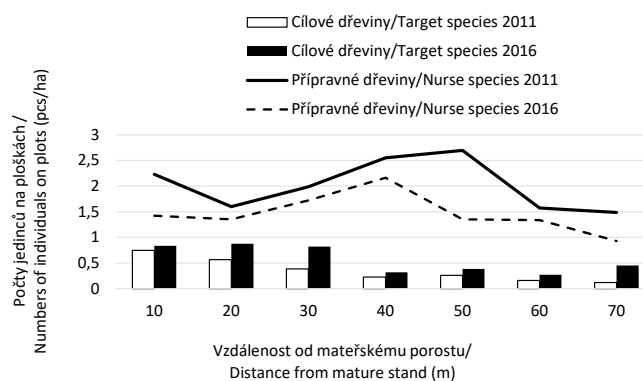
Fig. 1.

Diameter distribution of the birch on the Nemojov locality

Tab. 3.
 Tloušťky dřevin – průměr a Sx [mm]
 Species diameters (mean ± Sx) [mm]

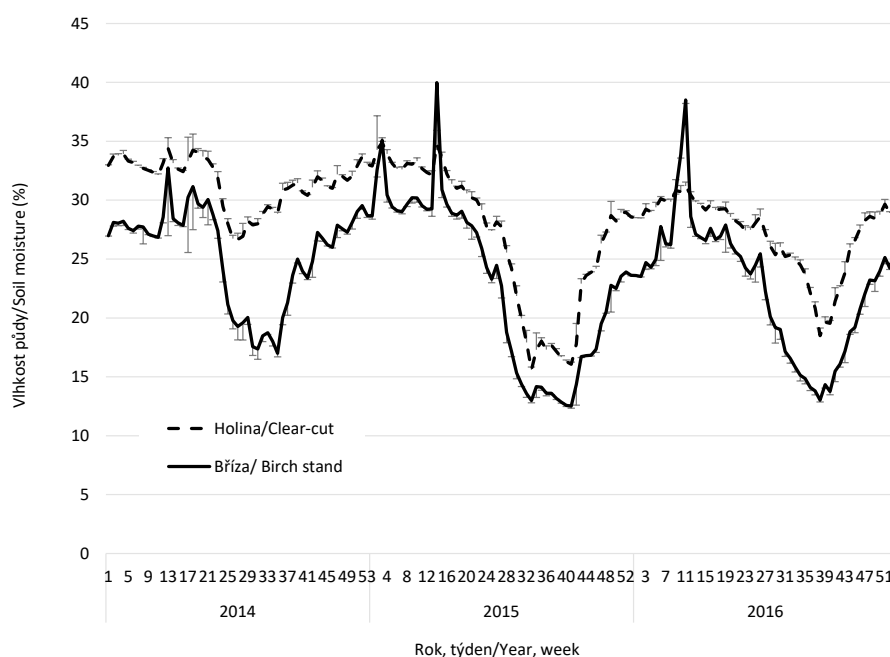
Dřevina/Species	Rok/Year					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Bříza/Birch	12,0 ± 7,6	17,9 ± 11,2	19,7 ± 13,8	21,8 ± 16,4	25,7 ± 18,8	30,5 ± 20,7
Osika/Aspen	10,2 ± 5,7	13,9 ± 7,9	16,5 ± 10,7	18,2 ± 12,3	20,9 ± 14,2	25,6 ± 16,7
Jíva/Goat willow	8,2 ± 3,7	12,8 ± 5,1	14,8 ± 6,4	17,4 ± 8,2	18,9 ± 9,8	21,1 ± 10,3
Borovice/Pine		9,7 ± 2,3	11,1 ± 5	15,9 ± 8,4	18,4 ± 11,5	20,0 ± 13,5
Dub/Oak		7,2 ± 4,5	8,5 ± 4,9	10,9 ± 5,8	13,9 ± 3,7	15,7 ± 7,0
Javor/Ahorn	7,7 ± 3,2	13,1 ± 5,2	14,8 ± 7,8	15,6 ± 9,9	28,2	28,3
Modřín/Larch	8,0 ± 5,6	20,4 ± 14,3	17,7 ± 19,0	21,8 ± 24,0	26,0 ± 26,9	25,6 ± 29,0
Smrk/Spruce			9,9 ± 6,3	11,6 ± 6,5	14,7 ± 8,9	16,1 ± 11,7

V případě chybějících hodnot v tabulce nedosahoval počet jedinců min počet 5 kusů/Missing values indicate that number of species individual did not exceeded 5 pcs.



Obr. 2.
 Počty jedinců podle vzdálenosti od mateřského porostu

Fig. 2.
 Numbers of individuals according to the distance to the mature stand



Obr. 3.
 Vlhkost svrchní vrstvy půdy (15–30 cm) na holině a pod porostem břízy
Fig. 3.
 Upper soil moisture (15–30 cm) on clear-cut and under birch stand

nejvyšší hustota, a tím i konkurence) a také u porostního okraje. Počty cílových dřevin na ploškách v roce 2011 postupně klesaly s rostoucí vzdáleností od sousedního porostu. V roce 2016 se počty výrazněji neměnily do vzdálenosti 30 m od porostního okraje, na vzdálenějších ploškách již byly počty cílových dřevin poloviční (obr. 2).

Vlhkost svrchní vrstvy půdy (15–30 cm) pod porostem břízy byla po celou dobu sledování nižší než na volné ploše, výjimkou byly periody po tání sněhu, kdy došlo k dočasnému nasycení půdního horizontu tající vodou (obr. 3). Střední hodnoty vlhkosti půdy pod porostem břízy byly o 4–7 % nižší než na volné ploše, v průběhu vegetačního období rozdíl krátkodobě přesáhl i 10 %. V srážkově chudých letech 2015 a 2016 vlhkost půdy dlouhodobě klesla pod 15 %, na srovnatelné hodnoty se vlhkost půdy dostala až na přelomu roku. Výrazně nižší vlhkost ve sledované hloubce půdy se zatím výrazněji neprojevila na zdravotním stavu dalších dřevin rostoucích pod přípravným porostem.

DISKUSE

Poznatky o možnostech využití přirozené obnovy na kalamitních holinách jsou často rozdílné, většina autorů zdůrazňuje vysoký potenciál přirozené obnovy dřevin. Porostní charakteristiky mladých porostů vzniklých sukcesí mají značnou variabilitu v závislosti na stanovištních podmínkách, dřevině a hustotě porostu (ILISSON et al. 2007; KULLA, SITKOVÁ 2012; BRANG et al. 2015). LEDER (2017) uvádí po 10 letech na kalamitní holině 5 % plošek bez obnovy, naopak na 4 % plošek počty jedinců přesahovali 50 tis ks/ha. Analyzovaný porost je příkladem vysokého potenciálu přirozené obnovy dřevin na kalamitních holinách. Termín vzniku holiny, narušení půdního povrchu při vyklizování dřeva i výskyt semenných stromů ve vhodné vzdálenosti v okolních porostech se příznivě projeví na počtech jedinců přípravných i cílových dřevin na sledované ploše. Nasazení a prvotní odrůstání semenáčků proběhlo ještě před plošným zabuřeněním plochy. Přípravné dřeviny v druhové skladbě porostu dlouhodobě dominují a příznivě odrůstají. Cílové dřeviny se obnovily současně s přípravnými, nebo v dalších letech pod přípravným porostem, zdárně odrůstají a jejich podíl se postupně zvyšuje.

Značné rozdíly v hustotě březových porostů vzniklých sukcesí se projevují i na jejich celkové porostní zásobě, srovnatelné množství biomasy zjistili např. VARIK et al. (2009) či URI et al. (2012). Na bývalých zemědělsky obhospodařovaných půdách byla zjištěna i výrazně vyšší produkce nadzemní biomasy březových porostů (ZASADA et al. 2014).

Potenciál přirozené obnovy závisí na stanovištních a porostních podmínkách v době vzniku kalamity a v následném období. Obnova pionýrských dřevin je úspěšnější na lokalitách s narušeným půdním povrchem (WOHLGEMUTH, KRAMER 2015; SAURSAUNET et al. 2018), vliv buřeně na úspěšnost obnovy stoupá s rostoucí fertilitou stanoviště (BERKOWITZ et al. 1995). Požadavky jednotlivých dřevin na stanovištní podmínky se mohou značně měnit (CARLTON, BAZZAZ 1998). Se změnami pokryvu vlivem stínění jsou spojeny i změny v abundanci druhů (YILMAZ et al. 2018). Bříza vykazuje širokou ekologickou valenci, má výrazný potenciál přirozené obnovy a intenzivního růstu v mládí (BOSE et al. 2014), v porostních směsích pak zároveň zvyšuje biodiverzitu i celkový produkční potenciál (HYNYNEN et al. 2010). V dalších letech se začíná projevovat autoredukce (URI et al. 2007; ŠPULÁK et al. 2014; MARTINÍK, ADAMEC 2016).

Výchovný zásah v části hlavního porostu břízy realizovaný v průběhu roku 2017 byl zaměřen na podporu jedinců s potenciálem kvality (pozitivní výběr), zároveň podpořil i odrůstání cílových dřevin v podúrovni.

ZÁVĚR

Šetření ukázala vysoký potenciál porostu vzniklého přirozenou obnovou na kalamitní holině Nemojov. Druhová skladba sledovaného porostu je tvořena směsí přípravných i cílových dřevin. Bříza spolu s osikou početně dominují a vytváří porostní úroveň, v podúrovni se postupně zvyšuje podíl cílových dřevin. Porostní hustota kulminovala v roce 2014 (2 ks/m²), redukce počtu jedinců v dalších letech byla způsobena autoredukce zejména přípravných dřevin v podúrovni. Dimenze středních kmenů ovlivnilo levostranné rozdělení četností. Pod přípravným porostem byla dlouhodobě zjištěna nižší vlhkost svrchních vrstev půdy, výjimkou jsou krátké periody spojené s táním sněhu. Střední hodnoty vlhkosti půdy pod porostem byly o 4–7 % nižší ve srovnání s holinou. Další vývoj sledovaného porostu bude do značné míry záviset na odpovídající porostní péči.

Poděkování:

Příspěvek vznikl díky podpoře výzkumného projektu NAZV QK1810126 „Zakládání a výchova směsí přípravných a cílových dřevin plnicích produkční a mimoprodukční funkce lesa v oblasti velkoplošně hynoucích smrkových porostů“.

LITERATURA

- ANTONARAKIS A. 2018. Linking carbon and water cycles with forests. *Geography*, 103: 4–11.
- AUSSENAC G. 2000. Interactions between forest stands and microclimate: ecophysiological aspects and consequences for silviculture. *Annals of Forest Science*, 57: 287–301.
- BARTOŠ J., ŠPULÁK O., SOUČEK J. 2011. Vlastnosti sněhu ve vztahu k mladým porostům vybraných dřevin v horských polohách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56 (3): 220–227.
- BERKOWITZ A.R., CANHAM C.D., KELLY V.R. 1995. Competition vs. facilitation of tree seedling growth and survival in early successional communities. *Ecology*, 76 (4): 1156–1168. DOI: 10.2307/1940923
- BOSE A.K., SCHELHAAS M.J., MAZEROLLE M.J., BONGERS F. 2014. Temperate forest development during secondary succession: effects of soil, dominant species and management. *European Journal of Forest Research*, 133: 511–523. DOI: 10.1007/s10342-014-0781-y
- BRANG P., HILFIKER S., WASEM U., SCHWYZER A., WOHLGEMUTH, T. 2015. Langzeitforschung auf Sturmflächen zeigt Potenzial und Grenzen der Naturverjüngung. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 166 (3):147–158.
- CARLTON G.C., BAZZAZ F.A. 1998. Regeneration of three sympatric birch species on experimental hurricane blowdown microsites. *Ecological Monographs*, 68 (1): 99–120. DOI: 10.1890/0012-9615(1998)068[0099:ROTSBS]2.0.CO;2
- FISCHER A., FISCHER H.S. 2012. Individual-based analysis of tree establishment and forest stand development within 25 years after wind throw. *European Journal of Forest Research*, 131: 493–501. DOI: 10.1007/s10342-011-0524-2
- GREGOR J., TUŽINSKÝ L. 2011. Větrná kalamita a smrkové ekosystémy. Zvolen, TU Zvolen: 236 s.
- HYNYNEN J., NIEMISTÖ P., VIHÄRÄ-AARNIO A., BRUNNER A., HEIN S., VELLING P. 2010. Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and

- Betula pubescens*) in northern Europe. *Forestry* (Oxford), 83 (1): 103–119. DOI: 10.1093/forestry/cpp035
- LISSON T., KÖSTER, K., VODDE, F., JÖGISTE, K. 2007. Regeneration development 4–5 years after storm in Norway spruce dominated forests, Estonia. *Forest Ecology and Management*, 250: 17–24. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.03.022
- KREČMER V. 1982. Bioklimatické změny na obnovních sečích v imisních oblastech. In: *Obnova lesa v imisních oblastech. Sborník příspěvků ze semináře biologické komise oboru lesního hosp. ČSAZ v Nových Hamrech u Karlových Varů*, 29. a 30. září 1981. Praha, ČAZ: 63–68.
- KULA E. 2011. Bříza a její význam pro trvalý rozvoj lesa v imisních oblastech. *Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce*: 276 s.
- KULLA L., SITKOVÁ Z. 2012. Rekonštrukcie nepôvodných smrekových lesov: poznatky, skúsenosti, odporúčania. Zvolen, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav: 207 s.
- LANDHÄUSSER S.M., LIEFFERS V.J., SILINS U. 2003. Utilizing pioneer species as a hydrological nurse crop to lower water table for reforestation of poorly drained boreal sites. *Annals of Forest Science*, 60: 741–748. DOI: 10.1051/forest:2003068
- LEDER B. 2017. Natürliche Wiederbewaldung ehemaliger Sturmwurfflächen. *AFZ-Der Wald*, 5: 16–20.
- LINDO Z., VISSER S. 2003. Microbial biomass, nitrogen and phosphorus mineralization, and mesofauna in boreal conifer and deciduous forest floors following partial and clear-cut harvesting. *Canadian Journal of Forest Research*, 33 (9): 1610–1620.
- MARTINÍK A., DOBROVOLNÝ L., HURT V. 2014. Comparison of different forest regeneration methods after windthrow. *Journal of Forest Science*, 60: 190–197.
- 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.
- MORAVČÍK P., PODRÁZSKÝ V. 1993. Akumulace biomasy v porostech břízy a smrku pichlavého a jejich vlivu na půdu. *Zprávy lesnického výzkumu*, 38 (2): 4–9.
- PĚNČÍK J. et al. 1958. *Zalesňování kalamitních holin*. Praha, SZN: 261 s.
- SAURSAUNET M., MATHISEN K.M., SKARPE C. 2018. Effects of increased soil scarification intensity on natural regeneration of Scots pine *Pinus sylvestris* L. and birch *Betula* spp. L. *Forests*, 9: 262. DOI: 10.3390/f9050262
- ŠPULÁK O., KACÁLEK D. 2016. Below-canopy and topsoil temperatures in young Norway spruce and Carpathian birch stands compared to gaps in the mountains. *Journal of Forest Science*, 62, 10: 441–451.
- ŠPULÁK O., SOUČEK J., LEUGNER J. 2014. Variabilita struktury mladých, převážně březových porostů vzniklých sukcesí na holinách kalamitního charakteru. In: Štefančík, I. (ed): *Pestovanie lesa v strednej Európe. Zborník vedeckých prác*. Ed. I. Štefančík. Zvolen, Národné lesnícke centrum: 68–74. *Proceedings of Central European silviculture*.
- 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.
- ÚRADNÍČEK L. et al. 2001. *Dřeviny České republiky*. Písek, Matice lesnická: 333 s.
- URI V., LÖHMUS K., OSTONEN I., TULLUS H., LASTIK R., VILDO M. 2007. Biomass production, foliar and root characteristics and nutrient accumulation in young silver birch (*Betula pendula* Roth.) stand growing on abandoned agricultural land. *European Journal of Forest Research*, 126: 495–506. DOI: 10.1007/s10342-007-0171-9
- 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 type. *Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused*, 51: 5–16.
- WOHLGEMUTH T., KRAMER K. 2015. Waldverjüngung und Totholz in Sturmflächen 10 Jahre nach Lothar und 20 Jahre nach Vivian. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 166: 135–146. DOI: 10.3188/szf.2015.0135
- YILMAZ O. Y., YILMAZ H., AKYÜZ Y.F. 2018. Effects of the overstory on the diversity of the herb and shrub layers of Anatolian black pine forests. *European Journal of Forest Research*, 137 (4): 433–445. DOI: 10.1007/s10342-018-1114-3
- ZAKOPAL V. 1958. Vliv březových porostů na půdní stav holin v oblasti křivoklátské. *Lesnictví, Praha*, 4: 877–896.
- ZASADA M., BIJAK S., BRONISZ K., BRONISZ A., GAWĘDA T. 2014. Biomass dynamics in young silver birch stands on post-agricultural lands in Central Poland. *Drewno*, 57 (192): 29–39.

DEVELOPMENT OF BIRCH-ASPEN STAND ON A WIND-THROWN AREA

SUMMARY

Windthrow is a common phenomenon, which influences forest stand development and management at present. Little is known about tree layer regeneration and its development on wind-blown areas on plots at lower altitudes. The study aims to evaluate the spontaneous development of mixed stand which was established by natural regeneration on a large clear-cut. The data were taken at the Nemojov experimental site (East Bohemia, 460 m a.s.l., site *Fagetum illimerosum acidophilum*). Previous spruce-dominated stand was destroyed by wind storm Kyrill in January 2007; clear-cut area exceeded 6 ha. Soil surface was partly disturbed by skidding operations, logging residues were heaped up. Part of the plot was left for natural regeneration. Natural regeneration of pioneer tree species started just in 2007, target species regenerated together with pioneers or later.

Evaluation of mixed stand from natural regeneration was conducted on 59 circular plots (radius 2 m, 10 m regular spacing, 5% of the evaluated plot area) annually from 2011 to 2016. In these plots, all trees higher than 1.3 m were measured to get basic mensuration variables (DBH, height), species and number of individuals were also recorded for trees with height below 1.3 m (understorey). No thinning was conducted there over the 5 years of investigation.

The advance growth density ranged from 0 to 7 trees/m² in 2011, the mean value was 2.2 trees/m². Dominant tree species in upper storey were silver birch (*Betula pendula*) and European aspen (*Populus tremula*) (Tab. 1). Their mean height was 2.4 m (top height 5 m). European larch was the only one from other species that had comparable height growth rate with birch and aspen. In understorey, there were found both pioneer and target tree species such as Norway spruce, Scots pine and other broadleaves; share of target tree species gradually increased over time. Tree density culminated in 2014 (2.6 trees/m²). Its reduction was affected by mutual tree competition and weather conditions in next years. Both birch and aspen still dominated in in the upper stratum in 2016 (77%), target species prevailed in understorey. Totally 12 tree species were registered on site of interest. Dominant trees were 8 m tall with DBH over 8 cm. Left-hand diameter distribution affected mean stand dimensions (Fig. 1; Tab. 2), growth of upper storey trees corresponded to growth tables.

Above-growth biomass (dry matter) of birch and aspen gradually increased from 4 Mg/ha⁻¹ in 2011 to 28 Mg/ha⁻¹ in 2016. The increasing distance from neighbouring mature forest edge, the lower density of target trees species (Fig. 2). Density of pioneer species culminated at the distance of 40–50 m from mature stand edge. Measurement of soil moisture in upper soil horizons (15–30 cm) were conducted using permanent probes Virriblogger, soil under nurse stand was permanently drier (4–7% difference) compared to weeded area (Fig. 3). During summer periods differences in water contents between both plots exceeded 10%.

Present study confirmed high potential of mixed stand from natural regeneration on clear-cut area. Pioneer tree species form upper storey and allow gradual integration of target tree species. Stand development depend on next silviculture treatment.

Zasláno/Received: 28. 01. 2019

Přijato do tisku/Accepted: 01. 11. 2019