

# SOUČASNÉ ROZŠÍŘENÍ SMRKU ZTEPILÉHO A BUKU LESNÍHO V NÁRODNÍM PARKU ŠUMAVA V ÚZEMÍ PONECHANÉM SAMOVOLNÉMU VÝVOJI: DOCHÁZÍ KE ZMĚNĚ DRUHOVÉ SKLADBY VE PROSPĚCH BUKU LESNÍHO?

## RECENT DISTRIBUTION OF SPRUCE AND BEECH IN THE ŠUMAVA NATIONAL PARK IN THE NON-INTERVENTION AREA: CAN WE EXPECT THE CHANGE OF TREE SPECIES COMPOSITION?

PAVLA ČÍŽKOVÁ<sup>1,2)</sup> ✉ - PAVEL HUBENÝ<sup>1)</sup> - MIROSLAV SVOBODA<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>*Správa NP Šumava, 1. Máje 260, 385 01 Vimperk, Czech Republic*

<sup>2)</sup>*Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 - Suchbátka, Czech Republic*

✉ *e-mail: pavla.cizkova@seznam.cz*

### ABSTRACT

The appearance of future forests, but also the very existence of forests in non-intervention areas is dependent on the ability of trees to regenerate. The main objective of this work was to describe regeneration of spruce and beech according to the current species composition of the tree layer. Data collection took place in the framework of the long-term project entitled "The Biomonitoring of Forest Ecosystems". Measurements were performed on a square grid of points with randomised centres for the actual monitoring plots. The monitoring plots were circular (each with an area of 500 m<sup>2</sup>, semi-diameter 12.62 m). On each plot we evaluated the canopy layer, tree regeneration, deadwood, and the undergrowth layer. 631 plots that were measured in 2009–2014 are evaluated in this work. In areas dominated by spruce in the canopy layer (517 plots), spruce also prevailed with respect to regeneration in 91% of cases, while beech was dominant in 2% of cases. In areas prevailed by beech in the canopy layer (47 plots), beech dominated with respect to regeneration in only 66% of cases, while spruce was dominant in 23% of cases. However, the total number of plots dominated by spruce and beech in the canopy layer and in regeneration layer were almost identical, so the current and future proportions of plots prevailed by spruce and beech were retained.

**Klíčová slova:** území ponechané samovolnému vývoji; zmlazení dřevin; druhová skladba; národní park Šumava

**Key words:** non-intervention management area; regeneration; tree species composition; Šumava National Park; Czech Republic

### ÚVOD

Probíhající klimatická změna může způsobit přeměnu druhové skladby lesů ponechaných samovolnému vývoji. Smrk ztepilý by podle modelů mohl vlivem častějších letních such a růstem zimních teplot významně ustupovat a být nahrazován bukem lesním (CAILLERET et al. 2014; THOM et al. 2016) nebo dokonce duby (THOM et al. 2016). Podle studie z Bavorského lesa klimatická změna může přímo ovlivnit dynamiku porostů, a sice změnami ve způsobu zmlazování dřevin, změnou růstu a mortality dřevin a nepřímo také změnou mezidruhové kompetice (CAILLERET et al. 2014). Klimatická změna také může být příčinou častějšího výskytu disturbancí (THOM et al. 2016). Typ disturbance, její frekvence a síla jsou faktory ovlivňující, jaké druhy se po narušení prosadí (XU et al. 2012). Podle výsledků rozsáhlého opakovaného šetření v práci MÁLIŠ et al. (2016) jsou v některých studiích aktuální změny ve stromovém patře a ve zmlazení interpretovány jako důsle-

dek klimatické změny, zatímco by mělo být více přihlédnuto k odlišným ekologickým nárokům různých vývojových stadií jednotlivých dřevin. MÁLIŠ et al. (2016) v této souvislosti akcentuje rozdílné ekologické nároky semenáčků a odrostlého zmlazení. Studií, které by skutečně dokladovaly změnu druhové skladby v závislosti na probíhající klimatické změně, není mnoho (MARTÍNEZ-VILALTA, LLORET 2016).

V území ponechaném samovolnému vývoji (ÚPSV) v národním parku Šumava (NP Šumava) máme ideální příležitost zaznamenat události, které zde aktuálně probíhají (nebo alespoň ty, které dnes považujeme za důležité z hlediska dalšího vývoje ekosystémů), a vytvořit tak kvalitní datovou základnu pro budoucí hodnocení změn nejen druhové skladby dřevin. Z minulosti se nám dochovaly pouze útržkovité popisy lesa a jeho přirozené obnovy, také záznamy o gradacích hmyzu a působení vichřic jsou často pouze zprostředkované, nekonkrétní, příliš obecné, anebo prostorově omezené. Nepřímé zdroje informací nám postupně poodhalují obraz lesů v minulosti a jejich

schopnost vyrovnat se s disturbancemi. Výsledky dendrochronologických (ČADA et al. 2013; STARÝ 2016), palynologických (SVOBODOVÁ et al. 2001), meteorologických (DOBROVOLNÝ, BRÁZDIL 2003), ale třeba i historických studií (SAITZ 1898; MINISTR 1963, 1964, 1969; KRUML 1964, 1968; MAYER 2013) a záznamy z kronik nám ukazují, že vichřice a kůrovcové gradace provázejí lesy na našem území od nepaměti. Nyní máme možnost pozorovat přirozené zmlazování lesa po vichřici a gradaci kůrovce, a to na relativně velkém území, které je ponecháno samovolnému vývoji.

Ve sledovaném území – obdobně jako v celém NP Šumava – je v současné době dominantní dřevinou smrk ztepilý. Hraje významnou roli ve všech nadmořských výškách a na většině stanovišť. V území nelze pozorovat jasné rozhraní bučin a zónálních smrčín (MATĚJKA 2014b). Prokázaná existence velmi starých jedinců smrku v některých lokalitách (KOUTECKÝ et al. 2014, 2015; STARÝ 2016) zpochybňuje zařazení úvahy o převážně umělém původu dominantně smrkových lesů mimo polohy horských smrčín. Sledování a hodnocení současného stavu a chování smrku ztepilého v ÚPSV může přinést odpovědi na otázky spojené s existencí a budoucností této dřeviny na Šumavě.

Předkládaná práce je zaměřena na porovnání druhového složení současného a/nebo nedávného stromového patra a druhového složení zmlazení dřevin. Jejím cílem je odpovědět na následující otázky:

- (i) Na jak velkém území (na jakém podílu ploch z celkového počtu) dominuje ve stromovém patře smrk ztepilý a buk lesní?
- (ii) Je výskyt porostů s dominancí buku ve stromovém patře geograficky spojitý, nebo se jedná o bukové ostrůvky uprostřed smrčín?
- (iii) Zůstanou současné smrčiny smrčinami a bučiny bučinami, nebo v druhové skladbě zmlazení dominují jiné dřeviny než ty, které jsou dominantní ve stromovém patře?

## MATERIÁL A METODIKA

### Studované území

Národní park Šumava se nachází na jihozápadě České republiky. Jeho jihozápadní hranice je současně státní hranicí s Rakouskem a Německem, kde sousedí s NP Bavorský les. Území NP Šumava je budováno převážně kyselými horninami – nachází se zde moldanubikum, které je tvořeno převážně pararulami a migmatity a moldanubický pluton, který je formován kyselými vyvřelinami, granitoidy (LOŽEK 2001). Šumavské půdy mají převážně horský charakter, nejvýznamnějšími půdními jednotkami jsou podzol, organozem, glej, kambizem, kryptopodzol a ranker (PETRUŠ, NEUHÄUSLOVÁ 2001). Průměrná roční teplota naměřená na meteorologické stanici Churáňov za období 1956–1997 (1118 m n. m.) je 4,2 °C. Roční úhrn srážek roste se stoupající nadmořskou výškou, v Nové Peci (735 m n. m.) je roční úhrn srážek v padesátiletém průměru 797 mm a na Březníku (1167 m n. m.) 1486–1552 mm (SOFRON et al. 2001).

Zájmovým územím projektu Biomonitoring jsou lesní ekosystémy NP Šumava ponechané samovolnému vývoji. Území odpovídá vymezení dílčích ploch A, B a C dle příkazu ředitele č. 117 (SPRÁVA NP ŠUMAVA 2015). Na území NP Šumava je 48 479 ha porostní půdy ve státním vlastnictví nebo v nájmu Správy NP Šumava.

Monitorační plochy jsou nerovnoměrně rozmístěny po NP Šumava, kopírují svým umístěním ÚPSV. Dvě lokality s největší koncentrací monitoračních ploch se nacházejí na Modravských pláních a v oblasti Třístoličnicku, Plechého a Smrčiny. Přehledová mapka NP Šumava s rozmístěním monitoračních ploch je na obr. 1. Rozpětí nadmořských výšek monitoračních ploch se pohybuje v rozmezí 668–1213 m n. m.

ÚPSV NP Šumava v podobě, v jaké ho známe dnes, bylo vyhlášeno v roce 2008, krátce po orkánu Kyrill. V režimu samovolného vývoje je 15 766 ha, tedy 23 % NP (SPRÁVA NP ŠUMAVA 2015). V přeshraničním

Nationalpark Bayerischer Wald (NP Bavorský les) je ponecháno bez zásahu 16 285 ha, tedy 67 % (výměra přírodní zóny k 1. 12. 2016 – Pavel Bečka, ústní sdělení). Celkem se v těchto dvou národních parcích nachází 32 051 ha bezzásahových území a podél celé hranice s NP Bavorský les se nachází největší souvislá přeshraniční plocha ponechaná samovolnému vývoji, jejíž rozloha je 25 000 ha a leží v nadmořských výškách od cca 900 m po 1453 m (Grosser Rachel v NP Bavorský les).

Převážná většina lesů v dnešním ÚPSV byla ještě před 160 až 250 lety pralesem. Na menší části ÚPSV se nalézají lesy samovolně vzniklé na opuštěné zemědělské půdě, dodnes bezlesé lokality druhotného původu i primární bezlesí. Jedná se o stav, který z velké části vznikl před tím, než bylo rozhodnuto o ponechání samovolnému vývoji, velká část území byla součástí zakázaného hraničního pásma. Přesto zde, někde více, jinde méně, jde o ekosystémy, které různě dlouhou dobu nejsou ovlivňovány přímou lidskou činností a v nichž téměř nerušené probíhaly a probíhají samořídící procesy.

### Sběr dat

V projektu „Biomonitoring lesních ekosystémů v území ponechaném samovolnému vývoji“ byla pro sběr dat použita znárodněná síť bodů s krokem před náhodněním 353,55 m, která vychází ze sítě použité při velkoplošné inventarizaci lesů NP Šumava (ČERNÝ 1998). Data byla sbírána technologií Field-Map na kruhových plochách o výměře 500 m<sup>2</sup> (poloměr ploch je 12,62 m). Na každé ploše byla data sbírána v sedmi vrstvách, viz tab. 1. Ve vyhodnocení bylo pracováno se sumárnými daty z těchto 4 vrstev: živé stromy, souše a torza souší, pařezy a pahýly souší a zmlazení.

Do stromového patra byly započteny živé stromy, souše a jejich torza s výškou nad 1,3 m a s výčetní tloušťkou 1,3 m nad zemí (dále DBH) nejméně 70 mm a také pařezy po těžbě a zlomené pahýly souší s výškou do 1,3 m a DBH nejméně 70 mm, jejichž stupeň rozkladu je 1 nebo 2. Stupnice rozkladu byla převzata z práce SIPPOLA, RENVALL 1999. Souše a jejich torza a pařezy a pahýly souší byly zahrnuty z toho důvodu, aby součástí vyhodnocení podle dominanty stromového patra mohly být i plochy s odumřelým stromovým patrem po gradaci lýkožrouta smrkového, plochy vyvrácené vichřicemi a plochy na pasekách po těžbě.

Data o zmlazení (jedinci s výškou od 10 cm včetně do DBH maximálně 69 mm) jsou na každé ploše hodnocena dvěma způsoby: na malé obnovní plošce (sběr dat zaměřený na podrobný popis konkrétních jedinců obnovy uvnitř obnovního kruhu o poloměru 3 m) a na celé monitorační ploše (méně podrobný sběr dat zaměřený na zjištění počtu jedinců zmlazení na celé monitorační ploše). V této práci jsou použita data o zmlazení sebraná na celé ploše, do výpočtů vstupuje počet jedinců zmlazení podle zastoupených dřevin.

V letech 2009–2014 bylo v území ponechaném samovolnému vývoji v NP Šumava změřeno a popsáno 750 monitoračních ploch (z celkového počtu 1111). Ze 750 doposud změřených ploch bylo vybráno 631, na nichž bylo celkem zaznamenáno nejméně 5 objektů současného nebo nedávného stromového patra (živé stromy, souše a torza souší, pařezy a pahýly souší).

Těchto 631 monitoračních ploch představuje celkovou výměru 31,55 ha.

### Vyhodnocení

Monitorační plochy v území převážně ponechaném samovolnému vývoji jsou rozděleny podle procentického zastoupení smrku ztepilého, resp. buku lesního ve stromovém patře a ve zmlazení na 5 (6) kategorií:

1. 50,1–75% zastoupení smrku ztepilého ve stromovém patře
2. 75,1–100% zastoupení smrku ztepilého ve stromovém patře
  - tato kategorie je dále rozdělena podle nadmořské výšky, na plochy v polohách do 1200 a nad 1200 m n. m. (v literatu-

ře je spodní hranice výskytu klimatických smrčín na Šumavě uváděna v rozmezí 1150–1200 m n. m., viz SVOBODA 1953; MORAVEC 1964; PIŠTA 1972 či SOFRON 1981)

3. 50,1–75% zastoupení buku lesního ve stromovém patře
4. 75,1–100% zastoupení buku lesního ve stromovém patře
5. 50,1–100% zastoupení jiné dřeviny než smrk nebo buk ve stromovém patře

Porovnání dominantní dřeviny ve stromovém patře a ve zmlazení bylo provedeno v kategoriích ploch podle dominantní dřeviny. Jedná se o porovnání počtu ploch s dominancí sledovaných dřevin ve stromovém patře a ve zmlazení (tab. 2). Následně bylo provedeno vizuální geografické porovnání (obr. 2) a porovnání podílu smrku a buku ve stromovém patře a ve zmlazení pomocí Wilcoxonova testu pro párová pozorování. Na základě Shapirova-Wilkova testu byla zamítnuta hypotéza, že data jsou realizací náhodné proměnné s normálním rozdělením. Do vyhodnocení Wilcoxonova testu nevstupují plochy s nulovým rozdílem podílu smrku, resp. buku ve stromovém patře a ve zmlazení (vyjmuty jsou plochy, kde se smrk, resp. buk vůbec nenachází, nebo kde je podíl dřeviny ve stromovém patře roven podílu ve zmlazení).

Zpracování dat proběhlo v tabulkovém editoru Microsoft Office Excel a v programu R verze 3.3.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2016) v prostředí R studia verze 0.99.903 (R STUDIO TEAM 2015).

Histogram znázorňuje distribuci dat, výška sloupců představuje četnost sledované veličiny ve zvoleném intervalu (šířka sloupce), viz obr. 3. Pro grafické zobrazení dat byla použita knihovna ggplot2 (WICKHAM 2009).

Mapové výstupy byly vytvořeny v prostředí programu QGIS, verze 2.14.2-Essen (QUANTUM GIS DEVELOPMENT TEAM 2016).

## VÝSLEDKY

### Na jakém podílu ploch z celkového počtu dominuje smrk ztepilý a buk lesní?

Počty a podíly ploch v jednotlivých kategoriích dle dominantní dřeviny ve stromovém patře a ve zmlazení jsou v tab. 2.

Nejpočetnější je kategorie ploch, ve které má smrk ztepilý (*Picea abies*) zastoupení ve stromovém patře vyšší než 75 % (téměř 75 % všech ploch). Smrk ve stromovém patře dominuje (jeho podíl je roven nebo vyšší 50,1 %) na 517 plochách (téměř 82 % všech ploch), na dalších 5 plochách je dřevinou s nejvyšším podílem, ale nepřesahuje 50 %.

Stejně jako ve stromovém patře je i v případě zmlazení nejpočetnější kategorie ploch, ve které má smrk zastoupení vyšší než 75 % (téměř 70 % všech ploch). Smrk ve zmlazení dominuje (jeho podíl je roven nebo vyšší 50,1 %), na 507 plochách (80 % všech ploch), na dalších 13 plochách je dřevinou s nejvyšším podílem, ale nepřesahuje 50 %.

Na téměř 4 % ploch dosahuje zastoupení buku lesního (*Fagus sylvatica*) ve stromovém patře 75 % a více. Buk ve stromovém patře dominuje na 47 plochách (více než 7 % všech ploch) a na dalších 3 plochách má nejvyšší zastoupení, aniž by přesáhl 50 %.

Buk ve zmlazení dominuje na 46 plochách (více než 7 % všech ploch) a na dalších 5 plochách má nejvyšší zastoupení, aniž by přesáhl 50 %. Na více než 4 % ploch je zastoupení buku ve zmlazení rovno nebo vyšší 75 %.

### Rozložení ploch na gradientu nadmořské výšky

Na obr. 3 jsou histogramy zobrazující počet ploch v závislosti na nadmořské výšce v kategoriích lesa podle dominantní dřeviny ve stromovém patře.

Plochy se zastoupením smrku ve stromovém patře 50,1–75 % jen výjimečně přesahují nadmořskou výšku 1200 m, těžiště této kategorie se nachází v nadmořské výšce cca 850 m n. m. Plochy, na nichž je zastoupení smrku 75,1–100 % mají těžiště svého výskytu od 1100 do 1200 m n. m. Přesto je můžeme najít i v nejnižších nadmořských výškách kolem 700 m n. m. Nejvýše položená plocha v této kategorii je nejvýše položenou plochou vůbec a nachází se v nadmořské výšce 1367 m n. m. Plochy se zastoupením buku lesního ve stromovém patře 50,1–100 % se převážně vyskytují v nadmořských výškách od 800 do 1185 m n. m.

### Kde je ve stromovém patře smrk ztepilý a kde buk lesní?

Na obr. 1 je mapka, na níž jsou zobrazené stejné kategorie lesa podle dominantní dřeviny ve stromovém patře jako v části „stromové patro“ (tab. 2). Z mapky vyplývá, že největší souvislé smrkové ostrovy jsou dva, a sice Modravské pláně a Trojmezna a její okolí. Na těchto ostrovech je také centrum výskytu ploch se zastoupením smrku 75,1–100 % v nadmořské výšce nad 1200 m.

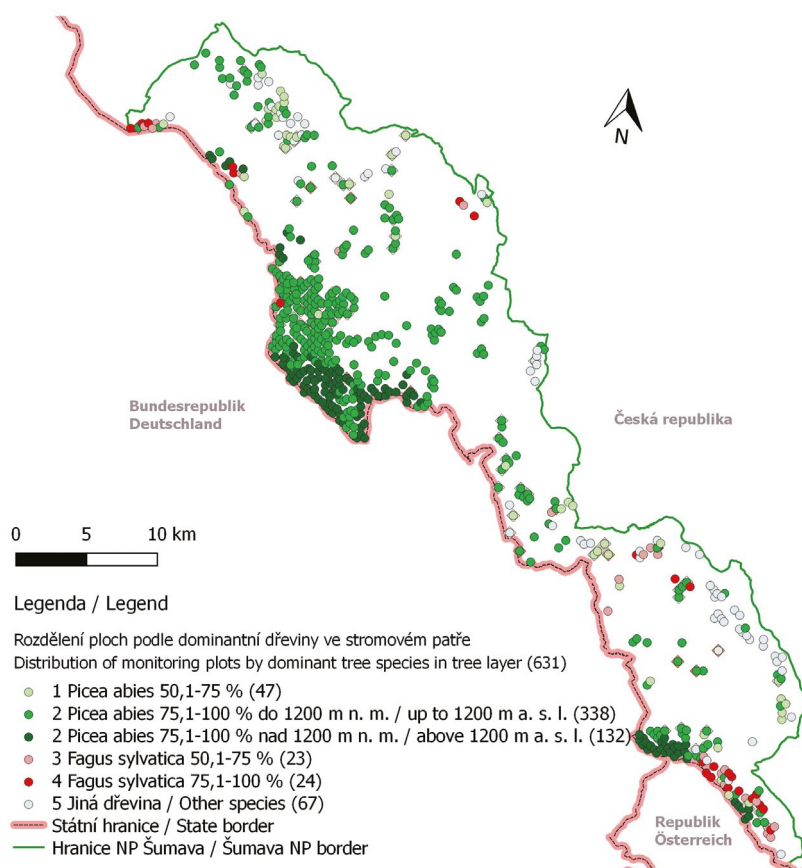
Ostrůvky s dominancí buku ve stromovém patře jsou velmi malé a můžeme jich na mapě s aktuálním druhovým složením stromového patra najít zhruba 5. Největší souvislá plocha výskytu bučin (24 monitoračních ploch) je v jižním cípu národního parku a táhne se od Plešného jezera, přes svahy Hraničnicku, Alpy a Smrčiny až téměř k Zadní Zvonkové. Na zbývajících skupinách ploch dominují ve stromovém patře jiné dřeviny než smrk a buk (jedná se nejčastěji o břízy, borovici lesní, borovici blatku a olši šedou).

### Zůstanou současné smrčiny smrčínami a bučiny bučinami?

Ploch, na nichž ve stromovém patře smrk představuje více než 50 %, je celkem 517 (viz tab. 2). Na více než 91 % ploch s dominancí smrku ve stromovém patře převažuje smrk i ve zmlazení. Celková početnost smrkového zmlazení (184 105 jedinců, tedy přibližně 5 800 ks/ha) téměř čtyřnásobně převyšuje početnost zmlazení všech ostatních dřevin celkem (47 150 jedinců, tedy přibližně 1 500 ks/ha). Dále smrk ve zmlazení dominuje na 11 plochách, kde ve stromovém patře dominuje buk lesní a na 25 plochách, kde ve stromovém patře převažuje jiná dřevina (než smrk nebo buk). Na zbývajících 46 plochách s dominantním smrkem ve stromovém patře ve zmlazení dominuje jiná dřevina. Rozmístění ploch na obr. 2 ukazuje, že plochy s podílem smrkového zmlazení nad 50 % se nacházejí v celém území ponechaném samovolnému vývoji. Ploch, na nichž ve stromovém patře buk představuje více než 50 % je celkem 47 (tab. 2). Na téměř 66 % těchto ploch dominuje buk i ve zmlazení, na zbývajících 34 plochách ve zmlazení dominuje jiná dřevina. Dále buk ve zmlazení dominuje na 12 plochách, kde ve stromovém patře dominuje smrk ztepilý a na 4 plochách, kde ve stromovém patře dominuje jiná dřevina (než smrk nebo buk).

Dle výsledků Wilcoxonova párového testu je ve stromovém patře statisticky významně vyšší zastoupení smrku než ve zmlazení ( $V = 116640$ ;  $p\text{-value} < 2,2e-16$ ;  $n = 577$  ploch). Na všech plochách (631) je medián podílu smrku ve stromovém patře 100 % a medián podílu smrku ve zmlazení 93 %. Na plochách s nenulovým rozdílem (577 ploch) podíl smrku ve stromovém patře a ve zmlazení je medián podílu smrku ve stromovém patře 100 % a ve zmlazení 91 %.

Situace u buku je odlišná, dle výsledků Wilcoxonova párového testu je ve zmlazení statisticky významně vyšší zastoupení buku než ve stromovém patře ( $V = 7019$ ;  $p\text{-value} = 0,0018$ ;  $n = 194$  ploch). Na všech plochách (631) je medián podílu buku ve stromovém patře 0 % a medián podílu buku ve zmlazení 0 %. Na plochách s nenulovým rozdílem (194 ploch) podíl buku ve stromovém patře a ve zmlazení je medián podílu buku ve stromovém patře 0 % a ve zmlazení 5 %.



**Obr. 1.**

Rozložení monitoračních ploch v území ponechaném samovolnému vývoji NP Šumava. Barvou bodu je znázorněna dominantní dřevina ve stromovém patře a v případě ploch s dominancí smrku také zjednodušená informace o nadmořské výšce (do 1200 m n. m. a nad 1200 m n. m.). Zobrazeno je 631 ploch změřených v letech 2009–2014. Výměra každé plochy je 500 m<sup>2</sup>.

**Fig. 1.**

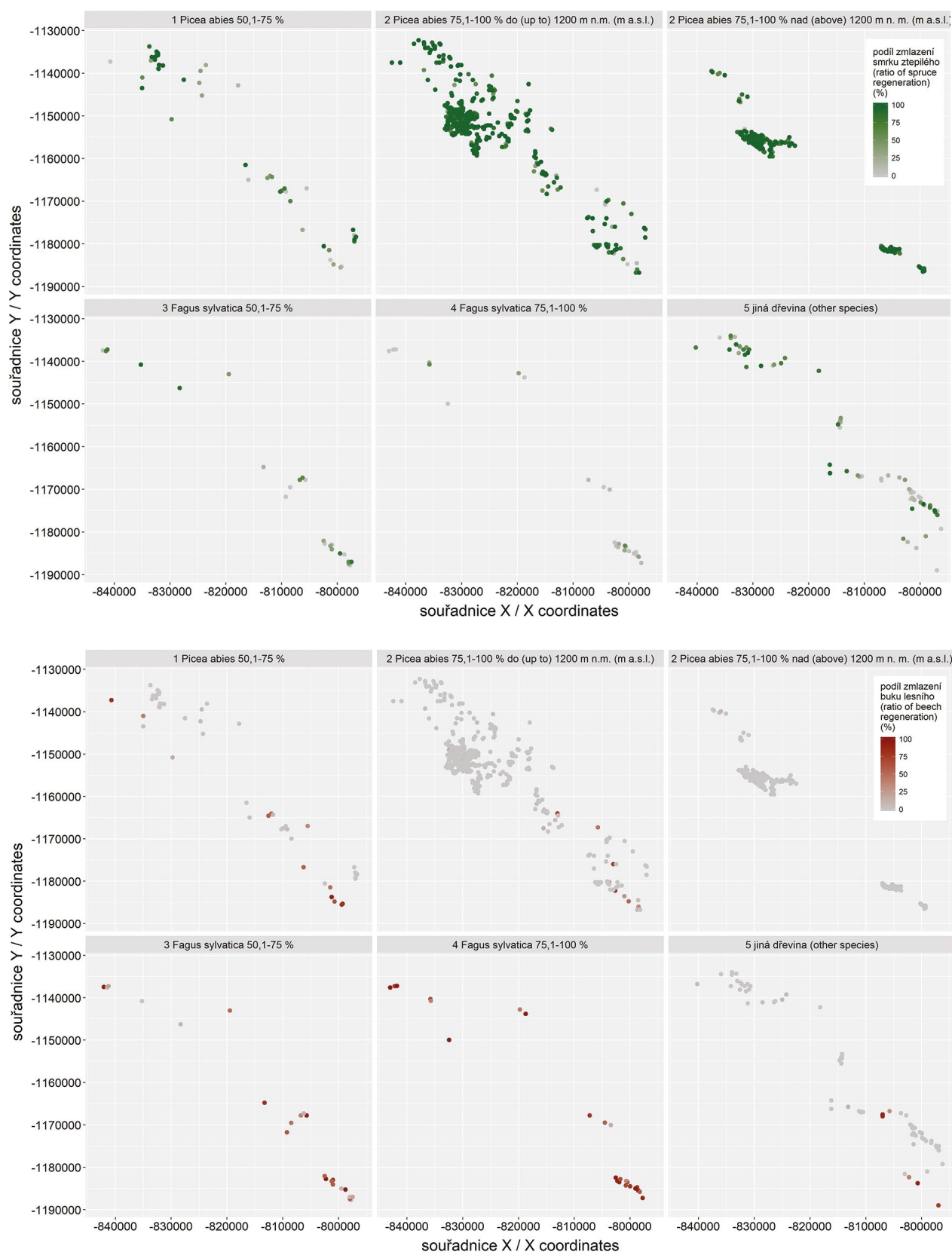
Positions of plots in the non-intervention area and the dominant species in the tree layer. Plots dominated by spruce also show simplified information on the altitude. 631 monitoring plots were measured between 2009 and 2014; the area of each plot was 500 m<sup>2</sup>.

**Tab. 1.**

Přehled sedmi vrstev hodnocených na monitoračních plochách a seznam konkrétních popisných atributů; tloušťka kmene ve výčetní výšce = DBH.

Overview of the seven layers evaluated on the monitoring plots and a list of specific attributes; DBH = diameter at breast height.

Vrstva/Layer	Charakteristika a sbírané atributy/Layer characteristics and collected attributes
Plocha/ Plot	Základní charakteristiky plochy: datum, nadmořská výška, sklon, expozice, reliéf, zápoj, porost, minulý management/ Basic plot characteristics: date, altitude, slope, aspect, terrain relief, canopy, stand ID, past management
Živé stromy/ Living trees	Pozice a popis živých stromů (s DBH nejméně 70 mm): dřevina, výčetní tloušťka, výška, výskyt zlomů, výskyt rozdvojení, poškození kmene, výskyt dřevozijných hub, aktivní kůrovcový strom/Position and description of living trees (minimal DBH 70 mm): tree species, DBH, height, stem breaks, forks, stem damage, fungi occurrence, evidence of bark beetle
Souše a torza souší/ Dead trees	Pozice a popis stojících mrtvých stromů (s výškou nejméně 1,3 m a s DBH nejméně 70 mm): dřevina, výčetní tloušťka, výška, výskyt zlomů, výskyt rozdvojení, výskyt dřevozijných hub/Position and description of dead trees (minimum height 1.3m and minimum DBH 70 mm): tree species, DBH, height, stem breaks, forks, fungi occurrence
Zmlazení/Tree species regeneration	Popis zmlazení: dřeviny h = 0,1 m až DBH = 69 mm/ Description of tree species regeneration: individuals with minimum height of 0.1 m and maximum DBH of 69 mm)
Pařezy a pahýly souší/ Stumps	Pozice a popis pařezů a pahýlů stojících souší (s výškou menší než 1,3 m, průměr nejméně 70 mm): dřevina, tloušťková třída, původ, rozklad, výskyt dřevozijných hub, počet kusů obnovy/ Position and description of stumps (maximum height 1.29 m, minimum diameter 70 mm): tree species, diameter class, origin, stage of decay, fungi presence, tree species regeneration
Ležící mrtvé Dřevo/Lying deadwood	Pozice a popis ležícího mrtvého dřeva (průměr na slabším konci nejméně 70 mm, minimální délka 1 m): koncové průměry, délka, dřevina, původ, rozklad, kontakt se zemí, výskyt dřevozijných hub, počet kusů obnovy/ Position and description of lying deadwood (minimum diameter 70 mm, minimum length 1 m): tree species, diameter class, origin, stage of decay, surface contact, fungi presence, tree species regeneration
Stanoviště/ Site	Fytoocenologický snímek a procentické zastoupení povrchů a mikrostanovišť důležitých z hlediska zmlazení/ Phytocoenological relevé and proportion of microsites important for tree species regeneration



**Obr. 2.**

Dvakrát šest kartogramů představuje podíl dominantní dřeviny ve stromovém patře. Podíl zmlazení smrku a buku je zobrazen sytostí barvy – v horních 2 řadách je zelenou barvou zobrazen podíl smrku ve zmlazení, v dolních 2 řadách je červenou barvou zobrazen podíl buku ve zmlazení. Vypočteno z 631 ploch o výměře à 500 m<sup>2</sup>.

**Fig. 2.**

Cartograms representing the dominant species in the tree layer. The ratio of spruce and beech in regeneration layer is shown by the saturation of the color – in the upper 2 rows, green shows the ratio of spruce regeneration, in the lower 2 rows, red shows the ratio of beech regeneration. Calculated from 631 plots (500 m<sup>2</sup> each).

## DISKUSE

S vyhlášením ÚPSV bylo zahájeno sledování bezzásahových ekosystémů, aby bylo možné popsat změny a procesy, které zde probíhají. Cílem této práce není hodnocení přirozenosti rozšíření dřevin na území NP Šumava. Charakter sebraných dat to ani neumožňuje. Cílem práce je porovnat aktuální dřevinnou skladbu stromového patra a zmlazení v ÚPSV NP Šumava (MÁLIŠ et al. 2016).

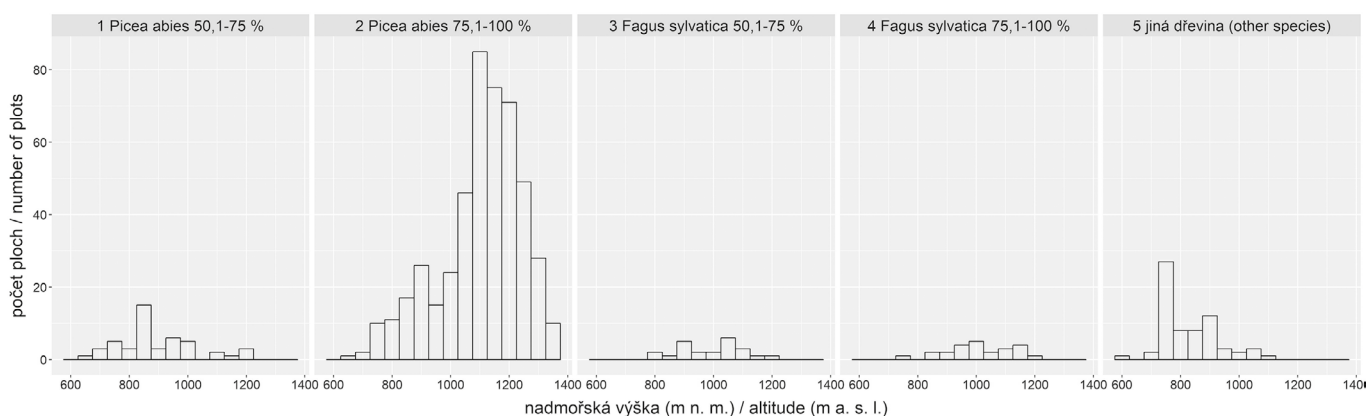
Smrk a buk jsou dřeviny s největším zastoupením v současném stromovém patře i ve zmlazení v ÚPSV NP Šumava. Z výsledků této práce vyplývá, že smrk ve stromovém patře dominuje téměř na 82 % monitoračních ploch. Druhá nejčastější dřevina, buk lesní, ve stromovém patře dominuje na 7 % ploch. Ostatní dřeviny hrají ve stromovém patře pouze malou roli.

### Faktory ovlivňující dřevinnou skladbu

Dřevinná skladba stromového patra současné vegetace je výsledkem působení mnoha faktorů, ovlivňují ji přírodní vlivy a minulá a současné přímé i nepřímé působení člověka. Z přírodních vlivů jsou

to především výšková stupňovitost, expozice a sklon svahu, míra a charakter zamokření, skeletovitost substrátu, ale i zpětné působení dřevinné složky ekosystému (SVOBODA 1952, 1953, 1955; MORAVEC 1964; PIŠTA 1972; SOFRON 1981) nebo míra a četnost disturbancí (LÜSCHER 2002).

Působení člověka v jeho nejpřímější podobě, kdy ovlivňuje nejen druhovou skladbu stromového patra těžbou a pěstováním lesa, bylo ukončeno vyhlášením ÚPSV. Z přímých vlivů člověka v NP Šumava na ÚPSV zůstala pouze likvidace požárů (PEREIRA et al. 2016) a nepůvodních invazních druhů (STEINBACHOVÁ 2014). Nepřímé působení na ekosystémy, které spočívá především ve změně chemismu ovzduší a půd (EMMER et al. 2000; PUHE, ULRICH 2001; KOPÁČEK et al. 2010) stále trvá, atmosférická depozice okyselujících sloučenin dusíku a síry se však od druhé poloviny 20. století výrazně snižuje (MAJER et al. 2003). Ovlivnění šumavských lesů člověkem je neoddiskutovatelné. PIŠTA (1982) uvádí, že v hraničních lesích a na severních svazích Smrčiny vznikly nepřirozené čisté bučiny, a sice selektivní těžbou lépe prodejného smrku. Podle mnoha prací mění lesnické hospodaření druhovou skladbu lesů směrem k jednodruhovým stejnověkým smrkovým



Obr. 3.

Histogram počtu ploch v závislosti na nadmořské výšce. Plochy jsou rozděleny do skupin podle dominantní dřeviny ve stromovém patře. Zvolená šířka intervalu je 50 výškových metrů. Vypočteno z 631 ploch o výměře à 500 m<sup>2</sup>.

Fig. 3.

Histogram of the number of plots as a function of altitude. The plots are divided into groups according to the dominant species in the tree layer. The selected width interval is 50 meters in height. Calculated from 631 plots (500 m<sup>2</sup> each).

Tab. 2.

Počet ploch v jednotlivých kategoriích dle zastoupení dominantní dřeviny ve stromovém patře a ve zmlazení.

The number of plots in categories according to the dominant species in the tree layer and in the regeneration layer.

dominantní dřevina/ dominant species	Stromové patro/Tree layer		Zmlazení/Regeneration layer	
	počet ploch/number of plots	podíl ploch/ratio of plots (%)	počet ploch/number of plots	podíl ploch/ratio of plots (%)
1 <i>Picea abies</i> 50,1–75 %	47	7,4	66	10,5
2 <i>Picea abies</i> 75,1–100 %	470	74,5	441	69,9
do 1200 m n. m./up to 1200 m a.s.l.	338	53,6 (71,9)	331	52,5 (75,1)
nad 1200 m n. m./over 1200 m a.s.l.	132	20,9 (28,1)	110	17,4 (24,9)
3 <i>Fagus sylvatica</i> 50,1–75 %	23	3,6	18	2,9
4 <i>Fagus sylvatica</i> 75,1–100 %	24	3,8	28	4,4
5 jiná dřevina/other species	67	10,6	78	12,4

porostům a pravděpodobně stále převažuje názor (SOFRON, ŠTĚPÁN 1971; NEUHÄUSLOVÁ 2001), že z hlediska skladby dřevinné složky ekosystému lesnické hospodaření představuje velmi významný či dokonce určující faktor. Skutečný rozsah ovlivnění druhové skladby stromového patra lesní pastvou, hrabáním steliva a těžbami (MINISTR 1963; KRUMML 1964, 1968; MAYER 2013) a novodobým lesním hospodařením ale stále není jasný, což potvrzuje i nesoulad porovnání přirozené potenciální vegetace (NEUHÄUSLOVÁ-NOVOTNÁ 1998) a záznamů z josefinského katastru o druhovém složení lesů z druhé poloviny 18. století (SZABÓ et al. 2016).

### Smrčiny

Čisté smrčiny se vyskytují již od cca 800 m n. m. a jejich podíl na celkovém počtu ploch s rostoucí nadmořskou výškou rychle roste, aby se od 1280 m n. m. stal smrk jedinou dřevinou nacházející se ve stromovém patře. Spodní hranice klimatických smrčin na Šumavě se podle různých autorů pohybuje kolem 1150–1200 m n. m. (SVOBODA 1953; MORAVEC 1964; PIŠTA 1972; SOFRON 1981). Smrk ve zmlazení převažuje na 80 % ploch.

HEURICH (2009) vyslovuje domněnku, že počasí vhodné pro gradaci lýkožrouta se shoduje s počasím vhodným pro kvetení smrků a proto, že jsou obě události často korelované. Smrk produkuje velké množství semen (SVOBODA 1953) a často se zmlazuje na mrtvém dřevě a na kupách po vývrtech (KUULUVAINEN 1994; WOHLGEMUTH et al. 2002; KUULUVAINEN, KALMARI 2003; DIDION et al. 2009; BEČKA 2012) a také sám po disturbancích vytváří vhodná mikrostanoviště pro vlastní zmlazování, s velkým množstvím prohlubní, vyvýšenin (SVOBODA 1953) a s množstvím mrtvého dřeva (HARMON et al. 1986). Smrk je schopný zmlazovat se jak na otevřeném prostranství, tak v zástínu porostu. Do samovolně vzniklých lesů na opuštěné zemědělské půdě smrky pronikají hned v počátečních fázích sukcese a na rozdíl od listnatých dřevin a jedle mnohem lépe odolávají povětrnostním vlivům, pastvě nebo poškození zvěře (HUBENÝ et al. 2013). Roste-li smrk v zástínu, je schopen i v relativně pozdním věku rychle reagovat na uvolnění (SVOBODA 1953). Zároveň nemá velké nároky na půdy a geologické podloží, stresovým a limitujícím faktorem je pro něj především sucho (SVOBODA 1953; ÚRADNÍČEK et al. 2001).

### Bučiny

Bučiny se na našich plochách ve stromovém patře vyskytovaly od cca 700 do 1200 m n. m., téměř se nenacházejí v mělkých údolích v okolí vodních toků. Také na šumavských pláních v rovinatém terénu omezuje výskyt buku chladné klima a pozdní jarní či dokonce letní přízemní mrazíky. Extrémním případem je dno Luzenského údolí, kde pravidelně omrzají i letorosty smrkového zmlazení. Buk, jakožto dřevina mírného oceánického klimatu, mrazové kotliny zcela mívá (SVOBODA 1955). Ve zmlazení buk dominuje na 7 % ploch.

U buku lesního se semenné roky vyskytují méně často než u smrku. Semena jsou těžká a je jich podstatně méně než u smrku (SVOBODA 1955). Šíří se zoochorně, rozsah efektivního šíření se v různých studiích ale velmi liší (VOBOŘILOVÁ 2011). Je uváděn od desítek metrů (WAGNER et al. 2010) až po 3 km (NILSSON 1985; KUNSTLER et al. 2004). Buk je stinnou dřevinou, která se zmlazuje pod ochranou porostu (WAGNER et al. 2010). Volná prostranství při zmlazování neobsazuje. Do samovolně vzniklých lesů na opuštěné zemědělské půdě buky pronikají až se značným zpožděním, mnohdy až po 50 letech po ponechání pozemku ladem (HUBENÝ 2013). V oblasti optimálního rozšíření je buk indiferentní ke geologickému podkladu, mimo ideální klimatické poměry jeho nároky na půdu stoupají. Vyžaduje dostatek srážek především ve vegetačním období, ale vyhýbá se silně podmáčeným a rašelinným půdám (SVOBODA 1955; ÚRADNÍČEK et al. 2001). Semenačky jsou velmi citlivé vůči mrazu (SILVA et al. 2012), suchu a okusu zvěří (WAGNER et al. 2010), poškozují je i extrémní teploty v zimě, jarní mrazy a také zimní větry spojené s tvorbou námrazy (SOFRON 1981).

### Mínulost a budoucnost lesů ponechaných samovolnému vývoji

Z výše uvedeného porovnání vlastností smrku a buku vyplývá, že smrk je zdatnější kolonizátor a za současných podmínek (po větrných a/nebo kůrovcových disturbancích) i urputnější soupeř (MATĚJKA 2014a). Nejedná se však o neměnný stav, protože žádný les se nenachází ve stabilních podmínkách prostředí, například i klima se velmi výrazně mění nejen aktuálně, ale bylo tomu tak i vždy v minulosti a vývoj vegetace po poslední době ledové je toho důkazem (POKORNÝ 2011; MATĚJKA 2014b). Na základě výsledků uvedených v této práci můžeme usuzovat, že lesní ekosystémy NP Šumava budou i v nejbližší budoucnosti podobně dominantně smrkové, jak uvádějí historické průzkumy napříč dřívějšími majetky na území současného NP Šumava (SAITZ 1898; KLEČKA 1928, 1929; MINISTR 1963, 1964; KRUMML 1964, 1968). Např. lesmistr John uvádí, že zastoupení smrku ve všech nadmořských výškách neklesalo pod 50 % (KRUMML 1968). Současný vysoký podíl smrku ve druhové skladbě lesů je obvykle považován za důsledek lidské činnosti. Ovlivnění šumavských lesů lidským hospodařením (pastvou v lese a hrabáním steliva počínaje, přes těžby pro sklárny, továrnu na rezonanční dřevo, Schwarzenberský a Vchynicko-tetovský kanál a novodobými těžbami a lesním hospodařením konče) není možné popřít. To, nad čím bychom se měli zamyslet, je zastoupení smrku a jeho přirozenost. Historické průzkumy (SAITZ 1898; KLEČKA 1928, 1929; MINISTR 1963, 1964; KRUMML 1964, 1968) i dendrochronologické analýzy (KOUTECKÝ et al. 2014; KOUTECKÝ et al. 2015; STARÝ 2016) lesů s velmi starými jedinci naznačují, že by přirozený podíl smrku v NP Šumava mohl být mnohem vyšší než s jakým počítá potenciální přirozená vegetace nebo lesnická typologie. A že současný podíl smrku nemusí být tak vzdálený od přirozeného stavu, jak by se mohlo zdát na základě porovnání s klasifikacemi založenými na potenciální vegetaci. Pro jednu lokalitu za určitých podmínek může existovat mnoho různých vývojových linií, které nemusí nutně vést k jedinému závěrečnému společenstvu (SVOBODA 1952).

### ZÁVĚR

Na otázku, na jakém podílu ploch z celkového počtu dominuje ve stromovém patře smrk ztepilý a buk lesní a ostatní dřeviny můžeme odpovědět, že ve sledovaném území je v současné době dominantní dřevinou smrk ztepilý. Hraje významnou roli ve všech nadmořských výškách a na většině stanovišť. Dominuje na téměř 82 % všech ploch, buk lesní na cca 7 % všech ploch.

Na otázku, zda je výskyt porostů s dominancí buku ve stromovém patře geograficky spojitý, nebo se jedná o bukové ostrůvky uprostřed smrčin, odpovídáme, že výskyt bučin je ostrůvkovitý a pravděpodobně takovým zůstane i v další generaci lesa.

A na otázku, jestli zůstanou současné smrčiny smrčinami a bučiny bučinami, nebo v druhové skladbě zmlazení dominují jiné dřeviny než ty, které jsou dominantní ve stromovém patře, lze odpovědět, že na převážné ploše území zůstanou smrčiny a bučiny ve stejných lokalitách, v jakých existují v současné době.

### Poděkování:

Veškerá data jsou majetkem Správy NP Šumava. Poděkování patří všem, kteří na projektu „Biomonitoring lesa v území ponechaném samovolnému vývoji“ spolupracovali a spolupracují. Ze všech, kteří k projektu přispěli, děkujeme především Pavlu Bečkovi, Miroslavu Černému, Jaroslavu Červenkově, Zdeňce Křenové, Martinovi Starému a Jitce Zenáhlíkové. Poděkování patří i všem brigádníkům, kteří nám pomáhali při sběru dat.

M. Svoboda byl podpořen projektem MSMT COST LD15158 a projektem CZU CIGA No. 20164310.

## LITERATURA

- BEČKA P. 2012. Zapomenuté pralesy. Šumava (léto): 12–13. Dostupné na/Available on www: [http://www.npsumava.cz/gallery/22/6674-casopiss\\_leto2012.pdf](http://www.npsumava.cz/gallery/22/6674-casopiss_leto2012.pdf).
- CAILLERET M., HEURICH M., BUGMANN H. 2014. Reduction in browsing intensity may not compensate climate change effects on tree species composition in the Bavarian Forest National Park. *Forest Ecology and Management*, 328: 179–192. DOI: 10.1016/j.foreco.2014.05.030
- ČADA V., SVOBODA M., JANDA P. 2013. Dendrochronological reconstruction of the disturbance history and past development of the mountain Norway spruce in the Bohemian Forest, central Europe. *Forest Ecology and Management*, 295: 59–68. DOI: 10.1016/j.foreco.2012.12.037
- ČERNÝ M. 1998. Velkoplošná inventarizace lesů na území Národního parku Šumava. (1998–2003). [Informace o projektu] [online] [cit. 2017-03-28]. Dostupné na/Available on: www: [http://ifer.cz/new/index.php?page=project\\_running\\_detail2&id=111998](http://ifer.cz/new/index.php?page=project_running_detail2&id=111998).
- DIDION M., KUPFERSCHMID A.D., BUGMANN H. 2009. Long-term effects of ungulate browsing on forest composition and structure. *Forest Ecology and Management*, 258 (Suppl.): 44–55. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.06.006.
- DOBROVOLNÝ P., BRÁZDIL R. 2003. Documentary evidence on strong winds related to convective storms in the Czech Republic since AD 1500. *Atmospheric Research*, 67–68: 95–116. DOI: 10.1016/S0169-8095(03)00046-2.
- EMMER I.M., WESSEL W.W., KOIJMAN A., SEVINK J., FANTA J. 2000. Restoration of degraded Central-European mountain forest soils under changing environmental circumstances. In: Klimo, E. (eds.): *Spruce monocultures in central Europe: problems and prospects*. Joensuu, EFI: 81–92. EFI Proceedings, no. 33.
- HARMON M.E., FRANKLIN J.F., SWANSON F.J., SOLLINS P., GREGORY S.V., LATTIN J.D., ANDERSON N.H., CLINE S.P., AUMEN N.G., SEDELL J. R., LIENKAEMPER G.W., CROMACK K. JR., CUMMINS K.W. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in Ecological Research*, 15: 133–302. DOI: 10.1016/S0065-2504(03)34002-4.
- HEURICH M. 2009. Progress of forest regeneration after a large-scale *Ips typographus* outbreak in the subalpine *Picea abies* forests of the Bavarian Forest National Park. *Silva Gabreta*, 15 (1): 49–66.
- HUBENÝ P. 2013. CHKO Šumava padesátiletá. Vimperk, Správa NP a CHKO Šumava: 223 s.
- KLEČKA A. 1928. Agrobotanické studie o rokytských rašelinách. *Sborník Československé akademie zemědělské*, sešit A, 3: 195–260.
- KLEČKA A. 1929. Studie o smilkových porostech na pastvinách šumavských: *Sborník Československé akademie zemědělské*: 101–136.
- KOPÁČEK J., CUDLÍN P., SVOBODA M., CHMELÍKOVÁ E., KANA J., PICEK T. 2010. Composition of Norway spruce litter and foliage in atmospherically acidified and nitrogen-saturated Bohemian Forest stands, Czech Republic. *Boreal Environment Research*, 15 (4): 413–426.
- KOUTECKÝ T., KOLÁŘ T., KOUTECKÝ B., ŠEBESTA J., RYBNÍČEK M., PROKOP O., SEDLÁKOVÁ I. 2014. Záchranný dendrochronologický průzkum odumřelých lesních porostů v karu Plešného jezera. Závěrečná zpráva projektu. 12 s. Dostupné na Správě NP Šumava.
- KOUTECKÝ T., KOLÁŘ T., KOUTECKÝ B., ŠEBESTA J., VOLNÝ C., RYBNÍČEK M., JANDA P., ČADA V., SVOBODA M. 2015. Dendrochronologický průzkum odumřelých přirozených smrčů v horských polohách Šumavy: 16 s. Dostupné na Správě NP Šumava.
- KRUML F. 1964. Historický průzkum lesů pro lesní závod Boubín (LHC Boubín a Strážný) a pro školní polesí lesnické mistrovské školy ve Vimperku. Dostupné na pobočkách ÚHÚL.
- KRUML F. 1968. Historický průzkum lesů pro lesní závod Prachatic. Dostupné na pobočkách ÚHÚL.
- KUNSTLER G., CURT T., LEPART J. 2004. Spatial pattern of beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus pubescens* Mill.) seedlings in natural pine (*Pinus sylvestris* L.) woodlands. *European Journal of Forest Research*, 123 (4): 331–337. DOI: 10.1007/s10342-004-0048-0.
- KUULUVAINEN T. 1994. Gap disturbance, ground microtopography, and the regeneration dynamics of boreal coniferous forests in Finland: a review. *Annales Zoologici Fennici*, 31 (1): 35–51.
- KUULUVAINEN T., KALMARI R. 2003. Regeneration microsites of *Picea abies* seedlings in a windthrow area of a boreal old-growth forest in southern Finland. *Annales Botanici Fennici*, 40 (6): 401–413.
- LOŽEK V. 2001. Geologie, Geomorfologie. In: Neuhäuslová, Z. (ed.): *Mapa potenciální přirozené vegetace NP Šumava*. Vimperk, Správa Národního parku Šumava: 18–20. *Silva Gabreta, Supplementum 1*.
- LÜSCHER P. 2002. Humus dynamics and changes in rooting patterns in windthrow areas. *Forest Snow and Landscape Research*, 77 (1/2): 49–59.
- MAJER V., COSBY B.J., KOPÁČEK J., VESELÝ J. 2003. Modelling reversibility of central European mountain lakes from acidification, part I – the Bohemian Forest. *Hydrology and Earth System Sciences*, 7 (4): 510–524. DOI: 10.5194/hess-7-494-2003
- MÁLÍŠ F., KOPECKÝ M., PETŘÍK P., VLADOVIČ J., MERGANIČ J., VIDA T. 2016. Life stage, not climate change, explains observed tree range shift. *Global Change Biology*, 22 (5): 1904–1914. DOI: 10.1111/gcb.13210.
- MARTÍNEZ-VILALTA J., LLORET F. 2016. Drought-induced vegetation shifts in terrestrial ecosystems: The key role of regeneration dynamics. *Global and Planetary Change*, 144: 94–108. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2016.07.009.
- MATĚJKA K. 2014a. Výzkum na Šumavě [online] [cit. 2017-04-25]. Dostupné na/Available on: <https://www.infodatasys.cz/sumava/>
- MATĚJKA K. 2014b. Lesní vegetační stupně s převahou smrku v ČR [online] [cit. 2017-04-20]. [18 s.] Dostupné na/Available on: [https://www.infodatasys.cz/public/Lesnik21\\_2014km.pdf](https://www.infodatasys.cz/public/Lesnik21_2014km.pdf)
- MAYER E. 2013. Popis velkého plavebního zařízení na panství krumlovském v Čechách, vydaný v roce 1831 (Beschreibung der großen Schwem-Unstalt auf der herrschaft krummau in Böhmen). In: Štemberk, J. (ed.): *Schwarzenberský plavební kanál, historie a současnost*. Vimperk, Správa NP a CHKO Šumava: 5–41.
- MINISTR J. 1963. Historický průzkum lesů jednotného hospodářského celku Kašperské Hory I. a II. 161 s. Dostupné na pobočkách ÚHÚL.
- MINISTR J. 1964. Rozpad posledních pralesů na Sušicku. In: Bělohávek, M. (red.): *Minulostí Západočeského kraje III*. Plzeň, Krajské nakladatelství: 156–169.
- MINISTR J. 1969. Lesy a lesníci. Ze světa lesních samot. *Naše Šumava*: 3–10.
- MORAVEC J. 1964. Vegetační poměry Šumavy. *Ochrana přírody*, 19: 66–69.
- NEUHÄUSLOVÁ Z. (ed.) 2001. *Mapa potenciální přirozené vegetace národního parku Šumava*. Vimperk, Správa Národního parku Šumava: 189 s. *Silva Gabreta, Supplementum 1*.
- NEUHÄUSLOVÁ-NOVOTNÁ Z. 1998. *Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky*. Praha, Academia: 341 s.
- NILSSON S.G. 1985. Ecological and evolutionary interactions between reproduction of beech *Fagus sylvatica* and seed eating animals. *Oikos*, 44 (1): 157–164. DOI: 10.2307/3544057



- PEREIRA P., REIN G., MARTIN D. 2016. Past and present post-fire environments. *Science of the Total Environment*, 573: 1275–1277. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.05.040
- PETRUŠ J., NEUHÄUSLOVÁ Z. 2001. Pedologie. In: Neuhäuslová, Z. (ed.): Mapa potenciální přirozené vegetace NP Šumava. Vimperk, Správa Národního parku Šumava: 21–22. Silva Gabreta, Supplementum 1.
- PIŠTA F. 1972. Lesní společenstva šumavského pralesa. *Lesnictví*, 18: 415–437.
- PIŠTA F. 1982. Přirozená společenstva jedlobukového a smrkobukového stupně v jižní části Šumavy a jejího předhůří. Praha, Academia: 156 s.
- POKORNÝ P. 2011. Neklidné časy. Kapitoly ze společných dějin přírody a lidí. Praha, Dokořán: 369 s.
- PUHE J., ULRICH B. 2001. Global climate change and human impacts on forest ecosystems. Postglacial development, present situation, and future trends in central Europe. Berlin, Springer: 592 s. *Ecological Studies*, 143.
- QUANTUM GIS DEVELOPMENT TEAM. 2016. Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2016. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Dostupné na/Available at: <https://www.r-project.org/>.
- R STUDIO TEAM. 2015. RStudio: Integrated development for R. RStudio, Inc., Boston, MA. Dostupné na/Available at: <http://www.rstudio.com/>.
- SAITZ A. 1898. Popsání velkostatku Krumlova, patřícího Jeho Jasnosti knížeti Adolfu Josefovi ze Schwarzenberga, se zvláštním zřetelem na jeho lesy. Mimo to popis vycházky České lesnické jednoty do lesů svrchu jmenovaných v roce 1898. Praha, nákladem České lesnické jednoty: 109 s.
- SILVA D. E., REZENDE MAZZELLA D.P., LEGAY M., CORCKET E., DUPOUEY J.L. 2012. Does natural regeneration determine the limit of European beech distribution under climatic stress? *Forest Ecology and Management*, 266: 263–272. DOI: 10.1016/j.foreco.2011.11.031.
- SIPPOLA A-L., RENVALL P. 1999. Wood-decomposing fungi and seed-tree cutting: a 40-year perspective. *Forest Ecology and Management*, 115: 183–201. DOI: 10.1016/S0378-1127(98)00398-3
- SOFRON J. 1981. Přirozené smrčiny západních a jihozápadních Čech. Praha, Academia: 127 s.
- SOFRON J., NEUHÄUSLOVÁ Z., WILD J. 2001. Podnebí. In: Neuhäuslová, Z. (ed.): Mapa potenciální přirozené vegetace NP Šumava. Vimperk, Správa Národního parku Šumava: 22–25. Silva Gabreta, Supplementum 1.
- SOFRON J., ŠTĚPÁN J. 1971. Vegetace šumavských karů. Praha, Academia: 27 s. *Rozpravy ČSAV, řada matematických a přírodních věd*, 81, seš. 1.
- SPRÁVA NP ŠUMAVA. 2015. Příkaz ředitele č. 117. O způsobu péče o ekosystémy NPŠ v dílčích plochách. NPS 01914/2015. [Nepublikováno]. Vimperk, Správa NP Šumava: 4 s.
- STARÝ M. 2016. Prales u pramenů Vltavy. In: Hubený, P., Čížková, P. (eds.): Šumavské lesy pod lupou. Co jste nevěděli o šumavských lesích. V podrobném monitoringu za léta 2009–2014. Vimperk, Správa NP a CHKO Šumava: 30–32.
- STEINBACHOVÁ D. 2014. Invazivní rostliny na Šumavě. *Veronica*, 28 (2): 19.
- SVOBODA P. 1952. Život lesa. Praha, Brázda: 894 s.
- SVOBODA P. 1953. Lesní dřeviny a jejich porosty I. Praha, SZN: 88–149.
- SVOBODA P. 1955. Lesní dřeviny a jejich porosty II. Praha, SZN: 157–240.
- SVOBODOVÁ H., REILLE M., GOEURY C. 2001. Past vegetation dynamics of Vltavský luh, upper Vltava river valley in the Šumava mountains, Czech Republic. *Vegetation History and Archaeobotany*, 10: 185–199. DOI: 10.1007/PL00006930
- SZABÓ P., KUNEŠ P., SVOBODOVÁ-SVITAVSKÁ H., ŠVARCOVÁ M.G., KŘÍŽOVÁ L., SUCHÁNKOVÁ S., MÜLLEROVÁ J., HÉDL R. 2016. Using historical ecology to reassess the conservation status of coniferous forests in Central Europe. *Conservation Biology*, 31 (1): 150–160. DOI: 10.1111/cobi.12763
- THOM D., RAMMER W., SEIDL R. 2016. Disturbances catalyze the adaptation of forest ecosystems to changing climate conditions. *Global Change Biology*, 23: 269–282. DOI: 10.1111/gcb.13506.
- ÚRADNÍČEK M., MADĚRA P., KOLIBÁČOVÁ S., KOBLÍŽEK J., ŠEFL J. 2001. Dřeviny České republiky. Písek, Matice lesnická: 333 s.
- VOBOŘILOVÁ V. 2011. Faktory ovlivňující šíření buku lesního (*Fagus sylvatica*) na výsypce po těžbě uhlí. Praha, Univerzita Karlova v Praze: 56 s.
- WAGNER S., COLLET C., MADSEN P., NAKASHIZUKA T., NYLAND R. D., SAGHEB-TALEBI K. 2010. Beech regeneration research: From ecological to silvicultural aspects. *Forest Ecology and Management*, 259 (11): 2172–2182. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.02.029
- WICKHAM H. 2009. *Ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Dordrecht, Springer: 212 s.
- WOHLGEMUTH T., KULL P., WÜTHRICH H. 2002. Disturbance of microsites and early tree regeneration after windthrow in Swiss mountain forests due to the winter storm Vivian 1990. *Forest Snow and Landscape Research*, 77 (1/2): 17–47.
- XU C., GERTNER Z.G., SCHELLER R.M. 2012. Importance of colonization and competition in forest landscape response to global climatic change. *Climatic Change*, 110 (1–2): 53–83. DOI: 10.1007/s10584-011-0098-5

## RECENT DISTRIBUTION OF SPRUCE AND BEECH IN THE ŠUMAVA NATIONAL PARK IN THE NON-INTERVENTION AREA: CAN WE EXPECT THE CHANGE OF TREE SPECIES COMPOSITION?

### SUMMARY

Ongoing climate change could lead to the transformation of the species composition of forests left to spontaneous development. According to models, spruce (*Picea abies*) could be replaced by other tree species, especially by beech (*Fagus sylvatica*). Only fragmentary forest descriptions have been preserved from the past. In addition, records of insect gradations and windstorm effects are often only mediated, non-specific, too general, or spatially limited. Indirect sources of information reveal only impressions of forests in the past and their ability to cope with disturbances. In the non-intervention area of the Šumava National Park (Czech Republic), we have an ideal opportunity to record events that are currently taking place, and to create a quality database for the future evaluation of changes, not only with respect to tree species composition.

The aim of this study was to answer the following questions: (i) How large are the areas (what are the proportions of the monitoring plots) dominated by spruce and beech in the tree layer? (ii) Are the occurrences of beech-dominated stands in a tree layer geographically continuous or are there only small beech islands in the middle of spruce forests? (iii) Will the present spruce forests and beech forests remain in the same areas in the foreseeable future? Or is the tree regeneration layer dominated by other species than those in the tree layer?

Distribution of the monitoring plots covered the non-intervention area of the Šumava National park. Two areas with the highest concentrations of monitoring plots were located on the Modrava Plains and in the vicinity of the hills called Třístoličník, Plechý, and Smrčina. The altitudes of the monitoring plots ranged from 668 m to 1213 m.

Measurements were performed on a square grid of points with randomised centres for the actual monitoring plots. In total, there were 1,111 monitoring plots in the non-intervention area, 750 plots were measured between 2009 and 2014, and 631 plots were evaluated in this work. The monitoring plots were circular, each of 500 m<sup>2</sup> in area. Positions of plots are given in Fig. 1. Fig. 3 shows the distribution of monitoring plots on altitude gradient. We measured the positions of living and dead trees (minimum DBH of 70 mm), and the positions of stumps and lying deadwood, and we evaluated tree species regeneration (tree species individuals with a minimum height of 0.1 m and a maximum DBH of 69 mm). Overview of the layers evaluated on the monitoring plots and a list of specific attributes are given in Tab.1.

Plots where spruce represented more than 75% of individuals in the tree layer were the most numerous (almost 75% of all plots). There were 517 plots where spruce represented more than 50% of individuals in the tree layer (Fig. 1; Tab. 2). More than 91% of these plots were also dominated by spruce in the regeneration layer (Fig. 2; Tab. 2). Total spruce regeneration number (184 105 individuals, approximately 5 800 individuals/ha) was almost four times higher than the regeneration number for all other tree species taken together (47 150 individuals, approximately 1 500 individuals/ha). Spruce also dominated in 11 plots where the tree layer was dominated by beech. Plots with spruce representing over 50% of individuals were located throughout the non-intervention area. The largest continuous spruce areas are the Modrava Plains and Trojmezna.

There were 47 plots where beech represented more than 50% of the tree layer (Fig. 1; Tab. 2). Nearly 66% of these plots were even dominated by beech in the regeneration layer (Fig. 2; Tab. 2). Furthermore, beech dominated the regeneration layer on 12 plots where the tree layer was dominated by spruce. The islands of beech forests were very small, and 5 of them were identified in the non-intervention area. The largest continuous beech forest area (24 monitoring plots) was in the southern part of the national park.

According to our findings, the answers to the research questions posed above are as follows:

- (i) Spruce is currently the dominant species in the study area. It is present at all altitudes and in most habitats. Spruce dominates the tree layer on nearly 82% of all monitoring plots; beech is dominant only on 7% of all plots.
- (ii) Beech-dominated forests occur as small islands, and are likely to remain throughout the next generation of the forest.
- (iii) Spruce and beech forests will remain in the same areas where are currently found – at least in the foreseeable future.

Zasláno/Received: 01. 06. 2017

Přijato do tisku/Accepted: 21. 07. 2017