

# PĚSTEBNÍ POSTUPY V LESÍCH OHROŽENÝCH SUCHEM NA STANOVIŠTÍCH S PŘEVAHOU NEPŮVODNÍCH SMRKOVÝCH POROSTŮ

**LESNICKÝ PRŮVODCE**



**Ing. DAVID DUŠEK, Ph.D.**

**Ing. JAN LEUGNER, Ph.D.**

**Ing. JIŘÍ NOVÁK, Ph.D.**

**doc. RNDr. MARIAN SLODIČÁK, CSc.**

**Ing. JAKUB ČERNÝ, Ph.D.**

**Ing. DUŠAN KACÁLEK, Ph.D.**

Certifikované  
**METODIKY**  
PRO PRAKTIKU

**5/2020**

# **Pěstební postupy v lesích ohrožených suchem na stanovištích s převahou nepůvodních smrkových porostů**

**Certifikovaná metodika**

**Ing. David Dušek, Ph.D.**

**Ing. Jan Leugner, Ph.D.**

**Ing. Jiří Novák, Ph.D.**

**doc. RNDr. Marian Slodičák, CSc.**

**Ing. Jakub Černý, Ph.D.**

**Ing. Dušan Kacálek, Ph.D.**

## **Lesnický průvodce 5/2020**

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

Strnady 136, 252 02 Jíloviště

[www.vulhm.cz](http://www.vulhm.cz)

Publikace vydané v řadě Lesnický průvodce jsou dostupné v elektronické verzi na:

[http://www.vulhm.cz/lesnicky\\_pruvodce](http://www.vulhm.cz/lesnicky_pruvodce)

**Vedoucí redaktor:** Ing. Jan Řezáč; e-mail: [rezac@vulhm.cz](mailto:rezac@vulhm.cz)

**Výkonná redaktorka:** Miroslava Valentová; e-mail: [valentova@vulhmop.cz](mailto:valentova@vulhmop.cz)

**Grafická úprava a zlom:** Klára Šimerová; e-mail: [simerova@vulhm.cz](mailto:simerova@vulhm.cz)

ISBN 978-80-7417-205-2

ISSN 0862-7657

# **SILVICULTURE MEASURES IN DROUGHT-ENDANGERED FOREST STANDS AT SITES DOMINATED BY NON-NATIVE SPRUCE**

## *Abstract*

The area of forests exhibiting die-off due to climate conditions shift and following bark-beetle outbreaks has been growing recently in the Czech Republic. Forestry practitioners call for new measures based on the adaptive strategy that focuses on the renewal of forest and following silvicultural operations on sites endangered by drought. The renewal approaches include the use of high-quality planting stock and establishment of mixed stands where nursing of species is desired while the competition of tree species should be minimized. The next step to manage forest stands properly consist in thinning approaches that help improve the stability of trees, maintain stands mixed and vigorous and also prevent damage and diseases.

**Key words:** silviculture; climate change; forest renewal; forest thinning

**Oponenti:** prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc., ČZU v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů

Ing. Kamil Turek, Ph.D., DiS., Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, pobočka Frýdek-Místek

*Podíl autorů:*

David Dušek 30 %

Jan Leugner 20 %

Jiří Novák 20 %

Marian Slodičák 10 %

Jakub Černý 10 %

Dušan Kacálek 10 %

*Adresa autorů:*

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady

Výzkumná stanice Opočno

Na Olivě 550

517 73 Opočno

dusek@vulhmop.cz

# Obsah:

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>ÚVOD .....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>2</b> | <b>CÍL METODIKY .....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>3</b> | <b>METODIKA .....</b>  | <b>8</b>  |
|          | <b>3.1 Zakládání porostů na stanovištích<br/>ohrožených suchem .....</b>   | <b>8</b>  |
|          | <b>3.1.1 Současný stav poznání a teoretická východiska<br/>zakládání porostů na stanovištích ohrožených<br/>suchem .....</b> | <b>8</b>  |
|          | <b>3.1.2 Postupy zakládání porostů na stanovištích<br/>ohrožených suchem .....</b>   | <b>10</b> |
|          | <b>3.2 Výchova porostů ohrožených suchem .....</b>   | <b>12</b> |
|          | <b>3.2.1 Současný stav poznání a teoretická východiska<br/>výchovy porostů ohrožených suchem .....</b>                       | <b>12</b> |
|          | <b>3.2.2 Postupy porostní výchovy .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>4</b> | <b>ZÁVĚR .....</b>   | <b>17</b> |
| <b>5</b> | <b>SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ.....</b>   | <b>17</b> |
| <b>6</b> | <b>POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY .....</b>  | <b>18</b> |
| <b>7</b> | <b>EKONOMICKÉ ASPEKTY.....</b>   | <b>18</b> |
| <b>8</b> | <b>DEDIKACE .....</b>  | <b>19</b> |
| <b>9</b> | <b>LITERATURA.....</b>   | <b>19</b> |
|          | <b>9.1 Seznam použité související literatury .....</b>   | <b>19</b> |
|          | <b>9.2 Seznam publikací, které předcházejí metodice .....</b>  | <b>26</b> |
|          | <b>SUMMARY .....</b>   | <b>28</b> |



# 1 ÚVOD

V posledních letech je stále větší část lesů na území České republiky sužována zhoršováním zdravotního stavu a následným velkoplošným rozpadem převážně monokulturních porostů smrku a borovice (ZPRÁVA 2019). Klimatické anomálie v podobě vysokých teplot ve vegetačním období a změna rozložení srážek v průběhu roku (HENTSCHEL et al. 2014) jsou považovány za faktor, který k tomuto stavu významně přispívá. Velkoplošný rozpad porostů pak většinou nastává v důsledku působení kalamitních škůdců, kteří však představují až sekundární faktor. Vzhledem k probíhajícím globálním klimatickým změnám (MARACCHI et al. 2005; RENNENBERG et al. 2006; TATARINOV, CIENCIALA 2009; LINDNER et al. 2010; ALLEN et al. 2010; ZHAO, RUNNING 2010; HLÁSNÝ et al. 2011; MASON et al. 2012; CHOAT et al. 2012; CUNZE et al. 2013; HLÁSNÝ et al. 2014; SEIDL et al. 2017) a současné pozměněné druho-ové skladbě lesů, lze předpokládat, že nežádoucí stav zhoršování zdravotního stavu a rozpadu lesních porostů bude pokračovat i v následujících letech (HANEWINKEL et al. 2017).

V současnosti probíhající kůrovcová kalamita v České republice vede k rychlému rozpadu rozsáhlých porostních celků smrkových porostů na stále větším území. Navíc se na území severní (nověji i střední) Moravy a Slezska již od druhé poloviny devadesátých let minulého století projevuje fenomén chřadnutí smrkových porostů. Zhoršování zdravotního stavu a ústup smrku se v současnosti nevyhýbá ani vodou ovlivněným stanovištěm, kde byl v letech 2015, 2016 a 2018 rovněž pozorován výrazný srážkový deficit.

Management hospodářských lesů v podmínkách klimatických změn by měl směřovat k tzv. adaptivní strategii, spočívající v dosažení takových změn struktury a druho-ové skladby lesních porostů, při níž budou lesní ekosystémy schopny lépe odolávat očekávaným budoucím klimatickým extrémům (BOLTE et al. 2009). Přitom se reflektuje nejistota ohledně směru působení a intenzity změn klimatu. Je kladen důraz na postupná a v principu reverzibilní opatření na základě kumulace znalostí o dalším klimatickém vývoji a na vzájemném kombinování rozdílných přístupů pro konkrétní podmínky, spíše než snahu o jediný obecně aplikovatelný přístup (MILLAR et al. 2007).



## **2 CÍL METODIKY**

Cílem metodiky je vytvoření a formulace postupů obnovy a výchovy lesních porostů ohrožených suchem. Pozornost je věnována zejména umělé obnově porostů, včetně kalamitních holin a také výchově porostů, ve kterých dominuje aktuálně nejméně zastoupený (a potenciálně suchem nejméně ohrožený) stanovištně nepůvodní smrk.

## **3 METODIKA**

Doporučená opatření jsou koncipována na základě experimentálních poznatků z dlouhodobých experimentů (provozovaných VÚLHM, VS Opočno) v rámci celé ČR, a také dosavadních poznatků z literatury a lesnické praxe v podmínkách ČR i ze zahraničí. Při formulaci pěstebních opatření autoři též vycházeli z nových z experimentálních poznatků získaných v rámci projektu NAZV QK1820091 v podmínkách 3.–5. lesního vegetačního stupně převážně na živných a částečně i vodou ovlivněných stanovištích severní Moravy a východních Čech, kde dominující dřevinou byl, či stále je, stanovištně nepůvodní smrk.

### **3.1 Zakládání porostů na stanovištích ohrožených suchem**

#### **3.1.1 Současný stav poznání a teoretická východiska zakládání porostů na stanovištích ohrožených suchem**

Za jednu z možností adaptace současných smrkových porostů na sucha je jejich konverze na smíšené porosty s dřevinami, které jsou odolnější k suchu a zároveň nezvyšují stres smrku způsobený suchem. Od vhodně zvolených směsí lesních dřevin se obecně očekává zmírňování nepříznivého působení sucha a celkově vyšší odolnost takových porostů vůči probíhajícím nepříznivým projevům klimatických

změn (PRETZSCH et al. 2014; PRETZSCH et al. 2015; SCHWARZ et al. 2019). Mezidruhové interakce ve smíšených porostech mají za následek změny ve fyziologii a morfologii jednotlivých dřevin a vedou ke změnám v zásobení a využívání živin, což následně také ovlivňuje (zvyšuje) produkci lesních porostů.

FORRESTER et al. (2016) konstatují, že ačkoli v mnoha případech může být stres suchem nižší ve smíšených porostech, nejde o zcela zákonitý jev a i pro stejné směsi dřevin existují rozdíly mezi jednotlivými stanovišti a regiony. Druhová diverzita je tedy sama o sobě nedostatečným prediktorem odolnosti lesních porostů vůči suchu. VITALI et al. (2017, 2018) provedli dendrochronologickou analýzu ve směsích smrku, jedle a douglasky v jihozápadním Německu. Zatímco jedle v suchém období profitovala ve smíšení, douglaska jevila ve směsích větší stres v porovnání s monokulturou. Odezva smrku byla nejednotná v závislosti na hustotě porostu a druhové skladbě stromů v bezprostředním okolí. Jedle a douglaska obecně vykazovaly vyšší rezistenci vůči suchu než smrk, přičemž jedle byla k suchu více náchylná v nižších nadmořských výškách. RUKH et al. (2020) zjistili na úrovni jednotlivých stromů vyšší rezistenci (zachování růstu v suché epizodě) i resilienci (schopnost obnovit růst po odeznění suché epizody) u buků rostoucích v nesmíšených porostech, zatímco smrk více prosperoval ve směsi s bukem v porovnání s monokulturou. Pozitivní efekt smíšení byl u smrku zvláště patrný na suchých stanovištích. Pozitivní vliv smíšení na zvyšující se rezistenci borovice a dubu prokázali STECKEL et al. (2020a) v rámci rozsáhlé celoevropské studie. SCHWARZ a BAUHUS (2019) konstatují, že smíšení jedle a buku v jihozápadním Německu nemělo vliv na rezistenci obou dřevin vůči suchu v roce 2003, nicméně připouští, že smíšení může pozitivně ovlivnit resilienci po odeznění epizody sucha. TOIGO et al. (2015) uvádí, že ve směsi borovice a dubu může vodní deficit vést k horším parametrům průměrné hustoty letokruhů jednotlivých stromů ve srovnání s nesmíšenými porosty, ale že smíšení dřevin s rozdílnou senzitivitou na epizody sucha může zmírnit vliv klimatických výkyvů na celkovou produkci porostů.

ZANG et al. (2011) zjistili, že odolnost dřevin vůči suchu závisí také na dimenzích stromů, a tato závislost je druhově specifická. U borovice roste adaptabilita k vodnímu stresu spolu s velikostí stromu, u smrku byla zjištěna závislost opačná. STECKEL et al. (2020b) konstatují vzrůstající rezistenci borovice vůči suchu spolu s věkem porostu, ale negativní korelaci mezi resiliencí a věkem v případě dubu.

#### Shrnutí:

- Vliv smíšení lesních dřevin na jejich odolnost vůči suchu je značně variabilní v rámci proměnlivých přírodních podmínek a problematika musí být předmětem dalšího výzkumu.

- V podmínkách ČR se jako perspektivní jeví směs smrku, buku a jedle, kde se předpokládá schopnost využívání vody z různých půdních horizontů.
- Z geograficky nepůvodních dřevin se jako perspektivní jeví douglaska tisolistá. Ta by měla být vysazována a pěstována pouze ve směsích s domácími dřevinami, nikoli v monokulturách.

### 3.1.2 Postupy zakládání porostů na stanovištích ohrožených suchem

Pro omezení nepříznivých podmínek způsobovaných suchem je doporučeno při umělé obnově porostů dodržet tři základní podmínky:

1. využívat kvalitní sadební materiál a zajistit vhodnou manipulaci s ním
2. zvolit vhodný typ smíšení dřevin (příprava obnovního projektu)
3. optimálně využít přípravné dřeviny (prioritně na kalamitních holinách)

#### Kvalita sadebního materiálu

Základním předpokladem pro úspěšnou umělou obnovu je použití kvalitního sadebního materiálu na všech typech stanovišť. Obnova porostů na suchem ohrožených stanovištích tuto zásadu ještě umocňuje. Z hlediska morfologických parametrů je na těchto stanovištích nejdůležitějším znakem poměr kořenového systému k nadzemní části. Pro umělou obnovu suchem ohrožených stanovišť by měl být přednostně využíván sadební materiál s vyšším poměrem kořenových systémů k nadzemním částem s bohatě rozvinutými jemnými kořeny (tloušťka jemných kořenů je menší než 1 mm). Většinou se jedná o sadební materiál s nižší výškou a silnějším kořenovým krčkem.

Pro dobrou fyziologickou kvalitu sadebního materiálu jsou nutné dva základní předpoklady. Za prvé dobrá fyziologická kvalita při vyzvedávání a za druhé minimalizace nepříznivých vlivů na sadební materiál během manipulace s ním.

Shrnutí hlavních zásad pro správnou manipulaci se sadebním materiálem:

- Účinky stresů působících během manipulace se kumulují a vzájemně zesilují.
- Dormantní semenáčky a sazenice jsou k účinkům stresů odolnější než jedinci fyziologicky aktivní.

- Během manipulace je nutno rostliny chránit především před vysycháním, mechanickým poškozením a působením vysokých nebo nízkých teplot.
- Vystavení kořenů povětrnostním vlivům co nejvíce omezit.
- Zásadně pracovat se sadebním materiálem ve stínu.
- Skladovat (dlouhodobě i krátkodobě) při optimálních teplotách s ochranou proti vysychání (obaly, vysoká vzdušná vlhkost). Čím vyšší je teplota během skladování, tím vyšší je spotřeba zásobních látek a větší nebezpečí infekce plísněmi. Oslabení sadebního materiálu nevhodným skladováním se projevuje opožděným rašením, stagnací růstu až úhynem.
- Krytokořenné semenáčky a sazenice mají kořeny chráněny balem zeminy, i ty však potřebují ochranu proti vysychání a dalším nepříznivým vlivům během manipulace.

Podrobně jsou zásady vhodné manipulace se sadebním materiálem popsány v metodice – "Manipulace se sadebním materiálem lesních dřevin od vyzvednutí ve školce až po výsadbu" (JURÁSEK et al. 2010).

### **Zakládání směsí dřevin odolnějších vůči suchu**

Na základě zahraničních i domácích zkušeností, včetně našich výzkumných zjištění, je zřejmé, že k suchu odolnější směsi dřevin jsou takové, které využívají vodu z různých horizontů půdy. V našich podmínkách představuje takovou typickou směs smrk, buk a jedle, v nižších polohách dub a borovice, či buk a modřín. Pro zakládání takové směsi může být výhodné i rozložení obnovy do delšího časového období. V první fázi může být provedena výsadba smrku v pruzích případně, v řídké kostře budoucího porostu, čímž se omezí proudění vzduchu, které sníží vysychání stanoviště. Následně budou tyto kulisy (kostra) doplněny o další dřeviny (BK, JD). Výhodou tohoto postupu je samozřejmě také celková úprava mikroklimatických podmínek obnovovaného prvků.

Je také třeba zdůraznit, že snaha o dosažení bohatě strukturovaných či dokonce víceetážových porostů je na stanovištích ohrožených suchem spíše iluzorní. Bohatě strukturované porosty mají vysoké nároky na vodu, a proto je třeba počítat s jednodušší porostní strukturou a smíšením maximálně tří hlavních dřevin (mimo dřeviny vtroušené). Snaha o založení bohatě strukturovaných porostů na suchem ohrožených stanovištích pravděpodobně povede k samovolnému zjednodušení porostní struktury prostřednictvím přirozené mortality převážně podúrovňové složky porostu.

## **Využití přípravných dřevin při obnově porostů na suchem ohrožených stanovištích**

Také využití některých přípravných dřevin může být vhodným způsobem obnovy porostů na suchem ohrožených stanovištích. Pro využití přípravných dřevin platí stejné zásady jako pro výsadbu „cílových dřevin“, tj. používat dřeviny, které spotřebovávají vodu a živiny z různých horizontů půdy. Z tohoto pohledu není např. příliš vhodné využívat břízu jako přípravnou dřevinu pro smrk, protože si tyto dvě dřeviny výrazně konkurují v kořenovém prostoru. V našich experimentech se navíc potvrdila větší citlivost břízy k suchu ve srovnání s topolem osikou, který je tak pro směs se smrkem vhodnější (MARTINCOVÁ a LEUGNER 2020).

Následnou výsadbu do porostů přípravných dřevin na suchých stanovištích doporučujeme provádět formou výsadby do vytěžených úzkých (násečných, ca 15 m širokých) pruhů. V těchto pruzích, které by měly být orientovány kolmo na převládající směr větru, je omezeno proudění vzduchu, dochází ke stínění povrchu půdy (snížení evaporace) a zároveň nedochází ke konkurenci přípravné a cílové dřeviny o vodu.

## **3.2 Výchova porostů ohrožených suchem**

### **3.2.1 Současný stav poznání a teoretická východiska výchovy porostů ohrožených suchem**

Vhodně zvolená porostní výchova mladých porostů je opatřením, kterým lze do značné míry ovlivnit budoucí stabilitu, zdravotní stav a odolnost lesních porostů. Porostní výchova dále hraje nezastupitelnou roli při úpravě druhového složení lesních porostů a je třeba zmínit i její vliv na změnu porostního prostředí úpravou radiačního, tepelného a vodního režimu porostů (CHROUST 1997) a vliv na zrychlení koloběhu živin změnou množství opadu a rychlosti dekompozice organických půdních horizontů (PRESCOTT et al. 1993; NOVÁK, SLODIČÁK 2004; SLODIČÁK et al. 2005; PODRÁZSKÝ et al. 2005; PODRÁZSKÝ 2006; MALLIK et al. 2008; DUŠEK et al. 2009). SPITTLEHOUSE a STEWART (2003) doporučují pro zmírnění negativních dopadů globální klimatické změny provádět výchovné zásahy v mladých lesních porostech a selektivně odstraňovat potlačené, poškozené a málo kvalitní jedince ke zvýšení světelného požitku, vyššího přísunu vody a dostupných živin.

SOHN et al. (2016a) na základě meta-analýzy 23 výchovných experimentů v jehličnatých i listnatých porostech konstatují, že výchovné zásahy, zvláště pak silné, zlepšují růstovou odpověď vůči suchu. Ta je však odlišná pro jehličnaté a listnaté porosty. V jehličnatých porostech měly silné výchovné zásahy vliv na zvýšení resilience, projevující se rychlejší obnovou růstu po suchých epizodách. Výchovné zásahy v listnatých porostech vedly ke zvýšení rezistence, tedy udržení růstu a fyziologických procesů v průběhu suchých roků. Pozitivní vliv výchovných zásahů na rezistenci dubového porostu vůči suchu konstatují BRÉDA et al. (1995). KOHLER et al. (2010) v jihovýchodním Německu zjistili růstovou depresi smrku v období sucha u variant s výchovou i bez výchovy. Varianty se silnými výchovnými zásahy však vykazovaly rychlejší návrat radiálního růstu po uplynutí období sucha, a tím celkově kratší periodu působení stresu. K podobným závěrům došli u smrku také SOHN et al. (2012). SOHN et al. (2016b) konstatují pozitivní vliv silných výchovných zásahů na resilienci a v mnohem menší míře i na rezistenci borových porostů vůči suchu. Také v porostech borovice a dubu v Bavorsku byla zjištěna negativní korelace mezi hustotou porostu a resiliencí stromů vůči suchu (STECKEL et al. 2020b).

Na zdravotní stav stromů má rozhodující vliv také transpirace, kterou lze opět ovlivnit typem a intenzitou výchovného zásahu (DEL CAMPO et al. 2014; MORIKAWA et al. 1986). Pozitivní efekt zásahu se však dostavuje pouze v případě, že půda není dlouhodobě suchá (KREJZA et al. 2019). Snížení počtu stromů má zpravidla za následek zvýšení transpirace jednotlivých stromů, díky zvýšené ploše osluněného jehličí a vyšší aerodynamické drsnosti porostu (BRÉDA et al. 1995). Na druhou stranu, transpirace smrkového porostu jako celku může po provedeném pěstebním zásahu poklesnout až o několik desítek procent (LAGERGREN et al. 2008), protože transpirace vysoce koreluje s LAI (GRANIER et al. 2000).

První výchovné zásahy také měly pozitivní vliv na radiální přírůst smrku v oblastech postižených chronickým chřadnutím smrkových porostů, což jsou zároveň oblasti zpravidla vykazující srážkové deficity. Zásahy však neměly průkazný vliv na změnu dynamiky žloutnutí a mortality stromů v porovnání s variantou bez zásahu (DUŠEK et al. 2017).

Porostní výchova dále vede ke snížení porostní intercepce snížením zachytné plochy (snížením LAI), a tím k zvýšení množství dostupné vody v půdě (ZAHNER a WHITMORE 1960; BRÉDA et al. 1995; DONNER a RUNNING 1986; SIMONIN et al. 2007). SLODIČÁK et al. (2011) zjistili snížení intercepce ve vychovávané borové mlazině ve východních Čechách o 2–8 % v porovnání s kontrolou a pozitivní efekt byl patrný ještě šest let po provedení zásahu. NOVÁK et al. (2020) doložili zvýšení podkorunových srážek o 9 % v borových porostech na přirozených borových stanovištích (SLT 1M) po odstranění spodní etáže smrku. Ponechaná borovice také pozitivně

reagovala zvýšeným tloušťkovým přírůstem. DUŠEK et al. (2021 v tisku) konstatují mírně vyšší (ale statisticky neprůkazné) hodnoty půdní vlhkosti pod vychovanými smrkovými i smíšenými mlazinami ve vegetačním období let 2019–2020 ve srovnání s variantou bez výchovy. Výchovné zásahy tak přinejmenším nevedly ke snížení disponibilní vody v důsledku zvýšeného výparu z nekrytého povrchu půdy.

Shrnutí:

- Výchovné zásahy v jehličnatých porostech většinou vedou k rychlejší obnově růstu (zvýšené resilienci) po suchých epizodách.
- V porostech listnatých dřevin dochází vlivem výchovy ke zvýšení rezistence stromů v období sucha.
- Výchovné zásahy mohou až na několik let zvyšovat množství podkorunových srážek.
- Výchovné zásahy v rozsahu a intenzitě současných modelů výchovy nevedou ke snížení půdní vlhkosti pod proředěnými porosty.
- Efekty porostní výchovy jsou významné zejména v mladých porostech.

### 3.2.2 Postupy porostní výchovy

Obecně platí, že základním předpokladem účinné porostní výchovy, nejen v porostech ohrožených suchem, je její včasné zahájení již ve stadiu mlazin (u porostů z umělé obnovy) nebo nárostů (u porostů z přirozené obnovy). Opožděné první výchovné zásahy (po překročení horní porostní výšky 10 m) již nemohou výrazně zlepšit statické vlastnosti jednotlivých stromů (smrk, douglaska, modřín, částečně i borovice), zabránit rychlému zkracování korun (smrk, douglaska, modřín, bříza) nebo vzniku větších mezer v zápoji při odstraňování obrostlíků a předrostlíků (borovice a většina listnatých dřevin). Opožděné zásahy také již zpravidla nevedou k udržení žádoucí životaschopné příměsi dalších druhů dřevin v porostech.

Problematika výchovy porostních směsí je odborně mnohem náročnější a mnohem méně probádaná a experimentálně podložená ve srovnání s výchovou nesmíšených porostů našich hlavních hospodářských dřevin. Z hlediska porostní výchovy je obecně výhodnější skupinové smíšení dřevin s velikostí skupin 0,05–0,20 ha. Výchova takových skupin se pak řídí nároky jednotlivých dřevin a lze s výhodou využít publikovaných pěstebních modelů pro danou dřevinu. Jednotlivé či řadové smíšení značně komplikuje následnou výchovu. Výchovné modely pro smrk, borovici a dub jsou obsaženy v metodice SLODIČÁK, NOVÁK (2007), výchovné modely pro

smrkové mlaziny a tyčkoviny v oblasti chronického chřadnutí smrku v metodice DUŠEK et al. (2018), modely výchovy pro smrkové porosty na bývalých zemědělských půdách v metodice SLODIČÁK et al. (2013a) a modely pro smrkové porosty na CHS 43 a 45 v metodice REMEŠ et al. (2016a). Pěstební modely pro borové porosty jsou formulovány v metodikách SLODIČÁK et al. (2013b), NOVÁK et al. (2017a), pro douglasku v metodice SLODIČÁK et al. (2014), pro buk na CHS 43 a 45 v metodice REMEŠ et al. (2016b), pro břízu v 1. a 2. LVS v metodice NOVÁK et al. (2017b).

Veškeré výchovné zásahy na lokalitách ohrožených suchem je vhodné provádět mimo vegetační období, nejlépe v posledním čtvrtletí (říjen–prosinec). Vzniká tak předpoklad lepšího zásobení vodou v zimních měsících ve výchovu proředěných porostech, což zlepší dostupnost vody v půdě a přírůst v období sucha (GEBHART et al. 2014). V případě smrku se situováním výchovných zásahů do poslední třetiny kalendářního roku navíc snižuje riziko napadení ponechané dřevní hmoty menšími druhy lýkožroutů. Na stanovištích ohrožených rozvojem buřeně (jako jsou živná stanoviště a stanoviště ovlivněná vodou) nesmí síla výchovných zásahů vést k trvalejšímu (několikaletému) rozvolnění porostů, neboť buřeně se může významnou měrou spolupodílet na transpiraci, čímž se sníží množství disponibilní vody v půdě pro jedince cílové dřevinné skladby.

Jedna z typických směsí v podmínkách střední Evropy je směs smrku s bukem. Tyto dvě dřeviny však mají značně rozdílné ekologické nároky pro zdárný vývoj zejména v mladém věku. Smrk potřebuje v mlazině pro budování individuální stability dostatek prostoru. Naopak uzavřený zápoj je nezbytný pro kvalitu bukových jedinců. V případě jednotlivého smíšení je nutno prořezávkou podpořit zachování směsi, tj. např. co nejdříve (při horní výšce 5 m) vybrat určitý počet (100–200 ks na ha) nejkvalitnějších jedinců smrku a ty individuálně úplně uvolnit. Ostatní jedinci smrku tvoří pouze výplňovou dřevinu pro zdárný vývoj buku a z hlediska snížení porostní intercepce a konkurence jedinců v porostech ohrožených suchem může být smrk dále redukován do míry, která neohrozí budoucí kvalitu buku (tj. nesmí dojít k rozvolnění zápoje, který povede k nežádoucímu košatění buku). V buku se odstraňují pouze předostláci, obrostláci a jinak netvární jedinci. Zásah do bukové podúrovně je nežádoucí především z ekonomického hlediska, ačkoli na suchých stanovištích může redukce v podúrovni přinést určité zvýšení disponibilní vody pro ponechané jedince.

Ve směsích smrku s jedlí a bukem by měli být podporováni všichni kvalitní a nepoškození jedinci jedle na úkor smrku i buku. Kvalitní smrk (100–200 ks na ha) nekonkurující jedli je třeba opět při prvním výchovném zásahu zcela uvolnit. Na základě probíhajících a dosud nepublikovaných experimentů VÚLHM ve směsích jedle s bukem ve stadiu tyčkoviny byla zjištěna výrazná tloušťková přírůstová reakce jedle na uvolnění. Jedli doporučujeme uvolňovat individuálně od 1–2 kon-



kurentů. Při prvním výchovném zásahu se jeví jako perspektivní komolení jedle, tj. odstranění nežádoucích (konkurenčních) jedinců řezem ve výšce ca 1,7 m tam, kde ještě nejsou zkráceny koruny a pod řezem se vyskytuje minimálně jeden živý přeslen. Dochází tak k lepšímu krytí půdního povrchu, změnšování proudění vzduchu uvnitř porostu a do jisté míry i ke zhoršení přístupu zvěře do porostů. To vše je u jedle žádoucí. Pěstování této dřeviny v hustém zápoji, v mládí takřka bez výchovy, jak je známo např. z oblasti polských Beskyd, je v oblastech ohrožených suchem rizikové z hlediska vysoké intercepce takových porostů, ovšem ponechání zdravých a kvalitních jedlí v podúrovni je z hlediska budoucí diferenciacie porostů žádoucí.

Jednotlivě přimísený modřín je na živných stanovištích významným nositelem objemové a kvalitativní produkce a podle dosavadních zkušeností dobře odrůstá i v porostech s chřadnoucím smrkem. Při výchovných zásazích je však nezbytné uvolňovat koruny kvalitních modřínů od útlaku ostatních dřevin. Při aplikaci směsi s douglaskou (se zastoupením do 20 % v porostní směsi) je zapotřebí aplikovat první výchovné zásahy ještě silnější než v čistých smrkových porostech. Bříza, osika a jeřáb jsou vhodné výplňové dřeviny v mezerách přirozené obnovy a tam, kde došlo k nezdaru při umělé obnově, zvláště v oblastech s nepříznivým zdravotním stavem smrku.

Je nezbytné šetřit i další vtroušené ekonomicky cenné dřeviny nebo dřeviny s předpokládaným pozitivním melioračním účinkem (BK, JD, DB, JV, JS, HB, LP, OS, BR, OL, JL, TR, JR apod., blíže viz KACÁLEK et al. 2017). Uvedené dřeviny je třeba včas uvolnit tak, aby se staly dlouhodobou součástí úrovně porostu. Jednotlivě přimíšené MZD, které zůstanou v podúrovni, budou svou funkci plnit omezeně, po dobu, kdy jsou schopny přežívat v zástinu. Náletové dřeviny (např. JR, LP, KL, VRJ apod.) také mohou zvyšovat úživnost stanoviště a mírnit škody zvěří na ostatních dřevinách.

Na přirozených borových stanovištích CHS 13 se smrk často vyskytuje pod borovicí v podúrovni a tvoří spodní etáž. Jeho odstraněním lze snížit celkovou porostní intercepci, zlepšit množství dostupné vody v půdě a významně ovlivnit tloušťkovou přírůst ponechané borovice.

## 4 ZÁVĚR

Výrazné srážkové deficity v posledních letech významně přispěly ke zhoršení zdravotního stavu a následnému kalamitnímu rozpadu stanovištně nepůvodních smrkových porostů na značné části území ČR. Nově navržené pěstební postupy formulované na základě experimentálních výsledků, literárních poznatků a zkušeností lesnické praxe mají sloužit jako metodický podklad pro tvorbu a následné obhospodařování lesních porostů, které budou díky své druhové skladbě a porostní struktuře schopny lépe odolávat předpokládaným budoucím klimatickým výkyvům. V oblasti zakládání lesa je kladen důraz na kvalitu a správnou manipulaci se sadebním materiálem, volbu vhodného typu smíšení a využití přípravných dřevin. Výchova porostů má být zahájena včas, již ve stadiu mlazin. Vhodně volenými výchovnými zásahy lze pozitivně ovlivnit rezistenci či resilienci lesních porostů vůči suchu a zvýšit množství dostupné vody v půdě snížením intercepce porostního zápoje. Aplikaci uvedených doporučení je třeba vždy provádět s přihlédnutím ke konkrétním stanovištním podmínkám a aktuálnímu stavu porostů.

## 5 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Novost metodiky spočívá v modifikaci stávajících postupů zakládání a výchovy lesních porostů na stanovištích s dominancí smrkových porostů na základě literárních, praktických i experimentálních zkušeností s reakcí dřevin a lesních porostů na suché epizody v posledních dvou dekadách (roky 2003, 2015, 2016, 2018). Ačkoli některé doposud publikované pěstební modely již částečně reflektují nutnost změn pěstebních postupů v reakci na probíhající globální klimatickou změnu, jsou z velké části zaměřeny na opatření v monokulturních porostech našich hlavních hospodářských dřevin. V současné metodice je kladen zvýšený důraz na zakládání a výchovu vhodných porostních směsí, u nichž je vyšší předpoklad odolnosti vůči suchu a menší riziko kalamitního rozpadu rozsáhlých porostních celků.

## 6 POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika je určena pro lesní hospodáře, vlastníky lesů, správce lesních majetků. Dále je určena pro orgány státní správy lesů, ÚHÚL jako podklad ke tvorbě OPRL, taxační kanceláře, lesnické školy, univerzity a lesnický výzkum.

Dokument má uplatnění jako certifikovaná metodika v edici Lesnický průvodce, VÚLHM, v. v. i., Strnady. Metodika je rovněž přístupná v digitální podobě na webových stránkách [www.vulhm.cz](http://www.vulhm.cz).

## 7 EKONOMICKÉ ASPEKTY

Přímý ekonomický přínos spočívá v zefektivnění postupů zakládání lesa v oblastech postižených suchem, a tím ke snížení hospodářských ztrát vzniklých z potřeby opakovaného zalesnění či nutnosti rekonstrukce nevhodně založených porostů. Rozsah opakované obnovy se v ČR v letech 2000–2019 se pohyboval od 3087 do 5246 hektarů (ZPRÁVA 2019). V oblastech postižených suchem je často ohrožena samotná existence současných lesních ekosystémů, tedy nejen jejich dřevoproductční, ale i veškeré mimoproductční funkce. Sociálně-ekonomická cena dřevoproductční funkce lesa v České republice činí v průměru 10 292 Kč ročně na hektar porostní půdy a nedřevoproductční na 2341 Kč (ŠIŠÁK et al. 2017). Objem nahodilých těžeb zapříčiněných kalamitními škůdci, jejichž rozvoj je z velké části podmíněn existencí suchem oslabených porostů, činil v roce 2019 22,78 miliónů metrů krychlových dříví a v důsledku rozsáhlých kalamitních těžeb z předchozích let bylo zalesněno 33 894 hektarů. Je zřejmé, že kalamitní rozpad porostů spojený s přehlcením trhu dřívím a výrazným poklesem jeho ceny se nevyhnutelně projeví ve snížení průměrné dřevoproductční funkce lesa. Negativně se také projeví ve schopnosti majitelů a správců lesa generovat dostatečné finanční zdroje na následnou obnovu a výchovu lesních porostů. Při aplikaci doporučených metod lze v dlouhodobém horizontu předpokládat ca 5% zlepšení dřevoproductční a ca 20% mimoproductční sociálně-ekonomické ceny lesů ohrožených suchem. Finanční kvantifikace je však problematická vzhledem k nejistotě o rozsahu a hloubce klimatických změn v následujících dekádách (HANEWINKEL et al. 2013).

## 8 DEDIKACE

Metodika byla vypracována v rámci grantové podpory MZe projektu NAZV QK1820091 „Lesnické hospodaření v oblastech postižených dlouhodobým suchem“.

## 9 LITERATURA

### 9.1 Seznam použité související literatury

- ALLEN C.D., MACALADY A.K., CHENCHOUNI H., BECHELET D., MCDOWELL N., VENNETIER M., KITZBERGER T., RIGLING A., BRESHEARS D.D., HOGG E.H., GONZALES, P., FENSHAM R., ZHANG Z., CASTRO J., DEMINOVA N., LIM J.H., ALLARD G., RUNING S.W., SEMERCI A., COBB N. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risk for forests. *Forest Ecology and Management*, 259: 660-684.
- BOLTE A., AMMER CH., LÖF M., MADSEN P., NABUURS G., SCHALL P., SPATHELF P., ROCK J. 2009. Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24: 473-482.
- BRÉDA N.J.J., GRANIER A., AUSSENAC G. 1995. Effects of thinning on soil and tree water relations, transpiration and growth in an oak forest (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl. *Tree Physiology*, 15: 295-306.
- CUNZE S., HEYDEL F., TACKENBERG O. 2013. Are Plant Species Able to Keep Pace with the Rapidly Changing Climate? *Plos One*, 8 (7): 1-13.
- DEL CAMPO A., FERNANDES T.G., MOLINA A. 2014. Hydrology-oriented (adaptive) silviculture in a semiarid pine plantation: How much can be modified the water cycle through forest management? *European Journal of Forest Research*, 133: 879-894.
- DONNER B.L., RUNNING S.W. 1986. Water Stress Response After Thinning *Pinus contorta* Stands in Montana. *Forest Science*, 32: 614-625.

- DUŠEK D., SLODIČÁK M., NOVÁK J. 2009. Výchova smrkových porostů a tvorba horizontů nadložního humusu – experiment Vrchmezi v Orlických horách. Zprávy lesnického výzkumu, 54 (4): 293-299.
- DUŠEK D., NOVÁK J., SLODIČÁK M., KACÁLEK D. 2017. Zdravotní stav smrkových mlazin v oblasti chřadnutí smrku po prvních výchovných zásazích. Zprávy lesnického výzkumu, 62 (1): 16-22.
- DUŠEK D., NOVÁK J., SLODIČÁK M., KACÁLEK D. 2018. Pěstební doporučení pro výchovu smrkových porostů v oblastech jejich chřadnutí. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce 10/2018.
- DUŠEK D., ČERNÝ J., NOVÁK J., KACÁLEK D. 2021. Vliv výchovných zásahů v mlazinách na obsah vody ve svrchním půdním horizontu. Zprávy lesnického výzkumu – v tisku.
- FORRESTER D., BONAL D., DAWUD S., GESSLER A., GRANIER A., POLLASTRINI M., GROSSIORD C. 2016. Drought responses by individual tree species are not often correlated with tree species diversity in European forests. *Journal of Applied Ecology*, 53: 1725-1734.
- GEBHARDT T., HÄBERLE K.H., MATYSSEK R., SCHULZ C., AMMER C. 2014. The more, the better? Water relations of Norway spruce stands after progressive thinning. *Agricultural and Forest Meteorology*, 197: 235–243.
- GRANIER A., LOUSTAU D., BRÉDA N. 2000. A generic model of forest canopy conductance dependent on climate, soil water availability and leaf area index. *Annals of Forest Science*, 57: 755–765.
- HANEWINKEL M., CULLMANN D.A., SCHELHAAS M.-J., NABUURS G.-J., ZIMMERMANN N.E. 2013. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change*, 3: 203-207.
- HENTSCHEL R., ROSNER S., KAYLER Z.E., ANDREASSEN K., BØRJA I., SOLBERG S., TVEITO O.E., PRIESACK E., GESSLER A. 2014. Norway spruce physiological and anatomical predisposition to dieback. *Forest Ecology and Management*, 322: 27-36.
- HLÁSNÝ T., HOLUŠA J., ŠTĚPÁNEK P., TURČÁNI M., POLČÁK N. 2011. Expected impact of climate change on forests: Czech Republic as a case study. *Journal of Forest Science*, 57 (10): 422-431.
- HLÁSNÝ T., MÁTYÁS C., SEIDL R., KULLA L., MARGANOVIČOVÁ K., TROMBIK J., DOBOR L., BARCZA Z., KONÓPKA B. 2014. Climate change increases the drought

risk in Central European forests: What are the options for adaptation? *Lesnícky časopis*, 60: 5-18.

- CHOAT B., JANSEN S., BRODRIBB T.J., COCHARD H., DELZON S., BHASKAR R., BUCCI S.J., FIELD T.S., GLEASON S.M., HACKE U.G., JACOBSEN A.L., LENS F., MAHERALI H., MARTINEZ-VILALTA J., MAYR S., MENCUCCINI M., MITCHELL P.J., NARDINI A., PITTERMANN J., BRANDON PRATT R., SPERRY J.S., WESTOBY M., WRIGHT I.J., ZANNE A.E. 2012. Global convergence in the vulnerability of forests to drought. *Nature*, 491: 752-755.
- CHROUST L. 1997. Ekologie výchovy lesních porostů. Opočno, VÚLHM: 277 s.
- JURÁSEK A., MARTINCOVÁ J., LEUGNER J. 2010. Manipulace se sadebním materiálem lesních dřevin od vyzvednutí ve školce až po výsadbu. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. *Lesnický průvodce* 5/2010.
- KACÁLEK D., MAUER O., PODRÁZSKÝ V., SLODIČÁK M. et al. 2017. Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin. *Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy*: 300 s.
- KOHLER M., SOHN J., NÄGELE G., BAUHAUS J. 2010. Can drought tolerance of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) be increased through thinning? *European Journal of Forest Research*, 129: 1109-1118.
- KREJZA J., SVĚTLÍK J., BELLAN M., HORÁČEK P. 2019. Stanovení stresu smrku ztepilého přímými metodami. Certifikovaná metodika. Kostelec nad Černými lesy, *Lesnická práce*: 68 s.
- LAGERGREN F., LANKREIJER H., KUČERA J., CIENCIALA E., MÖLDER M., LINDROTH A. 2008. Thinning effects on pine-spruce forest transpiration in central Sweden. *Forest Ecology and Management*, 255: 2312-2323.
- LINDNER M., MAROSCHEK M., NETHERER S., KREMER A., BARBATI A., GARCIA-GONZALO J., SEIDL R., DELZON S., CORONA P., KOLSTROM M., LEXER M.J., MARCHETTI M. 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259: 698-709.
- MALLIK A.U., HASSAIN M.K., LAMB E.G. 2008. Species and Spacing Effects of Northern Conifers on Forest Productivity and Soil Chemistry in a 50-Year-Old Common Garden Experiment. *Journal of Forestry*, 106 (2): 83-90.
- MARACCHI G., SIROTENKO O., BINDI M. 2005. Impact of Present and Future Climate Variability on Agriculture and Forestry in the Temperate Regions: Europe. *Climate Change*, 70: 117-135.

- MARTINCOVÁ J., LEUGNER J. 2020. Vyhodnocení odolnosti k vysychání u základních přípravných dřevin – břízy a osiky. Zprávy lesnického výzkumu, 65 (3): 190–196.
- MASON W.L., PETR M., BATHGATE S. 2012. Silvicultural strategies for adapting planted forests to climate change: from theory to practice. Journal of Forest Science, 58: 265–277.
- MILLAR C.I., STEPHENSON N.L., STEPHENS S.L. 2007. Climate change and forests of the future: Managing in the face of uncertainty. Ecological Applications, 17: 2145–2151.
- MORIKAWA Y., HATTORI S., KIYONO Y. 1986. Transpiration of a 31-year-old *Chamaecyparis obtusa* Endl. stand before and after thinning. Tree Physiology, 2: 105–114.
- NOVÁK J., SLODIČÁK M. 2004. Structure and accumulation of litterfall under Norway spruce stands in connection with thinning. Journal of Forest Science, 50: 101–108.
- NOVÁK J., DUŠEK D., KACÁLEK D., SLODIČÁK M., SOUČEK J. 2017a. Pěstební postupy pro borové porosty 1. a 2. lesního vegetačního stupně. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce 12/2017.
- NOVÁK J., DUŠEK D., KACÁLEK D., SLODIČÁK M., SOUČEK J. 2017b. Pěstební postupy pro březové porosty 1. a 2. lesního vegetačního stupně. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce 13/2017.
- NOVÁK J., ŠPULÁK O., ČERNÝ J. 2020. Problematika zakládání a pěstování porostů borovice lesní v měnicích se podmínkách prostředí. In.: Lorenc F., Liška J. (eds.): Zpravodaj ochrany lesa, 23: 48–54.
- PODRÁZSKÝ V., NOVÁK J., MOSER W.K. 2005. Vliv výchovných zásahů na množství a charakter nadložního humusu v horském smrkovém porostu. Zprávy lesnického výzkumu, 50 (4): 9–12.
- PODRÁZSKÝ V. 2006. Effect of thinning on the formation of humus forms on the afforested agricultural lands. Scientia Agriculturae Bohemica, 37: 157–163.
- PRESCOTT C., TAYLOR B.R., PARSON W.F.J., DURALL D.M., PARKINSON D. 1993. Nutrient release from decomposing litter in Rocky Mountain coniferous forests: influence of nutrient availability. Canadian Journal of Forest Research, 23: 1576–1586.

- PRETZSCH H., RÖTZER T., MATYSSEK R., GRAMS T.E.E., HÄBERLE K.H., PRITSCH K., KERNER R., MUNCH J.C. 2014. Mixed Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst) and European beech (*Fagus sylvatica* [L.]) stands under drought: from reaction pattern to mechanism. *Trees*, 28: 1305–1321.
- PRETZSCH H., DEL RÍO M., AMMER CH., AVGADIČ A., BARBEITO I., BIELAK K., BRAZAITIS G., COLL L., DIRNBERGER G., DRÖSSLER L., FABRIKA M., FORRESTER D.I., GODVOD K., HEYM M., HURT V., KURYLYAK V., LÖF M., LOMBARDI F., MATOVIČ B., MOHREN F., MOTTA R., DEN OUDEN J., PACH M., PONETTE Q., SCHÜTZE G., SCHWEIG J., SKRZYSEWSKI J., ŠRÁMEK V., STERBA H., STOJANOVIĆ D., SVOBODA M., VANHELLEMONT M., VERHEYEN K., WELLHAUSEN K., ZLATANOV T., BRAVO-OVIEDO A. 2015. Growth and yield of mixed versus pure stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) analysed along a productivity gradient through Europe. *European Journal of Forest Research*, 134 (5): 927-947.
- REMEŠ J., NOVÁK J., ŠTEFANČÍK I., DUŠEK D., SLODIČÁK M., BÍLEK L., PULKRAB K. 2016a. Postupy výchovy k dosažení pěstebně-ekologického a ekonomického optima ve smrkových porostech na CHS 43 a 45. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce 14/2016.
- REMEŠ J., NOVÁK J., ŠTEFANČÍK I., DUŠEK D., SLODIČÁK M., BÍLEK L., PULKRAB K. 2016b. Postupy výchovy k dosažení pěstebně-ekologického a ekonomického optima v bukových porostech na CHS 43 a 45. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce 13/2016.
- RENNENBERG H., LORETO F., POLLE A., BRILLI F., FARES S., BENIWAL S., GESSLER A. 2006. Physiological responses of Forest Trees to Heat and Drought. *Plant Biology*, 2: 556-571.
- RUKH S., POSCHENRIEDER W., HEYM M., PRETZSCH H. 2020. Drought Resistance of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst) and European Beech (*Fagus sylvatica* [L.]) in Mixed vs. Monospecific Stands and on Dry vs. Wet Sites. From Evidence at the Tree Level to Relevance at the Stand Level. *Forests*, 11, 639: 1-25
- SEIDL R., THOM D., KAUTZ M., MARTIN-BENITO D., PELTONIEMI M., VACCHIANO G., WILD J., ASCOLI D., PETR M., HONKANIEMI J., LEXER M.J., TROTSIUK V., MAIROTA P., SVOBODA M., FABRIKA M., NAGEL T.A., REYER P.O. 2017. Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change*, 7: 395-402.
- SCHWARZ J.A., BAUHUS J. 2019. Benefits of Mixtures on Growth Performance of Silver Fir (*Abies alba*) and European Beech (*Fagus sylvatica*) Increase With Tree



Size Without Reducing Drought Tolerance. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2 (79): 1-18.

- SIMONIN K., KOLB T.E., MONTES-HELU M., KOCH G.W. 2007. The influence of thinning on components of stand water balance in a ponderosa pine forest stand during and after extreme drought. *Agricultural and Forest Meteorology*, 143: 266–276.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J., SKOVSGAARD J.P. 2005. Wood production, litter fall and humus accumulation in a Czech thinning experiment in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Forest Ecology and Management*, 209: 157-166.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J. 2007. Výchova lesních porostů hlavních hospodářských dřevin. Recenzovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. *Lesnický průvodce* 4/2007.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J., DUŠEK D. 2011. Canopy reduction as a possible measure for adaptation of young scots pine stand to insufficient precipitation in Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 262: 1913-1918.
- SLODIČÁK M., KACÁLEK D., NOVÁK J., DUŠEK D. 2013a. Pěstební postupy ve smrkových porostech na bývalých zemědělských půdách. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. *Lesnický průvodce* 11/2013.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J., DUŠEK D. 2013b. Výchova porostů borovice lesní. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. *Lesnický průvodce* 5/2013.
- SLODIČÁK M., KACÁLEK D., NOVÁK J., DUŠEK D. 2014. Výchova porostů s douglaskou. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. *Lesnický průvodce* 8/2014.
- SOHN J.A., KOHLER M., GESSLER A., BAUHUS J. 2012. Interactions of thinning and stem height on the drought response of radial stem growth and isotopic composition of Norway spruce (*Picea abies*). *Tree Physiology*, 32: 1199-1213.
- SOHN J.A., SAHA S., BAUHUS J. 2016a. Potential of forest thinning to mitigate drought stress: A meta-analysis. *Forest Ecology and Management*, 380: 261-273.
- SOHN J.A., HARTIG F., KOHLER M., HUSS J., BAUHUS J. 2016b. Heavy and frequent thinning promotes drought adaptation in *Pinus sylvestris* forests. *Ecological Applications*, 26 (7): 2190-2205.

- SPITTLEHOUSE D.L., STEWART R.B. 2003. Adaptation to climate change in forest management. *BC Journal of Ecosystems and Management*, 4 (1): 1-11.
- STECKEL M., DEL RÍO M., HEYM M., ALDEA J., BIELAK K., BRAZAITIS G., ČERNÝ J., COLL L., COLLET C., EHBRECHT M., JANSONS A., NOTHDURFT A., PACH M., PARDOS M., PONETTE Q., REVENTLOW D., SITKO R., SVOBODA M., VALLET P., WOLFF B., PRETZSCH H. 2020a. Species mixing reduces drought susceptibility of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) – site water supply and fertility modify the mixing effect. *Forest Ecology and Management*, 461: 117908.
- STECKEL M., DEL RÍO M., HEYM M., ALDEA J., BIELAK K., BRAZAITIS G., ČERNÝ J., COLL L., COLLET C., EHBRECHT M., JANSONS A., NOTHDURFT A., PACH M., PARDOS M., PONETTE Q., REVENTLOW D., SITKO R., SVOBODA M., VALLET P., WOLFF B., PRETZSCH H. 2020a. Species mixing reduces drought susceptibility of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) – site water supply and fertility modify the mixing effect. *Forest Ecology and Management*, 461: 117908.
- STECKEL M., MOSER K. W., DEL RIO M., PRETZSCH H. 2020b. Implications of Reduced Stand Density on Tree Growth and Drought Susceptibility: A Study of Three Species under Varying Climate. *Forests*, 11, 627: 1-26.
- ŠIŠÁK L., ŠACH F., ŠVIHLA V., PULKRAB K., ČERNOHOUS V., DUDÍK R. 2017. Metodika hodnocení společenské sociálně-ekonomické významnosti ekosystémových služeb lesa v České republice. Certifikovaná metodika. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- TATARINOV F.A., CIENCIALA E. 2009. Long-term simulation of the effect of climate changes on the growth of main Central-European forest species. *Ecological Modelling*, 220: 3081-3088.
- TOIGO M., VALLET P., TUILLERAS V., LEBOURGEOIS F., ROZENBERG P., PERRET S., COURBAUD B., PEROT T. 2015. Species mixture increases the effect of drought on tree ring density, but not on ring width, in *Quercus petraea* - *Pinus sylvestris* stands. *Forest Ecology and Management*, 345: 73-82.
- VITALI V., BÜNTGEN U., BAUHUS J. 2017. Silver fir and Douglas fir are more tolerant to extreme droughts than Norway spruce in south-western Germany. *Global Change Biology*: 1-12.
- VITALI V., FORRESTER D., BAUHUS J. 2018. Know Your Neighbours: Drought Response of Norway Spruce, Silver Fir and Douglas Fir in Mixed Forests Depends on Species Identity and Diversity of Tree Neighbourhood. *Ecosystems*, 21: 1215-1229.

- ZAHNER R., WHITMORE F.W. 1960. Early growth of radically thinned loblolly pine. *Journal of Forestry*, 58: 628–634.
- ZANG C., PRETZSCH H., ROTHE A. 2011. Side-dependent responses to summer drought in Scots pine, Norway spruce and common oak. *Trees*, 26: 557-569.
- ZHAO M., RUNNING S. 2010. Drought-induced reduction in global terrestrial net primary production from 2000 through 2009. *Science*, 329: 940-943.
- ZPRÁVA 2019. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2019. MZe ČR, Praha.

## 9.2 Seznam publikací, které předcházely metodice

- DUŠEK D., NOVÁK J., SLODIČÁK M. 2014. Reakce mladých smrkových porostů na výchovné zásahy v oblastech chronického chřadnutí smrku. *Zprávy lesnického výzkumu*, 59 (2): 104-108. (výzkumný záměr MZe ČR č. 0002070203)
- DUŠEK D., NOVÁK J., SLODIČÁK M., KACÁLEK D. 2017. Zdravotní stav smrkových mlazin v oblasti chřadnutí smrku po prvních výchovných zásazích. *Zprávy lesnického výzkumu*, 62 (1): 16-22. (NAZV KUS QJ1230330, institucionální podpora MZe ČR - Rozhodnutí č. RO0116)
- DUŠEK D., NOVÁK J., SLODIČÁK M., KACÁLEK D. 2017. Výchovné zásahy v chřadnoucích smrkových mlazinách. In: Saniga M. (eds.): *Proceedings of Central Europaeen Silviculture*, Technická univerzita ve Zvolenu, Zvolen: 31-38. (NAZV KUS QJ1620415, institucionální podpora MZe ČR - Rozhodnutí č. RO0117)
- DUŠEK D., NOVÁK J., SLODIČÁK M., KACÁLEK D. Vliv výchovných zásahů na vývoj mladých chřadnoucích smrkových porostů. *Zprávy lesnického výzkumu – v tisku*. (NAZV KUS QJ1620415, institucionální podpora MZe ČR - Rozhodnutí č. RO0118)
- DUŠEK D., ČERNÝ J., NOVÁK J., KACÁLEK D. 2021. Vliv výchovných zásahů v mlazinách na obsah vody ve svrchním půdním horizontu. *Zprávy lesnického výzkumu – v tisku*. (NAZV QK1820091, institucionální podpora MZe ČR - Rozhodnutí č. RO0118)
- LEUGNER J., MARTINCOVÁ J., ERBANOVA E. 2018. Vliv vodního stresu sadebního materiálu na ujmavost a následný růst po výsadbě. In: Zahradník P.: *Vliv sucha*

na současný stav lesních porostů – sborník příspěvků. Praha, Česká lesnická společnost: 33-34. (NAZV QK1820091)

MARTINCOVÁ J., LEUGNER J. 2020. Vyhodnocení odolnosti k vysychání u základních přípravných dřevin – břízy a osiky. Zprávy lesnického výzkumu, 3: 190-196. (NAZV QK1820091, institucionální podpora MZe ČR - Rozhodnutí č. RO0118)

STECKEL M., DEL RÍO M., HEYM M., ALDEA J., BIELAK K., BRAZAITIS G., ČERNÝ J., COLL L., COLLET C., EHBRECHT M., JANSONS A., NOTHDURFT A., PACH M., PARDOS M., PONETTE Q., REVENTLOW D., SITKO R., SVOBODA M., VALLET P., WOLFF B., PRETZSCH H. 2020. Species mixing reduces drought susceptibility of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) – site water supply and fertility modify the mixing effect. Forest Ecology and Management, 461: 117908.

# **SILVICULTURE MEASURES IN DROUGHT-ENDANGERED FOREST STANDS AT SITES DOMINATED BY NON-NATIVE SPRUCE**

## *Summary*

The area of forests exhibiting worse health and also decline has been growing recently in the Czech Republic. Management should be, therefore, based on an adaptive strategy that aims to change both tree species composition and stand structure. Such a measure is expected to help forest cope with future climate shift, including future uncertainties. The objective of this guide is to address (i) renewal and (ii) thinning procedures in forests that are threatened by drought and focus on artificial regeneration (including excessively large clear-cuts) and thinning of stands with spruce and pine whose dominant share poses a risk of negative effects of drought on forest sustainability.

(i) As for the forest renewal success, a planting stock quality is essential and on sites threatened by drought is even more critical. Plants should have an appropriate below- / above-ground parts ratio, which is a result of well-developed fine (diameter < 1 mm) roots, shorter stem and thicker root collar.

Mixed plantations of spruce, beech and fir cope with drought as they are capable of using water from different soil depths. The establishment of such a mixture can be done step by step. First, nurse spruce strips and/or lines are planted. This measure helps reduce air circulations rates, thus reducing also evaporation from the site, which would be beneficial to later-planted beech and fir. It should be anticipated that an application of the idea of structured or even multi-storey forests establishment and maintenance is likely to fail under dry conditions as there is not enough water for understory survival on such sites.

Planting pioneer species can be also beneficial to later-planted ones. These nurse crops should also have different root architecture so as not to compete with accompanied species for water and nutrients. From this point of view, species such as birch and spruce can be this-way competitors. Birch also seems to be more vulnerable to drought compared to, for instance, aspen, which is, therefore, expected to accompany spruce more successfully.

(ii) Thinning of forest stand should be conducted as early as possible, i.e. at the stage of the thicket in artificially renewed and/or advance regeneration within naturally renewed young trees. If dominant trees height exceeds 10 m when first thinned, such

stand becomes less stable due to increasing h/d ratio of the stem, reduction of crown length (spruce, Douglas-fir, larch and birch) and emergence of stand gaps as large wolf trees (pine, broadleaves) are removed. Delayed thinning also complicates the maintenance of the desired share of accompanied tree species. If mixed intimately, the thinning operation is more demanding and the response of stands to thinning is uncertain due to different needs and capabilities of tree species. Therefore, mixtures can be efficiently managed if stands consist of monospecific groups ranging 0.05–0.20 ha in size. Thinning regimes then depend on the species present; see published thinning guides SLODIČÁK, NOVÁK (2007), SLODIČÁK et al. (2013a), SLODIČÁK et al. (2013b), SLODIČÁK et al. (2014), REMEŠ et al. (2016a), REMEŠ et al. (2016b), NOVÁK et al. (2017a), NOVÁK et al. (2017b), DUŠEK et al. (2018).

The drought-endangered stands should be thinned in the dormant season, particularly between October and December. This approach improves water supply at a site. If thinned in the growing season, trees left on the site after thinning can increase their transpiration rate, which along with water shortage can aggravate the growing conditions. Besides that, winter thinning also minimizes the risk of some bark-beetle species outbreaks due to slash left on site. On nutrient-rich sites, thinning must not break a canopy over a long-term period to gaps allow increased ground-vegetation transpiration that can further worsen water supply for trees. There is, however, always need for thinning of the drought-endangered stands since closed canopies of evergreen conifers reduce throughfall amounts and increase interception. All tree species present on site that have any desired value for the function of forest are necessary to be maintained in mixtures; this is accomplished by their releasing, which prevents the competition. Some broadleaves can also provide ungulates with fodder, which can protect crop species from browsing. If an understory is present on site endangered by drought, its performance and provided functions decline. For example, on natural pine sites, such spruce understory should be removed from the stand to improve water supply as mentioned earlier.

***Poznámky:***









Výzkumný ústav  
lesního hospodářství  
a myslivosti, v. v. i.

[www.vulhm.cz](http://www.vulhm.cz)

LESNICKÝ PRŮVODCE 5/2020