



LESNÍCKA FAKULTA

Správy z výskumu Lesníckej fakulty pre prax

September 2017



TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

Vážené kolegyně a kolegovia,



Lesnícka fakulta TU vo Zvolene si v tomto roku pripomína 65 rokov svojej existencie. Za celú túto dobu LF spolupracovala s lesníckou praxou pri riešení aktuálnych výziev. Snažíme sa, aby sme mali čo najúplnejšie informácie o súčasných problémoch lesníckeho sektora a mohli tak ešte efektívnejšie spolupracovať s lesníckymi subjektami pri ich riešení.

Z uvedených dôvodov sme v roku 2013 vstúpili ako fakulta do Slovenskej lesníckej komory. Ďalším našim krokom týmto smerom je aj rozhodnutie začať vydávať buletín „Správy z výskumu Lesníckej fakulty pre prax“, ktorého prvé číslo držíte v rukách. Našou ambíciou je, aby ste v ňom nachádzali užitočné poznatky z fakultného výskumu, prezentované s dôrazom na ich využiteľnosť v praxi, ako aj v praktickom formáte. Veríme, že doslova aj obrazne zapasuje do ruky či do vrecka a bude sa úspešne uchádzať o Vašu pozornosť.

Budeme vďační, ak od Vás z času na čas získame odozvu, či Vás niektoré z tém oslovili. Radi by sme ďalšie čísla nášho bulletinu vylepšovali práve na základe Vašich reakcií. Snáď ho tak časom začnete považovať za svoj.

Prajem Vám, vážené kolegyně a kolegovia, príjemné leto, nášmu a Vášmu bulletinu veľa čitateľov a ostávam s pozdravom Lesu zdar!

prof. Dr. Ing. Viliam Pichler

dekan Lesníckej fakulty
TU vo Zvolene

Obsah

Jedľa biela: perspektívna drevina v čase meniacej sa klímy? Ing. Michal Bošeľa, PhD.	4
Umelá obnova lesa vo svetle klimatickej zmeny prof. Ing. Dušan Gömöry, DrSc.	9
Zachovanie druhovej rozmanitosti lesov Slovenska v čase globálnych environmentálnych zmien. Ing. František Máliš, PhD.	14
Vetrové kalamity a klimatická zmena zvyšujú počet generácií lykožrúta smrekového v horských lesoch doc. Ing. Peter Fleischer, PhD.	21
Pokalamitný manažment horských smrekových lesov ako nástroj mitigácie klimatickej zmeny doc. Ing. Peter Fleischer st., PhD., Ing. Peter Fleischer ml., PhD.	27
Lesné požiare Ing. Pavol Hlaváč, PhD., Ing. Mgr. Ivan Chromek, PhD., prof. Ing. Jaroslav Kmeť, PhD.	32
Sledovanie fyziologických procesov drevín – kľúč k porozumeniu mechanizmov odozvy na stres prof. Ing. Jaroslav Kmeť, PhD., Ing. Daniel Kurjak, PhD.	39
Index listovej plochy a produkcia biomasy v bučinách po redukcii počtu úrovňových stromov neklesá prof. Dr. Ing. Viliam Pichler	44
Rekonštrukcie smrekových porastov (<i>Poznatky a praktické skúsenosti</i>) prof. Ing. Milan Saniga, DrSc., Ing. Pavol Dendys	45
Pestovanie dubových porastov (<i>Poznatky versus praktické skúsenosti</i>) Ing. Ján Farkaš, prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.	46

Jedľa biela: perspektívna drevina v čase meniacej sa klímy?

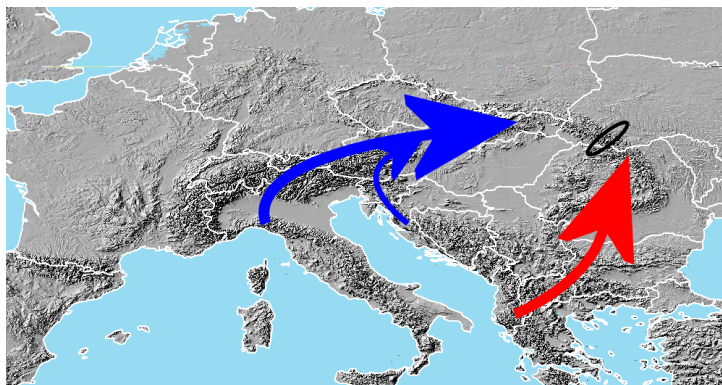
Ing. Michal Bošela, PhD.

Súhrn

Prebiehajúca klimatická zmena a očakávané zmeny klímy do roku 2100 vyvolajú u niektorých drevín ba dokonca lesných ekosystémov ako produkčné, tak aj existenčné zmeny. Na tieto možné dopady je preto potrebné sa vopred pripraviť voľbou takých stanovištne vhodných drevín, ktoré sú menej citlivé na otepľovanie, zvýšený výskyt periód sucha a na ďalšie extrémne počasia. Najnovšie štúdie naznačujú, že smrek, ako naša ekonomicky dôležitá drevina, je veľmi citlivý na sucha. Táto citlivosť ju následne robí menej odolnou voči pôsobeniu ďalších faktorov ako je napríklad podkôrný hmyz, ktorého reprodukcia a šírenie sú navyše stimulované samotným otepľovaním. Riešením tejto situácie sú úprava rubných dôb smrekových porastov, podpora odolnejších drevín ako je napr. jedľa a buk, využívanie prírode blízkych pestovných postupov, prípadne využívanie niektorých vhodných introdukovaných drevín ako je duglaska tisolistá. K riešeniu problému môže prispieť aj úprava legislatívnych rámcov pre prenos reprodukčného materiálu (zákon 138/2010 Z.z., vyhláška 501/2010 Z.z.). V nasledujúcom texte sa pozornosť veduje produkčnej ekológii jedle ako pravdepodobne perspektívnej dreviny v čase meniacej sa klímy na Slovensku, najmä v 4.–6. vegetačnom stupni.

História jedle bielej v Európe

V postglaciálnom období sa jedľa objavovala ako jedna z posledných drevín koncom antika (asi 2500 rokov pred n.l.). Jedľa sa šírila najmä z dvoch hlavných refúgií a to z Balkánu a Apeninského polostrova (Liepelt *et al.*, 2009). Počas postglaciálnej rekolonizácie sa populácie expandujúce z rozdielnych refúgií stretli vo východnej a západnej časti Panónskej panvy (Obr. 1, Gömöry *et al.* 2004). Stret oboch populácií v severnej časti Karpát je považovaný za posledný sekundárny kontakt refugiálnych migračných ciest.



Obr. 1 Šírenie jedle v postglaciálnom období z troch hlavných glaciálnych refúgií (Bošela *et al.*, 2016)

Šírenie jedle v postglaciáli z rôznych refúgií a odlišnou cestou (z hľadiska orografie a tiež dĺžky a rýchlosti migrácie) spôsobilo, že západné (z Apeninského refúgia) populácie majú významne nižšiu genetickú diverzitu ako východné (z Balkánu) (Bosela *et al.*, 2016).

Donedávna sa jedľa považovala za drevinu, ktorá preferuje chladnú a vlhkú klímu (Ellenberg 2009), avšak posledné paleontologické štúdie ukázali, že pred intenzívnym využívaním pôdy a antropogénnymi požiarimi (pred ~5000 rokmi) jedľa tvorila lesy aj v teplých a subtropických podmienkach v južnej Európe, kde priemerné júlové teploty boli v rozsahu 21 až 25°C a kde v súčasnosti jedľa takmer úplne absentuje (Tinner *et al.*, 2013). V minulosti preto jedľa dosahovala omnoho vyššie zastúpenie so širším distribučným areálom v Európe.

Ekologické vlastnosti jedle a zmeny prostredia

Jedľa je jednou z najproduktívnejších drevín v Európe. Napriek vysokej potenciálnej produkcii je jedľa veľmi citlivá na znečistenie prostredia a preto v minulosti opakovane zaznamenávala zhoršenie zdravotného stavu a následné odumieranie. Výrazné zhoršenie zdravotného stavu jedle sa zaznamenalo nie len na Slovensku, ale aj v celej Európe a za hlavnú príčinu sa považovali vysoké úrovne emisií (najmä však síry) ako výsledok extrémneho nárastu spaľovania fosílnych palív. Avšak, úrovne emisií výrazne klesali od 80-tych rokov 20. storočia. Následne niekoľko štúdií poukázalo na zvýšenie prírastkov najmä u smreka (Hauck *et al.*, 2012) a jedli (Büntgen *et al.*, 2014).

Ubúdanie jedle v minulosti bolo taktiež spôsobované pre jedľu nie veľmi vhodnými holorubnými hospodárskymi postupmi (Bezačinský 1960, Korpeľ a Vinš 1965). V súčasnosti sa však holorubný spôsob v týchto lesoch nepoužíva a prikláňa sa viac k prírode blízky variantom hospodárenia. Jedľa má tak v súčasnej dobe veľký produkčný a najmä ekologický potenciál a môže mať obrovský potenciál pre zachovanie vysokej produkcie a pre udržanie zásob uhlíka v Európskych lesoch v najbližších storočiach (Tinner *et al.* 2013). Veľmi významná je jej zatiaľ pozitívna reakcia na mierne zvýšenie teplôt v neskorých zimných mesiacoch ale aj v mesiaci júl, čo naznačuje určitý potenciál do budúcnosti. Toto môže byť v čase globálneho otepľovania ako výhoda oproti smreku, ktorý je veľmi citlivý na extrémny počasie a najmä na suchu. Najnovšie štúdie preukázali, že jedľa má veľký prírastkový potenciál aj vo vyššom veku (nad 150 rokov) čo umožňuje uplatňovanie rôznych prírode blízky metód pestovania lesov. V našom nedávnom medzinárodnom výskume (Bosela *et al.* 2016) sme však zistili, že negatívne reakcie na emisie a následné bezprecedentné zvýšenie prírastkov (regenerácia jedle) úzko súvisí aj s fylogenetickým pôvodom a genetickou variabilitou jedle. Jedľa, ktorá pochádza z Balkánskeho refúgia má vyššiu genetickú diverzitu, čo pravdepodobne pomohlo stromom zmierniť pôsobenie ako emisií tak aj klimatickej zmeny.

Viacere štúdie naznačujú, že vyššia druhová diverzita pomáha drevinám lepšie znášať výkyvy počasia a výskyt

extrémov. Navyše, dreviny rastúce v zmiešaní môžu vyprodukovať väčšie zásoby porastov ako tie isté dreviny v rovnorodých porastoch (Todgo *et al.*, 2015). Avšak, kvalita kmeňov bude pravdepodobne nižšia ako v rovnorodých porastoch (Petráš *et al.*, 2016), čo ovplyvní výnosy z dreva v prípade dopytu po cennejších sortimentoch.

Aké sú možné východiská?

Ako výsledok šírenia sa „smrekomanie“ z Nemecka sa v minulosti vo viacerých regiónoch na Slovensku (najmä však v oblasti Kysúc a Oravy) upravilo drevinové zloženie pôvodných jedľovo-bukových lesov v prospech smreka. Vplyvom meniacich sa klimatických podmienok (zvyšovanie teplôt, častejší výskyt periód sucha a pod.) sa menia aj podmienky pre rast a prežívanie drevín a taktiež sa menia a posúvajú produkčné a ekologické optimá niektorých drevín do vyšších polôh (Hlásny *et al.*, 2011). Smrek je pritom drevina veľmi citlivá na suchu, čo v čase zvyšovania frekvencie periód sucha v letných mesiacoch môže mať existenčné následky pre túto drevinu. Navyše, meniace sa klimatické podmienky ovplyvňujú výskyt vetrových kalamít a tiež vytvárajú veľmi vhodné podmienky pre reprodukciu a šírenie podkôrneho hmyzu (Hlásny & Turčáni, 2013), čo ešte znásobí negatívne dopady. Uvedené problémy ako aj možné riešenia sú veľmi dobre zhrnuté (na príklade lesov v Beskydách) v publikácii Hlásny & Sitková (2010). Možné opatrenia pre adaptovanie sa na meniace sa podmienky možno stručne zhrnúť nasledovne:

- Postupne prevádzať smrekové monokultúry na zmiešané porasty tvorené najmä bukom a jedľou s prímiesou smreka ako ekonomicky stále dôležitéj dreviny. V takomto zmiešaní bude smrek odolnejší pred pôsobením negatívnych vplyvov extrémov počasia. V súčasnosti používané rubné doby smreka sú veľmi málo diferencované a nedostatočne zohľadňujú produkčné schopnosti a rôznu úroveň rizika. Vzhľadom k pomerne veľkému rozpätiu produkčného potenciálu (bonity od 12 do 40 a v niektorých lokalitách aj viac) a tiež k rozdielnemu riziku vetrových kalamít a následného potenciálneho ataku podkôrnym hmyzom je súčasne používané rozpätie rubných dôb nedostatočné. Keďže je to pomerne náročné a zložité rozhodovanie, natíska sa potreba využiť systémy na podporu rozhodovania a metódy optimalizácie. Keďže rapídne zníženie rubných dôb by znamenalo náhle zvýšenie ťažieb a silný zásah do porastov, lepšou stratégiou sa javí byť postupná (ale systematická) diferenciacia rubných dôb.
- Rámcové plánovanie a modely hospodárenia prispôbiť meniacim sa podmienkam (súčasne používané modely hospodárenia sú príliš statické a málo zohľadňujú meniace sa podmienky prostredia ako aj zmeny vo vlastníckych pomeroch na Slovensku).
- Udržať trend vo zvyšovaní podielu prírode blízkych foriem hospodárenia v lesoch (za takéto považujem aj podrastový hospodársky spôsob, ktorý plne využíva reprodukčné schopnosti porastu a danosti stanovišťa a zároveň je jednoduchší pre manažovanie). Jemnejšie formy hospodárenia sú však najmä dôležité pre jedľu a udržanie

jej v súčasnosti veľkého regeneračného a produkčného potenciálu.

- Jedľa dosahuje v súčasnosti veľmi dobrú prirodzenú obnovu. Avšak problémy s následným zabezpečením jedľových nárastov spôsobujú vysoké stavy jelenej a srnčej zveri. Preto bude potrebné zabezpečiť úpravu manažmentu zveri.

Podakovanie

Táto práca vznikla aj vďaka finančnej podpore Agentúry na podporu výskumu a vývoja v rámci projektu APVV-15-0265.

Citované práce

- BEZAČINSKÝ L (1960) Problém odumierania jedle na Slovensku z pestovateľského hľadiska. Zborník „Jedľa na Slovensku“, Bratislava.
- BOŠEL'A M, PETRÁŠ R, SITKOVÁ Z et al. (2014) Possible causes of the recent rapid increase in the radial increment of silver fir in the Western Carpathians. *Environmental Pollution*, **184**, 211–221.
- BOSELA M, POPA I, GÖMÖRY D et al. (2016) Effects of post-glacial phylogeny and genetic diversity on the growth variability and climate sensitivity of European silver fir. *Journal of Ecology*, **104**.
- BÜNTGEN U, TEGEL W, KAPLAN JO et al. (2014) Placing unprecedented recent fir growth in a European-wide and Holocene-long context. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **12**, 100–106.
- ELLENBERG H (2009) Vegetation ecology of Central Europe. Fourth edition. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- GÖMÖRY, D., LONGAUER, R., LIEPELT, S., BALLIAN, D., BRUS, R., KRAIGHER, H., PARPAN, V.I., PARPAN, T. V., PAULE, L., STUPAR, V.I. & ZIEGENHAGEN, B. (2004) Variation patterns of mitochondrial DNA of *Abies alba* mill. in suture zones of postglacial migration in Europe. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, **73**, 203–206.
- HAUCK M, ZIMMERMANN J, JACOB M, DULAMSUREN C, BADE C, AHREND S B, LEUSCHNER C (2012) Rapid recovery of stem increment in Norway spruce at reduced SO₂ levels in the Harz Mountains, Germany. *Environmental Pollution*, **164**, 132–141.
- HLÁSNY T, TURČÁNI M (2013) Persisting bark beetle outbreak indicates the unsustainability of secondary Norway spruce forests: Case study from Central Europe. *Annals of Forest Science*, **70**, 481–491.
- HLÁSNY T, BARCZA Z, FABRIKA M et al. (2011) Climate change impacts on growth and carbon balance of forests in Central Europe. *Climate Research*, **47**, 219–236.
- KORPEL Š, VINŠ B (1965) Pestovanie jedle. Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, Bratislava.
- LIEPELT S, CHEDDADI R, DE BEAULIEU JL et al. (2009) Postglacial range expansion and its genetic imprints in *Abies alba* (Mill.) - A synthesis from palaeobotanic and genetic data. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **153**, 139–149.
- PETRÁŠ R, MECKO J, BOŠEL'A M, ŠEBEŇ V (2016) Wood quality and value production in mixed fir-spruce-beech stands: Long-term research in the Western Carpathians. *Forestry Journal*, **62**, 98–104.
- TINNER W, COLOMBAROLI D, HEIRI O et al. (2013) The past ecology of *Abies alba* provides new perspectives on future responses of silver fir forests to global warming. *Ecological Monographs*, **83**, 419–439.

TOÛGO M, VALLET P, PEROT T, BONTEMPS J-D, PIEDALLU C, COURBAUD B (2015) Overyielding in mixed forests decreases with site productivity. *Journal of Ecology*, **103**, 502–512.

Ing. Michal Bošela, PhD.

Autor príspevku je absolventom Lesníckej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene. Pracoval ako výskumný pracovník v Národnom lesníckom centre – Lesníckom výskumnom ústave vo Zvolene a v súčasnosti pôsobí ako odborný asistent pre Hospodársku úpravu lesov na LF TU Zvolen. Jeho vedecká činnosť je zameraná štúdiom vplyvu globálnych klimatických zmien na rast a produkciu lesov na Slovensku a v Európe.



Umelá obnova lesa vo svetle klimatickej zmeny

prof. Ing. Dušan Gömöry, DrSc.

Súhrn

Klimatická zmena vyvoláva tlak, ktorému sa lesné ekosystémy a lesy ako objekt obhospodarovania nedokážu vždy prispôbiť inak, ako za cenu rozsiahlych strát. Jednou z ciest adaptácie je asistovaná migrácia, teda riadený prenos lesného reprodukčného materiálu. Medzinárodná legislatíva, a najmä slovenské právne predpisy v súčasnosti preferujú používanie lokálneho materiálu pe umelú obnovu, čo sa do budúcnosti môže ukázať ako neudržateľná stratégia. Zdrojom informácií pre riadený prenos reprodukčného materiálu môže byť predovšetkým provenienčný výskum, sledujúci nielen rastové znaky a prežívanie, ale aj fyziologické a štrukturálne znaky, a funkčná genomika.

Klimatická zmena a lesy

V kontexte globálnych zmien klímy nadobudla otázka prežitia lesných drevín ako edifikátorov lesných ekosystémov aktuálnosť, ktorú ešte pred 50 rokmi nikto nepredpokladal. Aj menej radikálne scenáre budúceho vývoja klímy predpovedajú síce geograficky nerovnomerný, ale celoplošný globálny nárast teplôt o 2–4 °C v priebehu najbližších 50 rokov. Biologické systémy sú pri zmenách v takomto rozsahu a s takouto rýchlosťou vystavené voľbe medzi dvomi možnosťami: adaptáciou v mieste pôvodného výskytu a migráciou na nové stanovištia. Tretou možnosťou je zánik lokálnej populácie alebo globálne vyhynutie.

V strednej Európe môže klimatická zmena vyvolať posun izotermy až 3–5 km/rok (Mátyás 2007), čo je hodnota, výrazne prevyšujúca prirodzenú migračnú schopnosť väčšiny drevín. Ako riešenie sa núka široká paleta spôsobov asistovanej migrácie resp. asistovaného toku génov. Tento termín vyjadruje okrem iného aj postupy, ktoré bežnou súčasťou praxe lesného hospodárstva, teda presuny lesného reprodukčného materiálu (LRM) medzi miestom zberu a miestom použitia (Tulstrup 1959). Odkiaľ a kam je možné LRM presúvať bez negatívneho dopadu na produkciu a plnenie funkcií lesa je otázka, ktorej naliehavosť vyvolali niekedy až katastrofálne výsledky zberu z nekvalitných zdrojov či výsadby na nevhodných stanovištiach. V kontexte klimatickej zmeny sa pridáva otázka, nakoľko sú v tejto situácii použiteľné naše doterajšie skúsenosti.

Prežitie resp. produktivita lokálnych populácií nemusia byť ohrozené len posunom klimatických podmienok za fyziologicky tolerované hranice. Posun priebehu počasia počas roka či jeho extrémne prejavy (dlhotrvajúce nadnormálne teploty či suchá) môžu narušiť klimatické signály, ktorými sa dreviny riadia pri iniciácii životných procesov a zmeniť načasovanie začiatku a ukončenia rastu, nástupu a priebehu zimnej dormancie, kvitnutia a pod. a viesť k poškodeniu skorými a neskorými mrazmi, zásahu

do procesov utváranie mrazuvzdornosti s následným poškodením nízkymi teplotami v zime, poškodeniu reprodukčných orgánov a pod. Výškový posun výskytu ťažkého snehu do vegetačných stupňov, v ktorých architektúra korún a kmeňov na ne nie je adaptovaná, môže viesť k zimným polomom. Zvýšené zimné teploty môžu u ihličnatých drevín iniciovať transpiráciu a viesť k zimnému vysychaniu.

Legislatívne normy

Ako na tieto problémy reaguje právne prostredie? Právny rámec pre získavanie a prenos LRM predstavujú medzinárodné predpisy a domáca legislatíva. Základný rámec predstavujú Schéma OECD pre certifikáciu lesného reprodukčného materiálu pohybujúceho sa v medzinárodnom obchode a Smernica Európskej rady 1999/105/EC o obchode s lesným reprodukčným materiálom. Zmyslom Smernice je zaistenie voľného pohybu LRM v rámci EU, zabezpečenie kvalitného a geneticky vhodného materiálu pre zalesňovanie či umelú obnovu v rôznych ekologických podmienkach, zachovanie biologickej diverzity a vymedzenie priestorového rámca pre získavanie a prenos LRM. Smernica nestanovuje žiadne špecifické požiadavky ohľadom koncového použitia LRM, ale dáva možnosť štátom stanoviť ich národnou legislatívou.

Z hľadiska domácej legislatívy je relevantným predpisom zákon o lesnom reprodukčnom materiáli (zákon NR SR č. 217/2004 Z. z.) a jeho vykonávacia vyhláška MPSR č. 571/2004 Z. z. o zdrojoch reprodukčného materiálu lesných drevín, jeho získavaní, produkcii a používaní, novelizované zákonmi 138/2010 Z. z. a 49/2011 Z.z. a vyhláškou 501/2010 Z.z. Napriek tomu, že zákon o LRM je prezentovaný ako transpozícia Smernice 1999/105/EC do národnej legislatívy, jeho právne riešenia sú odlišné od medzinárodných noriem. Filozofiou slovenskej legislatívy je ochrana genofondu a hospodárskej hodnoty porastov domácich drevín, a lesnému hospodárovi ukladá obmedzenia ďaleko nad rámec Smernice. Ekvivalentom provenienčných oblastí v slovenskej legislatíve sú semenárske oblasti. Zmyslom provenienčných oblastí, ktoré sú definované ako oblasti s uniformnými ekologickými podmienkami, v ktorých porasty a iné zdroje LRM vykazujú podobné fenotypové a genetické znaky, je poskytnúť lesnému hospodárovi vodítko pre výber materiálu, ktorý sa mu osvedčil v minulosti. Semenárske oblasti však slúžia ako priestorový rámec pre obmedzenie prenosu: v rámci prirodzeného areálu dreviny je možné prenášať materiál iba vnútri hraníc semenárskej oblasti, a to v rámci rovnakého lesného vegetačného stupňa (lvs) alebo o jeden lvs nahor.

Európske aj slovenské legislatívne normy preferujú použitie lokálneho LRM pre umelú obnovu lesa vychádzajúc z predpokladu, že genofond autochtónnej populácie je optimálne adaptovaný na lokálne ekologické podmienky prostredníctvom prírodného výberu. Táto predstava neberie do úvahy viaceré populačné procesy (tok génov, kolonizácia areálu, kolísanie populačnej veľkosti). Genotypy dospelých jedincov sú optimálnym výberom len z tých genotypových kombinácií, ktoré sa na danej lokalite vyskytovali v štádiu

semenáčikov, ale nepredstavujú najlepšiu možnú zostavu genotypov, ktorú potenciálne poskytuje genofond druhu ako celku. Lokálny genofond optimálny pre súčasné podmienky môže byť suboptimálny či dokonca úplne nevhodný pre budúcu klímu. Slovenská legislatíva, ktorá v realite neumožňuje dovoz LRM z inej krajiny ani významnejší vertikálny presun LRM, je v tomto smere obzvlášť reštriktívna.

Možnosti asistovanej migrácie

Legislatívne prostredie hrozbu klimatickej zmeny reflektuje síce pomaly, ale reaguje. Európska komisia pripravuje zmenu Smernice, ktorá by mala členským štátom rozšíriť výber vhodného LRM. Medzinárodný program pre zachovanie genetických zdrojov lesných drevín Euforgen zriadil pracovnú skupinu pre otázku použitia a prenosu LRM v kontexte klimatickej zmeny, a následne pracovnú skupinu pre podporné nástroje rozhodovania v tejto oblasti. Ich odporúčaním je opustiť paradigmu, podľa ktorej lokálny materiál je zároveň optimálnou voľbou pre každé stanovište, využiť možnosť riadeného prenosu LRM ako reakcie na klimatickú zmenu, a uprednostňovať výber vhodných proveniencií pred zmenou drevinového zloženia. Zároveň upozorňuje na dôležitosť možnosti identifikácie reprodukčného materiálu, aby bolo možné informácie o prežívaní a prosperite novozaložených porastov a praktické skúsenosti využiť pri budúcom spresňovaní legislatívnych, finančných a iných nástrojov pre reguláciu prenosu LRM.

Správa pracovnej skupiny Euforgenu pre LRM (Konnert et al. 2015) zároveň zdôrazňuje význam provenienčných pokusov ako najspoľahlivejších informačných podkladov pre riadenie asistovanej migrácie. Súčasný (najmä medzinárodný) pokusy testujú spravidla veľké počty populácií rovnomerne zastupujúcich celý areál dreveniny na sériách plôch reprezentujúcich širokú škálu pôdnych a klimatických podmienok, čo umožňuje hodnotiť reakcie proveniencií na prenos z hľadiska rastu a prežívania. Možno ich teda použiť ako základ pre výber vhodných zdrojov LRM a pre definíciu provenienčných alebo semenárskych oblastí. Rýchly rozvoj ekofyziologických a mikroskopických techník v posledných dvoch desaťročiach rozšíril spektrum sledovaných znakov, a postupne sa objavujú aj hodnotenia trendov fyziologickej a štruktúrálnej variability.

Ďalším využiteľným nástrojom je funkčná genomika, ktorá zažíva za posledné desaťročie búrlivý rozvoj. Najmä nové metódy sekvenovania (*next-generation sequencing*) v posledných rokoch značne rozšírili možnosti identifikácie adaptívne významnej variability. Identifikácia geografických trendov či aspoň rozdielov medzi klimaticky či inak kontrastnými populáciami je však len na začiatku.

V poznaní adaptívnej variability lesných drevín teda zostáva množstvo otvorených otázok: aký je dedičný základ pozorovaných medzipopulačných rozdielov a geografických trendov rastových, adaptívnych, fyziologických a štruktúrálnych znakov a nakoľko sú podmienené geneticky či epigeneticky, je pre adaptáciu významnejšia alelická variabilita štruktúrálnych génov alebo variabilita ich expresie, ktoré polymorfizmy v štruktúrálnych génoch či

mimo nich sú adaptívne významné, vo vzťahu ku ktorým stresovým faktorom sú významné, aký je vzťah týchto polymorfizmov a s nimi asociovaných znakov ku klimatickým charakteristikám miesta pôvodu a miesta výsadby, aké je ich geografické rozdelenie? Na to, aby sme sa vedeli vysporiadať s klimatickou zmenou, musíme nielen vedieť, ako jednotlivé populácie reagujú na zmenu teplotného a zrážkového režimu spojenú s prenosom, ale vedieť aj prečo takto reagujú. Odpovede na tieto otázky majú bezprostrednú praktickú relevanciu pre lesné hospodárstvo v národnom aj medzinárodnom meradle. Vymedzenie provenienčných oblastí vychádza spravidla skôr z hraníc klimaticky a geologicky homogénnych území a administratívnych celkov než zo znalosti reakcií lokálnych populácií na prenos a genetickej podmienenosti týchto reakcií. Výsledkom sú nesúrodé a navzájom nekompatibilné národné predpisy o LRM. Zo strany Európskej komisie sa dá očakávať snaha o ich harmonizáciu s cieľom vytvorenia zmysluplných pravidiel a odporúčaní pre prenos LRM, ktoré nebudú vytvárať nadbytočné administratívne prekážky nadmerne zťažujúce vlastníkov a užívateľov lesov a na druhej strane nebudú vytvárať riziko hospodárskych strát.

Z otázkou uvedených vyššie vyplývajú úlohy predovšetkým pre lesnícky výskum. Na druhej strane, poučenie z dostupných informácií o biologickej variabilite drevín a scenároch budúceho vývoja klímy si musia zobrať aj tvorcovia slovenskej legislatívy a prax lesného hospodárstva:

- Aj keď aktuálne semenárske oblasti predstavujú osvedčený rámec pre prenos LRM, musí decízna sféra zväžiť aj prípadné uvoľnenie pravidiel prenosu, ktoré umožní import materiálu zo zahraničia najmä pre oblasti, kde sa očakáva najvyššia miera stresu zo sucha a vysokých teplôt.
- Prevádzka lesného hospodárstva by mala vo väčšej miere využívať už súčasnú možnosť prenosu LRM do vyšších vegetačných stupňov.
- Populácie lesných drevín majú vďaka rozsiahlej genetickej variabilite a fenotypovej plasticite vysokú schopnosť prispôbovať sa zmenám; prevádzka by sa mala snažiť o zachovanie tejto schopnosti, k čomu prispieva využívanie postupov prírode blízkeho lesného hospodárstva.
- Vzhľadom na veľkú mieru neistoty, spojenú s asistovanou migráciou, je nutné zachovať v čo najväčšej miere možnosť návratu k pôvodnému stavu, ktorú poskytuje čo najširšia sieť génových základní a bezzásahových rezervácií.

Citované práce

- KONNERT M, FADY B, GÖMÖRY D, A'HARA S, WOLTER F, DUCCI F, KOSKELA J, BOZZANO M, MAATEN T, KOWALCZYK J, 2015: Use and transfer of forest reproductive material in Europe in the context of climate change. European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN), Bioversity International, Rome, Italy. xvi + 75 p.
- MÁTYÁS C, 2007: What do field trials tell about the future use of forest reproductive material? In: Koskela J, Buck A, Teissier du Cros E, editors. Climate change and forest genetic diversity: Implications for sustainable forest management in Europe. Bioversity International, Rome, Italy. pp. 53-69.

Podakovanie

Príspevok vznikol vďaka podpore projektu APVV-0135-12.



Prof. Ing. Dušan Gömöry, DrSc.

Prof. Gömöry je gestorom predmetu Genetika a šľachtenie lesných drevín. Vo výskumnej oblasti sa zaoberá otázkami adaptívnej variability drevín, procesmi ovplyvňujúcimi zloženie genofondu a praktickou aplikáciou genetiky v oblasti získavania a používania lesného reprodukčného materiálu.

Zachovanie druhovej rozmanitosti lesov Slovenska v čase globálnych environmentálnych zmien.

Ing. František Máliš, PhD.

Súhrn

Ľudstvo svojím intenzívnym a nešetrným využívaním prírodných zdrojov zásadným spôsobom mení životné prostredie organizmov, ale aj človeka. V dôsledku ľudskej činnosti dnes čelí planéta Zem masívnemu vymieraniu druhov, ktoré môže mať silne negatívne dopady na život ľudskej spoločnosti. Strata druhovej rozmanitosti sa stupňuje v dôsledku globálnych environmentálnych zmien. Týka sa tento problém aj lesov Slovenska? Zdanlivo nie. Aktuálne poznatky však svedčia o jasnom opaku, pričom každý užívateľ lesa môže urobiť niečo preto, aby zmiernil tieto negatívne javy. Kým v prípade horských lesov je potrebné uplatňovať prírode bližšie princípy hospodárenia, obnova diverzity dubových lesov si naopak vyžaduje intenzívnejšie formy manažmentu.

Biodiverzita a jej celosvetový pokles

Biodiverzita je široký a komplexný pojem, ktorý reprezentuje rozmanitosť života na našej planéte. Má niekoľko úrovní. Vnútrodruhová, teda rozmanitosť v rámci jedného druhu, ktorá je podmienená geneticky. Ďalej je to diverzita druhová, teda rôznorodosť na úrovni druhov a diverzita spoločenských rôznych organizmov, resp. ekosystémov. Veľmi významný pri hodnotení biodiverzity je priestorový aspekt, teda rozmanitosť vzťahnutá na konkrétne územie, ako napríklad počet druhov vtákov žijúcich v Európe (druhová diverzita), genetická rozmanitosť jedle bielej v Karpatoch (vnútrodruhová diverzita, ktorej praktickému upotrebeniu v lesníctve sa venuje príspevok M. Bošelu), alebo otázka, ktoré typy vegetácie na Slovensku sú druhovo najrozmanitejšie (diverzita spoločenských).

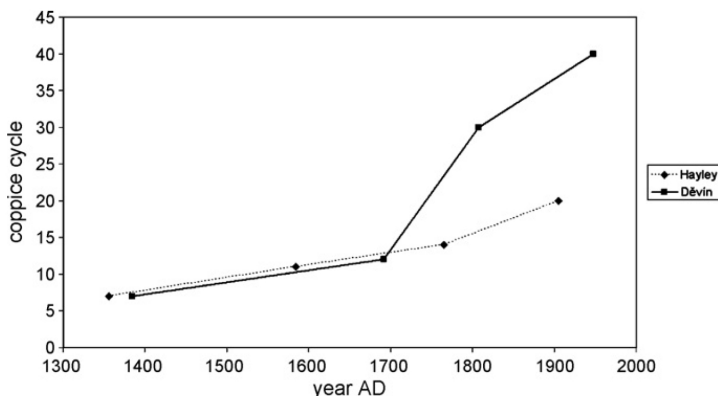
Život a jeho vývoj na Zemi je dynamický. Nové druhy sa vyvíjajú, kým iné zanikajú. Počas histórie Zeme došlo ku piatim epizodám masového vymierania druhov, to znamená, že päťkrát zaniklo v relatívne krátkom čase viac ako 75% druhov. V súčasnosti čelí život šiestemu masovému vymieraniu, ktoré je spôsobené činnosťou človeka. Odhady v rýchlosti vymierania sa značne líšia a to v rozsahu od 500 do 36 000 druhov za rok, pričom mnohé druhy ešte vôbec nepoznáme. Napríklad z húb poznáme len približne 48 000 druhov z 0,6 až 10 miliónov predpokladaných (Monastersky 2014). Najvyšší podiel na strate biodiverzity má prílišné využívanie prírodných zdrojov, degradácia až zánik biotopov (teda prostredia vhodného pre život konkrétnych druhov), klimatická zmena a šírenie invázií druhov.

Druhová diverzita lesov Slovenska a jej pokles

Pre pochopenie situácie slovenských lesov v kontexte globálneho poklesu biodiverzity je potrebné rozumieť

faktorom formujúcim druhovú rozmanitosť lesov. Biodiverzita suchozemských ekosystémov vo všeobecnosti klesá od rovníka smerom ku pólom. Najdôležitejšiu úlohu zohráva klíma a dostupnosť pre život potrebných zdrojov. Druhovo najbohatšie sú tropické dažďové lesy s vyrovnanou teplotou, zrážkami a slnečným žiarením v priebehu roka. Napríklad v tropických dažďových lesoch juhovýchodnej Ázie je prítomných vyše 100 000 druhov cievnatých rastlín, čo predstavuje zhruba 40% svetovej flóry. Dreviny pritom tvoria až 70% z tohto počtu a na ploche jedného hektára lesa bolo zistených až 400 druhov (Prach et al. 2009). Slovensko patrí do oblasti opadavých lesov mierneho pásma, ktoré sú v globálnom meradle druhovo podstatne chudobnejšie. Na Slovensku sa vyskytuje okolo 4 300 druhov cievnatých rastlín. Vyšších húb bolo doposiaľ zistených okolo 3 500 (presný počet nie je známy). Potvrdený je napríklad výskyt vyše 350 druhov vtákov a takmer 100 druhov cicavcov. Osobitou črtou Slovenska je však vysoká rôznorodosť neživej prírody (relieľ, geologické podložie, nadmorská výška a následne klíma) na malom území, čo vytvára predpoklady na vysokú biologickú rozmanitosť v priestore.

Ďalším veľmi významným faktorom ovplyvňujúcim výskyt druhov je človek. Kým intenzívna ľudská činnosť v prírodných ekosystémoch má silne negatívne dopady na biodiverzitu (napríklad veľkoplošná ťažba tropických pralesov), v oblasti Európy je činnosť človeka dlhodobou záležitosťou a je spätá so zachovaním istých typov vegetácie. Európa, vrátane Slovenska, bola v čase šírenia sa lesa po poslednej dobe ľadovej už husto osídlená. Formovanie lesných spoločenstiev, najmä v nižších polohách, tak nebolo len dielom prírody, ale do tohto procesu výrazne zasahoval človek (Ložek 2007, Pokorný 2011). Les bol po tisícročia zdrojom stavebného materiálu a paliva a prebiehala v ňom aj pastva domestikovaných zvierat. Slúžil aj ako zdroj steliva (vyhrabávanie opadu) či dokonca sena. Tento antropický tlak na lesy bol prítomný kontinuálne a vrcholil v stredoveku. Pastva v lesoch pretrvala až do 2. polovice 20. storočia, rovnako, ako ďalší výrazný a po stáročia prítomný faktor formujúci charakter lesov, výmladkové hospodárenie. Rubná doba výmladkových dubín bola krátka (Obrázok 1).



Obr. 1 Rubná doba výmladkových dubín bola po stáročia veľmi nízka (graf vľavo; coppice cycle – rubná doba, year AD – rok; prevzaté z práce Szabó 2010). Pre potreby palivového dreva dosahovala okolo 30–40 rokov, avšak v prípade produkcie dubovej kôry sa tzv. lúpaninové dubiny rúbali vo veku 10–15 rokov.

Zásadný zlom prišiel v 60.–70.-tych rokoch minulého storočia, keď sa výmladkové lesy hromadne prevádzali na lesy vysoké. Tento trend sa objavil hlavne v Strednej Európe. V mnohých iných krajinách, napríklad Taliansko a Francúzsko, sú dubové, ale aj bukové lesy stále pestované ako lesy nízke, či ako lesy stredné (Máliš et al. 2015). Prevody dubín na lesy vysoké však spôsobili veľké zmeny v ich druhovom zložení s výrazným poklesom diverzity rastlín, ale aj hmyzu, ktorého životný cyklus je často úzko spätý s konkrétnymi druhmi rastlín alebo štruktúrou lesa. Lesné fytoocenózy sa posunuli ku vlkomiľnejším a na živiny náročnejším spoločenstvám. Ustúpili najmä svetlomilné a konkurenčne slabšie druhy, často trávovitého vzrastu. Pribudli naopak druhy tolerujúce zatienenie, prípadne také, ktoré nemajú špecifické nároky na prostredie a vyskytujú sa na rôznych stanovištiach. Tieto zmeny sú spôsobené najmä podrastaním dubín tiennymi drevinami ako hrab a buk (Obrázok 2).

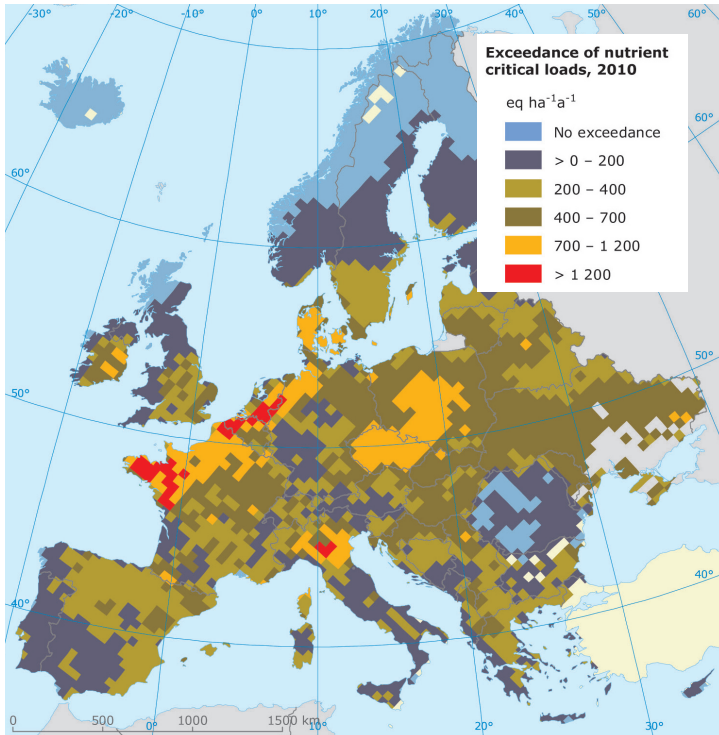


Obz. 2 Negatívny dopad na druhovú diverzitu vegetácie dubín má najmä podrastanie hrabom a bukom (v úzadí fotografie). Ustupujú druhy, ktoré sú svetlomilné a konkurenčne slabšie (na fotografii trávy *Melica uniflora* a *Dactylis polygama*) a šíria sa druhy na živiny náročnejšie a adaptované na tiennejšie podmienky (napr. *Galium odoratum* vľavo dole).

Súčasne došlo k zníženiu intenzity odstraňovania biomasy (eliminácia pastvy, hrabania opadu), v dôsledku čoho ostáva v lesoch viac živín, ako tomu bolo v minulosti. Okrem zmeny manažmentu zohrávajú pri týchto javoch veľký význam aj zvýšené vstupy dusíka do lesných ekosystémov, ktorých zdrojom je priemysel, ale aj poľnohospodárska výroba a automobilová doprava (Obrázok 3). Keďže dusík je jednou z hlavných živín pre rastliny, spôsobuje tzv. eutrofizáciu a šírenie na živiny náročných druhov, ktoré sú zároveň konkurenčne silnejšie. V dôsledku zmien v obhospodarovaní a depozícií dusíka sa znižuje taktiež rôznorodosť lesných fytoocenóz v priestore, teda lesná vegetácia sa stáva v priestore veľmi rovnorodou. Celkovo ide proces tzv. biotickej homogenizácie, teda straty biodiverzity v čase a priestore.

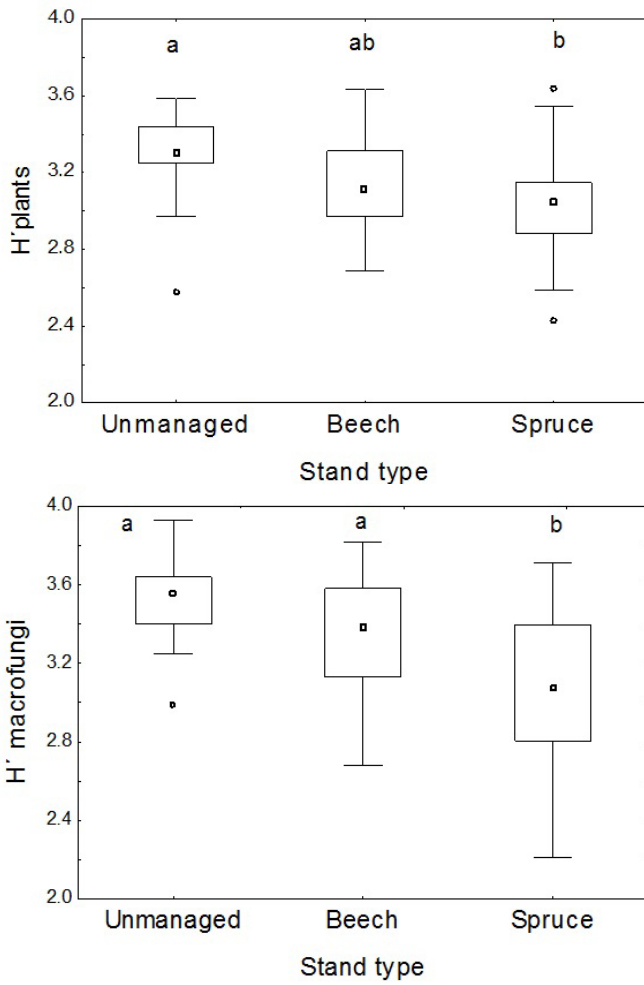
Uvedené zmeny v obhospodarovaní, depozície dusíka a iných priemyselných exhalátov, spolu s klimatickou

zmenou, sa spoločne označujú termínom globálne environmentálne zmeny. Teda zmeny životného prostredia, ktoré majú celosvetový rozsah.

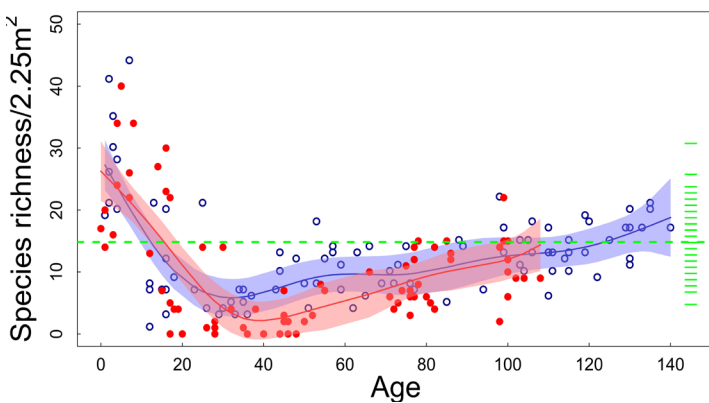


Obr. 3 Prekročenie kritických záťaží dusíka v Európe v roku 2010 (Fisher et al. 2011). Zvýšené vstupy dusíka do prostredia spôsobujú zmenu druhového zloženia a pokles biodiverzity.

Pôsobenie týchto činiteľov sa pritom nezriedka znásobuje alebo prekrýva. Pre obhospodarovateľa lesa je teda kľúčové poznanie, do akej miery sa na poklese druhovej diverzity podieľa spôsob obhospodarovania, ktorý je v plnej kompetencii užívateľa lesa a na druhej strane, aký podiel na strate biodiverzity majú javy, ktorých príčina je globálna a obhospodarovateľ môže len aplikovať nejaké opatrenia na ich zmiernenie. Dopady na lesy pritom nie sú jednotné. Situácia v horských lesoch je celkom odlišná od dubín. Horské lesy sa po dobe ľadovej vyvíjali nerušené, viac-menej bez vplyvu človeka. Kým dubiny majú silne antropogénny charakter, horské lesy sú naopak výsledkom prírodných procesov. K zásadnému zlomu došlo v priebehu 14.–17. storočia, kedy prebehli dve vlny valašskej kolonizácie a nastal silný rozvoj baníckej činnosti. Napriek tomu sa na Slovensku zachovali pomerne rozsiahle komplexy prírodných lesov, ktoré však boli v relatívne nedávnej minulosti a sčasti stále sú vystavené premene drevinového zloženia v prospech smreka. V súčasnej dobe sú smrečiny atakované rôznymi škodlivými činiteľmi a ich stabilita je veľmi nízka (Hlásny, Sitková 2010). Problematika revitalizácie smrekových lesov je však osobitnou témou. Z hľadiska dopadov na biodiverzitu možno konštatovať, že pestovanie smrekových monokultúr pôsobí na druhovú diverzitu negatívne (Obrázok 4). Dôležitú úlohu, a to aj v prípade bukových lesov, zohráva hustota a štruktúra porastu. Tá je v plnej kompetencii obhospodarovateľa a tak je jej modifikácia základným nástrojom pre obnovu druhovej rozmanitosti našich lesov (Obrázok 5).



Obr. 4 Diverzita rastlín (vľavo) a húb (vpravo) vyjadrená indexom diverzity v prírodných (Unmanaged), hospodárskych bukových (Beech) a smrekových (Spruce) lesoch v jedľovo-bukovom vegetačnom stupni. Negatívnejší dopad má zámena drevinového zloženia v prospech smreka (Ujházyová et al. 2017).



Obr. 5 Vývoj počtu druhov (os Y) počas veku porastu (os X) v hospodárskych bučinách (modrá) a smrečinách (červená) v jedľovo-bukovom vegetačnom stupni. Prírodný les je reprezentovaný zelenou farbou (vertikálna čiara znamená priemer, čiary vpravo konkrétne hodnoty). Rúbaniská hospodárskych lesov sú druhovo najbohatšie, avšak kvôli prítomnosti mnohých nelesných, či invázičných druhov. S vývojom porastu počet druhov rýchlo klesá a dosahuje úroveň prírodných lesov až v rubnej dobe (Ujházy et al. 2017).

Manažment lesov v prospech biodiverzity

Moderné lesné hospodárstvo, ktorého cieľom je popri produkcii dreva plniť celé spektrum ekosystémových a spoločenských funkcií, by malo aplikovať aktuálne vedecké poznatky do praxe. Z hľadiska podpory biodiverzity horských lesov, je potrebné pestovať štruktúrne komplexnejšie porasty s pestrým drevinovým zložením a dlhšou rubnou dobou. Základom rôznorodejšej štruktúry by mohla byť obnova maloplošnými skupinovými rubmi, ktoré sú vhodnejšie aj vzhľadom na postupujúcu klimatickú zmenu. Smrek, ako hospodársky veľmi významnú drevinu, je vhodné pestovať v zmesiach s inými drevinami.

Zodpovedať otázku, ako v súčasnosti postupovať pri manažmente dubových lesov je náročnejšie. Pestovná činnosť by mala smerovať k zachovaniu čo najvyššieho zastúpenia duba v porastoch. Aplikovanie historických foriem manažmentu môže zabezpečiť obnovu biodiverzity, avšak v súčasnej dobe to nie je reálne a aj riskantné. Veľkoplošné ruby s častou periodicitou môžu podporiť negatívne dopady klimatickej zmeny a expanziu invázných druhov (napr. agát), ktoré charakter lesných fytoocenóz zmenia úplne a ich potlačenie je veľmi náročné. Alternatívne formy obhospodarovania s prospechom pre biodiverzitu je potrebné experimentálne overiť a aplikovať najmä tam, kde je ochrana diverzity nadradená nad produkčnú funkciu (napr. územia NATURA 2000).

Citované práce

- FISCHER R. a kol. (2011) The Condition of Forests in Europe, 2011 Executive Report, ICP Forests and European Commission, Hamburg and Brussels, 21
- HLÁSNÝ T., ŠITKOVÁ Z. eds. (2010) Hynutie smrekových porastov v Beskydoch, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Česká zemědělská univerzita v Praze, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Jíloviště – Strnady, 182
- LOŽEK V. (2007) Zrcadlo minulosti. Česká a Slovenská krajina v kvartéru. Dokořán. 198
- MÁLIŠ F., CANULLO R., HÉDL R. (2015) Lesy centrálních Apenin – biodiverzita v kontextu historického a súčasného managementu, Živa 63: 112-115
- MONASTERSKY R. (2014) Life-a status report. Nature, 516(7530), 158.
- POKORNÝ P. (2011) Neklidné časy, Kapitoly ze společných dějin přírody a lidí. Dokořán. 369
- PRACH K., ŠTECH M., ŘÍHA P. (2009) Ekologie a rozšíření biomů na Zemi. Scientia.
- SZABÓ P. (2010) Driving forces of stability and change in woodland structure: A case-study from the Czech lowlands. Forest Ecology and Management 259: 650–656
- UJHÁZY K., HEDEROVÁ L., MÁLIŠ F., UJHÁZYOVÁ M., BOŠEĽA M., ČILIAK M. (2017) Overstorey dynamics controls plant diversity in age-class temperate forests, Forest Ecology and Management 391: 96-105
- UJHÁZY K., UJHÁZYOVÁ M., BUČINOVÁ K., ČILIAK M., GLEJDURA S., MIHÁL I. (2017) Response of fungal and plant communities to forest overstorey change in the Western Carpathians. In press

PodĎakovanie

Táto práca vznikla vďaka podpore agentúry APVV v rámci projektu APVV-15-0270.

Ing. František Máliš, PhD.



Autor príspevku je absolventom Lesníckej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene. Pracoval ako výskumný pracovník na Lesníckom výskumnom ústave Zvolen a momentálne pôsobí ako odborný asistent na LF TU Zvolen. Jeho odborná činnosť je zameraná na druhové zloženie lesnej vegetácie a jeho zmeny v dôsledku globálnych zmien, obhospodarovania lesa, ale aj prírodných procesov.

Vetrové kalamity a klimatická zmena zvyšujú počet generácií lykožrúta smrekového v horských lesoch

doc. Ing. Peter Fleischer, PhD.

Súhrn

Nárast populácie lykožrúta smrekového (*Ips typographus*) je v súčasnosti najvážnejšou hrozbou pre smrekové lesy v strednej Európe. Okrem vhodných klimatických podmienok ku masívnemu šíreniu lykožrúta prispieva aj nárast vetrových kalamít. Priamym meraním a modelovaním teploty kôry v smrekových porastoch vo výške 1200 m n.m. sme zistili, že zvýšenie priemernej teploty vo vegetačnom období oproti normálu o 2°C, umožní lykožrútovi ukončiť v živých stromoch dve namiesto tradične jednej generácie. Vo vývratoch a najmä zlomoch zvýšená teplota kmeňov umožní nielen kompletný vývoj tretej generácie, ale aj viacerých sesterských populácií. Na základe zvýšeného počtu generácií v priebehu jedného roka môžeme očakávať, že v podmienkach klimatickej zmeny a rastúceho objemu nespracovaných kalamít bude narastať rozsah škôd na smrekových porastoch v horských lesoch.

Lykožrút smrekový *Ips typographus* je prirodzenou súčasťou smrekových lesov v Európe. V prírodných podmienkach je dôležitou súčasťou dekompozičných procesov, ktoré zabezpečujú dostupnosť živín a udržanie produkčnej kapacity lesov (CHRISTIANSEN et al. 1987). Pre hospodárske lesy je lykožrút smrekový jedným z najvýznamnejších škodcov. Do kalamitných rozmerov sa premnožuje v oslabených porastoch, najčastejšie spôsobených zvýšenou teplotou a suchom. Ideálne podmienky nachádza lykožrút smrekový v porastoch po neskoru, alebo vôbec nespracovaných vetrových kalamitách (WERMELINGER 2004; NETHERER a NOPP-MAYER 2005; FACCOLI 2009).

Lykožrút smrekový je ektotermný živočích, teplota jeho tela je závislá na teplote prostredia. Teplota podmieňuje nielen začiatok jarného rojenia, ale aj nástup a priebeh všetkých vývojových fáz od kladenia vajíčok, cez larvu, kuklu, až po dospelé imágo. V závislosti od teploty môže mať lykožrút aj viac generácií v jednom roku. V nižších polohách smrekových stredoeurópskych lesov sa za normálnych klimatických podmienok obyčajne vyvinú dve generácie, v najteplejších oblastiach až tri. V horských oblastiach je štandardom jedna generácia. Pri hornej hranici lesa sa kompletný vývojový cyklus lykožrúta obyčajne neukončí. Klimatická zmena a s ňou spojený nárast teplôt však posúva viacgeneračný vývoj do vyšších nadmorských výšok (LANGE et al. 2006).

Nespracovanie dreva z vetrových kalamít v chránených územiach na Slovensku je považované za jednu z hlavných príčin masívneho hynutia smrekových lesov v horských oblastiach (BUCHA a HLÁSNY 2015). V súvislosti s klimatickými zmenami predpovedajú meteorológovia častejšie a rozsiahlejšie vetrové kalamity, ale aj výraznejšie periódy sucha. Kým tieto prognózy naznačujú zhoršenie podmienok pre smrekové lesy, naopak, pre podkôrny hmyz by mali byť ešte priaznivejšie.

Vývoj lykožrúta smrekového v podmienkach zvýšenej teploty

Závislosť medzi vývojovými fázami organizmov (rastlín aj živočíchov) a teplotou prostredia opisujú fenologické modely. Viaceré štúdie (WEMELINGER a SEIFERT 1998) potvrdili, že pre priebeh vývojových fáz podkôrneho hmyzu je rozhodujúca teplota v mieste vývoja hmyzu a nie teplota vzduchu. BAIER et al. (2007) odvodil priebeh vývoja lykožrúta smrekového na základe teploty floému. Teplotu pod kôrou stanovuje podľa aktuálnej teploty vzduchu a slnečnej radiácie a má nasledujúci tvar:

$$TK = a + b \cdot TV + c \cdot SR$$

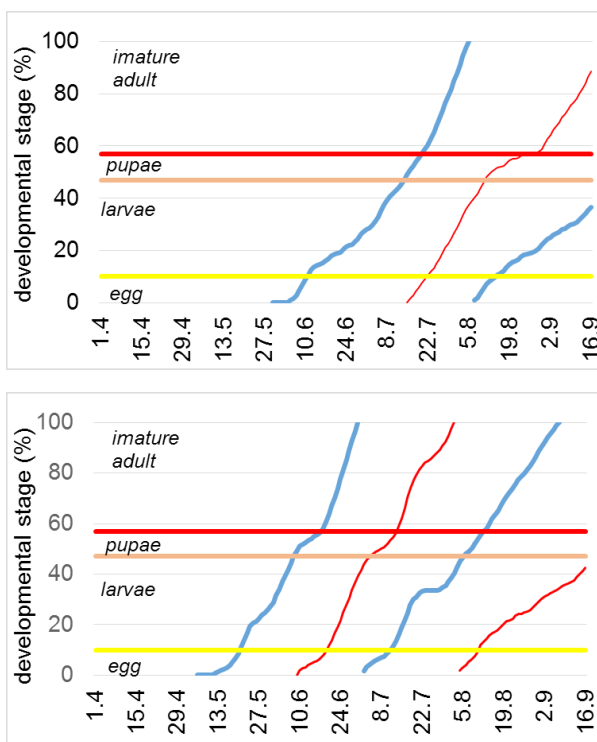
kde: TK je priemerná denná teplota kôry, TV - priemerná denná teplota vzduchu, SR - suma dennej slnečnej radiácie, a, b, c – parametre odvodené na základe priamych meraní

Pre overenie správnosti uvedeného vzťahu v podmienkach horských lesov na Slovensku, sme uskutočnili sériu experimentov. Na vybraných pokusných plochách sme merali teplotu pod kôrou a súčasne sme sledovali priebeh teploty vzduchu a slnečnej radiácie. Na meranie teploty pod kôrou sme použili snímače s priemerom 1 mm a dĺžkou 1 cm, vsunuté do predvrtaných otvorov v kôre živých stromov, rovnomerne na oslnenej aj zatienenej časti kmeňa. Teplotu vzduchu a žiarenie sme merali štandardným meteorologickými snímačmi v zaznamenávali v 60 min intervale.

Viacročné opakovania meraní teploty poskytli údaje o teplote kôry v „normálnych“ aj extrémne teplých rokoch. Za teplotne normálne považujeme také vegetačné obdobia, kedy priemerná teplota vzduchu zodpovedá dlhodobému normálu. Za extrémne považuje tie, kedy teplota vzduchu je vyššia o viac ako 2 °C. Podľa regionálnych scenárov klimatickej zmeny, by práve takéto zvýšenie malo zodpovedať priemerným teplotám už v priebehu 30-50 rokov (MELO et al. 2013). Na experimentálnych lokalitách vo Vysokých Tatrách bola priemerná teplota vo vegetačnom období (apríl-august) normálneho roka (2014) 13,7 °C a v extrémnom roku (2015) dosiahla 15,4 °C. Z pohľadu zrážok bolo vegetačné obdobie roku 2014 zrážkovo nadnormálne (+38%) a rok 2015 deficitné (-40%).

Výsledky potvrdili, že, zvýšená teplota kôry v extrémne teplom roku umožnila rýchlejší priebeh vývojových štádií a tým aj nárast počtu generácií lykožrúta. Nielen že vývoj mohla dokončiť sesterská populácia, ale pribudla ešte aj druhá hlavná generácia (obr. 1).

Priame pozorovanie teploty kôry umožnilo posúdiť spoľahlivosť modelovaných hodnôt. Priemerná chyba (MSE - priemerná kvadratická chyba) bola 0,8 °C, čo potvrdzuje veľmi dobrú interpretačnú schopnosť modelu (FLEISCHER et al. 2016).

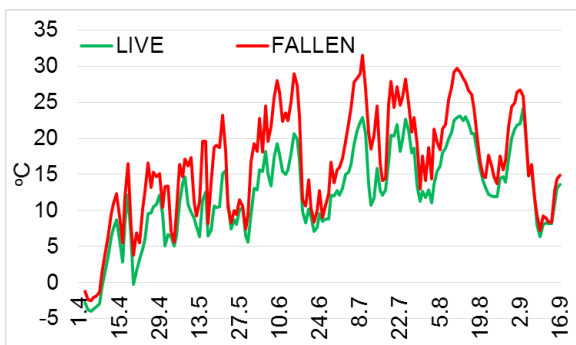


Obr.1 Teoretický priebeh vývojových fáz (egg=vajíčko, larvae=larva, pupae=kukla, imature adult=nedospelé imágo) zostavený podľa teploty kôry samostatne stojacich smrekov v normálnom (2014) a extrémne teplom roku (2015). Modrá čiara – hlavná 1. a 2. generácia, červená čiara – sesterská populácia.

Vývoj lykožrúta smrekového v nespracovanej vetrovej kalamite

Za normálnych klimatických podmienok v zdravom lese obvyčajne prebieha tzv. endemický vývoj populácie. Do pandemického vývoja prerastá populačný rast po vytvorení optimálnych potravných a habitátových pomerov, najčastejšie vo vetrom rozvrátených porastoch. Menšia mortalita lykožrútov pri prekonávaní zníženej obranyschopnosti oslabených zlomov a vývrátov je ďalší dôležitý faktor podporujúci náhly populačného nárast. Priebeh teploty na vývratoch a nespracovaných zvyškoch po prípadnej ťažbe, doteraz nebol predmetom vedeckého záujmu.

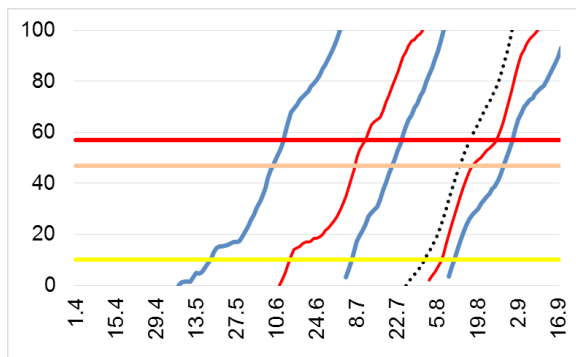
Na potvrdenie predpokladu, že prerušením transpiračného prúdu nebudú poškodené kmene ochladzované, sme merali teplotu pod kôrou živých stojacich stromov a jednoročných ležiacich vývrátov a zlomov. Výsledky potvrdili, že teplota kôry na vývratoch bola v porovnaní s teplotou kôry nepoškodených stromov vyššia o 2 až 4 °C v 60% meraných prípadoch. Maximálny rozdiel bol až 8,7 °C. Najvyššie priemerné denné teploty kôry na vývratoch dosahovali vyše 30 °C, na stojacich živých stromoch maximálne 23 °C (obr. 2)



Obr.2 Priebeh priemernej dennej teploty kôry na stojacich živých smrekoch (live) a vývratoch (fallen), rok 2015, výška 1200m n.m.

Zvýšené teploty kôry na vývratoch podmienili rozdielny fenologický vývoj lykožrúta smrekového oproti stojacim stromom. Kým na samostatne stojacich smrekoch sa mohlo vyvinúť 1,5 generácie (1 kompletná, druhá do štádia nedospelého imága), na vývratoch boli podmienky pre 3 hlavné generácie, dve sesterské a dokonca aj jednu populáciu staršej sestry. Všetky populácie ukončili vývoj do polovice septembra, čo naznačuje, že lykožrúty zrejme prezimujú s nízkou mortalitou.

Priebeh vývoja jednotlivých generácií a ďalších populácií lykožrúta smrekového vo výške 1200m nm v roku 2015 je na obr. 3.



Obr.3 Teoretický priebeh vývoja lykožrúta smrekového v roku 2015 vo výške 1200m n.m. na nespracovaných vývratoch zostavený na základe teploty kôry, kde:
 modrá čiara – 1., 2. a 3. generácia, červená čiara – 1. a 2. sesterská populácia, čiarkovaná – 2. generácia staršej sesterskej populácie

Verifikácia modelových výsledkov

Hustý sled ukončenia vývoja jednotlivých generácií a potomstiev fakticky znemožňuje identifikáciu generácií v terénnych podmienkach. Okrem toho, rozdiel v skutočnom a modelovanom rojení môže byť spôsobený variabilitou oslnených a tienených stromov, resp. kmeňov. Teoretický priebeh rojenia sme porovnali s termínmi odchytovej siete vo feromónových lapačoch. V extrémne teplom roku boli odchyty priemerne až 2,5 násobne vyššie ako v normálnom roku. Istým nedostatkom je fakt, že vzorky z pascí sú štandardne odoberané v 10-14 dňovom cykle, čo je príliš dlhá doba na verifikáciu často len niekoľkodňových rozdielov

v rojení jednotlivých populácií. Lúpanie kôry potvrdilo dobrú zhodu teoretického a reálneho vývoja, je to však deštruktívny spôsob, ktorý znehodnocuje sledovanú vzorku.

Odporúčania pre prax

- Obranné opatrenia proti šíreniu lykožrúta smrekového je potrebné vykonávať aj v smrekovom vegetačnom stupni, počas extrémne teplých rokov prebieha vývojový cyklus aj pri hornej hranici lesa.
- Lapače a lapáky je potrebné inštalovať už v prvej polovici apríla, lebo teplé počasie spôsobuje skorší nástup jarného rojenia.
- Feromónové lapače ponechať do polovice septembra, lebo teplé jesenné počasie umožňuje výlet imág 2. prípadne aj 3. generácie na konci vegetačného obdobia
- Dôsledne asanovať vývraty a zlomy (odstránenie z porastu, lúpanie kôry), lebo zvýšená teplota pod kôrou poškodených stromov umožňuje rýchlejší priebeh vývojových fáz a spravidla o jednu generáciu viac, ako na relatívne nepoškodených stojacich stromoch.
- Kontrolu feromónových lapačov vykonávať v maximálne týždennom cykle, optimálne 3-5 dní, čo prispeje až ku dvojnásobne vyšším odchytom ako pri súčasne praktizovanom dvojtýždňovom intervale.

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol aj vďaka finančnej podpore projektov APVV 0480-12 a 0744-12.

Literatúra

- BAIER, P., PENNERSTOFER, J., SCHOPF, A., 2007: PHENIPS – a comprehensive phenology model of *I. typographus* as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. *Forest Ecology and Management*, 249:171-186.
- BUCHA, T., HLÁSNY, T., 2015: Kalamity a lesy TANAPu v národnom a medzinárodnom kontexte. *Stúdie o TANAP*, 11:13-22.
- CHRISTIANSEN, E., WARING, R. H., BERRYMAN, A. A., 1987: Resistance of conifers to bark beetle attack: searching for general relationship. *Forest Ecology and Management*, 22:89-106.
- FACCOLI, M., 2009: Effect of weather on *Ips typographus* (Coleoptera, Curculionidae) Phenology, Voltinism, and Associated Spruce Mortality in the Southeastern Alps. *Environmental Entomology*, 38(2):307-316.
- FLEISCHER, P. JR., FLEISCHER, P., FERENČÍK, J., HLAVÁČ, P., KOZÁNEK, M., 2016: Elevated bark temperature in unremoved stumps after disturbances facilitates multi-voltinism in *Ips typographus* population in mountain forest. *Lesnícky časopis* 62:15-22.
- LANGHE, H., OKLAND, B., KROKENE, P., 2006: Thresholds in the life cycle of the spruce bark beetle under climate change. *Interjournal for Complex Systems*, 1648:1-10.
- MELLO, M., LAPIN, M., KAPOLKOVÁ, H., PECHO, J., KRÍŽICOVÁ, A., 2013: Climate trends in the Slovak part of the Carpathians. In: Kozak, J. (ed.): *The Carpathians - Integrating Nature and*

society Towards Sustainability, Environmental Science and Engineering. Springer, p.131-150.

- NETHERER, S., NOPP-MAYR, U., 2005: Predisposition assessment systems (PAS) as supportive tools in forest management - rating of site and stand-related hazards of bark beetle infestation in the High Tatra Mountains as an example for system application and verification. Forest Ecology and Management, 207:99-107.
- WERMELLINGER, B., 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle – a review of recent research. Forest Ecology and Management, 202:67-82.

doc. Ing. Peter Fleischer, PhD.



Autor pracuje na katedre integrovanej ochrany lesa a krajiny. Venuje sa ekologickým dôsledkom prírodných disturbancií a klimatickej zmeny na horské lesy. Dlhodobo monitoruje vplyv diferencovanej starostlivosti na stav a ekologickú stabilitu najmä ihličnatých lesov.

Pokalamitný manažment horských smrekových lesov ako nástroj mitigácie klimatickej zmeny

Ing. Peter Fleischer ml., PhD., doc. Ing. Peter Fleischer st., PhD.

Súhrn

Rastúca koncentrácia CO₂ má preukazný vplyv na zvyšovanie teploty na Zemi. Sekvestrácia uhlíka vo vegetácii je jedným z najúčinnějších spôsobov, ako redukovať koncentráciu CO₂ v atmosfére. Významné postavenie v tomto procese majú lesné ekosystémy. Potenciál lesov pre mitigáciu klimatickej zmeny však výrazne oslabujú kalamity. Reálnu schopnosť kalamitných plôch viazať uhlík sme stanovili na základe priameho merania príjmu a výdaja CO₂ vo vetrom, požiarom a podkôrnym hmyzom poškodených smrekových porastoch vo Vysokých Tatrách. Cieľom bolo stanoviť ako sa po prírodných disturbanciách zmenil sekvestračný účinok lesného ekosystému, aký vplyv má následný spôsob lesníckej starostlivosti a tiež odhadnúť aké budú toky CO₂ v podmienkach klimatickej zmeny. Zistili sme, že po kalamitnom poškodení sa smrekové ekosystémy zmenili z depónia na zdroj uhlíka a aj po desiatich rokoch od poškodenia mali porasty prevažne zápornú uhlíkovú bilanciu. Malým depóniom boli len lokality s nespracovanou vetrovou kalamitou. Je to dôsledok väčšej listovej plochy sukcesnej vegetácie na nemanážovaných lokalitách. V súčasnosti sa na sekvestracii uhlíka a na mitigačnom účinku klimatickej zmeny stále podieľajú najmä trávovité druhy. Podiel lesných drevín na sekvestracii uhlíka sa pomaly zvyšuje, ale stále je menší ako 50%. Dnešné drevinové zloženie sa na kalamitných plochách významne odlišuje. Kým na nespracovaných lokalitách absolútne dominuje smrek, na manažovaných lokalitách je druhová štruktúra drevín v dôsledku výsadieb oveľa pestrejšia. Druhové zloženie pravdepodobne bude kľúčovým momentom pre sekvestráciu uhlíka v budúcnosti. Meniace sa bioklimatické podmienky budú limitovať rastové pomery a zdravotný stav smrekových porastov, ktoré dominujú na lokalitách ponechaných na samovývoj. Vo viac diverzifikovaných manažovaných porastoch očakávame pružnejšiu adaptáciu a vyšší mitigačný účinok na klimatickú zmenu.

Sekvestrácia ako dlhodobé viazanie uhlíka v lesnej biomase je jedným z účinných riešení ako znížiť rast CO₂ v atmosfére a tak prispieť ku zmierneniu (mitigácii) klimatickej zmeny. Súčasná koncentrácia CO₂ v atmosfére prekročila 400 ppm (0,4 %), čo je najvyššia hodnota za posledných 400 000 rokov. Priemerná koncentrácia CO₂ narastá priemerne o 2 ppm ročne. Klimatologické štúdie predpokladajú, že pri koncentrácii 510 ppm sa globálna teplota na zemi zvýši minimálne o 2 °C.

Sekvestračný potenciál lesnej vegetácie závisí od druhového zloženia, veku, fyziologického stavu, ale najmä od plochy asimilačných orgánov. Kým zdravé lesy mierneho pásma sú obvyčajne depónium uhlíka (viac prijímajú ako emitujú), po kalamitách sa stávajú jeho zdrojom.

Hodnotenie mitigačného účinku diferencovane manažovaných kalamitných lokalít na klimatickú zmenu sme posúdili na základe schopnosti vegetácie sekvestrovať uhlík. Hodnotenie sme vykonali na kalamitami poškodených plochách v smrekových lesoch vo Vysokých Tatrách.

Vplyv disturbancií a klimatickej zmeny na horské lesy

Prírodné disturbancie (kalamity), sú dnes čoraz častejšie chápané ako súčasť prirodzeného vývoja ekosystémov. Disturbancie do lesných ekosystémov vnášajú dynamiku, ktorá moduluje ich štruktúru, fungovanie a adaptáciu (Holeksa et al. 2016). Pre hospodárenie v lesoch sú však disturbancie neželaným javom, lebo narušujú dosiahnutie hlavného cieľa starostlivosti, t.j. trvalé poskytovanie širokého spektra ekosystémových služieb (produkčných, regulačných, sociálnych a podporných).

Podľa klimatologických modelov by sa v horských oblastiach mala zvýšiť priemerná teplota minimálne o 2 °C už v priebehu 30-50 rokov (Melo et al. 2012). Vyskytovať by sa mali aj dlhšie periódy sucha. Za takýchto podmienok budú aj stredné horské oblasti (800-1200 m n.m.) nevhodné pre prirodzený výskyt smreka.

Manažment horských lesov pre mitigáciu klimatickej zmeny

Tvorba biomasy je prejavom prirodzenej schopnosti vegetácie akumulovať atmosférický CO₂ a tak priamo prispieva ku redukcii skleníkových plynov. Horské lesy v dôsledku klimatických a pôdnych obmedzení spravidla produkujú menej biomasy ako iné lesné spoločenstvá. Na druhej strane horské lesy sú často predmetom ochrany, preto oproti hospodárskym lesoch v nižších polohách môžu akumulovať uhlík počas dlhšieho obdobia. Využitím dreva na predmety dlhodobej spotreby (stavby, nábytok), sa mitigačný potenciál lesov zvýši až o 30% oproti porastom kde drevo bolo ponechané na prirodzený rozklad.

Zásoby a toky uhlíka po disturbanciách

Zásoby uhlíka v ekosystéme sú výsledkom zásob v biomase a v pôde. Pri priemernej zásobe 260 m³.ha⁻¹ hrubiny na experimentálnych plochách pred kalamitou bolo v biomase stojacich porastov (vrátane tenčiny, ihličia, koreňov) približne 110t uhlíka.ha⁻¹. Po odstránení kalamitného dreva (hrubiny), ostalo na postihnutých plochách približne 30% pôvodnej zásoby biomasy a teda i uhlíka. Približne rovnaké množstvo uhlíka (80-110t) bolo aj v horných 20 cm minerálnej pôdy a v nadložnom humuse.

Za citlivý indikátor časových zmien v ekosystémoch sú považované toky uhlíka. Pod tokmi uhlíka sa rozumie jeho príjem a výdaj ekosystémom za jeden rok. Príjem uhlíka zabezpečujú zelené časti vegetácie v procese fotosyntézy. Uvoľňovanie uhlíka opačným procesom, respiráciou, sa deje na celom povrchu rastliny, nadzemnými aj podzemnými časťami. Bilancia, teda rozdiel medzi príjmom a výdajom uhlíka určuje, či ekosystém je zdrojom, alebo depóniom uhlíka.

Respirácia lesných ekosystémov po kalamitnom rozpade

Ekosystémová respirácia okrem CO₂ uvoľňovaného rastlinami (autotrofná respirácia), obsahuje aj CO₂, ktorý sa uvoľňuje pri mikrobiálnom rozklade organickej zložky pôdy a označuje sa heterotrofná respirácia. Z praktických dôvodov sa respirácia ekosystému obyčajne stanovuje ako suma nadzemnej autotrofnej respirácie a pôdnej respirácie.

Na hodnotenie pôdnej respirácie sme použili komorové metódy, ktoré sú najdostupnejším spôsobom merania tokov CO₂. Na plochách poškodených vetrovou kalamitou v roku 2004 sme zistili pokles pôdnej respirácie oproti podmienkam v stojacom lese. Dôvodom je skutočnosť, že po poškodení stromov sa pôdna respirácia znížila o autotrofnú zložku podzemných častí porastu (koreňov), čo spôsobilo celkový pokles ekosystémovej respirácie. Z kalamitných plôch najviac CO₂ unikalo z lokalít postihnutých požiarom a podkôrnym hmyzom. Zhorením ťažbových zvyškov a čiastočne nadložného humusu sa do pôdy uvoľnili minerálne látky, ktoré stimulovali mikrobiálnu aktivitu v pôde. Vysoká emisia CO₂ v porastoch poškodených lykožrútom sa prejavila najmä vo vyšších nadmorských výškach (1200-1400 m n.m.). Zvlášť tam, kde sa v minulosti nevyskytovali opakované vetrové polomy a preto sa mohla vytvoriť hrubšia vrstva pôdneho humusu. Pôdnou respiráciou z lykožrútom poškodených porastov sa uvoľňovalo ročne až 10t uhlíka. ha⁻¹, kým zo zelených porastov to bolo priemerne 8t. ha⁻¹.

Z časového hľadiska pôdna respirácia na všetkých vetrom poškodených plochách kulminovala 4-6 rokov po poškodení. V priebehu roka pôdna respirácia kulminovala v letnom období, v zime boli hodnoty najnižšie, keď korelovali s ročným chodom pôdnej teploty.

Asimilácia uhlíka na kalamitných plochách

Množstvo CO₂ (resp. uhlíka) asimilovaného do biomasy v procese fotosyntézy závisí najmä od množstva slnečnej energie (fotosynteticky aktívneho žiarenia), druhu vegetácie a veľkosti jej listovej plochy. Tzv. pionierske trávovité a bylenné druhy (*Calamagrostis villosa*, *C. arrundinacea*, *Chamerion angustifolium*, *Rubus ideaus*) asimilovali CO₂ v priemere dva krát intenzívnejšie ako druhy pôvodného zapojeného smrekového lesa (*Vaccinium myrtillus*, *Avenela flexuosa*). Rozdiel medzi pionierskymi drevinami (*Betula sp.*, *Populus tremulae*, *Sorbus aucuparia*, *Salix caprea*, *Larix decidua*) a klimaxovým smrekom nebol až taký jednoznačný. Ako najvýznamnejší faktor pre priestorovú variabilitu príjmu uhlíka sa ukázala listová plocha.

Index listovej plochy (LAI) vyjadruje plochu asimilačných orgánov vegetácie (v m²) ktorá rastie na pôde s plochou 1 m². Pred poškodením nadobúdal LAI priemernú hodnotu 5.0. Po rozvrate porastov vetrom hodnota klesla na 1,5. Po 10 rokoch sú hodnoty LAI v rozpätí 3,8 – 4,5. Vyššie hodnoty sú na plochách ponechaných na tzv. samovývoj. Na manažovaných plochách sa na podporu výsadiieb uplatňuje vyžínanie a odstraňovanie konkurenčných pionierskych druhov, čo prispieva ku momentálne nižšej listovej ploche.

V súčasnosti najintenzívnejšia asimilácia uhlíka prebieha na ploche bez lesníckych zásahov a dosahuje ročne 14.3 t C. ha⁻¹. Na manažovaných lokalitách je to takmer 12t. Najmenej uhlíka fotosyntetizujú porasty poškodené lykožrútmami (5 t C). Na týchto lokalitách sme zaznamenali pomalší nástup sukcesnej vegetácie ako na vetrom poškodených lokalitách s obnaženou minerálnou pôdou. Prevažnou mierou sa na sumárnom množstve asimilovaného uhlíka stále podieľa trávovitá a bylinná vegetácia, dreviny viažu menej ako 50%.

Bilancia uhlíka na diferencovane manažovaných plochách

O tom, či konkrétny ekosystém je depóniom, alebo zdrojom uhlíka rozhoduje rozdiel medzi príjmovou a výdajovou zložkou. Po desiatich rokoch sú vetrom, požiarom a lykožrútom poškodené porasty prevažne stále zdrojom uhlíka. Tieto ekosystémy ročne do atmosféry emitujú okolo 1t uhlíka, lykožrútom poškodené až 10t. Miernym depóniom je momentálne iba ekosystém bez následnej lesníckej starostlivosti, keď ročne ukladá 0,2t C.ha⁻¹ (Fleischer et al. 2017).

Mitigácia klimatickej zmeny na diferencovane manažovaných kalamitných lokalitách

Na nemanáovaných lokalitách, vyvíjajúcich sa len z prirodzeného zmladenia, dominuje smreka (takmer 90% zo všetkých prítomných druhov drevín). V manažovaných kalamitných porastoch sú síce absolútne počty drevín nižšie o 30-50%, ale popri smreku sa vo väčšom podiele i početnosti prirodzene zmladzujú aj sukcesné dreviny (smrekovec, brezy, osika, jarabina, rakyta a i.) najmä tam, kde bol pôdny povrch narušený odstraňovaním polomu. Diverzitu týchto ekosystémov zvyšujú aj výsadby stanovištne vhodných (smrek, smrekovec) alebo v súčasnosti sa tu nevyskytujúcich drevín (borovica, jedľa, javor horský a i.).

Z dôvodov nesúladu bioklimatických nárokov dominantnej dreviny a meniacich sa klimatických pomerov predpokladáme dopad na zníženie sekvestráciu nemanáovaných lokalít už za niekoľko desaťročí. Naopak, pri manažovaných kalamitných porastoch predpokladáme, že cielene podporovaná vyššia druhová a štrukturálna diverzita lesných porastov bude základom lepšej adaptácie na klimatickú zmenu a tým aj jej priaznivejšieho mitigačného účinku.

Odporúčania pre praktické zvyšovanie mitigačného účinku kalamitných plôch

- Relatívne nepoškodené, dospelé horské smrekové porasty sú spravidla depóniom uhlíka, to znamená že viac uhlíka z CO₂ viažu do rastlinnej biomasy ako uvoľňujú do atmosféry. Po poškodení vetrom, požiarom a podkôrnym hmyzom sa lesné ekosystémy stávajú zdrojom uhlíka.

- Sukcesná vegetácia na kalamitných plochách je do istej miery schopná kompenzovať príjem CO₂. Množstvo asimilovaného uhlíka závisí od listovej plochy vegetácie, preto vyžínanie a prerezávky znižujú množstvo prijatého uhlíka. Pre zvýšenie pozitívneho účinku lesov v pokalamitnom stave je potrebné obmedziť celoplošné odstraňovanie tzv. nežiaducej vegetácie minimálne v prvom decéniu od poškodenia.
- V obnovnom zložení mladých porastov na kalamitných plochách podporovať čo najvyššiu diverzitu drevín zodpovedajúci súčasným ale najmä očakávaným klimatickým podmienkam. Pionierske dreviny neodstraňovať celoplošne, ale s ohľadom na rast cieľových drevín tak, aby sa dlhodobo udržiavala maximálnu listovú plocha.

Podakovanie

Tento príspevok vznikol aj vďaka grantu APVV 0480-12.

Použitá literatúra

FLEISCHER, P., PICHLER, V., FLEISCHER, P. JR., HOLKO, L. et al. 2017: Forest ecosystem services affected by natural disturbances, climate and land-use changes in the Tatra Mountains. Climate Research, doi.org./10.3354/cr01461

HOLEKSA, J., ZIELONKA, T., ZIWIEC, M., FLEISCHER, P., 2016: Identifying the disturbance history over a large area of larch-spruce mountain forest in Central Europe. Forest Ecology and Management, 361:318-327.

MELLO, M., LAPIN, M., KAPOLKOVÁ, H., PECHO, J., KRIZICOVÁ, A., 2013: Climate trends in the Slovak part of the Carpathians. In: Kozak, J. (ed.): The Carpathians - Integrating Nature and society Towards Sustainability, Environmental Science and Engineering. Springer, p.131-150

Ing. Peter Fleischer ml., PhD., doc. Ing. Peter Fleischer st., PhD.



Autori pracujú na Katedre integrovanej ochrany lesa a krajiny, LF TU vo Zvolene. Venujú sa priamemu meraniu tokov CO₂ medzi lesnými ekosystémami a atmosférou po prírodných disturbanciách. Cieľom je posúdiť súčasné spôsoby starostlivosti o narušené lesné porasty z hľadiska sekvestrácie uhlíka ako významnej ekosystémovej služby v podmienkach klimatickej zmeny.



Lesné požiare

Pavol Hlaváč - Ivan Chromek - Jaroslav Kmet

Súhrn

Príspevok na základe praktických poznatkov a realizovaných opatrení na kalamitných územiach Slovenska popisuje návrh protipožiarnych opatrení, ktorých cieľom je úspešné eliminovanie vzniku, šíreniu, ale aj dôsledkov lesných požiarov vo vzťahu nielen k ochrane prírody, ale aj majetku a životov obyvateľov.

Charakteristika lesného požiaru

Lesný požiar je najdrastickejší spôsob ničenia lesov. Má obrovský dopad na celý lesný ekosystém, predovšetkým rastliny a živočíchy v ňom žijúce. Z technického hľadiska ide o náhlu čiastočne alebo úplne neovládanú časovo a priestorovo ohraničenú mimoriadnu udalosť, ktorá má nepriaznivý dopad na všetky spoločenské funkcie lesa.

Pri lesnom požiaru dochádza k potlačeniu pôdoochranej funkcie lesa, reprodukčnej schopnosti lesa a mimoprodukčné funkcie.

Lesný požiar sa stáva doslova fatálnym pre spoločenské funkcie lesa, nakoľko v plnej miere dlhodobo potláča zdravotnú, kultúrnu, rekreačnú, prírodoochrannú a vodoochrannú funkciu. Svojím účinkom likviduje zloženie flóry a fauny vo vzťahu k jednotlivým biotopom, často európskeho a svetového významu, ktoré nemusia byť vždy súčasťou národných parkov.

Vplyv globálneho otepľovania, klimatické zmeny a častokrát aj neodborné obhospodarovanie, postupne zvyšujú riziko lesných požiarov aj v oblastiach, kde bol donedávna považovaný za marginálny problém, Slovensko nevynímajúc. Postupná urbanizácia krajiny ho presunula do kategórie jedného z najnebezpečnejších prírodných živlov, bez ohľadu či požiar vznikol samovoľne, alebo ako dôsledok antropogénnej činnosti.

V novej situácii, kedy vzniká potreba prispôbiť sa klimatickým zmenám, otvára sa otázka prehodnotenia používaných doterajších preventívnych postupov, aj z pohľadu ochrany lesa pred požiarom, s dôrazom na metódy integrovanej ochrany lesa.

Príčiny vzniku lesných požiarov

Lesné požiare na Slovensku vznikajú vo väčšine prípadov v dôsledku nedbalosti a neopatrnosti dospelých, resp. podcenením rizika vzniku požiarov. Najčastejšie príčiny vzniku lesných požiarov, ktoré vychádzajú z dlhodobého štatistického spracovania lesných požiarov MV SR patria (Štatistika, 2013): zakladanie ohňov v prírode, vypalovanie trávy a suchých porastov, spaľovanie odpadu a odpadkov (mimo skládok), manipulácia s otvoreným ohňom.

Najväčšie lesné požiare za posledné obdobia

V súvislosti s lesnými požiarimi na Slovensku môžeme do kategórie katastrof zaradiť

najrozsiahlejší lesný požiar v k. ú. obcí Lozorno, Pernek, Malacky, v okrese Bratislava – vidiek, ku ktorému došlo 29.08.1992. Požiar sa vplyvom silného vetra a extrémne suchej drevnej hmoty veľmi rýchlo rozšíril na plochu 1 171 ha. Škoda spôsobená požiarom bola vo výške 1 878 800 eur. Lesy boli prevažne v správe Vojenských lesov a majetkov (VLM).

K najtragickejším lesným požiarom patrí požiar v k. ú. obce Hrabušice, okres Spišská Nová Ves, ktorý vznikol dňa 23.10.2000. Požiar lesného porastu na ploche 67 ha s najvyššou škodou vo výške 12,154 mil. eur si vyžiadal šesť ľudských obetí.

Najväčšiu hrozbu vzniku lesných požiarov v novodobej histórii Slovenska predstavujú dôsledky vetrovej kalamity, ktorá postihla územie Slovenska 19.11.2004. Najrozsiahlejší požiar z júna 2005 vo Vysokých Tatrách od založenia národného parku zasiahol 250 ha kalamitnej plochy a lesov. Škody na dreve, ktoré požiar spôsobil, sa odhadujú na 531 000 eur. Spoločenská hodnota biotopov na postihnutom území je vyčíslená na 50 mil. eur.

Riziko lesných požiarov sa naplno ukázalo pri požiaroch v ťažko dostupných terénoch na Starých Horách (2007, 2011) Slovenskom raji (2007) a Nízkyh Tatrách (2011, 2012, 2013).

Práve tieto udalosti poukázali na podcenenie rizika lesných požiarov, ktoré sú charakterizované dvomi obdobiami:

Prvé obdobie – do roku 2007 bolo ovplyvnené veľkoplošnými vetrovými kalamitami a dôsledkom ľudskej činnosti pri ich spracovaní. Toto obdobie je charakteristické:

- nedostatkom pozemnej hasiacej techniky, ale aj leteckých technických prostriedkov, určenej k lokalizácii a likvidácii lesných požiarov v nedostupných horských terénoch Slovenska,
- podcenením pestovateľského hľadiska protipožiarného zabezpečenia lesných porastov (rovnoveké ihličnaté monokultúry bez plošných protipožiarnych deliacich prvkov), čo sa prejavilo najmä vo Vysokých Tatrách v prvom roku po vetrovej kalamite.

Druhé obdobie – po roku 2007 je charakteristické čiastočnou úpravou legislatívy a útlmom rizika z vetrových kalamít. Na základe skúseností z predchádzajúceho obdobia došlo k doplneniu hasičských jednotiek pozemnou technikou, zameranou na likvidáciu lesných požiarov, výraznému nárastu technických prostriedkov pre leteckú podporu zásahov v neprístupných terénoch, vybudovaniu špeciálneho modulu pre hasenie lesných požiarov – v súčasnosti modulu pozemného hasenia požiarov v prírodnom prostredí, ale aj k zmene filozofie pestovateľskej činnosti a ochrany lesa pred požiarimi. Napriek tomu, ako vyplýva zo štatistiky MV SR

(Štatistika, 2013), nedošlo k výraznému poklesu rizika vzniku lesných požiarov, čo je spôsobené:

- nárastom lesných plôch postihnutých kalamitou spôsobenou podkôrnym hmyzom,
- nedostatkom finančných prostriedkov pre dôsledný monitoring (letecký, pozemný), zameraný na včasné zistenie lesných požiarov v počiatočnom štádiu ich vzniku,
- nevybudovanie dostatočne hustej lesnej dopravnej siete v rizikových lokalitách z rôznych dôvodov.

Práve posledné dva faktory majú zásadný vplyv na rozsah lesného požiaru, ktorý sa odvíja od neskorého zistenia vzniku lesného požiaru a problému dostupnosti terénu pre zásah hasičských jednotiek.

Novodobým faktorom, ovplyvňujúcim riziko vzniku lesných požiarov na území Slovenska sú kalamity.

Po veľkoplošnej vetrovej kalamite z roku 2004, sa riziko presúva do priestoru postihnutého sekundárnou kalamitou, spôsobenou podkôrnym hmyzom. Týmto aktuálnym vývojom sú postihnuté najmä oblasti národných parkov s charakterom tzv. „bezzásahovej“ zóny. Z dôvodu ochrany prírody a nesprístupnenia priestoru dochádza k nárastu požiarneho zaťaženia priestoru palivom, ktoré je ideálne na vznik a šírenie požiaru aj v nadmorských výškach nad 1500 metrov.

Lesné požiare na slovensku – charakteristika detekčných metód používaných v súčasnosti

Ochrana lesov pred lesnými požiarimi na území Slovenska je založená v prvom rade na preventívnych opatreniach. Tieto sa skladajú zo súboru opatrení: legislatívnych, lesohospodárskych, organizačných a technických.

Súčasťou organizačných a technických opatrení je systém včasného spozorovania lesného požiaru, nazývaný aj detekčný systém.

K základným detekčným metódam, používaným na Slovensku, patria:

- pozemný monitoring, zabezpečovaný hliadkovacou činnosťou lesným personálom v čase zvýšeného nebezpečenstva vzniku požiaru,
- letecký monitoring, zabezpečovaný právnickými osobami – podnikateľmi, podnikajúcimi v oblasti leteckej prevádzky, na základe zmluvy s Ministerstvom pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR.

Aktivácia detekčných metód súvisí s predpokladaným rizikom vzniku lesného požiaru na základe poveternostných vplyvov (Index požiarneho nebezpečenstva – SHMÚ).

Po vetrovej kalamite v roku 2004, pre potreby Štátnych lesov TANAP, bola využívaná metodika TU vo Zvolene (Hlaváč a kol., 2005).

Monitoring a detekcia lesného požiaru

Základom úspechu v boji proti požiarom je ich včasná detekcia a lokalizácia. V súčasnosti je protipožiarne monitoring lesov na Slovensku zabezpečovaný najmä terénymi pochôdzkami lesníkov (po pracovnej dobe) a leteckým monitoringom.

Cieľom zdokonalovania monitorovacích metód je **skrátene doby voľného šírenia požiaru.**

- **Kombinácia viacerých metód monitoringu**

Každý spôsob monitoringu lesných požiarov má svoje špecifiká a limity. Ako ukázali skúsenosti z praxe (napr. Poľsko, Slovensko, Grécko a i.), najvhodnejšia je kombinácia viacerých metód monitorovania (pozemné hliadky, letecký monitoring, automatizovaný stacionárny detekčný systém – ASDS a i.), ktoré by sa mali dopĺňať, nie prekryvať. Vhodnou kombináciou jednotlivých metód sa výrazne zvýši efektívnosť tejto činnosti a eliminuje riziko falošných poplachov.

- **Edukácia a spolupráca s obyvateľmi**

Okrem edukácie obyvateľstva je veľmi dôležitá ich spolupráca pri nahlasovaní požiarov. Ide o veľmi rýchly, efektívny a ekonomicky nenáročný spôsob. Dôležitá je najmä komunikácia a propagácia, ktorá by mala zvýšiť ich uvedomenie i ochotu spolupracovať pri nahlasovaní požiarov. Potrebné je zabezpečiť technické podmienky (bezplatné mobilné číslo, volanie bez SIM karty, systém orientačných bodov pre správnu lokalizáciu a pod.).

- **Zvyšovanie účinnosti a univerzálnosti automatizovaného stacionárneho detekčného systému ADMS**

Pri ADMS závisí ich miera efektívnosti a využitia najmä od kvality a presnosti detekcie. Tú zvyšuje používanie kombinácie rôznych typov senzorov (optické, termo, IR a i.). Každý senzor zisťuje stav v danej lokalite samostatne a riadiaci počítač na základe vyhodnotenia všetkých vstupných údajov poskytne obsluhu komplexnú analýzu. Zároveň to rozširuje možnosti využitia aj na iné účely ako primárna detekcia požiaru. Tým sa z ADMS stáva univerzálny nástroj na monitoring a kontrolu vybraného územia (Hlaváč, Chromek, 2016). Takáto univerzálnosť je veľmi vhodná napr. v národných parkoch alebo turisticky exponovaných oblastiach.

Jednou z výhod ADMS je aj relatívne presná lokalizácia požiarov. Podľa typu systému sa využívajú na jej určenie buď triangulácia z viacerých senzorov, digitálny model terénu, alebo ich vzájomná kombinácia (Lalkovič, Longauerová, 2011). Najmä v lesnatých, neprístupných oblastiach je mimoriadne výhodné vytváranie špecializovaných mapových vrstiev pre zásahy. Tieto mapové vrstvy obsahujú okrem bežných ciest aj informácie o lesných a poľných cestách, ich parametroch, zdrojoch vody a pod.

- **Požiarne indexy**

Priamy súvis s monitoringom lesných požiarov majú tzv. požiarne indexy. Ide o numerické stanovenie stupňa ohrozenia požiarom v danej lokalite. Existujú rôzne spôsoby stanovovania požiarneho indexu. V zásade ide vždy o kombináciu klimatických parametrov, palivových modelov, prípadne ďalších parametrov. Spoľahlivé požiarne indexy umožňujú efektívnejší preventívny manažment danej lokality (presun techniky, intenzívnejší monitoring, zákaz vstupu do lesa, zákaz manipulácie s otvoreným ohňom a pod.).

- **Sprístupnenie porastov, vodné zdroje, protipožiarne prvky**

Z pohľadu zásahovej činnosti hasičských jednotiek sú priestory vzniku lesných požiarov, najmä na území Slovenska, charakterizované nedostatkom terénu z aspektu jeho reliéfu, spojeným s nedostatkom pozemných komunikácií v rámci lesného dopravného systému a minimálnym počtom prírodných alebo umelých vodných zdrojov. Nevyhnutným predpokladom pre úspešnú likvidáciu požiarov v lesoch je ich sprístupnenie cestnou sieťou. Odporúčané normatívy v Európe, vo vzťahu k lesnej cestnej sieti sú: rovinaté terény 15 m/ha, pahorkatiny 22,5 m/ha, horské oblasti 27,5 m/ha. Vychádzajú z potrieb optimálneho obhospodarovania lesa, kde by sa dala zaradiť aj ochrana pred požiarimi.

Všeobecne možno konštatovať, že na Slovensku nie je kvalita a hustota lesnej cestnej siete dostatočná a dosahuje približne iba 30-50% hustoty niektorých vyspelých európskych krajín. V roku 2015 podiel vlastných ciest triedy 1L dosahoval len 17,35%, s využitím cudzích ciest 1L necelých 24%. V tomto prípade ide o cesty, ktoré sú prioritné pre využitie k doprave hasiacich látok prostredníctvom hasičských CAS (Chromek, 2017).

Pokiaľ nie je možné dostať sa s hasiacou technikou čo najbližšie k požiarisku, likvidácia požiaru býva extrémne problematická a v mnohých prípadoch až nemožná. Navyše hasiči v súčasnosti nedisponuje ani dostatočným množstvom leteckej hasiacej techniky a sieťou vodných nádrží umožňujúcich ju použiť. Vo všeobecnosti pretrváva absencia snahy o obnovu vodných nádrží, vybudovaných pre potreby lesov v minulosti. Podobnosť problému, v rámci Stredoeurópskeho priestoru potvrdzujú aj najnovšie výskumy v Českej republike (Holuša a kol., 2017).

Ďalším dôvodom pre šírenie lesného požiaru je nedostatočné vybudovanie protipožiarnych prvkov (protipožiarne rozčleňovacie pásy, protipožiarne rozčleňovacie priesečky, izolačné Kienitzove pruhy, spevňovacie izolačné protipožiarne pásy a i.). Absencia týchto prvkov umožňuje rýchle šírenie ohňa, predĺženie a sťaženie samotného hasenia.

Ak vezmeme v úvahu fakt, že cca 57% lesov Slovenska je zaradených do niektorej z kategórie chránených území, resp. cca 90% výmery národných parkov sa nachádza na lesnom pôdnom fonde, tak existuje malý predpoklad možnosti dobudovania preventívnych protipožiarnych prvkov, a to najmä z dôvodu silného odporu „ochranárskych“ inštitúcií.

Z existujúcich analýz vyplýva, že za najviac ohrozené lokality je potrebné považovať nielen územia národných parkov, ale aj všetky lesy s nadmorskou výškou nad 800 metrov.

- **Modelový softvér šírenia lesného požiaru ako nástroj prevencie**

Nové výsledky aplikačného výskumu, vrátane modelovania lesných požiarov, by mali prispieť ku kvalitnejšiemu a objektívnejšiemu posudzovaniu rizika šírenia lesného požiaru a tým aj k predikcii možného ohrozenia, vývoja a zachovania ekologickej stability lesných porastov.

Cieľom výskumu je vytvorenie nového softvérového nástroja, ktorý bude brať do úvahy všetky potrebné aspekty ovplyvňujúce šírenie lesného požiaru. Ide o komplexný a nehomogénny lesný habitát, reálnu topografiu zeme a meniace sa poveternostné podmienky. Matematický model šírenia frontu lesného požiaru bude založený na vývoji 3D kriviek predstavujúcich hranice požiaru, pohybujúcich sa po povrchu určenom reálnou zemskou topografiou horiacej plochy lesa. Takýto numerický model sa implementuje do nového softvérového nástroja umožňujúceho počítačové simulácie šírenia frontu lesného požiaru v reálnom čase. Doladenie parametrov a testovanie výsledkov bude prebiehať v komplexnom lese, topografii a poveternostných podmienkach vo vybraných teritóriách Slovenska, vrátane porovnania so skutočnými simulovanými lesnými požiarimi.

Návrh odporúčaní pre prax

Na základe vyššie uvádzaných informácií, dostupných dát a vykonaných analýz v rámci riešených protipožiarnych projektov odporúčame pre lesnícku prax za účelom eliminácie možných rizík vzniku a šírenia lesných požiarov nasledovné návrhy:

- pre jednotlivé územia (lesné správy, OZ) vypracovať protipožiarne projekty;
- v lesných porastoch, najmä pri ich zakladaní, budovať a obnovovať protipožiarne prvky;
- riziko vzniku lesných požiarov hodnotiť pomocou moderných softvérových programov napr. FireRisk:SK (spoločný vývoj SvF STU v Bratislave a LF TU vo Zvolene);
- maximalizovať plochy pre realizáciu monitoringu s využitím kamerových systémov;
- organizovať školenia zamestnancov so zameraním na spracovanie a aktualizáciu protipožiarnej dokumentácie a projektov;
- zabezpečiť monitorovanie sekundárnych a terciárnych dôsledkov lesných požiarov a vypracovávať preventívne opatrenia;
- zamerať pozornosť na pravidelnú osvetu a propagáciu.

Literatúra

- HLAVÁČ, P., CHROMEK, I. MAJLINGOVÁ, A., OSVALD, A. A KOL.: Projekt protipožiarnej ochrany lesa na území Vysokých Tatier po vetrovej kalamite. Realizačný projekt. Zvolen: TU vo Zvolene, 2005. 67 s.
- HLAVÁČ, P., CHROMEK, I.: Lesné požiare a integrovaný systém ochrany lesov pred požiarimi. Zvolen: TU vo Zvolene, 2016, CD nosič, 81 s., ISBN 978-80-228-2930-4.
- HOLUŠA, J. A KOL.: Zdroje vody v krajine ve vztahu k hašení lesních požárů. Výzkumný projekt NAZV- QJ1620454. Praha: ČZU, 2017. [cit. 2017-05-27] Dostupné na internete: <http://hasles.cz>.
- CHROMEK, I.: Distance of water resources and their impact on long-distance water transport for extinguishing forest fires. In: Fire Protection, Safety and Security 2017. Zborník z konferencie. Zvolen: TU vo Zvolene, 2017, s. 275-284, ISBN 978-80-228-2957-1.

LALKOVIČ, M., LONGAUEROVÁ, V.: Letecký požiarny monitoring na Slovensku. In: Aktuálne problémy v ochrane lesa. Zborník referátov. Zvolen: NLC, 2011, s. 118 – 122.

Štatistika požiarov lesných porastov na území Slovenska v rokoch 2007 – 2012. [cit. 2013-05-12] Dostupné na internete: <http://www.minv.sk/?hasicitrencin&sprava=statistika-poziarov-lesnych-porastov-na-uzemi-slovenska-v-rokoch-2007-2012>.

Podakovanie

Príspevok vznikol v súvislosti s riešením projektu APVV-0744-12.

Ing. Pavol Hlaváč, PhD.,



– pôsobí v súčasnosti ako vysokoškolský učiteľ na Katedre integrovanej ochrany lesa a krajiny LF TU vo Zvolene. Profesionálne je zameraný na ochranu lesa, lesnícku fytopatológiu a arboristiku. V rámci ochrany lesa sa špecializuje na problematiku lesných požiarov. Bol vedúcim riešiteľského kolektívu realizačného projektu protipožiarinej ochrany lesa vo Vysokých Tatrách

po vetrovej kalamite. Aktívne pôsobí aj v DHZ TU vo Zvolene.

Mgr. Ing. Ivan Chromek, PhD.



– je pracovníkom KPO DF TU vo Zvolene. Svoje predchádzajúce skúsenosti z lesníctva a ozbrojených síl využíva v pedagogickej a výskumnej činnosti, ktorá je zameraná na ochranu lesov pred požiarmi, taktiku, techniku a organizáciu hasičských jednotiek. Je autorom alebo spoluautorom vyše 200 publikácií s uvedenou tematikou. Popri

pedagogickej práci pôsobí aj v dobrovoľnom hasičstve - DPO SR, kde je členom prezídia – predsedom republikového výcvikového štábu a predsedom KV DPO SR v Banskej Bystrici.

Prof. Ing. Jaroslav Kmeť, PhD.,



– je zameraný na fyziológiu rastlín, stresovú fyziológiu rastlín a ekofyziológiu lesných drevín a porastov. Venuje sa problematike ekologického a ekofyziologického výskumu v lesných ekosystémoch, stresovej problematike drevín, patofyziológii lesných drevín a ich hromadnému odumieraniu.

Sledovanie fyziologických procesov drevín – kľúč k porozumeniu mechanizmov odozvy na stres

prof. Ing. Jaroslav Kmeť, PhD., Ing. Daniel Kurjak, PhD.

Súhrn

V súčasnosti je lesné hospodárstvo konfrontované s potrebou úpravy postupov, ktoré doposiaľ fungovali. Nárast podielu náhodných ťažieb a veľkoprošných kalamít súvisí často s nevhodným drevinovým zložením, fyziologickým oslabením porastov a následným napadnutím sekundárnymi škodcami. V príspevku venujeme pozornosť najčastejším a najzávažnejším príčinám zmien na úrovni fyziológie stromu. Miera poškodenia závisí zväčša od kombinácie mnohých faktorov, líši sa v závislosti od veku a druhu dreveniny, ale rôzni sa aj na úrovni jediného druhu. Podrobnejšie sa preto venujeme vnútrodruhovej variabilite buka na úrovni fotosyntézy a funkčnej anatómie dreva. Lepšie porozumenie mechanizmom poškodenia a odumierania stromov môže napomôcť pružnému a citlivému reagovaniu na meniace sa podmienky prostredia.

Stres a fyziologická reakcia drevín

Príčiny fyziologického oslabenia lesných porastov sú najčastejšie spájané s dlhodobým vplyvom znečistenia ovzdušia, s acidifikáciou pôdy a narušením minerálnej výživy, najmä však s meniacimi sa klimatickými podmienkami. Dlhšie trvajúce suchá striedané prívalovými dažďami, ako aj dlhšie obdobia s vyššími maximálnymi teplotami, budú rast a odolnosť drevín ovplyvňovať určite výraznejšie, než mierna zmena v priemerných úhrnoch zrážok a teplotách. Extrémne počasie môže viesť relatívne rýchlo k fyziologickému oslabeniu populácií drevín a následnému napadnutiu hmyzom, hubami a patogénmi a to aj v regiónoch, ktoré sú vo všeobecnosti považované za vhodné pre ten-ktorý druh.

Sucho je v súčasnosti považované za jeden z najvýznamnejších faktorov negatívne pôsobiacich na fyziologický stav drevín. Vedie k poklesu vodného potenciálu, k zatváraniu prieduchov rastlín a následne ku kavitáciám ciev, čím je limitovaný ďalší príjem vody aj CO_2 a tým tiež rýchlosť asimilácie. Vodný stres negatívne ovplyvňuje tiež príjem minerálnych látok limitujúcich rast.

Teplotný stres môže byť hlavným faktorom limitujúcim rozšírenie, adaptabilitu a produkčné schopnosti rastlín. Fotosyntéza je voči extrémnym teplotám mimoriadne citlivá, pričom negatívne ovplyvňované sú najmä aktivita enzýmu Rubisco pri asimilácii CO_2 ako aj fotosystém II. Vysoké teploty ovplyvňujú deficit tlaku vodných pár vo vzduchu, pričom jeho nárast vedie k zvýšeniu gradientu vodných pár medzi listom a atmosférou, k intenzívnejšiemu odparovaniu pri otvorených prieduchoch a neskôr k uzatváraniu prieduchov.

Úplné uzatvorenie prieduchov potom znemožňuje príjem CO_2 a ochladzovanie rastliny transpirovaním vody.

Nadmerné ožiarenie vedie k fotoinhibícii (dočasné prerušenie transportu elektrónov) až fotodeštrukcii (nezvratné poškodenie bunkových membrán) asimilačného aparátu. Veľké riziko predstavuje predovšetkým náhle oslnenie častí koruny, ktoré dlhodobo rástli zatienené, napríklad po ťažbe alebo kalamite. Jedince, ktoré rástli v husto zapojenom poraste majú tiež vyššie nasadenú korunu, odclonenie kmeňa tak spôsobí jeho prehrievanie a optimálne podmienky pre podkôrny hmyz.

Pôsobenie rôznych nepriaznivých faktorov sa väčšinou prekrýva, čím sa často prehľbuje ich negatívny efekt. Kombinovaný stres tak môže ovplyvniť prežívanie stromov ešte výraznejšie ako chronické pôsobenie jediného stresujúceho faktora. Nedostatok vody v pôde je napr. často sprevádzaný vysokými teplotami a nadmerným ožiarением asimilačných orgánov, čo spôsobuje ich prehrievanie, ďalšie straty vody a ďalšie zosilnenie stresu zo sucha.

Existujú však aj opačné mechanizmy, príkladom pozitívnej interakcie je zvýšenie odolnosti fotosystému II voči poškodeniu teplotným stresom u rastlín trpiacich suchom. To pomáha zamedziť poškodeniu PSII a udržať funkčnosť procesov spracovania svetla. Na druhej strane, ak už k poškodeniu PSII dôjde, kombinácia vysokej teploty a žiarenia znemožňujú regeneráciu PSII (Murata a kol. 2007).

Z uvedeného príkladu vidieť, že ekofyziologické vzťahy sú komplikované a kombinácia pôsobenia rôznych faktorov môže vyústiť do rôznej miery poškodenia. Navyše, odhady zmien klímy sa rôznia a nie sú pevným podkladom pre simulovanie fyziologických procesov. Bežne sú štúdie založené na riadených pokusoch s mladými jedincami a slabinou výskumu je často nerovnováha medzi takýmto druhom pokusov a pokusmi v reálnych podmienkach. Preto je niekedy náročné minimalizovať mieru rizika v rozhodovacom procese, aj napriek dobrej teoretickej znalosti problematiky. Preto ekofyziologický výskum v teréne, založený na podrobných poznatkoch z riadených pokusov, považujeme za zásadný pre rozhodovanie o porastoch.

V súvislosti s otepľovaním klímy sa znižuje hrúbkový prírastok drevín, ale mierne predĺženie vegetačnej doby môže čiastočne kompenzovať tieto straty. Bezpečnosť produkcie však do budúcnosti bude stále dôležitejším kritériom pre spôsob hospodárenia v lesných porastoch. V súčasnosti je často diskutovanou otázkou prenos lesného reprodukčného materiálu, ako opatrenia zmierňovania vplyvu klimatickej zmeny na lesy (viď kap. Gömöry). Čo najpodrobnejšie poznanie príčin a mechanizmov reakcie na stres je nevyhnutné pre rozhodovanie v tejto otázke a pre minimalizáciu rizík vyplývajúcich z prípadných opatrení. Otázkou, ktorá je dnes v centre pozornosti, je preto nielen reakcia jedinca, či variabilita medzi jednotlivými druhmi. Dôležitá je tiež vnútrodruhová variabilita v reakcii na primárne stresujúce faktory, najmä tie, ktorých pôsobenie bude v budúcnosti narastať na intenzite i frekvencii.

Výskum vnútrodruhovej variability buka

V rámci témy prenosu adaptovaného reprodukčného materiálu z oblastí s častejším výskytom sucha resp. vysokých teplôt sme sa venovali výskumu dvoch základných procesov limitujúcich prežívanie v extrémnych podmienkach klímy: vedenie vody a vznik kavitácií vodivých pletív resp. odozva procesov fotosyntézy. Využitie boli riadené nádobové pokusy resp. provenienčné plochy, na ktorých rastú jedince s rôznym pôvodom, pokrývajúcim európsky výskyt dreviny. Na ploche s viac-menej homogénnymi podmienkami sme potom pozorovali rozdiely vo fyziológii stromov adaptovaných na rôznorodé podmienky (podľa miesta pôvodu).

Na buku sme potvrdili rozdiely v reakcii fotosyntetických procesov (využitie energie svetla a asimilácia CO_2) na stres zo sucha medzi kontrastnými provenienciami (PV) na úrovni sadeníc (Pšidová a kol. 2015). V nádobových pokusoch však môže nastať situácia, kedy väčšia listová plocha neznamenaá výhodu v podobe väčšieho asimilačného zisku a hlbšieho prekorenenia substrátu, ale skôr nevýhodu v podobe väčšej transpirujúcej plochy. Aj preto sme ďalší experiment realizovali na cca 20-ročných stromoch na 5-tich provenienciách (Majerová, v tlači) s pôvodom v nadmorskej výške 55 až 1100 m n.m. Potvrdil sa súvis meraných charakteristík (funkčnosť primárnej fázy fotosyntézy, asimilácia CO_2 , početnosť a potenciálna vodivosť prieduchov) a klimatických charakteristík miesta pôvodu, najmä množstva zrážok počas vegetačnej sezóny. Vo všeobecnosti sme pozorovali významne efektívnejšie fungovanie stromov s pôvodom vo vyšších nadmorských výškach s vyšším zrážkovým úhrnom. Otázne je, či práve tieto jedince nebudú trpieť viac počas extrémnych rokov a aké sú fyziologické mechanizmy podobného javu. To je predmetom ďalšieho výskumu a čiastočne na tieto otázky odpovedá meranie parametrov, ktoré nepodliehajú dennej a sezónnej dynamike, ako je tomu pri procesoch fotosyntézy a ktoré určujú spôsob hospodárenia s vodou. V štúdiu na desiatich PV 20-ročných bukov s rozdielnym rastom sme porovnávali anatómiu dreva a charakteristiky hydraulkej vodivosti resp. náchylnosti na kavitácie počas sucha (Hajek 2016). Napriek tomu, že variabilita medzi jedincami bola väčšia než medzi provenienciami, zistili sme vzťah indexu aridity v mieste pôvodu a väčšiny parametrov anatómie dreva. Napr. rozmer ciev a potenciálna hydraulická vodivosť rástla s rastúcim indexom aridity. V rozpore s predpokladom sme nezistili vzťah medzi anatómiou dreva a náchylnosťou na kavitácie. Nepotvrdil sa tiež predpoklad, že produkčne slabšie proveniencie majú menšiu hydraulickú vodivosť a vyššiu odolnosť ciev voči kavitáciám. Zdá sa, že pomalšie rastúce PV kompenzujú stres zo sucha skôr rozdielnym počtom ciev, než rozdielmi v ich rozmeroch. Celkovo sa potvrdilo, že buk má vysoký stupeň genetickej variability a ako taký má relatívne dobré predpoklady na vysporiadanie sa s meniacimi sa podmienkami.

Poslednou uvádzanou oblasťou výskumu je reakcia fotosystému II buka na simulovanú vysokú teplotu (Kurjak

a kol., zaslané do redakcie). Pokus prebiehal na dvoch klimaticky kontrastných plochách, čo umožňuje zhodnotiť mieru krátkodobej aklimácie v mieste výsadby resp. dlhodobej adaptácie na podmienky prostredia v mieste pôvodu. Meraných bolo 18 PV na chladnejšej ploche a 10 PV na ploche s vyššími teplotami. Stres z vysokej teploty výraznejšie ovplyvňoval v lete jedince rastúce na chladnejšej ploche. Na začiatku leta (ešte pred prvým výskytom extrémnej teploty) sme však rozdiely nezaznamenali. Opäť sa potvrdil vzťah odolnosti PSII s klímou v mieste pôvodu, i keď len počas vrcholu leta. Rozdiely spôsobené klímou v mieste pôvodu jednotlivých proveniencií však boli významne menšie v porovnaní s rozdielmi spôsobenými klímou v mieste, kde boli vysadené. To poukazuje na vysokú schopnosť aklimácie PSII buka na dané teplotné podmienky.

V budúcnosti plánujeme porovnať charakteristiky namerané na buku s jedľou a so smrekom. To nám umožní komplexnejší pohľad na riziká resp. výhody spojené s prípadným prenosom materiálu jednotlivých druhov. Slovenská legislatíva prenos výsadbového materiálu neumožňuje, napriek tomu je potrebné túto možnosť v predstihu skúmať, keďže možné voľby budú v budúcnosti výrazne limitované novými podmienkami prežívania a produkcie lesných porastov.

Odporúčania pre prax

Všetky rozhodnutia dneška sú žiaľ konfrontované s neistou budúcnosťou. Odkladanie zavedenia súčasných poznatkov do lesníckej praxe s ohľadom na očakávané presnejšie výsledky však môže viesť v dlhodobej pasivite a mať ďalekosiahle následky (Hlásny 2014). Aj napriek neúplným poznatkom je preto potrebné prehodnotiť doposiaľ funkčné postupy, keďže je isté, že súčasné modely hospodárenia sú často dlhodobu neudržateľné. Progresívne a flexibilné rozhodovanie bude do budúca stále väčšou nevyhnutnosťou. Len tak možno zabezpečiť stabilnú produkciu v porastoch s dlhou rubnou dobou v meniacich sa podmienkach prostredia. Základnými nástrojmi zníženia rizík by mali byť nasledovné opatrenia:

- úprava drevinového zloženia v prospech drevín lepšie znášajúcich sucho a vysoké teploty a to najmä v najohrozenejších oblastiach,
- prehodnotenie možnosti prenosu materiálu pre výsadbu z oblastí, kde sú dreviny lepšie adaptované na extrémne podmienky,
- zmiešané lesy majú v porovnaní s rovnovekými monokultúrami lepší predpoklad odolávať rôznorodým stresujúcim faktorom,
- zameranie sa na zníženie rizika na akceptovateľnú mieru aj na úkor produkcie (postupné prevody smrekových monokultúr) môže viesť k dlhodobému zabezpečeniu funkcií lesa v oblastiach najviac ohrozených zmenami podmienok prostredia, ale v konečnom dôsledku aj k vyšším výnosom.

Použitá literatúra

- HAJEK, P., KURJAK, D. a kol., 2016: Intraspecific Variation in Wood Anatomical, Hydraulic, and Foliar Traits in Ten European Beech Provenances Differing in Growth Yield. *Frontiers in Plant Science* 7: 791.
- HLÁSNÝ, T., MÁTYÁS a kol., 2014: Climate change increases the drought risk in Central European forests: What are the options for adaptation? *Forestry Journal*, 60(1): 5–18.
- KURJAK D., KMEŤ J. a kol.: Performance and thermostability of photosystem II in European beech (*Fagus sylvatica* L.): acclimation rather than adaptation (unpublished).
- MAJEROVÁ J., KONŔPKOVÁ A. a kol., 2017: Adaptive variation in physiological traits of beech provenances in Central Europe. *iForest* (under review).
- MURATA N., TAKAHASHI S. a kol., 2007: Photoinhibition of photosystem II under environmental stress. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Bioenergetics*, 1767:414–421.
- PŠIDOVÁ E., DITMAROVÁ L. a kol., 2015: Photosynthetic response of beech seedlings of different origin to water deficit. *Photosynthetica* 53:187–194.

PodĎakovanie

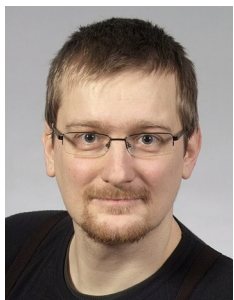
Uvedená práca vznikla za finančnej podpory projektu APVV-0480-12 a APVV-0744-12.

Prof. Ing. Jaroslav Kmeť, PhD.,



– je zameraný na fyziológiu rastlín, stresovú fyziológiu rastlín a ekofyziológiu lesných drevín a porastov. Venuje sa problematike ekologického a ekofyziologického výskumu v lesných ekosystémoch, stresovej problematike drevín, patofyziológii lesných drevín a ich hromadnému odumieraniu.

Ing. Daniel Kurjak, PhD.,



– v súčasnosti je odborným asistentom na Katedre integrovanej ochrany lesa a krajiny, kde vyučuje fyziológiu rastlín. Zaoberá sa najmä výskumom fyziologických reakcií (napr. fotosyntézy, prieduchovej vodivosti, hydraulickej vodivosti resp. náchylnosti na vznik kavitácií) vo vzťahu k stresujúcim faktorom prostredia. Hodnotenie vnútrodruhovej variability drevín v odozve na sucho a vysoké teploty pokrýva väčšiu časť oblasti záujmu.

Index listovej plochy a produkcia biomasy v bučinách po redukcii počtu úrovňových stromov neklesá

prof. Dr. Ing. Viliam Pichler

Súhrn

V súčasnej diskusii o podpore hodnotovej produkcie a diferencovanej štruktúry, t. j. aj stability porastov sú na poprednom mieste úrovňové a uvoľňovacie prebierky. Medzinárodný lesoekologický výskum v bučinách východného Slovenska v rokoch 2012 – 2017 priniesol v tejto súvislosti niekoľko zaujímavých výsledkov. Produkcia biomasy v prírodných bukových lesoch, určená indexom listovej plochy, neklesá ani po redukcii počtu stromov v dôsledku vzniku medzier v štádiu rozpadu, resp. vo vysokých vekových stupňoch. Vysoký index listovej plochy sa udržiava vďaka schopnosti buka produkčne veľmi rýchlo reagovať na uvoľnenie rastového priestoru, t. j. na prísun dodatočných zdrojov, najmä svetla, vody a živín. Aj pri rovnakom počte stromov na jednotku plochy bola fotosynteticky efektívna listová plocha korún významne väčšia v prírodných bukových lesoch ako v porastoch, kde bola aplikovaná prevažne podúrovňová prebierka. Tento rozdiel súvisí s takmer 1,5 – krát bohatšou štruktúrou korunovej vrstvy v prírodných lesoch. Na základe týchto výsledkov sa prikláňame k názoru, že podúrovňové prebierky nezabezpečujú optimálne využitie disponibilných zdrojov a vznik vhodne diferencovanej štruktúry porastov.

Pri silnejších úrovňových a uvoľňovacích zásahoch *s pozitívnym výberom* v bučinách, ktoré viac menej napodobňujú prirodzenú dynamiku lesa, teda nie sú na mieste obavy zo strát na produkcii — obzvlášť ak zásahy smerujú k vytvoreniu *viacvrstvových porastov*. Ďalším poznatkom je, že efektivita bukových ekosystémov pri viazaní uhlíka z atmosféry napriek doteraz prevládajúcim názorom neklesá ani vo veku ca 150 rokov. To potvrdzuje vysokú celospoločenskú hodnotu prírodných lesov a významne *koriguje miestami pretrvávajúce predstavy* o nevyhnutnosti začleňovať posledné zvyšky prírodných bukových lesov Slovenska do produkčného cyklu.

Spomínaný výskum (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112716312713>) sa uskutočnil v spolupráci Katedry prírodného prostredia Lesníckej fakulty TU (prof. Dr. Ing. Viliam Pichler) vo Zvolene a Univerzity v Göttingene (prof. Dr. Christoph Leuschner).



Autor je garantom študijného odboru Ekosystémové služby lesov. Ako člen Katedry prírodného prostredia LF TU vo Zvolene sa venuje výskumu lesných pôd a produkčných, regulačných a kultúrnych funkcií lesných ekosystémov a lesnej krajiny vo všetkých aspektoch. Od roku 2012 zastáva funkciu dekana Lesníckej fakulty. Je tiež členom Národného komitétu UNESCO pre program Človek a biosféra a členom Predstavenstva Slovenskej lesníckej komory.

Rekonštrukcie smrekových porastov (Poznatky a praktické skúsenosti)

prof. Ing. Milan Saniga, DrSc., Ing. Pavol Dendys

Súhrn

Odumierajúce a následne rozpadajúce sa smrekové porastové komplexy (orografické celky Oravské a Kysucké Beskydy, porastové komplexy Nízkych Tatier zmenené na rovnorodé smrekové porasty) znamenajú výraznú zmenu ich funkčného efektu a následne vysoké finančné vstupy pri ich opätovnej obnove. O stabilite porastových komplexov pôvodných drevín/zastúpenie jedľa, buk, smrek/nás presvedčajú historické dokumenty, ale aj poznatky z pralesovitých zvyškov v týchto nadmorských výškach napr. prales Ošust na poľskej strane pri hranici s LC Zákamenné, kde základnou drevinou pralesa je buk s prímiešanou drevinou jedľou a smrekom. Jedná sa v týchto nadmorských výškach o pôvodné lesné ekosystémy. Nakoľko dreviny buk a jedľa biela patria do kategórie tienných drevín je ich obnova (podsadbou) pod clonu rozpadávajúceho sa smrekového porastu veľmi vhodná. Takéto pestovné opatrenie vytvára optimálne ekologické podmienky pre adaptačný proces spomínaných drevín. V publikácii je prezentovaný celý komplex pestovných opatrení patriacich do kategórie podsadiieb. Práca prezentuje konkrétne poznatky a postupy s použitím predsadby ako formy umelej obnovy do rozpadávajúceho sa smrekového porastu, ktorá vytvára podmienky opätovného vytvorenia pôvodného drevinového zloženia následných porastov. Napriek rýchlemu odumieraníu smrekových porastov celé toto obdobie až po odstránenie posledných stromov využívajú podsadené dreviny zostatkový čas rozpadajúcej sa generácie smrekových porastov.

V prvom rade sa jedná o ich adaptáciu v takto vytvorených podmienkach prostredia a následne výškový rast. Okrem bezpečnejšieho zaistenia kontinuity, ktorá je pri kalamitných plochách veľmi neistá a s dôvodu extrémnych období horúčav s následným suchom v rámci vegetačnej doby veľmi nákladná, obidve podsádzané dreviny do budúcnosti vytvárajú predpoklad vysokej ekologickej stability novovzniknutých porastov. Voľba vhodného sadbového materiálu má tiež svoj podiel na úspechu rekonštrukcií smrekových porastov.

Pestovanie dubových porastov (Poznatky versus praktické skúsenosti)

Ing. Ján Farkaš, prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.

Súhrn

Adaptácia lesa na zmenu klímy bude významne lepšia, ak sa v poraste na určitých plochách nachádzajú súčasne rastové fázy nárastov, mladiny, žrdovín, dospievajúcich i dospelých kmeňovín. Takéto porastové štruktúry v prípade drevín buk a dub vytvárajú mozaikové porasty. Podľa klimatických predpovedí pre Európu očakáva sa v každom ročnom období zvýšenie priemerných teplôt a do konca 21. storočia miera oteplenia dosiahne až dva stupne. Uvedený proces spôsobuje hlavne zvýšená koncentrácia skleníkových plynov. Prírode blízke obhospodarovanie lesov s koncepciou mozaikových porastov resp. porastov s viac vrstvovou štruktúrou je ideálnym konceptom na adaptáciu porastov v najviac ohrozených lesných oblastiach, ktorá súvisí so zmenou klímy. Výsledky výskumu pralesov listnatých drevín hlavne duba zimného a buka pretransformované do pestovných postupov sú prezentované v tejto odbornej monografii.

Prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.



Autor je vedúcim Katedry pestovania lesa Lesníckej fakulty TU vo Zvolene, predsedom PRO SILVA Slovakia a členom európskeho výboru PRO SILVA. Výskumne sa orientuje na problematiku prírodných lesov a uplatňovaním ich poznatkov v prírode blízkom pestovaní lesa. Je autorom pestovnej koncepcie viacvrstvových mozaikových porastov a modelov výberkových lesov vo vybraných orografických celkoch Slovenska.

Lesnícka fakulta v súčasnosti

Lesnícka fakulta (LF) svojím zameraním zaujíma jedinečné postavenie v systéme slovenského vysokoškolského vzdelávania. Ako jediná fakulta poskytuje študijné programy vysokoškolského vzdelávania v študijných odboroch lesníctvo a poľovníctvo, rozvíja vedecký výskum s aplikáciou jeho výsledkov v lesníckej hospodárskej praxi. Svojim absolventom udeľuje akademické tituly bakalára (Bc.) a inžiniera (Ing.). Vedeckovýskumné zameranie fakulty sa odvíja od trendov svetovej lesníckej vedy a požiadaviek na profil absolventa. Súčasný nosný smer výskumu fakulty je zameraný na adaptívny manažment lesných ekosystémov v podmienkach globálnych zmien a neistoty. V prepojení na vedecký výskum fakulta organizuje doktorandské štúdium v študijných odboroch a udeľuje absolventom vedecko-akademickú hodnosť „philosophiae doctor“ (PhD.).

Najdôležitejším výstupom činnosti LF je lesný inžinier ako odborník, ktorého poslaním je príprava podmienok, organizovanie a riadenie lesnej výroby najprogressívnejšími prístupmi tak, aby sa zabezpečila ekologická stabilita a adaptívnosť lesných ekosystémov, ako aj plnenie funkcií lesa, najmä vodohospodárskych, pôdoochranných, klimatických, zdravotných, rekreačných a produkčných. S týmto cieľom lesný inžinier nielen dôkladne pozná lesné ekosystémy temperátnej zóny Európy a uvedomuje si ich spoločenskú, ekonomickú a prírodnú hodnotu, ale je pripravený účinne podporovať ich biodiverzitu a udržateľnosť v podmienkach globálnej zmeny klímy.

Medzi najväčšie úspechy LF v poslednom období je možné zaradiť jej popredné umiestnenia (v rámci Top 10) v hodnotení fakúlt vysokých škôl nezávislou Akademickou rankingovou a ratingovou agentúrou (ARRA). V skupine AGRO sa od roku 2013 až do súčasnosti umiestňuje na 1. mieste.

*Spolu
za udržateľnú
budúcnosť*

LESNICKÁ FAKULTA ZVOLEN



ISBN 978-80-228-2980-9



9 788022 829809