

Dlhodobý výskum a Ekologický experimentálny stacionár v Kremnických vrchoch

Barna, M.: Long-Term Research and Ecological Experimental Station in Kremnické vrchy Mts. *Životné prostredie*, 2016, 50, 1, p. 32 – 39.

The Ecological Experimental Station (EES) in Kremnické vrchy Mts. (Western Carpathians) was established in 1986 for purpose of long-term comprehensive study of the structure and processes of beech ecosystem. The aim of the research was to evaluate the productivity, carrying capacity and functioning of forest ecosystem. In 1989 on the EES were applied cutting intervention of different intensities (three differentiated shelterwood cuts and clear-cut) and one stand was left without any management treatment as a basis for comparisons. The advantages of shelterwood cut are enabling the formation of the new stand and the use of growth potency of the remaining trees. Results show that by applying various cutting methods, some attributes of beech ecosystem can change in the long-term (in terms of successional evolution and long lasting change), but the interventions intensity only had a short-term impact on some attributes and with the stand gradually converging towards the same values.

Key words: beech ecosystem, Western Carpathians, long-term research – LTER, natural regeneration

Jednoduchosť a pravidelnosť štruktúry bukových biogeocenóz a ich pomerne vysoká produkcia pritiahli celý rad bádateľov skúmajúcich lesné ekosystémy. Už Duvigneaud (1988) uvádza dobre preskúmané bukové ekosystémy (napr. Mirwart v Belgicku, Fontainebleau vo Francúzsku, Jolling v Nemecku, Kongalund vo Švédsku), v ktorých sa ťažili dospelé lesné porasty v priemernom veku sto a viac rokov.

Areál výskytu buka lesného (*Fagus sylvatica* L.) zaberá veľkú časť Európy. Na Slovensku je buk jednou z hospodársky najvýznamnejších drevín. S výnimkou nížin rastie na celom území od 2. bukovo-dubového do 6. smrekovo-bukovo-jedľového vegetačného stupňa. Má najväčšie (viac ako 32 %) zastúpenie zo všetkých drevín v lesoch Slovenska. Tvorí kostru ekologicky stabilných karpatských lesov.

Začiatkom 80. rokov 20. storočia v mnohých krajinách Európy bolo zaznamenané zhoršenie stavu lesov. Na globálnejšie riešenie daného problému vznikla potreba vytvoriť základňu na medzinárodnú vedeckú a politickú spoluprácu, čo iniciovalo spustenie *Medzinárodného kooperatívneho programu monitorovania a hodnotenia vplyvu znečisteného ovzdušia na lesy (International Co-Operative Programme on Monitoring and Assessment of Air Pollution Effect on Forests – ICP Forests)*. Na lepšie porozumenie prebiehajúcich procesov a mechanizmov poškodzovania, ako aj na získanie podrobnejších údajov o stave lesných ekosystémov a v nich pôsobiacich faktorov sa následne začiatkom 90. rokov minulého storočia na území jednotlivých štátov Európy zakladali trvalé monitorovacie plochy.

V rovnakom období Národná vedecká nadácia v USA (*National Science Foundation*) iniciovala program

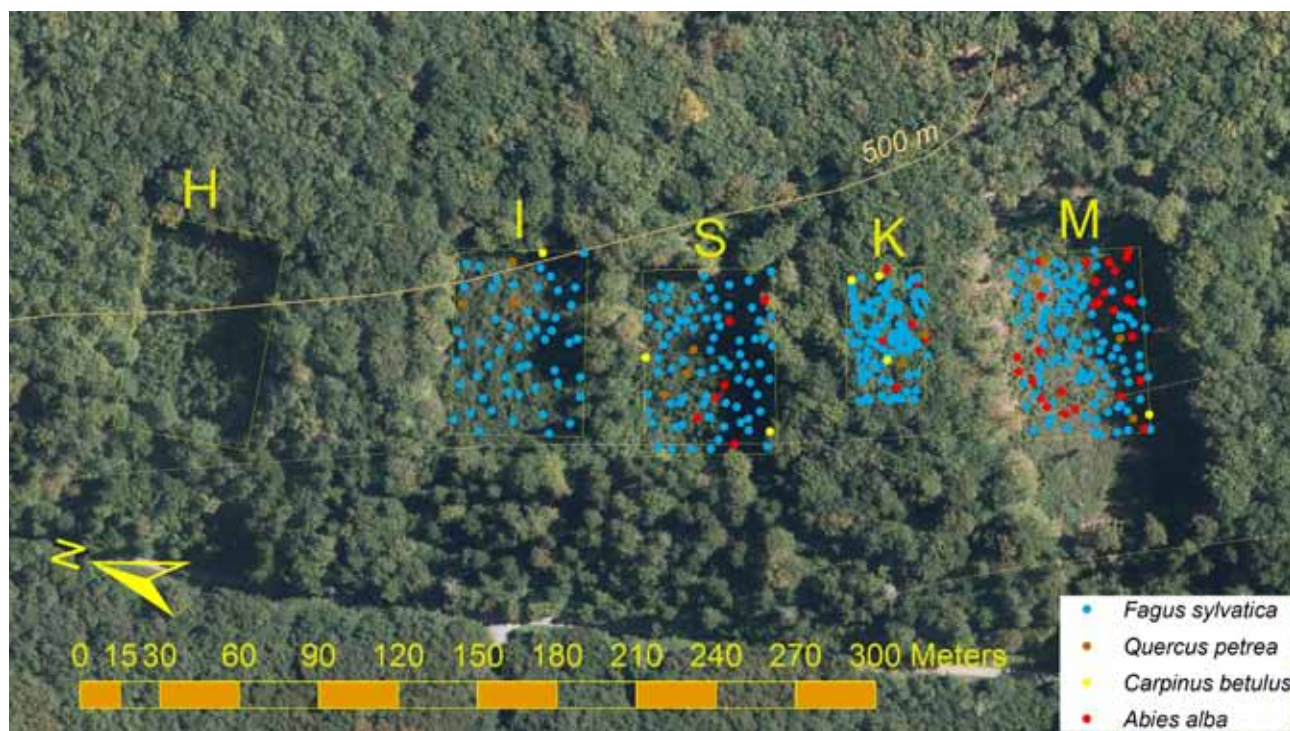
pre dlhodobý ekologický výskum (*Long-Term Ecological Research – LTER*), založený na dlhodobom komplexnom štúdiu štruktúry a procesov ekosystémov na vybraných lokalitách (Halada a kol., 2014). Tento prístup do značnej miery korešponduje s prístupom Medzinárodného biologického programu (IBP) v 60. a 70. rokoch minulého storočia. Idea LTER sa postupne rozšírila za hranice USA.

Takéto potreby na Slovensku vyústili do založenia Ekologického experimentálneho stacionára (EES) v Kremnických vrchoch v roku 1986. V roku 2008 sa EES Kremnické vrchy stal jednou zo siedmich lokalít zaradených do zoznamu lokalít s dlhotrvajúcim ekosystémovým výskumom siete LTER–Slovensko.

Ekologický experimentálny stacionár Kremnické vrchy

EES sa nachádza v juhozápadnej časti Kremnických vrchov (48°38' severnej zemepisnej šírky, 19°04' východnej zemepisnej dĺžky), patrí do 3. lesného vegetačného stupňa, živného radu B, skupiny lesných typov *Fagetum pauper inferiora* – lesný typ 3312 (ostricová bučina nižší stupeň). Fytocenózy sú zastúpené asociáciou *Carici pilosae-Fagetum* Oberd. 1958 a asociáciou *Dentario bulbiferae-Fagetum* (Zlatník 1935) Hartmann 1953. Z hľadiska Natura 2000 EES patrí do biotopu bukovej a jedľovo-bukovej kvetnatej lesy, kód 9130.

Nadmorská výška EES je od 470 do 510 m, má západjuhozápadnú expozíciu, sklon svahu od 13° do 20°. Priemerná ročná teplota vzduchu pre porovnávací normál (Svetovej meteorologickej organizácie – WMO) 1961 – 1990 na klimatologickej stanici Slovenského hydrometeorologického ústavu na Sliachi (5,5 km východne od EES) je 7,9 °C a priemerný ročný úhrn zrážok 685 mm.



Obr. 1. Na snímke z roku 2005 je znázornená lokalizácia všetkých stromov na jednotlivých plochách Ekologického experimentálneho stacionára Kremnické vrchy po prvom ťažbovom zásahu v roku 1989. Zdroj: Ortofotosnímka vytvorená v rámci projektu Centrum excelentnosti pre podporu rozhodovania v lese a krajine s finančnou podporou zo štrukturálnych fondov EU (ASFEU, ITMS 20220120069), ďalšie údaje doplnil a spracoval Vladimír Šebeň

Vysvetlivky: Porastové plochy: H – holorub, zakmenenie 0,0; I – po intenzívnom ťažbovom zásahu, zakmenenie 0,3; S – po strednom ťažbovom zásahu, zakmenenie 0,5; M – po miernom ťažbovom zásahu, zakmenenie 0,7; K – kontrolná plocha, porast bez zásahu, zakmenenie 0,9

Z pôdných typov prevažuje kambizem andozemná (Andosolic cambisol) s vysokým obsahom skeletu od 20 do 60 % a podľa percentuálneho zastúpenia zrnitostných frakcií sú tu stredne ťažké pôdy (prachovito-hlinitá zemina).

Schéma Ekologického experimentálneho stacionára

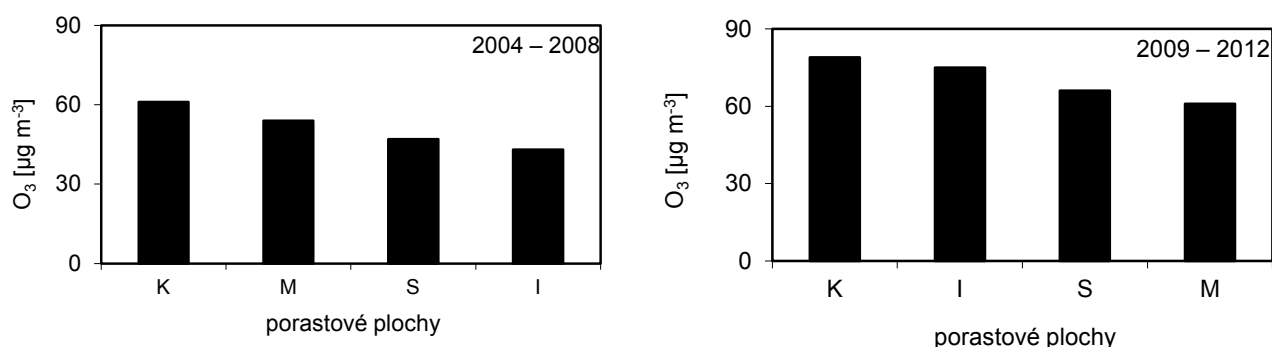
V období zakladania EES v roku 1986 bol lesný porast tvorený zmiešanou, 85-ročnou kmeňovinou so zastúpením: buk obyčajný 62 %, jedľa biela 22 %, dub žltkastý 7 %, hrab obyčajný 6 %, lipa malolistá 3 % s nerovnomerným zakmenením 0,8 – 0,9. Do začiatku výskumu (pred rokom 1986) bol porast obhospodarový lesnou prevádzkou. Začiatkom roka 1989 boli uskutočnené ťažbovo-obnovné zásahy rôznej sily tak, aby tri plochy EES reprezentovali fázy clonného rubu a jedna maloplošného holorubu. Pôvodné zakmenenie lesného porastu (0,9) na jednotlivých plochách sa zmenilo nasledovne (obr. 1):

- plocha H, zakmenenie 0,0; počet stromov 0 N.ha⁻¹ – holorub;
- plocha I, zakmenenie 0,3; 160 N.ha⁻¹ – intenzívna ťažba;

- plocha S, zakmenenie 0,5; 243 N.ha⁻¹ – stredná ťažba;
- plocha M, zakmenenie 0,7; 397 N.ha⁻¹ – mierna ťažba;
- plocha K, zakmenenie 0,9; 700 N.ha⁻¹ – porast bez zásahu (kontrolná plocha).

Pätnásť rokov po prvom ťažbovom zásahu (vo februári 2004) sa vykonal ďalší clonný rub s tým, že na ploche I bol urobený dorub, na ploche S a ploche M sa znížilo zakmenenie na 0,3 a 0,5. Po ďalších piatich rokoch (vo februári 2009) bol vykonaný dorub už aj na porastových plochách S a M. V súčasnosti výskum na EES prebieha na kontrolnej ploche v poraste dospelých 115 až 120-ročných bukov a na ostatných plochách (M, S, I, H) je výskum zameraný na vývoj bukových ekosystémov z prirodzenej obnovy.

Predmetom výskumu sú všetky živé jedince stromov na výskumných plochách. Zisťuje sa druh dreviny, počet stromov, ich hrúbka, výška a sociologické postavenie materského a následného porastu. Plochy mali rozmer 70 × 50 m okrem plochy H, ktorá mala 80 × 50 m a kontrolná plocha mala 50 × 30 m. Veľkosť všetkých výskumných plôch na EES po doťažení materských stromov z izolačných pásov okolo zasahovaných plôch (v decembri 2012) sa zjednotila na 0,35 ha (70 × 50 m).



Obr. 2. Priemerné koncentrácie ozónu (O₃) v jednotlivých porastoch Ekologického experimentálneho stacionára po druhom (2004 – 2008) a po treťom (2009 – 2012) ťažbovom zásahu

Vysvetlivky: Porastové plochy: K – kontrolná plocha, M – po miernom ťažbovom zásahu, S – po strednom ťažbovom zásahu, I – po intenzívnom ťažbovom zásahu

Plocha H z dôvodu okrajového poškodenia ťažbou na izolačných pásoch sa zmenšila a kontrolná plocha K z dôvodu odrastania okolitých porastov sa čiastočne rozšírila do pôvodných izolačných pásov. Aby nedošlo k znehodnoteniu výskumu poškodením lesnou zverou, areál EES (5,0 ha) je oplotený.

Oblasti výskumu na Ekologickom experimentálnom stacionári Kremnické vrchy

Základná štruktúra multidisciplinárneho výskumu vychádzala z projektu autorov Voško a kol. (1986) a bola zameraná na poznanie bukoveho ekosystému, jeho aktivít a vzájomných väzieb. Takéto riešenie vytvorilo niekoľko samostatných štruktúrnych celkov: ekotop a spoločenstvá organizmov, prebiehajúce procesy v komponentoch ekosystému, komplex fungovania celého ekosystému a transformácia výstupov ekosyntéz pre vedeckú a praktickú oblasť.

Výstupy z dlhodobého ekosystémového výskumu a monitorovania sa môžu zaradiť do určitých oblastí, ktoré sa vzájomne prelínajú v širších či užších ekologických vzťahoch. Napríklad produkčno-ekologický výskum bol orientovaný na vývoj materského porastu, prirodzeného zmladenia, bylinnej fytozložky, ale aj na plodnice makromycetov v súvislosti s rôznymi rubnými postupmi. V stručnosti uvádzame len niektoré oblasti s vybranými výstupmi.

Kvalita ovzdušia: vstup protónovej záťaže

Výskum kvantity špecifických imisných látok (H⁺) v bukových porastoch EES ukázal, že vstup protónovej záťaže na jednotlivé plochy bol najvýraznejšie ovplyvnený ťažbovým zásahom v prvých troch rokoch po ťažbe. Desať rokov po rubnom zásahu sa rozdiely vstupu protónovej záťaže medzi plochami vyrovnávali s dynamicky sa meniacim zápojom korún. Po opakovanom ťažbovom zásahu, ktorý bol realizovaný 15 rokov po

prvom zásahu, bol najväčší rozdiel v hodnotách protónovej záťaže (H⁺) medzi kontrolnou plochou a plochou s nárastom mladiny (pôvodne intenzívny zásah – plocha I; Kellerová, Janík, 2014).

Vstup špecifických znečisťujúcich elementov do lesného prostredia

Prízemný ozón (O₃) predstavuje v súčasnosti jeden z najzávažnejších problémov znečisteného ovzdušia Európy. Jeho pôsobenie na vegetáciu, teda aj na listnaté a ihličnaté dreviny, môže byť negatívne až deštruktívne, čo je znepokojujúce vzhľadom k tomu, že územie strednej Európy je značne zalesnené. Z výsledkov modelového experimentu v bukových porastoch EES vyplýva, že systematicky najvyššie koncentrácie ozónu boli počas celého výskumu na ploche K (kontrolná plocha bez ťažby). Najnižšie hodnoty boli na plochách, ktoré boli najviac preriedené alebo bez materského porastu (obr. 2). Dospelý porast sa javí ako potenciálny producent izoprénu (BVOC – Biogenic Volatile Organic Compounds, biogénne prchavé organické zlúčeniny). Výsledky výskumu ukazujú, že vstup O₃ do bukových porastov s modifikovaným zakmenením môže byť rozdielny podľa fázy rastu, v ktorej sa daný porast nachádza. Znamená to, že tu môžu zohrávať určitú úlohu prekursori tvorby ozónu (BVOC), ktoré sú produkované za istých podmienok samotnými lesmi. Nárast koncentrácií ozónu a taktiež teplôt vzduchu sa i v tejto podhorskej oblasti javí ako rizikový, aj keď koncentrácie nedosahujú extrémny z iných oblastí Slovenska a strednej Európy (Janík et al., 2015).

Dynamika vstupu živín zrážkami

Z celého obdobia výskumu, zameraného na kvantifikáciu vstupu horčíka (Mg²⁺) do bukoveho porastu a na holinu, bola priemerná ročná hodnota vstupu Mg²⁺ do pôdy v poraste vyššia (3,56 kg.ha⁻¹) ako na voľnej ploche (2,99 kg.ha⁻¹). To znamená, že množstvo Mg²⁺, ktoré sa

Tab. 1. Priemerné mesačné teploty vzduchu (°C) za obdobie marec 2008 – február 2009 v jednotlivých porastoch Ekologického experimentálneho stacionára Kremnické vrchy s rôznou denzitou materských stromov

Mesiac	Lesná holina	Mladina (I)	Silná ťažba (S)	Mierna ťažba (M)	Kontrolná plocha (K)
Marec	3,16	3,40	3,14	3,40	3,38
Apríl	9,36	9,89	9,28	9,65	9,55
Máj	14,14	14,64	13,83	14,22	13,85
Jún	17,39	17,58	16,95	17,36	16,89
Júl	17,73	17,83	17,42	17,80	17,42
August	17,66	17,85	17,49	17,91	17,61
September	12,41	12,59	12,41	12,70	12,59
Október	9,16	9,30	9,17	9,42	9,41
November	4,57	4,68	4,68	4,85	4,92
December	0,55	0,57	0,78	0,90	0,99
Január	-4,09	-3,96	-3,98	-3,75	-3,69
Február	-1,33	-1,06	-1,27	-1,04	-1,02

Vysvetlivky: Porastová plocha: lesná holina – zakmenenie 0,0; I – 20-ročná buková mladina z prirodzenej obnovy; S – zakmenenie 0,3; M – zakmenenie 0,5; K – zakmenenie 1,0

dostáva na povrch lesnej pôdy po prechode korunovou vrstvou, sa v poraste zvyšuje v priemere o 19 % oproti voľnej ploche. Podľa jednotlivých ročných sezón najvyššie vstupy Mg^{2+} boli na jeseň, najnižšie v zime. Aj keď celková depozícia Mg^{2+} v zime bola najnižšia, rozdiel medzi lesom a holinou bol najväčší (57 %). Vstupy Mg^{2+} boli v rokoch 1986 – 1995 podstatne väčšie (cca o 45 – 60 %) než v nasledujúcom období 1996 – 2000 (Dubová, Bublinc, 2002). Dlhodobým výskumom zmiešanej depozície, ktorá vstupuje do lesných ekosystémov, sa zistilo, že počas 15 rokov podkorunové zrážky vniesli na povrch lesnej pôdy značné množstvo ďalších živinových a znečisťujúcich látok (191 kg vápnika, 383 kg draslíka, 56 kg horčíka, 181 kg dusíka a 372 kg síry na jeden hektár; Bublinc, Dubová, 2003). Vplyvom kyslých dažďov dochádza k vytlačaniu kationov Mg^{2+} , Ca^{2+} a K^+ z pôdneho sorpčného komplexu. Nežiaduca je najmä strata Mg^{2+} , lebo tento biogénny prvok je často deficitným prvkom v silno kyslých pôdach. Pokles hladiny horčíka v pôde znižuje jeho úroveň v listovej biomase, čím sa môže obmedziť i fotosyntéza (Barna a kol., eds., 2011).

Vnútroporastové klimatické zmeny

V prirodzených bukových porastoch možno konštatovať značnú horizontálnu a vertikálnu heterogenitu ich mikroklimy. To isté platí aj pre antropicky ovplyvnené porasty (napr. ťažbovými zásahmi) s tým, že po narušení ich štruktúry dochádza k ďalšej zmene parametrov jednotlivých klimatických prvkov, teda aj teploty (tab. 1). Zaznamenaný je napr. významný posun v dennom chode teploty vzduchu medzi holinou (plocha H) a kontrolnou plochou (K) bez zásahu. Absolútne hodnoty dennej maximálnej teploty vzduchu sú nižšie v zapojenom poraste (napr. konkrétne v roku 2008 na kontrole bolo maximum 28,94 °C) v porovnaní s holinou (32,93 °C), kým v prípade mínim je to opačne. Teplotné pomery

v porastoch rastúcich na svahoch s rôznou expozíciou primárne závisia od podmienok turbulentnej výmeny, ktoré sú založené na energetickej bilancii povrchu lesnej pôdy so špecifickým sklonom a od advekcie tepla.

Priemerná mesačná vlhkosť vzduchu je najvyššia v mladých porastoch, kým v zapojenom dospelom poraste je spravidla najnižšia. Teplota pôdy má v ročnom chode podobný priebeh ako teplota vzduchu s kulmináciou v auguste a s minimom spravidla vo februári, ale jej amplitúda je v porovnaní s teplotou vzduchu menšia. Štruktúra porastu významne vplyva na výskyt extrémnych hodnôt teploty pôdy. V zapojenom poraste sú hodnoty absolútnej minimálnej teploty vyššie ako v redších porastoch, kým v prípade absolútnych maxím je to opačne. Premrzanie pôdy v bukových porastoch v zimnom období je závislé od konkrétneho stanovišťa a od existencie snehovej pokrývky (Barna a kol., eds., 2011).

Vplyv hospodárenia na hrúbkový prírastok materského porastu

Jedným z najekologickejších spôsobov hospodárenia v lesoch je clonný rub. Ekologické podmienky počas obnovnej doby sa menia od plne zapojeného porastu až po podmienky voľnej plochy. Rozpojenie korunového zápoja a zníženie hustoty porastu výrazne podporuje prírastky zostávajúcich stromov. Významnosť vplyvu presvetlenia clonným rubom rôznej sily na hrúbkový prírastok bukov materského porastu sa hodnotil v dvoch obdobiach (1989 – 1995, 1996 – 2001). Najvyššie prírastky boli zaznamenané na ploche so silným ťažbovým zásahom (plocha I) a najmenšie na ploche K bez zásahu. Z dosiahnutých výsledkov sa zistilo, že čím bol zásah v rámci clonného rubu silnejší, tým boli prírastky medzi hrúbkovými stupňami vyrovnaneršie, a čím bol zásah slabší, tým sa viac prejavovala závislosť hrúbkového prírastku od aktuálnej hrúbky stromov (čo má

súvis s postavením stromu v poraste). Pri silnom ťažbovom zásahu sa reakcia buka formou svetlostného prírastku prejavovala počas obidvoch sledovaných období v takmer nezmenenej intenzite. Pri stredne silnom zásahu na ploche S a miernom zásahu na ploche M sa zvýšený prírastok prejavoval kratšie obdobie v závislosti od sily zásahu (Barna et al., 2010).

Alokácia biomasy

Pri porovnaní distribúcie biomasy alebo percentuálnom rozložení jednotlivých častí stromovej biomasy bolo zistené, že percentuálne najviac najjemnejších častí je pri podúrovňových stromoch: listy – 10,0 %, najjemnejšie konáre (v hrúbkovej kategórii 0,1 – 1,5 cm) – 24,3 %, (1,6 – 3,0 cm) – 26,8 %, a najviac najhrubších častí je pri predrastavých stromoch: konáre (v hrúbkovej kategórii 3,1 – 5,0 cm) – 19,0 %, (5,1 – 7,0 cm) – 21,3 %, (7,1 – 10,0 cm) – 18,1 %. Pre distribúciu biomasy bukov rôzne situovaných v rámci porastovej úrovne boli pozorované určité závislosti (Barna a kol., eds., 2011):

- postupnosť percentuálneho zastúpenia jednotlivých častí biomasy od najväčšej bola: kmeň – konáre – korene – peň – listy – púčiky – plody;
- zastúpenie všetkých najhrubších častí biomasy (hrubé konáre, korene, peň a kmeň) klesá s klesajúcim postavením stromu v poraste, pri celkovom hodnotení konárov je to opačne – s klesajúcim postavením stromu v poraste rastie ich percentuálne zastúpenie (predrastavý – 12,3 %, úrovňový – 13,1 %, vrastavý – 19,0 %), to platí aj pre najtenšie kategórie konárov a ostatné časti biomasy (korene, listy, púčiky a plody).

Kvantitatívno-morfologické znaky asimilačných orgánov

Slnčné žiarenie pri prechode viacerými etážami korún stromov je absorbované a čiastočne zužitkované. Tienené listy toto zníženie kompenzujú väčšou listovou plochou. Preto v zhode s adaptabilitou listov na intenzitu žiarenia listová plocha na predrastavých a úrovňových stromoch sa zväčšovala od hornej tretiny koruny k dolnej. Predrastavé stromy mali v každom poraste dostatok svetla, preto sa pri nich nemenila významne listová plocha so silou ťažby. Na variabilitu veľkosti listov úrovňových stromov už nevyplýva najviac tretina koruny, ako to je pri predrastavých stromoch, ale sila ťažbového zásahu. V tejto stromovej triede veľkosť listovej plochy už rastie so zakmenením, t. j. čím hustejší je porast, tým väčšie sú listy. Ide tu o morfológickú adaptáciu na rôzne svetelné podmienky, v ktorých sa listy dospelých stromov buka vyvíjali a rástli. Na kontrolnej ploche bola porastová úroveň takmer úplne zapojená a celá koruna podúrovňových stromov mala približne rovnaké svetelné podmienky (hodnoty listovej plochy boli homogénne).

Na plochách M a S, kde došlo k miernemu až silnému ťažbovému zásahu, boli rozdiely medzi tretinami korún priemernej listovej plochy už väčšie (plocha M 2,67 cm², plocha S 6,63 cm²). Došlo tu však k zaujímavému javu: veľkosť listov s klesajúcou tretinou koruny sa nezväčšovala ako pri predrastavých a úrovňových stromoch, ale sa zmenšovala (Barna, 2004).

Opad v bukovom ekosystéme

Každoročný opad zo stromov vytvára významnú časť organickej hmoty prichádzajúcej do pôdy a slúži ako podstatný zdroj hmoty a energie pre dekompozičné procesy. Kvalita a kvantita opadu spolu s rýchlosťou jeho rozkladu vplyvajú na kolobeh živín, a tým nepriamo ovplyvňujú stabilitu lesného ekosystému.

Podľa výsledkov kontinuálneho výskumu, ako aj z rozboru literatúry vyplýva, že produkcia opadanky (opadanka na rozdiel od opadu je zachytená v opadomeroch a nepodlieha ďalším zmenám) bukového ekosystému v priebehu rokov kolíše v intervale od 2,5 t.ha⁻¹.rok⁻¹ do 5,6 t.ha⁻¹.rok⁻¹. Jej kvantita závisí od viacerých faktorov – prírodných (množstvo zrážok vo vegetačnom období, včasnosť príchodu mrazov, existencia neskorých mrazov, tvorba semena), ale aj ovplyvňiteľných človekom (rubné zásahy, druhová skladba porastu, zakmenenie). V rozličných podmienkach jeden a ten istý typ lesa produkuje rozličné množstvo opadu. Vývoj produkcie opadu v časovom rade siedmich rokov v závislosti od rôzneho zakmenenia bukového porastu mal tiež svoju dynamiku. V roku 1989 bolo rozdelenie opadanky presne v súlade s intenzitou ťažbových zásahov. V nasledujúcom roku sa tento trend zachoval s výnimkou plochy M, kde pravdepodobne mierny zásah vyvolal väčšiu produkciu opadanky než na ploche K. Počas obdobia rokov 1989 – 1991 celková produkcia opadanky na EES bola okolo 3 t.ha⁻¹.rok⁻¹. Neskôr (v rokoch 1994 – 1995) bol zaznamenaný nárast produkcie opadanky na všetkých plochách (Barna a kol., eds., 2011). Najväčšia produkcia bola zaznamenaná v roku 1995 na ploche M (5,6 t.ha⁻¹) a hranica 5 t.ha⁻¹ bola prekročená aj na kontrolnej ploche v roku 1994 (5,1 t.ha⁻¹).

Vegetačná dynamika rastlinných spoločenstiev

Výskum dynamiky bylinnej synúzie dvoch lesných spoločenstiev v hospodársky manažovanej podhorskej bučine EES poukázal na zmeny v ich štruktúre, predovšetkým na antropicky ovplyvnených plochách (Kuklová et al., 2005). Tiež boli pozorované zmeny v populačnej dynamike dvoch dominantných druhov bylín ostrice chlpatkej (*Carex pilosa*) a zubačky cibulkonosej (*Dentaria bulbifera*). Podľa Shannonovho-Wienerovho indexu sa spoločenstvá radia do kategórie s nízkym stupňom druhovej diverzity okrem plochy bez stromového poschodia, kde spoločenstvá dosiahli stredný stupeň druhovej diverzity. Priemerné Ellenbergove hodnoty pre faktory svetlo a dusík sa významne zmenili len

na antropicky ovplyvnených plochách, kým v prípade teploty a vlhkosti neboli ani tu pozorované významné zmeny (Schieber et al., 2015).

Mykologický výskum

Mykoflóra bukových porastov južnej časti Kremnických vrchov sa skúma na EES od roku 1990. Medzi vzácne sa vyskytujúce a ohrozené huby zistené v porastoch EES môžeme zaradiť druhy: *Coenococcum geophilum*, *Habrostictis rubra*, *Nectria punicea*, *Sphaerostibella aureonitens* (Ascomycota), *Hymenogaster olivaceus*, *Mycena stipitata*, *Phaeocollybia festiva*, *Pseudotomentella tristis* (Basidiomycota) a *Cryptococcus podzolicus* (Cystofilobazidiales). Medzi makromycéty so zriedkavým až vzácnym výskytom na Slovensku môžeme zaradiť aj druhy: *Helvella lacunosa*, *Hymenoscyphus fagineus*, *Orbilbia luteorubella*, *Cortinarius venetus* var. *montanus*, *Chrysomphalina chrysophyllum*, *Hericium coralloides* (obr. 3), *Lentaria mucida*, *Pluteus salicinus*, *Sarcodon imbricatus*, *Tricholoma virgatum*, *Xerula pudens* a iné. Z makromycétov, ktoré sú charakteristické pre podmienky teplomilnej panónskej flóry sa tu vyskytujú: *Amanita vaginata*, *Basidioradulum radula*, *Boletus regius*, *B. subapplendiculatus*, *Marasmiellus foetidus*, *Phallus impudicus*, *Russula aurea*, *Scleroderma citrinum*, *Tricholoma acerbum*. Z druhov, ktoré majú optimum výskytu vo vyššie položených jedľobučinách a smrečinách boli zistené: *Armillaria ostoyae*, *Climacocystis borealis*, *Gloeophyllum abietinum*, *Lepista flaccida*, *Omphalina epichysium*, *Pholiota flammans*, *Pseudohydnum gelatinosum*, *Rickenella fibula* a iné (Mihál, 2012).

Nekrotické ochorenie kôry buka

Ako jednu z možných príčin zhoršeného zdravotného stavu bukových porastov na EES Kremnické vrchy môžeme uviesť ochorenia tracheomykózneho typu, ktoré sa prejavuje zvýšenou frekvenciou výskytu nekróz na ročných dĺžkových prírastkoch vrcholových výhonkov konárov v korunách stromov. Podrobnou analýzou vzoriek konárov z hornej časti koruny troch jedincov buka 1. a 2. vzrastovej triedy z EES sme zistili, že vysoké hodnoty frekvencie nekróz (60 % až 100 %) sa začali prejavovať koncom 80. a začiatkom 90. rokov (1989 až 1993). Na EES Kremnické vrchy sme v zapojenom kontrolnom poraste zistili iba 35 % nekrotické poškodenie prirodzeného nárastu buka, pričom na holine bolo poškodenie nárastu až 97 %, čo poukazuje na dôležitosť zachovania prirodzeného nárastu pod materským porastom, kde nie je vystavený veľkým klimatickým výkyvom, ktoré oslabujú nárast na otvorených holoruboch a napomáhajú tak vzniku nekrotického ochorenia (obr. 4; Cicák, Mihál, 2002).

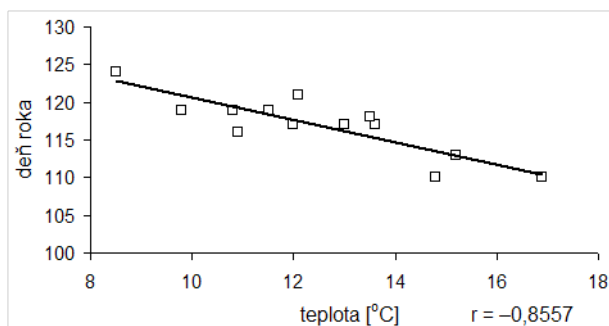
Nekrotické ochorenie buka na EES sa v dlhodobom horizonte stabilizovalo, pričom sme zaznamenali mierne zlepšenie situácie najmä v posledných rokoch. V roku 2007 mal index nekrotizácie kmeňov bukov na EES hodnotu 0,98, ale v roku 2014 už hodnotu 0,50. V porovnaní



Obr. 3. *Hericium coralloides* (Scop.) Pers. – bioindikačný druh pôvodných jedľobučín a jedlín (Ekologický experimentálny stacionár Kremnické vrchy, 7. máj 2010). Foto: Milan Barna

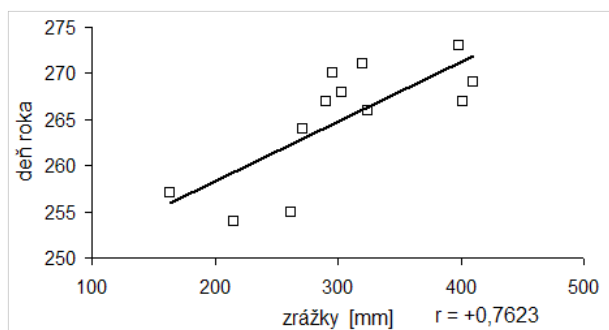


Obr. 4. Vážne nekrotické poškodenie kôry kmeňa buka (lokality Štagiar v Kremnických vrchoch, 14. október 2012). Foto: Alojz Cicák



Obr. 5. Vzťah medzi zalisťovaním buka a teplotou na ploche K (CPAMAT – Cumulated Positive Average Monthly Air Temperatures) za obdobie marec – apríl priemerná hodnota počas rokov 1995 – 2007

Vysvetlivky: r – korelačný koeficient, poradový deň v roku 100 – 9. apríl



Obr. 6. Vzťah medzi prefarbovaním listov buka a zrážkami (súhrnná suma zrážok za obdobie máj – august priemerná hodnota počas rokov 1995 – 2007)

Vysvetlivky: r – korelačný koeficient, poradový deň v roku 250 – 6. september

s hodnotami indexov v podobnom bukovom poraste v Žiari nad Hronom (pod vplyvom imisií z blízkej hliníkárne) boli oveľa vyššie ako na EES – v roku 2007 bola zaznamenaná hodnota indexu 2,05 a v roku 2014 hodnota 1,30.

Fenológia buka

Analýza výsledkov 13-ročného fenologického výskumu buka lesného (*Fagus sylvatica* L.) v submontánnej bučine EES ukázala, že nástup vybraných jarných (zalisťovanie, obr. 5) a jesenných (prefarbovanie listov, obr. 6) fenofáz štatisticky významne ($p < 0,05$) koreluje s teplotou vzduchu v jarných mesiacoch, resp. zrážkami vo vegetačnom období. Trendy nástupu fenofáz naznačujú ich posun, pričom jarné fenofázy sa posúvajú k skorším termínom, kým nástup jesenných fenofáz sa oneskoruje. Z uvedeného je zrejmé, že najmä v poslednom období dochádza k predlžovaniu vegetačného obdobia tejto dreviny.

Zistili sa významné korelácie ($p < 0,001$) aj medzi nástupom kvitnutia vybraných druhov bylín všetkých

fenologických skupín a teplotou vzduchu v období pred ich kvitnutím. Výnimku tvorili iba skoré jarné druhy. Koeficienty korelácie sa pohybovali v intervale 0,85 – 0,91 (Schieber et al., 2009).

Prirodzená obnova

V roku 2002 bolo v každom poraste založených po 7 plôch, celkovo 35 plôch o rozmere 3×3 m (9 m^2). Kvôli vysokej hustote skúmaných jedincov každá plocha bola rozdelená na 9 menších plôch. Výskum tak prebiehal na ploche o veľkosti 1×1 m, kde sa zisťoval počet jedincov z prirodzeného zmladenia, druhové zloženie a ich výška. Prvá analýza stavu prirodzenej obnovy bola v roku 2002, štrnásť rokov po prvom ťažbovo-obnovnom zásahu. Nasledujúce výskumy boli po druhom zásahu v 16. a 18. roku od prvého zásahu a ďalšie dva po dorube v 22. a 24. roku od začiatku.

Hustota jedincov v prirodzenej obnove nemala lineárny vzťah k presvetleniu porastov, najlepšie výsledky sa dosiahli pri aplikovaní stredne silného preriedenia (plocha S s počiatočným znížením zakmenenia na 0,5, kde bolo v priemere 6 – 10 jedincov na m^2) a, naopak, najhoršie sa ukázal holorub na ploche H (od 5 do 1 jedinca na m^2) a taktiež udržiavanie vysokého zápoja materského porastu (plocha K, M – od 4 do 2 jedincov na m^2). Menší počet semenáčikov buka na hustejších plochách (K, M) bol výsledkom zhoršených rastových podmienok (najmä nedostatok svetla) a na plochách so silnejšími zásahmi (I, H) bol menší počet plodiacych stromov.

Rôznosť obnovných postupov významne vplyva aj na hodnoty indexu druhovej diverzity. Hodnoty Shannonovho indexu (H') rástli so silou ťažbového zásahu (s presvetlením porastov). Tento index rozdelil obnovené porasty do troch homogénnych skupín, ale počas výskumu bolo zaznamenané zúženie rozptylu heterogenity na dve skupiny. Najnižšie hodnoty Shannonovho indexu boli na referenčných plochách v úplne zapojenom poraste, najvyššie na plochách po holorube (H) a od roku 2005 v poraste na ploche I, na ktorom v tom čase už tiež nebol materský porast.

Ďalšími podstatnými zisteniami dlhodobého výskumu vývoja prirodzenej obnovy v bukových porastoch je, že:

- celková obnova buka bola výrazne ovplyvnená počiatočnými zásahmi, pretože nasledujúce zásahy už na druhovú skladbu a početnosť buka v obnove významne neovplyvňovali;
- väčšia intervencia do porastu spôsobila menšie zastúpenie buka v obnove, ďalšie preriedovanie materského porastu už nemalo významný vplyv na podiel buka v prirodzenej obnove (Barna, Bošeľa, 2015).

Výskum koscov (*Arachnida*, *Opiliones*)

Na EES Kremnické vrchy sme študovali aj faunu koscov (*Opiliones*), ktoré patria medzi pavúkovce a majú

v lesných porastoch veľký význam v potravnom rebríčku ako saprofágy alebo ako predátori. V poraste EES sme doposiaľ zistili výskyt 13 druhov koscov. Najvyššia dominancia druhov sa dosiahla v zapojenom poraste na ploche M so zakmenením 0,7 (61 %), najmenšia hodnota dominancie (39 %) bola zaznamenaná na holine na ploche H. Medzi najdominantnejšie druhy patrili kosce *Platybunus bucephalus*, *Lophopilio palpinalis*, *Nemastoma lugubre*, *Lacinius ephippiatus*, *Oligolophus tridens* a *Trogulus nepaeformis*. Vyskytujú sa tu aj niektoré vzácne, a inak zaujímavé druhy koscov. Bol tu zaznamenaný euromediteránny druh *Dicranolasma scabrum*, pontický teplomilný druh *Egaenus convexus* (obr. 7), ale aj horský karpatský endemit *Platybunus pallidus* a invázny, zo západnej Európy sa šíriaci druh *Nelima semproni* (Mihál, 1997; Barna a kol., eds., 2011).

* * *

Les je najzložitejším suchozemským ekosystémom a tvorí jednu z najvýznamnejších zložiek prírodného prostredia. Je nenahraditeľným stabilizátorom rovnováhy krajiny a pre človeka plní životne dôležité funkcie (ovplyvňuje zloženie atmosféry – zvyšuje O₂, viaže CO₂, a priemyselné emisie, reguluje teplotu a vlhkosť vzduchu, zmierňuje horúčavy, ovplyvňuje podnebie – priaznivo vplyva na biologické, fyzikálne a chemické vlastnosti vzduchu, reguluje vodný režim, zabraňuje erózii, má význam pri tvorbe pôdy, je trvalým zdrojom dreva, poľovnej zveri, plodov, húb, liečivých rastlín, spomaľuje rýchlosť vetra, tlmí hluk, tvorí a uchováva prírodné krásy, je prostredím na rekreáciu, zdrojom regenerácie, ale má tiež estetickú a environmentálnu funkciu). Preto budúcnosť dlhodobého výskumu na EES Kremnické vrchy spočíva aj v riešení globálnych problémov, spôsobených napríklad zmenou klímy, zisťovaním ich príčin a dôsledkov na fungovanie dotknutých lesných ekosystémov.

Práca bola napísaná pri príležitosti 30. výročia založenia Ekologického experimentálneho stacionára v Kremnických vrchoch.

Literatúra

- Barna, M.: Adaptation of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) to Different Ecological Conditions: Leaf Size Variation. Polish Journal of Ecology, 2004, 52, 1, p. 35 – 45.
- Barna, M., Bošľa, M.: Tree Species Diversity Change in Natural Regeneration of a Beech Forest under Different Management. Forest Ecology and Management, 2015, 342, p. 93 – 102.
- Barna, M., Sedmák, R., Marušák, R.: Response of European Beech Radial Growth to Shelterwood Cutting. Folia oecologica, 2010, 37, 2, p. 125 – 136.
- Barna, M., Kulfán, J., Bublinc, E. (eds.): Buk a bukové ekosystémy Slovenska. Bratislava: Veda, vydavateľstvo SAV, 2011, 636 s.
- Bublinc, E., Dubová, M.: Bulk Deposition in Beech Forest Ecosystems. Folia oecologica, 2003, 30, 1, p. 21 – 26.



Obr. 7. *Egaenus convexus* (C. L. Koch, 1835) – teplomilný, ponticko-mediteránny kosce, dosahujúci na Slovensku severnú hranicu rozšírenia (Ekologický experimentálny stacionár Kremnické vrchy, 10. jún 2015). Foto: Vladimír Hruz

- Cicák, A., Mihál, I.: State of Necrotic Disease of Beech Stands in Slovakia. Mikologija i Fitopatologija, 2002, 36, 6, p. 93 – 105.
- Dubová, M., Bublinc, E.: Dynamics and Input of Magnesium Transported by Precipitation in a Beech Ecosystem as a Component of Biogeochemical Cycle of this Ecosystem. Ekológia (Bratislava), 2002, 21, Supplement 2, p. 3 – 12.
- Duvigneaud, P., 1988: Ekologická syntéza. Praha: Academia, 414 s.
- Halada, L., Oszlányi, J., Kanka, R.: Dlhodobý ekologický výskum (LTER) na Ústave krajinnej ekológie SAV. Životné prostredie, 2014, 48, 3, s. 161 – 163.
- Janík, R., Kellerová, D., Schieber, B.: Spatial and Temporal Variation in O₃ Concentrations in Western Carpathians Rural Mountain Environments. Polish Journal of Environment Study, 2015, 24, 5, p. 61 – 66.
- Kellerová, D., Janík R.: Analysis of Ambient Ozone in a Foothill Area in the Western Carpathians. Folia oecologica, 2014, 41, 2, p. 146 – 152.
- Kuklová, M., Kukla, J., Schieber, B.: Individual and Population Parameters of *Carex pilosa* Scop. (Cyperaceae) in Four Forest Sites in Western Carpathians (Slovakia). Polish Journal of Ecology, 2005, 53, 3, p. 427 – 434.
- Mihál, I.: Harvestmen (Opiliones) in a Brush Stand and Fir-Beech Forest of the Kremnické vrchy Mountains. Biologia (Bratislava), 1997, 52, 3, p. 191 – 194.
- Mihál, I.: Species Diversity, Abundance and Dominance of Macromycetes in Beech Forest Stands with Different Intensity of Shelterwood Cutting Interventions. Folia oecologica, 2012, 39, 1, p. 53 – 62.
- Schieber, B., Janík, R., Snopková, Z.: Phenology of Four Broad-Leaved Forest Trees in a Submountain Beech Forest. Journal of Forest Science, 2009, 55, 1, p. 15 – 22.
- Schieber, B., Kubov, M., Pavelka, M., Janík, R.: Vegetation Dynamics of Herb Layer in Managed Submountain Beech Forest. Folia oecologica, 2015, 42, 1, p. 35 – 45.
- Voško, M., Bublinc, E., Greguš, C.: Vybrané lesné ekosystémy SSR, ich produktivita, stabilita a ochrana. Projekt ŠPZU. Zvolen: ÚEL SAV, 1986, 64 s.

Ing. Milan Barna, PhD., barna@savzv.sk
Ústav ekológie lesa SAV, Štúrova 2, 960 53 Zvolen