

ALOKÁCIA DENDROMASY V MLADÝCH PORASTOCH BUKA OBYČAJNÉHO A DUBA ZIMNÉHO

DENDROMASS ALLOCATION IN THE YOUNG STANDS OF EUROPEAN BEECH AND SESSILE OAK

JOZEF PAJTÍK - BOHDAN KONŔPKA - TIBOR PRIWITZER

Národné lesnícke centrum, Lesnícky výskumný ústav Zvolen

ABSTRACT

The aim of the paper is to estimate total dendromass in young stands of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and sessile oak (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl). We established 7 plots for beech and 7 plots for oak considering stand size (mean tree diameter) gradient. Then, whole-tree samples including foliages, branches, stem and coarse roots were taken, oven-dried and weighed. We constructed allometric relationships for all tree compartments using tree height and/or diameter on stem base as independent variables. Moreover, soil cores for fine roots (diameter up to 2 mm) estimation were taken. Biomass for all tree compartments was calculated on a hectare base. We found that the total dendromass in the stands cca 10-year-old was over 40 t per ha. Biomass allocation into the tree compartments changed with stand size, and some inter-specific differences were also found. Most probably, carbon accumulated in the soil prevailed over carbon fixed in the dendromass. In spite of this fact, we concluded that dendromass of young stands (trees) would not be neglected in the global carbon budget calculations.

Kľúčové slová: *Fagus sylvatica*, *Quercus petraea*, dendromasa, mladé porasty, stromové komponenty

Key words: *Fagus sylvatica*, *Quercus petraea*, dendromass, young stands, tree compartments

ÚVOD

Prebiehajúca klimatická zmena významne ovplyvňuje prírodné prostredie, a tým aj kvalitu života ľudskej spoločnosti. Pritom inherentné javy klimatickej zmeny výrazne modifikujú existenčné podmienky lesných ekosystémov, ale aj frekvenciu a intenzitu pôsobenia rôznych škodlivých činiteľov (LINDNER et al. 2008). Lesné porasty sú hlavným typom rastlinných ekosystémov, ktorý zabezpečuje biochemické cykly obehu a viazania uhlíka (DIXON et al. 1994). To znamená, že lesné ekosystémy nie sú len pasívnym objektom klimatickej zmeny, ale v procese spätnej väzby aktívne tento jav, a to najmä prostredníctvom viazania uhlíka, ovplyvňujú (JANSSENS et al. 2005). BRUNNER a GODBOLD (2007) uvádzajú, že lesy strednej Európy svojou stromovou masou viažu približne 110 t uhlíka na jeden hektár, z čoho je asi 1/4 v podzemnej (koreňovej) biomase. V lesnej pôde (bez koreňov) je naviazaných ďalších asi 65 t uhlíka na ha. Ide však o veľmi hrubý odhad a údaje treba postupne upresňovať regionálnymi štúdiami dendromasy, a to diferencovane podľa jednotlivých typov lesných spoločenstiev.

BOLTE et al. (2004) na základe analýzy vedeckých prác konštatoval, že v celosvetovom meradle sa väčšina doterajších výskumov zameriavala na kvantifikáciu dendromasy iba v nadzemných častiach lesných porastov, t.j. v kmeni, konároch a asimilačných orgánoch. Takže sa často zanedbávala podzemná časť drevín, t.j. koreňový systém. Niekedy sa koreňový systém do zhodnotenia dendromasy zahrnul, avšak bez jeho najtenších frakcií (tzn. jemné korene; pozri napr. OUIMET

et al. 2008). Aj na Slovensku sa podzemná dendromasa drevín v porovnaní s nadzemnými komponentmi kvantifikovala iba sporadicky. Pritom hlavná pozornosť sa venovala smreku obyčajnému (KONŔPKA, ŽILINEC 1999; PAJTÍK et al. 2008) a buku obyčajnému (KODRÍK 2001). Odvodenie všeobecne využiteľných modelov pre jednotlivé komponenty dendromasy komplikuje fakt, že s rastom stromu sa mení nie len jeho celková kvantita, ale aj prírastok na jednotlivých orgánoch (BARTELINK 1998). Preto sa s vekom stromu dynamicky mení aj podiel jednotlivých komponentov na celkovej dendromase.

„Čiernou dierou“ vo vedeckých poznatkoch sú údaje týkajúce sa dendromasy a jej štruktúry v mladých lesných porastoch, t.j. do veku cca 10 rokov (WIRTH et al. 2004). Dôvodom je podcenenie tejto problematiky, a to nie len z hospodárskeho, ale aj ekologického hľadiska (napr. význam mladých lesných porastov pre fixáciu uhlíka z globálneho aspektu). Treba pripomenúť, že na Slovensku v ostatnom desaťročí vzrástla plocha mladých lesných porastov, a to najmä v dôsledku rozsiahlych kalamít (KUNCA et al. 2010). Ďalším argumentom pre potrebu takéhoto výskumu je v súčasnosti preferovaný koncept prírody blízkeho lesného hospodárstva. Tento ráta s vyšším podielom prirodzenej obnovy a s väčším zastúpením rôznovekých lesných porastov (tzn. existenciu určitého podielu stromov mladších rastových štádií v lesných komplexoch).

Buk obyčajný (*Fagus sylvatica* L.) a dub zimný (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl) sú najrozšírenejšími listnatými drevinami na Sloven-

sku. Aj keď sa tieto dreviny čiastočne prekrývajú areálom výskytu, majú pomerne rôzne ekologické nároky. Vo všeobecnosti ich ale v podmienkach strednej Európy možno považovať (napr. na rozdiel od smreka obyčajného) za veľmi perspektívne, a to najmä v kontexte klimatickej zmeny (MINDÁŠ et al. 2003). Z uvedených dôvodov sa naša práca zamerala na kvantifikáciu dendromasy a jej štruktúry pre porasty buka obyčajného a duba zimného prvého vekového stupňa (do 10 rokov).

MATERIÁL A METÓDY

Výskum sa vykonával v stredných a nižších polohách južnej časti stredného Slovenska. Išlo o sedem lokalít pre buk a sedem pre dub (tab. 1 a 2). Vybrali sa mladé porasty, ktoré na 100 % tvoril buk, resp. dub, pritom vždy išlo o komplexy z prirodzenej obnovy. Porasty predstavovali určitý vekový gradient v rámci prvého vekového stupňa, t.j. do 10 rokov (výnimku predstavoval len porast na lokalite Ladzany 1). Bukové porasty sa nachádzali v nadmorskej výške od 460 do 710 m n. m., dubové porasty od 380 do 560 m n. m. Patrili do bukovo-dubového, dubovo-bukového a bukového vegetačného stupňa. Dlhodobý úhrn zrážok bol v prípade stanovišť s bukovými porastmi od 740 do 920 mm, priemerná ročná teplota od 6,8 do 7,9 °C. Dlhodobý úhrn

zrážok na lokalitách s dubovými porastmi predstavoval množstvá od 690 do 830 mm, priemerná ročná teplota bola od 7,6 do 8,3 °C. Všetky porasty sa nachádzali na kambizemi, ich geologický podklad tvoril prevažne andezit. Takéto geologické podložie a pôdny typ sú typické pre geomorfologickú oblasť Slovenské stredohorie, ktorá je subprovinciou Vnútrotných Západných Karpát. Táto oblasť sa pre naše štúdie vybrala, pretože tu má prevahu bukovo-dubový a dubovo-bukový lesný vegetačný stupeň, čo bolo nevyhnutnou podmienkou pre medzidruhové porovnania. Stanovišťa sa vytypovali tak, aby predstavovali najčastejšie sa vyskytujúcu bonitu pre buk a dub a to nielen v uvedenej oblasti, ale ja na celom Slovensku (t.j. bonita 26 – 28 pre buk a 24 – 26 pre dub; ide o číslo vyjadrujúce strednú výšku porastu vo veku 100 rokov).

Na vytvorenie matematických modelov pre výpočet dendromasy jednotlivých komponentov buka sa použilo 170 stromov, t.j. 20 – 30 kusov z každej lokality. V prípade duba išlo o 160 stromov. Stromy (t.j. vzorníky) sa vybrali tak, aby rovnomerne pokrývali výškový interval každého sledovaného porastu. Vzorníky sa vykopali, pritom sa do podzemnej časti zahrnuli všetky „hrubé“ korene, t.j. s hrúbkou nad 2 mm. Zmerala sa výška a hrúbka vzorníkov na úrovni pôdy (hrúbka d_0). Vzorníky sa v laboratóriu rozdelili na základné komponenty (listy, konáre, kmene, hrubé korene) a vysušili v sušičke pri

Tab. 1.

Charakteristiky lokalít a sledovaných porastov buka obyčajného

Characteristics of the sites and studied European beech stands (listed from the top: altitude, latitude, longitude, aspect, slope, mean age, mean diameter d_0 , mean height, stocking, number of trees in thousands per hectare)

Charakteristika	Sekier 2	Zvolen	Kráľová	ŠLP 2	ŠLP 1	Hrochoť	Sekier 1
Nadmorská výška (m n.m.)	660	460	550	675	710	620	670
Zemepisná dĺžka	19° 13' 18"	19° 07' 36"	19° 09' 36"	19° 03' 17"	19° 00' 23"	19° 17' 01"	19° 13' 26"
Zemepisná šírka	48° 29' 58"	48° 33' 10"	48° 32' 05"	48° 38' 45"	48° 37' 56"	48° 39' 30"	48° 29' 57"
Expozícia	NW	N	NW	SW	W	NW	N
Sklon (%)	50	20	20	40	15	20	50
Priemerný vek (roky)	3,0	3,5	6,0	6,0	9,5	8,0	9,0
Priemerná hrúbka d_0 (mm)	5,0	5,5	12,5	14,5	25,0	19,0	20,0
Priemerná výška (cm)	54	58	117	132	171	223	244
Zápoj (%)	70	100	100	70	70	100	95
Počet stromov (v tis.) na ha	146	783	251	92	36	121	73

Tab. 2.

Charakteristiky lokalít a sledovaných porastov duba zimného

Characteristics of the sites and studied sessile oak stands (listed from the top: altitude, latitude, longitude, aspect, slope, mean age, mean diameter d_0 , mean height, stocking, and number of trees in thousands per hectare)

Charakteristika	Krupina 2	Ladzany 2	Žibritov 1	Antol	Žibritov 2	Krupina 1	Ladzany 1
Nadmorská výška (m n.m.)	380	500	480	560	490	460	480
Zemepisná dĺžka	19° 05' 05"	18° 50' 56"	19° 01' 58"	18° 57' 18"	19° 01' 42"	19° 01' 21"	18° 51' 33"
Zemepisná šírka	48° 22' 44"	48° 17' 33"	48° 22' 46"	48° 22' 12"	48° 22' 53"	48° 20' 19"	48° 17' 27"
Expozícia	N	E	S	E	S	SE	SW
Sklon (%)	10	5	20	35	10	10	10
Priemerný vek (roky)	1,5	2,5	4,0	5,5	8,0	7,5	12,0
Priemerná hrúbka d_0 (mm)	2,5	4,0	6,0	13,5	17,5	18,5	38,0
Priemerná výška (cm)	16	26	47	101	299	200	507
Zápoj (%)	60	70	80	90	100	100	95
Počet stromov (v tis.) na ha	463	428	289	84	46	64	13

teplote 105 °C na konštantnú hmotnosť. Okrem toho sa na každej ploche pomocou kovovej rúry s vnútorným priemerom 7 cm odobrali zemné valce do hĺbky pôdy 20 cm. Išlo o 15 valcov z každého sledovaného porastu, miesta odberu v porastoch sa stanovili náhodným výberom. Pôdne vzorky sa zamrazili až do doby ich ďalšieho spracovania. V laboratórnych podmienkach sa jemné korene (hrúbka do 2 mm) manuálne pomocou pinzety vyseparovali z pôdy. Pritom sa do ďalšieho šetrenia zahrnuli živé (biomasa) aj mŕtve (nekromasa) fragmenty. Jemné korene sa umyli, vysušili na konštantnú hmotnosť pri teplote 95 °C a odvážili s presnosťou na 10⁻⁴ g. Tu treba vysvetliť, že táto metóda poskytuje údaje len na úrovni plošnej jednotky, resp. porastu a nie pre jednotlivé stromy. Takýto postup sme zvolili z toho dôvodu, že jemné korene nie je technicky možné spoľahlivo odobrať vykopaním celého koreňového systému. Pri exkavácii koreňového systému by došlo k poškodeniu tenších frakcií koreňov, a preto by sa podhodnotila ich kvantita. Okrem toho, takýmto spôsobom by nebolo reálne odlišiť koreňové systémy, najmä ich najtenšie frakcie, susediacich stromov.

Množstvo sušiny dendromasy pre jednotlivé komponenty sa odvodilo pomocou regresného modelu vytvoreného logaritmickou transformáciou a následnou retransformáciou alometrickej rovnice, kde nezávislými premennými boli výška stromu (*h*), hrúbka *d₀*, alebo ich kombinácia. Detailný postup regresnej analýzy s využitím alometrických rovníc sa uvádza v práci KONÔPKA et al. (2010). Podrobnosti logaritmického transformácie a využitia korekčného faktora sú napríklad v prácach BASKERVILLE (1972) a MARKLUND (1987).

Na každej ploche sa okrem odberu vzorníkov vykonali aj merania výšok a hrúbok *d₀* stromov na kruhových subplôškach. Subplôšky sa umiestnili rovnomerne v sledovanom poraste, pritom sa vyhýbalo pre porast atypickým miestam (porastový okraj, lysiny a pod.). Takto sa na každej ploche zmeralo päť subplôšok s polomerom 1 m až 2 m. Veľkosť

subplôšky sa zvolila tak, aby zahrnula minimálne 20 stromov. Zisťovania na subplôškach poskytli údaje o výškovej a hrúbkovej štruktúre porastov, ako aj o počte stromov na plošnú jednotku.

Pre jedince so známou výškou a hrúbkou na kruhových plochách sa pomocou regresného modelu odvodila dendromasa pre komponenty: listy, konáre, kmeň, hrubé korene a celý strom na hektár plochy. Z dôvodu vyššej presnosti sa využil regresný model zohľadňujúci výšku aj hrúbku stromov. Zásoba jemných koreňov sa prepočítala z množstva ich biomasy a nekromasy vo vývrte so známou plochou (t.j. 38,5 cm²) na hektárovú bázu. Hektárové množstvá dendromasy všetkých stromových komponentov (listy, konáre, kmeň, hrubé korene, jemné korene v hĺbke pôdy do 20 cm) sa vyjadřila jednak pre skutočný, ako a aj pre plný zápoj bukových a dubových porastov.

Konštrukcia regresných modelov, ako aj všetky matematicko-štatistické operácie sa realizovali v programoch STATISTICA 7.0 a Microsoft Excel 2003.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Hmotnosť sušiny celého stromu „B“ (bez jemných koreňov) sa pre buky a duby vyjadřila regresným modelom s použitím výšky a hrúbky *d₀*, a to buď ako jednej nezávislej premennej, ako aj v kombinácii oboch charakteristík. Presnejší model sa dosiahol pri použití hrúbky (*R*² = 0,94 pri buku a *R*² = 0,96 pri dube) v porovnaní s výškou stromu (*R*² = 0,77 pri buku a *R*² = 0,94 pri dube). Vysoká presnosť modelu pri použití hrúbky stromu naznačuje, že pri implementácii oboch premenných došlo už len k jeho miernemu zlepšeniu (konkrétne *R*² = 0,96 pri buku a *R*² = 0,99 pri dube).

Tab. 3.

Regresné koeficienty *b₀*, *b₁*, *b₂*, resp. korekčný faktor logaritmického transformácie (*λ*) a koeficient determinácie (*R*²) pre buk obyčajný
Regression coefficients *b₀*, *b₁*, *b₂*, logarithmic transformation bias (*λ*) and coefficient of determination (*R*²) for European beech (tree compartments listed from the top are: foliage, branches, stem, coarse roots, and whole tree)

Vzorec	Komponent	<i>b₀</i>	<i>b₁</i>	<i>b₂</i>	<i>λ</i>	<i>R</i> ²
$B = e^{(b_0 + b_1 \ln d_0)} \lambda$	listy	-3,750	2,375		1,102	0,871
	konáre	-5,982	3,117		1,142	0,891
	kmeň	-4,034	2,852		1,074	0,923
	hrubé korene	-2,960	2,361		1,098	0,874
	celý strom*	-2,521	2,639		1,053	0,941
$B = e^{(b_0 + b_1 \ln h)} \lambda$	listy	2,206	1,712		1,308	0,643
	konáre	1,833	2,324		1,474	0,703
	kmeň	3,108	2,302		1,166	0,854
	hrubé korene	2,964	1,651		1,298	0,607
	celý strom*	4,094	2,000		1,226	0,767
$B = e^{(b_0 + b_1 \ln d_0 + b_2 \ln h)} \lambda$	listy	-3,286	2,188	0,188	1,100	0,873
	konáre	-4,768	2,630	0,423	1,130	0,901
	kmeň	-1,530	1,848	1,015	1,026	0,975
	hrubé korene	-2,898	2,336	0,025	1,098	0,874
	celý strom*	-1,236	2,124	0,521	1,038	0,957

Vysvetlivka: *údaj je bez jemných koreňov (t.j. frakcie s hrúbkou pod 2 mm)

Caption: *data do not cover fine roots (i.e. fractions with a diameter below 2 mm)

Tab. 4.

Regresné koeficienty b_0 , b_1 , b_2 , resp. korekčný faktor logaritmické transformácie (λ) a koeficient determinácie (R^2) pre dub zimný
Regression coefficients b_0 , b_1 , b_2 , logarithmic transformation bias (λ) and coefficient of determination (R^2) for sessile oak (tree compartments listed from the top are: foliage, branches, stem, coarse roots, and whole tree)

Vzorec	Komponent	b_0	b_1	b_2	λ	R^2
$B = e^{(b_0 + b_1 \ln d_0)} \lambda$	listy	-5,954	2,768		1,106	0,936
	konáre	-6,025	2,963		1,107	0,947
	kmeň	-4,311	2,959		1,121	0,942
	hrubé korene	-1,954	2,066		1,065	0,941
	celý strom*	-2,612	2,646		1,070	0,956
$B = e^{(b_0 + b_1 \ln h)} \lambda$	listy	1,370	2,269		1,190	0,891
	konáre	1,839	2,388		1,271	0,871
	kmeň	3,471	2,516		1,074	0,965
	hrubé korene	3,511	1,719		1,112	0,898
	celý strom*	4,369	2,207		1,099	0,942
$B = e^{(b_0 + b_1 \ln d_0 + b_2 \ln h)} \lambda$	listy	-3,577	1,852	0,835	1,077	0,954
	konáre	-4,263	2,284	0,619	1,092	0,956
	kmeň	-0,066	1,324	1,491	1,014	0,993
	hrubé korene	-0,226	1,398	0,611	1,047	0,956
	celý strom*	0,389	1,490	1,054	1,020	0,989

Vysvetlivka: *údaj je bez jemných koreňov (t.j. frakcie s hrúbkou pod 2 mm)

Caption: *data do not cover fine roots (i.e. fractions with a diameter below 2 mm)

Tab. 5.

Hektárové množstvá dendromasy (v tonách) po jednotlivých komponentoch buka obyčajného v sledovaných porastoch (skutočný zápoj)
Hectare amount of dendromass (ton) for the particular compartments of European beech in the studied stands (real stocking density).
Tree compartments are: foliage (A), branches (B), stem (C), coarse roots (D), and fine roots (E).

Komponent	Sekier 2	Zvolen	Kráľová	ŠLP 2	ŠLP 1	Hrochoť	Sekier 1
Listy (A)	0,31	2,20	3,87	1,39	1,71	5,29	4,13
Konáre (B)	0,17	1,27	4,27	1,33	2,28	8,02	7,20
Kmeň (C)	0,55	4,44	11,37	3,92	4,96	22,98	19,65
Hrubé korene (D)	0,68	4,70	8,23	2,95	3,75	10,69	8,31
Jemné korene (E)	1,08	1,71	1,85	2,79	3,33	2,24	2,22
Nadzemné (A+B+C)	1,03	7,91	19,51	6,64	8,95	36,29	30,98
Podzemné (D+E)	1,76	6,41	10,08	5,74	7,08	12,93	10,53
Spolu	2,79	14,32	29,59	12,38	16,03	49,22	41,51

Tab. 6.

Hektárové množstvá dendromasy (v tonách) po jednotlivých komponentoch duba zimného v sledovaných porastoch (skutočný zápoj)
Hectare amount of dendromass (ton) for the particular compartments of sessile oak in the studied stands (real stocking density).
Tree compartments are: foliage (A), branches (B), stem (C), coarse roots (D), and fine roots (E).

Komponent	Krupina 2	Ladzany 2	Žibritov 1	Antol	Krupina 1	Žibritov 2	Ladzany 1
Listy (A)	0,08	0,17	0,31	0,59	1,50	0,99	1,53
Konáre (B)	0,05	0,12	0,40	0,99	2,72	1,56	3,11
Kmeň (C)	0,21	0,69	2,27	4,43	15,62	13,06	19,32
Hrubé korene (D)	0,24	1,27	3,01	3,76	6,78	4,84	5,01
Jemné korene (E)	0,31	1,07	1,73	2,42	3,01	3,61	3,09
Nadzemné (A+B+C)	0,34	0,98	2,98	6,01	19,84	15,61	23,96
Podzemné (D+E)	0,55	2,34	4,74	6,18	9,79	8,45	8,10
Celý strom	0,89	3,32	7,72	12,19	29,63	24,06	32,06

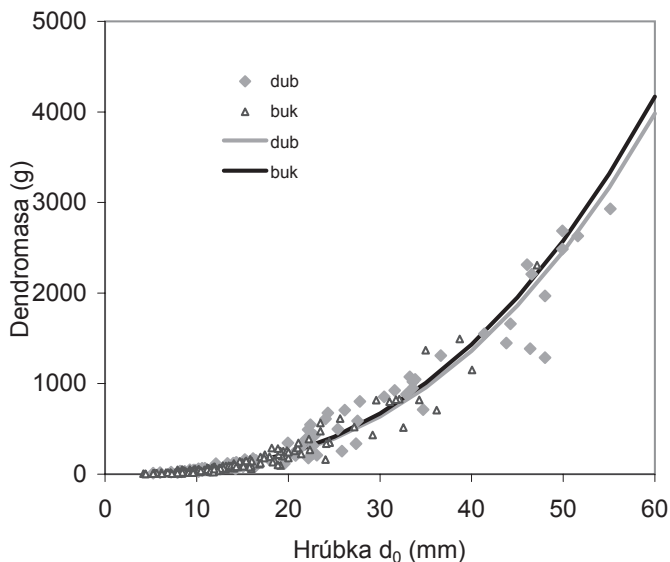
Model založený na kombinácii oboch stromových charakteristík bol pre buk: $B = e^{(-1,236 + 2,124 \ln d_0 + 0,521 \ln h)}$ a pre dub: $B = e^{(0,389 + 1,490 \ln d_0 + 1,054 \ln h)}$ (pozri aj tab. 3 a 4; štatistické charakteristiky sa detailnejšie uvádzajú v práci KONŔPKA et. al. 2010). Výsledky sú v súlade so závermi iných autorov (napr. JOHANSSON 1999; HOCHBICHLER et al. 2006), ktorí zistili, že hrúbka kmeňa je najvýznamnejšou nezávislou premennou pre odhad dendromasy všetkých stromových komponentov. V podmienkach Česka odvodil alometrické vzťahy pre dendromasu komponentov buka a duba vedecký kolektív autorov vedený doc. Ciencialom (CIENCIALA et al. 2005, 2008). Avšak v porovnaní s našim empirickým materiálom išlo o staršie porasty a nasledovala sa podzemná časť dendromasy stromov.

Pri medzidruhovom porovnaní modelov sa nepotvrdili výrazné rozdiely v celkovej dendromase pre buk a dub. Na obr. 1 sa graficky znázornila celková dendromasa v závislosti od hrúbky d_0 . Tak napríklad, stromy s hrúbkou rovnou 30 mm tvorili dendromasu 669 g pri buku a 636 g pri dube, jedince s hrúbkou 60 mm mali celkovú dendromasu 4 170 g pri buku a 3 981 g pri dube. Určité rozdiely v kvantite dendromasy medzi týmito drevinami sa zistili v prípade použitia výšky stromov ako nezávislej premennej. Toto však spôsoboval rôzny pomer medzi výškou a hrúbkou buka a duba (obr. 2).

Následne sa pre odvodenie množstva jednotlivých stromových komponentov na úrovni porastu použili modely pre listy, konáre, kmene a hrubé korene, používajúc obidve nezávislé premenné v kombinácii s údajmi o stromoch s identifikovanou hrúbkou a výškou na známej plošne výmere. K týmto výpočtom sa pričlenili údaje týkajúce sa zásoby jemných koreňov. Výsledky ukázali, že množstvo celkovej dendromasy viac-menej rástlo so strednou hrúbkou porastu (tab. 5 a 6). Prítom veľkú úlohu tu zohrával zápoj. Kvantita dendromasy v bučinách bola od 2,79 t na hektár (Sekier 2) do 49,22 t na hektár (Hrochoť).

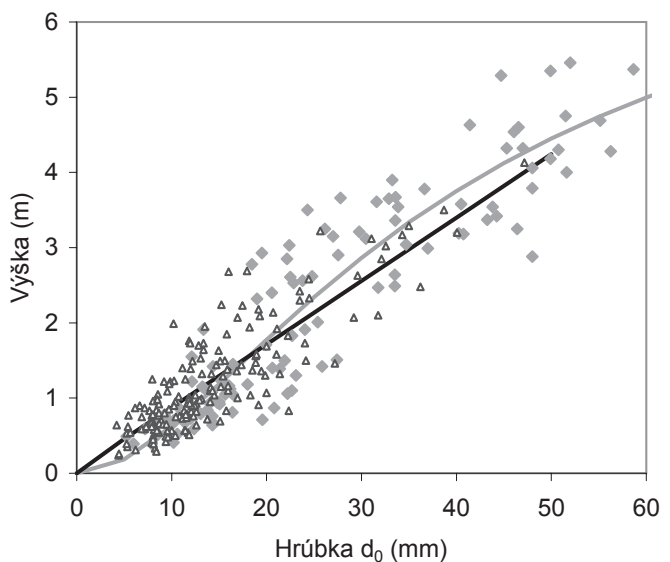
Kvantita dendromasy v dubinách bola od 0,89 t na hektár (Krupina 2) do 32,06 t na hektár (Ladzany 1). Keďže zápoj v týchto porastoch varíroval od 60 % do 100 %, pri vyjadrení na plný zápoj boli zásoby dendromasy vo väčšine porastov vyššie (obr. 3 a 4). Z týchto výsledkov je zrejme určitá disproporcija vzťahu medzi strednou hrúbkou porastu a zásob dendromasy. Konkrétne to, že porasty zoradené podľa strednej hrúbky neboli v presne v rovnakom poradí aj vzhľadom na kvantitu biomasy. Predpokladáme, že dôvodom bola mimoriadne prehustenosť stromčekov v prípade niektorých porastov (pri buku: Zvolen, Kráľová a Hrochoť, pri dube: Žibritov 2). V týchto prípadoch tradične zaužívané hodnotenie plného zápoja (tzn. maximálne do 100 % pokrývnosti pôdy drevinou) nevystihuje reálny stav, a preto nezaručuje porovnávaciu bázu medzi porastmi. Tu treba vysvetliť, že v ostatnom období sa v taxačnej praxi na Slovensku používa spravidla popis v rámci štyroch kategórií, od "zápoja prehustlého" až po "riedinu" (BAVLŠÍK et al. 2011). Zápoj, ako pomer plochy pokrytej korunami stromov k celkovej ploche porastu, sa udáva v opise vtedy, ak je tento údaj potrebný pre zvýraznenie stavu porastu a určenie hospodárskych opatrení.

Výsledky potvrdili, že s vývojom porastu (resp. s rastúcou strednou hrúbkou porastu) sa mení aj podiel komponentov na celkovej dendromase (obr. 5 a 6). Pri obidvoch drevinách s dimenziami porastov rástol podiel kmeňa, a naopak klesal podiel podzemnej dendromasy (t.j. živé aj odumreté jemné korene a hrubé korene spolu). Uvedená tendencia bola výraznejšia pri dube než pri buku. Tak napríklad, kým v najtenšom dubovom poraste (Krupina 2) boli najvýznamnejšou zložkou dendromasy korene (65 %), v najhrubšom dubovom poraste (Ladzany 1) tvoril najväčší podiel kmeň (60 %). Medzidruhové porovnanie naznačilo, že buk mal výrazne vyšší podiel listov a vetiev ako dub. Naopak, dub mal oproti buku vyšší podiel podzemných častí v najmladších porastoch a vyšší podiel kmeňa v starších porastoch.



Obr. 1. Vzťah medzi hrúbkou stromu (meraná na báze kmeňa) a celkovou dendromasou buka obyčajného a duba zimného (vzorce sa uvádzajú v tab. 3 a 4)

Fig. 1. Relationship between tree diameter (measured on a stem base) and whole-tree dendromass of European beech and sessile oak (equations are shown in Table 3 and 4)



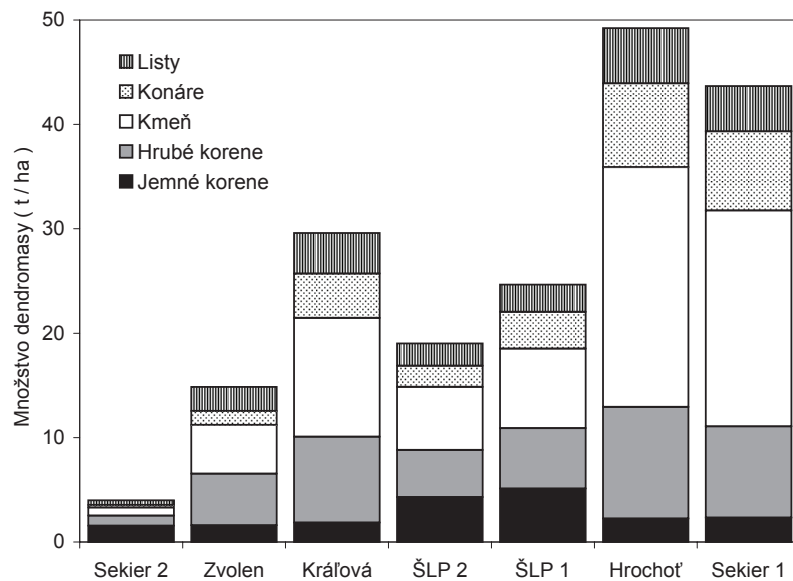
Obr. 2. Vzťah medzi hrúbkou stromu (meraná na báze kmeňa) a výškou stromu odvodenej Prodanovou funkciou pre buk obyčajný ($h=d^2/(-4,7262+11,9221*d-0,0009*d^2)$) a dub zimný ($h=d^2/(117,9690+3,0360*d+0,1168*d^2)$)

Fig. 2. Relationship between tree diameter (measured on a stem base) and tree height determined by a Prodan function for European beech ($h=d^2/(-4.7262+11.9221*d-0.0009*d^2)$) and sessile oak ($h=d^2/(117.9690+3.0360*d+0.1168*d^2)$)

Distribúcia dendromasy do jednotlivých komponentov (orgánov) je významná nielen z hľadiska zabezpečenia vývoja a rastu dreveniny, ale aj z pohľadu fixácie a obehu uhlíka. Vzhľadom na dĺžku fixácie uhlíka môžeme vytvoriť dve skupiny stromových komponentov: krátkodobu alebo dlhodobu viažuce uhlík. Prvú skupinu tvoria listy a jemné korene (tieto sa často charakterizujú prívlastkom „efemerálne“, napr. EISENSTAT et al. 2000), druhú skupinu predstavujú všetky ostatné stromové komponenty. Ďalej možno časti stromov rozdeliť na podzemné a nadzemné. V prípade odumretia dreveniny (v mladých porastoch z prirodzenej obnovy je tento jav veľmi výrazný v dôsledku

kompetičných tlakov) sa uhlík z nadzemných častí dostáva na povrch pôdy a z podzemných častí priamo do pôdy. Pomer medzi stromovými časťami krátkodobu a dlhodobu viažucimi uhlík sa s hrúbkou porastov znižoval, a to najmä v dubine. Ešte výraznejšia tendencia sa sledovala v pomere medzi podzemnou a nadzemnou stromovou časťou, keď hodnoty tohto pomeru klesali s hrúbkou porastov.

Ako sa už uviedlo, najhrubšie mladé porasty mali hektárové množstvo dendromasy takmer 50 t v sušine. Ak uvažujeme s podielom uhlíka v stromovej sušine v hodnote blízkej 50 % (MATTHEWS 1993), potom

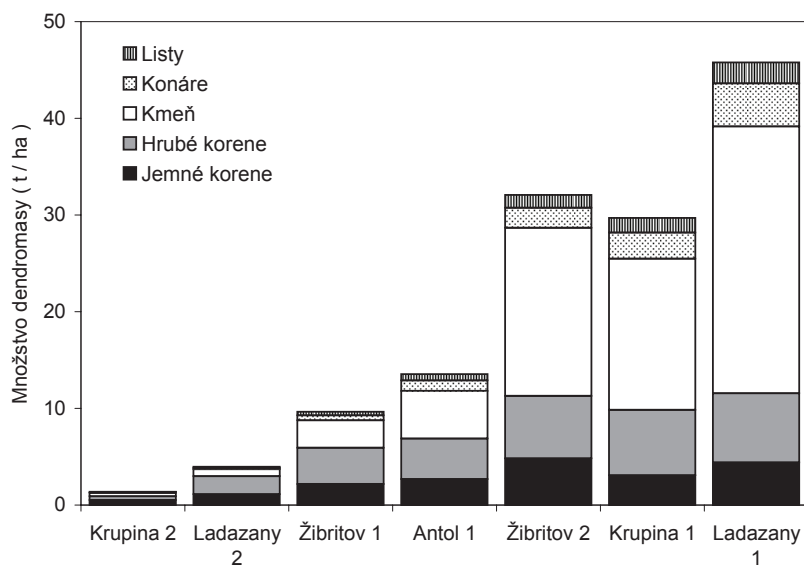


Obr. 3.

Hektárové množstvá dendromasy buka obyčajného podľa komponentov v sledovaných porastoch vyjadrené na 100 % zápoj

Fig. 3.

Hectare amount of dendromass in European beech by the particular compartments in the studied stands expressed for full stocking density (tree compartments listed from the top are: foliage, branches, stem, coarse roots, and fine roots)



Obr. 4.

Hektárové množstvá dendromasy duba zimného podľa komponentov v sledovaných porastoch (vyjadrené na 100 % zápoj)

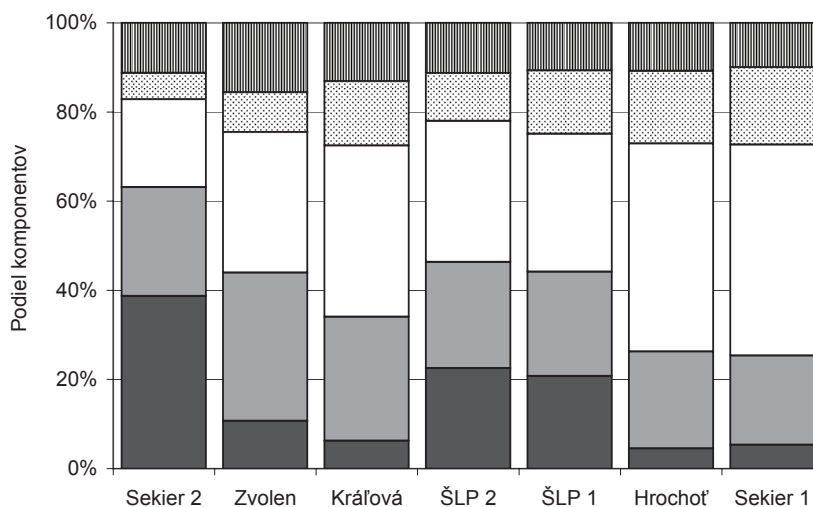
Fig. 4.

Hectare amount of dendromass in sessile oak by the particular compartments in the studied stands expressed for full stocking density (tree compartments listed from the top are: foliage, branches, stem, coarse roots, and fine roots)

zásoba uhlíka v dendromase sledovaných porastov je od cca 0,5 do 25 t na hektár. BRUNNER a GODBOLD (2007) odhadli, že v lesných pôdach strednej Európy sa viaže približne 65 t uhlíka na hektár. Ak by sme uvažovali s touto hodnotou aj pre naše porasty, potom množstvo uhlíka v lesnej pôde vysoko prevláda nad jeho zásobami v dendrozložke. S vekom (dimenziami) sa tento rozdiel znižuje a v starších porastoch je pomer opačný (BRUNNER, GODBOLD 2007). Napríklad v podmienkach severného Belgicka CURIEL-YUSTE et al. (2005) zistil, že v 67 ročnom dubovom poraste viazala dendrozložka cca 40 % a pôda 60 % z celkového uhlíka v ekosystéme. Na tom istom stanovišti v 74 ročnom

borovicovom poraste polovicu celkového uhlíka viazali stromy a polovicu lesná pôda.

Pre úplnú informáciu ešte uvádzame, že okrem dendrozložky sa na plochách kvantifikovala aj masa bylinnej synúzie, nadzemného opadu a mŕtveho dreva. Obdobné výsledky týkajúce sa všetkých uvedených zložiek ekosystému sme publikovali pre mladé porasty smreka (PRIWITZER et al. 2008) a borovice (PRIWITZER et al. 2009). V súčasnom príspevku uvádzame len údaje týkajúce sa dendrozložky. Ostatné zložky sledovaných porastov vykazovali veľkú variabilitu hodnôt a ich kvantita odrážala viac genézu predošlých porastov ako súčasný stav mladých bučín a dubín.

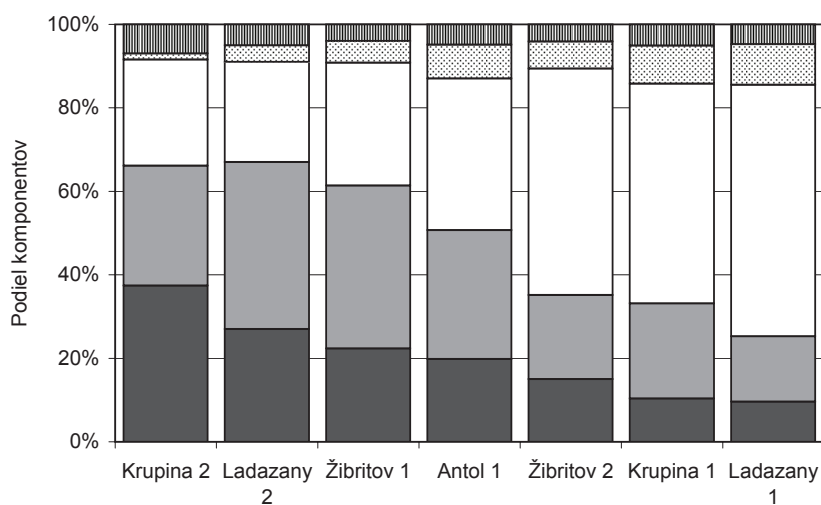


Obr. 5.

Podiel komponentov na celkovej dendromase buka obyčajného v sledovaných porastoch (pre popis významu jednotlivých častí stĺpcov pozri legendu v obr. 3)

Fig. 5.

Share of the compartments on the total dendromass of European beech in the studied stands (see Fig. 3 for explanation of the bar fragments)



Obr. 6.

Podiel komponentov na celkovej dendromase duba zimného v sledovaných porastoch (pre popis významu jednotlivých častí stĺpcov pozri legendu v obr. 4)

Fig. 6.

Share of the compartments on the total dendromass of sessile oak in the studied stands (see Fig. 4 for explanation of the bar fragments)

ZÁVER

Výsledky naznačili, že množstvá dendromasy na úrovni stromu pre buk obyčajný a dub zimný boli veľmi podobné. Pre vytvorenie regresného modelu stromovej dendromasy, ako aj jeho jednotlivých komponentov, bola ako nezávislá premenná vhodnejšia hrúbka než výška stromu. Celková kvantita dendromasy buka a duba rástla so strednou hrúbkou porastu, pričom sa blížila k hodnote 50 t na ha. S dimenziami porastu sa menila aj alokácia dendromasy do stromových komponentov, pomer medzi podzemnou a nadzemnou časťou, ako aj proporcie medzi zložkami dendromasy s kontrastnou dĺžkou fixácie uhlíka. Ďalej sa zistili určité medzidruhové rozdiely v alokácii dendromasy. Pre sledované bučiny a dubiny sa predpokladá, že kým zásoba uhlíka v pôde v prvých piatich rokoch vysoko prevažuje nad množstvom uhlíka viazaného dendromasou, na konci prvého vekového stupňa je tento rozdiel spravidla menej ako dvojnásobný. Napriek tomuto faktu považujeme za nevyhnutné zahŕňať pri uhlíkových bilanciách v rámci lesného sektora aj mladé porasty (prvý vekový stupeň), resp. jedince v spodnej etáži rôznovekých porastov.

PodĎakovanie:

Práca vznikla vďaka finančnej podpory z Agentúry na podporu výskumu a vývoja – projekt APVT-27-023504 „Kvantifikácia biomasy lesných porastov I. vekového stupňa“ a projekt APVV-0268-10 „Komparačné štúdie štruktúry čistej primárnej produkcie v porastoch buka a smreka“. Autori ďakujú Ing. Vladimírovi Šebeňovi, Ph.D. za konštruktívne pripomienky k manuskriptu, ako aj pánom Milanovi Meňušovi a Miroslavovi Lipnickému za pomoc pri terénnych prácach.

LITERATÚRA

- BARTELINK H.H. 1998. A model of dry mater partitioning in trees. *Tree Physiology*, 18: 91-101.
- BASKERVILLE G.L. 1972. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Canadian Journal of Forest Research*, 49: 49-53.
- BAVLŠÍK J., KUČERA J., RUMAN K. 2011. Základy hospodársko-úpravničkeho plánovania. Zvolen, Národné lesnícke centrum: 128 s.
- BOLTE A. et al. 2004. Relationships between tree dimension and coarse root biomass in mixed stands of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst). *Plant and Soil*, 2004, 264: 1-11.
- BRUNNER I., GODBOLD D.L. 2007. Tree roots in a changing world. *Journal of Forest Research*: 78-82.
- CIENCIALA, E., ČERNÝ, M., APLTAUER, J., EXNEROVÁ, Z. 2005. Biomass functions applicable to European beech. *Journal of Forest Science*, 51: 147-154.
- CIENCIALA, E., APLTAUER, J., EXNEROVÁ, Z., TATARINOV, F. 2008. Biomass functions applicable to oak trees grown in Central-European forestry. *Journal of Forest Science*, 54: 109-120.
- CURIEL-YUSTE J., KONŮPKA B., JANSSENS I.A., COENEN K., XIAO C.W., CEULEMANS R. 2005. Contrasting net primary productivity and carbon distribution between neighboring stands of *Quercus robur* and *Pinus sylvestris*. *Tree Physiology*, 25: 701-712.
- DIXON R.K., BROWN S., HOUGHTON R.A., SOLOMON A.M., TREXLER M.C., WISNIEWSKI J. 1994. Carbon pools and fluxes of global forest ecosystems. *Science*, 74: 491-497.
- EISSENSTAT D.M., WELLS C.E., YANAI R.D., WHITEBECK J.L. 2000. Bulding roots in a changing environment: implications for root longevity. *New Phytologist*, 147: 33-42.
- HOCHBICHLER, E., BELLOS, P., LICK, E. 2006. Biomass functions for estimating needle and branch biomass of spruce (*Picea abies*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*) and branch biomass of beech (*Fagus sylvatica*) and oak (*Quercus robur* and *petraea*). *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*, 123: 35-46.
- JANSSENS I.A. et al. 2005. The carbon budget of terrestrial ecosystems at country-scale – a European case study. *Biogeosciences*, 2: 15-26.
- JOHANSON T. 1999. Biomass production of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) growing on abandoned farmland. *Silva Fennica*, 33: 261-280.
- KODRÍK M. 2011. Below-ground investigation of beech forest on Ecological and Experimental Stationery Kremnické vrchy. *Folia Oecologica*, 28: 43-48.
- KONŮPKA B., ŽILINEC M. 1999. Aboveground and belowground biomass comparison between Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and silver fir (*Abies alba* Mill.) in a mixed fir-spruce stand. *Ekológia (Bratislava)*, 18: 154-161.
- KONŮPKA B., PAJTÍK J., MORAVČÍK M., LUKAC M. 2010. Biomass partitioning and growth efficiency in four naturally regenerated forest tree species. *Basic and Applied Ecology*, 11: 234-243

- KUNCA A. et al. 2010. Výskyt škodlivých činiteľov v lesoch Slovenska za rok 2009 a ich prognóza na rok 2010. Banská Štiavnica, Národné lesnícke centrum, Lesnícka ochranná služba: 119 s.
- LINDNER M. et al. 2008. Impacts of climate change on European forests and options for adaptation. Report to the European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development. Joensuu: 173 s. Dostupné na World Wide Web: <http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/mon/2010/ppn%20631395679.pdf> [cit. 18. 10. 2011].
- MARKLUND L.G. 1987. Biomass functions for Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) in Sweden. Umeå, SLU, Department of Forest Survey: 127 s.
- MATTHEWS G. 1993. The carbon content of trees. Edinburgh, Forestry Commission: 221 s. Forestry Commission technical paper No. 4.
- MINĐÁŠ J. et al. 2003. Lesy Slovenska a globálne klimatické zmeny. Zvolen, Lesnícky výskumný ústav: 129 s.
- OUMET R., CAMIRÉ C., BRAZEAU M., MOORE J.-D. 2008. Estimation of coarse root biomass and nutrient content for sugar maple, jack pine, and black spruce using stem diameter at breast height. Canadian Journal of Forest Research, 38: 92-100.
- PAJTÍK J., KONÔPKA B., LUKÁČ M. 2008. Biomass functions and expansion factors in young Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst) trees. Forest and Ecology Management, 256: 1096-1103.
- PRIWITZER T., PAJTÍK J., KONÔPKA B., IŠTOŇA J., PAVLENDÁ P. 2008. Kvantifikácia uhlíkových zásob v smrekových porstoch prvého vekového stupňa. Lesnícky časopis –Forestry Journal, 54 (Supplement 1): 69-79.
- PRIWITZER T., PAJTÍK J., KONÔPKA B., IŠTOŇA J., PAVLENDÁ P. 2009. Alokácia uhlíka v lesnom ekosystéme – prípadové štúdie z mladých borových porastov. Lesnícky časopis –Forestry Journal, 55: 239-250.
- WIRTH C., SCHUMACHER J., SCHULZE E.D. 2004. Generic biomass function for Norway spruce in central Europe – a meta-analysis approach towards prediction and uncertainty estimation. Tree Physiology, 24: 121-139.

DENDROMASS ALLOCATION IN THE YOUNG STANDS OF EUROPEAN BEECH AND SESSILE OAK**SUMMARY**

Ongoing climate change significantly affects the natural environment, and hence the quality of human existence. Forest ecosystems are not just passive objects of climate change, but through several feedbacks influence this phenomenon, especially via carbon sequestration in the dendromass. The aim of the paper is to estimate total dendromass in young stands of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and sessile oak (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl). To construct dendromass models and make dendromass estimates on a hectare base, 7 plots for beech and 7 plots for oak considering stand size gradient were established in the Central Slovakia (Tab. 1, 2). Whole-tree samples including foliages, branches, stem and coarse roots were taken, oven-dried and weighed. We constructed allometric relationships for all tree compartments using tree height and/or diameter on stem base as independent variables (Tab. 3, 4). Moreover, soil cores for fine root (diameter up to 2 mm) estimation were taken. Finally, dendromass for all tree compartments was calculated on a tree level and also on a hectare base (Fig. 3, 4).

The results show that stem diameter is the best independent variable when predicting the dendromass of all compartments as it explains 87 – 96% of sample variability. The regression model showed that whole-tree biomass (for diameter of 60 mm) was 4,170 g and 3,981 g in beech and oak, respectively. The total dendromass in the stands cca 10-year-old was over 40 t per ha (Tab. 5, 6). Dendromass allocation into the tree compartments changed with stand size (Fig. 5, 6). In spite of similar total dendromass in both tree species, certain inter-specific differences were found in dendromass allocation. In both beech and oak, share of stem mass to total dendromass increased but root-shoot ratio decreased with a stand size. We assumed that amount of carbon accumulated in the soil prevailed over carbon fixed in the dendromass. However, we concluded that dendromass of young stands (trees) would not be neglected in the global carbon budget calculations because share of young stands on the total forest area has been increasing in Slovakia mainly due to large-scale calamities in the last decade.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Dr. Ing. Bohdan Konôpka, Národné lesnícke centrum, Lesnícky výskumný ústav,
T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, Slovenská republika
tel.: +421-45-5314111; e-mail:bohdan.konopka@nlcsk.org