

ПРОЦЕНА БИОМАСЕ И ЗАЛИХЕ УГЉЕНИКА ВИСОКИХ САСТОЈИНА БУКВЕ У ЈАБЛАНИЧКОМ ШУМСКОМ ПОДРУЧЈУ

МИЛОШ КОПРИВИЦА¹
БРАТИСЛАВ МАТОВИЋ²
СНЕЖАНА СТАЈИЋ¹
ЂОРЂЕ ЈОВИЋ¹

Извод: У раду је истраживана биомаса и залиха угљеника живог и мртвог дрвета две високе састојине букве. Састојина 31а налази се у Газдинској јединици „Каџер-Зеленичје“, а састојина 46а у Газдинској јединици „Кукавица I“. За ове састојине карактеристично је да су почетком двадесетог века биле прашуме, па су неуредним пребирним сечама преведене у привредни облик шуме. Састојине припадају планинској шуми букве (*Fagenion moesiacaе montanum* В. Јов. 1976). У циљу процене биомасе и залихе угљеника састојина примењен је једноставни систематски узорак интензитета 5% површине. Коришћене су пробне површине облика круга и величине 500 м². Биомаса живих стабала и садржај угљеника у тој биомаси одређени су применом одговарајућих регресионих једначина. Запремина, биомаса и садржај угљеника у мртвом дрвету одређени су методом који је описан у раду. Процењено је да просечна сува биомаса састојине букве, изнад и испод земље, у узорку износи 266,52 т ha⁻¹, а залиха везаног угљеника 131,60 тC ha⁻¹.

Кључне речи: биомаса, угљеник, буква, састојина, запремина, живо дрво, мртво дрво.

BIOMASS AND CARBON STOCK ESTIMATION IN HIGH BEECH STANDS IN JABLANIČKO FOREST AREA

Abstract: Biomass and carbon stock in live and dead trees was researched in two high beech stands. The stand 31a belongs to Management Unit “Kačar-Zeleničje”, and the stand 46a is in Management Unit “Kukavica I”. The characteristic of these two stands is that, at the beginning of 20th century, they were virgin forests, but they were converted into managed forests by unordered selection cuttings. The stands belong to the forest of montane beech (*Fagenion moesiacaе montanum* В. Јов. 1976). The assessment of biomass and carbon stock was performed by a simple systematic sample, sampling intensity of 5%. The size of circular sample plots was 500 м². The biomass of live wood and the carbon content in the biomass were determined by regression equations. Volume, biomass, and carbon content in dead wood were determined by the described method. It was estimated that average dry biomass in beech stand, above and below ground, in the sample amounted to 266.52 т ha⁻¹ and the supply of bound carbon amounted to 131.60 тC ha⁻¹.

Key words: biomass, carbon, beech, stand, volume, live wood, dead wood.

¹ др Милош Копривица, виши научни сарадник; мр Снежана Стајић, истраживач сарадник; мр Ђорђе Јовић, истраживач сарадник; Институт за шумарство, Београд

² мр Братислав Матовић, истраживач сарадник, Универзитет у Новом Саду, Институт за низијско шумарство и животну средину, Нови Сад

1. УВОД

Процена биомасе стабла, групе стабала или састојине свих врста дрвећа има велики научни и практични значај. Биомаса се обично изражава у килограмима потпуно суве органске супстанце. У шумарству, уместо процене биомасе, најчешће је раније процењивана запремина стабла, групе стабала или састојине изражена у кубним метрима. Разлог је једноставан, запремина дубећих стабала или њихових делова може лакше да се процени од њихове тежине, а сортименти израђени из обореног стабла продавани су на основу њихове запремине. Међутим, у многим земљама и регионима света данас се све више настоји биолошка продукција шума и сортименти добијени од дрвета изразити тежином органске супстанце уместо њеном запремином (Van Laar, A., Akça, A., 2007). То је општи тренд који се мора прихватити и код нас суштински, а не само формално. Наиме, чињеница је да се код нас често наглашава значај биомасе у контексту производње енергије из обновљивих природних ресурса и везивања и складиштења угљеника из атмосфере у контексту ублажавања климатских промена. Међутим, проблем познавања и процене биомасе наших шумских екосистема много је сложенији и треба га научно решавати.

Биомаса је износ живе супстанце једног или више организама или њихових делова изражена тежином суве супстанце по јединици површине (Lukić, N., Kržić, T., 1996). Шумарски стручњаци се дуго баве проблемом утврђивања биомасе стабла и састојине. Прва истраживања у постављеним огледима која су извели Boyesen-Jensen, P. (1932), Meller, C.M. (1946) и Burger, H. (1950) била су везана за испитивање утицаја прореда на продукцију биомасе економски значајних врста дрвећа (према Matić, V., 1980). Касније, шездесетих година двадесетог века истраживања и сазнања о биомаси стабла и састојине су значајно напредовала, првенствено као последица развоја модерне дрвне индустрије (производња целулозе, плоча влакнатица и сл.) и енергетске кризе која је била изазов за човечанство да другачије почне размишљати о коришћењу енергије. Тада је створен и заједнички биолошки програм шумарских стручњака IBP - International Biological Programme (Duvigneaud, P., 1971, према Lukić, N., Kržić, T., 1996).

Данас се у Европи и у свету придаје велики значај истраживању биомасе шумских екосистема, не само због ранијих циљева, већ и због решавања много сложенијих проблема човечанства, као што је везивање и складиштење угљеника из атмосфере и проучавање утицаја разних загађења и климатских промена на развој и стабилност шумских екосистема у целини (Korner, C. *et al.*, 1988, 1991; Lebaube, S. *et al.*, 2000; Joosten, R. *et al.*, 2004; Mund, M., 2004). Такође, постоји изузетно велики број објављених радова о начину утврђивања, премеру и коришћењу биомасе стабла и састојине (Cannell, M.G.R., 1983; Kauppi, P.E. *et al.*, 1992; Nabours, G.J. *et al.*, 2003; Liski, J. *et al.*, 2006; Raupach, M.R. *et al.*, 2005; Vanclay, J.K., Skovsgard, J.P., 1997; Widłowski, J.L. *et al.*, 2003; Thurig, E., Schelhas, M.J., 2006; Lu, D.S., 2006).

Поред осталог, у многим радовима истраживане су регресионе једначине за процену биомасе различитих врста дрвећа у различитим регионима (Marklund, L.G., 1987; Jenkins, J.C. *et al.*, 2003; Zianis, D., Mensuccini, M.,

2003, 2005; Muukkonen, P., 2007). Више радова посвећено је европској букви (*Fagus sylvatica* L.) чији су резултати коришћени за добијање општих једначина за процену бимасе букве у централној Европи (Wutzler, T. et al., 2008). У Хрватској су вршена слична истраживања за букву (*Fagus sylvatica* L.), храст лужњак (*Quercus robur* L.), пољски јасен (*Fraxinus excelsior* L.) и обични граб (*Carpinus betulus* L.), према Lučić, N., Kružić, T. (1996). Такође, слична истраживања за букву извршена су у Грчкој (Zianis, D., Meniscini, M. 2003) у Чешкој Републици (Cienčiala, E. et al., 2005) у Холандији (Bartelink, H. H., 1996) и неким другим земљама.

Нажалост, у Србији до сада нису вршена истраживања биомасе букве и осталих врста дрвећа. Због тога, за процену биомасе стабала и истраживаних састојина букве појавио се проблем избора одговарајућих регресионих једначина, који је сличан проблему избора одговарајућих регресионих једначина или таблица за процену запремине стабла и састојине. Ово је био примарни задатак једног нашег ранијег истраживања (Koprivica, M. et al., 2010). Затим је следило дефинисање регресионих једначина у виду тарифа за процену биомасе и угљеника стабала букве у Србији (Koprivica, M., Matoviћ, B., 2011).

Циљ овог истраживања је прецизнија процена укупне суве биомасе живих стабала и мртвог дрвета изнад и испод земље, односно залихе везаног угљеника у тој биомаси високих разнодобних састојина букве којима се редовно газдује.

2. ОБЈЕКАТ И МЕТОД РАДА

Објекат овог истраживања чине две високе састојине букве. У Газдинској јединици „Качер-Зеленичје“ одабрана је састојина 31а, а у Газдинској јединици „Кукавица I“ састојина 46а. Основне карактеристике ових састојина су:

Састојина 31а има површину 32,44 ha и налази се на надморској висини од 870 до 1030 m, са нагибом од 15 до 40 степени. Најчешће експозиције терена су северозападна и западна. Геолошку подлогу чини гнајс у распадању, а тип земљишта је дистрично смеђе дубине 40 – 80 cm. Састојина припада планинској шуми букве (*Fagenion moesiacaе montanum* B. Jov. 1976), а по узгојном и структурном облику је висока групимично разнодобна састојина букве. Бонитет станишта је II, склоп 0,69, удео букве у запремини је 99,7%, средњи пречник по темељници 30,2 cm, а средња висина по Логају 23,7 m. По хектару, број стабала је 301, темељница 21,54 m², запремина 290,8 m³ и запремински прираст 6,34 m³ (Koprivica, M. et al., 2006).

Састојина 46а има површину 28,33 ha и налази се на надморској висини од 780 до 1020 m, са нагибом 15-40 степени. Најчешће експозиције терена су северозападна и северна. Геолошку подлогу чини гнајс, а тип земљишта је хумусно силикатно еутрично дубине 40–80 cm. И ова састојина припада планинској шуми букве (*Fagenion moesiacaе montanum* B. Jov. 1976), а по узгојном и структурном облику је висока групимично разнодобна састојина букве. Бонитет станишта је II/III, склоп 0,87, удео букве у запремини је 99,4%, средњи пречник по темељници 31,5 cm, а средња висина по Логају 24,0 m. По хектару, број стабала је 298, темељница 23,21 m², запремина 316,0 m³ и запремински прираст 10,06 (Koprivica, M. et al., 2006).

За прикупљање и обраду података у састојинама примењен је једноставни систематски узорак. Коришћене су пробне површине облика круга и величине 500 m^2 , које су распоређене на растојању $100 \times 100 \text{ m}$. Постављено је укупно 60 пробних површина, односно по састојинама: 32 (31а) и 28 (46а). На свим пробним површинама мерени су пречници и висине живих стабала дебљих од $5,0 \text{ cm}$ у прсној висини. На истим пробним површинама мерено је и мртво дрво у дубећем и лежећем положају (сушике, стари пањеви, необрађено и обрађено дрво), при чему су окуларним методом и механичким притиском на дрво регистрована три степена распадања дрвета (здрavo дрво – до 10% трулежи, натруло дрво – од 11% до 40% трулежи и труло дрво – преко 40% трулежи у запремини). Сушике су мерене на исти начин као и жива стабла. Старим пањевима мерена је висина и пречник у средини висине. Комадима необрађеног и обрађеног дрвета, дужине $0,3 \text{ m}$ и више, са пречником на тањем крају већим од $3,0 \text{ cm}$, мерена је дужина и један или више пречника у средини. Дужи комади и цела стабла мерени су по секцијама. Нису мерена стабла недавно извршених сеча или сеча које су у току, затим пањеви старости до једне године, као и обрађени сортименти за које је било сигурно да ће ускоро бити уклоњени из састојине.

Поред наведеног, у свакој примарној пробној површини од 500 m^2 постављена је и секундарна пробна површина облика круга и величине $7,065 \text{ m}^2$, на којој су мерени пречници и висине стабала малих димензија ($h > 1,3 \text{ m}$ и $d < 5,0 \text{ cm}$).

Lorensov (Lorenz) индекс (Lee, W.K. *et al.*, 1999) добијен је на бази темељнице стабала мерених на свим пробним површинама величине 500 m^2 .

Старост стабала утврђена је на пробним површинама облика круга и величине 500 m^2 , распоређеним на растојању $200 \times 200 \text{ m}$. Стабла су бушена Preslerovim (Presler) сврдлом у прсној висини. Ради одређивања старости стабла, утврђеном броју година на дужини узетог извртка до центра стабла додато је још 10 година.

Укупна сува биомаса живих стабала изнад земље, као и биомаса корена старих пањева и сушика, одређени су по регресионим једначинама за европску букву (Wutzler, T. *et al.*, 2008). Запремина сушика одређена је по регресионим једначинама (Koprivica, M., Matović, B., 2005), а запремина пањева и лежећег мртвог дрвета по једноставној Huberovoj формули. Биомаса мртвог дрвета одређена је множењем његове запремине са густоћом дрвета букве утврђеном за различите степене његовог распадања (Mund, M., 2004). Угљеник у укупној биомаси стабала изнад земље одређен је по регресионој једначини за европску букву (Joosten, R. *et al.* 2004), а угљеник корена и мртвог дрвета множењем њихове биомасе са коефицијентом 0,5 (IPCC 2003).

Обрада теренских података изведена је у лабораторији Института за шумарство у Београду. За дендрометријску обраду података коришћен је програм EXCEL, а за статистичку обраду програм STATGRAPHICS, верзија 5.0.

3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

3.1 Дебљинска и старосна структура састојина

Дебљинска структура састојина букве дата је у табели 1. Састојине имају неправилну опадајућу расподелу стабала по дебљини, која је карактеристична за хетерогене разнодобне састојине. Просторно су измешана стабла различитих дебљина, појединачно или у мањим групама. У састојинама су заступљена стабла пречника до 80 cm. Хетерогеност састојина потврђена је и Lorensovим индексом, јер су утврђене вредности индекса 0,54 и 0,65. На 80% укупног броја постављених пробних површина Lorensov индекс је био већи од 0,50 што потврђује изразиту просторну хетерогеност састојина.

Табела 1. Дебљинска структура састојина букве (%)

Table 1. Diameter structure of beech stands (%)

Састојина	Дебљинска класа (cm)							Сума
	< 20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	
31a	41,9	22,0	15,6	15,4	2,7	2,1	0,3	100
46a	45,9	19,6	12,2	10,0	8,4	2,7	1,2	100

Старосна структура састојина букве дата је у табели 2. Састојине су изразито разнодобне, специфичне старосне структуре. С обзиром на старост, стабла су просторно измешана појединачно или у мањим групама. Значајно је учешће стабала старости преко 160 година, а поједина стабла достижу старост и преко 300 година.

Табела 2. Старосна структура састојина букве (%)

Table 2. Age structure of beech stands (%)

Састојина	Старосна класа (година)								Сума
	< 40	40-80	80-120	120-160	160-200	200-240	240-280	> 280	
31a	4,6	9,3	4,6	33,8	46,2	1,5	-	-	100
46a	1,6	48,4	23,4	12,5	6,3	4,7	1,6	1,5	100

Уједно, ово су први резултати испитивања старосне структуре високих састојина букве у Србији. Раније је посматрана само дебљинска и висинска структура састојина, што је често резултирало погрешним закључивањем о структурном облику састојина букве генеративног порекла и погрешним избором, односно извођењем мера газдовања.

El len berg, H. (1996) је констатовао да у Европи старе лишћарске шуме обично нису једнодобне, што је потпуно у складу са резултатима наших истраживања.

3.2 Запремина мртваг дрвета састојина

У Европи, запремина дубећег и лежећег мртваг дрвета у уређиваним - производним шумама означена је као важан индикатор за одрживо газдовање и очување биодиверзитета (MCPFE 2003). То је важна компонента шумских екосистема јер истовремено представља храну и животни простор за многе биљке и животи-

ње. Подаци о присуству, количини, структури и квалитету мртвог дрвета дају важне информације о: неискоришћеном делу залихе, стању и квалитету животног простора, диверзитету и структури шумских састојина, кружењу материје и количини везаног угљеника.

Прво је утврђена запремина мртвог дрвета изнад земље, а затим биомаса и залиха угљеника мртвог дрвета изнад и испод земље.

У састојини 31а налази се просечно по хектару $26,48 \text{ m}^3$ мртвог дрвета. Највише има необрађеног дрвета (40,9%) и дрвета пањева (26,3%), затим обрађеног дрвета (21,6%), и дрвета сушика (11,2%). С обзиром на степен распадања највише има трулог дрвета (82,8%).

Необрађено дрво заступљено је у свим дебљинским класама до 50 cm и то: до 30 cm 57,49% и 30-50 cm 42,51%. Обрађено дрво је заступљено у свим класама до 60 cm и то: до 30 cm 29,72% и 30-60 cm 70,28%. Дрво сушика је заступљено у свим класама до 40 cm, а дрво пањева у класама 10-100 cm. Процентуална расподела укупног мртвог дрвета у састојини по дебљинским класам је слична нормалној расподели са израженом позитивном (десном) асиметријом. Највише има мртвог дрвета у класи 30-40 cm (23%).

На основу узорка од 32 пробне површине утврђено је да је распоред укупног мртвог дрвета по хектару у састојини приближно симетричан. Последица тога је и релативно мањи коефицијент варијације (88%) и мања релативна грешка процене, која при вероватноћи од 95% износи +/- 31,11%.

У састојини букве 46а налази се просечно по хектару $28,01 \text{ m}^3$ мртвог дрвета. Највише има необрађеног дрвета (46,2%) и дрвета пањева (29,8%), затим обрађеног дрвета (24%), а дрвета сушика уопште нема. С обзиром на степен распадања највише има трулог дрвета (91%).

Необрађено дрво је заступљено у свим дебљинским класама до 80 cm и то: до 30 cm 40,31%, 30-60 cm 41,47% и преко 60 cm 18,22%. Обрађено дрво је заступљено у свим класама до 80 cm и то: до 30 cm 16,52%, 30-60 cm 70,98% и преко 60 cm 12,50%. Дрво пањева заступљено је у свим класама 10-100 cm, а дрво сушика није уопште заступљено. Процентуална расподела укупног мртвог дрвета у састојини по дебљинским класам је неправилна, а највише има мртвог дрвета у класи 40-50 cm (18%).

На основу узорка од 28 пробних површина утврђено је да је распоред укупног мртвог дрвета по хектару у састојини приближно симетричан. Последица тога је и релативно мањи коефицијент варијације (76%) и мања релативна грешка процене, која при вероватноћи од 95% износи +/- 28,73%.

Помоћу t-теста разлике средина два независна узорка, проверен је статистички значај разлике између просечних запремина мртвог дрвета по хектару две истраживане састојине и утврђено је да је разлика случајна ($p = 0,7147$). Такође, помоћу F-теста потврђено је да је и разлика у варијабилитету мртвог дрвета између састојина статистички случајна. Према томе, истраживане састојине букве могу се посматрати и заједно.

У састојинама букве заједно просечна запремина мртвог дрвета изнад земље је $27,19 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ или 9,60% од просечне запремине живог дрвета ($283,17 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Највише има необрађеног дрвета (43,4%) и дрвета пањева (28,0%), затим обрађеног

дрвета (22,7%) и дрвета сушика (5,3%). С обзиром на степен распадања највише има трулог дрвета (86,8%).

Процентуална расподела укупног мртвог дрвета у састојини по дебљинским класама је слична нормалној расподели са израженом позитивном (десном) асиметријом. Највише има мртвог дрвета у класама од 10 до 60 cm (74,0%), затим у класама од 60 до 100 cm (23,5%) и незнатно у класи до 10 cm (2,5%).

На основу узорка од 60 пробних површина, утврђено је да је распоред запремине укупног мртвог дрвета (екстраполисане на хектар) изнад земље јако позитивно асиметричан и издужен у односу на нормални распоред ($\alpha_3 = 2,36$ и $\alpha_4 = 9,46$). Коэффициент варијације је 82%, а грешка просечне запремине, при вероватноћи од 95% је +/- 20,96%.

У 86 истраживаних резервата букве широм Европе утврђено је да је просечна запремина мртвог дрвета $130 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ и да варира скоро од нуле до $550 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Међутим, утврђено је да је у уређиваним - производним шумама запремина мртвог дрвета 10-20 пута мања. Наиме, истраживања у Финској, Шведској, Немачкој, Француској, Белгији и Швајцаској показала су да је просечна запремина мртвог дрвета мања од $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Christensen, M. et al., 2005).

Према томе, утврђена запремина мртвог дрвета у састојинама букве у Јабланичком шумском подручју је 2,7 пута већа, што се може оценити као значајно за очување општег биолошког диверзитета. Остаје питање да ли је утврђена количина и структура запремине мртвог дрвета по хектару и оптимална.

3.3 Биомаса састојина

Биомаса истраживаних састојина букве дата је у табели 3.

Табела 3. Биомаса дрвета разnodобних састојина букве
Table 3. Wood biomass of all-age beech stands

Састојина	Биомаса (t ha^{-1})								
	Живо дрво			Мртво дрво			Живо + мртво дрво		
	Изнад земље	Испод земље	Свега	Изнад земље	Испод земље	Свега	Изнад земље	Испод земље	Свега
31a	196,51	32,14	228,65	8,50	15,92	24,42	205,01	48,06	253,07
46a	212,39	35,95	248,34	8,74	24,82	33,56	221,13	60,77	281,90
Све	203,92	33,92	237,84	8,61	20,07	28,68	212,53	53,99	266,52

У састојинама заједно, просечна биомаса живог дрвета изнад и испод земље је $237,84 \text{ t ha}^{-1}$, а однос биомасе изнад и испод земље је 86% : 14%. Просечна биомаса мртвог дрвета изнад и испод земље је $28,68 \text{ t ha}^{-1}$, а однос биомасе изнад и испод земље је 30% : 70%. Просечна биомаса живог и мртвог дрвета изнад и испод земље је $266,52 \text{ t ha}^{-1}$, а однос биомасе изнад и испод земље је 80% : 20%.

Грешка просечне биомасе живог дрвета изнад земље у састојинама по хектару, утврђена помоћу једноставног узорка при вероватноћи 95%, је +/-11,67% и +/-14,06%, а за обе састојине заједно +/-8,95%.

3.4 Угљеник састојина

Залиха угљеника у биомаси дрвета истраживаних састојина букве дата је у табели 4.

У састојинама заједно, просечна залиха угљеника у живом дрвету изнад и испод земље је $117,26 \text{ tC ha}^{-1}$, а однос угљеника изнад и испод земље је 85% : 15%. Просечна залиха угљеника у мртвом дрвету изнад и испод земље је $14,34 \text{ tC ha}^{-1}$, а однос угљеника изнад и испод земље је 30% : 70%. Просечна залиха угљеника у живом и мртвом дрвету изнад и испод земље је $131,60 \text{ tC ha}^{-1}$, а однос угљеника изнад и испод земље је 80% : 20%.

Табела 4. Угљеник дрвета разнодобних састојина букве
Table 4. Wood carbon stock of all-age beech stands

Састојина	Угљеник (tC ha^{-1})								
	Живо дрво			Мртво дрво			Живо + мртво дрво		
	Изнад земље	Испод земље	Свега	Изнад земље	Испод земље	Свега	Изнад земље	Испод земље	Свега
31а	96,47	16,07	112,54	4,25	7,96	12,21	100,72	24,03	124,75
46а	104,67	17,98	122,65	4,37	12,41	16,78	109,04	30,39	139,43
Све	100,30	16,96	117,26	4,30	10,04	14,34	104,60	27,00	131,60

Залиха угљеника по састојинама и заједно утврђена је са истом тачношћу као и биомаса, што је и очекивано с обзиром на скоро функционалну везу која постоји између биомасе и угљеника.

Mund, M., Schulze, E.D. (2006) су истраживали утицај газдовања на залихе угљеника у буковим шумама на подручју Немачке. Констатовали су да је укупан износ угљеника у биомаси живог и мртвог дрвета, органског слоја и земљишта (све до слоја стена) растао са опадањем интензитета газдовања: за оплодну сечу 246 tC ha^{-1} , за пребирну сечу 266 tC ha^{-1} и за негазоване - природне шуме 352 tC ha^{-1} . Угљеник у биомаси живог и мртвог дрвета износио је око 65% укупног угљеника у шумским екосистемима (без приземне вегетације), односно приближно: за оплодну сечу 64%, за пребирну сечу 67% и за природне шуме 70%.

С обзиром на то да је у нашим истраживаним састојинама букве примењивана пребирна сеча залиха угљеника у биомаси живог и мртвог дрвета требала би да износи просечно $178,2 \text{ tC ha}^{-1}$ ($266 \times 0,67$). Међутим, утврђена залиха угљеника износи $131,60 \text{ tC ha}^{-1}$ и мања је за 26,15%. Иначе, утврђено је да сукцесивно уклањање стабала у буковим шумама оплодном или пребирном сечом смањује залихе ускладиштеног угљеника у биомаси стабала за око 30% у односу на неуређиване шуме (Mund, M., Schulze, E.D., 2006).

Такође, Mund, M. Schulze, E.D. (2006) наводе за газдоване чисте лишћарске шуме да садржај угљеника у мртвом дрвету изнад земље, утврђен у бројним студијама, није прелазео 5 tC ha^{-1} , односно према њиховом истраживању 2 tC ha^{-1} . У нашим истраживаним састојинама букве утврђена је просечна залиха угљеника у мртвом дрвету изнад земље око 4 tC ha^{-1} , што је у складу са резултатима других

истраживања. Наравно, у неуређиваним - негазованим лишћарским шумама и прашумама залихе угљеника у мртвом дрвету су много веће.

4. ЗАКЉУЧАК

Због изражене енергетске кризе и климатских промена, проучавање биомасе и залихе угљеника у шумским екосистемима један је од приоритетних задатака савремене науке у свету. У Србији су ова истраживања тек на почетку, како методолошки тако и практично.

Истраживане **састојине** букве у Јабланичком шумском подручју имају неправилну опадајућу расподелу стабала по дебљини, која је карактеристична за хетерогене разнодобне састојине. У овим састојинама заступљена су стабла пречника до 80 cm. Хетерогеност састојина потврђена је и Lorensovim индексом, јер су утврђене вредности 0,54 и 0,65. С обзиром на старосну структуру састојине су изразито разнодобне, а стабла су просторно измешана појединачно или у мањим групама. У обе састојине заступљена су стабла старости до 240 година, а у састојини 46а стабла достижу старост и преко 300 година.

У истраживаним састојинама букве заједно просечна запремина мртвог дрвета изнад земље је $27,19 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ или 9,6% од просечне запремине живог дрвета ($283,17 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Највише је заступљено необрађено дрво (43,4%), затим дрво старих пањева (28,0%), обрађено дрво (22,8%) и дрво сушика (5,8%). С обзиром на степен распадања најзаступљеније је труло дрво (86,8%), затим натруло дрво (13,2%), а здравог дрвета нема. Расподела запремине укупног мртвог дрвета на пробним површинама, екстраполисана на хектар, изнад земље по дебљинским класама је неправилна, а највише је заступљено мртво дрво пречника 10-80 cm (69,8%).

Просечна биомаса живог и мртвог дрвета у састојинама, изнад и испод земље је $266,2 \text{ t ha}^{-1}$. Изнад земље се налази 80% утврђене биомасе, а испод земље 20%. Коefицијент варијације, при величини пробне површине облика круга од 500 m^2 је око 35%, а грешка просечне биомасе при вероватноћи од 95%, у једноставном узорку је +/-8,94%.

Просечна залиха угљеника у живом и мртвом дрвету у састојинама, изнад и испод земље је $131,60 \text{ tC ha}^{-1}$. Изнад земље се налази 80% утврђене залихе угљеника, а испод земље је 20%. Коefицијент варијације и грешка просечне залихе угљеника, утврђени у узорку, исти су као и за биомасу, што је последица изузетно јаке везе између биомасе и угљеника.

Разнодобне састојине букве у Јабланичком шумском подручју имају мању биомасу дрвета и залихе угљеника у тој биомаси по хектару за 26% у односу на њихово оптимално стање и потенцијале станишта, као и у односу на интензивно (добро) газдоване састојине букве у Европи. Уствари, ради се о мањој и неквалитетној запремини живог дрвета (залихе) по хектару у истраживаним састојинама, јер је биомаса и залиха угљеника директно условљена величином и дебљинском структуром залихе дрвета. Садашње стање састојина у погледу величине њихове запремине, биомасе и залихе угљеника по хектару је незадовољавајуће и првенствено је

последица дутогодишњег спровођења неуредног газдовања и честе промене система газдовања буковим шумама (пребирни, групимични, оплодни и сл.).

У будућим истраживањима треба наставити са проучавањем биомасе и угљеника разнодобних састојина букве у различитим станишним условима и са различитим начинима газдовања. Истовремено, треба проширити истраживање на утврђивање залихе угљеника у органском слоју и земљишту да би се добиле информације о укупној биомаси и залихама угљеника ускладиштеног у шумским екосистемима на подручју Србије.

ЛИТЕРАТУРА

- Assmann, E. (1961): Waldetragskunde. BLV Verlagsgesellschaft, Munchen-Bonn-Wien.
- Barterlink, H.H. (1997): Allometric relationships for biomass and leaf area of beech (*Fagus sylvatica* L). Ann. Sci. For. 54: 39–50.
- Cannell, M.G.R. (1983): World forest biomass and primary production data. Academic Press, London, 391 p.
- Christensen, M., Hahn, K., Mountford, EP, Odor, P., Standovar, T., Rozenberger, D., Diaci, J., Wijdeven, S., Meyer, P., Winter, S., Vrška, T. (2005) Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. For Ecol Manage 210: 267-282
- Cienčila, E., Cerny, M., Apltauer, J., Exnerova, Z. (2006): Biomass functions applicable to European beech. J. For. Sci. 51: 147–154.
- Ellenberg, H (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Ulmer, Stuttgart.
- Jenkins, J.C., Chojnacky, D.C., Heath, L.S., Birdsey, R.A. (2003): National-scale biomass estimators for United States tree species. For. Sci. 49: 12–35.
- Joosten, R., Schumacher, J., Wirth, C., Schulte, A. (2004): Evaluating tree carbon predictions for beech (*Fagus sylvatica* L.) in western Germany. For. Ecol. Manag. 189: 87–96.
- Kauppi, P.E., Mielikainen, K., Kuusela, K. (1992): Biomass and carbon budget of European forests, 1971 to 1990. Science 256: 70–74.
- Körner, C., G.D. Farquhar and S.Roksanđić. (1988): A global survey of carbon isotope discrimination in plants from high altitude. Oecologia 74:623–632.
- Körner, C., G.D. Farquhar and S.C. Wang. (1991): Carbon isotope discrimination by plants follows latitudinal and altitudinal trends. Oecologia 88:30–40.
- Koprivica, M., Matović, B. (2005): Regresione jednačine zapremine i zapreminskog prirasta stabala bukve u visokim šumama na području Srbije. Zbornik radova, tom 52-53, Institut za šumarstvo, Beograd, str. 5-17.
- Koprivica, M., Čokeša, V., Matović, B. (2006): Quality and assortment structure of the volume of beech high stands in Jablaničko forest area. International scientific conference. Sustainable use of forest ecosystems - the challenge of the 21 st century. Proceedings. Donji Milanovac, Serbia, pp. 415-422..
- Koprivica, M., Matović, B., Jović, Đ. (2010): Estimates of biomass in a submontane beech high forest in Serbia. Acta Silvatica and Lingaria Hungarica, Volume 6, pp 161-170.
- Koprivica, M., Matović, B., Čokeša, V., Stajić, S. (2010): Quality and assortment structure of beech high forests in Serbia. Acta Silvatica and Lingaria Hungarica, Volume 6, pp 183-194.
- Koprivica, M., Matović, B. (2011): Regresione jednačine biomase i угљеника стабала букве у високим шумама на подручју Србије. Шумарство, бр. 1-2, стр. 29-42, Београд.
- Koprivica, M., Matović, B., Vučković, M., Stajić, B. (2011): Estimates of biomass and carbon stock in uneven-aged beech stands in Eastern Serbia. Proceedings, The 9th IUFRO

- Internacional Beech Symposium „Ecology and Silviculture of Beech“, p. 110. Dresden/ Gettingen, Germany.
- Li s k i, J., L e h t o n e n, A., P a l o s u o, T., P e l t o n i e m i, M., E g g e r s, T., M u u k o n e n, P., and M a k i p a, R. (2006): Carbon accumulation in Finland's forests 1922–2004 — an estimate obtained by combination of forest inventory data with modelling of biomass, litter and soil. *Ann. For. Sci.* 63: 687–697.
- L u, D.S. (2006): The potential and challenge of remote sensing based biomass estimation. *Int. J. Remote Sens.* 27: 1297–1328.
- L e b a u b e, S., L e G o f f, N., O t t o r i n i, J.M., G r a n i e r, A. (2000): Carbon balance and tree growth in a *Fagus sylvatica* stand. *Ann. For. Sci.* 57: 49–61.
- Lee, W.K., Gadow, K.V., Akca, A. (1999) Waldstruktur und Lorenz – Modell. *Allg Forst Jagdztg* 170 (12). pp 220-223
- L u k i ć, N., K r u ž i ć, T. (1996): Procjena biomase obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u panonskom dijelu Hrvatske. Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava. Znanstvena knjiga 1; 131-136, Zagreb.
- M a r k l u n d, L.G. (1987): Biomass functions for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in Sweden. Rapport – Skog. 43. Department of Forest Survey, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- M a t i ć, V. (1980): Prirast i prinos šuma, Univerzitet u Sarajevu, str. 351. Sarajevo.
- M u n d, M. (2004): Carbon pools of European beech forests (*Fagus sylvatica*) under different silvicultural management. University Goettingen, Goettingen.
- M u n d, M., S c h u l z e, E.D. (2006) Impacts of forest management on the carbon budget of European beech (*Fagus sylvatica*) forests. *Allg Forst Jagdztg* 177 (3/4): 47-63
- M u u k o n e n, P. (2007): Generalized allometric volume and biomass equations for some tree species in Europe. *Eur. J. For. Res.* 126: 157–166.
- N a b u u r s, G.J., S c h e l h a a s, M.J., M o h r e n, G.M.J., and F i e l d, C.B. (2003): Temporal evolution of the European forest sector carbon sink from 1950 to 1999. *Glob. Change Biol.* 9: 152–160.
- R a u p a c h, M.R., R a y n e r, P.J., B a r r e t t, D.J., D e F r i e s, R.S., H e i m a n n, M., O j i m a, D.S., Q u e g a n, S., S c h m u l l i u s, C.C. (2005): Model-data synthesis in terrestrial carbon observation: methods, data requirements and data uncertainty specifications. *Glob. Change Biol.* 11: 378–397.
- T h u r i g, E., S c h e l h a a s, M.J. (2006): Evaluation of a large-scale forest scenario model in heterogeneous forests: a case study for Switzerland. *Can. J. For. Res.* 36:
- V a n c l a y, J.K., S k o v s g a r d, J.P. (1997): Evaluating forest growth models. *Ecol. Model.* 98: 1–12.
- V a n L a a r, A., A k ç a, A. (2007): Forest Mensuration, Springer.
- W i d l o w s k i, J.-L., V e r s t r a e t e, M.M., P i n t y, B., G o b r o n, N. (2003): Allometric relationships of selected European tree species. Tech. Rep. EUR 20855 EN. EC Joint Research Centre, Ispra, Italy.
- W u t z l e r, T., W i r t h, C., S c h u m a c h e r, J. (2008): Generic biomass functions for Common beech (*Fagus sylvatica*) in Central Europe: predictions and components of uncertainty. *Can. J. For. Res.* 38: 1661–1675
- Z i a n i s, D., M e n c u c c i n i, M. (2003): Aboveground biomass relationships for beech (*Fagus moesiaca* Cz.) trees in Vermio Mountain, northern Greece, and generalised equations for *Fagus* sp. *Ann. For. Sci.* 60: 439–448.
- Z i a n i s, D., M e n c u c c i n i, M. (2005): Aboveground net primary productivity of a beech (*Fagus moesiaca*) forest: a case study of Naousa Forest, northern Greece. *Tree Physiol.* 25: 713–722.

BIOMASS AND CARBON STOCK ESTIMATION IN HIGH BEECH STANDS
IN JABLANIČKO FOREST AREA

Miloš Koprivica
Bratislav Matović
Snežana Stajić
Dorđe Jović

Summary

Biomass and carbon stock in live and dead wood was researched in two high beech stands. The characteristic of these two stands is that, at the beginning of 20th century, they were virgin forests, but they were converted into managed forests by unordered selection cuttings. The stands belong to the forest of montane beech (*Fagenion moesiaca montanum* B. Jov. 1976). The simple systematic sample was applied on circular sample plots sized 500 m² arranged at 100 x 100 m. The biomass of live wood and the carbon content in the biomass were determined by regression equations. Volume, biomass, and carbon content in dead wood were determined by the described method. The study beech stands have an irregular decreasing diameter distribution, and the stand age structure is definitely all-aged. Some trees reach the age of above 300 years. Average volume of dead wood above ground is 27.19 m³ ha⁻¹ or 9.6% of the average volume of live wood (283.17 m³ ha⁻¹). The highest percentage is that of unconverted wood (43.4%), followed by the wood of old stumps (28.0%), converted wood (22.8%), and snag wood (5.8%). As for the degree of wood decay, rotten wood accounts for 86.8%, followed by partially rotten wood (13.2%), whereas there is no healthy wood. The highest percentage accounts for dead wood diameter 10-80 cm (69.8%). Average biomass of live and dead wood in the stands, above and below ground, is 266.2 t ha⁻¹. 80% of biomass is above ground and 20% of biomass is below ground. Average carbon stock in live and dead wood in stands, above and below ground, is 131.60 tC ha⁻¹. The ratio is the same as in biomass. All-age beech stands in Jablaničko forest area are characterised by wood biomass and carbon stock in the biomass lower by 26% per hectare compared to their optimal state and site potentials, and compared to well managed beech stands in Europe.