

## BIOMASA U PANJAČAMA PLANIKE (*Arbutus unedo* L.) NA OTOKU BRAČU

### BIOMASS IN STRAWBERRY TREE COPPICE FORESTS (*Arbutus unedo* L.) ON ISLAND BRAČ

Vlado TOPIĆ, Lukrecija BUTORAC, Goran JELIĆ<sup>1</sup>

**SAŽETAK:** U radu su prikazani rezultati izmjera zelene drvne i lisne mase iznad površine tla u panjačama planike (*Arbutus unedo* L.). Važan dio ovih istraživanja obuhvaća i prikaz modela za brzu i pouzdanu procjenu biomase u ovim šumskim ekosustavima. Opće linearno modeliranje korišteno je za razvoj modela. Istraživanja su obavljena i uzorci prikupljeni na trajnim eksperimentalnim plohama na otoku Braču, na podplohama 19 i 20. Biomasa drva i lišća odvojeno je mjerena kao težina i volumen. Nezavisni procjenitelji u panjačama planike bili su promjer izbojka na visini od 50 i 130 cm iznad površine tla, visina izbojka i promjer krošnje izbojka. Težina drva i lista mjereni su u kg, volumen u m<sup>3</sup>, promjer izbojka u cm, visina izbojka i promjer krošnje u metrima. Volumen drva u istraživanim panjačama, na površini od 25 m<sup>2</sup> varira od 0,276 do 0,405 m<sup>3</sup>, a volumen lista od 0,044 do 0,0661 m<sup>3</sup>. Volumen ovisi o degradacijskom stadiju panjače, odnosno dimenzijama pojedinih jedinki koji ih sačinjavaju, njihovom broju po jedinici površine, sklopu i načinu grupiranja po površini te bonitetu staništa. Rezultati istraživanja pokazali su kako je drvna i lisna masa u panjačama planike u jakoj, vrlo jakoj i izuzetno jakoj linearnoj ovisnosti o promjeru izbojka, visini izbojka i promjeru krošnje izbojka. Koeficijenti korelacije kreću se od 0,599 do 0,961. Najveći koeficijent korelacije ima odnos težine drva i promjera izbojka na visini od 50 cm iznad površine tla ( $r = 0,961$ ). Univarijantnom regresijskom analizom biomasa iznad površine tla, u panjačama planike, najbolje možemo procijeniti na osnovi promjera izbojka, iako objašnjenju ovog regresijskog modela značajno pridonose i ostale nezavisne varijable. Promjer izbojka planike na visini od 50 cm iznad površine tla objašnjava 92,3 % varijabilnosti težine drva, a 72,6 % težine lista. Multivarijantni regresijski modeli ne daju znatno bolje rezultate od univarijantnih, posebno kod promjera izbojka kao najboljeg nezavisnog procjenitelja, gdje su vrijednosti izjednačene.

**KLjučne riječi:** biomasa, panjača planike, težina i volumen drva, težina i volumen lišća, promjer izbojka, visina izbojka, promjer krošnje izbojka.

#### UVOD – Introduction

Istraživanju biomase u šumskim ekosustavima pridaje se u svijetu veliko značenje i o tome su pisali mno-

gi autori (Boysen – Jensen 1932, Bürger 1947, 1950, Attiwill i Ovington 1968, Whittaker i Woodwell 1968, Young 1971, Madgwich 1976, Cunia 1986, Dimitris 2008, Xiangping i dr. 2008, Teobaldelli i dr. 2009). U Hrvatskoj su ova istraživanja započela 1971. godine na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u sastojinama hrasta

<sup>1</sup> Dr. sc. Vlado Topić, mr. sc. Lukrecija Butorac, Goran Jelić, dipl. ing. šum., Institut za jadranske kulture i melioraciju krša – 21000 Split, vlado.topic@krs.hr

lužnjaka, jasena, bukve i jele (Lukić i Kružić 1996), koja su u novije vrijeme intenzivirana i provode se na više šumskih vrsta, različitih uzgojnih oblika i provenijencija (Kajba i dr. 1998, 2007, Bogdani dr. 2006, Perić i dr. 2006, Matić 2007, Krpan i dr. 2007, Anić i dr. 2007).

Radova sa sredozemnog krškog područja Hrvatske, koji se izravno ovim pitanjem bave, u literaturi ima vrlo malo (Matić i Rauš 1986, Topić i Šupe 1996, Krpan 1996, Krpan i Poršinsky 2001, Topić i dr. 2000, 2006, 2008). Stoga smo željeli nastaviti započeta istraživanja koja su vrlo značajna, radi pravilnog i racionalnog gospodarenja šumskim ekosustavima na kršu, te zbog njihovih gospodarskih i općekorisnih funkcija.

Tijekom dugogodišnjeg rada na znanstveno-istraživačkim projektima prikupljeni su i dijelom objavljeni podaci o zelenoj biomasi za neke značajnije vrste, kako u eumediteranskom, tako i submediteranskom području Hrvatske.

U ovom radu iznose se podaci za planiku (*Arbutus unedo* L.), koja zajedno s crnikom (*Quercus ilex* L.), lemprikom (*Viburnum tinus* L.), zelenikom (*Phillyrea latifolia* L.), velikim vrijesom (*Erica arborea* L.) i dru-

gim makijskim elementima pridolazi u mediteransko-litoralnom vegetacijskom pojasu vazdazelene šumske vegetacije sveze hrasta crnike ili česmине (*Quercion ilicis*). Kod nas je raširena od Istre do albanske granice, posebice po srednjedalmatinskim i južnodalmatinskim otocima: Braču, Korčuli, Mljetu, Lokrumu i dr. Razvija se najčešće u obliku zatvorene makije, rjeđe niske šume (panjače). Naraste do 10 m visine i odlikuje se jakom izbojnom snagom. Podnosi sušu, posolicu i studen ako ne traje dugo, te je potpuno prilagođena ekološkim prilikama nešeg primorskog krša. Plod joj je jestiv. Od ploda se pravi pekmez, rakija i liker. Kao dekorativna vrsta važna je u hortikulturi. Osobito je lijepa u jesen, kada se na istoj grani pojave cvjetovi i plodovi. Zbog gustog lišća važna je i u zaštiti tla od erozije.

Osim dobivanja podataka o drvnoj i lisnoj masi, važan dio ovog istraživanja obuhvaća i razvoj regresijskih modela za brzu i pouzdanu procjenu biomase iznad površine tla u panjačama planike, na temelju nezavisnih procjenitelja (promjer izbojka, visina izbojka, promjer krošnje izbojka), kao veličina koja se sa zadovoljavajućom točnošću mogu mjeriti na terenu.

## MATERIJAL I METODE – Material and methods

Istraživanja u panjačama planike obavljena su na trajnim pokusnim plohamu u Gornjem Humcu na sjeveroistočnom dijelu otoka Brača, u kojemu dominiraju čiste i mješovite vazdazelene crnikove šume. Plohe su veličine 1 ha, a podplohe 19 i 20, koje su izlučene i na njima obavljane izmjere na vegetaciji i utvrđeni njeni osnovni strukturni podaci, veličine su 25 m<sup>2</sup> (5 x 5 m). Geološki plohe su homogene, izgrađene od dolomitnih vapnenaca na kojima se nalazi plitko i srednje duboko smeđe tlo karakterističnog A-(B)rz-R profila. Pokrovnost na podplohamu iznosi od 84,79 % (ploha 19) do 98,41 % (ploha 20), a srednja visina izbojka planike je 3,60 m, odnosno 4,01 m (maksimalna 4,50 m). Prema Köppenovoj klasifikaciji, koristeći se podacima Seletkovića i Katušića (1992) meteorološke postaje Split-Marjan iz razdoblja 1961–1990, klimu otoka Brača svrstavamo u tip Csa i označena je kao klima masline, koju karakterizira zbroj godišnjih količina padalina od 936 mm i srednje godišnje temperature od 15,5 °C.

Svaka primjerna ploha je iskolčena. Mrežom kvadrata sačinjena je skica u kojoj je na milimetarskom papiru ucrtan i numeriran svaki primjerak izbojka (stabalca) s projekcijom krošanja. Time je omogućeno planimetrijsko određivanje površine zastrtosti tla krošnjama svakog stabilca. Terenski tlocrt projekcije krošanja na milimetarskom papiru skeniranjem je prebačen u digitalni oblik Auto Cad programom. Nakon toga pristupilo se sječi. Izmjeren je promjer svakom izbojku na visini

od 50 i 130 cm iznad površine tla, visina izbojka i promjer krošnje izbojka, te odvojen list od drva i izmjerena njihova težina. Potom je terenskim ksilometrom utvrđena specifična težina drva i lista na nekoliko uzoraka planike, kako bi se dobili podaci o odnosu između težine i volumena. Svi podaci upisani su u terenske manuale, a u uredu uneseni u računalo, odnosno u bazu podataka. Težina drva i lista mjereni su u kg, volumen u m<sup>3</sup>, promjer izbojka u cm, visina izbojka i promjer krošnje u metrima. Promjer krošnje računat je kao aritmetička sredina najvećeg i najmanjeg promjera kroz centar izbojka. Bazična statistika uzorka nezavisnih i zavisnih varijabli i korelacijski koeficijent prikazani su u tablicama 2 i 3. Utvrđena je ovisnost varijabli zelene biomase (drva i lista) u funkciji promjera izbojka, visine izbojka i promjera krošnje izbojka kao nezavisnih varijabli, koristeći opći linearni model

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_i$$

gdje je  $y$  biomasa zavisnih varijabli (težina drva, težina lista, volumen drva, volumen lista),  $x_i$  su nezavisne varijable (promjer izbojka, visina izbojka i promjer krošnje izbojka) i  $b_0$  i  $b_1$  su empirički parametri.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM – Research results with discussion

Osnovni strukturni podaci o istraživanim panjačama planike prikazani su u tablici 1. Iz tablice je vidljivo da u panjačama planike na trajnim pokusnim plohama u Gornjem Humcu na otoku Braču uz planiku pridolaze i ostale vrste drveća: crnika, zelenika i veliki vrijes. Prema podacima utvrđenim na pokusnim pod-plohama 19 i 20, površine po 25 m<sup>2</sup>, u mješovitim panjačama planike, crnike i zelenike pokrovnosti 84,79 % (planika 38,07 %) i srednje visine 3,34 m (planike 3,60 m, maksimalna 4,25 m), volumen drva iznosi 0,276 m<sup>3</sup> (planike 0,136 m<sup>3</sup>), a volumen lista 0,044 m<sup>3</sup> (planike 0,027 m<sup>3</sup>), dok u panjačama pokrovnost 98,41 % (planike 63,09 %) i srednje visine 3,62 m (planike

4,01 m, maksimalna 4,50 m), volumen drva iznosi 0,405 m<sup>3</sup>, a volumen lista 0,066 m<sup>3</sup>.

Osim utvrđivanja drvne i lisne mase u panjačama planike istraživana je i univarijantnom i multivarijantnom regresijskom analizom utvrđena ovisnost težine, odnosno volumena drva i lista o promjeru izbojka, visini izbojka i promjeru krošnje, kao nezavisnih varijabli. U tablici 2 prikazane su statističke vrijednosti izmjerenih izbojaka planike, a u tablici 3 korelacijski koeficijenti između promatranih varijabli.

Tablica 1. Biomasa u panjačama planike (*Arbutus unedo* L.) na pokusnim plohama na otoku Braču

Table 1 Biomass of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) coppice forests on experimental plots on the island Brač

Broj plohe <i>Plot number</i>	Vrsta drveća <i>Tree species</i>	Ploha 25 m <sup>2</sup> / Plot 25 m <sup>2</sup>									
		Broj panjeva <i>Number of stumps</i>	Broj izbojaka na panju <i>Number of sprouts in stump</i>	Srednja visina izbojka <i>Medium height of sprouts</i>	Srednji promjer izbojka <i>Medium diameter of sprouts</i>	Srednji promjer izbojka <i>Medium diameter of sprouts</i>	Pokrovnost plohe <i>Plot coverage</i>	Težina drva <i>Wood weight</i>	Težina lista <i>Foliage weight</i>	Volumen drva <i>Wood volume</i>	Volumen lista <i>Foliage volume</i>
				m	cm	cm	%	kg	kg	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
19	<i>Arbutus unedo</i> L.	6	37	3,60	2,88	2,52	38,70	133,88	19,93	0,136	0,026
	<i>Quercus ilex</i> L.	8	34	3,22	2,40	2,11	37,43	102,26	12,65	0,091	0,015
	<i>Phillyrea latifolia</i> L.	2	9	3,28	3,15	2,64	8,79	39,01	2,75	0,034	0,003
	<i>Erica arborea</i> L.	2	7	3,24	2,53	2,13	0,50	13,56		0,015	
	Σ	18	87	3,34	2,74	2,35	84,79	288,71	35,36	0,276	0,044
20	<i>Arbutus unedo</i> L.	4	13	4,01	6,21	4,86	63,09	185,65	26,35	0,184	0,035
	<i>Quercus ilex</i> L.	5	20	3,95	5,39	4,94	33,76	227,94	25,06	0,204	0,029
	<i>Phillyrea latifolia</i> L.	4	5	2,89	2,50	1,80	1,56	20,38	1,53	0,018	0,002
	Σ	13	38	3,62	4,70	3,87	98,41	433,96	52,94	0,405	0,066

Tablica 2. Statističke vrijednosti promatranih veličina izmjerenih izbojaka u panjačama planike

Table 2 Statistical values for the observed growth of strawberry tree sprouts in coppice forests

Variable	Descriptive Statistics (Brac.sta)							
	Valid N	Mean	Sum	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Standard Error
Promjer izbojka - Diameter of sprout, d 0.5m (cm)	63	3.423810	215.7000	1.300000	8.20000	2.58507	1.607815	0.202566
Promjer izbojka - Diameter of sprout, d 1.30m (cm)	63	2.965079	186.8000	0.900000	6.20000	1.88199	1.371855	0.172838
Visina izbojka - Height of sprout (m)	63	3.580159	225.5500	2.450000	4.50000	0.23254	0.482228	0.060755
Promjer krošnje - Crown diameter (m)	63	0.432540	27.2500	0.050000	1.80000	0.14380	0.379214	0.047776
Težina lista - Foliage weight (kg)	63	0.679048	42.7800	0.026000	3.25800	0.48745	0.698177	0.087962
Težina drva - Wood weight (kg)	63	4.951079	311.9180	0.318000	20.27500	21.54500	4.641660	0.584794
Volumen lista - Foliage volume (m3)	63	0.000909	0.0573	0.000030	0.00440	0.00000	0.000934	0.000118
Volumen drva - Wood volume (m3)	63	0.004836	0.3047	0.000300	0.02010	0.00002	0.004699	0.000592

Tablica 3. Korelacijski koeficijenti između promatranih varijabli  
 Table 3 Correlations coefficients between observed variables

Variable	Correlations (Brac.sta) Marked correlations are significant at $p < .05000$ N=63 (Casewise deletion of missing data)							
	Promjer izbojka, d 0.5m - Diameter of sprout, d 0.5m (cm)	Promjer izbojka, d 1.30m - Diameter of sprout, d 1.30m	Visina izbojka - Height of sprout (m)	Promjer krošnje - Crown diameter (m)	Težina lista - Foliage weight (kg)	Težina drva - Wood weight (kg)	Volumen lista - Foliage volume (m3)	Volumen drva - Wood volume (m3)
Promjer izbojka - Diameter of sprout, d 0.5m (cm)	1.00	0.98	0.68	0.86	0.85	0.96	0.86	0.93
Promjer izbojka - Diameter of sprout, d 1.30m (cm)	0.98	1.00	0.72	0.86	0.82	0.93	0.82	0.89
Visina izbojka - Height of sprout (m)	0.68	0.72	1.00	0.64	0.60	0.67	0.60	0.68
Promjer krošnje - Crown diameter (m)	0.86	0.86	0.64	1.00	0.87	0.88	0.87	0.87
Težina lista - Foliage weight (kg)	0.85	0.82	0.60	0.87	1.00	0.87	1.00	0.86
Težina drva - Wood weight (kg)	0.96	0.93	0.67	0.88	0.87	1.00	0.88	0.97
Volumen lista - Foliage volume (m3)	0.86	0.82	0.60	0.87	1.00	0.88	1.00	0.87
Volumen drva - Wood volume (m3)	0.93	0.89	0.68	0.87	0.86	0.97	0.87	1.00

Iz tablice 3 vidljivo je da je veza između svih varijabli jaka i izuzetno jaka. Koeficijenti korelacije kreću se od 0,60 do 0,96. Najveći koeficijent korelacije ima odnos težine drva i promjera izbojka na visini od 0,50 i 1,30 m iznad površine tla, gdje je  $r = 0,96$ , odnosno 0,93. Veoma jaku vezu imaju i volumen lista, odnosno težina lista s promjerom izbojka ( $r = 0,86$ ) i promjerom krošnje ( $r = 0,87$ ), te promjer izbojka s promjerom krošnje, gdje je  $r = 0,86$ .

Na osnovi promjera izbojka na visini od 0,50 i 1,30 m iznad površine tla, njegove visine i promjera krošnje, kao nezavisnih varijabli, procijenjena je težina i volumen drva i lista univarijantnom i multivarijantnom regresijskom analizom. U tablicama 4 i 5 prikazani su regresijski modeli za procjenu varijabli biomase u panjačama planike, odnosno rezultati linearnog izjednačavanja težine i volumena drva i lista s nezavisnim varijablama i njihovim kombinacijama. Tablice sadrže procijenjene regresijske parametre s koeficijentima korelacije (R) i prilagođenim koeficijentima determinacije ( $R^2$ ), koji su neophodni za ocjenu upotrebljivosti predloženih modela.

Univarijantnom regresijskom analizom utvrdili smo značajnu ovisnost težine, odnosno volumena drva i lista o promjeru izbojka, visini izbojka i promjeru krošnje. Rezultati pokazuju da promjer izbojka na visini od 0,50 m objašnjava 92,3 % varijabilnosti težine drva ( $R^2 = 0,923$ ;  $p < 0,000$ ), a 72,6 % težine lista ( $R^2 = 0,726$ ;  $p < 0,000$ ), tablica 4 i slika 1, dok promjer izbojka na visini od 1,30 m iznad površine tla ima nešto manje vrijednosti. Promjer krošnje objašnjava 76,7 % varijabilnosti težine drva ( $R^2 = 0,767$ ;  $p < 0,000$ ), a 75,9 % težine i volumena lista ( $R^2 = 0,759$ ;  $p < 0,000$ ), dok visina izbojka objašnjava 44,6 % težine drva ( $R^2 = 0,446$ ;  $p < 0,000$ ) i 34,9 % težine i volumena lista ( $R^2 = 0,349$ ;  $p < 0,000$ ), tablica 4 i slika 1. Na slici 1 uz regresijsku analizu ovisnosti težine, odnosno volumena drva i lista o promjeru izbojka, visini izbojka i promjeru krošnje date su i jed-

nadžbe regresijskog pravca. Analizom varijance utvrdili smo da su ovi modeli dobri i primjenjivi u praksi, posebno model s promjerom izbojka na visini od 0,5 m iznad površine tla.

Multivarijantni regresijski modeli ( $R_5$ ,  $R_6$  i  $R_7$  u tablici 5) ne daju bolje rezultate od univarijantnih ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  i  $R_4$  u tablici 4), posebice kod promjera izbojka kao najboljeg nezavisnog procjenitelja, gdje su vrijednosti izjednačene.

Rezultati pokazuju da promjer izbojka na visini od 0,50 m i njegova visina s promjerom krošnje objašnjavaju 87,9 % varijabilnosti težine drva ( $R^2 = 0,879$ ;  $p < 0,000$ ), a 76,9 % težine i volumena lista ( $R^2 = 0,769$ ;  $p < 0,000$ ), tablica 5.

Objašnjenju ovog regresijskog modela najviše pridonosi, kod težine drva, promjer izbojka ( $r = 0,667$ ;  $p < 0,000$ ), zatim promjer krošnje ( $r = 0,298$ ;  $p < 0,001$ ), a najmanje visina izbojka, koja nije ni značajna zbog jake međuzavisnosti samih varijabli ( $r = 0,006$ ;  $p < 0,923$ ). Kod težine i volumena lista objašnjenju ovog regresijskog modela najviše pridonosi promjer krošnje ( $r = 0,642$ ;  $p < 0,000$ ), zatim promjer izbojka ( $r = 0,274$ ;  $p < 0,046$ ), a najmanje visina izbojka ( $r = -0,007$ ;  $p < 0,934$ ). Na osnovi izračunatih parametara jednadžbe višestruke regresije za težinu i volumen drva i lista u panjačama planike moguće je izraziti kao:

$$T_d = -3,5285 + 2,2558 * d_{izb} - 0,0594 * h_{izb} + 3,6488 * d_{kr}$$

$$T_l = -0,2061 + 0,1387 * d_{izb} - 0,0105 * h_{izb} + 1,1828 * d_{kr}$$

$$V_d = -0,0049 + 0,0017 * d_{izb} + 0,0007 * h_{izb} + 0,0018 * d_{kr}$$

$$V_l = -0,0002 + 0,0002 * d_{izb} - 0,0003 * h_{izb} + 0,0016 * d_{kr}$$

Analizom varijance utvrdili smo da su ovi modeli primjenjivi u praksi, jer varijable promjer izbojka i promjer krošnje statistički značajno objašnjavaju zavisne varijable (težinu i volumen drva i lista).

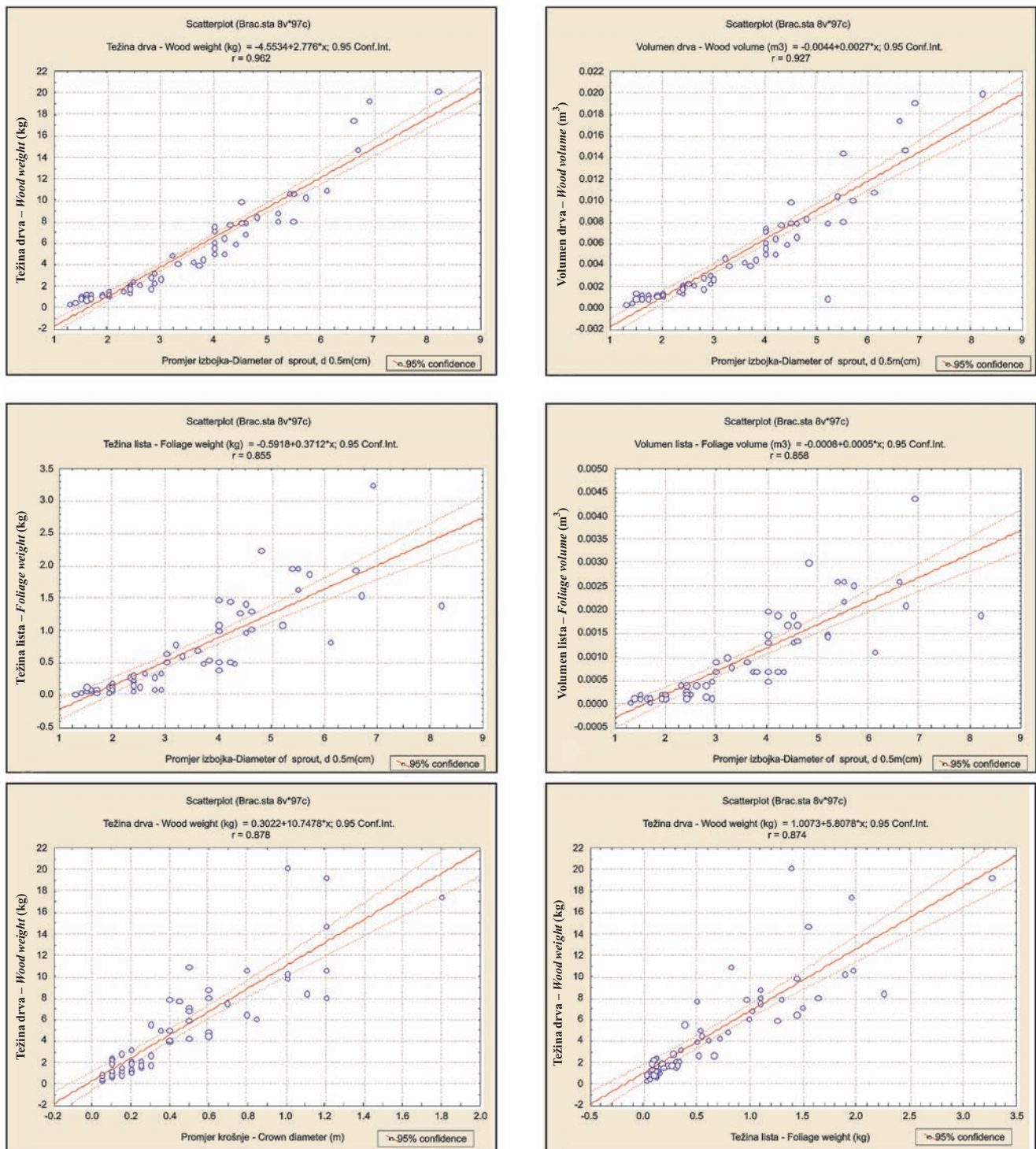
Tablica 4. Parametri univarijantne regresije za težinu i volumen drva i lista u panjačama planike

Table 4 Parameters of univariate regression for weight and volume of wood and foliage in strawberry tree coppice forests

Nezavisne varijable (x) <i>Independent variables (x)</i>	Zavisne varijable – <i>Dependent variables (y)</i>			
	Težina drva <i>Wood weight</i>	Težina lista <i>Foliage weight</i>	Volumen drva <i>Wood volume</i>	Volumen lista <i>Foliage volume</i>
	kg		m <sup>3</sup>	
Promjer izbojka – <i>Diameter of sprout, d 0,5 m (x)</i>				
R <sub>1</sub>	0,962	0,855	0,927	0,858
prilagođeni – <i>adjusted (R<sup>2</sup>)</i>	0,923	0,726	0,857	0,732
procjena reg. parametra – <i>estim. regres. parameters</i>	0,620	0,855	0,927	0,858
t	27,353	12,862	19,275	13,042
p	0,000	0,000	0,000	0,000
b <sub>0</sub>	-4,553	-0,592	-0,004	-0,001
b <sub>1</sub>	2,776	0,371	0,003	0,000
Promjer izbojka – <i>Diameter of sprout, d 1,3 m (x)</i>				
R <sub>2</sub>	0,929	0,822	0,894	0,824
prilagođeni – <i>adjusted (R<sup>2</sup>)</i>	0,860	0,671	0,795	0,674
procjena reg. parametra – <i>estim. regres. parameters</i>	0,929	0,822	0,894	0,824
t	19,556	11,286	15,555	11,361
p	0,000	0,000	0,000	0,000
b <sub>0</sub>	-4,366	-0,562	-0,004	-0,001
b <sub>1</sub>	3,142	0,418	0,003	0,001
Visina izbojka – <i>Height of sprout (x)</i>				
R <sub>3</sub>	0,675	0,599	0,683	0,597
prilagođeni – <i>adjusted (R<sup>2</sup>)</i>	0,446	0,349	0,457	0,346
procjena reg. parametra – <i>estim. regres. parameters</i>	0,675	0,599	0,683	0,597
t	7,140	5,851	7,295	5,818
p	0,000	0,000	0,000	0,000
b <sub>0</sub>	-18,300	-2,429	-0,019	-0,003
b <sub>1</sub>	6,494	0,868	0,007	0,001
Promjer krošnje – <i>Crown diameter (x)</i>				
R <sub>4</sub>	0,878	0,873	0,873	0,873
prilagođeni – <i>adjusted (R<sup>2</sup>)</i>	0,767	0,759	0,758	0,759
procjena reg. parametra – <i>estim. regres. parameters</i>	0,878	0,873	0,873	0,873
t	14,331	13,992	13,994	13,993
p	0,000	0,000	0,000	0,000
b <sub>0</sub>	0,302	-0,016	0,000	-0,000
b <sub>1</sub>	10,748	1,608	0,011	0,002

Tablica 5. Parametri multivarijantne regresije za težinu i volumen drva i lista u panjačama planike  
 Table 5 Parameters of multivariate regression for weight and volume of wood and foliage  
 in strawberry tree coppice forests

Nezavisne varijable (x) <i>Independent variables (x)</i>	Zavisne varijable – <i>Dependent variables (y)</i>			
	Težina drva <i>Wood weight</i>	Težina lista <i>Foliage weight</i>	Volumen drva <i>Wood volume</i>	Volumen lista <i>Foliage volume</i>
	kg		m <sup>3</sup>	
Promjer izbojka – <i>Diameter of sprout d 0,5 m (x<sub>1</sub>)</i> Visina izbojka – <i>Height of sprout (x<sub>2</sub>)</i> R <sub>5</sub> prilagođeni – <i>adjusted R<sup>2</sup></i> procjena reg. parametra – <i>estim. regres parameters (x<sub>1</sub>)</i> procjena reg. parametra – <i>estim. regres. parametres (x<sub>2</sub>)</i> t <sub>1</sub> t <sub>2</sub> p <sub>1</sub> p <sub>2</sub> b <sub>0</sub> b <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0,962 0,923 0,938 0,034 19,420 0,702 0,000 0,485 -5,494 2,709 0,327	0,855 0,722 0,834 0,030 9,106 0,325 0,000 0,746 -0,716 0,362 0,0432	0,929 0,859 0,863 0,093 13,226 1,428 0,000 0,158 -0,007 0,002 0,001	0,858 0,727 0,843 0,022 9,292 0,238 0,000 0,812 -0,001 0,000 0,000
Promjer izbojka – <i>Diameter of sprout d 1,30 m (x<sub>1</sub>)</i> Visina izbojka – <i>Height of sprout (x<sub>2</sub>)</i> R <sub>6</sub> prilagođeni – <i>adjusted R<sup>2</sup></i> procjena reg. parametra – <i>estim. regres parameters (x<sub>1</sub>)</i> procjena reg. parametra – <i>estim. regres. parametres (x<sub>2</sub>)</i> t <sub>1</sub> t <sub>2</sub> p <sub>1</sub> p <sub>2</sub> b <sub>0</sub> b <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0,929 0,858 0,915 0,020 13,339 0,287 0,000 0,775 -4,902 3,094 0,189	0,822 0,666 0,807 0,022 7,666 0,207 0,000 0,836 -0,651 0,411 0,032	0,896 0,796 0,831 0,087 10,106 1,062 0,000 0,293 -0,006 0,003 0,001	0,824 0,668 0,814 0,015 7,764 0,140 0,000 0,889 -0,001 0,000 0,000
Promjer izbojka – <i>Diameter of sprout d 0,5 m (x<sub>1</sub>)</i> Visina izbojka – <i>Height of sprout (x<sub>2</sub>)</i> Promjer krošnje – <i>Crown diameter (x<sub>3</sub>)</i> R <sub>7</sub> prilagođeni – <i>adjusted R<sup>2</sup></i> procjena reg. parametra – <i>estim. regres parameters (x<sub>1</sub>)</i> procjena reg. parametra – <i>estim. regres. parametres (x<sub>2</sub>)</i> procjena reg. parametra – <i>estim. regres. parametres (x<sub>3</sub>)</i> t <sub>1</sub> t <sub>2</sub> t <sub>3</sub> p <sub>1</sub> p <sub>2</sub> p <sub>2</sub> b <sub>0</sub> b <sub>1</sub> b <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	0,941 0,879 0,667 0,006 0,298 6,901 0,097 3,394 0,000 0,923 0,001 -3,528 2,256 0,059 3,649	0,883 0,769 0,274 -0,007 0,642 2,041 -0,083 5,295 0,046 0,934 0,000 -0,206 0,139 -0,010 1,183	0,917 0,833 0,506 0,069 0,391 4,453 0,934 3,784 0,000 0,354 0,000 -0,005 0,002 0,001 0,005	0,884 0,770 0,284 -0,014 0,637 2,131 -0,162 5,263 0,037 0,872 0,000 -0,000 0,000 -0,000 0,001



Slika 1. Regresijska analiza ovisnosti težine i volumena drva i lista o promjeru izbojaka i promjeru krošnje, te odnosa između težine drva i težine lista u panjačama planike

Figure 1 Regression analysis of dependence of wood and foliage weight and volume on the diameter of sprout and crown diameter, and the relation between wood weight and foliage weight in strawberry tree coppice forests

## ZAKLJUČCI – Conclusion

Na temelju obrade prikupljenih podataka s pokusnih ploha u panjačama planike na otoku Braču i obavljenih analiza utjecaja promjera izbojka, visine izbojka i promjera krošnje izbojka u panjačama planike, kao

nezavisnih varijabli, na volumen, odnosno težinu drva i lista, mogu se donijeti sljedeći zaključci:

1. U panjačama planike na površini od 25 m<sup>2</sup> pokrovnosti 84,79 %, srednje visine 3,34 m (maksimalne

- 4,50 m) i srednjeg promjera izbojka 2,74 cm (maksimalno 8,20 cm), volumen drva iznosi 0,276 m<sup>3</sup> (110,4 m<sup>3</sup>/ha), a volumen lista 0,044 m<sup>3</sup> (17,44 m<sup>3</sup>/ha), dok u panjačama pokrovnosti 98,41 %, srednje visine 3,62 m i srednjeg promjera izbojka 4,70 cm, volumen drva iznosi 0,405 m<sup>3</sup> (162,08 m<sup>3</sup>/ha), a volumena lista 0,066 m<sup>3</sup> (26,44 m<sup>3</sup>/ha).
2. Univarijantnom regresijskom analizom utvrđena je signifikantna ovisnost težine i volumena drva i lista u panjačama planike o promjeru izbojka, visini izbojka i promjeru krošnje izbojka. Promjer izbojka na visini od 50 cm iznad površine tla objašnjava 92,3 % varijabilnost težine drva, a 72,6 % težine lista, dok promjer krošnje izbojka objašnjava 76,7 % varijabilnosti težine drva i 75,9 % težine i volumena lista.
  3. Multivarijantni regresijski modeli ne daju znatno bolje rezultate od univarijantnih, posebice kod promjera izbojka kao najboljeg nezavisnog procjenitelja, gdje su vrijednosti izjednačene. Promjer izbojka planike, njegova visina i promjer krošnje objašnjavaju 87,9 % varijabilnost težine drva, a 76,9 % težine i volumena lista. Objašnjenju ovog regresijskog modela najviše pridonosi, kod težine i volumena drva, promjer izbojka, a kod težine i volumena lista promjer krošnje.
  4. Svi modeli mogu se primjenjivati za brzu i pouzdanu procjenu zelene biomase pojedinih jedinki (drva i lista) u panjačama planike, posebno s varijablom promjera izbojka.

### LITERATURA – References

- Anić, I., M. Štimac, S. Matić, M. Oršanić, 2007: Šume panjače ličkog područja kao izvor biomase za energiju. U: S. Matić (ur.), Poljoprivreda i šumarstvo kao proizvođači obnovljivih izvora energije. Zbornik radova znanstvenog skupa, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 63–74, Zagreb.
- Attiwill, P. M., J. D. Ovington, 1968: Determination of forest biomass. *Forest Science*, 14: 13–15.
- Bogdan, S., D. Kajba, I. Katačić, 2006: Produkcija biomase u klonskim testovima stablastih vrba na marginalnim staništima u Hrvatskoj. *Glasnik za šumske pokuse*, pos. izd. 5, 261–275, Zagreb.
- Boysen – Jensen, P., 1932: Die Stoffproduktion der Pflanzen. Jena, G. Fisher, 108 pp.
- Bürger, H., 1947: Holz, Blattmenge und Zuwachs. 8. Mitteilung: die Eiche. *Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen* 25: 211–279.
- Cunia, T., 1986: Estimating Tree Biomass Regressions and their Error. Tutorial papers: 1–106. *Proceedings of the Workshop on Tree biomass Regression Functions and their Contribution to Error of Forest Inventory Estimates (26-30 May 1986)* USDA – Forest Service, NEFES: NE-GTR-117, Syracuse-NewYork, 303 pp.
- Kajba, D., A. Krstinić, N. Komlenović, 1998: Proizvodnja biomase stablastih vrba u kratkim oplodnjama. *Šum. list CXXII (3–4)*: 139–145, Zagreb.
- Kajba, D., S. Bogdan, I. Katačić, 2007: Produkcija biomase vrba u pokusnim kulturama kratkih oplodnji u Hrvatskoj. U: S. Matić (ur.), Poljoprivreda i šumarstvo kao proizvođači obnovljivih izvora energije, Zbornik radova znanstvenog skupa, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 99–105, Zagreb.
- Krpan, A. P. B., 1996: Biomasa za energiju – zbilja hrvatskoga krša? Hrvatsko šumarsko društvo, Skrb za hrvatske šume od 1946. do 1996., Knjiga 2, Zaštita šuma i pridobivanje drva, 211–215, Zagreb.
- Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, 2001: Prilog poznavanju proizvodnosti kultura alepskog bora. U: S. Matić (ur.), Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama, Znanstvena knjiga, 465–474, Zagreb.
- Krpan, A. P. B., Ž. Zečić, I. Stankić, 2007: Biomasa nekih domaćih vrsta šumskog drveća. U: S. Matić (ur.), Poljoprivreda i šumarstvo kao proizvođači obnovljivih izvora energije, Zbornik radova znanstvenog skupa, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 75–87, Zagreb.
- Lukić, N., T. Kružić, 1996: Procjene biomase obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u panonskom dijelu Hrvatske. U: B. Mayer (ur.), Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava. Znanstvena knjiga 1: 131–136, Hrvatsko šumarsko društvo, Zagreb.
- Madgwich, H. A. I., 1976: Mensuration of forest biomass. *Oslo Biomass studies. Papers presented during the meeting of S 4.01 in Oslo, Norway, June 22, 1976.* X vth International Congress of IUFRO (H.E. Yung, Editor) pp. 11–27, College of Life Sciences and Agriculture, University of Maine at Orono.



- Matić, S., Đ. Rauš, 1986: Prevođenje makije i panjače hrasta crnike u sastojine višeg uzgojnog oblika. Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje 2: 79–86, Zagreb.
- Matić, S., 2007: Zahvati njege i obnove kao načini pridobivanja drva za energiju i povećanja kvalitete šume u Hrvatskoj. U: S. Matić (ur.), Poljoprivreda i šumarstvo kao proizvođači obnovljivih izvora energije, Zbornik radova znanstvenog skupa, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 17–41, Zagreb.
- Perić, S., A. Jazbec, J. Medak, V. Topić, M. Ivanković, 2006: Analysis of biomass of 16<sup>th</sup> Pedunculate Oak provenances. Periodicum biologorum 108: 649–653.
- Pranjić, A., N. Lukić, 1986: Oblični broj i dvoulazne tablice volumena crnike (*Quercus ilex* L.). Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje 2: 169–177, Zagreb.
- Rauš, Đ., I. Trinajstić, J. Vukelić, J. Medvidović, 1992: Biljni svijet hrvatskih šuma. U: Đ. Rauš (ur.), Šume u Hrvatskoj, 33–77, Zagreb.
- Seletković, Z., Z. Katušin, 1992: Klima Hrvatske. U: Đ. Rauš (ur.), Šume u Hrvatskoj, 13–18, Zagreb.
- Teobaldelli, M., Z. Somogyi, M. Miglivacca, V. A. Usoltsev, 2009: Generalized functions of biomass expansion factor for conifers and broadleaved by stand age, growing stock and site index. Forest Ecol Manage. 257, 1004–1013.
- Topić, V., D. Šupe, 1996: Ispaša i brst koza u šikarima submediteranskog krškog područja Hrvatske. U: B. Mayer (ur.), Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava, Znanstvena knjiga 1: 377–384, Hrvatsko šumarsko društvo, Zagreb.
- Topić, V., O. Antonić, Ž. Španjol, Ž. Vrdošnjak, 2000: Regression models for estimating biomass of resprouted pubescent oak (*Quercus pubescens* Willd.), Italian oak (*Quercus frainetto* Ten.) and holm oak (*Quercus ilex* L.). Glasnik za šumske pokuse 37: 123–131, Zagreb.
- Topić, V., L. Butorac, S. Perić, 2006: Biomasa šikara bijelog graba (*Carpinus orientalis* Mill.) u submediteranskom dijelu Hrvatske. Radovi, Šumarski institut Jastrebarsko, izvanredno izdanje 9: 139–147, Jastrebarsko.
- Topić, V., L. Butorac, G. Jelić, S. Perić, R. Rosavec, 2008: Biomass of hop hornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) shrub on Velebit. Periodicum biologorum 110 (2): 151–156.
- Wang, X., J. Fang, B. Zhu, 2008: Forest biomass and root-shoot allocation in northeast China. Forest Ecol. Manage. 255, 4007–4020.
- Whittaker, R.H., G.M. Woodwell, 1968: Dimension and production relations of trees and shrubs in the Brookhaven Forest, New York, Journal of Ecology 56: 1–25.
- Young, H. E., 1971: Biomass sampling methods for puckerbrush stands. Forest biomass studies. Working Group on Forest Biomass Studies. Section 25, Yield and Growth–IUFRO, University of Florida, Gainesville, Florida–USA, March 15–20, pp. 179–190.
- Zianis, D., 2008: Predicting mean aboveground forest biomass and its associated variance. Forest Ecol. Manage. 256, 1400–1407.

*SUMMARY: The authors have collected and partly published the data about biomass for some important species on the Mediterranean karst area of Croatia during their research on projects. In this paper the data for strawberry tree (Arbutus unedo L.), whit together wit holm oak (Quercus ilex L.), laurestine (Viburnum tinus L.), crack phyllirea (Phillyrea latifolia L.), white heath (Erica arborea L.) and other maquis elements are published, which are found in Mediterranean littoral vegetation area of forest vegetation of holm oak (Quercion ilicis). This vegetation is spread from Istra to the Albanian border, especially on the middle and south Dalmatian islands: Brač, Korčula, Mljet, Lokrum and others. The vegetation develops in the form of closed maquis, rarely small forest (coppice). It grows till 10 m high and has a strong sprout strenght. It is completely adapted to ecologic situation of Adriatic forest, to draught, salt and cold, if it does not last long. Its fruit is edible and is used for making jam, spirit or liquer. It is also important as decorative plant in horticulture. It is especially nice in autumn, when the flowers and fruit are on the same branch.*

Research on strawberry coppice trees are done on experimental plots in Gornji Humac on the northeast part of the island Brač, dominated by unmixed and mixed evergreen oak forests. The plots have an area of 1 ha, the subplots 19 and 20, 25 m<sup>2</sup> (table 1). The canopy on subplots amounts to 84,79 % (subplots 19), to 98,41 % (subplots 20), the medium height of sprout of strawberry tree is 3,60, that is 4,01 m (maximum 4,50 m).

Biomass of wood and foliage on experimental plots was measured separately for every sprout as weight and volume, the independent estimations were the diameter of sprout on the height of 50 and 130 cm above ground, height of sprout and diameter of crown of the sprout. The weight of wood and leaves were measured in kg, volume in m<sup>3</sup>, diameter of sprout in cm, height of sprout and diameter of crown in m. Wood volume in coppice forests, on the area of 25 m<sup>2</sup>, varies from 0,276 to 0,405 m<sup>3</sup>, the leaf volume from 0,044 to 0,066 m<sup>3</sup>. The volume depends on the degradation stadium of coppice, that is on the dimension of species they consist of, their number on the unit of area, the way of grouping and the stand. The important part of the research is the model for quick and reliable estimation of biomass in forest ecosystems. General linear modelling is used for the development of the model. The research results showed that the wood and foliage volume in strawberry tree coppice is in strong, very strong and extremely strong linear dependence on the diameter of sprout, height of sprout and crown diameter of sprout. The correlation coefficients are between 0,599 and 0,961. The greatest correlation coefficient has the relation of wood weight and sprout diameter at 50 cm height above ground level ( $r = 0,961$ ).

By univariate regression analysis biomass above soil level in coppice strawberry trees can at best be estimated on the basis of sprout diameter, although the other independent variables also explain this regression model (table 4, figure 1). Diameter of sprout at 50 cm above ground explains 92,3 % of variability of wood weight, 72,6 % of leaf weight, while the crown diameter of the sprout explain 76,7 % of variability of wood weight and 75,9 % of weight and leaf volume.

Multivariate regression models do not give much better results than univariate, especially at sprout diameter, as the best independent estimator, where values are equal. The diameter of sprout, its height and crown diameter of the sprout explain 87,9 % of variability of wood weight, 76,9 % of weight and leaf volume.

Diameter of the sprout explains best this regression model for weight and wood volume, by weight and leaf volume of the crown diameter (table 5).

All models can be used for quick and reliable estimation of biomass of each unit (wood and leaf) in strawberry tree coppice, especially with variable of sprout diameter.

*Key words:* biomass, strawberry tree coppice, weight and volume of wood, weight and foliage volume, sprout diameter, height of sprout, crown diameter of the sprout