

РЕГРЕСИОНИ МОДЕЛИ ПРОЦЕНТА ЗАПРЕМИНСКОГ ПРИРАСТА ЗА САСТОЈИНЕ КРУПНОЛИСНЕ, СИТНОЛИСНЕ И СРЕБРНАСТЕ ЛИПЕ НА ФРУШКОЈ ГОРИ

СТАНИША БАНКОВИЋ
МИЛАН МЕДАРЕВИЋ
ДАМЈАН ПАНТИЋ

Извод: У чистим и мешовитим састојинама различитих липа на подручју Националног парка "Фрушка Гора" истраживана је зависност између процента запреминског прираста, и броја стабала по хектару, пречника средњег састојинског стабла по пресеку, висине средњег састојинског стабла по пресеку и учешћа врста дрвећа у смеси. За сваку врсту дрвећа (ситнолисну, крупнолисну и сребрнасту липу) тестиране су по четири функције, а на основу релевантних статистичких показатеља и степена прилагођавања изравнатих вредности емпиријским подацима, извршен је дефинитивни избор регресионог модела за одређивање процента запреминског прираста. Употреба метода процента прираста, на овај начин, у многоме је олакшана и учињена још економичнијом у односу на друге методе за одређивање запреминског прираста састојине

Кључне речи: Национални парк "Фрушка Гора", састојине липе, проценат запреминског прираста, регресиони модели

REGRESSION MODELS FOR THE DETERMINATION OF THE VOLUME INCREMENT PERCENTAGE IN THE STANDS OF DIFFERENT LIMES IN THE NATIONAL PARK "FRUŠKA GORA"

Abstract: The dependence between volume increment percentage, on the one hand, and the number of trees per hectare, diameter of mean stand tree per cross-sectional area, height of mean stand tree per cross-sectional area and the percentage of tree species in the mixture, on the other hand, were researched in pure and mixed stands of different limes in the area of the National Park "Fruška Gora". Four functions were tested for each tree species (small-leaved, large-leaved and silver lime), and based on the relevant statistical parameters, and the degree of adaptation of the fitted values to the empiric data, the regression model for the determination of volume increment percentage was definitely selected. The application of increment percentage method in this way is made much easier and more economical compared to other methods of stand volume increment calculation.

Key words: National Park "Fruška Gora", lime stand, volume increment percentage, regression models

1. УВОД

Запремински прираст је један од најважнијих таксационих елемената при планирању газдовања шумама, јер се ефекти бројних газдинских по-

*др Станиша Банковић, редовни професор; др Милан Медаревић, редовни професор;
др Дамјан Панџић, доцент; Шумарски факултет Универзитета у Београду*

ступака рефлектују кроз његову величину, изражену у апсолутној или релативној мери. Поред тога што указује на производност стабала и састојина, он служи и као један од битнијих параметара за калкулацију приноса (етата) по бројним методима који се користе у планирању газдовања шумама. Према В у ч к о в и ћ у и С т а м е н к о в и ћ у (1995), запремински прираст не може се сматрати само економском категоријом, већ и изузетно значајним биоиндикатором виталности стабала и састојина, као и њихове зависности од бројних еколошких и антропогених утицаја.

Због изузетног значаја који запремински прираст има за шумарску науку и праксу, временом су се развиле бројне директне и индиректне методе за његово одређивање. “Од директних метода најпознатије су оне које се базирају на таблицама приноса и прираста, на подацима периодичних премера (контролни метод) и на анализи извртака. Индиректне методе за утврђивање продукције заснивају се, углавном, на утврђивању продукције посредно преко приземне флоре и климе” (С т а м е н к о в и ћ В., В у ч к о в и ћ М., 1992).

2. ПРОБЛЕМ РАДА

Према Милетићу (1959), примена неког од многобројних метода за одређивање запреминског прираста састојине условљена је, пре свега, траженом тачношћу добијених резултата, обимом радова на његовом одређивању (економичношћу), као и могућношћу примене у различитим састојинским условима. Зато је, не само од теоријског, већ и од практичног значаја, да се подробније испитају основе појединих метода и поузданост резултата до којих се долази њиховом применом.

Употреба контролног метода подразумева примену потпуног (тоталног) премера при инвентури шума, тачну евиденцију посечених стабала и употребу истих запреминских таблица за обрачун запремине састојине два узастопна премера. “Овај метод даје могућност да се запремински прираст одреди на методски најтачнији начин, јер пружа податке о висини запремине у различитим моментима и омогућује одређивање прираста из разлике запремина” (М и р к о в и ћ Д., 1959). Померање висинских крива (запреминских линија) временом, као извор грешака при одређивању величине запреминског прираста, ограничавајући је фактор употребе овог метода у једнодобним шумама.

Методи који се базирају на анализи извртака (методи дебљинског прираста, времена прелаза и времена задржавања) имају данас широку примену у шумарској пракси. Дају резултате задовољавајуће тачности, али су неекономични, јер због велике варијабилности наведених елемената, на којима се заснивају, захтевају и велики број извртака. Осим тога, “бушење Преслеровим сврдлом озлеђује стабло, па од тога могу настати веће или мање штете. Ако се рупице на стаблу, избушене сврдлом, одмах не зачепе, могу штетне *Basidiomycete* инфицирати канал где је сврдло ушло у дебло. Озлеђивање стабала узрокује каткад повећани прираст, тако да се на деблу, где је бушење извршено, могу видети после извесног времена набреклинне. Стога мерење прсног промјера на таквим стаблима није више поуздано” (Клепац Д., 1963).

Имајући у виду предности и недостатке напред наведених метода, посебно са аспекта њихове економичности, још у XIX веку започета је израда таблица приноса и прираста. Како је за њихову примену потребно одредити само два елемента (улаза)-старост и средњу састојинску висину (таксациони елементи који се изузетно лако и брзо добијају премером шума), употреба овог метода за одређивање величине запреминског прираста састојине изузетно је економична. Међутим, ограниченост употребе таблица приноса и прираста само на једнодобне састојине, потреба одређивања обраста ради прилагођавања табличних стварним подацима конкретне састојине, компликованост њихове израде, која уз то мора бити заснована на обимном материјалу (емпиријским подацима), што у целини посматрано повећава укупне трошкове примене овог метода, довели су до тога да се у последњих 40-50 година приступило изради једноставнијих и са аспекта примене економичнијих таблица за посредно или непосредно одређивање запреминског прираста. У ту сврху, углавном, израђују се таблице дебљинског прираста, таблице запреминског прираста и таблице процента запреминског прираста.

Једне од првих таблица дебљинског прираста у Европи израдио је Матић В. (1963) за главне врсте шумског дрвећа у Босни и Херцеговини. Основни улази у ове таблице су бонитет станишта, склоп, средњи пречник, смеша и дебљински степен. Исти аутор је на основу ових таблица израдио и таблице запреминског прираста у којима су основни улази бонитет станишта, склоп, смеша и средњи састојински пречник.

Од таблица запреминског прираста најпознатије су (према П р о д а н у, 1965) таблице Г е о р к а н т а и Д и р а – улази су темељница и запремина састојине, и Б р е н д е р о в е таблице – улази су темељница, старост и бонитет састојине. П о К л е п ц у (1963), S c h a e f f e r A. је саставио двоулазне таблице запреминског прираста у којима су улази запремина и време прелаза (за добијене вредности запреминског прираста аутор износи да нису апсолутно тачни, али да се не разликују много од вредности прираста утврђених по контролном методу).

Као и претходне таблице, и таблице процента запреминског прираста израђене су на основу различитих улаза. Тако S c h a e f f e r A. (по К л е п ц у, 1963) израђује ове таблице на основу запреmine и просечног времена прелаза, док К л е п а ц Д. (1954) као улазе користи прсни пречник и време прелаза. Е м р о в и ћ Б. (1957) конструираше номограм за утврђивање величине процента запреминског прираста, на основу прсног пречника и једногодишњег дебљинског прираста.

Полазећи од добрих страна и недостатака везаних за практичну примену анализираних метода за одређивање запреминског прираста састојине, на Катедри планирања газдовања шумама Шумарског факултета у Београду, дефинисан је задатак да се за бројне врсте дрвећа у Србији израде таблице запреминског прираста и таблице процента запреминског прираста. На основу досадашњих истраживања израђене су таблице процента запреминског прираста (регресиони модели) за 28 врста дрвећа, а у овом раду биће представљени математички модели за одређивање процента запреминског прираста у чистим и мешовитим састојинама ситнолисне,

крупнолисне и сребрнасте липе на подручју Националног парка “Фрушка Гора”.

3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Материјал за ова истраживања представљају релевантни подаци добијени из 414 чистих и мешовитих састојина ситнолисне, 550 састојина крупнолисне и 378 састојина сребрнасте липе са подручја Националног парка “Фрушка Гора”.

При изради таблица процента запреминског прираста као улази послужили су број стабала у састојини, пречник и висина средњег састојинског стабла по пресеку, као и учешће врсте дрвећа у смеси. Мада код већине израђених таблица процента запреминског прираста као један од улаза фигурише темељница или запремина, у овом раду узет је број стабла. То је учињено зато што “појединачна стабла могу имати, по правилу, само позитивну величину прираста елемената запремине и саме запремине, док код састојине на величину прираста и његов смисао, поред појаве физиолошког прирашћивања појединачних стабала, улогу игра и број носилаца запремине и запреминског прираста–број стабала”, (М и р к о в и Ћ Д. 1959). Друга два улаза су пречник и висина средњег састојинског стабла по пресеку, који заједно са бројем стабала, у крајњој инстанци, представљају запремину састојине. Поред тога, висина средњег састојинског стабла у знатној мери представља (одражава) бонитет станишта. И као карактер добијених вредности процента запреминског прираста на основу поменутих улаза, у мешовитим састојинама узето је, као четврти улаз, учешће врсте дрвећа у смеси.

Емпиријски подаци изравнати су аналитички, при чему је за сваку врсту дрвећа тестирано по четири регресиона модела, који су дати у табели 1.

Табела 1 - Тестирани регресиони модели

Table 1 - Tested regression models

Модел 1	$p_{iv} = a \cdot N^b \cdot h_g^c \cdot d_g^e \cdot s^f$
Модел 2	$p_{iv} = a_0 + a_1 \cdot N + a_2 \cdot h_g + a_3 \cdot d_g + a_4 \cdot s$
Модел 3	$p_{iv} = a_0 + a_1 \cdot N + a_2 \cdot h_g^2 + a_3 \cdot d_g^3 + a_4 \cdot s^4$
Модел 4	$p_{iv} = a_0 + a_1 \cdot d_g^2 + a_2 \cdot d_g^2 \cdot h_g + a_3 \cdot d_g \cdot h_g^2 + a_4 \cdot h_g^2 + a_5 \cdot d_g^2 \cdot N + a_6 \cdot d_g \cdot h_g \cdot s$

Легенда:

p_{iv} – проценат запреминског прираста,
 N – број стабала у састојини по ha ,
 d_g – пречник средњег састојинског стабла по пресеку,
 h_g – висина средњег састојинског стабла по пресеку,
 s – учешће врсте дрвећа у смеси,
 $a, b, c, e, f, a_0 - a_6$ – параметри функције.

Legend:

p_{iv} – volume increment percentage,
 N – number of trees in stand per ha ,
 d_g – diameter of mean stand tree per cross sectional area,
 h_g – height of mean stand tree per cross sectional area,
 s – percentage of tree species in the mixture,
 $a, b, c, e, f, a_0 - a_6$ – function parameters

На основу статистичких показатеља регресионе и корелационе анализе, анализе варијансе и степена подударности изравнатих вредности са емпиријским подацима, извршен је дефинитивни избор модела за израду таблица процента запреминског прираста за ситнолисну, крупнолисну и сребрнасту липу на подручју Националног парка “Фрушка Гора”.

“Када су запреминске таблице израђене аналитичким путем, помоћу неке функције, и када је позната стандардна девијација запремине (Sv), употребљивост таблица испитује се на следећи начин: Обори се неколико стабала срењег пречника и секционом методом одреди им се запремина (Vs). Затим се одреди запремина тих стабала по таблицама (Vt) и израчуна разлика аритиметичких средина

$$\Delta V = \overline{Vs} - \overline{Vt}$$

Пошто је позната стандардна девијација запремине (Sv), може се израчунати вредност

$$t = \frac{\Delta V}{Sv \cdot \sqrt{n}}$$

Ако је израчуната вредност мања од табличне ($t_{0,05; N-k}$), таблице су употребљиве”, (М и ш ч е в и ћ В., 1983).

Тачност израђених таблица процента запреминског прираста (регресионих модела) одређивана је по напред наведеној формули, само што су уместо запремине узете вредности процента запреминског прираста.

4. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Резултати тестирања зависности процента запреминског прираста од броја стабала по ha , пречника средњег састојинског стабла по пресеку, висине средњег састојинског стабла по пресеку и учешћа врсте дрвећа у смеси, обимни су до те мере да у целости нису могли бити презентовани у овом раду. Стога су у табелама 2-4 приказани само они показатељи регресионе и корелационе анализе, те анализе варијансе, на основу којих је извршен избор регресионог модела за конкретну врсту дрвећа. Ознаке у овим табелама имају следеће значење: R^2 -коэффициент детерминације, R^2_{cor} -кориговани коэффициент детерминације, R -коэффициент корелације, Ft -вредност F теста, $F(0.05; k-1, N-k)$ -податак из таблица F дистрибуције, $mх$ -стандардна грешка регресије, n -број података (величина узорка).

Табела 2 - Статистички показатељи тестираних модела – ситнолиснa липа

Table 2 - Statistical parameters of the tested models - small-leaved lime

	R^2	R^2_{cor}	R	Ft	F (0.05; k-1, N-k)	mх	n
Модел 1	0.26036	0.25312	0.510	35.9920	2.37	0.52505	414
Модел 2	0.21204	0.20433	0.460	27.5146	2.37	1.67636	414
Модел 3	0.15182	0.14352	0.390	18.3015	2.37	1.73924	414
Модел 4	0.21044	0.19880	0.459	18.0797	2.09	1.68217	414

Табела 3 - Статистички показатељи тестираних модела - крунолисна липа

Table 3 - Statistical parameters of the tested models - large-leaved lime

	R ²	R ² _{cor}	R	Ft	F (0.05; k-1,N-k)	mx	n
Модел 1	0.38452	0.38000	0.620	85.122	2.37	0.41472	550
Модел 2	0.39212	0.38766	0.626	87.889	2.37	1.11420	550
Модел 3	0.28593	0.28069	0.534	54.558	2.37	1.20760	550
Модел 4	0.36165	0.35459	0.601	51.271	2.09	1.14388	550

Табела 4 - Статистички показатељи тестираних модела - сребрна липа

Table 4 - Statistical parameters of the tested models - silver lime

	R ²	R ² _{cor}	R	Ft	F (0.05; k-1,N-k)	mx	n
Модел 1	0.32348	0.31622	0.569	44.5876	2.37	0.31977	378
Модел 2	0.32110	0.31382	0.567	44.1047	2.37	1.11843	378
Модел 3	0.24673	0.23865	0.497	30.5428	2.37	1.17810	378
Модел 4	0.27552	0.26381	0.525	23.5159	2.09	1.15847	378

Анализирани показатељи тестираних модела код све три врсте дрвећа указују на осредњи квалитет изравнавања конкретне зависности. Ниже вредности коефицијента детерминације, у највећој мери, последица су структуре емпиријских података произашле из хетерогености станишних и састојинских прилика у којима се липе јављају на подручју Фрушке Горе. Сукцесија липа, индукована антропогеним утицајима, довела је до тога да се оне јављају на веома широком спектру типова шума, градећи чисте и са бројним врстама дрвећа (различити храстови, буква, граб итд.) мешовите састојине, углавном изданачког порекла и различитог степена очуваности. Покушај да се у оваквим условима обезбеди хомогенији материјал није уродио плодом, јер су се као проблеми појавили избор критеријума по којим би се извршила стратификација састојина липа овог подручја, а потом и обезбеђење репрезентативног узорка унутар формираних стратума, због чега је и одлучено да се у овим истраживањима Фрушка Гора третира као јединствен скуп. Тражење узрока ниских вредности коефицијента детерминације (суме објашњених варијација) у избору (врсти) и броју независно променљивих не би било оправдано. Наиме, вредности F теста из анализе варијансе код свих модела указују на статистички значајан скупни утицај одабраних независно променљивих на вредности процента запреминског прираста ($Ft > F_{0.05; k-1, N-k}$), а спроведена поступна (stepwise) селекција ни једну од њих није искључила као променљиву која значајно не доприноси смањењу варијансе погрешке. Увођење нових независно променљивих (повећање њиховог броја), нпр. запремине састојине, вероватно би довело до повећања суме објашњених варијација, а тиме и до извесног побољшања квалитета регресионих модела, али би се истовремено поставило питање економичност примене овог метода за одређивање запреминског прираста састојине, као његове основне предности у односу на бројне друге методе, због чега се одустало од таквог поступка.

Поред статистичких показатеља, један од критеријума за оцену употребљивости регресионих модела био је и степен прилагођавања изравна-

тих (табличних) вредности процента запреминског прираста емпиријским подацима, што је утврђено по поступку објашњеном у методу рада, а добијени резултати приказани су у табелама 5-7.

Табела 5 - Тестиј ујојиребљивостии реџресионих модела-суйнолисна лија
Table 5 - Usability test of the regression models - small-leaved lime

N	hg	dg	s	pivs	pivt1	pivt2	pivt3	pivt4	t	
52.06	25.4	0.42	0.30	1.265	1.445	1.496	1.644	22.208	t1	0.086
100.00	14.3	0.20	0.04	0.952	2.472	3.118	3.160	12.138	t2	0.103
145.00	24.6	0.26	0.32	2.587	2.102	2.487	2.225	23.863	t3	0.141
256.74	12.5	0.21	0.13	2.214	2.350	3.095	3.243	28.463	t4	6.459
308.70	20.0	0.22	0.79	5.424	2.329	3.136	4.093	35.870	t (0.05, 7)	
366.66	18.0	0.21	0.49	2.401	2.411	3.046	3.069	38.743	2.365	
383.33	16.6	0.25	0.52	1.198	2.099	2.863	3.175	55.967	$t = \frac{\Delta piv}{mx \cdot \sqrt{n}}$	
\overline{piv}				2.292	2.173	2.749	2.944	31.036		

Легенда:

pivs – “стварне” вредности процента запреминског прираста,

pivt – табличне вредности процента запреминског прираста према моделима 1–4,

\overline{piv} - аритметички средње вредности процента запреминског приралипа

Legend:

pivs – “true” values of volume increment percentage,

pivt – table values of volume increment percentage, according to models 1–4,

\overline{piv} - arithmetic mean values of volume increment percentage

Табела 6 - Тестиј ујојиребљивостии реџресионих модела-крујнолисна лија
Table 6 - Usability test of the regression models - large-leaved lime

N	hg	dg	s	pivs	pivt1	pivt2	pivt3	pivt4	t	
51.17	19.4	0.31	0.12	0.853	2.105	2.345	2.805	38.723	t1	0.503
109.09	15.5	0.18	0.74	7.911	3.915	3.982	3.290	30.017	t2	0.096
150.00	20.1	0.26	1.33	1.860	2.640	2.988	3.167	77.930	t3	0.897
200.00	18.2	0.22	0.39	1.300	3.065	3.412	3.450	74.837	t4	20.834
250.00	18.5	0.18	0.27	5.543	3.569	3.671	3.627	63.072	t (0.05, 8)	
281.26	15.5	0.19	0.26	5.805	3.281	3.627	3.802	78.471	2.306	
350.00	16.6	0.20	0.42	3.714	3.270	3.717	3.913	106.946	$t = \frac{\Delta piv}{mx \cdot \sqrt{n}}$	
400.00	17.5	0.18	0.88	3.452	3.873	4.285	3.847	99.687		
\overline{piv}				3.805	3.215	3.504	3.488	71.211		

Табела 7 - Тестиј ујојиребљивостии реџресионих модела-сребрнасија лија
Table 7 - Usability test of the regression models - silver lime

N	hg	dg	s	pivs	pivt1	pivt2	pivt3	pivt4	t	
56.27	11.8	0.16	0.02	3.581	3.863	4.050	4.185	0.945	t1	0.317
104.00	19.1	0.28	0.40	3.057	2.371	2.798	3.223	-16.030	t2	0.080
144.45	11.1	0.13	0.12	5.710	3.879	4.314	4.110	-1.201	t3	0.073
210.02	13.6	0.20	0.26	2.130	2.871	3.504	3.736	-15.271	t4	-----
261.34	17.9	0.21	0.67	3.192	2.730	3.452	3.389	-23.294	t (0.05, 8)	
302.78	16.8	0.18	0.45	3.204	3.069	3.739	3.505	-18.680	2.306	
357.50	14.8	0.18	0.58	3.121	2.952	3.645	3.489	-27.717	$t = \frac{\Delta piv}{mx \cdot \sqrt{n}}$	
417.87	17.3	0.20	0.46	2.912	2.878	3.425	3.217	-34.372		
\overline{piv}				3.363	3.077	3.616	3.607	-----		

Резултати спроведеног теста показују да једино модел 4 даје нереалне вредности процента запреминског прираста, док код осталих модела постоји добра кореспонденција између изравнатих и стварних вредности овог таксационог елемента ($t < t_{0,05; N-k}$). У складу са овом констатацијом и анализом статистичких показатеља тестираних модела, предлаже се модел 1 за практично израчунавање вредности процента запреминског прираста. Изабрани модел са вредностима параметара гласи:

за састојине ситнолисне липе

$$p_{iv} = 0,47864 \cdot N^{0.02131} \cdot h^{0.10977} \cdot d^{-0.71457} \cdot s^{-0.01656},$$

за састојине крупнолисне липе

$$p_{iv} = 0,62465 \cdot N^{-0.03367} \cdot h^{0.14394} \cdot d^{-0.94807} \cdot s^{0.08944},$$

за састојине сребрнасте липе

$$p_{iv} = 0,58537 \cdot N^{0.00150} \cdot h^{0.17052} \cdot d^{-0.64839} \cdot s^{-0.06951}.$$

5. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

Добијени регресиони модели имају практичну применљивост, јер се помоћу њих лако могу одредити вредности процента запреминског прираста само на основу четири таксациона елемента (броја стабала, пречника средњег састојинског стабла по пресеку, висине средњег састојинског стабла по пресеку и процентуалног учешћа конкретне врсте у смеси), који се добијају пробном обрадом података током редовне инвентуре шума. Овако добијене вредности процента запреминског прираста даље се могу користити за израчунавање апсолутне величине запреминског прираста састојине по познатој формули:

$$I_v = V \cdot \frac{p_{iv}}{100}$$

Метод процента прираста за одређивање запреминског прираста састојине даје резултате који се могу примењивати при практичним радовима на инвентури шума, али под условом да се изврши њихова додатна провера једним од тачнијих метода за одређивање величине овог таксационог елемента. Наиме, при редовној инвентури шума Националног парка "Фрушка Гора" (2005, 2006) извршена је упоредна анализа вредности запреминског прираста добијених по методу дебљинског прираста (методу који се сматра једним од најтачнијих за одређивање величине овог таксационог елемента) и по методу процента запреминског прираста. Резултати ове анализе указали су на одступања (са позитивним и негативним предзнаком) величина прираста добијених по методу процента запреминског прираста у односу на метод дебљинског прираста. Узимајући различите процента (од 1 до 20 %) састојина у којима је запремински прираст израчунат по методу дебљинског прираста ("стварних") и стављањем њихове величине у однос са вредностима овог таксационог елемента добијеног по методу процента запреминског прираста ("табличних") одређена је про-

сечна вредност корекционих фактора за приближавање “табличних” вредности запреминског прираста “стварним” вредностима. Већ код 10 % анализираних састојина добијена просечна вредност корекционог фактора скоро у потпуности је приближавала “табличне” вредности запреминског прираста “стварним”.

Стога, општи закључак за практичне радове на одређивању вредности запреминског прираста био би да се метод процента запреминског прираста може примењивати при редовној инвентури шума, али уз одређивање корекционог фактора за приближавање “табличних” вредности “стварним” на најмање 10 % састојина исте или сличне састојинске припадности (истих или сличних врста дрвећа и састојинског облика). На тај начин у многе би се смањили трошкови инвентуре шума, а добијени резултати били би задовољавајуће тачности.

Нужно је напоменути, да добијене регресионе моделе за одређивање процента запреминског прираста треба проверити после 15 до 20 година на новом материјалу. Уколико нема знатнијих одступања може се извршити само њихова корекција, а уколико су та одступања већа, треба приступити изради нових регресионих модела за одређивање процента запреминског прираста.

ЛИТЕРАТУРА

- Банковић С., Пантић Д. (2006): *Дендрометрија*, Шумарски факултет Универзитета у Београду, (483-521).
- Вучковић М., Стаменковић В. (1995): *Утицај еколошких фактора на виталност јеле у једнодобним и разнодобним састојинама*, Дрварски гласник 12-14, Београд.
- Дринић П., Матић В., Павлич Ј., Пролић Н., Стојановић О., Вукмировић В. (1980): *Таблице таксационих елемената високих и изданаčkih шума у СР Босни и Херцеговини*, Сарајево, (1-222).
- Емровић Б. (1957): *Номограми за Algan-Schaefferove тарифе*, Шумарски лист 7-8, Загреб, (154-163).
- Клепац Д. (1954): *Таблице постојаности прираса*, Шумарски лист 5-6, Загреб, (454-485).
- Клепац Д. (1963): *Расе и прирасе шумских врста дрвећа и састојина*, Накладни завод Знања, Загреб, (1-298).
- Милетић Ж. (1959): *Анализа неких метода за одређивање запреминског прираса пребирне шуме*, Гласник Шумарског факултета 16, Београд, (123-141).
- Мирковић Д. (1959): *Брзи методи одређивања запреминског прираса пребирне састојине-основи и примена*, Скуп “Напредно пребирно газдовање на бази уређивања шума”, Београд, (1-10).
- Мишчевић В. (1983): *Дојунска предавања из Дендрометрије*, Београд, (1-11).
- Prodan M. (1965): *Holzmesstehre*, Frankfurt a Main, (1-644).
- Стаменковић В., Вучковић М. (1988): *Прирасе и производности сјабала и шумских састојина*, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд, (1-368).
- Стаменковић В., Вучковић М. (1992): *Развој метода одређивања и примена прираса сјабала и шумских састојина у газдовању шумама*, Монографија “Шумарство и прерада дрвета у Србији кроз векове”, Београд, (34-40).

REGRESSION MODELS FOR THE DETERMINATION OF THE VOLUME INCREMENT
PERCENTAGE IN THE STANDS OF DIFFERENT LIMES
IN THE NATIONAL PARK "FRUŠKA GORA"

Staniša Banković
Milan Medarević
Damjan Pantić

Summary

Taking into account the high significance of volume increment for forestry, it is understandable that there are numerous methods for its determination. However, all methods show some disadvantages, either in accuracy of the obtained results, great requirements for the volume of works on forest inventory (economicity), or in the restricted application only to the stands of a definite structural form. To make the method of stand volume increment calculation more economical and simple for application, we designed the regression models for the calculation of volume increment percentage in pure and mixed stands of small-leaved, large-leaved and silver lime in the area of the National Park "Fruška Gora". The empirical data were fitted by four regression models for each tree species. The criteria for the definite selection of the model based on which the volume increment percentage will be calculated were the relevant statistical parameters of the regression and correlation analyses, and the degree of congruence of the fitted ("table") and "true" values of volume increment percentage. The selected models are:

for small-leaved lime stand

$$p_{iv} = 0,47864 \cdot N^{0,02131} \cdot h^{0,10977} \cdot d^{-0,71457} \cdot s^{-0,01656},$$

for large-leaved lime stand

$$p_{iv} = 0,62465 \cdot N^{-0,03367} \cdot h^{0,14394} \cdot d^{-0,94807} \cdot s^{0,08944},$$

for silver lime stand

$$p_{iv} = 0,58537 \cdot N^{0,00150} \cdot h^{0,17052} \cdot d^{-0,64839} \cdot s^{-0,06951}.$$

In practical works on the determination of the value of stand current volume increment in the regular forest inventories, the method of volume increment percentage should be applied with the calculation of the correction factors for the approximation of the "table" value of volume increment (calculated by this method) to the "true" values (calculated by the method of diameter increment), on minimum 10 % stands of the same or similar stand classification (the same or similar tree species and stand form). In this way, the costs of forest inventory can be significantly lowered, and the obtained results would range within the limits of the demanded accuracy.