

Оригинални научни рад

Original scientific paper

UDK: 582.632.2+582.475/630*231

Зоран Говедар¹

Иван Бјелановић²

Срђан Керен³

УТИЦАЈ РЕЖИМА СВЈЕТЛОСТИ НА ПРИРОДНО ОБНАВЉАЊЕ У САСТОЈИНИ БУКВЕ И ЈЕЛЕ (*Abieti - Fagetum*) НА КОЗАРИ

Извод: Хемисферична фотографија једна је од метода која се користи за индиректну оцјену карактеристика свјетлости у шумским састојинама. Као одговор на теоретско увођење у овај метод, које је базирано на практичном раду и сазнањима из литературе, обављено је експериментално истраживање режима свјетлости и природног обнављања у шуми букве и јеле у националном парку „Козара“. Утврђени су елементи састојинске структуре и истраживан утицај режима свјетлости на бројност природног подмлатка на елементарним јединицама снимања. Хемисферични снимци су начињени рано ујутру и у подневним часовима. Свјетлосни услови на елементарним површинама су евалуирани помоћу рачунарског програма Gap Light Analyzer 2.0. (GLA), а резултати евалуације су доведени у везу са бројношћу подмлатка јеле и букве.

Кључне ријечи: Хемисферична фотографија, свјетлост, подмладак

INFLUENCE OF LIGHT REGIMES NATURAL REPLACEMENT IN THE STANDS OF BEECH AND FIR (*Abieti - Fagetum*) AT KOZARA

Abstract: Hemispherical photography is one of the techniques that is used for indirect evaluation of light climate in forest stands. As the answer to the

¹ Шумарски факултет Универзитета у Бањој Луци

² Шумарски факултет Универзитета у Београду

³ ЈП „Шумарство“ – Јајце

theoretical introduction in the method that is based on literature an experimental examination of light regime and seedling regeneration was carried out in Abieti – Fagetum forest at national park of Kozara. The elements of stand structure were measured and seedling density was counted at the chosen sample plots where photographs were taken in early morning and midday hours. Light environments on the sample plots were evaluated using computer program Gap Light Analyzer version 2.0., and the results of the evaluation were subsequently related to the density of silver fir and beech seedlings.

Keywords: Hemiphoto, light, tree regeneration

УВОД

Свјетлосни услови у шуми су веома важна детерминанта појаве и развоја природног подмлатка шумског дрвећа и приземне вегетације. Количина укупне фотосинтетички активне радијације (Photosynthetical Activity Radiation - PAR) која допире до подмлатка шумског дрвећа зависи од величине, облика и дистрибуције отвора у шумском склопу, али и од тренутног положаја Сунца на хемисфери неба. Геометријске односе Земље и Сунца као небеских тијела данас је могуће предвидјети и нумерички дефинисати чиме је омогућено креирање рачунарских програма помоћу којих можемо израчунати вриједности сунчеве енергије на одређеној локацији за жељени временски период. Имајући у виду ову чињеницу јасно је зашто метода хемисферичне фотографије има широку примјену у екологији гајења шума, али и у другим научним дисциплинама које се баве регистравањем и моделовањем услова средине на мањим или већим површинама.

Метода се постепено развијала са напретком технологије током XX вијека. Први хемисферични објектив у сврху проучавања облачности користио је Hill 1924. године, а први истраживачи који су примјенили хемисферичне фотографије у сврху истраживања свјетлосних услова у шуми, били су Evans и Coombe (1959). Значајан дио теоретских основа хемисферичне фотографије описала је Anderson (1971) која је мануално анализирала фотографија. Касније, са развојем информатичке технологије почела је компјутерска анализа хемисферичних фотографија (Chan et al. (1986), Chazdon и Field (1987), Becker et al. (1989), Rich (1989), Barrie et al. (1990), Rich et al. (1993), и Easter and Spies (1994). Frazer, Canham и Lertzman су, 1999. године развили апликативни програм Gap Light Analyzer (GLA) Version 2.0, за одређивање параметара трансмисије свјетлости у отворима шумског склопа на основу фотографија добијених помоћу објектива тзв. „рибљег ока“. У посљедњој деценији у нашем окружењу овај software за анализу дигиталних фотографија користили су Roženbergar и Diaci (2007), а

на нашим просторима метода је први пут примјењена током прошле године (Говедар и Керен, 2008).

Отежавајуће специфичности ове методе огледају се прије свега у непостојању универзалног и дугорочног теренског рада са јасно утврђеним распоредом тачака са којих би се узимали хемисферични снимци. Да би се извршило узорковање просторне хетерогености свјетлосних услова под шумским склопом, фотографије се могу снимати дуж трансеката или у одређеним мрежастим формацијама (Rich, 1990) тако да аутори из различитих земаља овај дио методе прилагођавају својим специфичним циљевима што отежава компарацију добијених резултата. Проблем није толико изражен ако снимцима обухватамо само оне дијелове састојине на којима се обилно јавља подмладак шумског дрвећа, али када имамо разнолике узгојне ситуације гдје се подмладак и коров често смјењују, чак и на врло малом простору, онда се поставља питање какав треба да буде распоред снимака да би узгојна ситуација била анализирана на адекватан начин. Поред тога, постоје и друга ограничења примјене која су у вези са обрадом фотографија, као што су мануално класификовање слике, непостојање „идеалних” података о улазним параметрима за обраду фотографија (индекс облачности, спектрална фракција, зрачна фракција, коефицијент трансмисије ведрога неба итд.). Хемисферичне фотографије данас се веома често користе при истраживању утицаја режима свјетлости на бројност подмлатка у различитим типовима шума. У том смислу посебан проблем представља истраживање бројности сциофилних врста које расту на различитим типовима земљишта и у различитим условима освјетљености. Наиме, микростанишни услови погодни за појаву поника сциофилних врста нису идентични условима који су повољни за раст неодраслог и одраслог подмлатка ових врста, што указује на промјене у захтјевима према микростаништу током њихвог развоја (Brang, 1998). У нашем окружењу значајна истраживања утицаја свјетлости на бројност подмлатка букве и јеле вршили су Roženbergar et al. (2007). Истраживања су била базирана на формирању тзв. свјетлосних група, те је у складу с тим испитивана бројност подмлатка у појединим свјетлосним групама односно у различитим еколошким микролокацијама. Утврђено је да се бројност подмлатка букве и јеле не мијења значајно са промјеном услова освјетљености, па у том смислу није ни исказана јасна законитост груписања подмлатка. Због тога неки аутори, као што су Brang (1998), Paluch (2004), и др., сматрају да газдинске мјере у високим шумама, које чине сциофилне врсте дрвећа на плодним земљиштима, треба усмјерити на ослобађање већ постојећег подмлатка умјесто настојања да се иницира процес клијања сјемена обарањем једног или више стабала.

ОБЈЕКАТ РАДА

Истраживана састојина букве и јеле налази се у националном парку „Козара“ на координатама СГШ 45°00'54" и ИГД 16°54'26" на надморској висини 780 m. Састојина се налази у одјељењу 22/1, експонирана је према сјеверу - сјевероистоку са нагибом терена 10° - 15°. Састојина припада газдинској класи високих шума букве и јеле на дубоком киселом смеђем земљишту на флишу. Климатске карактеристике одређене су према методу Thorntwait – Mattera (1956) за период 1951-2001 и метеоролошку станицу Приједор. Станица се налази на СГШ 44°059' и ИГД 16°45' и на надморској висини 135 m. Општи климатски индекс показује да је клима у току године умјерено хумидна ($I_k = 67,29$), а у току вегетационог периода субхумидна влажна ($I_k = 9,59$). Према еколошко – вегетацијској рејонизацији БиХ (Стефановић, ет ал., 1983) подручје истраживања се налази у припанонској области и сјеверно босанском подручју. Фитоценолошки састојина припада заједници *Abieti – Fagetum*, узгојном облику разнодобних високих групимично мјешовитих шума букве и јеле, сложене форме.

МЕТОД РАДА

Подаци су прикупљани у хомогеном дијелу састојине, на огледној површини димензија 50 x 50m. Мјерени су прсни пречник, висина стабала, а узети су и извртци на прсној висини помоћу Преслеровог сврдла са по 5 стабала из сваког дебљинског разреда. Тоталним избрајањем и мјерењем висина утврђено је стање подмлатка (бројност, висина, квалитет, начин појављивања подмлатка, положај појединачних јединки и група подмлатка). Обрада података, који се односе на структурну изграђеност састојине, извршена је уобичајеним дендрометријским методама (Банковић и Пантић, 2006). Бонитет је утврђиван на основу бонитетних диспозиција за букву и јелу (Матић ет ал., 1980) при чему је коришћена Проданова функција. За утврђивање зависности текућег дебљинског прираста (id) од пречника (d) примјењена је функција облика параболе другог реда. Запремински прираст је утврђиван Мајеровим диференцијалним методом.

С обзиром да су у састојини стабла јеле односно букве групимично распоређена начињене су хемисферичне фотографије на једном отвору који је окружен стаблима букве (ОП1), док други отвор (ОП2) окружују зрела стабла јеле. Мјерења оса отвора вршена су до између ивица хоризонталних пројекција круна стабала, а за израчунавање површине отвора (m^2) коришћена је формула за површину елипсе (A):

$$A = \pi LW/4$$

L - најдужа оса отвора у склопу састојијне (m),

W – најдужа оса отвора која је окомита на (m),

π – 3,14

На оба отвора у квадратној мрежи постављене су елементарне јединице димензија 1x1m, на којима је снимана бројности подмлатка. Поред тога, одабране су још двије контролне тачке снимања, једна у веома густом склопу и друга у центру највећег отвора у склопу. На ОП1 подмладак је густ и нема коровске вегетације, тако да је овдје било довољно поставити квадратну мрежу 5 x 5 m. На ОП2 постављена је густа мрежа 2 x 2 m са укупно 36 снимака у складу са величином отвора. Густа мрежа је формирана да бисмо што прецизније дефинисали микростанишне односе између режима свјетлости, бројности подмлатка и коровске вегетације.

За фотографисање коришћен је дигитални апарат марке Nikon Coolpix 5000 и хемисферични објектив „рибље око“ марке FC – E8. Снимци су узети 28. априла 2009. године у раним јутарњим часовима (7⁰⁰ – 8⁰⁰h) на ОП2, док су на ОП1 и на контролним тачкама снимци узети истог дана у интервалу од 9⁰⁰ до 12⁰⁰ часова када је хемисфера неба била једнолично облачна. Приликом снимања објектив смо хоризонтално и вертикално нивелисали на 1,30 m изнад површине земље. Хемисферне фотографије обрађене су примјеном рачунарског програма GLA (*Gap Light Analyser Version 2.0*). Обрада обухвата фазе регистрације и класификације слике, те на крају калкулацију резултата.

Слика је регистрована при поларној дисторзији пројекције, географским координатама (N 45°00'54'' и E 16°54'26''), надморској висини (780 m) и хоризонталној оријентацији слике. Мрежа небеских региона је дефинисана са 36 азимутних и 9 зенитних региона, док је положај сунца мјерен сваке двије минуте за вегетациони период (25. априла до 1. октобра 2009.). Индекс облачности (енгл. *Cloudiness index* - Кт) је однос између вриједности глобалне радијације која пада на хоризонталну површину земље - Н и вриједности изван атмосферске радијације која пада на хоризонталну површину изван земљине атмосфере - Но (Lui i Jordan, 1960, Iqbal, 1983). Подаци о глобалној радијацији могу се добити директно на бази мјерења соларне радијације или их израчунавамо индиректно користећи број сунчаних сати дневно (Iqbal, 1983). Податке о ванатмосферској радијацији у W/m² или MJ/m²/d добијамо помоћу GLA software-а коришћењем опције Compute Extraterrestrial radiation под Utilities

Мену. За овај рад је утврђена вриједност $K_t = 0,60$. Спектрална фракција⁴ је однос соларне енергије регистроване у ограниченом дијелу електромагнетног спектра (R_p) према тоталној краткоталасној радијацији (R_s) за све таласне дужине. Фотосинтетички активна радијација (PAR) је дио видљивог спектра између 400 и 700 nm. Однос R_p/R_s израчунат за један дан приказује нам фракцију (дио) тоталне дневне глобалне радијације која пада на хоризонталну површину, а која ће бити рецептована као ПАР. У овом раду коришћена је спектрална фракција вриједности 0,47. Соларна радијација се састоји од директне (H_b) и дифузне (H) компоненте. Директна (зрачна) радијација (H_b/H) је енергија која струји од соларног диска и није ни апсорбована нити распршена под утицајем земљине атмосфере. Дифузна радијација⁵ је дио који је распршен према земљиној површини. У овом раду коришћена је вриједност зрачне фракције 0,60.

Након регистрације слика вршена је класификација слика и калкулација резултата према методици обраде коју су описали Говедар и Керен (2008). Режим свјетлости је подјелен у четири свјетлосне групе (А, Б, Ц, Д) које су издвојене на основу медијане свих снимљених вриједности директне и дифузне свјетлости. По том основу елементарне површине су разврстане у следеће свјетлосне групе:

- група А – елементарне површине са високом дифузном и ниском директном радијацијом
- група Б – елементарне површине са високим вриједностима обје компоненте
- група Ц – елементарне површине са ниским вриједностима обје компоненте
- група Д – елементарне површине са ниском дифузном и високом директном радијацијом

⁴ Спектрална фракција се може мјерити директно коришћењем пиранометра и квант сензора постављених један уз други. Подаци о PAR и тоталној краткоталасној радијацији, прикупљени у метеоролошкој станици у Sooke Lake на јужном Ванкуверском острву показују да дневна спектрална фракција остаје прилично стабилна током већег дијела година и просјечно износи око 0,45. У раду објављеном од стране Papanicolaou et al. (1996) у којем су прикупљени подаци за R_p/R_s однос за различите локације широм свијета наводи се да овај однос у просјеку износи 0,44 до 0,47, док је тај просјек код обсервација током облачних дана нешто већи и креће се од 0,48 до 0,69.

⁵ Вриједност директне и дифузне радијације која допире до земљине површине је функција облачности (K_t). На примјер, кад је веома облачно сва радијација која пада на дату површину биће у облику дифузне радијације. Уколико је небо без облака тада ће око 85 до 90% соларне радијације, која пада на дату површину, бити рецептовано као директна (зрачна) радијација.

РЕЗУЛТАТИ РАДА И ДИСКУСИЈА

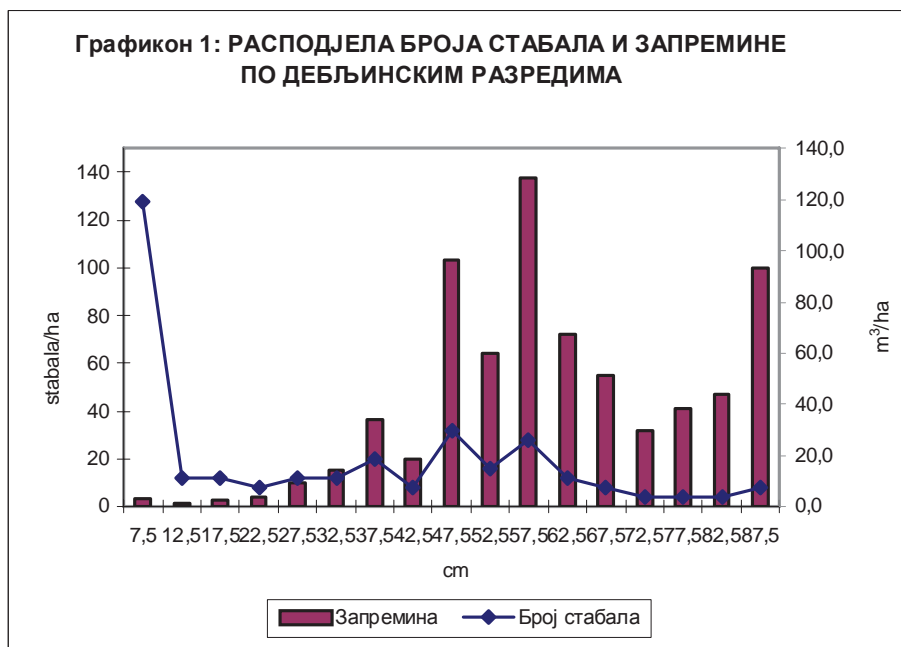
Структура састојине

Састојина припада високом узгојном облику, а на основу линије расподеле броја стабала по дебљинским разредима (графикон 1) може се уочити да је састојина структурно разнодобна. Број стабала у састојини износи 328 стабала по хектару, а омјер смјесе по броју стабала јела: буква = 51%:49%. С обзиром на положај висинских кривих према бонитетним диспозицијама за букву и јелу (Матић ет ал., 1980), обје врсте у овој састојини припадају другом бонитетном разреду. У тањим и највишим дебљинским разредима доминирају стабла букве док су у средњим више заступљена стабла јеле. Састојине са доминацијом јеле по структури су ближе пребирним састојинама у првом реду због њене изразите сциофилности (Шафар, 1963; Стојановић ет ал., 2000; Говедар, 2005; и др.). Заступљеност броја стабала од најтањег дебљинског разреда до дебљинског разреда у којем се налази средње састојинско стабло по броју стабала ($D_n = 31,09$ cm) износи 51,6%, што по Продану а наводи Милин (1965) састојину сврстава у разнодобне састојине. Велики број стабала у прва три дебљинска разреда (46,3% од укупног броја стабала) указује на повољне услове за природно обнављање посебно букве која је у овим најнижим дебљинским разредима заступљена са 87% од укупног броја стабала (табела 1). Релативно мало стабала у најјачим дебљинским разредима и нагли пораст броја стабала у посљедњем, највишем дебљинском разреду, указује на заступљеност веома старих презрелих стабала букве и јеле која се карактеришу посебним фенотипом.

Табела 1: Основни таксациони показатељи оледне површине у састојини

d	ЈЕЛЈА (Ш бонитет)						БУКВА (Ш бонитет)						УКУПНО													
	N /ha	N %	G /ha	G %	V /ha	V %	id mm	iv /ha	iv %	N /ha	N %	G /ha	G %	V /ha	V %	id mm	iv /ha	iv %	N /ha	N %	G /ha	G %	V /ha	V %	id mm	iv /ha
7,5	16	4,9	0,1	0,2	0,4	0,1	0,5	0,0	0,0	112	34,1	0,5	1,2	2,9	0,4	1,0	0,1	0,8	128	39,0	0,6	1,4	3,2	0,5	0,1	0,8
12,5	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	12	3,7	0,1	0,4	1,1	0,2	1,4	0,0	0,3	12	3,7	0,1	0,4	1,1	0,2	0,0	0,3
17,5	4	1,2	0,1	0,2	0,9	0,1	1,3	0,0	0,2	8	2,4	0,2	0,5	1,8	0,3	1,9	0,1	0,4	12	3,7	0,3	0,7	2,7	0,4	0,1	0,6
22,5	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	8	2,4	0,3	0,8	3,6	0,5	2,4	0,1	0,8	8	2,4	0,3	0,8	3,6	0,5	0,1	0,8
27,5	12	3,7	0,7	1,8	9,3	1,3	2,1	0,2	1,6	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	12	3,7	0,7	1,8	9,3	1,3	0,2	1,6
32,5	12	3,7	1,0	2,5	14,3	2,1	2,5	0,3	2,3	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	12	3,7	1,0	2,5	14,3	2,1	0,3	2,3
37,5	20	6,1	2,2	5,5	34,1	4,9	2,8	0,6	5,1	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0	0,0	20	6,1	2,2	5,5	34,1	4,9	0,6	5,1
42,5	8	2,4	1,1	2,9	18,4	2,6	3,1	0,3	2,6	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0	8	2,4	1,1	2,9	18,4	2,6	0,3	2,6
47,5	28	8,5	5,0	12,5	83,9	12,1	3,3	1,4	11,2	4	1,2	0,7	1,8	12,4	1,8	5,3	0,3	2,8	32	9,8	5,7	14,2	96,2	13,8	1,7	14,0
52,5	16	4,9	3,5	8,7	60,2	8,7	3,5	0,9	7,4	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	16	4,9	3,5	8,7	60,2	8,7	0,9	7,4
57,5	28	8,5	7,3	18,3	128,2	18,4	3,7	1,8	14,6	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	28	8,5	7,3	18,3	128,2	18,4	1,8	14,6
62,5	8	2,4	2,5	6,2	43,7	6,3	3,9	0,6	4,7	4	1,2	1,2	3,1	23,8	3,4	7,4	0,7	5,4	12	3,7	3,7	9,2	67,5	9,7	1,2	10,1
67,5	8	2,4	2,9	7,2	51,4	7,4	4,0	0,6	5,2	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	0,0	0,0	8	2,4	2,9	7,2	51,4	7,4	0,6	5,2
72,5	4	1,2	1,7	4,1	29,7	4,3	4,1	0,4	2,9	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	4	1,2	1,7	4,1	29,7	4,3	0,4	2,9
77,5	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	4	1,2	1,9	4,7	38,5	5,5	9,8	1,0	8,6	4	1,2	1,9	4,7	38,5	5,5	1,0	8,6
82,5	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	4	1,2	2,1	5,4	43,9	6,3	10,7	1,2	9,5	4	1,2	2,1	5,4	43,9	6,3	1,2	9,5
87,5	4	1,2	2,4	6,0	43,8	6,3	4,3	0,4	3,5	4	1,2	2,4	6,0	49,3	7,1	11,5	1,3	10,3	8,0	2,4	4,8	12,1	93,2	13,4	1,7	13,8
Ук.	168	51,2	30,3	76,1	518,3	74,5		7,4	61,2	160	48,8	9,5	23,9	177,2	25,5		4,7	38,8	328	100,0	39,8	100,0	695,5	100,0	12,2	100,0

(N – број стабала; G – темељница; V – запремина; id – дебљински прираст; iv – запремински прираст)



Укупна запремина у истраживаној састојини износи $695 \text{ m}^3/\text{ha}$. Омјер смјесе по запремини износи 75%:25% у корист јеле, па се састојина може окарактерисати као мјешовита састојина букве и јеле. Наиме „састојина се може сматрати мјешовитом ако су примјешане врсте заступљене са више од 10% по запремини“ (Дринић, 1963). С обзиром на просторни распоред стабала састојина је групимично мјешовита. Разлог оваквог омјера смјесе по запремини је знатно већа заступљеност стабала јеле у јачим дебелинским разредима у односу на букву која агресивно ураста у први дебелински разред. Међутим, структура одступа од пребирне због недовољног броја стабала у осталим нижим и средњим дебелинским разредима. Укупна величина текућег запреминоског прираста износи $12,2 \text{ m}^3/\text{ha}$ при чему $7,4 \text{ m}^3/\text{ha}$ отпада на јелу а $4,8 \text{ m}^3/\text{ha}$ на букву (табела 1).

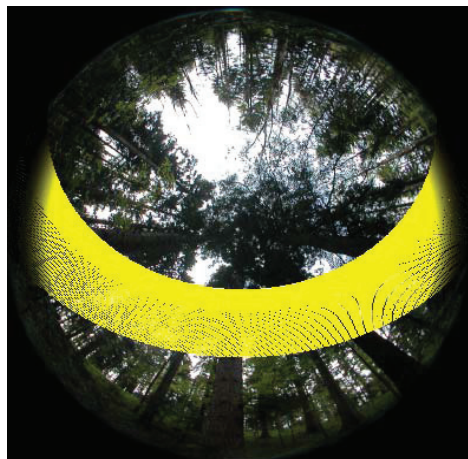
Режим свјетлости и развој подмлатка

Приликом обраде резултата прво смо одредили путању сунца за дан снимања и за вегетациони период из перспективе елементарних јединица, а затим израчунао је низ вриједности режима свјетлости у току вегетационог периода. У гајењу шума сунчева свјетлост обично се квантификује као густина фотосинтетичког флукса фотона (Photosynthetically Photon Flux Density - PPFД) која се изражава у $\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$. Вриједности горње свјетлости су једнаке на

ОП1 и ОП2. За 29. април, 2009. године, горња директна свјетлост износи 28,58 mol/m²/d, горња дифузна свјетлост 19,05 mol/m²/d, те укупна горња свјетлост 47,63 mol/m²/d. За вегетациони период просјечне дневне вриједности за горњу свјетлост су следеће: горња директна свјетлост 28,83 mol/m²/d, горња дифузна свјетлост 19,22 mol/m²/d и укупна горња свјетлост 48,05 mol/m²/d. Подаци о горњој свјетлости, односно свјетлости на отвореном простору користе се за израчунавање процентуалне трансмисије свјетлости у унутрашњост састојине чије вриједности можемо снимити прије извршења послова сјече стабала, а затим их упоредити са вриједностима режима свјетлости који формирамо након сјече стабала на одређеној микролокацији на којој пратимо еколошке промјене, реакцију подмлатка шумског дрвећа, радијално прирастање стабала, итд. Релативна вриједност свјетлости, која је пропуштена кроз отвор у склопу до тачке мјерења у шуми, добије се као однос апсолутне вриједности инсолације на мјерној тачки (PPFD) и апсолутне вриједности инсолације измјерене истовремено на отвореном простору изван или изнад шуме (PPFD).



Слика 1. Путања сунца за 28. 04.2009.

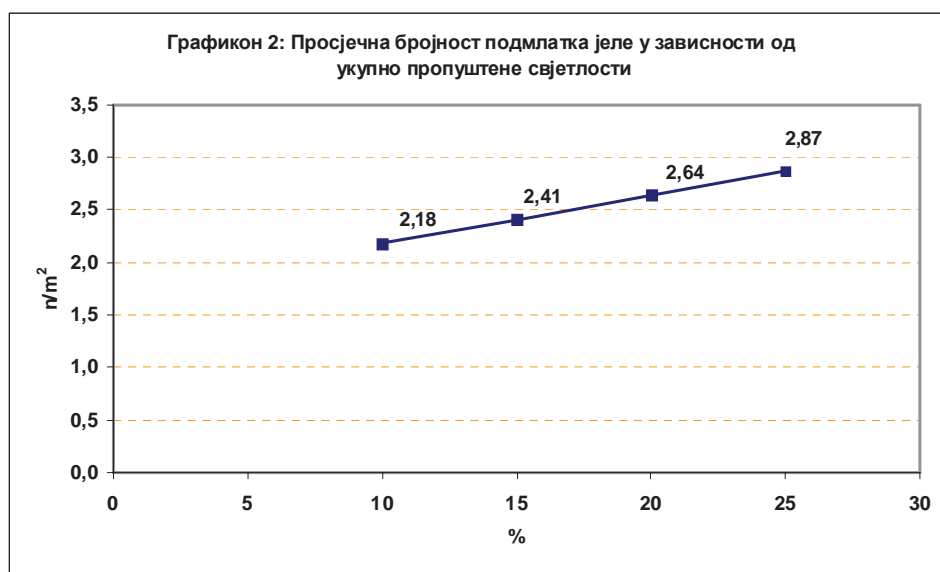


Слика 2. Путање сунца за вегетациони период

Користећи формулу за површину елипсе израчунали смо да су површине код оба отвора мање од 100 ара што их сврстава у ред малих отвора. Трансмисија директне свјетлости у току вегетационог периода на ОП2 у просјеку износи 4,23 mol/m²/d или 14,66%, а пропусљивост дифузне свјетлости је 4,31 mol/m²/d или 22,45%.

На ОП1 пропусљивост директне свјетлости је већа него пропусљивост дифузне свјетлости и износи 5,31 mol/m²/d или 18,42% од укупне горње директне свјетлости, док трансмисија дифузне свјетлости износи 4,58 mol/

m^2/d или 23,83% од укупне горње дифузне свјетлости. Уколико упоредимо вриједности сунчеве енергије на ова два отвора у склопу можемо констатовати да су обје компоненте сунчеве радијације веће на ОП1 у односу на ОП2. Бројност подмлатка јеле на ОП1 незнатно се повећава са повећањем укупно пропуштене свјетлости у интервалу од 10% до 25% (графикон 2).



У зависности од количине директне и дифузне свјетлости и вриједности њихових медијана формиране су четири свјетлосне групе (А, Б, Ц, Д). Медијана за вриједности директне свјетлости је једнака $4,32 \text{ mol}/\text{m}^2/\text{d}$ (14,98% од горње директне свјетлости), а медијана вриједности дифузне свјетлости износи $4,38 \text{ mol}/\text{m}^2/\text{d}$ (22,77% од горње дифузне свјетлости). На графикону 3 уочава се да је бројност подмлатка на ОП1 највећа у свјетлосној групи Б која се карактерише високим вриједностима и директне и дифузне компоненте сунчеве свјетлости, док је на ОП2 бројност подмлатка највећа у свјетлосној групи Ц, која се карактерише ниским вриједностима свјетлосних компонената. При том је карактеристично да је подмладак букве на ОП2 заступљен са 35%, док подмладак јеле доминира са 65%.



Поред бројности подмлатка, на ОП2 је истраживана и заступљеност коровске вегетације (углавном *Rubus sp.*) по свјетлосним групама. Регистровано је да по 5 закоровљених елементарних јединица припада свјетлосној групи А односно Ц, 7 свјетлосној групи Б и 4 закоровљене елементарне јединице припадају свјетлосној групи Д. Занимљиво је да је интензитет свјетлости незнатно већи на ОП1 него на ОП2, а да је коровска вегетација заједно са подмлатком јеле и букве присутна на ОП2 коју окружују зрела стабла јеле, док на ОП1 коју окружују средњедобна стабла букве, коров потпуно изостаје.

Поред снимања режима свјетлости на отворима ОП1 и ОП2 снимљене су још двије контролне тачке ради утврђивања екстремних вриједности режима свјетлости; прва у центру отвора површине 163 m² (КТ1), а друга под веома густим склопом крошања зрелих јелових и букових стабала (КТ2).

Режим свјетлости у центру отвора (КТ1) је сљедећи:

- пропуштена директна свјетлост је 9,05 mol/m²/d или 31,39% од горње директне свјетлости
- пропуштена дифузна свјетлост је 3,59 mol/m²/d или 18,69% од горње дифузне свјетлости
- укупно пропуштена свјетлост износи 12,64 mol/m²/d или 26,31% од укупне горње свјетлости

Ако упоредимо вриједности сунчеве радијације, измјерене на КТ1 са вриједностима на ОП1 и ОП2 очигледно је да на већем отвору доминира директна свјетлост, док је на ОП1 и ОП2 дифузна компонента свјетлости већа од директне. Такође, треба истаћи да је цијела површина отвора са КТ1 у потпуности обрасла коровском вегетацијом (*Rubus sp.*), а подмладак букве и јеле изостаје. На основу режима свјетлости и бројности подмлатка у отворима ОП1 и ОП2 можемо закључити да нагла трансмисија директне свјетлости (више од 15%) до шумског земљишта има негативне ефекте на процес регенерације подмлатка што указује на изразито велику склоност земљишта према закоровљавању. Наиме, ради се о типу земљишта високе продуктивности тако да је проблематика подмлађивања у условима средине који карактеришу истраживану састојину, веома комплексна, јер обухвата интерактивно дјеловање већег броја еколошких чинилаца, при чему физичко-хемијске карактеристике земљишта имају посебну улогу. За разлику од природних процеса који се дешавају на отворима у склопу састојина, под веома густим склопом стабала нема коровске вегетације али нема ни повољних услова за развој подмлатка шумског дрвећа. На контролној тачки у јакој засјени јелових и букових стабала (КТ2) регистровано је сушење јеле у фази одраслог подмлатка што је између осталог узроковано неповољним свјетлосним условима који су онемогућили њен даљи развој. Иако је јела врста која може да издржи изразито дуг временски период у великој засјени (Банковић, 1991) ипак због недовољне свјетлости почиње да се суши. Вриједности режима свјетлости на овој контролној тачки су слjedeће:

- пропуштена директна свјетлост је 0,9 mol/m²/d или 3,13% од горње директне свјетлости
- пропуштена дифузна свјетлост је 0,5 mol/m²/d или 2,59% од горње дифузне свјетлости
- укупно пропуштена свјетлост износи 1,4 mol/m²/d или 2,91% од укупне горње свјетлости

Вриједности сунчеве енергије, које смо израчунали на контролним тачкама, заправо су екстремне вриједности режима свјетлости, које онемогућавају подмлађивање у истраживаној састојини. Ова констатација је у складу са ранијим истраживањима, која су вршена примјеном стационарне изохелске методе о утицају режима свјетлости на природно обнављање у мјешовитој буково-јеловој шуми на киселим смеђим земљиштима на Гочу (Крстић, 1986; Крстић ет ал., 2000). Наиме, максимум броја биљака подмлатка букве и јеле јавља при таквом склопу састојине када је вриједност релативног интензитета свјетлости у шуми између 7-10%. У условима густог склопа подмлатка нема

или је редак и лошег квалитета, а при јачем прекидању склопа број младих биљака нагло се смањује, јер се погоршавају микроклиматски услови за развој сциофилних врста букве и јеле, јер долази до прекомерног закоровљавања земљишта.

ЗАКЉУЧАК

На основу обављених истраживања може се закључити:

1. Истраживана састојина је висока, структурно разнодобрна групично мјешовита састојина са доминацијом јеле по броју стабала и запремини.
2. Режим свјетлости у склопу састојине узрокује повољније услове за подмлађивање и већу бројност подмлатака на отвору који окружују средњодобна стабла букве, него на отвору који окружују зрела јелова стабла.
3. Свјетлост у истраживаној састојини нема доминантан утицај на бројност одраслог подмлатка букве и јеле већ су потребна детаљнија микроеколошка истраживања, а посебно истраживања едафских услова станишта.
4. На контролним тачкама добијене су екстремне вриједности режима свјетлости при којима је подмлађивање јеле и букве онемогућено за тип шуме букве и јеле на киселом смеђем земљишту.
5. У циљу детаљнијих истраживања утицаја режима свјетлости на природно обнављање у условима станишта подложних закоровљавању хелиофитама пожељно је стандардизовати распоред снимака на терену ради поједностављења компарација добијених резултата за дужи временски период.

ЛИТЕРАТУРА

1. Anderson, M.C. 1971. Radiation and crop structure. pp. 77-90. In: Z. Sestak, J. Catsky and P. G. Jarvis (eds). Plant Photosynthetic Production Manual of Methods. Junk. The Hague.
2. Barrie, J.; Greatorex-Davies, J.N.; Parcell, R.J.; Marrs, R.H. 1990. A semiautomated method for analysing hemispherical photographs for the assessment of woodland shade. *Biological Conservation* 54: 327-334.
3. Банковић, С. (1991): Проучавање утицаја стадијума вегетирања на развој стабала јеле у периоду поствегетирања у разнодобним шумама на Гочу. Гласник Шумарског факултета, 73, Београд.

4. Becker, P., D. W. Erhart, and A. P. Smith. 1989. Analysis of forest light environments Part I. Computerized estimation of solar radiation from hemispherical canopy photographs. *Agricultural and Forest Meteorology* 44:217-232.
5. Chan, S.S.; McCreight, R.W.; Walstad, J.D.; Spies, T.A. 1986. Evaluating forest vegetative cover with computerised analysis of fisheye photographs. *Forest Science* 32: 1085-1091.
6. Chazdon, R.L.; Field, C.B. 1987. Photographic estimation of photosynthetically active radiation: Evaluation of a computerised technique. *Oecologia* 73: 525-532.
7. Drinić P., Matić V., Pavlić J., Prolić N., Stojanović O., Vukumirović V. (1980): *Tablice taksacionih elemenata visokih i izdanačkih šuma u BiH*. Posebna izdanja br. 13, Šumarski fakultet Sarajevo.
8. Easter, M.J.; Spies, T.A. 1994. Using hemispherical photography for estimating photosynthetic photon flux density under canopies and in gaps in Douglas-fir forests of the Northwest Pacific. *Canadian Journal of Forest Research* 24: 2050-2058.
9. Evans, G.D., and D.E. Coombe. 1959. Hemispherical and woodland canopy photography and the light climate. *Journal of Ecology* 47:103-113.
10. Frazer, G.W., Canham, C.D., and Lertzman, K.P. (1999): Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation.
11. Говедар, З. (2005): Начини природног обнављања мјешовитих шума јеле и смрче (*Abieti – Piceetum Illyricum*) на подручју западног дела Републике Српске. Дисертација, Шумарски факултет, Београд
12. Говедар, З., Керен, С. (2008): Примјена хемисферичних фотографија при истраживању режима свјетлости у шуми јеле, смрче и букве (*Piceo-Abieti-Fagetum*). Шумарство бр. 4, 2008. Београд.
13. Hill, R. 1924. A lens for whole sky photographs. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 50:227-235.
14. Iqbal, M. 1983. An introduction to solar radiation. Academic Press, Orlando, FL.

15. Крстић, М. (1986): Утицај неких елемената изграђености састојине на режим светлости у мешовитој шуми букве и јеле на Гочу. Шумарство, бр. 3-4, Београд, 51-64.
16. Krstić, M., Koprivica, M., Lavadinović, V. (1997): The dependance of beech and fir regeneration on the characteristics of stand canopy and light regime. IUFRO Workshop "Empirical and process based models for forest tree and stand growth simulation", Lisbon, Portugal, 223-230.
17. Lui, B.Y.H., and Jordan, R.C. 1960. The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation. Sol. Energy 4 (3): 1-19.
18. Милин, Ж. (1965): Истраживања утицаја састојинског облика и елемената структуре на начин обнове и продуктивност састојина букве на Јужном Кучају. Докторска дисертација, Гласник Шумарског факултета, бр. 32, Београд.
19. Papaionnou, G., Nikolidakis, G., Asimakopoulos, D., and Retalis, D. 1996. Photosynthetically active radiation in Athens. Agric. For. Meteorol. 81: 287-298.
20. Rich, P.M. 1989. *A manual for analysis of hemispherical canopy photography*. Manual LA-11733-M Los Alamos National Laboratory. Department of Biological Sciences, Stanford University, Stanford, California, USA. 79 pp.
21. Rich, P.M. 1990. Characterizing plant canopies with hemispherical photographs. In: N.S. Goel and J.M. Norman (eds), *Instrumentation for studying vegetation canopies for remote sensing in optical and thermal infrared regions*. Remote Sensing Reviews 5:13-29.
22. Rich, P.M.; Clark, D.B.; Clark, D.A.; Oberbauer, S.F. 1993. Long-term study of solar radiation regimes in a tropical wet forest using quantum sensors and hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology* 65: 107-127.
23. Стојановић, Љ., Крстић, М., Марковић, Д. (2000): Састојинско стање и начин природног обнављања у мјешовитим шумама јеле и смрче на подручју Пљеваља. Гласник Шумарског факултета, Београд, бр. 83, стр. 119-129, Београд.
24. Thornthwaite, C.W., Mather, J.R. (1956): The Water Balance. Centerton, N.J. Publ. In *Climatology*, v.8, n.1, 104p
25. Šafar, J. (1963): *Uzgajanje šuma*. Udžbenik, Savez šumarskih društava Hrvatske, Zagreb

26. Jarosław G. Paluch (2004): *The influence of the spatial pattern of trees on forest floor vegetation and silver fir (Abies alba Mill.) regeneration in uneven-aged forests*. Department of Forestry, Agricultural University, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Cracow, Poland.
27. Roženbergar D., Mikac S., Anić I., Diaci J. (2007): *Gap regeneration patterns in relationship to light heterogeneity in two old-growth beech–fir forest reserves in South East Europe*. Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources, University of Ljubljana, Vecna pot 83, 1000 Ljubljana, Slovenia Faculty of Forestry, University of Zagreb, Croatia.
28. Brang, P. (1998): *Early seedling establishment of Picea abies in small forest gaps in the Swiss Alps*. Can. J. For. Res. **28**: 626–639.

Zoran Govedar

Ivan Bjelanović

Srđan Keren

INFLUENCE OF LIGHT REGIMES NATURAL REPLACEMENT
IN THE STANDS OF BEECH AND FIR (*Abieti - Fagetum*)
AT KOZARA

SUMMARY

This article serves as the answer to the theoretical introduction in the method of hemispherical photography that is based on practical experience and literature sources. With reference to this, an experimental examination of light regime and seedling regeneration was carried out in an Abieti – Fagetum stand at national park of Kozara. Introductory and preparatory, the measurement of the stand structure elements were conducted. Average number of trees per hectare amounts to 328, as average stand volume is equal to 695 m³/ha. Due to inventory work, we characterized the stand as mixed uneven-aged stand of silver fir and beech. On the two fully sampled gaps the results on light environments were calculated by using computer program Gap Light Analyzer. Although the results in question were very similar (ranging approximately from 15% to 25% of full sunlight), the density of seedlings were quite different. Furthermore, alongside scarce tree regeneration considerable participation of ground vegetation was recorded on SP2 (gap 2) that is surrounded by mature silver fir trees. Additionally, two control points were sampled and analyzed: one in the center of the middle-sized gap (163 m²), and the other under dense canopy of mature trees. The results from these points proved to be extreme since they indicate unfavorable light conditions for recruitment and survival of silver fir and beech seedlings. At the control point 1 in the center of the middle-sized gap the amount of transmitted total solar radiation was 26,31% with the direct component of light reaching 31,39 %. On the other hand, at the control point 2 under dense canopy of mature silver fir and beech trees the amount of transmitted total solar radiation was 2,91% Taking all the results into consideration, we can conclude that light conditions do not play central role in the recruitment of silver fir and beech seedlings. That is, further and

more detailed research of microecological conditions is needed giving special importance to edaphic factors. Also, we believe it would be desirable if the light climate sampling in the field could be standardized because of simplified comparisons of the final results related to research of light regime influence on forest regeneration dynamics.