

## PRIMJENA I USPOREDBA PRISTUPA PLANIRANJA OBNOVE SASTOJINA HRASTA LUŽNJAKA (*Quercus robur* L.) NA PRIMJERU GOSPODARSKE JEDINICE “JOSIP KOZARAC”

### APPLICATION AND COMPARISON OF DIFFERENT MODELS FOR REGENERATION PLANNING OF PEDUNCULATE OAK STANDS (*Quercus robur* L.) – A MANAGEMENT UNIT “JOSIP KOZARAC” CASE STUDY

Jura ČAVLOVIĆ<sup>1</sup>, Krunoslav TESLAK<sup>1</sup>, Ante SELETKOVIĆ<sup>1</sup>

*SAŽETAK:* U odnosu na planiranje intenziteta obnove na razini šume, složeniji i zahtjevniji dio planiranja odnosi se na odabir odgovarajućih sastojina za obnovu. To je posebno izraženo u uvjetima narušene strukture šume i sastojina, pri čemu se rangiranje sastojina prema prioritetu obnove treba zasnivati na objektivnim kriterijima. U radu je korišten model razlike prosječnog potencijalnog prihoda (rente) kao posljedica odluke o provedbi ili odgodi obnove potencijalno zrele lužnjakove sastojine, za rangiranje prema prioritetu obnove. Na primjeru uređajnog razreda hrasta lužnjaka u gospodarskoj jedinici “Josip Kozarac”, prema propisanom 10-godišnjem etatu glavnog prihoda od 265 ha, odabrane su sastojine dobi iznad 100 godina rangiranjem na temelju razlike u renti i dobi kao kriterija. Rangiranje je pokazalo da sastojine loše strukture dobi manje od 120 godina i prosječno manje površine imaju najveći prioritet, dok sastojine kvalitetne strukture, dobi iznad 135 godina i prosječno veće površine imaju najmanji prioritet obnove. Obnovom 21 najstarije i strukturno najkvalitetnije sastojine ostvario bi se najveći ukupni prihod od 73 mil. kuna, ali i najveći posredni i dugoročni gubitci. Ukupnim prihodom od 47 mil. kuna i najmanjim dugoročnim i posrednim gubitcima bi rezultirao pristup temeljen na modelu razlike u renti. Postojeći pristupi planiranja obnove lužnjakovih sastojina dijelom uzimaju u obzir zahtjeve dugoročne održivosti gospodarenja, a primjena i razvoj modela odlučivanja vodio bi intenzivnijem i učinkovitijem gospodarenju.

*Glavne riječi:* hrast lužnjak, uređivanje šuma, renta, planiranje etata glavnog prihoda, prioritet obnove, struktura sastojine

#### 1. UVOD – Introduction

Trajna obnova sastojina predstavlja jednu od najznačajnijih pretpostavki i preduvjeta održivosti šuma i održivog gospodarenja šumama (Kneeshaw i dr. 2000). U uvjetima koji odgovaraju idealnim teoretskim, intenzitet obnove šume definiran je površinom šume i ophodnjom, a prostorna i vremenska dinamika obnove sastojina je ustaljena i zasniva se na modelu idealne šume. Iako udio zrelih sastojina može imati utjecaja na intenzitet obnove šume u uvjetima narušene dobne strukture šume, radi zahtjeva dugoročne uspostave normalne dobne strukture šume, inten-

zitet obnove šume, odnosno površina sastojina koje se trebaju obnoviti tijekom određenog planskogospodarskog razdoblja, treba odgovarati teoretskoj površini obnove. Prema tome, planiranje intenziteta obnove na razini šume (gospodarska jedinica, uređajni razred) predstavlja jednostavniji i općenitiji dio planiranja. Značajno složeniji i zahtjevniji dio planiranja odnosi se na izbor odgovarajućih sastojina koje će biti uključene u planiranu površinu obnove, posebno kada se radi o velikom broju potencijalnih sastojina za obnovu narušene i prostorno heterogene strukture, te kada se radi o višeciljnom pristupu gospodarenja (npr. Bettinger i dr. 2003) gdje zadovoljavanje posebnih ciljeva gospodarenja može ograničavati ili uvjetovati prostornu i vremensku dinamiku obnove šuma. Dob sast-

<sup>1</sup> Prof. dr. sc. Jura Čavlović, dr. sc. Krunoslav Teslak, Doc. dr. sc. Ante Seletković, Zavod za izmjernu i uređivanje šuma, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: cavlovic@sumfak.hr

ojina i njihov odnos prema ophodnji nije u tim uvjetima dostatan kriterij za izbor sastojina za obnovu (Čavlović i dr. 2006).

Pitanje planiranja odgovarajuće dinamike obnove i odabira sastojina za obnovu posebno je naglašeno unutar gospodarenja nizinskim šumama, ponajprije u šumama hrasta lužnjaka, u kojima značajan ekološki i gospodarski problem predstavlja sušenje stabala i dijelova sastojina (Prpić, 1996; Tikvić i dr., 2011). Složeni zahtjevi uspostave i održanja ekološke stabilnosti šuma, kratkoročna i dugoročna održivost gospodarenja šumama i izbjegavanje neposrednih i posrednih gubitaka zasnivaju se na pravodobnoj i odgovarajućoj obnovi pojedinih sastojina (dijelova sastojina). U tome kontekstu određivanje prioriteta za obnovu pojedine sastojine treba se temeljiti na dodatnim objektivnim kriterijima, umjesto samo na dobi sastojine ili na iskustveno subjektivnom pristupu. Objektivni kriterij za rangiranje sastojina za obnovu može biti temeljen na ekonomskim pokazateljima, kao što je renta. Činjenica je da promjene ciljeva gospodarenja (izmjena vrsta drveća, konzervacija starih sastojina, habitatna uloga) utječu na prosječni godišnji prihod, odnosno rentu (Möhring i Rüping, 2007). Međutim uz pretpostavku da

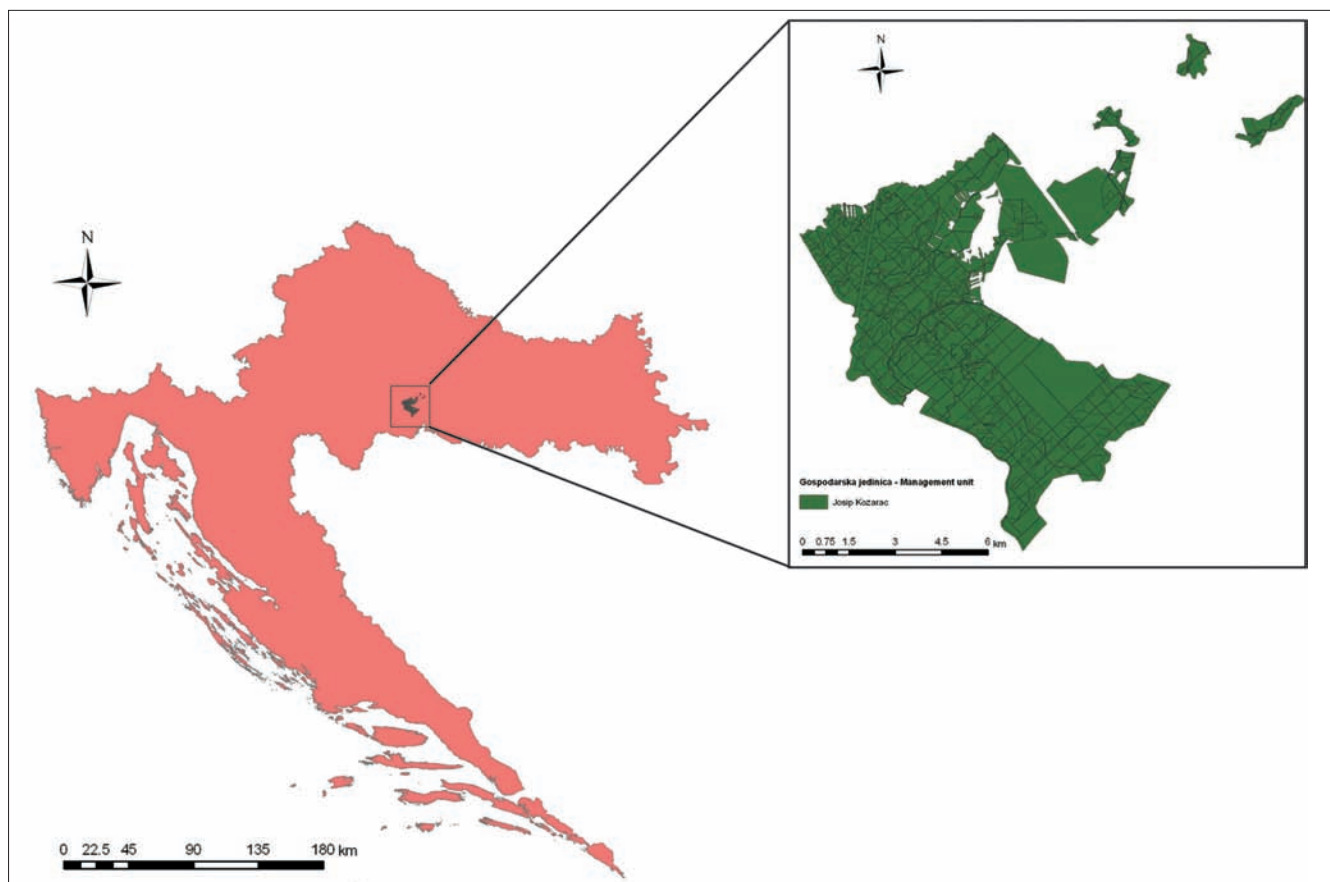
cilj gospodarenja ostaje nepromijenjen, prosječni godišnji prihod (renta) može biti značajno utjecan odlukom o tome kada se pojedina sastojina uvodi u obnovu. Razlika prosječnog godišnjeg prihoda (rente) uslijed prijevremene ili odgođene obnove sastojine, u kojoj su uključene stanišne sastojinske, strukturne i gospodarske značajke sastojine (Čavlović i dr. 2011), može predstavljati objektivni kriterij za rangiranje sastojina prema prioritetu za obnovu. Taj kriterij u sebi sadržava osim ekonomskih, posredno i ekološke eventualne dobiti odnosno gubitke.

Cilj rada je na konkretnom šumskom objektu (uređajni razredi hrasta lužnjaka u gospodarskoj jedinici Josip Kozarac) utvrditi primjenu i usporedbu rangiranja sastojina prema prioritetu za obnovu na temelju spomenutog kriterija razlike u prosječnom godišnjem prihodu (Čavlović i dr. 2011), u odnosu na klasične i postojeće pristupe izbora (odabira) sastojina unutar planiranog površinskog etata glavnog prihoda. Osim toga, na temelju dobivenih rezultata i analiza, cilj je usporediti kvalitativne i kvantitativne značajke planiranog etata glavnog prihoda prema različitim pristupima, odrediti utjecaj na održivost gospodarenja, te naznačiti ograničenja i moguća daljnja unapređenja pri detaljnom planiranju obnove šuma hrasta lužnjaka.

## 2. PREDMET RADA – Object of research

Predmet istraživanja u ovome radu predstavljaju šume hrasta lužnjaka unutar gospodarske jedinice Josip

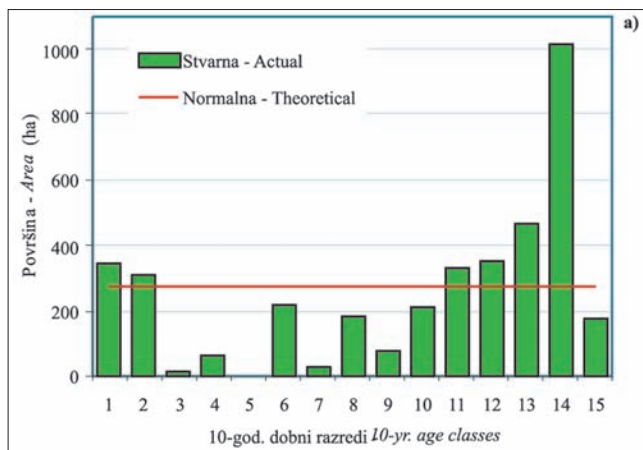
Kozarac, koja se nalazi u središtu prethodno provedenog šireg istraživanog područja (Čavlović i dr. 2011),



Karta 1. Prikaz položaja istraživanih lužnjakovih šuma – g.j. “Josip Kozarac”  
Map 1 The location of the research forest site – m.u. “Josip Kozarac”

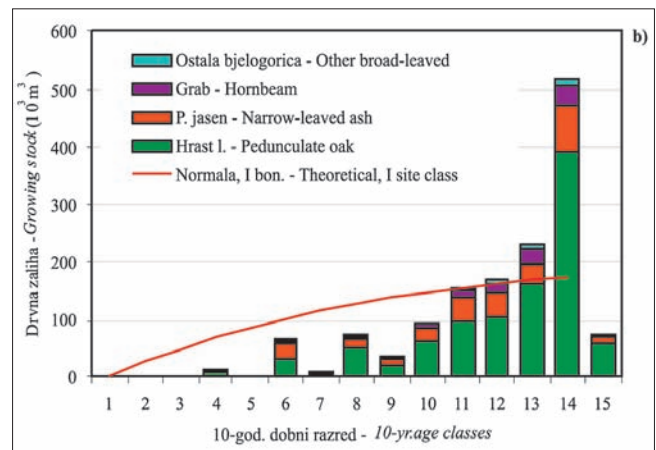
koje predstavlja cjelovite šume hrasta lužnjaka na širem području Lonjskog i Mokrog polja, odnosno srednje Posavine (Karta 1). Detaljno opisana prirodna obilježja područja rada mogu se pronaći u Kovačević i dr. (1972) i Seletković (1996).

Površina šuma hrasta lužnjaka u gospodarskoj jedinici Josip Kozarac koje su uključene u istraživanje iznosi 3.690,8 ha (bez sjemenskih sastojina). Šuma je podijeljena na 321 sastojinu prosječne površine od 11,5 ha. Velik udio starijih i starih sastojina, mala zastupljenost mladih i



srednjedobnih sastojina, uz intenzivniju obnovu tijekom zadnjih 20 godina je obilježje dobne strukture (Slika 1).

U ukupnoj drvnjoj zalihi od 1.442.000 m<sup>3</sup> hrast lužnjak je zastupljen sa 68,9 %, poljski jasen sa 20,0 %, obični grab sa 3,0 % te ostala bjelogorica (pretežno crna joha) sa 8,1 % (Slika 1b). Uz pretpostavku normalne dobne strukture šume i normalnog obrasta sastojina, teoretska drvena zaliha prema prirasno prihodnim tablicama za prvi bonitet (Špiranec, 1975) iznosila bi 1.518.000 m<sup>3</sup>.



Slika 1. Prikaz dobne strukture šuma hrasta lužnjaka u gj Josip Kozarac. a) Raspodjela površine prema dobnim razredima. b) Raspodjela drvene zalihe prema vrstama drveća i dobnim razredima.

Figure 1 Age class distribution of the pedunculate oak in management unit Josip Kozarac. a) Area age class distribution. b) Distribution of growing stock per tree species and age classes.

### 3. METODA RADA – Method of work

Istraživanje primjene objektivnog modela rangiranja sastojina hrasta lužnjaka prema prioritetu obnove i njegove usporedbe prema klasičnim pristupima, na konkretnu šumu (uređajni razred) hrasta lužnjaka u gospodarskoj jedinici Josip Kozarac, zasniva se na prethodno provedenom istraživanju međusobnih složenih utjecaja stanišnih, sastojinskih i gospodarskih čimbenika na navedenom području srednje Posavine (Čavlović i dr. 2011).

Razlika očekivanog prosječnog godišnjeg prihoda (rente) pojedine potencijalno zrele sastojine proizilazi iz alternativnog pristupa: obnova odmah (TO)– odgoda obnove za 20 godina (OO) i neposredno je ovisna o strukturi sastojine (Slika 2). Tijekom budućeg razdoblja ophodnje od 140 godina, u slučaju prvog pristupa ukupan budući prihod uključuje glavni prihod i jedanaest prihoda od proreda, dok u slučaju alternativnog pristupa (odgoda obnove za 20 godina) ukupan budući prihod uključuje prihod od prorede potencijalno zrele sastojine, glavni prihod uvećan za akumulirani prirast vrijednosti drvene zalihe postojeće zrele sastojine i devet prihoda od proreda tijekom razvoja buduće sastojine.

U prvoj sastojini može se očekivati veći prosječni prihod ako se obnovi pristupi odmah (razlika u renti je pozitivna u korist pristupa što skorijeg započinjanja ob-

novu). Nasuprot tomu, u strukturno očuvanijoj sastojini veći prosječni prihod ostvario bi se uz pristup odgode obnove za dvadeset godine (razlika u renti je negativna ako se obnovi pristupi odmah) (Slika 3).

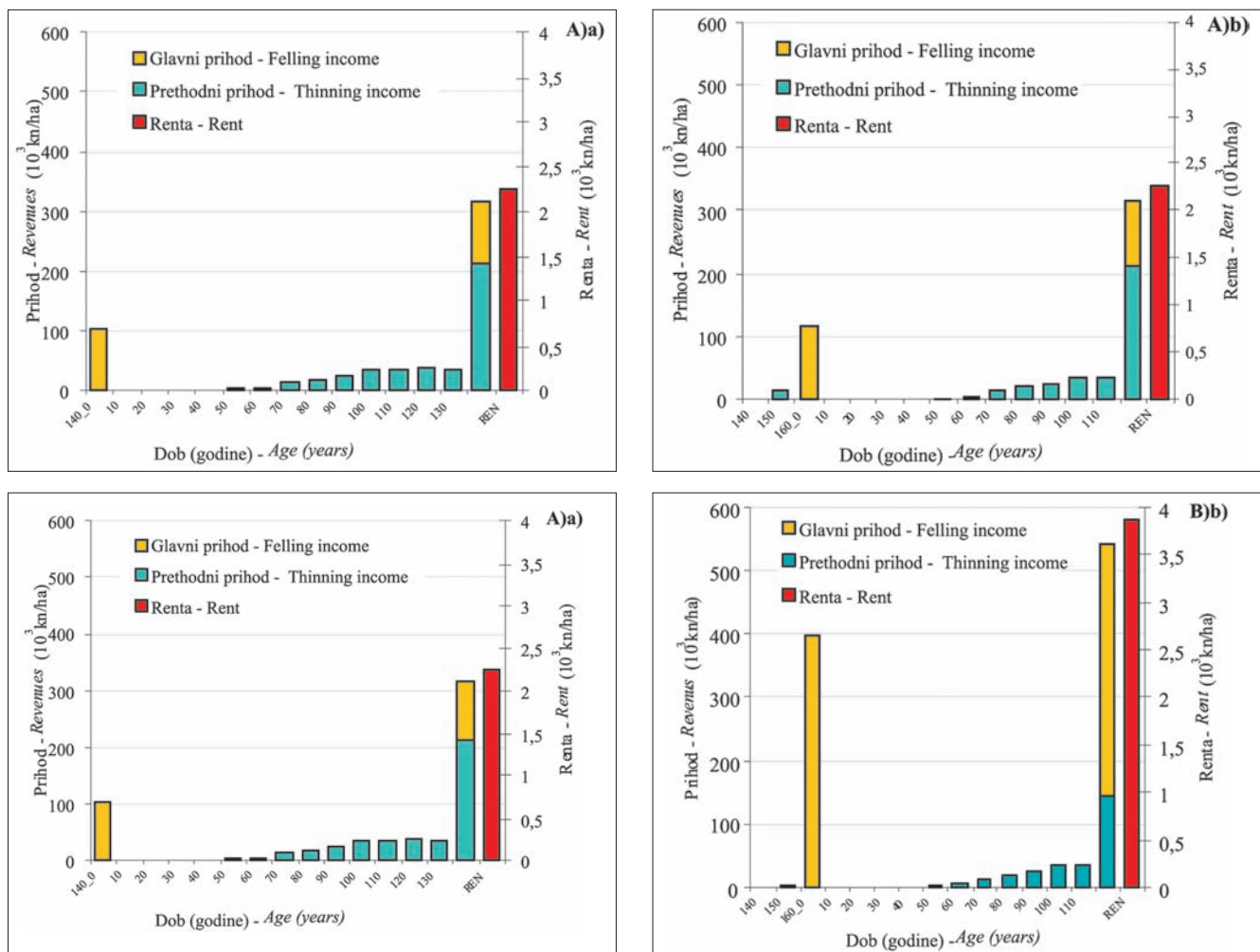
Na temelju provedenog istraživanja složenih stanišnih, sastojinsko strukturnih i gospodarskih odnosa u lužnjakovim šumama srednje Posavine, *stepwise* procedurom multivarijatne regresijske analize ostavljanjem statistički značajnih varijabli (lako pridobivih elemenata strukture sastojine) određen je model procjene kompleksne varijable razlike očekivanog prosječnog godišnjeg prihoda (kn/ha)-*potential rent difference (DEL\_REN)*:

$$DEL\_REN\_model = a + b * G\_Hr + c * N\_Hr + d * id\_Hr \quad (\text{Formula 1})$$

gdje je  $G\_Hr$  temeljnica hrasta lužnjaka (m<sup>2</sup>/ha) – *basal area of pedunculate oak (m<sup>2</sup>/ha)*,  $N\_Hr$  broj stabala hrasta lužnjaka po ha – *number of pedunculate oak trees per ha*,

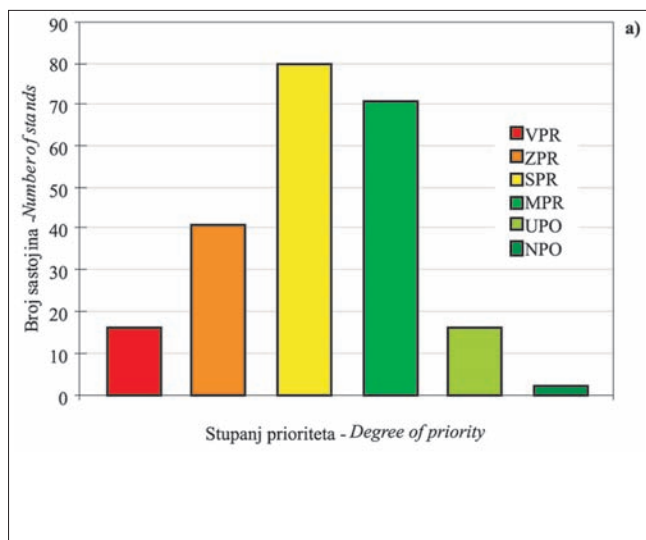
$id\_Hr$  godišnji debljinski prirast srednjeplošnog stabla hrasta lužnjaka (mm) – *current annual diameter increment of an average pedunculat oak trees (mm)*, te  $a$ ,  $b$ ,  $c$  i  $d$  parametri modela – *parameters of the model*.

Na temelju dobivenog modela (Formula 1) provedeno je rangiranje potencijalno zrelih sastojina prema



Slika 2. Prikaz prihoda tijekom budućeg razdoblja ophodnje i rente. A) Sastojina narušene strukture: a) obnova odmah, b) odgoda obnove za 20 godina. B) Sastojina očuvane strukture: a) obnova odmah, b) odgoda obnove za 20 godina.

Figure 2 Revenues during future rotation period, and a rent. A) Understocked stand: a) prompt stand regeneration, b) adjournment of stand regeneration for 20 years. B) Fully stocked stand: a) prompt stand regeneration, b) adjournment of stand regeneration for 20 years



Slika 3. Usporedba rente i razlike u renti u slučaju trenutne obnove (TO) i odgode obnove (OO) za sastojine narušene i očuvane strukture.

Figure 3 Comparison of rent and rent difference in a cases of prompt regeneration (TO) and adjournment regeneration (OO) for the understocked and fully stocked stand.

prioritetu obnove. Rangirane sastojine grupirane su u šest kategorija prema prioritetu obnove (veliki, značajan, srednji, mali, uputno podržavati, nužno podržavati). Kategorije su određene na način da uokviruju raspon od 100 kn/ha razlike u potencijalnom prihodu (renti), polazeći od maksimalne pozitivne vrijednosti prema minimalnoj vrijednosti razlike prosječnog godišnjeg prihoda.

Proveden je odabir sastojina za obnovu tijekom 10-godišnjeg razdoblja (planiranje etata glavnog prihoda) pristupom rangiranja sastojina prema razlici očekivanog prosječnog prihoda ( $E_{DEL\_REN}$ ), te rangiranja prema dobi sastojine ( $E_{DOB}$ ), i uspoređen s etatom glavnog prihoda propisan prema Osnovi gospodarenja za razdoblje važenja 2005-2014 ( $E_{OG}$ ). Sastojine za obnovu odabrane su zbrajanjem površina sastojina od prve rangirane s obzirom na razlikurente, odnosno s obzirom na dob, na niže sve dok se ne dostigne površina od 265 ha koliko iznosi propisani površinski etat glavnog prihoda prema važećoj Osnovi gospodarenja.

Primjenom važećeg cjenika drvnih sortimenata i sortimentnih tablica preuzetih od javnog poduzeća Hrvatske šume d.o.o izračunat je potencijalni bruto prihod za svaku pojedinu sastojinu te etat glavnog prihoda odvojeno po vrstama drveća i ukupno.

Prostorna analiza i raspodjela sastojina s obzirom na kategorije prioriteta i pristupe odabira sastojina za obno-

vu, provedena je i prikazana pomoću ArcGIS 9.2 (ESRI) programskog paketa, a statističke analize provedene su korištenjem programskog paketa SAS (SAS Institute INC., 1999).

#### 4. REZULTATI – Results

Rezultati multivarijatne regresijske analize (Tablica 1) predstavljaju model procjene kompleksne varijable razlike prosječnog godišnjeg očekivanog prihoda (DEL\_REN). Iz Tablice 1 vidljivo je da temeljnica hra-

sta ( $G_{Hr}$ ), broj stabala hrasta ( $N_{Hr}$ ) i debljinski prirast hrasta ( $id_{Hr}$ ) kao osnovni elementi strukture lužnjakovih sastojina i nezavisne varijable objašnjavaju visokih 68,4 % od ukupne varijabilnosti.

Tablica 1. Rezultati stepwise procedure regresijske analize za razliku u renti (DEL\_REN) kao zavisne varijable.  
Table 1 Results of stepwise regression analysis for the rent difference (DEL\_REN) as independent variable.

	DF	SS	MS	F	Pr > F	R <sup>2</sup>
Model	3	421304,03	14044335	103,29	<0,0001	0,6842

Varijabla Variable	P. P.	S. P.	Tip II SS	F	Pr > F	Parc. R <sup>2</sup>
Intercept	243,71987	34,14790	692623	50,94	<0,0001	
G_Hr	-24,49172	1,83183	2430577	178,76	<0,0001	0,6622
N_Hr	1,29968	0,47850	100311	7,38	0,0074	0,0120
id_Hr	11,09939	5,21733	61538	4,53	0,0351	0,0100

Obilježja rangiranih sastojina prema prioritetu obnove primjenom navedenog modela (Formula 1, Tablica 1), vidljiva su iz prikaza osnovnih elemenata

strukture, uključujući i prediktore modela, u Tablici 2. Kako se radi o ukupno 226 sastojina, zbog prostora prikazano je samo prvih 20 i zadnjih 20 sastojina.

Tablica 2. Prikaz osnovnih elemenata strukture za prvih 20 i zadnjih 20 rangiranih sastojina prema prioritetu obnove. DZ\_Ja drvena zaliha poljskog jasena, DZ\_OV drvena zaliha ostalih vrsta drveća, DZ\_Uk ukupna drvena zaliha, ostale oznake prethodno opisane.

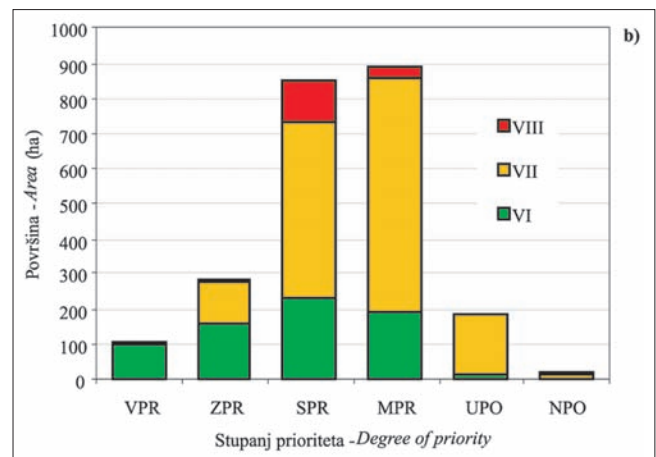
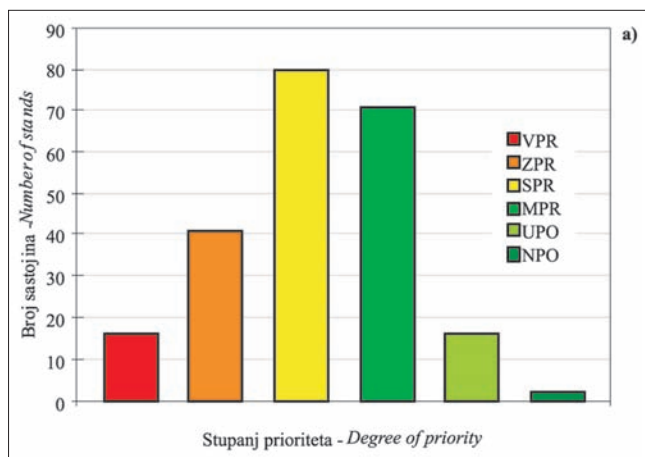
Table 2 Stand characteristics for the first 20 and the last 20 stands ranked according to regeneration priority. DZ\_Ja growing stock of narrow leaved ash, DZ\_OV growing stock of other tree species, DZ\_Uk total growing stock, other abbreviations as described previous.

Rang – Rank	Odsjek – Sub- Compartment	DEL_REN	Dob – Age	Površina – Area	N_Hr	G_Hr	id_Hr	V_Ja	V_OB	V_UK
		kn/ha	godina - years	ha						
1	62b	200,9	106	1,00	66	6,6	3,07	225	3	329
2	100c	180,1	120	2,56	24	5,6	3,81	80	121	297
3	59a	158,7	115	12,29	52	7,8	3,40	170	19	317
4	35c	144,6	125	3,25	53	8,4	3,44	210	2	358
5	59e	141,6	120	6,44	53	8,5	3,44	194	35	371
6	7c	141,6	101	7,08	68	9,3	3,32	319	9	472
7	7a	137,2	108	7,18	45	8,4	3,60	283	2	420
8	65c	133,9	104	15,36	79	10,2	3,27	346	6	511
9	48e	133,4	115	4,89	66	9,5	3,36	262	11	426
10	12a	114,8	108	15,14	67	10,4	3,40	262	4	424
11	6b	110,1	104	10,46	67	10,6	3,44	292	1	480
12	140b	107,4	125	2,87	67	10,7	3,44	0	184	348
13	90b	106,6	102	2,57	90	11,9	3,27	211	4	387
14	124c	106,4	140	1,95	31	9,1	4,10	255	43	463
15	65a	105,9	114	5,26	46	9,8	3,73	287	30	476
16	17a	102,2	120	8,68	41	9,7	3,85	255	9	425
17	59f	99,3	120	2,50	34	9,5	4,06	265	93	542
18	6d	97,7	121	4,88	65	11,0	3,48	205	8	368

Rang – Rank	Odsjek – Sub-Compartment	DEL_REN	Dob – Age	Površina – Area	N_Hr	G_Hr	id_Hr	V_Ja	V_OB	V_UK
		kn/ha	godina - years	ha		m <sup>2</sup> /ha	mm/god	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha
19	18a	95,5	106	5,96	63	11,0	3,52	248	0	418
20	18d	92,4	130	8,37	55	10,8	3,65	253	0	433
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
207	198a	-196,5	120	11,95	99	25,0	3,94	0	107	581
208	202c	-196,7	120	2,42	111	25,6	3,81	0	9	489
209	15b	-201,2	134	9,66	80	24,3	4,14	90	6	534
210	181a	-202,5	135	22,04	106	25,6	3,89	0	106	567
211	86c	-203,2	140	6,50	98	25,2	3,94	90	0	535
212	28d	-204,1	134	7,21	95	25,1	3,98	94	4	557
213	37a	-213,4	135	4,25	87	25,1	4,10	47	86	596
214	90e	-218,8	110	2,63	141	28,0	3,65	0	5	452
215	119c	-221,8	150	1,20	56	24,1	4,64	8	91	512
216	198b	-223,9	110	10,72	120	27,2	3,81	0	44	552
217	190b	-226,6	130	12,15	108	26,7	3,89	0	76	541
218	182b	-227,3	140	25,48	106	26,6	3,89	30	23	514
219	37b	-230,5	135	9,51	103	26,6	3,94	37	6	527
220	189a	-230,9	134	7,78	112	27,1	3,85	0	117	606
221	37d	-232,8	130	5,27	111	27,1	3,89	78	5	574
222	86b	-241,8	135	4,45	100	27,0	4,02	32	2	510
223	92c	-259,7	140	21,82	103	27,8	4,02	30	3	526
224	190a	-264,4	140	36,33	99	27,8	4,06	11	57	563
225	181b	-337,6	135	11,52	130	32,4	3,89	20	19	626
<b>226</b>	<b>175a</b>	<b>-353,3</b>	<b>147</b>	<b>9,52</b>	<b>94</b>	<b>31,3</b>	<b>4,27</b>	<b>45</b>	<b>37</b>	<b>673</b>

Prema kategorijama prioriteta za obnovu u koje su sastojine svrstane, 16 sastojina (7 %) površine nešto veće od 100 ha ima veliki prioritet za obnovom. Unutar prve tri ka-

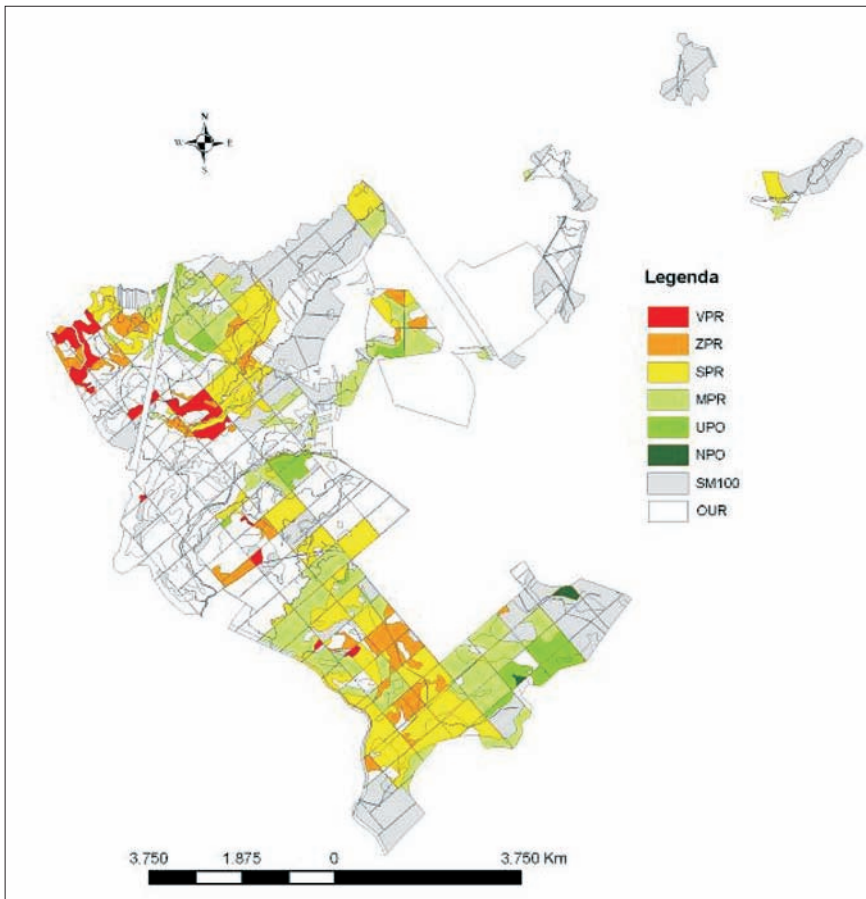
tegorije (veliki, značajan i srednji) obuhvaćeno je 137 sastojina (preko 60 %), na ukupnoj površini od 1.245,7 ha ili 50 % površine sastojina dobi iznad 100 godina (Slika 4).



Slika 4. Raspodjela sastojina prema stupnju prioriteta obnove. a) Raspodjela broja sastojina prema stupnju prioriteta obnove. b) Raspodjela površine sastojina prema dobnim razredima i stupnjevima prioriteta obnove. Prioritet: VPR-veliki, ZPR-značajan, SPR-srednji, MPR-mali, UPO-uputno podržavati, NPO-nužno podržavati, VI, VII, VIII-šesti, sedmi, osmi dobní razred (širina 20 godina).  
 Figure 4 Distribution of stands according to regeneration priority. a) Distribution of number of stands according to regeneration priority. b) Distribution of stand area according to age classes and to regeneration priority. Priority: VPR-strong, ZPR-high, SPR-moderate, MPR-low, UPO-advisable to leave, NPO-necessarily to leave, VI, VII, VIII-1th, 2th, 8th age class (20 years width).

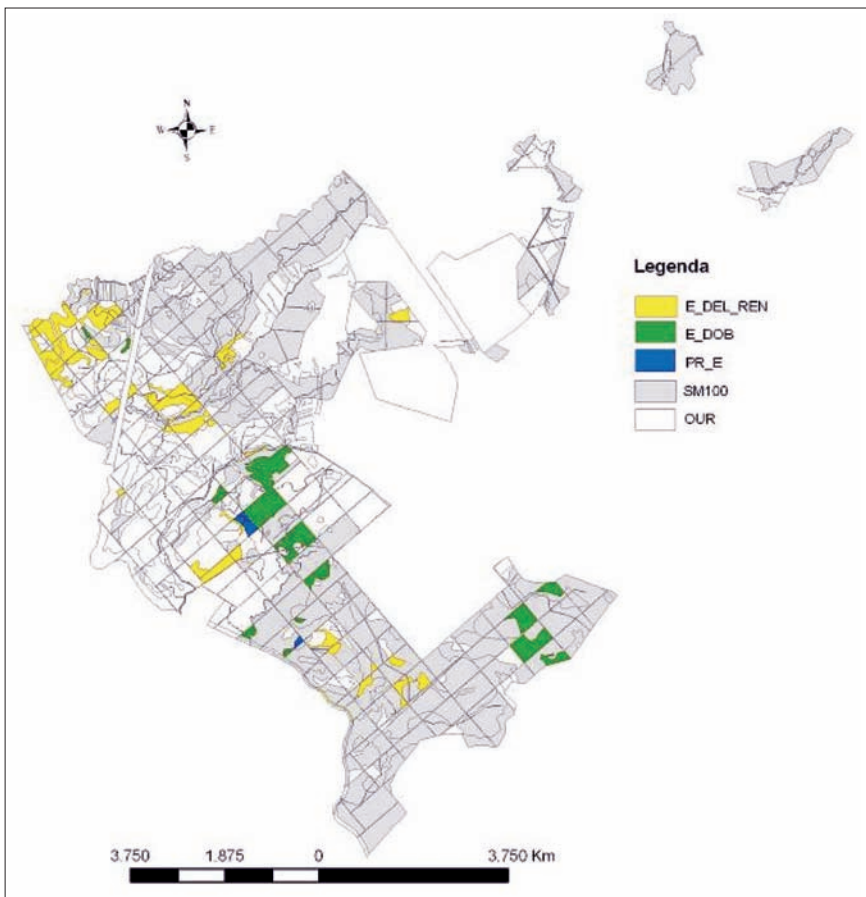
Interesantno je da gotovo cijelu kategoriju velikog prioriteta predstavljaju sastojine najmlađe dobne skupine (VI dobní razred), koje prosječno i imaju veći prioritet obnove u odnosu na sastojine VII i VIII dobnog razreda (Slika 4b).

Potpunija predožbka sastojina koje su grupirane prema kategorijama prioriteta za obnovom i sastojina koje su odabrane za obnovu prema tri navedena pristupa, može se dobiti iz njihove prostorne raspodjele (Karte 2, 3 i 4).



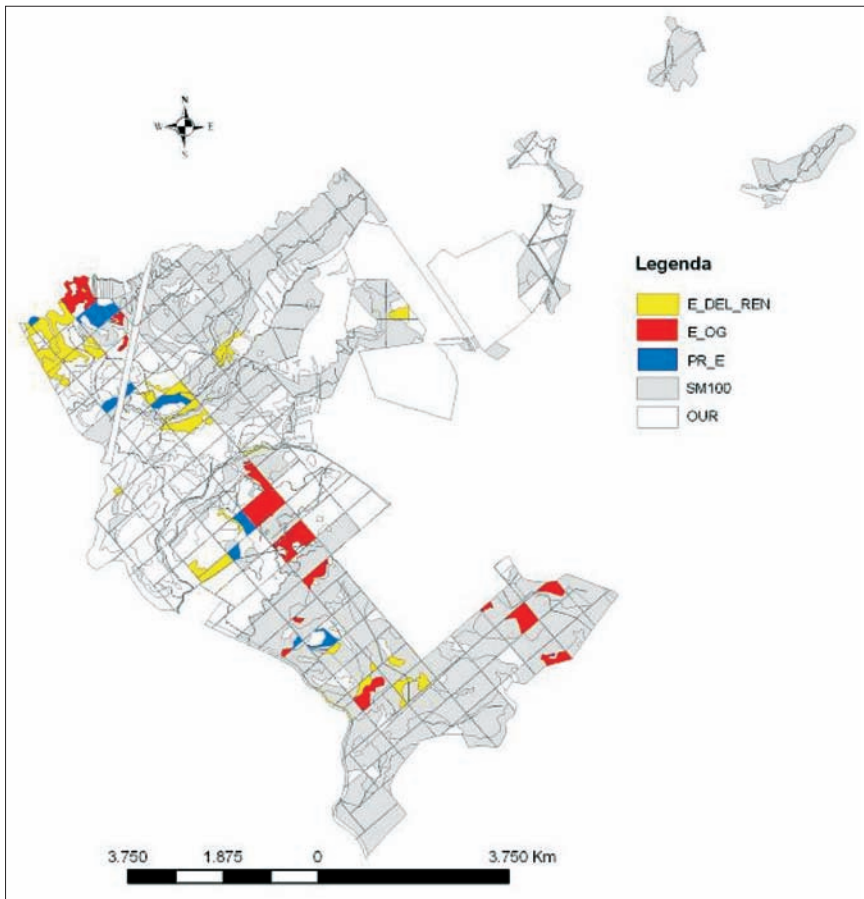
Karta 2. Prostorna raspodjela sastojina hrasta lužnjaka u gospodarskoj jedinici Josip Kozarac prema stupnju prioriteta obnove. SM100 označava sastojine hrasta lužnjaka mlade od 100 godina, OUR označava sastojine izvan uređajnog razreda hrasta lužnjaka, a ostale oznake su prethodno opisane.

Map 2 *Spatial distribution of pedunculate oak stands in management unit Josip Kozarac according to regeneration priority. SM100-p. oak stands younger than 100 y, OUR-stands outside of p. oak forest, and other abbreviations are described before.*



Karta 3. Usporedba prostorne raspodjele sastojina hrasta lužnjaka odabranih za obnovu prema modelu razlike prosječnog prihoda (E\_DEL\_REN) i prema dobi sastojina (E\_DOB). PR\_E označava preklapanje površinskog etata (sastojina) prema dva pristupa planiranja obnove.

Map 3 *Comparison of spatial distribution of pedunculate oak stands for regeneration between the rent difference model (E\_DEL\_REN) and stand age criterion (E\_DOB) of stand regeneration scheduling. PR\_E-Regeneration area (stands) overlapping between the two models.*



Karta 4. Usporedba prostorne raspodjele sastojina hrasta lužnjaka odabranih za obnovu prema modelu razlike prosječnog prihoda (E\_DEL\_REN) i prema propisu iz osnove gospodarenja (E\_OG). PR\_E označava preklapanje površinskog etata (sastojina) prema dva pristupa planiranja obnove.

Map 4 Comparison of spatial distribution of pedunculate oak stands for regeneration between the rent difference model (E\_DEL\_REN) and the prescribed stand regeneration in the actual management plan (E\_OG) of stand regeneration scheduling. PR\_E-Regeneration area (stands) overlapping between the two models.

Uz značajke prostorne raspodjele sastojina za obnovu, usporedba planiranog površinskog etata obnove prema tri različita pristupa zasniva se i na dobivenim prosječnim podacima o sastojinskim i strukturnim obilježjima sasto-

jina odabranih za obnovu, te očekivanom količinom, strukturom i vrijednošću drvene zalihe koja bi se posjekla kao posljedica obnove sastojina (Tablica 3).

Tablica 3. Sastojinske i strukturne značajke te količina, struktura i vrijednost sječive zalihe sastojina određenih za obnovu prema tri načina planiranja obnove. BR\_S broj sastojina, POV\_S prosječna površina sastojina, DOB\_S prosječna dob, N\_OV broj stabala ostalih vrsta drveća, D\_Hr srednji promjer hrasta, G\_Uk ukupna temeljnica, DZ\_Hr drvena zaliha hrasta, E\_PREKL preklapanje površinskog etata (u odnosu na E\_DEL\_REN), EDZ\_Hr sječivi volumen hrasta, EDZ\_Uk ukupni sječivi volumen, PRIH\_Hr bruto prihod od hrasta, PRIH\_Uk ukupni bruto prihod, ostale oznake prethodno opisane.

Table 3 Stand characteristics and quantity, structure and value of felling volume defined according to the three models of stand regeneration scheduling. BR\_S number of stands, POV\_S average stand area, DOB\_S average stand age, N\_OV number of trees of other species, D\_Hr mean diameter of oak trees, G\_Uk total basal area, DZ\_Hr growing stock of p. oak, EDZ\_Hr felling volume of p. oak, E\_PREKL overlapping of regeneration area (in relation on E\_DEL\_REN), EDZ\_Uk total felling volume, PRIH\_Hr yield (brutto) of p. oak, PRIH\_Uk total (brutto) yield, other abbreviations as described previous.

Značajke sastojina za obnovu Characteristics of stands for regeneration		Način planiranja površinskog etata glavnog prihoda – Models of stand regeneration area planning		
		E_DEL_REN	E_DOB	E_OG
BR_S		43	21	24
POV_S	ha	6,13	12,57	11,04
DOB_S	godina - years	117,3	142	135,6
N_Hr	stab. ha <sup>-1</sup> -trees ha <sup>-1</sup>	63	75	63
N_OV	stab. ha <sup>-1</sup> -trees ha <sup>-1</sup>	174	128	127
D_Hr	cm	48,9	59,9	57,9
G_Hr	m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	11,13	20,75	16,58
G_Uk	m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	27,94	28,8	25,98
DZ_Hr	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	186	366	295



Značajke sastojina za obnovu <i>Characteristics of stands for regeneration</i>		Način planiranja površinskog etata glavnog prihoda – <i>Models of stand regeneration area planning</i>		
		E_DEL_REN	E_DOB	E_OG
DZ_Uk	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	425	468	420
E_PREKL	ha (%)	-	10,90 (4,12)	65,42 (24,82)
EDZ_Hr	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	202	388	314
	m <sup>3</sup>	53.544	108.464	90.585
EDZ_Uk	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	465	499	450
	m <sup>3</sup>	122.612	131.007	118.344
DEL_REN	kn ha <sup>-1</sup> year <sup>-1</sup>	92,39	-122,22	-36,91
PRIH_Hr	1000 kn ha <sup>-1</sup>	97,311	258,244	212,736
	mil. kn ha <sup>-1</sup>	25,645	68,153	56,354
PRIH_Uk	1000 kn ha <sup>-1</sup>	178,363	276,495	236,082
	mil. kn ha <sup>-1</sup>	47,006	72,970	62,538

## 5. RASPRAVA – Discussion

Prema postojećoj dobnoj strukturi (Slika 1) i strukturnim značajkama sastojina, tijekom budućih gospodarskih razdoblja mogu se očekivati složeni i zahtjevni zadaci planiranja i provedbe obnove sastojina hrasta lužnjaka u gospodarskoj jedinici “Josip Kozarac”, slično kao i za cijelo područje lužnjakovih šuma u RH (Čavlović i dr. 2006). Planirani površinski etat glavnog prihoda prema Osnovi gospodarenja za razdoblje 2005-2014. godine od 265 ha upravo odgovara teoretskom (normalna površina dobrog razreda širine 10 godina), te je osim toga i radi usporedbe primijenjen i kod ostala dva pristupa određivanja etata glavnog prihoda. Dugoročna i dosljedna primjena ovakvog intenziteta obnove, vodila bi uspostavi normalne dobne strukture šume (Čavlović, 1996). S druge strane, to bi isto tako vodilo i produženju razdoblja obnove postojećeg velikog udjela potencijalno zrelih sastojina (67 %) na 100 godina, odnosno očekivanoj sječivoj dobi pojedinih sastojina od preko 200 godina. To pretpostavlja postojanje i održavanje dijela strukturno očuvanih i stabilnih sastojina i njihovu “konzervaciju”. Teško ili manje prihvatljiv pristup bi bio obnova 67 % površine šume unutar razdoblja od 40 godina ili kraćeg (koncentracija sječa na velikom prostoru unutar kratkog vremena, nepovoljni utjecaji na stanište, veliki troškovi šumskouzgojnih radova, smanjen uspjeh obnove, održavanje postojeće dobne strukture, upitnost načela trajnosti).

Slijedom prethodno navedenog, rangiranje sastojina prema prioritetu za obnovu predstavlja posebno značajan dio planiranja etata glavnog prihoda. Prosječna razlika potencijalnih prihoda kao posljedica odluke o trenutnoj ili odgođenoj obnovi određene potencijalno zrele sastojine, se pokazao kao jedan od objektivnih kriterija za rangiranje sastojina, jer se temelji na postojećim sastojinskim i strukturnim značajkama te pretpostavkama budućeg razvoja sastojine (Tablica 1, Slika 2). Prema tomu su se strukturno narušene sasto-

jine (veliki udio poljskog jasena i ostale bjelogorice u odnosu na hrast lužnjak), dobi mlađe od 120 godina i površine manje od 10 ha rangirale na vrh liste, dok s druge strane sastojine očuvane strukture (velika drvena zaliha i udio hrasta lužnjaka od 80–100 %), redovito starije od 130 godina i prosječno veće površine (>10 ha) rangirale su se na kraju liste (Tablica 2). Utjecajni čimbenici na rangiranje sastojina su značajke kvalitete i strukture sastojina (Čavlović i dr., 2011), dok nepostojanje utjecaja dobi i površine sastojina upućuje na to da je u istraživanoj šumi narušena struktura izraženija u mlađim sastojinama, dobi 100–120 godina (Slika 4) redovito manjih površina. To se može objasniti činjenicom da se te sastojine uglavnom odnose na vlažnija lužnjakova staništa, gdje je narušavanje strukture i propadanje hrasta bilo izraženije (Dekanić, 1975), na kojima se gospodarilo uz kraću ophodnju (velik udio poljskog jasena), te zbog veće prostorne varijabilnosti stanišnih i strukturnih značajki i dinamičnijih strukturnih promjena, izlučivane su sastojine manjih površina.

Grupiranje sastojina u stupnjeve prioriteta za obnovom (Slika 4) pokazalo je, s obzirom na zastupljenost prva dva stupnja od oko 400 ha, da ima više nego dovoljno sastojina koje bi se mogle uvrstiti u etat glavnog prihoda za prvo 10-godišnje razdoblje i koje su osim toga većinom zastupljene u šestom dobnom razredu. Nasuprot tomu, udio dva zadnja stupnja koji ima svoje posebno značenje u prethodno istaknutoj potrebi održavanja određenog dijela sastojina do visokih sječivih dobi, dvostruko je manji i to uz zastupljenost sastojina starijih od 135 godina. Velika “zaliha” od oko 70 % sastojina srednjeg i malog prioriteta može izgledati povoljno. Međutim, iako se dob sastojina nije pokazala kao utjecajan čimbenik, treba imati u vidu da se može očekivati tijekom vremena postupno nepovoljno povećanje udjela prvih stupnjeva prioriteta obnove (pomicanje raspodjele u lijevo), kao posljedica promjena

strukture postojećih sastojina uslijed opadanja broja stabala, temeljnica i prirasta hrasta lužnjaka, te očekivano malog priliva sastojina kvalitetne strukture u kategoriju starijih i starih sastojina.

Prostorna raspodjela sastojina prema stupnjevima prioriteta obnove (Karta 2) može uputiti na okvirnu vremensku i prostornu dinamiku obnove šume u slučaju primjene ovog kriterija, uvažavajući dodatno prethodno navedene moguće promjene raspodjele sastojina prema prioritetu obnove. Prema Karti 2 je vidljivo da postoji određeno manje ili veće koncentriranje sastojina istog stupnja prioriteta, što može imati nepovoljan utjecaj na prostornu raspodjelu sastojina na kojima će se istodobno provoditi obnova.

Usporedba prostorne raspodjele površinskih etata određenih prema tri različita pristupa (Karta 3 i 4) očekivano pokazuje najveće razlike između pristupa temeljenog na razlici prosječnog prihoda (E\_DEL\_REN) i na dobi sastojina (E\_DOB), gdje gotovo da i nema preklapanja. Površinski etat obnove prema Osnovi gospodarenja predstavlja određenu kombinaciju prva dva pristupa odabira sastojina za obnovu, prema kojemu su dijelom uključene mlađe sastojine lošije strukture te većim dijelom starije sastojine kvalitetnije strukture.

Obnova najstarijih sastojina koje su u prosjeku strukturno i najkvalitetnije (21 sastojina), u slučaju predmetne šume bi rezultirala najvećim ukupnim prihodom od 73 mil. kuna, od čega se 93 % odnosi na hrast lužnjak (Tablica 3). Kratkoročno i jednoznačno gledano, to bi bio najučinkovitiji pristup, s obzirom na najveći ukupni prihod i manje troškove šumskouzgojnih radova koji koji se mogu očekivati zbog očuvane strukture sastojina. Međutim, ovdje treba uzeti u obzir i očekivane dugoročne neposredne i posredne gubitke: gubitci prirasta vrijednosti od 122,22 kn po ha godišnje (4,52 mil kn tijekom 140 godina na 264 ha), gubitci uslijed odgađanja obnove strukturno narušenih sastojina od 92,39 kn po ha godišnje (3,27 mil kn tijekom 140 godina na 253 ha) te teško određivi posredni gubitci kao posljedica slabijeg uspjeha obnove i povećanih troškova šumskouzgojnih radova uslijed odgađanja obnove i dodatnog narušavanja stanišnih i strukturnih odnosa u sastojinama loše strukture. Prema istraživanju provedenom u lužnjakovim šumama (Željezić, 2008), uspjeh obnove može biti upitan dok uloženi troškovi u šumskouzgojne radove su višestruko veći u sastojinama slaba i devastirana obrasta u odnosu na sastojine dobrog obrasta.

Dugoročna održivost gospodarenja se ogleda u pristupu obnove sastojina koje su prema strukturno razvojnim značajkama daleko od očekivanog razvoja i ostvarenja ciljnih učinaka (E\_DEL\_REN). To bi vodilo bržem unapređenju stanja sastojina i šume te privođenju staništa potencijalnoj proizvodnosti (Čavlović i dr. 2006). S druge strane, povećanje troškova šumskouz-

gojnih radova vezanih uz obnovu sastojina narušene strukture (Željezić, 2008) i značajno manji ukupni prihod (Tablica 3) bi moglo dovesti u pitanje pokrivanje troškova gospodarenja unutar razine gospodarske jedinice Josip Kozarac. Značajke etata propisanog prema osnovi gospodarenja (Tablica 3) ukazuju na to da su se nastojali ostvariti i dugoročni i kratkoročni zahtjevi gospodarenja, uključivanjem manjeg dijela sastojina loše kvalitete (25 % površinskog etata), te većeg dijela starijih sastojina dobre kvalitete. Tako su dijelom smanjeni dugoročni i posredni gubitci kao posljedica odgađanja obnove sastojina loše kvalitete (na 65,4 ha), te osiguran ukupni prihod (sastojine kvalitetne strukture) za pokrivanje troškova gospodarenja. Međutim, stvaran i mogući intenzitet i dinamika obnove sastojina loše strukture treba biti predmet planiranja na strateškoj razini, proširivanjem načela održivosti gospodarenja izvan granica gospodarske jedinice na šire područje (Klepac, 1952).

Model prikazan Formulom 1 može biti primjenjiv za rangiranje pojedinih dijelova postojećih sastojina (sastojine većih površina i veće prostorne heterogenosti) na temelju podataka uređajne izmjere na mreži 100\*100 m (Teslak, 2010), kao podloga za grubo izlučivanje sastojina. Daljnji razvoj je moguć u smislu određivanja prostorne raspodjele varijabilnosti strukture sastojine na razini svakog pojedinog pixela (broj stabala, temeljnica, debljinski prirast), pri čemu bi se primjenom satelitskih snimaka odgovarajuće (razlučivosti) rezolucije (Seletković i dr. 2011) dobila podloga za fino kartiranje (izlučivanje) homogenih dijelova sastojina u kojima postoje različite strukturne značajke i zahtjevi gospodarenja. Takva prostorna raspodjela sastojina potencijalnih za obnovu, u odnosu na onu prikazanu Kartom 2, bi bila kvalitetnije polazište za planiranje prostorne i vremenske dinamike te održivosti obnove šume. Pri tome bi površina pojedinih sastojina za obnovu bila značajno manja od 12 ha, ili čak od 6 ha, što je ekološki prihvatljivije, a prirodi bližiji pristup gospodarenja (Anić i Mikac, 2011).

Treba istaknuti da samo struktura sastojina ili očekivani prihod kao kriteriji nisu dovoljni pri planiranju obnove šuma, posebno ne u okviru koncepta integralnog gospodarenja šumama (Bončina, 2011) i zahtjeva višeciljnog gospodarenja (Guillermo i Mendoza, 1988; Maness i Farrell, 2004; Misir i Misir, 2007). S obzirom na strukturu i odnos funkcija šume i šumskogospodarskih ciljeva postoje ograničavajući čimbenici gospodarenja koji mogu imati različit utjecaj na planiranje postupaka gospodarenja, uključivanjem zahtjeva kao na primjer, površina i prostorna raspodjela sastojina za obnovu i starih sastojina (Borgesa i Hoganson, 2000; Kurttila i dr. 2002 a; Jumppanen i dr. 2003), te ekološka i habitatna uloga šuma (Kurt-

tila i dr. 2002 b). Takvi složeni modeli predstavljaju suštave podrške za lakše donošenje odgovarajućih odluka (Reynolds i dr. 2008), na kojima se zbog sve složeni-

jih i zahtjevnijih zadataka treba zasnivati planiranje gospodarenja šumama na operativnoj i na strateškoj razini.

## 6. ZAKLJUČAK – Conclusion

Značajke stanja i gospodarenja šumama hrasta lužnjaka na istraživanom primjeru gospodarske jedinice Josip Kozarac na određeni način odražavaju sličnost koja postoji na širem i na cjelovitom području lužnjakovih šuma. Zbog velikog udjela sastojina nepovoljne strukture i kvalitete, pred planiranjem i gospodarenjem stoje s jedne strane veliki i složeni zahtjevi obnove sastojina radi postupnog i dugoročnog unapređenja stanja šume, te s druge strane osiguranje nužnih prihoda za pokrivanje redovitih troškova gospodarenja. Rezultati na istraživanom primjeru pokazuju da se na operativnoj razini planiranja obnove sastojina dijelom uzimaju u obzir i zahtjevi opće i dugoročne održivosti gospodarenja šumama, ali ostaju otvorena pitanja o tome koja je minimalna razina ispunjavanja dugoročnih zahtjeva gospodarenja šumom, koliko je ona dostižna i održiva te kakve su projekcije za buduća gospodarska razdoblja.

Izvedene nove informacije o stanju sastojina hrasta lužnjaka potencijalnih za obnovu temeljene na prikazanom modelu razlike prosječnog potencijalnog prihoda mogu imati jednostavnu i praktičnu primjenu, kao dopuna i pomoć postojećim pristupima planiranja sastojina za obnovu. Daljnji razvoj u smjeru izgradnje složenog i dinamičkog prostorno-vremenskog projekcijskog modela bi omogućio produkciju mnoštva informacija, koje bi uz postojeće stanje šumskih resursa i čimbenika gospodarenja definirale odnose među utjecajnim čimbenicima, ograničenjima i zahtjevima gospodarenja te moguće smjerove budućeg razvoja. Povećanje učinkovitosti planiranja i provedbe odgovarajućih postupaka gospodarenja kao jedna od osnovnih pretpostavki održivog gospodarenja, je neposredna posljedica koja se očekuje od primjene takvog sustava u okviru šire (strateške) razine donošenja odluka (planiranja) i njihov odgovarajući prijenos i raspodjela na operativnu razinu gospodarenja šumama.

## 7. LITERATURA – References

- Anić, I., S. Mikac, 2011: Prirodno pomlađivanje sastojina obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) oplodnim sječama na malim površinama. Croatian Journal of Forest Engineering, 32 (1): 19–30.
- Bettinger P, D. L. Johnson, K. N. Johnson, 2003: Spatial forest plan development with ecological and economic goals. Ecological Modelling, 169 (2–3): 215–236.
- Bončina, A. 2011: Conceptual approaches to integrate nature conservation into forest management: a Central European perspective. International Forestry Review, 13 (1): 13–22.
- Borgesa, J. G., H. M. Hoganson, 2000: Structuring a landscape by forestland classification and harvest scheduling spatial constraints. Forest Ecology and Management, 130 (1–3): 269–275.
- Čavlović, J., 1996: Sustavna dinamika u planiranju gospodarenja regularnim šumama na području Uprave šuma Zagreb. Glas. šum. Pokuse, 33: 109–152.
- Čavlović, J., M. Božić, K. Teslak, 2006: Mogućnost uspostave potrajnog gospodarenja šumama hrasta lužnjaka u budućem gospodarskim razdobljima. Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje 5: 419–431.
- Čavlović, J., K. Teslak, A. Jazbec, M. Vedriš, 2011: Utjecaj sastojinskih, stanišnih i strukturnih obilježja na planiranje obnove sastojina u šumama hrasta lužnjaka. Croatian Journal of Forest Engineering, 32 (1): 271–286.
- Dekanić, I., 1975: Utjecaj visine i oscilacije nivoa podzemnih voda na sušenje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Šum. List, 7–10: 267–280.
- Guillermo A. Mendoza, 1988: A multiobjective programming framework for integrating timber and wildlife management. Environmental Management, 12 (2): 163–171.
- Kneeshaw, D. D., A. Leduc, C. Messier, P. Drapeau, S. Gauthier, D. Paré, R. Carignan, R. Doucet, L. Bouthillier, 2000: Development of integrated ecological standards of sustainable forest management at an operational scale. The Forestry Chronicle, 76 (3): 481–493.
- Jumppanen, J., M. Kurttila, T. Pukkala, J. Uutera, 2003: Spatial harvest scheduling approach for areas involving multiple ownership. Forest Policy and Economics, 5 (1): 27–38.
- Klepac, D., 1952: Uređivanje šuma s oplodnom sječom. Glasnik za šumske pokuse, 10: 225–348.
- Kovačević, P., M. Kalinić, V. Pavlić, M. Bogunović, 1972: Tla gornjeg dijela bazena rijeke Save. Znanstveni projekt. Institut za znanost o tlu, Zagreb, str. 331.

- Kurttila, M., J. Uutera, S. Mykrä, S. Kurki, T. Pukkala, 2002a: Decreasing the fragmentation of old forests in landscapes involving multiple ownership in Finland: economic, social and ecological consequences. *Forest Ecology and Management*, 166 (1–3): 69–84.
- Kurttila, M., T. Pukkala, J. Loikkanen, 2002b: The performance of alternative spatial objective types in forest planning calculations: a case for flying squirrel and moose. *Forest Ecology and Management*, 166 (1–3): 245–260.
- Maness, T., R. Farrell, 2004: A multi-objective scenario evaluation model for sustainable forest management using criteria and indicators. *Canadian Journal of Forest Research*, 34 (10) 2004–2017.
- Misir, N., M. Misir, 2007: Developing a multi-objective forest planning process with goal programming: a case study. *Pak J. Biol. Sci.*, 10 (3): 514–522.
- Möhring, B., U. Rüping, 2008: A concept for the calculation of financial losses when changing the forest management strategy. *Forest Policy and Economics*, 10 (3): 98–107.
- Prpić, B., 1996: Propadanje šuma hrasta lužnjaka. U: Klepac, D. (ur.), *Hrast lužnjak u Hrvatskoj*. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Centar za znanstveni rad Vinkovci, st. 258–273, Zagreb.
- Reynolds, K. M., M. Twery, M. J. Lexer, H. Vack, D. Ray, G. Shao, J. G. Borges, 2008: *Decision Support Systems in Forest Management* Book Chapter International Handbooks on Information Systems, *Handbook on Decision Support Systems 2*, IX, Pages 499–533.
- Seletković, Z., 1996: *Klima lužnjakovih šuma*. U: Klepac, D. (ur.), *Hrast lužnjak u Hrvatskoj*. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Centar za znanstveni rad Vinkovci, st. 56–71, Zagreb.
- Seletković, A., R. Pernar, M. Ančić, J. Sučić, 2011: Procjena strukturnih elemenata sastojine na temelju vrijednosti spektralnoga odbijanja satelitskoga snimka IKONOS. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 32 (1): 329–344.
- Špiranec, M. 1975: Prirasno-prihodne tablice za hrastove, bukvu, obični grab i pitomi kesten. *Radovi Šumar. inst. Zagreb*, 25: 1–103.
- Teslak, K., 2010: Utjecaj strukturnih i prostorno-vremenskih odrednica na planiranje gospodarenja šumama hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). *Dissertacija*, Šumarski fakultet, Zagreb, str. 212.
- Tikvić, I., D. Ugarković, J. Gašpar, 2011: Prostorna analiza odumiranja stabala hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) za potrebe adaptivnoga gospodarenja šumskim ekosustavima u Hrvatskoj. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 32 (1): 43–56.
- Željezić, A., 2008: *Struktura troškova šumskouzgojnih radova i uspješnost obnove sastojina hrasta lužnjaka (Quercus robur L.) smanjenog obrasta u g. j. Posavske šume-Sunja*. Diplomski rad, Šumarski fakultet, Zagreb, str. 46.

*SUMMARY: Continuous stand regeneration is one of the most important prerequisites of sustainable forest management. In relation to the planning of regeneration intensity at the forest level, a more complex and challenging part of planning is the selection of appropriate stands for regeneration. This is particularly expressed in conditions of undesired and spatially heterogeneous structure of the forest and stands, the large number of potentially mature stands for regeneration and the multi objective approach of forest management, where ranking of stands according to regeneration priority should be based on objective criteria. The planning of appropriate regeneration dynamics and selection stands for regeneration is particularly (emphasized) stressed in lowland pedunculate oak forest management planning, where tree dieback is a significant ecological and management problem. In such circumstances stand age and its relation to rotation are not sufficient criteria for stand selection. In the study a previously obtained model of rent difference (Eq. 1, Table 1) as a consequence of the decision of regeneration (prompt or adjournment) of a potentially mature pedunculate oak stand (Figure 2, Figure 3), was used for stand ranking according to regeneration priority. Based on the obtained results and analysis, the aim was to compare and discuss qualitative and quantitative characteristics of stands planned for regeneration, according to three different models*

( $E_{DEL\_REN}$ ,  $E_{DOB}$ ,  $E_{OG}$ ), define the influence on sustainable forest management and to indicate limitations and possible future improvements of pedunculate oak forest management planning. The forest research site was the management class of pedunculate oak within the management unit "Josip Kozarac". Total area of the oak forest (3,690.8 ha) is divided into 321 p. oak stands (11.5 ha average area). Mostly old stands, and a few young and middle aged stands, with intensive regeneration during the last 20 years are the characteristics of age class distribution (Figure 1).

Based on the model of rent difference (Eq. 1, Table 1), potentially mature oak stands (older than 100 years) were classified in six categories of regeneration priority (Table 2, Figure 4, Map 2). Stands to be regenerated in the next 10-year period (265 ha planned regeneration area) were selected on the basis of the rent difference model and stand age model in relation to forest management plan and spatial distribution (Map 3, Map 4), and the structural-qualitative characteristics of the selected stands (Table 3) were compared.

Results showed that under stocked stands, younger than 120 years and on average smaller areas, have greatest priority, while stands with high-quality structure, older than 135 years and larger average areas, have least regeneration priority. Regeneration of 21 of the oldest and structural highest quality stands would lead to the highest yield of 73 million kuna, but also to the highest indirect and long term losses. On the other hand, yield of 47 million kunas and at least long term and indirect losses would be the result of an approach based on the rent difference model, while actual planning partly considers the demands of long term sustainable management.

The characteristics of the situation and management in the studied forest site represent similarities which exist (on a wider scale) in the entire pedunculate oak forest area in Croatia. With regard to planning and management, due to the large share of mature stands with unfavorable structure and quality, comprehensive and complex demands of stand regeneration are necessary on the one hand, in order to ensure gradual and long term improvement of the forests, and, on the other hand, to ensure essential income for current management. Although, there are considerations of long term sustainability on the operative level of stand regeneration planning, open questions should be answered: what is the minimal level of achieving long term forest management demands, and to what extent the level is obtainable and sustainable, as well as what the projections are for future management periods. New information on mature pedunculate oak stands obtained from the rent difference model could be applied as supplement and support for the current approach of stand regeneration planning. Further development of the complex and dynamic spatial-temporal projection model would provide abundant information describing the current state of forest resources and management, relations between influencing factors, limitations and demands of management, as well as possible future developments. Application of the system would improve planning and management efficiency, as prerequisites of sustainable forest management, within the framework of a wider, strategic, level of decision making and its appropriate transfer to the operative levels of forest management.

**Key words:** pedunculate oak, forest management planning, rent, planning of regeneration felling, regeneration priority, stand structure