

# Dinamika uspostave preborne strukture u bukovo-jelovim sastojinama na Papuku

Mario Božić, Juro Čavlović, Ernest Goršić, Krunoslav Teslak

## Nacrtak – Abstract

Ovim se radom želi istražiti dinamika uspostave preborne strukture u bukovo-jelovim sastojinama na Papuku kojima se u prošlosti većinom jednodobno gospodarilo. Na temelju uvida u osnove gospodarenja odabrano je 10 sastojina za koje je provedeno simuliranje dinamike uspostave preborne strukture. Sastojine su odabrane na temelju njihove dobi, oblika distribucije, obrasta i omjera smjese. Nakon provedene analize simuliranja za prikaz su uzete tri karakteristične sastojine. Prema trima scenarijima provedene su simulacije za razdoblje od 100 godina.

Uspostava preborne strukture u sastojinama s početnom prevelikom drvnom zalihom i nedostatkom tankih stabala dugotrajan je proces. U njima bi u početku trebalo provesti više intenzivnijih sječnih zahvata, uz uvjet dugoročnijega intervala približavanja stvarnoga omjera smjese normalnomu. To bi omogućilo intenzivniju sječnu prezrelih jelovih stabala, posebno ako za navedena stabla postoji bojazan od gubitka kakvoće, kao i intenzivniju pojavu mladoga naraštaja. U sastojinama u kojima nemamo prenaomilanu drvenu zalihu i u kojima početno postoje stabla i u nižim debljinskim stupnjevima, preborna se struktura uspostavlja puno brže nego je to slučaj u sastojinama s prenaomilanom drvnom zalihom. U takvim bi sastojinama u početku trebalo provesti 2 – 3 intenzivnija sječna zahvata da bi se omogućilo bolje pomlađivanje i brži prelazak tanjih stabala u više debljinske stupnjeve.

*Ključne riječi:* jednodobna sastojina, simulacija, intenzitet sječa, razvoj strukture sastojine, normalna preborna struktura

## 1. Uvod – Introduction

U Hrvatskoj se podaci o strukturi sastojina dobivaju gotovo isključivo na temelju provedenih terenskih izmjera. Usporedbom tih mjerenja s modelima i prethodnim izmjerama dobivamo informaciju o uspješnosti dosadašnjega gospodarenja (Božić 2001). Podaci izmjere raspodjele broja stabala po debljinskim stupnjevima zajedno s podacima o prirastu i priljevu stabala osnova su za simuliranje razvoja pojedinih sastojina. Metoda se simuliranja prvi put u šumarstvu pojavljuje u SAD-u sredinom 60-ih godina prošloga stoljeća (Gould 1967, u: Kružić 1991). Razvojem i sve širom i jednostavnijom uporabom računala modeliranje i simulacijsko istraživanje ponašanja različitih dinamičnih sustava u kojima postoje uzročno-posljedične veze dobiva sve veće značenje. Simuliranjem razvoja sastojina u svijetu bavili su se mnogi autori (Hanewinkel 1996, Hanewinkel i

Pretzsch 2000, Pukkala i Kolström 1988, Pukkala i Miina 1997). U Hrvatskoj se simuliranjem razvoja sastojina bave Pranjić (1985), Pranjić i dr. (1988), Kružić (1991), Čavlović (1996), Čavlović i dr. (2006a, 2006b), Čavlović i Božić (2007–2008).

Šafar i Hajdin (1954) napominju da bi se prema stanju bukovo-jelove sastojine na brdskom području između Save i Drave trebale uzgajati oplodnom ili prebornom sječom, pri čemu ne mogu zauzeti principijelno stajalište bez rezultata dugoročnih pokusa. Smilaj (1957) to područje svrstava u jednodobne šume, ali napominje da se i u njem bukovo-jelovim šumama treba preborno gospodariti, što iz nepoznatih razloga u praksi većinom nije bio slučaj (Hanzl 1958, Meštrović 2001, Zelić 2003, Dobrić 2006). Prema Zeliću (2003) bukovo-jelovim sastojinama na Papuku se u prošlosti gospodarilo kao visokim jednodobnim regularnim sastojinama, a prirodna se obnova pro-

**Tablica 1.** Opisni podaci za reprezentativne sastojine**Table 1** Information data for representative stands

Odsjek <i>Sub-Compartment</i>	Vrsta drveća <i>Tree species</i>	N/ha	G			V		$i_v$		Obrast <i>Density</i>	Etat <i>Planned felling</i>	
			$m^2/ha$	$m^3/ha$	%	$m^3/ha$	%	$m^3/ha$	%			
34b	Jela - <i>Fir</i>	199	17,74	200	74,59	4,7	2,35	0,82		39,0	19,5	
	Bukva - <i>Beech</i>	171	6,75	68	25,41	2,2	3,70			10,0	14,8	
	Ukupno - <i>Total</i>	370	24,49	268	-	6,9	2,57			49,1	18,3	
42b	Jela - <i>Fir</i>	281	9,34	92	65,96	2,9	3,11	0,43		17,0	19,1	
	Bukva - <i>Beech</i>	292	6,11	47	34,04	2,0	4,26			9,0	9,8	
	Ukupno - <i>Total</i>	573	15,45	139		4,9	3,48			26,0	18,7	
56a	Jela - <i>Fir</i>	97	16,69	207	48,10	4,5	2,16	1,15		37,0	17,9	
	Bukva - <i>Beech</i>	167	17,07	223	51,90	6,2	2,78			36,0	16,6	
	Ukupno - <i>Total</i>	264	33,76	430	-	10,7	2,50			72,9	17,0	

vodila po načelu oplodnih sječa. Prema pravilnicima za uređivanje šuma, počevši od Pravilnika iz 1994. (NN, 52/94), u svim šumama jela s ostalim vrstama drveća obvezan je preborni način gospodarenja, što je u skladu sa Smilajevom (1957) preporukom i s istraživanjima Matića i dr. (1996) koji napominju da se preborno može gospodariti samo onim šumama u čijoj se strukturi nalazi obična jela jer je to temeljna vrsta prebornih šuma i prebornoga gospodarenja. Zbog toga struktura bukovo-jelovih sastojina na Papuku ima izgled jednodobnih sastojina ili sastojina prijelaznih oblika (Zelić 2003, Zelić i Puača 2003, Dobrić 2005).

Preborno šumu Bončina (2000) doživljava kao sredstvo za racionalno gospodarenje, u zadanim okvirima. Flury (1933) navodi da je jedan od najtežih zadataka prebornoga gospodarenja postići i trajno održati tipični preborni karakter (prema Miletiću 1950). Prema Korpelu (1996) uravnotežena preborna šuma nije prirodni fenomen nego posljedica sustavnoga planskoga šumskoga gospodarenja, tj. sustavnih prebornih sječa. Preborna je šuma prema tomu posljedica urednoga i dugi niz godina sustavno provedenoga prebornoga gospodarenja. Preborne sastojine nastaju i održavaju se prebornom sječom, čija je karakteristika da se njome istodobno i na istom mjestu obuhvaćaju sve faze šumskouzgojnih aktivnosti, od njege mladoga naraštaja pomlatka i mladika, proreda u koljiku, letviku i pilanskoj oblovinu do iskorištavanja zrelih stabala. Preborna je sječa prema tomu temeljni regulacijski čimbenik preborne strukture.

Svrha je ovoga rada istražiti dinamiku uspostave preborne strukture u bukovo-jelovim sastojinama na Papuku, kojima se u prošlosti uglavnom jednodobno gospodarilo.

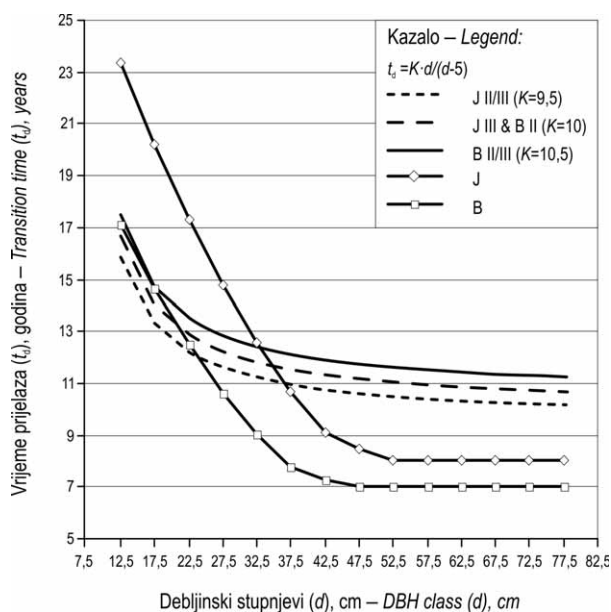
## 2. Materijal i metode – *Material and methods*

### 2.1 Odabir sastojina – *Stand selection*

Istraživanje je provedeno u gospodarskoj jedinici Zapadni Papuk zvečevački, na području Šumarije Kamenska, UŠP Požega. U toj gospodarskoj jedinici sastojine uređajnoga razreda »Sjemenjače obične bukve i obične jele« zauzimaju površinu od 1835,14 ha, odnosno 32,21 % ukupne površine gospodarske jedinice (Osnova gospodarenja iz 2006). Na temelju uvida u osnove gospodarenja (osnove iz 2006, 1996 i 1986) odabrano je 10 sastojina (odsjeci: 1a, 3a, 9a, 21a, 30b, 34b, 41b, 42b, 56a i 58a) za koje je provedeno simuliranje dinamike uspostave preborne strukture. Sastojine su odabrane na temelju njihove dobi (iskazanih u osnovi iz 1986), oblika distribucije, obrasta i omjera smjese. Nakon provedene analize simuliranja za prikaz su odabrani odsjeci 34b, 42b i 56a, čije izvatke iz obrazaca O-3 (Opis staništa i sastojine) prikazujemo u tablici 1.

### 2.2 Konstrukcija normala – *Theoretical model design*

Mješovite normale za jelu i bukvu konstruirane su na temelju optimalne temeljnice, dimenzije zrelosti i koeficijenta geometrijske progresije prema Klepcu (1961) takozvanim BDq pristupom (O'Hara i Gersonde 2004), uz dimenzije sječive zrelosti od 60 cm za obje vrste drveća te omjer smjese drvene zalihe 60 % jela : 40 % bukva (kako je predviđeno osnovom gospodarenja). Normala je načinjena za obje kombinacije boniteta: jela II/III. – bukva II., te jela III. – bukva II/III. (osnova gospodarenja) upotrebom originalnih Klepčevih normala (vidi Božić i Čavlović 2001).



**Slika 1.** Usporedba teoretskih s vremenima prijelaza iz osnove gospodarenja

**Fig. 1** Comparison of theoretical transition time and management plan based tree transition time

Pri određivanju volumena u radu su primijenjene lokalne tarife po vrstama i bonitetima preuzete iz osnove gospodarenja. Pri određivanju stanja prije i poslije preborne sječe postojala je dvojba o upotrebi teoretskih (normalnih) vremena prijelaza (Klepac 1961) ili stvarnih vremena prijelaza iz osnove (slika 1).

Naposljetku su upotrijebljena teoretska jer se smatra da će se pri prelasku na preborno gospodarenje

vremena prijelaza iz osnove postupno približavati teoretskima i zbog činjenice da su vremena prijelaza za pojedinu vrstu drveća u osnovi izračunata za oba boniteta zajedno. U tablicama 2. i 3. prikazane su konstruirane normale.

Normalni omjer smjese po kontrolnim debljinskim razredima (10 – 30, 30 – 50 i  $\geq 50$  cm) za normalu iz tablice 2 iznosi 34 : 56 : 24 %, a za normalu iz tablice 3 – 32 : 48 : 20 %.

### 2.3 Simulacije – Simulations

Simulacije su provedene na temelju datoteka u programu Excel koje su pripremljene za tu svrhu. Ulazni podaci simulacije bili su raspodjela broja stabala po debljinskim stupnjevima (dendrometrijske liste) koji su preuzeti iz osnove gospodarenja, pri čemu su se podaci o broju stabala u pojedinom debljinskom stupnju ostalih crnogoričnih vrsta drveća pridodali jeli, a ostalih bjelogoričnih vrsta bukvi. Broj stabala neposredno prije preborne sječe računat je po formuli:

$$N_1 = N - N_{\text{izlaz}} + N_{\text{ulaz}}$$

gdje je  $N$  – početni broj stabala debljinskoga stupnja, a  $N_{\text{izlaz}}$  i  $N_{\text{ulaz}}$  broj stabala koji ulaze, odnosno koji izlaze iz debljinskoga stupnja. Pri tome se  $N_{\text{izlaz}}$  računat po formuli:

$$N_{\text{izlaz}} = (t / t_d) * N,$$

gdje je  $t$  – vrijeme do preborne sječe, a  $t_d$  – vrijeme prijelaza stabala toga debljinskoga stupnja. Budući da vremena prijelaza nisu manja od 10 godina, broj stabala koji izlazi iz pojedinoga debljinskoga stupnja

**Tablica 2.** Mješovita normala uz dimenzije sječive zrelosti od 60 cm i omjer smjese drvine zalihe jela 60 % : bukva 40 %, za II/III. bonitet jela i II. bonitet bukve ( $N$  – broj stabala između dviju sječa,  $N_1$  – broj stabala prije sječe,  $N_2$  – broj stabala poslije sječe)

**Table 2** Theoretical model related to felling dimension of 60 cm and growing stock ratio 60% : 40% (fir/beech), for II/III fir site class and II beech site class ( $N$  – number of trees between two fellings,  $N_1$  – number of trees before felling,  $N_2$  – number of trees after felling)

d DBH	Jela - Fir			Bukva - Beech			Ukupno - Total		
	N	$N_1$	$N_2$	N	$N_1$	$N_2$	N	$N_1$	$N_2$
12,5	77,1	82,9	71,4	63,2	68,4	58,1	140,4	151,3	129,4
17,5	58,9	64,2	53,7	46,0	50,5	41,5	104,9	114,6	95,2
22,5	45,0	49,4	40,7	33,5	37,0	29,9	78,5	86,4	70,6
27,5	34,4	37,9	30,9	24,3	27,0	21,6	58,8	65,0	52,6
32,5	26,3	29,1	23,6	17,7	19,7	15,7	44,0	48,8	39,2
37,5	20,1	22,3	18,0	12,9	14,4	11,3	33,0	36,7	29,3
42,5	15,4	17,1	13,7	9,4	10,5	8,2	24,7	27,5	21,9
47,5	11,8	13,1	10,4	6,8	7,6	6,0	18,6	20,7	16,4
52,5	9,0	10,0	8,0	5,0	5,6	4,3	13,9	15,6	12,3
57,5	6,9	10,2	3,6	3,6	5,2	2,0	10,5	15,4	5,5

**Tablica 3.** Mješovita normala uz dimenzije sječive zrelosti od 60 cm i omjer smjese drvene zalihe jela 60% : bukva 40%, za III. bonitet jele i II/III. bonitet bukve (N – broj stabala između dviju sječa, N<sub>1</sub> – broj stabala prije sječe, N<sub>2</sub> – broj stabala poslije sječe)

**Table 3** Theoretical model related to felling dimension of 60 cm and growing stock ratio 60% : 40% (fir/beech), for III fir site class and II/III beech site class (N – number of trees between two fellings, N<sub>1</sub> – number of trees before felling, N<sub>2</sub> – number of trees after felling)

d DBH	Jela - Fir			Bukva - Beech			Ukupno - Total		
	N	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>
12,5	80,5	86,6	74,4	65,4	70,9	60,0	145,9	157,5	134,4
17,5	60,1	65,5	54,6	46,5	51,1	41,9	106,5	116,6	96,5
22,5	44,8	49,2	40,4	33,0	36,5	29,5	77,8	85,8	69,8
27,5	33,4	36,9	29,9	23,4	26,1	20,8	56,8	63,0	50,7
32,5	24,9	27,6	22,2	16,6	18,6	14,7	41,6	46,2	36,9
37,5	18,6	20,6	16,5	11,8	13,2	10,4	30,4	33,9	26,9
42,5	13,9	15,4	12,3	8,4	9,4	7,4	22,3	24,8	19,7
47,5	10,3	11,5	9,2	6,0	6,7	5,2	16,3	18,2	14,4
52,5	7,7	8,6	6,8	4,2	4,8	3,7	11,9	13,4	10,5
57,5	5,8	8,4	3,1	3,0	4,3	1,7	8,8	12,7	4,8

ujedno je i broj stabala koji ulazi u sljedeći debljinski stupanj.

S obzirom na to da osnova gospodarenja vrijedi od 2006. godine, vrijeme je do prve sječe za neke od sastojina bilo poznato (sječa je u međuvremenu provedena ili je planirana za 2011. godinu). Za ostale sastojine vrijeme je do prve sječe određeno na temelju odnosa konkretne i normalne drvene zalihe. Vrijeme između ostalih prebornih sječa jednako je dužini ophodnjice i iznosi 10 godina. Broj stabala neposredno prije preborne sječe određuje se zbrajanjem početnoga broja stabala s brojem stabala koji ulaze u taj debljinski stupanj te oduzimanjem broja stabala koji iz njega izlaze. S obzirom na to da broj stabala u debljinskom stupnju 7,5 cm nije utvrđivan, priljev u sastojinu nije moguće izračunati po uobičajenoj formuli:

$$\text{Priljev} = N_{7,5} + N_{12,5} / 2 * t_{7,5},$$

gdje je N<sub>7,5</sub> i N<sub>12,5</sub> – broj stabala u debljinskim stupnjevima 7,5 i 12,5 cm, a t<sub>7,5</sub> vrijeme prijelaza stabala debljinskoga stupnja 7,5 cm. Zbog navedenoga broj stabala prije sječe (N<sub>1</sub>) u debljinskom stupnju 12,5 cm izračunat je kao linearna progresija između broja stabala u istom, u trenutku izrade osnove gospodarenja, i broja stabala po normali uz vrijeme izjednačenja od 70 godina za scenarij 1, odnosno 50 godina za scenarije 2 i 3. Navedeni scenariji definiraju sječivi prihod (etat) kako slijedi:

Scenarij 1: Etat (E U) određuje se na temelju Klepčeve formule:

$$E U = M U * (1 - (1 / 1,0p^1) * f,$$

gdje je M U – ukupna drvena zaliha neposredno prije preborne sječe (produkt broja stabala prije preborne

sječe i tarife), p – postotak prirasta (korišten postotak po normali, koji za normalu iz tablica 2 odnosno 3 iznosi 2,9, odnosno 2,82%), l – duljina ophodnjice i f – odnos između ukupne drvene zalihe prije preborne sječe i normalne ukupne drvene zalihe prije preborne sječe (M U / M U N).

Scenarij 2: Etat se u prve tri sječe određuje na temelju maksimalno dopuštenoga intenziteta sječe od 30% drvene zalihe (Pravilnikom o uređivanju šuma, NN 111/06), a nakon toga kao u scenariju 1.

Scenarij 3: Etat se računa kao razlika između stvarne drvene zalihe prije sječe i normalne drvene zalihe poslije sječe.

Da bi se u dogledno vrijeme postigao i osnovom predviđeni omjer smjese, etat jele (E J) određen je po formuli:

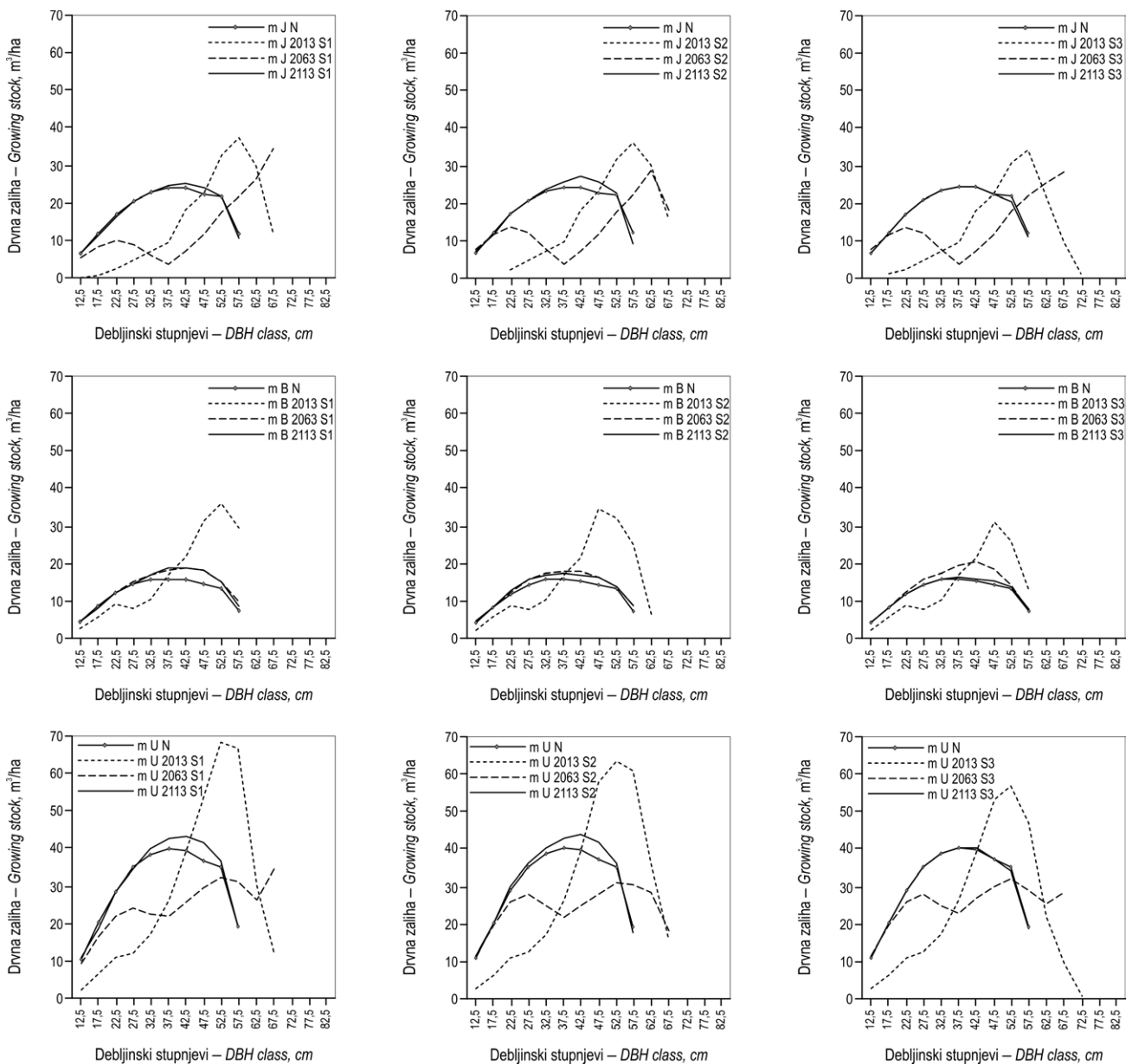
$$E J = E U * J \% * (J \% / J N \%)$$

gdje je E U – ukupno određeni etat, J % – stvarni udio jele prije sječe, J N % – normalni udio jele (60%).

Određeni su etati raspoređivani po debljinskim stupnjevima na temelju grafičkoga prikaza raspodjele stvarnih i normalnih drvnih zaliha prije i poslije preborne sječe. Radi bolje preglednosti grafikona koji prikazuju drvenu zalihu, umjesto broja stabala, kako je to uobičajeno, odabran je prikaz raspodjele drvene zalihe. Simulacije su provođene za interval od 100 godina.

### 3. Rezultati i rasprava – Results and discussion

Na osnovi dobi iskazane u osnovi gospodarenja odsjek 56a pripada kategoriji najstarijih sastojina u



**Slika 2.** Raspodjele drvnih zaliha po debljinskim stupnjevima u odsjeku 56a nakon 1, 6. i 11. sječe (2013, 2063. i 2113. godine; m - drvena zaliha nakon preborne sječe, J - jela, B - bukva, U - ukupno, S 1, 2, 3 - scenarij 1, 2 ili 3) u odnosu na normalnu (m J N, m B N i m U N)

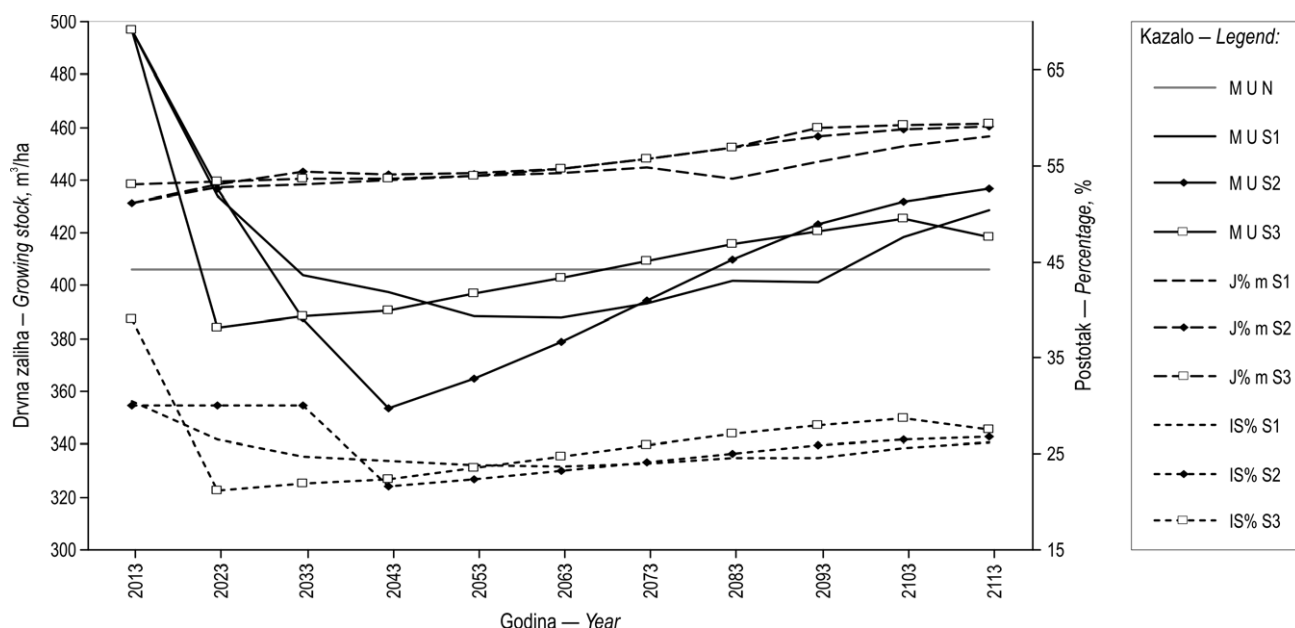
**Fig. 2** Growing stock distribution by diameter classes in subcompartment 56a, after the 1<sup>st</sup>, 6<sup>th</sup>, and 11<sup>th</sup> felling (in 2013, 2063 and 2113; m - growing stock after selection felling, J - fir, B - beech, U - total, S 1, 2, 3 - Scenario 1, 2 or 3), in relation to theoretical model (m J N, m B N i m U N)

gospodarskoj jedinici (1986. – 85 godina). U njima se u međuvremenu prešlo na preborno gospodarenje. Raspodjela broja stabala po debljinskim stupnjevima ima oblik izdužene Gaussove krivulje, a obrast iznosi 1,15. U omjeru smjese udio jele iznosi 48 %, a bukve 52 %. Rezultati simuliranja za ovu sastojinu prikazani su na slikama 2 i 3.

Rezultati prikazani na slici 2 pokazuju dugoročnost uspostave preborne strukture u sastojinama s početnom prevelikom drvnom zalihom i nedostat-

kom tankih stabala. Bukva se u sva tri scenarija brže približava normalnomu stanju, što je posljedica nešto bolje početne strukture prema normali u odnosu na jelu, posebno u debljinskim stupnjevima tankih stabala. Zadani uvjet približavanja omjera smjese normalnomu onemogućavao je brže smanjenje drvene zalihe debelih stabala jele.

Drvena se zaliha prema sva tri scenarija u početku smanjuje ispod normalne (slika 3) te nakon toga počinje rasti. U scenariju 1 to je smanjenje sporije, ali



**Slika 3.** Projekcija ukupne drvene zalihe prije preborne sječe (M U) u odnosu na normalnu (M U N) te udjela jele u ukupnoj drvnoj zalihi (J %) i intenziteta sječe (IS %) u simuliranom razdoblju za sva tri scenarija (S1, S2 i S3) u odsjeku 56a

**Fig. 3** Trend of total growing stock before selective felling (M U) in relation to theoretical model (M U N), and fir rate in total growing stock (J%) with felling intensity (IS%) throughout the simulated period for all three scenarios (S1, S2 and S3) in subcompartment 56a

dugoročnije od ostala dva scenarija, što je posljedica manjih intenziteta sječe u prvih 50 godina. U scenariju 2 najviše se smanjuje zaliha jer se u prve tri ophodnjice posječe ukupno 30 % početne drvene zalihe. Konkretna zaliha neposredno prije četvrtoga sječnoga zahvata iznosi 87 % normalne, a smatramo da se smanjenje zalihe može provoditi tako da se ona ne smanji ispod 70 % normalne. Ekstremni intenzitet sječe prema scenariju 3 u 2013. godini posljedica je prenamomilane drvene zalihe. Omjer se smjese više-manje linearno približava zadanom omjeru prema normalni.

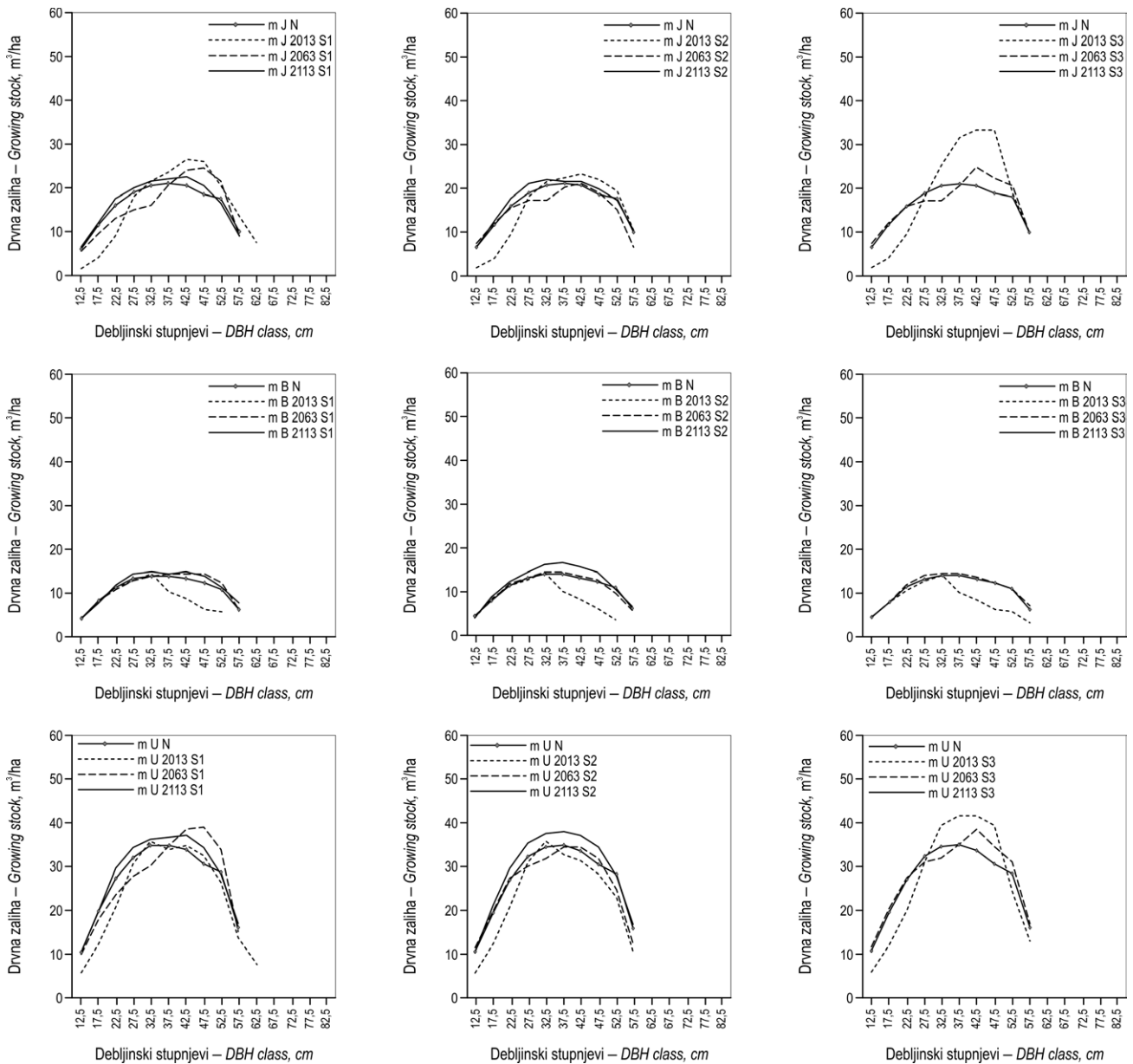
U ovakvim bi sastojina u početku trebalo provesti više intenzivnijih sječnih zahvata kao što je to slučaj u scenariju 2, uz uvjet dugoročnijega intervala približavanja stvarnoga omjera smjese normalnomu. To bi omogućilo intenzivniju sječnu prezrelih jelovih stabala, posebno ako za navedena stabla postoji bojazan od gubitka kakvoće, kao i intenzivniju pojavu mladoga naraštaja. Usporedbom vremena prijelaza iz osnove gospodarenja i teoretskih vremena prijelaza korištenih u ovom radu s vremenima prijelaza za odsjek 56a (Zelić i Puača 2003) primjećuju se mnogo duža vremena prijelaza u nižim debljinskim stupnjevima, izmjerena u konkretnoj, pojedinačnoj sastojini, što je posljedica izrazito veće drvene zalihe u odnosu na prosječnu te je u njoj pritisak konkurencije na tanja stabla izraženiji. Propisani etat prve sječe prema scenariju 1 iznosi 151, scenariju 2 – 149, a

scenariju 3 – 193 m<sup>3</sup>/ha. Za istu sastojinu Zelić (2003) napominje da bi etat mogao iznositi 104, odnosno 107 m<sup>3</sup>/ha. Desetogodišnji prirast iskazan za ovu sastojinu u osnovi gospodarenja iznosi 107 m<sup>3</sup>/ha, a etat samo 73 m<sup>3</sup>/ha (68 % prirasta), odnosno 17 % na temelju zalihe u trenutku izmjere. Tako nizak etat, ako se i ostvari u navedenom iznosu, dodatno će pogoršati strukturu sastojine i usporiti proces njezina prevođenja u preborni oblik.

Odsjek 34b pripada kategoriji starih sastojina (1986. – 60 godina). Raspodjela broja stabala po debljinskim stupnjevima ima oblik sastojina nejednolične (prijelazne) strukture. Obrast iznosi 0,82, a u omjeru smjese udio jele iznosi 75 %, a bukve 25 %. Rezultati simuliranja za tu sastojinu prikazani su na slikama 4 i 5.

Rezultati prikazani na slici 4 pokazuju da se preborna struktura u sastojinama u kojima nema prenamomilane drvene zalihe i u kojim početno postoje stabla i u nižim debljinskim stupnjevima, uspostavlja puno brže nego je to bio slučaj kod prethodne sastojine.

S obzirom na to da je početna drvena zaliha u odsjeku 34b nešto niža od normalne (slika 5), ona se po scenariju 1 i 3 počinje povećavati, uz povećanje intenziteta sječe. Primjenom scenarija 2, kao i kod prethodne sastojine, značajno se smanjuje drvena zaliha u odnosu na normalu. Stoga je i intenzitet sječe pri četvrtom sječnom zahvatu značajno niži.



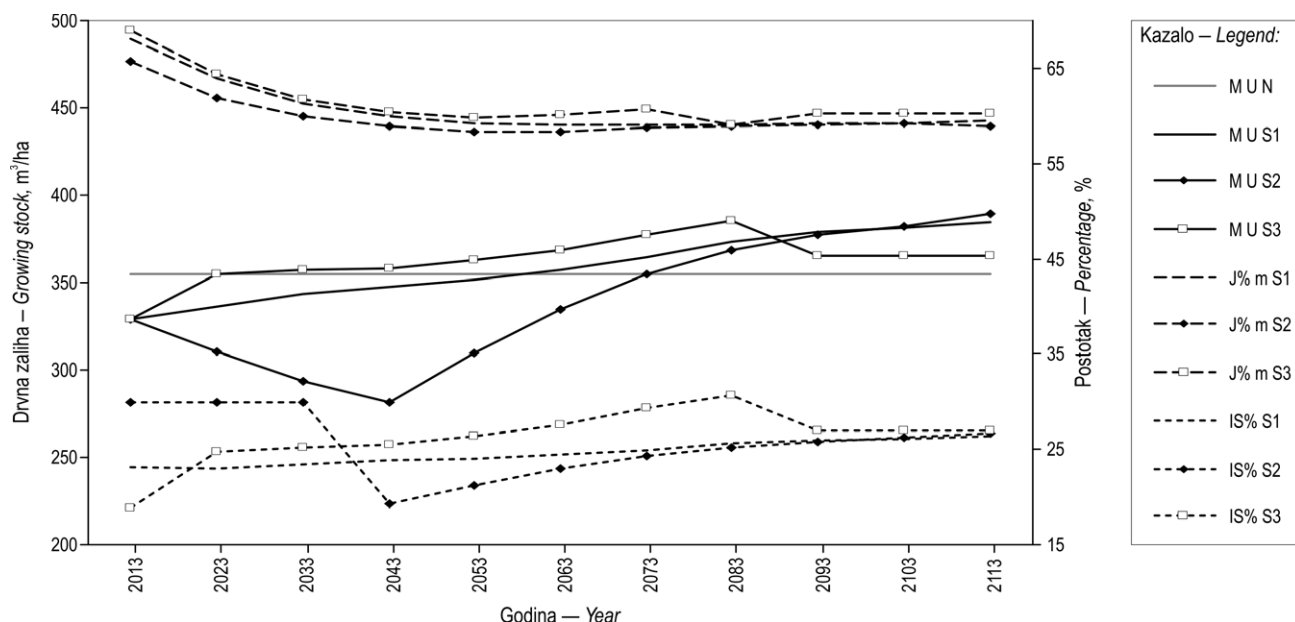
**Slika 4.** Raspodjele drvnih zaliha po debljinskim stupnjevima u odsjeku 34b nakon 1, 6. i 11. sječe (2013, 2063. i 2113. godine; m - drvena zaliha nakon preborne sječe, J - jela, B - bukva, U - ukupno, S 1, 2, 3 - scenarij 1, 2 ili 3) u odnosu na normalnu (m J N, m B N i m U N)

**Fig. 4** Growing stock distribution by diameter classes in subcompartment 34b, after the 1<sup>st</sup>, 6<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> felling (in 2013, 2063 and 2113 year; m - growing stock after selection felling, J - fir, B - beech, U - total, S 1, 2, 3 - Scenario 1, 2 or 3), in relation to theoretical model (m J N, m B N i m U N)

U ovakvim bi sastojinama u početku trebalo provesti 2 – 3 intenzivnija sječna zahvata, kao što je to slučaj u scenariju 2, da bi se omogućilo intenzivnije pomlađivanje i brži prelazak tanjih stabala u više debljinske stupnjeve. Propisani etat prve sječe po scenariju 1 iznosi 76, scenariju 2 – 98, a scenariju 3 – 62 m<sup>3</sup>/ha. Desetogodišnji prirast iskazan za ovu sastojinu u osnovi gospodarenja iznosi 69 m<sup>3</sup>/ha, a etat 49 m<sup>3</sup>/ha (71 % prirasta), odnosno 18 % na temelju drvene zalihe u trenutku izmjere.

U odsjeku je 42b mlada sastojina (1986. godine – 8 godina) koja je vjerojatno obnovljena oplodnom sječom. Raspodjela broja stabala po debljinskim stupnjevima ima oblik Liocourtove krivulje s izrazitim viškom tankih te manjkom debelih stabala u odnosu na normalu. Obrast iznosi 0,43, a u omjeru smjese udio jele iznosi 66 %, a bukve s 34 %. Rezultati simuliranja za tu sastojinu prikazani su na slikama 6 i 7.

Rezultati simuliranja za odsjek 42b (slika 6) pokazuju da postupak prevođenja mladih sastojina u pre-



**Slika 5.** Procjena ukupne drvene zalihe prije preborne sječe (M U) u odnosu na normalnu (M U N) te udjela jele u ukupnoj drvnjoj zalihi (J %) i intenziteta sječe (IS %) u simuliranom razdoblju za sva tri scenarija (S1, S2 i S3) u odsjeku 34b

**Fig. 5** Trend of total growing stock before selective felling (M U) in relation to theoretical model (M U N), and fir rate in total growing stock (J %) with felling intensity (IS %) throughout simulated period for all three scenarios (S1, S2 and S3) in subcompartment 34b

borni oblik ide dosta brzo. Kod takvih je sastojina najveći problem nizak srednji promjer posječenih stabala (oko 20 cm kod jele i 15 cm kod bukve) koji više stvaraju trošak prihod.

S obzirom na malu početnu zalihi ona raste prema sva tri scenarija (slika 7). Najveći je početni porast prema scenariju 3 kao posljedica nepropisivanja sječe u 2015. godini zato što je izračunati etat bio manji od 0. U takvim sastojinama u obzir dolaze sječe prema scenariju 1 i 3. Propisani etat prve sječe prema scenariju 1 iznosi 32, scenariju 2 – 63 m<sup>3</sup>/ha, a scenariju 3, kako je već spomenuto, nije propisan. Desetogodišnji prirast iskazan za ovu sastojinu u osnovi gospodarenja iznosi 49 m<sup>3</sup>/ha, a etat 26 m<sup>3</sup>/ha (53 % prirasta), odnosno 19 % na temelju drvene zalihe u trenutku izmjere. To je i očekivano s obzirom na to da se sječa isključivo odnosi na njegu sastojine uz postupno akumuliranje dijela volumnoga prirasta na drvenu zalihi na panju.

Godišnji postotak prirasta iskazan u osnovi gospodarenja (Osnova gospodarenja iz 2006, str. 139) na razini uređajnoga razreda iznosi 2,76 %, a propisani 10-godišnji etat samo 20,2 %. Tako niski etati usporit će uspostavu preborne strukture.

Kako je vidljivo iz slika 3, 5 i 7, drvena se zaliha nikada u potpunosti ne izjednačuje s normalom. To je posljedica ovih činjenica:

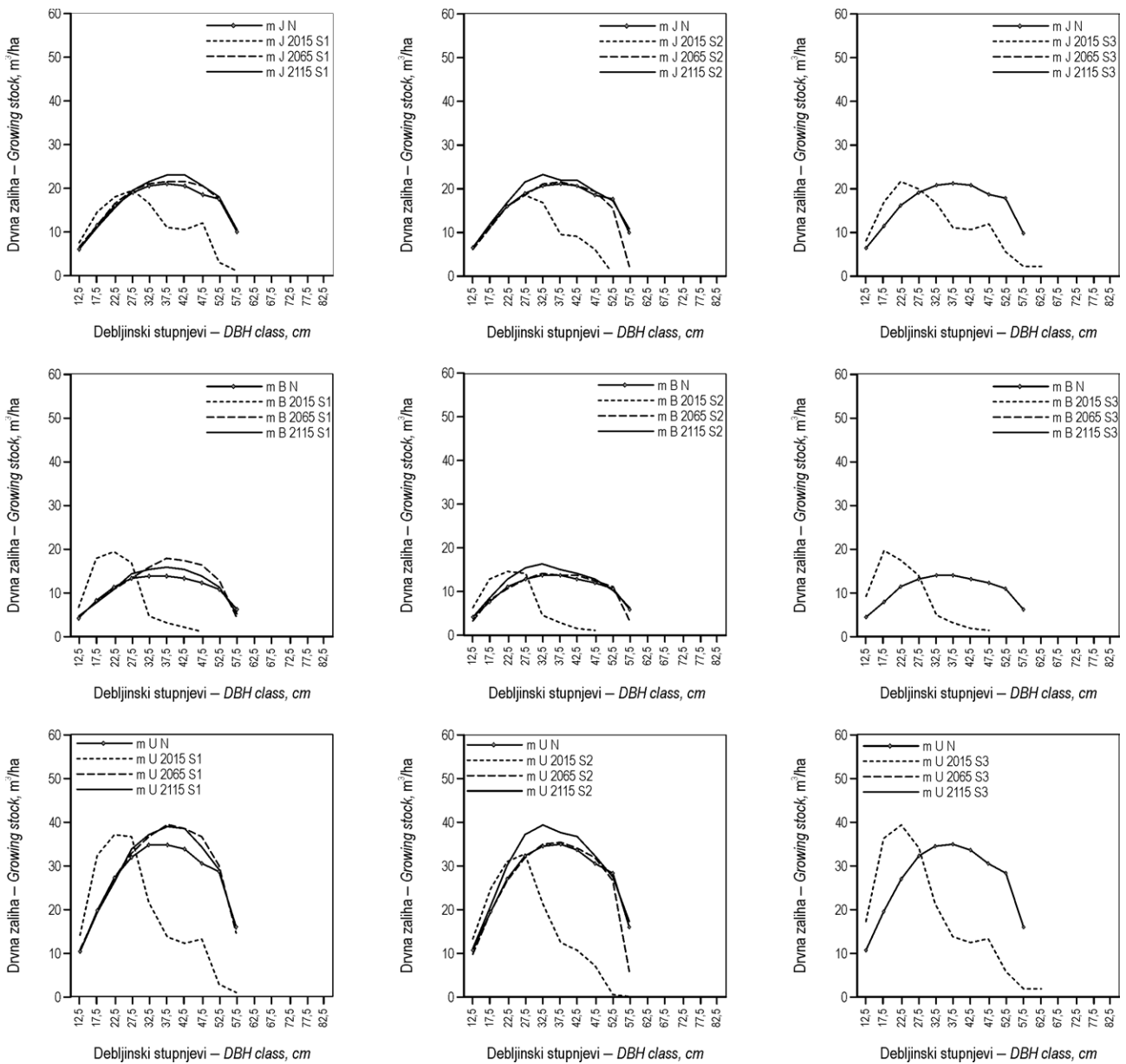
⇒ Razlika između drvnih zaliha prije i poslije preborne sječe po mješovitim Klepčevim normalama

(tablice 2 i 3) iznose za II/III. bonitet jele, odnosno II. bonitet bukve 102,98 m<sup>3</sup>/ha, a za III. bonitet jele, odnosno II/III. bonitet bukve 87,67 m<sup>3</sup>/ha. Etat izračunat na temelju Klepčeve formule u prvom slučaju iznosi 98,6 m<sup>3</sup>/ha ili 4,44 % manje, a u drugom slučaju 86,08 m<sup>3</sup>/ha ili 1,85 % manje.

⇒ Prema normalama dio stabala ostaje u zadnjem debljinskom stupnju (tablica 2 i 3) i nakon provedene preborne sječe. S obzirom na to da vremena prijelaza iznose 10 – 11 godina, veći dio tih stabala prelaze u sljedeći viši debljinski stupanj. Stoga je i nakon što se postigne normalna distribucija, po normali izračunata drvena zaliha prije početka iduće preborne sječe, nužno veća (za zalihi stabala koja su prešla, u ovom slučaju, u debljinski stupanj 62,5 cm).

Rezultati ovih istraživanja pokazuju dugoročnost postizanja preborne strukture u ovisnosti od početnoga stanja. To je u skladu s prijašnjim dobivenim rezultatima simuliranja postizanja preborne strukture u sastojinama gdje je ona narušena (Čavlović i dr. 2006a, Čavlović i dr. 2006b, Čavlović i Božić 2007 – 2008), ili pri prevođenju jednodobne sastojine (smrekove) u raznodobnu (Hanewinkel i Pretzsch 2000). Time se potvrđuje i Fluryev navod da je jedan od najtežih zadataka prebornoga gospodarenja postići i trajno održati tipični preborni karakter (Flury 1933, u: Miletić 1950). Zelić (2003) upravo za sastojine na





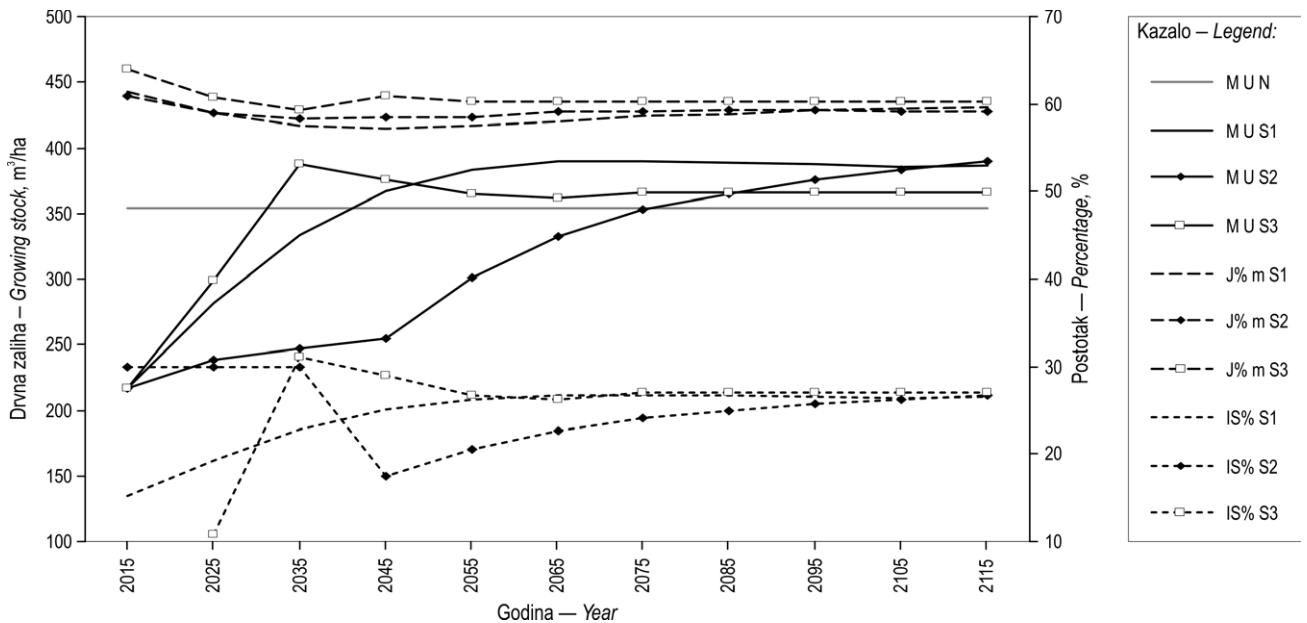
**Slika 6.** Raspodjele drvnih zaliha po debljinskim stupnjevima u odsjeku 42b nakon 1., 6. i 11. sječe (2015, 2065. i 2115. godine; m - drvena zaliha nakon preborne sječe, J - jela, B - bukva, U - ukupno, S 1, 2, 3 - scenarij 1, 2 ili 3) u odnosu na normalnu (m J N, m B N i m U N)

**Fig. 6** Growing stock distribution across diameter classes in subcompartment 42b, after the 1<sup>st</sup>, 6<sup>th</sup>, and 11<sup>th</sup> felling (in 2015, 2065 and 2115; m - growing stock after selection felling, J - fir, B - beech, U - total, S 1, 2, 3, - Scenario 1, 2 or 3), in relation to theoretical model (m J N, m B N i m U N)

Papuku piše: »Dio sastojina predviđenih za preborno gospodarenje bilo je starije od 80 godina te za njih valja propisati postupke gospodarenja kojima će se u kraćem razdoblju (30 – 50 godina) prevesti u prebornu strukturu gospodarenja«. U osnovi gospodarenja stoji da će za postizanje normalnih prebornih distribucija prsnih promjera, zato što su one unimodalne i bimodalne, trebati najmanje 30 godina. Rezultati ovoga istraživanja govore da će taj proces trajati i puno duže te su u skladu sa Šafarovim (1963) mišljenjem:

»Često je potrebno više od pola stoljeća da sastojina dobije određen novi oblik. Svaka prebrza pretvorba jednoga oblika sastojine u drugi štetna je, jer se za volju ubrzanoga stvaranja određenoga oblika žrtvuje i ono drveće koje razvija dobar i velik prirast.«

Kontinuirano prirodno pomlađivanje prvi je i osnovni preduvjet potrajnosti preborne sastojine (Schütz 1989, Matic i Skenderović 1992, Zinng i dr. 1997). Čavlović i dr. (2006b) utvrdili su pozitivan utjecaj sječe jačega intenziteta (24 %) u odnosu na predhod-



**Slika 7.** Procjena ukupne drvene zalihe prije preborne sječe (M U) u odnosu na normalnu (M U N) te udjela jele u ukupnoj drvnjoj zalihi (J %) i intenziteta sječe (IS %) u simuliranom razdoblju za sva tri scenarija (S1, S2 i S3) u odsjeku 42b

**Fig. 7** Trend of total growing stock before selective felling (M U) in relation to theoretical model (M U N), and fir rate in total growing stock (J%) with felling intensity (IS%) throughout the simulated period for all three scenarios (S1, S2 and S3) in subcompartment 42b

ne (oko 17 %) na strukturu obnove sastojine. Najveći problem pri postizanju preborne strukture, u sastojinama gdje nedostaje tankih stabala, upravo je činjenica da treba proteći i više od 40 godina da se pomladak pojavi i da naraste do dimenzija taksacijske granice od 10 cm (vidi vremena prijelaza na slici 1). Promatrajući samo dio sastojine iznad taksacijske granice i uspoređujući ga s normalnim stanjem, stječe se dojam da se struktura dodatno pogoršava. Budući da se pomladak ne inicira na cijeloj površini odjednom, vrijeme postizanja normalnoga broja stabala koja ulaze u mjerljivi dio sastojine još je duže. Da bi se ubrzao proces prirodnoga pomlađivanja, predlaže se grupimični raspored stabala gdje je god on zbog konfiguracije terena moguć (blaži tereni). Na taj će način stabla koja se pojave u pomlatku brže (uz uvjet intenzivnih i pravodobno provedene njege u grupama ispod taksacijske granice) ući u mjerljivi dio sastojine (Cestar 1960, Špalj 1962). Veličina grupe ovisi o obilježjima staništa te o ekološkim zahtjevima pojedinih vrsta drveća, osobito s obzirom na njihovu tolerantnost prema sjeni (Šafar 1963, Nyland 1998).

Iako je postizanje uravnotežene preborne strukture krajnji cilj prebornoga gospodarenja, treba imati na umu činjenicu da ono ne smije biti previše opterećeno prebornom strukturom (Bončina 1994). Činjenica je da će stvarno stanje u sastojini s vremenom manje ili više odstupati od simuliranoga i od norma-

le, među ostalim, i stoga što sječa nije predviđena u debljinskim stupnjevima koji su bili deficitarni brojem stabala, kao i nesigurnosti dugoročne projekcije priljeva (obnove sastojina) posebno jele, ako se ostvare predviđanja o sužavanju opsega ekološke niše ili stanišnih prilika za njeno optimalno uspijevanje (Anić i dr. 2009). Postizanje idealne preborne strukture po debljinskim stupnjevima teoretski je teško ostvariv model, međutim treba težiti uspostavi normalnoga omjera smjese po kontrolnim debljinskim razredima (10 – 30, 30 – 50 i  $\geq 50$  cm) radi osiguranja stalnosti pomlađivanja, odnosno priljeva stabala u mjerljivi dio sastojine (tablice 2 i 3).

#### 4. Zaključci – Conclusions

Uspostava preborne strukture u bukovo-jelovim sastojinama kojima se u prošlosti jednodobno gospodarilo dugotrajan je proces koji ovisi ponajprije o zatečenom stanju sastojine u trenutku početka njezina prevođenja u preborni oblik. Početno stanje sastojine definira intenzitete sječe (scenarij) te brzinu postizanja preborne strukture. Najviše vremena za postizanje preborne strukture trebaju sastojine s prevelikom početnom drvnom zalihom. U takvim je sastojinama potrebno provesti preborne sječe većih (najviše dopuštenih) intenziteta u nekoliko idućih ophodnjica radi poticanja pojave pomlatka i njegova što bržega prelaska taksacijske granice. U sastojini-

nama u kojima nema prenamomilane drvene zalihe i u kojima početno postoje stabla i u nižim debljinskim stupnjevima, preborna se struktura uspostavlja puno brže nego u sastojinama s prenamomilanom drvnom zalihom, dok se postizanje preborne strukture u mladim sastojinama može očekivati vrlo brzo.

Usporedbom strukture sastojina budućih izmjera (uključujući i pojavu mladoga naraštaja) s dobivenim rezultatima simuliranja mogle bi se vrednovati provedene simulacije te po potrebi obaviti njihova korekcija odnosno provesti novo simuliranje.

## 5. Literatura – References

- Anić, I., J. Vukelić, S. Mikac, D. Bakšić, D. Ugarković, 2009: Utjecaj globalnih klimatskih promjena na ekološku nišu obične jele (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj. *Šumarski list*, 133 (3–4), 135–144.
- Bončina, A., 1994: Prebiralni dinarski gozd jelke in bukve (*Dinaric fir and beech selection forest*). *Strokovna in znanstvena dela*, 115, Ljubljana, Slovenija, 95 str.
- Bončina, A., 2000: Načrtovanje v prebiralnih gozdovih – nekatere značilnosti, dileme in predlogi (*Planning in Selection Forests – Some Characteristics, Dilemmas, and Suggestions*). *Gozdarski vestnik*, 58 (2): 59–74.
- Božić, M., 2001: Management models applied to fir forests in Gorski Kotar. *Glasnik za šumske pokuse*, 38: 89–135.
- Božić, M., J. Čavlović, 2001: Odnos dominantne visine, dimenzije sječive zrelosti inormalne drvene zalihe u prebornim sastojinama (*The relationship between dominant height, dimension of crop maturity and normal growing stock in selection stands*). *Šumarski list*, 125 (1–2): 9–18.
- Cestar, D., 1960: Prirast i vrijeme prelaza s obzirom na način gospodarenja (*Increment and transition time in relation to forest management*). *Šumarski list*, 84 (5–6): 173–177.
- Čavlović, J., 1996: Simulacijski model dinamičkog sustava preborne sastojine (*A simulation model of a selection forest stand dynamic system*). U: B. Mayer (ur.), Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava, knjiga I, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Šumarski institut Jastrebarsko, Zagreb, str. 147–156.
- Čavlović, J., M. Božić, A. Bončina, 2006a: Stand structure of an uneven-aged fir-beech forest with an irregular diameter structure: modeling the development of the Belevine forest, Croatia. *European Journal of Forest Research*, 125 (4): 325–333.
- Čavlović, J., M. Božić, K. Teslak, M. Vedriš, 2006b: Struktura prirodne obnove preborne sastojine u uvjetima povećanja intenziteta preborne sječe (*Natural regeneration structure of a selection stand under conditions of increased intensity of selection cut*). *Glas. šum. pokuse*, pos. izd., 5: 433–442.
- Čavlović, J., M. Božić, 2007–2008: The establishment and preservation of a balanced structure of beech-fir stands. *Glas. šum. pokuse*, 42: 75–86.
- Dobrić, Lj., 2006: Strukturna i gospodarska obilježja prebornih sastojina bukve i jele na Papuku (*Structural and commercial features of selection beech-fir forest stands on Mount Papuk*). Magistarski rad, Zagreb, 69 str.
- Hanewinkel, M., 1996: Überführung von Fichtenreinbeständen in Bestände mit Dauerwaldstruktur (*Transition of even-age into selection spruce stands*). *Allgemeine Forstzeitschrift*, 51: 1440–1446.
- Hanewinkel, M., H. Pretzsch, 2000: Modelling the conversion from even-aged to uneven-aged stands of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) with a distance-dependent growth simulator. *Forest Ecology and Management*, 134: 55–70.
- Hanzl, D., 1958: Proširenje jele na Papuku (*Fir expansion on Papuk*). *Šumarski list*, 82 (7–9): 282–290.
- Klepac, D., 1961: Novi sistem uređivanja prebornih šuma (*New system of selection forest management*). Poljoprivredno-šumarska komora SR Hrvatske, Zagreb, 46 str.
- Korpeš, Š., 1996: Razvoj i struktura bukovo-jelovih prašuma i njihova primjena kod gospodarenja prebornom šumom (*Structure and development of ancient beech-fir forests and their implementation in selection forest management*). *Šumarski list*, 120 (3–4): 203–208.
- Kružić, T., 1991: Simuliranje sadašnje i buduće distribucije prsnih promjera (*Simulation of Present and Future Distribution of Chest-Level Diameters*). *Šumarski list*, 65 (1–2): 55–62.
- Matić, S., J. Skenderović, 1992: Uzgajanje šuma (*Forest management*). U: Đ. Rauš (ur.), Šume u Hrvatskoj, Šumarski fakultet i »Hrvatske šume« p.o., Zagreb, str. 81–96.
- Matić, S., M. Oršanić, I. Anić, 1996: Neke karakteristike i problemi prebornih šuma obične jele (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj (*Some features and problems concerning silver fir / Abies alba Mill. / selection forests in Croatia*). *Šumarski list*, 120 (3–4): 91–99.
- Meštrović, Š., 2001: Uređivanje šuma obične jele (*Managing forests of silver fir*). U: B. Prpić (ur.), Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj. Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 529–560.
- Miletić, Ž., 1950: Osnovi uređivanja prebirne šume (*Basics of selection forest management*). Knjiga I, Beograd, 357 str.
- Nyland, R. D., 1998: Regeneration under selection system. U: W. H. Emmingham (ur.), Proceedings of the Interdisciplinary Uneven-aged Management Symposium, Corvallis, OR, September 15–19, 1997, Oregon State University, Corvallis, str. 325–337.
- O'Hara, K. L., R. F. Gersonde, 2004: Stocking control concepts in uneven-aged silviculture. *Forestry*, 77 (2): 131–143.
- Pranjić, A., 1985: Hipotetski razvoj sastojina hrasta lužnjaka (*Hypothetical development of penduculate oak stands*). *Glas. šum. pokuse*, 23: 1–23.
- Pranjić, A., V. Hitrec, N. Lukić, 1988: Praćenje razvoja sastojina hrasta lužnjaka tehnikom simuliranja (*Development tracking of penduculate oak stands with technique of simulation*). *Glas. šum. pokuse*, 24: 133–149.

- Pukkala, T., T. Kolström, 1988: Simulation of the development of Norway spruce stands using a transition matrix. *Forest Ecology and Management*, 25: 255–267.
- Pukkala, T., J. Miina, 1997: A method for stochastic multi-objective optimisation of stand management, *Forest Ecology and Management*, 98: 189–203.
- Schütz, J. P., 1989: *Der Plenterbetrieb (Selection forest management)*. Fachbereich Waldbau, ETH, Zürich, 54 str.
- Smilaj, I., 1957: Prostorno uređenje šuma NR Hrvatske (*Spatial forest management in Croatia*). *Šumarski list*, 81 (7–8): 246–274.
- Šafar, J., Ž. Hajdin, 1954: Problem proširivanja areala jele na brdskom području između Save i Drave u NRH (*Problem of fir distribution expansion in mountain area between Sava and Drava in Croatia*). *Šumarski list*, 78 (9–10): 486–495.
- Šafar, J., 1963: *Uzgojanje šuma (Forest management)*. Savez šumarskih društava Hrvatske, Zagreb, 598 str.
- Špalj, T., 1962: Problemi njege prebornih šuma (*Problems of selection forest tending*). *Šumarski list*, 86 (11–12): 391–393.
- Zelić, J., 2003: Problematika gospodarenja prebornim sastojinama bukve i jele (*Abieti-Fagetum pannonicum Raus 1969*) na Papuku (*The problems of management with selection forest of beech and silver fir / Abieti- Fagetum pannonicum Raus 1969/ on Papuk mountain*). *Šumarski list*, 127 (1–2): 11–26.
- Zelić, J., B. Puača, 2003: Prilog određivanju normala za mješovite preborne sastojine u panonskim šumama bukve i jele (*The contribution to determining basic normals for mixed selection forest of beech and silver fir in pannonian mountains*). *Šumarski list*, 127 (7–8): 389–402.
- Zingg, A., V. Erni, C. Mohr, 1997: Selection forests-a concept for sustainable use: 90 years of experience of growth and yield research selection forestry in Switzerland. U: W. H. Emmingham (ur.), *Proceedings of the IUFRO interdisciplinary uneven-aged management symposium*, Oregon State University, Corvallis, str. 415–443.
- Pravilnik o uređivanju šuma, Narodne novine, 52/1994.
- Pravilnik o uređivanju šuma, Narodne novine, 111/2006.
- Osnove gospodarenja za g.j. Zapadni Papuk zvečevački (*Forest management plan for management unit Zapadni Papuk Zvečevački*) iz 1986, 1996, 2006. godine.

---

## Abstract

---

### Dynamics of Establishing the Selection Structure in Beech-Fir Stands on Papuk

*Diameter class distribution data, as well as diameter increment and increased number of trees, provide a basis for the simulation of stand development. With advances in computer technology, modelling and stand development research has shown increasing importance.*

*The objective of this paper is to explore the establishment dynamics of a selection stand structure in mixed beech-fir forest on Papuk. In the past, these forests were managed as even-aged forests.*

*The research was carried out in the Management Unit »Zapadni Papuk Zvečevački«, Kamenska Forest Office. Using the data from forest management plans (plans of 2006, 1996 and 1986), ten stands were selected for which dynamics simulation of conversion into uneven-age stands was performed. The stands were selected on the basis of age, tree diameter distribution, density and mixture. After simulation, sub-compartments 34b, 42b and 56a were selected for display. The data for these stands are shown in Table 1.*

*Theoretical growing stock models for mixed fir and beech stands were designed according to Klepac (1961). Felling dimensions for both species were 60 cm, while the growing stock mixture consisted of 60% fir and 40% beech (as set down in the management plan). The theoretical model was designed for both site class combinations: fir II/III – beech II, and fir III – beech II/III, using the original theoretical models by Klepac. To calculate the growing stock, we used local one-entry volume tables by species and site classes from the management plan. Table 2 and 3 show the designed theoretical models.*

*Simulations were carried out with Excel files generated for this purpose. Input data for the simulation consisted of diameter distribution of trees taken from the management plan. Consequently, diameter distribution of trees for all coniferous was displayed as fir and all deciduous trees as beech. Simulation was carried out according to three scenarios, which define the felling volume as follows:*

*Scenario 1: Felling volume is calculated according to Klepac's formula.*

*Scenario 2: Volume of the first three felling is calculated on the basis of maximally allowed felling intensity of 30% of the growing stock. After this, Scenario 1 is applied.*

*Scenario 3: Felling volume is calculated as the difference between the actual growing stock before felling and the theoretical growing stock after felling.*

*The simulations were carried out for the time interval of 100 years.*

*The results presented in Fig. 2 show long-lasting establishment of an uneven stand structure in the stands with initially too large growing stock and lack of small diameter trees. In all the three scenarios, the beech approaches the theoretical model more rapidly than the fir, particularly in smaller tree diameter classes. Assumed achievement of mixture ratio to the theoretical one led to the faster decrease of the large firs.*

*According to all the tree scenarios, the growing stock is reduced below the theoretical one (Fig. 3), but after this it begins to increase. In Scenario 1, this decrease is smaller, but longer-lasting than in the other two scenarios, which is the consequence of lower felling intensities in the first 50 years. Scenario 2 assumes the largest reduction in the growing stock, when a total of 30% of initial growing stock is felled in the first three selection felling cycles. The actual growing stock just before the fourth felling amounts to 87% of the theoretical one. In our opinion, the growing stock can be reduced so as not to fall below 70% of the theoretical growing stock. According to Scenario 3, extreme felling intensity in the year 2013 is the consequence of too large growing stock. The mixture ratio approaches more or less linearly the theoretical one.*

*In such stands there should be several intensive fellings, as is the case in Scenario 2, provided that the interval of the actual mixture ratio approaching the theoretical one is longer. This would allow for earlier felling of mature fir trees, especially if the loss of their quality is a matter of concern. This would also intensify the appearance of young trees. According to Scenario 1, a specified volume of the first felling is 151 m<sup>3</sup>/ha, according to Scenario 2 it is 149 m<sup>3</sup>/ha and according to Scenario 3 it amounts to 193 m<sup>3</sup>/ha. For the same stand, Zelić (2003) points out that the felling volume could be 104 m<sup>3</sup>/ha and 107 m<sup>3</sup>/ha, respectively. The ten-year volume increment based on the management plan for this stand is 107 m<sup>3</sup>/ha and the felling quantity is only 73 m<sup>3</sup>/ha (68% increment), which is 17% based on the actual growing stock at the moment of measurement. Such low felling volume, if achieved, will cause further decline of the stand structure and slow down the process of its conversion into the selection stand structure.*

*According to the results shown in Fig. 4, the selection stand structure is established much earlier in stands that do not contain too large growing stock and that initially have trees in smaller diameter classes.*

*Considering that the initial growing stock is slightly lower than the theoretical one (Fig. 5), according to Scenario 1 and 3 it begins to rise in proportion with increased felling intensity. Similarly to the stand mentioned above, Scenario 2 leads to a significant reduction in the growing stock in comparison to the theoretical one. For this reason, felling intensity in the fourth felling treatment is significantly lower.*

*Such stands require 2–3 more intensive felling treatments in the beginning, as is the case with Scenario 2. This would intensify regeneration and transition of young trees into higher diameter classes.*

*According to the simulation results for sub-compartment 42b (Fig. 6), the procedure of converting young stands into the selection stand structure is relatively fast. The biggest problem with these stands relates to the low mean diameter of felled trees (about 20 cm for fir and 15 cm for beech).*

*As for the low initial growing stock, it rises in all the three scenarios (Fig. 7). The biggest initial growth is related to Scenario 3 as the consequence of the absence of felling in the year 2015, because the simulated felling volume was less than 0. Scenarios 1 and 3 are appropriate for such stands.*

*The percentage of annual volume increment given in the management plan based on management classes is 2.76%, whereas the prescribed ten year felling volume is 20.2%. Such low felling volumes will slow down the establishment of the selection stand structure.*

*The results of this research show that the establishment of the selection stand structure is a long process that depends on its initial stage. This is in accordance with earlier results of selection stand simulation in stands with disturbed structure (Čavlović et al. 2006a, Čavlović et al. 2006b, Čavlović and Božić 2007–08), or in stands which were converted from even-aged (spruce) into uneven-aged stands (Hanewinkel and Pretsch 2000). Relative to the stands on Papuk, Zelić (2003) writes: »a part of the stands intended for selective stand management are over 80 years old; consequently, management of these stands should aim at converting them into selection stand management in short time (30–50 years)«. The management plan states that it will take at least 30 years to establish theoretical selection stand structure. The results of this research show that the process will take even longer, which coincides with Šafar's (1963) writing: »Often it takes more than half a century for a stand to form a new structure. Every conversion from one form into another that occurs too fast is harmful because attempts to rapidly create different structures are detrimental to those trees which provide good increment«.*

*The biggest problem of establishing the selection stand structure in stands that lack small diameter trees is the fact that it takes sometimes more than 40 years for the seedlings to emerge and reach the diameter of 10 cm (see the*

transition times in Fig. 1). Observing just the part of the stand above 10 cm in diameter with the theoretical model reveals additional degradation of the structure. Considering that the young growth does not occur over the whole area simultaneously, the time needed to achieve the theoretical recruitment is even longer. In order to accelerate the process of natural regeneration, group selection system is recommended wherever possible. Provided that intensive and timely tending treatments are applied in groups of trees below 10 cm diameter, the recruitment will be more intensive (Cestar 1960, Špalj 1962). The size of the tree group depends on site conditions and ecological requirements of particular tree species, especially in terms of their shade tolerance (Šafar 1963, Nyland 1998).

We are aware of the fact that, with the passing of time, the actual stand structure in the field will more or less diverge from the simulated and theoretical model, among other things because felling is not predicted for diameter classes with insufficient number of trees. In addition, the prediction of recruitment, particularly for longer periods, is never accurate.

*Keywords:* Even-aged stand, simulation, felling intensity, stand structure development, theoretical selection stand structure

---

**Adresa autorâ – Authors' address:**

Izv. prof. dr. sc. Mario Božić  
e-pošta: bozic@sumfak.hr  
Prof. dr. sc. Juro Čavlović  
e-pošta: cavlovic@sumfak.hr  
Ernest Goršić, dipl. inž. šum.  
e-pošta: egorsic@sumfak.hr  
Krunoslav Teslak, dipl. inž. šum.  
e-pošta: kteslak@sumfak.hr  
Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet  
Zavod za izmjeru i uređivanje šuma  
Svetošimunska 25  
HR–10 000 Zagreb  
Hrvatska