

## UČINCI PRORJEDE U NASADU TOPOLE KLONA I-214 RIJETKE SADNJE

### EFFECTS OF THINNING IN A PLANTATION OF POPLAR CLONE I-214 WITH WIDE SPACING

Siniša ANDRAŠEV<sup>1</sup>, Martin BOBINAC<sup>2</sup>, Savo RONČEVIĆ<sup>3</sup>, Milivoj VUČKOVIĆ<sup>4</sup>,  
Branko STAJIĆ<sup>5</sup>, Gojko JANJATOVIĆ<sup>6</sup>, Zoran OBUĆINA<sup>7</sup>

**SAŽETAK:** U nasadu topole klona I-214, osnovanom pri razmaku sadnje  $6 \times 6$  m u sistemu kvadratne veze na zemljištu srednje povoljnom za uzgoj topola, analizirani su učinci prorjeda koja je izvedena 11 godina nakon osnivanja nasada. Prorjeda je imala selektivan karakter, odnosno izdvojena je grupa tzv. perspektivnih stabala u broju koji odgovara prosječnom razmaku od  $8,5 \times 8,5$  m i uklonjeni su njihovi izraziti konkurenti. Uzgojno neperspektivna stabla i stabla zaostala u rastu, što je uglavnom posljedica naknadnih popunjavanja, također su uklonjena.

Prorjedom su uklonjena 122 stabla po hektaru (46 %),  $6,45 \text{ m}^2/\text{ha}$  (43 %),  $66,08 \text{ m}^3/\text{ha}$  (42 %) i  $2645 \text{ m}^2/\text{ha}$  (40 %) površine projekcije krošnje, što je jačina zahvata iznad tzv. kritične temeljnice. Sortimentna struktura prorjednog etata pri selektivnoj prorjedi povoljnija je od shematskih prorjeda u mlađim nasadima na povoljnijim staništima i daje 50 % tehničkog drva, 30 % celuloznog drva i 20 % otpatka.

Nakon 5 godina na prorijeđenoj je površini srednji promjer po temeljnici veći za 10,6 %, volumen srednjeg stabla veći je za 21,9 %, a površina projekcije krošnje srednjeg stabla veća je za 59,0 % u odnosu na neprorijeđenu površinu. Nasuprot tomu, srednja visina po Loraju na prorijeđenoj je površini za 4,2 % manja u odnosu na neprorijeđenu površinu. Veći tečajni prirast promjera, volumena i površine projekcije krošnje stabala na prorijeđenoj površini ukazuje na mogućnost produžetka ophodnje i povoljniju sortimentnu strukturu u odnosu na kontrolnu površinu.

**Ključne riječi:** klon topole I-214, rijetka sadnja, selektivna prorjeda, učinci prorjeda, rast

<sup>1</sup> Dr. Siniša Andrašev, znanstveni suradnik, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13d, 21 000 Novi Sad, Srbija;  
E-mail: andrasev@uns.ac.rs

<sup>2</sup> Dr. Martin Bobinac, izvanredni prof., Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakultet, Kneza Višeslava 1, 11 030 Beograd, Srbija; E-mail: martin.bobinac@sfb.rs

<sup>3</sup> Dr. Savo Rončević, viši znanstveni suradnik, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13d, 21 000 Novi Sad, Srbija;  
E-mail: roncevics@uns.ac.rs

<sup>4</sup> Dr. Milivoj Vučković, redoviti profesor, Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakultet, Kneza Višeslava 1, 11 030 Beograd, Srbija;  
E-mail: milivoj.vuckovic@sfb.rs

<sup>5</sup> Dr. Branko Stajić, docent, Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakultet, Kneza Višeslava 1, 11 030 Beograd, Srbija; E-mail: branko.stajic@sfb.rs

<sup>6</sup> Gojko Janjatić, dipl. ing. šum., JP “Vojvodinašume”, ŠG Sremska Mitrovica

<sup>7</sup> Zoran Obućina, dipl. ing. šum., JP “Vojvodinašume”, ŠG Sremska Mitrovica

## 1. UVOD – Introduction

Nasade, odnosno plantaže topola, najintenzivniji su oblik gospodarenja šumama na našim prostorima. Omogućuju širok proizvodni program, od sitnog drva za biomasu i energiju, zadovoljavaju potrebe proizvodnje celuloze i papira, sve do najvrijednijih sortimenata za pilansku industriju. Gustoća sadnje ključni je čimbenik koji određuje namjenu nasada, količinu i strukturu sortimenata te dužinu same ophodnje.

Zbog sve veće potražnje za drvom topole na tržištu došlo je do razvoja topolarske proizvodnje. Radi postizanja maksimalnih proizvodnih učinaka uvedeni su novi kultivari i klonovi topola većih proizvodnih potencijala, što zahtijeva proučavanje njihova odnosa s uvjetima staništa i definiranje tehnologije osnivanja i njege nasada.

U godinama “zamaha” topolarske proizvodnje, kada su se intenzivno krčile prirodne šume topola i vrba, nasadi tzv. kanadskih topola osnivali su se s većim brojem biljaka po hektaru, s više od 5000, dok je planirana ophodnja bila 30 godina. U takvim su se uvjetima, radi dobivanja tehničkog drva, prorjede provodile i dva puta tijekom ophodnje. Prorjedni etat predstavljao je celulozno i ogrjevno drvo za podmirenje rastućih potreba kemijske industrije, kao i potreba lokalnog stanovništva za ogrjevnim drvom (Vasilović, 1963; Šimunović, 1971).

Kada su početkom 60-ih godina prošloga stoljeća uvedeni novi talijanski klonovi topola, uvedeni su i veći razmaci sadnje ( $5 \times 5$  m,  $5,63 \times 6,5$  m,  $6 \times 6$  m i  $7 \times 7$  m) s ciljem proizvodnje tehničkog drva, što je isključivalo prorjedu u takvim nasadima. Potrebe industrije celuloze i papira dijelom su podmirivane iz takvih nasada, a dijelom iz tzv. namjenskih nasada za proizvodnju celuloznog drva. Sve veća potreba za celuloznim drvom nije se mogla zadovoljiti samo iz dijela nasada za proizvodnju tehničkog drva, gdje je celulozno drvo obujmom manji dio proizvodnje koji proistječe iz dijela ovrška stabla i iz granjevine. Isto tako, podizanje “namjenskih” nasada za proizvodnju celuloznog drva, kao poseban oblik proizvodnje koji u prvim godinama nakon osnivanja nasada zahtijeva dodatna ulaganja u odnosu na nasade za proizvodnju tehničkog drva, nije pratila odgovarajuća podr-

ška i stimulacija od strane industrije celuloze i papira te države, zbog čega se odustalo od masovnijeg podizanja namjenskih nasada topola.

Povećana potražnja za drvom topole malih dimenzija 80-ih godina prošloga stoljeća dovela je do primjene tzv. kombiniranih nasada sa srednjom gustoćom sadnje. To su nasadi s 500–600 stabala po hektaru, osnovani s razmakom sadnje  $4,25 \times 4,25$  m,  $6 \times 3$  m,  $4 \times 4$  m,  $4,5 \times 4,5$  m, u kojima se planira jedna shematska prorjeda od 7. do 10. godine, ovisno o staništu. Prorjedom 50 % stabala promjera do 20 cm mogao se realizirati drveni volumen od 70 do 100 m<sup>3</sup>/ha (Marković, 1986).

U nasadima s 400 i manje stabala po hektaru, osnovanim s razmacima sadnje  $5 \times 5$  m,  $6 \times 6$  m i  $7 \times 7$  m, nisu bile predviđene prorjede, a tijekom ophodnje od 23 do 30 godina proizvodili su se pretežno sortimenti iz kategorije tehničkog drva (Marković i sur., 1997.b).

Aktualna zbivanja vezana uz tranziciju zemalja bivše Jugoslavije dovela su 90-ih godina prošloga stoljeća do određenih poremećaja u topolarskoj proizvodnji i do smanjenja potražnje za celuloznim drvom topole. Stoga je bila nužna promjena strategije pri osnivanju nasada topola, odnosno prešlo se na tzv. rijetke razmake sadnje, s najčešćom gustoćom od 278 stabala po hektaru (razmak sadnje  $6 \times 6$  m).

Imajući na umu činjenicu da je potražnja za određenim sortimentima topola, posebice za sortimentima industrije celuloze i papira, promjenjiva kategorija u kraćem razdoblju nego što je dužina ophodnje, nameće se potreba za prilagođavanjem takvim okolnostima. Jedno je od mogućih rješenja prorjeda u nasadima rijetke sadnje radi dobivanja tanjih sortimenata, uz istovremeno stimuliranje debljinskog prirasta preostalih stabala i postizanje vrijednijih sortimenata na kraju planirane ophodnje, ili postizanje ciljnog promjera uz kraću ophodnju.

U radu se na osnovi elemenata razvoja stabala i nasada klona I-214, s razmakom sadnje  $6 \times 6$  m, u 11. i 16. godini od osnivanja nasada, analiziraju učinci prorjede primijenjene u 11. godini od osnivanja nasada, pri kojoj je razmak sadnje povećan na prosječno  $8,5 \times 8,5$  m.

## 2. PREDMET ISTRAŽIVANJA I METODA RADA – Object of research and work method

Istraživanja su obavljena u pokusnom nasadu klona I-214 koji je osnovan s jednogodišnjim sadnicama tipa 1/1 i razmakom sadnje  $6 \times 6$  m u sistemu kvadratne veze. Nasad je osnovan na aluvijalnom zemljištu rijeke Save, na kojemu su izraženi procesi posmeđivanja (Jović i sur. 1994). Nalazi se na području ŠG “Sremska Mitrovica” u GJ “Neprečava-Varoš-Lazarica”, u odjeljenju 58 b ( $\varphi_n = 45^{\circ}01'22''$ ,  $\lambda_e = 19^{\circ}11'04''$ ). Do izdvajanja pokusnih ploha 11 godina nakon osnivanja u

nasadu su provedene uobičajene mjere njege: dvije godine nakon sadnje izvršeno je popunjavanje i okopavanje zone oko sadnica širine 1 m, a međuredno tanjuranje obavljalo se svake godine. Izvršeno je i rezivanje donjih grana do visine od 6 m radi dobivanja najkvalitetnijih sortimenata na kraju ophodnje.

Jedanaest godina nakon osnivanja nasada izdvojena su tri bloka s po dvije pokusne plohe veličine 0,2016 ha koje su međusobno odvojene jednim tzv. zaštitnim re-

dom. Na pokusnim su ploham a sva stabla obrojčana te su im izmjerena dva unakrsna prsna promjera, s točnošću od 1 mm, i visine, s točnošću od 1 dm. Stablama su izmjereni i polumjeri projekcija krošnji iz 8 položaja, međusobno zarotiranih za 45°.

U svakom bloku na jednoj pokusnoj plohi izvršena je selektivna prorjeda (PP-E) pri kojoj je posječeno do 50 % stabala, odnosno razmak između stabala povećan je na prosječno  $8,5 \times 8,5$  m. Prvo je izdvojena grupa tzv. perspektivnih stabala, u broju koji odgovara prosječnom razmaku od  $8,5 \times 8,5$  m, te su uklonjeni njihovi izraziti konkurenti. Uzgojno neperspektivna stabla i stabla zaostala u rastu, što je uglavnom posljedica naknadnih popunjavanja nasada dvije godine nakon sadnje, također su uklonjena. Preostale tri pokusne plohe bile su kontrolne (PP-K).

Doznačena su stabla (PP-E) posječena i u oborenom su stanju izmjerena dva poprečna promjera vretena stabla na dužini sekcija od 1 m. Granjevina preko 3 cm s korom također je izmjerena metodom sekcioniranja, s dužinom sekcija od 1 m. U svakom ponavljanju uzeti su uzorci stabala za dendrometrijsku analizu, po jedno dominantno ( $d_{g20\%}$ ) i jedno srednje stablo po presjeku ( $d_g$ ). Koluti, debljine 1–2 cm, uzeti su s visine panja (0,3 m), zatim s prsne visine (1,3 m) i na svaka sljedeća 2 m visine (3,3 m, 5,3 m, 7,3 m...) do vrha stabla. Na sakupljenim kolutima izmjerene su širine godova na dva poprečna promjera.

U 16. godini razvoja nasada ponovo su izmjereni prsni promjeri i visina svakog stabla, kao i polumjeri projekcija krošnji.

Obrada podataka obuhvatila je kompleksan metodološki pristup, a sastojala se od izračunavanja volumena debla s korom po složenoj Smalianovoj formuli te volumena grana po Huberovoj formuli. Konstrukcija volumnih tablica izrađena je pomoću regresijske analize.

Tablica 1. Pregled korištenih simbola  
Table 1 Overview of used symbols

Simbol <i>Symbol</i>	Jedinica <i>Dimension</i>	Opis <i>Description</i>	Simbol <i>Symbol</i>	Jedinica <i>Dimension</i>	Opis <i>Description</i>
$d$	[cm]	Promjer stabla na prsnoj visini <i>Tree diameter at breast height</i>	$i_v$	[m <sup>3</sup> /god]	Tečajni prirast volumena stabla <i>Current volume increment of tree</i>
$d_g$	[cm]	Srednji promjer po temeljnici <i>Mean quadratic diameter</i>	$i_{pk}$	[m <sup>2</sup> /god]	Tečajni prirast površine projekcije krošnje stabla <i>Current increment of crown projection area of tree</i>
$d_{g20\%}$	[cm]	Srednji promjer po temeljnici 20% najdebljih stabala <i>Mean quadratic diameter of the 20% thickest trees</i>	$i_G$	[m <sup>2</sup> /ha/god]	Tečajni prirast temeljnice po hektaru <i>Current basal area increment per hectare</i>
$d_{bk}$	[cm]	Promjer debla bez kore <i>The diameter of the trunk without bark</i>	$i_V$	[m <sup>3</sup> /ha/god]	Tečajni prirast volumena po hektaru <i>Current volume increment per hectare</i>

Površina projekcije krošnji dobivena je po formuli površine kruga za srednji polumjer projekcije krošnje.

Radi definiranja udjela sortimenata u realiziranom prorjednom etatu izvršena je konstrukcija izvodnice (krivulje) oblika debla bez kore, pri čemu su korišteni predstavnici stabala debljinskih stupnjeva širine 5 cm detaljno izmjereni metodom sekcioniranja. Promjer bez kore na pojedinim visinama debla dobiven je na osnovi modela dvostruke debljine kore i promjera s korom na osnovi relacije:

$$d_{bk} = d_{sk} - k$$

Za konstrukciju modela dvostruke debljine kore korišteni su podaci iz detaljne analize modelnih stabala.

Izvodnica (krivulja) debla bez kore modelirana je polinomom V. stupnja, po formuli:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + a_5x^5$$

gdje je:  $y$  – polumjer ( $d/2$ ) vretena debla,  $x$  – visina izmjere od zemlje,  $a_i$  – parametri modela koje treba odrediti. Parametri su određeni pomoću metode najmanjih kvadrata.

Usvajajući granice sortimenata na tanjem kraju od 7 cm za celulozno drvo, 20 cm za trupac II. klase za piljenje i 25 cm za trupac I. klase za piljenje, metodom iteracije određene su dužine na deblu (visine u dubjećem stanju) za granice pojedinih sortimenata. Volumen pojedinih sortimenata za tako definirane dužine dobiven je po formuli:

$$v_{sort} = \pi \int_{h_1}^{h_2} y^2 dx$$

Postupak definiranja sortimenata detaljno je prikazan u radu Andrašev i sur. (2005).

Za usporedbu elemenata rasta stabala ( $d$ ,  $h$ ) i nasada ( $G$ ,  $V$ ) korišteni su analiza varijance i t-test.

Pregled i objašnjenje simbola korištenih u radu doneseni su u Tablici 1.

Simbol <i>Symbol</i>	Jedinica <i>Dimension</i>	Opis <i>Description</i>	Simbol <i>Symbol</i>	Jedinica <i>Dimension</i>	Opis <i>Description</i>
$d_{sk}$	[cm]	Promjer debla s korom <i>The diameter of the trunk with bark</i>	$i_p$	[m <sup>2</sup> /ha/god]	Tečajni prirast površine projekcije krošnje po hektaru <i>Current increment of crown projection area per hectare</i>
$k$	[cm]	Dvostruka debljina kore <i>The double thickness of bark</i>	$l_I$	[m]	Dužina sortimenta I. klase trupca za piljenje <i>Length of the first-class assortment</i>
$h$	[m]	Ukupna visina stabla <i>The total height of the tree</i>	$l_{II}$	[m]	Dužina sortimenta II. klase trupca za piljenje <i>Length of the second-class assortment</i>
$h_L$	[m]	Srednja visina po Loraju <i>Loray's mean height</i>	$l_{cel}$	[m]	Dužina sortimenta celulozno drvo <i>Length of the pulpwood</i>
$h_g$	[m]	Visina stabla koje ima promjer $d_g$ <i>The height of a tree that has a diameter <math>d_g</math></i>	$l_{otpad}$	[m]	Dužina otpada (neiskorišteni dio debla) <i>Length of waste (unused portion of the trunk)</i>
$h_{g20\%}$	[m]	Visina stabla koje ima promjer $d_{g20\%}$ <i>The height of a tree that has a diameter <math>d_{g20\%}</math></i>	$l_{vd}$	[m]	Ukupna dužina debla <i>The total length of trunk</i>
$v_g$	[m <sup>3</sup> ]	Volumen srednjeg stabla po temeljnici <i>Volume of tree that has a diameter <math>d_g</math></i>	$V_I$	[m <sup>3</sup> /ha]	Volumen po hektaru sortimenta I. klase trupca za piljenje <i>Volume per hectare of the first-class assortment</i>
$v_{g20\%}$	[m <sup>3</sup> ]	Volumen srednjeg stabla po temeljnici 20% najdebljih stabala <i>Volume of tree that has a diameter <math>d_{g20\%}</math></i>	$V_{II}$	[m <sup>3</sup> /ha]	Volumen po hektaru sortimenta II. klase trupca za piljenje <i>Volume per hectare of the second-class assortment</i>
$p_k$	[m <sup>2</sup> ]	Površina projekcije krošnje srednjeg stabla <i>Crown projection area of mean tree</i>	$V_{cel}$	[m <sup>3</sup> /ha]	Volumen po hektaru sortimenta celulozno drvo <i>Volume per hectare of the pulpwood</i>
$p_{k20\%}$	[m <sup>2</sup> ]	Srednja površina projekcije krošnje 20% najdebljih stabala <i>Crown projection area of tree that has a diameter <math>d_{g20\%}</math></i>	$V_{otpad}$	[m <sup>3</sup> /ha]	Volumen po hektaru otpada <i>Volume per hectare of the waste</i>
$l_k$	[m]	Dužina krošnje srednjeg stabla <i>Length of crown of mean tree</i>	$V_{stabla}$	[m <sup>3</sup> /ha]	Ukupan volumen stabla po hektaru <i>The total volume of trees per hectare</i>
$l_{k20\%}$	[m]	Srednja dužina krošnje 20% najdebljih stabala <i>Length of crown of tree that has a diameter <math>d_{g20\%}</math></i>	$N$	[stab./ha]	Broj stabala po hektaru <i>Number of trees per hectare</i>
$i_d$	[cm·god <sup>-1</sup> ]	Tekući prirast promjera <i>Current diameter increment</i>	$G$	[m <sup>2</sup> /ha]	Temeljnica po hektaru <i>Basal area per hectare</i>
$i_h$	[m·god <sup>-1</sup> ]	Tekući prirast visine <i>Current height increment</i>	$V$	[m <sup>3</sup> /ha]	Volumen po hektaru <i>Volume per hectare</i>
$i_g$	[m <sup>2</sup> ·god <sup>-1</sup> ]	Tekući prirast temeljnice stabla <i>Current basal area increment of tree</i>	$P$	[m <sup>2</sup> /ha]	Površina projekcija krošnji po hektaru <i>Crown projection area per hectare</i>

### 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA – Research results

#### 3.1. Razvoj stabala do 11. godine

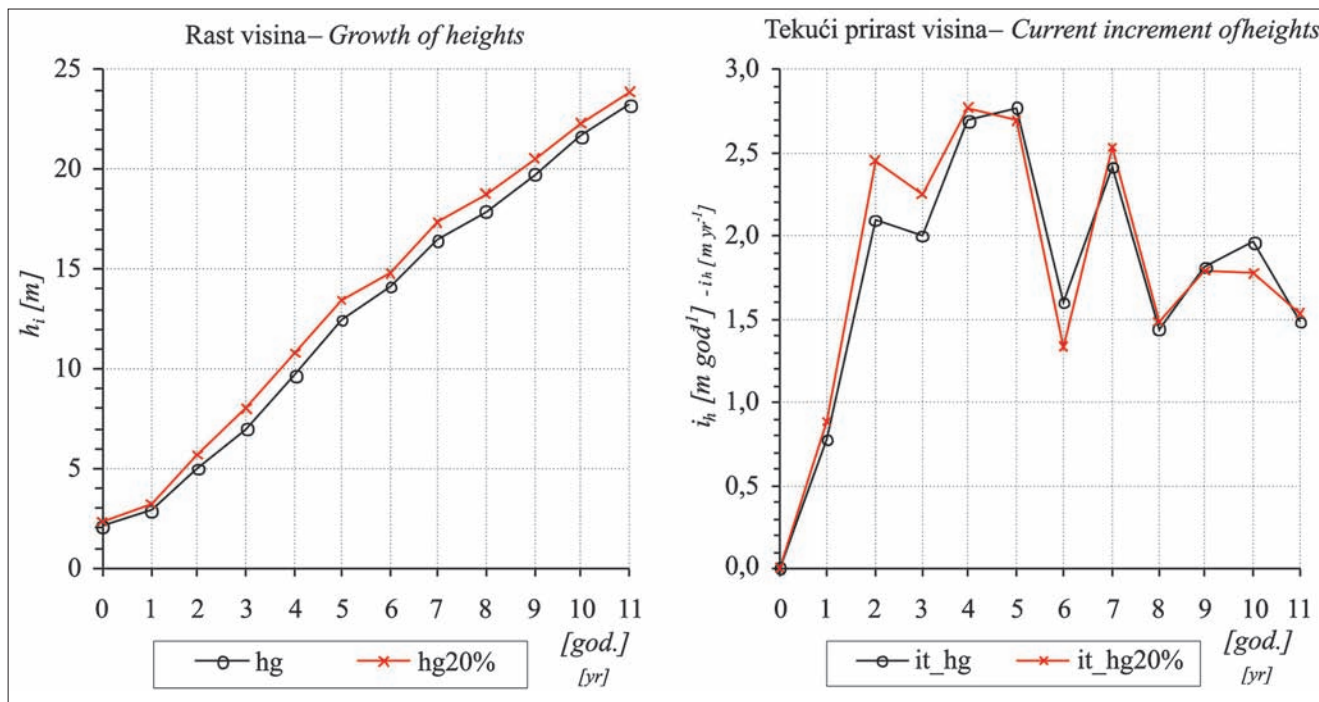
##### 3.1. Development of tree to the 11<sup>th</sup> year

##### 3.1.1. Rast i prirast dominantnih i srednjih sastojinskih stabala

##### 3.1.1. Growth and increment of dominant and mean trees

Visine sadnica bile su od 2,1 do 2,4 m, a na kraju prve godine visinski je prirast iznosio 0,77–0,88 m. Mali visinski prirast u prvoj godini posljedica je presađnje i potrebe da se formira korijenski sustav kako bi se osigurala vodna ravnoteža u krošnji. U drugoj i trećoj godini visinski je prirast iznosio preko 2 m, a kulmina-

cija je nastupila u 4. i 5. godini. Nakon kulminacije, variranja prirasta karakteristična su za pojedine vegetacijske periode. Zadržavanje visinskog prirasta modelnih stabala do 11. godine na veličini preko 1,5 m, ukazuje na to da su ona još uvijek bila u fazi intenzivnog visinskog prirašćivanja (Grafikon 1).



Grafikon 1. Rast i prirast visina srednjih i dominantnih stabala po presjeku

Figure 1 Growth and increment of heights of mean and dominant trees

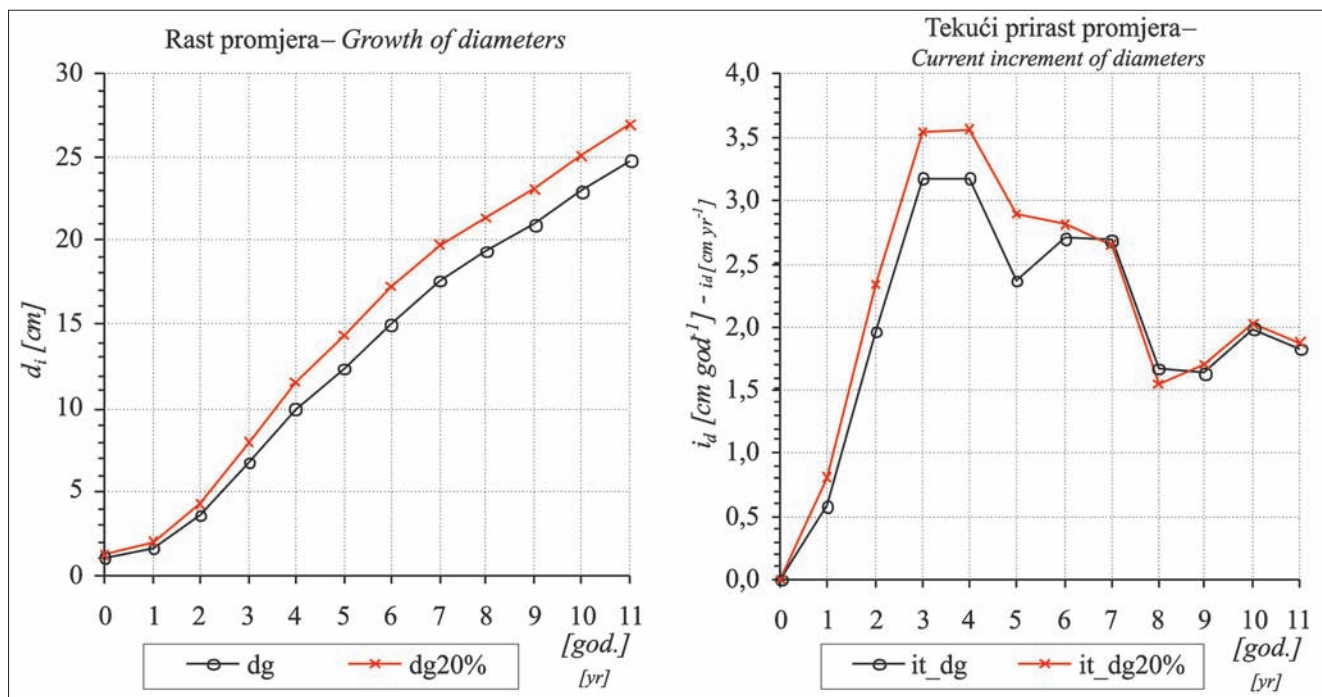
Dominantno je stablo u drugoj i trećoj godini ostvarilo veći visinski prirast u odnosu na srednje stablo, dok su im u kasnijem razdoblju godišnji prirasti bili približno istovjetni, što je za posljedicu imalo paralelne tje-kove rasta visina.

Slično tje-kovima rasta visina ponašaju se i tje-kovi rasta prsnih promjera. Prsni promjer sadnica bio je od 1,0 do 1,2 cm, a prirast u prvoj godini nakon sadnje 6–8 mm. Kulminacija prirasta promjera nastupila je u trećoj i četvrtoj godini s veličinom preko 3 cm. U kasnijem razdoblju došlo je do opadanja tečajnog prirasta prsnih promjera, s variranjima karakterističnim za pojedine vegetacijske periode. Zadržavanje debljinskog prirasta modelnih stabala do 11. godine na veličini 1,5–2,0 cm ukazuje na to da su stabla bila i u fazi intenzivnog debljinskog prirašćivanja (Grafikon 2).

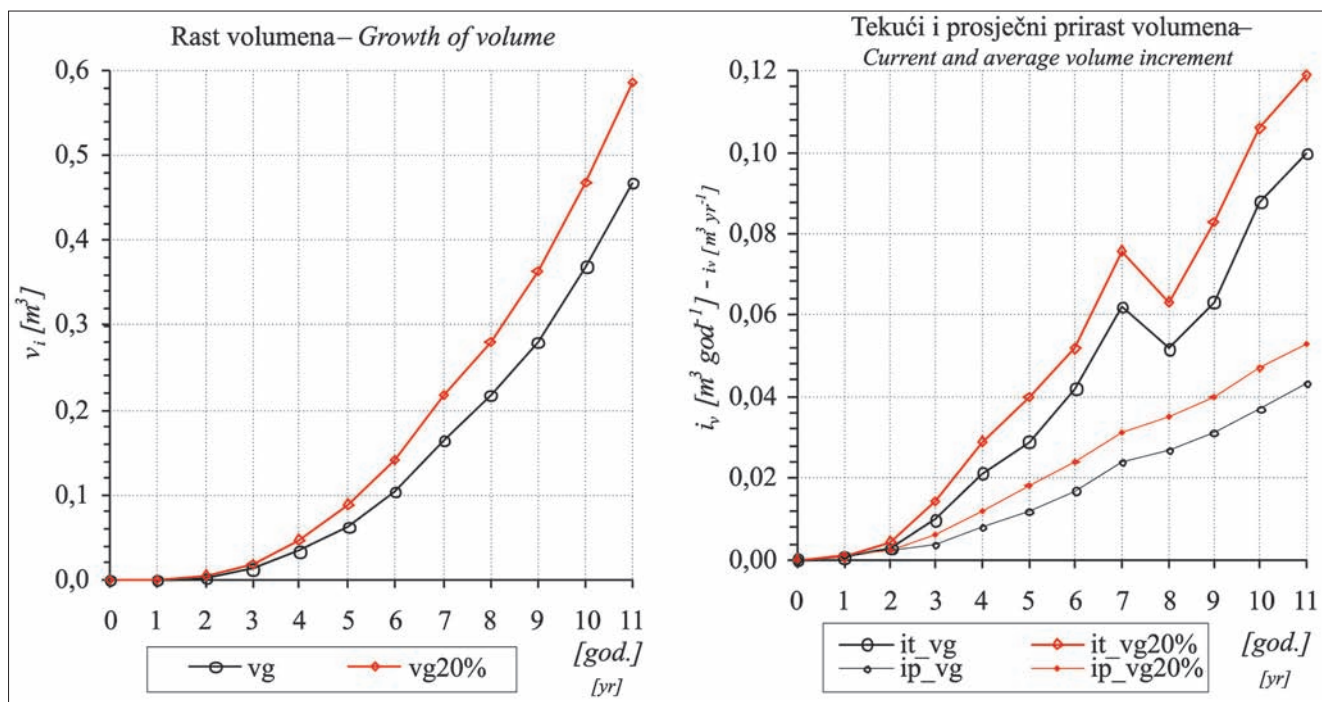
Dominantno je stablo u razdoblju od druge do pete godine ostvarilo veći debljinski prirast u odnosu na srednje stablo po presjeku, dok su im u kasnijem razdoblju

godišnji prirasti bili približno istovjetni, što znači da je došlo do razdvajanja tje-kova rasta prsnih promjera istraživanih kategorija stabala u nasadu. Razlika u prsnim promjerima u 11. godini iznosila je 2,2 cm.

Što se tiče rasta volumena istraživanih kategorija stabala, karakterizira ga nagli, eksponencijalni porast u početnom razdoblju s ranim i sve izraženijim razdvajanjem do 11. godine (Grafikon 3). Tekući prirasti volumena imaju tijekom porasta, sa stagnacijom u osmoj godini nakon sadnje. Budući da je u tom vegetacijskom periodu zamijećen pad tekućeg prirasta promjera, ali i visina kod obiju kategorija stabala, može se zaključiti da je to vjerojatno više posljedica uvjeta rasta u vegetacijskom razdoblju, a manje unutrašnje izgrađenosti nasada. Prosječni prirast volumena modelnih stabala ima tijekom porasta do 11. godine i značajno odstupa od tijekom tečajnog prirasta, što potvrđuje fazu njihova intenzivnog prirašćivanja.



Grafikon 2. Rast i prirast promjera srednjih i dominantnih stabala po presjeku  
 Figure 2 Growth and increment of diameters of mean and dominant trees



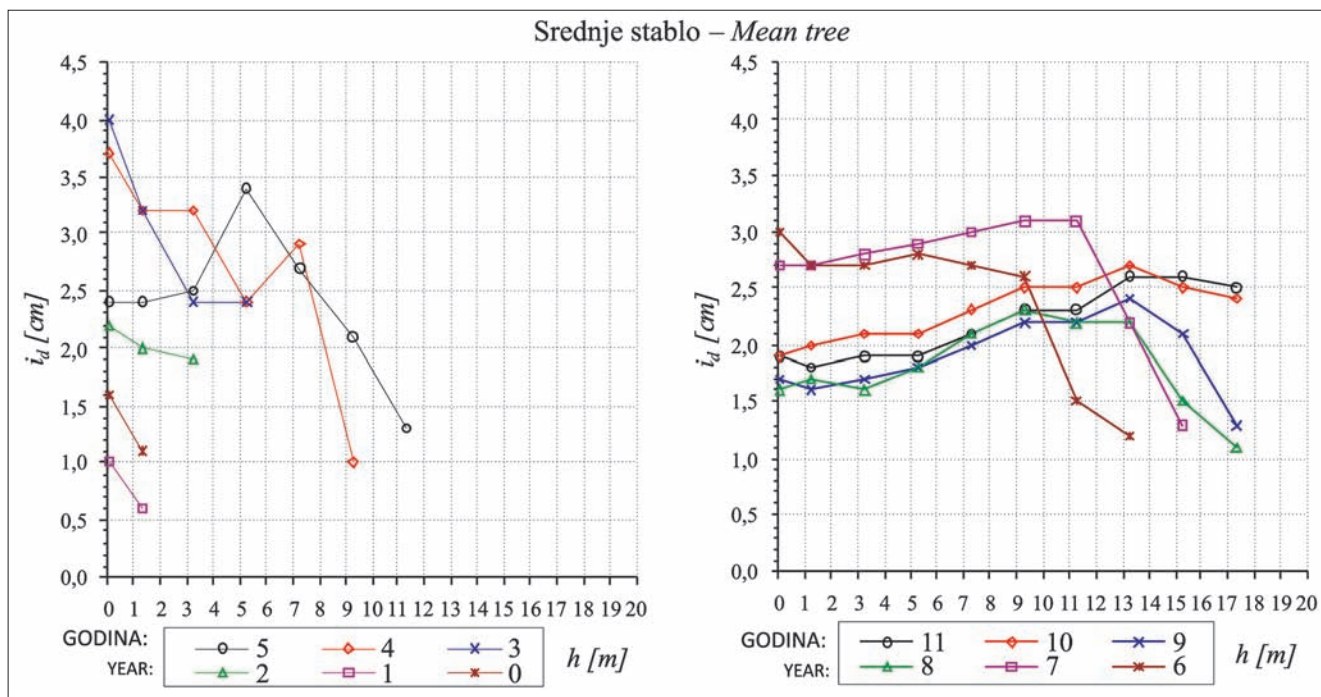
Grafikon 3. Rast i prirast volumena srednjih i dominantnih stabala po presjeku  
 Figure 3 Growth and increment of volumes of mean and dominant trees

### 3.1.2. Dvostruka širina goda duž vretena debla

#### 3.1.2. Double ring width along the spindle of tree

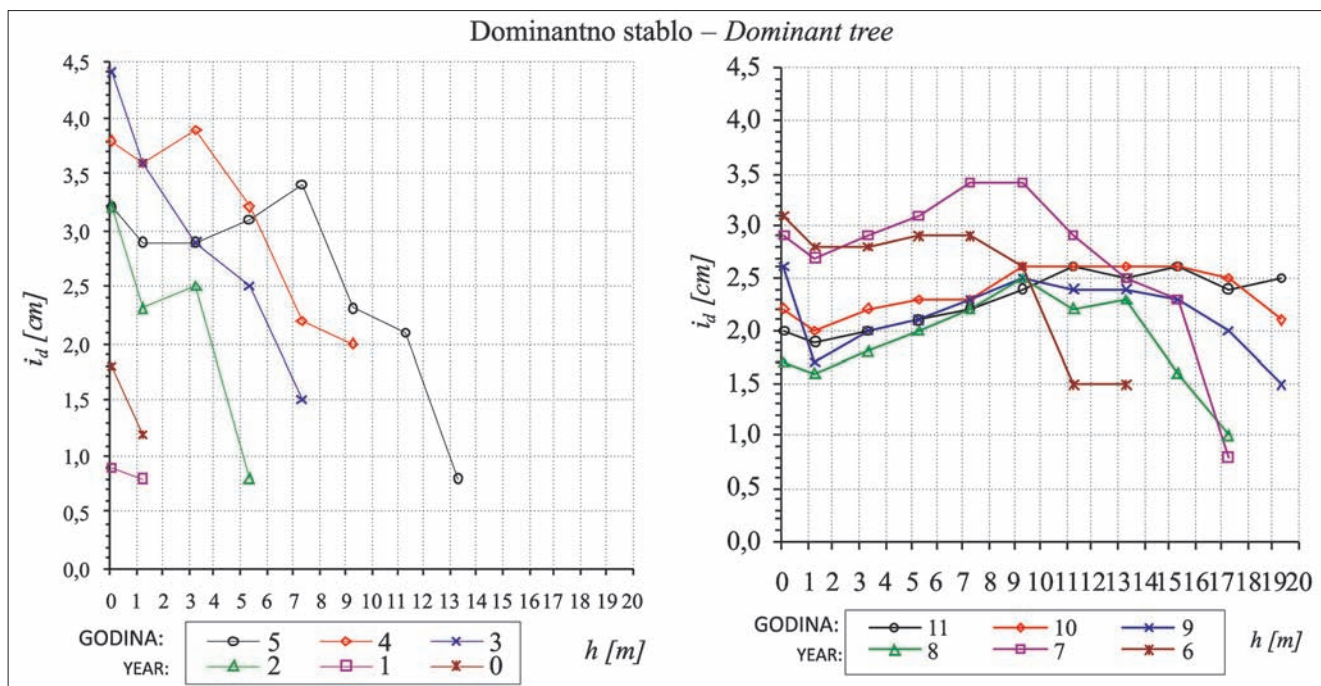
Prosječna širina goda duž vretena debla kod analiziranih srednjih i dominantnih stabala pokazuje opadajući tijek s porastom visine presjeka u prvih 5 godina, što po Stamenkoviću i Mišćeviću (1970) ukazuje na odsutnost utjecaja sklopa u tom razdoblju. Od

sedme godine širina goda ima minimum u donjem dijelu debla (1,3 m, 3,3 m), što ukazuje na utjecaj sklopa, odnosno na početak konkurencije krošnji da bi stabla osigurala što povoljniji položaj prema svjetlosti (Grafikon 4 i 5).



Grafikon 4. Dvostruka širina goda srednjih stabala po presjeku u pojedinim godinama

Figure 4 Double ring width of mean trees in some years



Grafikon 5. Dvostruka širina goda dominantnih stabala u pojedinim godinama

Figure 5 Double ring width of dominant trees in some years

Uz tjkove tečajnog i prosječnog prirasta volumena po hektaru i širina goda duž vretena debla za obje kate-

gorije stabala, ukazuje na to da s biološkog gledišta nema opravdanja prorjedu obavljati prije 7. godine.

### 3.2. Konstrukcija volumnih tablica

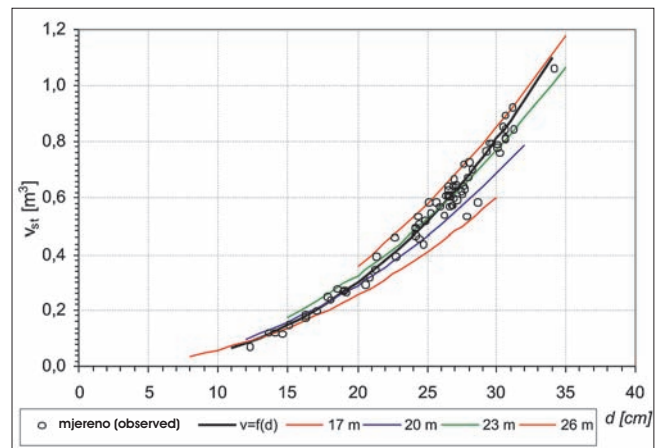
#### 3.2. The construction of volume tables

Posječena i metodom sekcioniranja izmjerena stabla na pokusnim ploham omogućila su konstrukciju volumnih tablica i izračunavanje realnog volumena nasada.

Ukupno su oborena i metodom sekcioniranja izmjerena 74 stabla, što se može smatrati dovoljno velikim uzorkom za konstrukciju jednoulaznih (ovisnost volumena

stabla s korom i granjevinom preko 3 cm o prsnom promjeru) i dvoulaznih volumnih tablica (ovisnost volumena stabla od prsnog promjera i visine stabla). Koeficijent determinacije ( $R^2$ ) visok je, što ukazuje na pouzdanost primjene konstruiranih volumnih tablica. Kod dvoulaznih volumnih tablica standardna pogreška regresije ( $s_e$ ) manja je za 15,8 % u odnosu na jednoulaznu volumnu tablicu, što je u skladu s dosadašnjim spoznajama da se s povećanjem broja nezavisnih promjenjivih varijabli povećava preciznost ocjene modela, ovisno o promjenjivoj varijabli (Grafikon 6, Tablica 2).

Dobiveni modeli volumnih tablica omogućili su usporedbu s drugim tablicama volumena i tarifama za euroameričke topole (Tarifni niz 1 u Srbiji, 2005; Cestar i Kovačić, 1981; Panić, 1973; Trifunović,



Grafikon 6. Tarifne linije

Figure 6. Tariff lines

Tablica 2. Parametri modela volumnih tablica

Table 2. Parameters of the model of volume tables

Model volumnih tablica <i>Model of volume tables</i>			Parametri modela <i>Parameter of models</i>			Elementi ocjene modela <i>Elements of model assessment</i>		
			<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$R^2$	$s_e$	<i>n</i>
1	Jednoulazna (model 1) <i>One input</i>	$v_{st} = a \cdot d_{1,3}^b$	0,0001316	2,552331	-	0,96349	0,04781	74
2	Dvoulazna (model 2) <i>Two inputs</i>	$v_{st} = a \cdot d_{1,3}^b \cdot h^c$	0,000028	2,303836	0,755321	0,98365	0,04027	74

1956 i Kolomijcevi sur., 1961), što je prikazano u Tablici 3.

Iz usporedbe mjerenog volumena prorjednog etata po hektaru s konstruiranim modelima i tablicama, proizlazi da modeli i tablice daju manje volumene po hek-

taru. Najmanje odstupanje u odnosu na mjereni volumen daju modeli 1 i 2 te tablice po Paniću (1973), od -0,23 i -0,67 %, a najveće odstupanje daju tarife u Srbiji i tablice po Kolomijcevi sur. (1961), od -6,67 i -6,91 %.

Tablica 3. Volumen po hektaru u 11. i 16. godini dobiven na osnovi različitih modela volumnih tablica

Table 3. Volume per hectare in the 11<sup>th</sup> and 16<sup>th</sup> year based on a different model of volume tables

Metoda izračuna volumena nasada <i>The method of calculating volume of plantation</i>	V [m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ]					Δ [%]				
	11. god. <i>11<sup>th</sup> year</i>			16. god. <i>16<sup>th</sup> year</i>		11. god. <i>11<sup>th</sup> year</i>			16. god. <i>16<sup>th</sup> year</i>	
	prorjeda <i>thinning</i>	PP-E	PP-K	PP-E	PP-K	prorjeda <i>thinning</i>	PP-E	PP-K	PP-E	PP-K
mjereno – <i>observed</i>	66,40					0,00				
1. model 1	66,24	155,90	153,35	183,73	261,45	-0,23	-1,09	-2,12	-10,82	-15,32
2. model 2	66,08	157,62	156,67	206,03	308,74	-0,47	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Tarife, niz 1 – <i>Tariff, rank 1</i>	61,97	145,71	144,41	170,67	245,26	-6,67	-7,56	-7,82	-17,16	-20,56
4. Cestar-Kovačić (1981)	63,61	151,87	151,33	193,98	299,31	-4,20	-3,65	-3,41	-5,85	-3,05
5. Panić (1973)	65,95	158,12	157,87	211,68	325,08	-0,67	0,32	0,76	2,74	5,29
6. Trifunović (1956)	64,54	153,65	152,99	187,56	283,32	-2,79	-2,52	-2,35	-8,97	-8,23
7. Kolomijcevi sur. (1961) <i>Kolomijcevi et al (1961)</i>	61,81	147,25	146,67	180,53	264,81	-6,91	-6,58	-6,38	-12,38	-14,23

Iz navedenog se može zaključiti da su za izračun volumena nasada u 11. godini konstruirani modeli 1 i 2 podjednako dobri. Ipak, u usporedbi s modelom 2 jednoulazne volumne tablice daju niže volumene po hektaru za 1,09–2,12 %, što je vjerojatno posljedica veće varijabilnosti promjera i visina svih stabala u odnosu na stabla posječena prorjedom etatom. Tablice Pa-

nića (1973) daju volumene koji su najpribližniji volumenima po modelu 2, odnosno daju za svega 0,32 i 0,76 % veće volumene od modela 2. Međutim, tarife u Srbiji pokazuju najveće odstupanje od modela 2, i to od -7,56 % do -7,82 %.

Volumeni po hektaru u 16. godini znatno više odstupaju od modela 2 u odnosu na 11. godinu. Najmanje je



odstupanje kod tablica Panića (1973), koje daju za 2,74 i 5,29 % veće volumene. Međutim, model 1 daje volumene niže za 10,8 i 15,3 %, dok tarife u Srbiji daju volumene niže za čak 20,5 %.

Veće odstupanje modela 1 očekivano je, jer taj model ne uključuje povećanje visina za razdoblje od 5 godina, te se može primijeniti samo u istraživanjima koja ne uključuju procjene u idućem razdoblju.

Postavlja se pitanje primjenjivosti modela 2 pri procjeni volumena stabala za idućih 5 godina, s obzirom

na to da je izrađen na osnovi izmjera stabala u ranijem razdoblju. Na osnovi analize prosječnog dobnog prirasta volumena na PP-K za razdoblje od 5 godina vidi se da tablice Cestara i Kovačića (1981) daju iznos prirasta od 147,98 m<sup>3</sup>/ha, a tablice Panića (1973) prirast od 167,21 m<sup>3</sup>/ha. Prosječni dobnii prirast po modelu 2 iznosi 152,07 m<sup>3</sup>/ha i nalazi se između navedenih veličina, što ukazuje na to da je primjena modela 2 realna u našem primjeru.

### 3.3. Elementi rasta nasada u 11. i 16. godini

#### 3.3. Elements of growth in the 11<sup>th</sup> and 16<sup>th</sup> year

U 11. je godini u nasadu u okviru analiziranih površina utvrđeno prosječno 263–266 stabala po hektaru, što predstavlja postotak preživljavanja sadnica od oko 95 %. Ukupna temeljnica iznosila je u prosjeku 14,70–14,97 m<sup>2</sup>/ha, a volumen od 156,67 do

157,62 m<sup>3</sup>/ha. Primjenom statističkog t-testa nije utvrđena značajna razlika u broju stabala, temeljnici i volumenu u okviru analiziranih površina prije primjene uzgojnog tretmana (Tablica 4).

Tablica 4. Osnovni elementi rasta nasada u 11. i 16. godini

Table 4 The basic elements of growth of plantation in the 11<sup>th</sup> and 16<sup>th</sup> year

	N			G			V			P		
	PP-E	PP-K	t-test	PP-E	PP-K	t-test	PP-E	PP-K	t-test	PP-E	PP-K	t-test
	[stabala/ha] [trees/ha]			[m <sup>2</sup> /ha]			[m <sup>3</sup> /ha]			[m <sup>2</sup> /ha]		
11. godina 11 <sup>th</sup> year	266	263	0,34 <sup>ns</sup>	14,97	14,70	0,38 <sup>ns</sup>	157,62	156,67	0,10 <sup>ns</sup>	6564		
prorjeda thinning	122			6,45			66,08			2644		
poslije prorjede after thinning	144			8,52			91,54			3920		
16. godina 16 <sup>th</sup> year	144	263	-13,04 <sup>***</sup>	15,00	22,29	-13,54 <sup>***</sup>	206,03	308,74	-16,04 <sup>***</sup>	6098	6979	-2,65 <sup>ns</sup>

Ukupna površina projekcija krošnji u 11. godini iznosila je 6564 m<sup>2</sup>/ha, odnosno zastiranje površinama krošnji iznosilo je oko 66 %.

U razdoblju od 11. do 16. godine na objema serijama pokusnih ploha nije ustanovljen mortalitet stabala. Nakon 5 godina od primjene tretmana prorjeđivanja utvrđena je značajna razlika u broju stabala po hektaru, temeljnici i volumenu između istraživanih pokusnih ploha (Tablica 4).

Nakon 5 godina volumen na PP-E povećao se za 114,49 m<sup>3</sup>/ha, a na PP-K za 152,07 m<sup>3</sup>/ha, odnosno u 16. godini iznosio je 206,03 m<sup>3</sup>/ha na PP-E i 308,74 m<sup>3</sup>/ha na PP-K. Ukupna površina projekcija krošnji u 16. godini iznosila je 6098 m<sup>2</sup>/ha na PP-E i 6979 m<sup>2</sup>/ha na PP-K, što nije signifikantno po t-testu.

Srednji promjeri po temeljnici u okviru analiziranih površina u 11. godini iznosili su 26,7 cm, a dominantni 30,3–30,5 cm. Srednje visine po Loraju iznosile su 23,4–23,7 m, a visine dominantnih stabala 23,9–24,2 m. Statističkim testom analize varijance i testom najmanje značajne razlike na razini rizika od 5 % nije utvrđena

značajna razlika između promjera i visina u 11. godini u okviru analiziranih površina (Tablica 5).

Površina projekcije krošnje srednjeg stabla u 11. godini iznosila je 25,0 m<sup>2</sup>, a dominantnog stabla 36,7 m<sup>2</sup>, odnosno promjer krošnje srednjeg stabla iznosio je 5,64 m, a dominantnog 6,84 m. Stupanj zastiranja, kao odnos između površine zastiranja krošnje i stajališne površine (Stamenković i Vučković, 1988), iznosio je 0,658. Taj iznos nije daleko od teorijskog stupnja zastiranja kod kvadratne veze od 0,785 i ukazuje na to da je u nasadu bila uspostavljena međusobna konkurencija stabala za prostor za rast (Tablica 6).

U 16. godini, pet godina poslije prorjede, utvrđeni su značajno veći srednji promjeri po temeljnici na PP-E u odnosu na PP-K, dok između promjera dominantnih stabala nisu utvrđene značajne razlike. Međutim, promjene visina u suprotnosti su s povećanjem promjera stabala. Nakon 5 godina od prorjedne sječe srednje visine po Loraju na PP-E su značajno manje u odnosu na PP-K, dok između visina dominantnih stabala nisu utvrđene značajne razlike (Tablica 5).

Tablica 5. Srednje vrijednosti elemenata rasta stabala, analiza varijance i test najmanje značajne razlike (NZR<sub>0,05</sub>) na razini rizika od 5%

Table 5 Mean values of elements of growth of trees, analysis of variance and least significant difference test (LSD<sub>0,05</sub>) at the level of risk of 5%

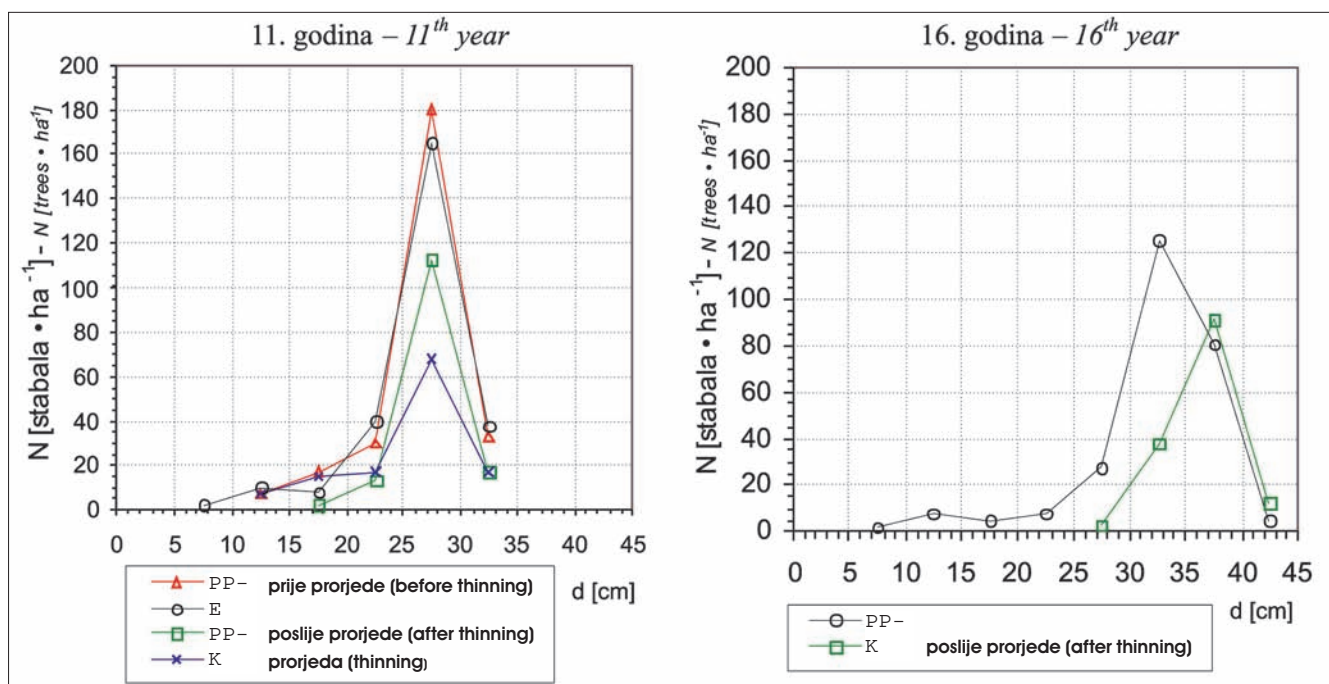
	Prsni promjeri – Diameters at breast height				Visine – Heights			
	11. god – 11 <sup>th</sup> years		16. god – 16 <sup>th</sup> years		11. god – 11 <sup>th</sup> years		16. god – 16 <sup>th</sup> years	
	$d_g$	$d_{g20\%}$	$d_g$	$d_{g20\%}$	$h_L$	$h_{g20\%}$	$h_L$	$h_{g20\%}$
	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[m]	[m]	[m]	[m]
PP-E_prije prorj. PP-E_before thinning	26,7 a	30,3 a	-	-	23,36 a	23,88 a	-	-
PP-E_poslije prorj. PP-E_after thinning	27,5 a	30,0 a	36,4 a	39,9 a	23,78 a	24,28 a	29,54 b	30,24 a
PP-K	26,7 a	30,5 a	32,9 b	38,0 a	23,72 a	24,17 a	30,83 a	31,55 a
F-test	1,40 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	<b>58,26**</b>	5,01 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	<b>8,75*</b>	4,74 <sup>ns</sup>
p-value	0,317	0,682	1,58·10 <sup>-3</sup>	0,0889	0,4256	0,474	0,0417	0,095

Površina projekcije krošnje srednjeg stabla u 16. godini na PP-K vrlo malo se povećala u odnosu na 11. godinu i značajno je manja od površine projekcije na PP-E. Stupanj zastiranja na PP-K iznosi 0,7 i u odnosu na veličinu u 11. godini pokazuje tendenciju sporog povećanja i približavanja teorijskom stupnju zastiranja za kvadratnu vezu. Međutim, na PP-E stupanj zastiranja

iznosi 0,609, što je manje nego u 11. godini prije prorjede i ukazuje na to da za 5 godina nije došlo do konkurentskog odnosa u području krošnji. Dužina krošnji u 16. godini iznosi 18,8–19,5 m kod srednjeg stabla i 20,4–21,3 m kod dominantnog stabla, odnosno relativna dužina krošnji iznosi od 61 do 70,5 % (Tablica 6).

Tablica 6. Srednje vrijednosti elemenata rasta stabala  
Table 6 Mean values of elements of growth of trees

	Površina projekcije krošnje Crown projection				Dužina krošnje Length of crown	
	11. god – 11 <sup>th</sup> year		16. god – 16 <sup>th</sup> year		16. god – 16 <sup>th</sup> year	
	$P_k$	$P_{k20\%}$	$P_k$	$P_{k20\%}$	$l_k$	$l_{k20\%}$
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]
PP-E_poslije prorj. PP-E_after thinning	27,2	38,1	42,3	63,8	19,50	21,31
PP-K	25,0	36,7	26,6	43,6	18,82	20,41
t-test	1,34 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	<b>8,96***</b>	<b>8,80***</b>	1,95 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>



Grafikon 7. Debljinska struktura stabala po hektaru u 11. i 16. godini  
Figure 7 Diameter structure of trees per hectare in the 11th and 16th year

Debljinska struktura u 11. godini ima zvonolik oblik s izraženom lijevom asimetrijom na objema pokusnim ploham. Izražena lijeva asimetrija uvjetovana je prisutnošću zaostalih stabala kao posljedice popunjavanja nasada dvije godine nakon sadnje. Debljinska struktura

u 16. godini pokazuje da postoje znatne razlike između pokusnih ploha. Na PP-E došlo je do povećanja prsnih promjera i do pomicanja moda (točke s najvećom frekvencijom) udesno k jačim promjerima u odnosu na PP-K (Grafikon 7).

### 3.4. Karakteristike i učinci prorjede

#### 3.4. Characteristics and effects of thinning

##### 3.4.1. Veličina prorjednog etata

###### 3.4.1. Size of allowable cut in the thinning

Na prorijeđenim su površinama uklonjena prosječno 122 stabla (46 %) po hektaru koja su bila konkurenti uzgojno najperspektivnijim stablima ili su pripadala kategoriji uzgojno neperspektivnih stabala (Tablica 4). Ukupno je po hektaru uklonjeno 6,45 m<sup>2</sup> temeljnice

(43 %) i 66,08 m<sup>3</sup> volumena (42 %), što prema Stamenkoviću i Vučkoviću (1988) te Kotaru (2005) ukazuje na to da je jačina prorjede iznad kritične temeljnice. Prorjedom je uklonjeno 2870 m<sup>2</sup>/ha ili 43,0 % zastrte površine.

##### 3.4.2. Sortimentna struktura prorjednog etata

###### 3.4.2. Assortment structure of allowable cut in the thinning

Da bi se dobila sortimentna struktura prorjednog etata, nužno je poznavati promjere stabla bez kore na pojedinim visinama, odnosno dužinama debla u oborenom stanju. U tu je svrhu korišten model dvostruke debljine kore ( $k$ ) u ovisnosti od promjera  $s$  korom na

različitim visinama debla ( $k_i=f(d_i)$ ) koji je dobiven detaljnom analizom modelnih stabala. Model dvostruke debljine kore je polinom III. stupnja, čiji su parametri dani u Tablici 7.

Tablica 7. Parametri modela dvostruke debljine kore u ovisnosti od promjera debla s korom

Table 7 Parameters of the model of double-thickness of bark, depending on the diameter of the trunk with bark

Model – Model	Parametri modela – Parameters of models				Ocjena modela Model assessment	
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$R^2$	$s_e$
$y=a_0+a_1x+a_2x^2+a_3x^3$	0,075107	0,0552308	-0,0023719	$6,36 \cdot 10^{-5}$	0,8020	0,164036

Koristeći promjer debla bez kore na različitim visinama debla, dobivena je izvodnica (krivulja) debla pomoću polinoma V. stupnja za stabla predstavnike deb-

ljinskih stupnjeva širine 5 cm, čiji su parametri dani u Tablici 8.

Tablica 8. Parametri modela izvodnice (krivulje) debla bez kore stabala predstavnika pojedinih debljinskih stupnjeva širine 5 cm

Table 8 Parameters of the model generating spindle stem without bark of trees representative of certain degrees of thickness, width 5 cm

$d$ [cm]	Parametri modela izvodnice vretena debla Parameters of the model generating spindle stem						Ocjena modela Model assessment				
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$R^2$	$s_e$	$v_{mjereno}$ $v_{observed}$	$v_{model}$	$\% \Delta$
12,5	0,0767268	-0,009871	0,0020383	-0,000259	$1,414 \cdot 10^{-5}$	$-2,85 \cdot 10^{-7}$	0,9927	0,0024	0,1075	0,1067	0,81
17,5	0,0969859	-0,008751	0,0014423	-0,000153	$6,798 \cdot 10^{-6}$	$-1,1 \cdot 10^{-7}$	0,9969	0,0019	0,2211	0,2205	0,27
22,5	0,1210316	-0,008828	0,0011469	$-9,74 \cdot 10^{-5}$	$2,948 \cdot 10^{-6}$	$-2,57 \cdot 10^{-8}$	0,9954	0,0029	0,3763	0,3752	0,31
27,5	0,1488942	-0,015823	0,0028316	-0,000294	$1,271 \cdot 10^{-5}$	$-1,97 \cdot 10^{-7}$	0,9950	0,0036	0,5041	0,5017	0,48
32,5	0,1647179	-0,015145	0,00232	-0,000223	$8,89 \cdot 10^{-6}$	$-1,26 \cdot 10^{-7}$	0,9950	0,0040	0,6456	0,6425	0,49

Dobiveni modeli imaju visok koeficijent determinacije ( $R^2$ ) i osiguravaju dobro slaganje s mjerenim volumenima debla, uz razliku u volumenu do 0,81 %.

Potencijalna struktura prorjednog etata prikazana je u Tablica 9. Prorjedni etat činili su trupci I. klase za piljenje u količini od 13,59 m<sup>3</sup>/ha, odnosno 20,2 %, zatim

trupci za piljenje II. klase u količini od 20,20 m<sup>3</sup>/ha ili 30 %, koliki je bio i udio celuloznog drva.

U skladu s aktualnim cijenama sortimenata na tržištu (JP "Vojvodinašume"), vrijednost prorjednog etata u 11. godini iznosi 1463 €/ha (Tablica 9).

Tablica 9. Udio sortimenata u 11. godini kod stabala pojedinih debljinskih stupnjeva širine 5 cm  
 Table 9 Share assortments in the 11<sup>th</sup> year for trees of certain degrees of thickness, width 5 cm

<i>d</i>	<i>N</i>	<i>l<sub>I</sub></i>	<i>l<sub>II</sub></i>	<i>l<sub>cel</sub></i>	<i>l<sub>otpad</sub></i>	<i>l<sub>vd</sub></i>	<i>V<sub>I</sub></i>	<i>V<sub>II</sub></i>	<i>V<sub>cel</sub></i>	<i>V<sub>otpad</sub></i>	<i>V<sub>stablo</sub></i>
[cm]	[stab./ha] [trees/ha]	[m]					[m <sup>3</sup> /ha]				
12,5	7			10,27	7,40	17,66			0,64	0,17	0,80
17,5	15			14,72	6,83	21,55			3,15	0,56	3,70
22,5	17		3,61	13,17	5,81	22,59		2,24	3,86	1,51	7,61
27,5	68	2,19	5,51	9,31	5,19	22,20	8,58	14,69	10,29	7,78	41,34
32,5	17	4,84	4,90	8,54	5,42	23,69	5,01	3,27	2,23	3,38	13,89
<b>ukupno total</b>	<b>122</b>						<b>13,59</b>	<b>20,20</b>	<b>20,16</b>	<b>13,39</b>	<b>67,34</b>
							[€/m]	35,00	27,50	21,43	
							[€/ha]	475,65	555,50	432,03	<b>1463,18</b>

### 3.4.3. Učinci prorjede na prirast stabala i nasada u periodu od 11. do 16. godine

#### 3.4.3. Effects of thinning on the increment of trees and plantations in the period from 11 to 16 years

U razdoblju od 11. do 16. godine srednja su stabla na PP-E imala povećanje promjera za 9,0 cm, a dominantna za 9,6 cm, što je značajno više u odnosu na povećanje promjera na PP-K (6,4 i 7,4 cm). Povećanje visina u suprotnosti je s povećanjem prsnih promjera, a razlike između pokusnih ploha značajne su samo kod dominantnih stabala (Tablica 10).

Prirast temeljnice nasada na PP-E od 6,48 m<sup>2</sup>/ha i volumena od 114,49 m<sup>3</sup>/ha značajno je manji u odnosu na iste veličine na PP-K. Međutim, povećanje temeljnice i volumena srednjeg stabla značajno je veće na PP-E nego na PP-K (Tablica 10).

Tablica 10. Srednje vrijednosti prosječnog dobnog prirasta stabala i nasada u razdoblju od 11. do 16. godine  
 Table 10 Mean values of periodic increment of trees and plantations in the period from 11 to 16 years

Pokusna ploha <i>Experimental field</i>	Prirast promjera <i>Increment of diameter</i>		Prirast visina <i>Increment of height</i>		Prirast temeljnice <i>Increment of basal area</i>		Prirast volumena <i>Increment of volume</i>	
	<i>i<sub>dg</sub></i>	<i>i<sub>dg20%</sub></i>	<i>i<sub>hL</sub></i>	<i>i<sub>hg20%</sub></i>	<i>i<sub>g</sub></i>	<i>i<sub>G</sub></i>	<i>i<sub>v</sub></i>	<i>i<sub>V</sub></i>
	[cm]	[cm]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> /ha]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> /ha]
PP-E	9,0	9,6	5,72	5,30	0,0450	6,48	0,7951	114,49
PP-K	6,4	7,4	6,94	6,92	0,0289	7,59	0,5782	152,02
t-test	<b>6,57**</b>	<b>3,07*</b>	-2,703 <sup>ns</sup>	<b>-3,83*</b>	<b>9,72***</b>	<b>-6,02**</b>	<b>6,51**</b>	<b>-14,50***</b>

Površina projekcije krošnji na PP-E za 5 se godina povećala za 2178 m<sup>2</sup>/ha, što iznosi 82,4 % površine projekcije krošnje uklonjene prorjedom. Na PP-K povećanje površine projekcije krošnji iznosilo je svega 414 m<sup>2</sup>/ha i značajno je manje od povećanja na PP-E. Povećanje površine projekcije krošnje srednjeg stabla iznosilo je 15,1 m<sup>2</sup> na PP-E, što je značajno više od povećanja na PP-K, gdje je iznosilo 1,6 m<sup>2</sup>. Dominantno stablo na PP-E povećalo je površinu projekcije krošnje za 25,7 m<sup>2</sup>, što je značajno više u odnosu na 6,9 m<sup>2</sup> na PP-K (Tablica 11).

Prosječni periodični prirast promjera srednjeg stabla po temeljnici za razdoblje od 5 godina na PP-E je iznosio 1,6 cm, a na PP-K 1,1 cm. Ako se ima na umu da je na osnovi aproksimativne usporedbe na PP-E prosječni dobnog prirast promjera u razdoblju od 11. do 16. godine za 2 mm ili 11,5 % manja veličina od tečajnog prirasta srednjeg stabla u 11. godini, a na PP-K za 7 mm ili 37,9 %, to se može dovesti u vezu s pozitiv-

Tablica 11. Srednje vrijednosti prosječnog dobnog prirasta površine projekcije krošnji stabala i nasada u razdoblju od 11. do 16. godine

Table 11 Mean values of periodic increment of the crown projection area of trees and plantations in the period from 11 to 16 years

Pokusna ploha <i>Experim. field</i>	Prirast površine projekcije krošnje stabla <i>Increment of crown projection area of tree</i>		Prirast površine projekcije krošnje nasada <i>Increment of crown projection area of plantation</i>
	<i>i<sub>pk</sub></i>	<i>i<sub>pk20%</sub></i>	<i>i<sub>p</sub></i>
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> /ha]
PP-E	15,1	25,7	2.178
PP-K	1,6	6,9	414
t-test	<b>65,48**</b>	<b>46,7***</b>	<b>24,86***</b>

nom reakcijom stabala na povećanje prostora za rast na PP-E (Tablica 12).

U razdoblju od 11. do 16. godine, manja gustoća nasada na PP-E utjecala je na prosječni periodični prirast visine, koji je smanjen za 33 cm ili 22,3 %, dok je na

PP-K veća gustoća nasada utjecala da se prirast visine smanji za svega 6 cm ili 4,1 % (Tablica 12).

Tablica 12. Srednje vrijednosti tečajnog prirasta promjera, visine i volumena u 11. godini i prosječnog dobnog prirasta u idućih 5 godina kod srednjeg stabla po presjeku na pokusnim ploham.

Table 12 Mean values of current increment of diameter, height and volume in the 11<sup>th</sup> year and an average periodic increment in the next five years of mean tree on the experimental fields.

Veličina za usporedbu Size for comparison	$i_d$		$i_h$		$i_v$	
	[cm/god]		[m/god]		[m <sup>3</sup> /god]	
	PP-E	PP-K	PP-E	PP-K	PP-E	PP-K
tekući prirast u 11. godini <sup>1</sup> current increment in 11 <sup>th</sup> year	1,8		1,48		0,1002	
prosječni periodični prirast za 5 god. <sup>2</sup> average periodic increment for five years	1,6	1,1	1,15	1,42	0,1295	0,0941
$\Delta=$	-0,2	-0,7	-0,33	-0,06	+0,0293	-0,0061

<sup>1</sup> Dobiveno detaljnom analizom stabala u 11. godini. / Obtained by a detailed analysis of trees in the 11<sup>th</sup> year.

<sup>2</sup> Dobiveno kao prosječna razlika u veličinama u 11. i 16. godini. Za prsni promjer korištena je veličina bez kore (uključivanjem modela dvostruke debljine kore), a za volumen bez kore i granjevine korišten je postotak kore i granjevine (18,6%) dobiven na osnovi potencijalne sortimentne strukture nasada u 11. godini. / Obtained as the average difference in sizes in the 11<sup>th</sup> and 16<sup>th</sup> year. For diameter at breast height size was used without the bark (model included a double thickness of bark), and the volume of bark and branchwood used the percentage of bark and branchwood (18.6 %) based on a potential assortment structure of plantations in the 11<sup>th</sup> year.

Prosječno godišnje povećanje volumena srednjeg sastojinskog stabla (s korom i granjevinom) u razdoblju od 11. do 16. godine iznosi 0,159 m<sup>3</sup> na PP-E i 0,1156 m<sup>3</sup> na PP-K. Na osnovi potencijalne sortimentne strukture može se zaključiti da udio kore i granjevine u volumenu stabla iznosi 18,6 % te da prosječni dobní prirast volumena debla bez kore srednjeg stabla po temeljnici u razdoblju od 11. do 16. godine iznosi

0,1295 m<sup>3</sup> na PP-E i 0,0941 m<sup>3</sup> na PP-K. Tako dobivene vrijednosti uporedive su s veličinom tečajnog prirasta srednjeg stabla po temeljnici iz detaljne analize stabla. Usporedba pokazuje da je na PP-E tečajni prirast volumena srednjeg stabla po temeljnici u razdoblju od 11. do 16. godine veći od tečajnog prirasta u 11. godini za 29,3 %, a na PP-K manji za 6 % (Tablica 12).

#### 4. RASPRAVA – Discussion

Bonitet staništa čimbenik je koji određuje karakteristike rasta stabala i razinu proizvodnosti nasada, ali i reakciju stabala nakon primjene mjera njege. Visine modelnih stabala u istraživanom nasadu (na aluvijalnom zemljištu na kojemu su izraženi procesi posmeđivanja) u 10. i 11. godini u rangu su s visinama klonova I-214 postignutim pri istom razmaku sadnje na zemljištu tipa livadska crnica. U odnosu na zemljište tipa pseudoglej (Pudar, 1986) i tipa eutrični kambisol (Živanović i sur., 1985) visine su veće, a u usporedbi s visinama na zemljištu tipa fluvisol visine su niže (Marković i sur., 1994). S obzirom na to da su visine u određenoj starosti pouzdana osnova za ocjenu boniteta staništa, na temelju tih usporedbi može se zaključiti da istraživano stanište pripada srednje povoljnim uvjetima za uzgoj klonova topole I-214.

Izvođenje prve prorjede u prirodnim sastojinama i kulturama šumskih vrsta drveća povezuje se s vremenom kulminacije visinskog prirasta, a periodičnost s povećanjem visine dominantnog stabla (za 2, 3 ili 4 m) ovisno o intenzitetu gospodarenja (Kotar, 1987). Nasadi topola koji se osnivaju s većim razmacima sadnje odlikuju se ranom kulminacijom visinskog prirasta koja nije vezana za gustoću nasada, te navedena metoda

određenja vremena i periodičnosti prorjede, koja je u osnovi zasnovana na biološkim zakonitostima, nije našla primjenu u njima. U Sjevernoj Americi izvođenje prve prorjede na plantažama topola vezano je uz vrijeme dostizanja određene temeljnice po hektaru, a periodičnost prorjede vezana je uz vrijeme dostizanja određenog prirasta temeljnice po hektaru nakon prorjede (Krinnard i Johnson, 1980, 1984; Krinnard i Kennedy, 1983; Anderson i Krinnard, 1984). U nasadima topola u našim uvjetima izvođene su shematske prorjede koje je uglavnom određivao ekonomsko stajalište. Pri tome je definiran poseban zahtjev da vrijednost sortimentata prorjednog etata bude veća od samog troška shematske prorjede i od povećanog troška osnivanja nasada zbog dvostruko većeg broja sadnica. Takav pristup primjenjivan je u nasadima s početno većom gustoćom sadnje, a s ciljem da se u starosti, kada se mogu dobiti sortimenti promjera do 20 cm za potrebe industrije celuloze i papira, izvrši prorjeda. Rezultati istraživanja pokazali su da je takav pristup opravdan samo na najboljim staništima za uzgoj topola. Na staništima koja su srednje ili slabo povoljna za uzgoj topola prorjede nemaju ili imaju vrlo slabu ekonomsku isplativost, zbog čega se uglavnom nisu ni provodile (Novaković

vić, 1981; Marković, 1985, 1986; Marković i sur., 1994, 1997a, 1997b, 2001; Pudar, 1986).

Osnovni parametri na temelju kojih je definirana prorjeda u istraživanom nasadu su vrijeme izvođenja, jačina zahvata i karakter prorjede. Kao pogodan element rasta za određivanje početka prorjede s biološkog stajališta može biti širina goda duž vretena stabla. Prvih pet godina stabla u nasadu imala su potpuno solitaran rast, a od sedme godine prisutan je konkurentski odnos između stabala u nasadu, što se manifestiralo promjenom širine goda duž vretena stabla (Grafikon 4 i 5). To znači da nema biološkog opravdanja da se u istraživanom nasadu prorjedna sječa provede prije sedme godine.

Primijenjena prorjeda ima ponajprije selektivan karakter, pri čemu su u okviru kvadratnog rasporeda izdvojena fenotipski bolje formirana stabla u broju koji definira prosječan razmak  $8,5 \times 8,5$  m. Osim izrazitih konkurenata izdvojenim stablima, mogu se uklanjati i stabla zaostala u rastu te oštećena stabla, kako bi se grupa preostalih stabala homogenizirala za produkciju kvalitetnog drvnog volumena na kraju ophodnje. Na takav pristup prorjeđivanju nasada topola ukazuju i Krinard i Johnson (1980, 1984).

Na osnovi detaljne analize rasta stabala ustanovljeni su visoki iznosi tečajnog debljinskog i visinskog prirasta srednjih sastojinskih i dominantnih stabala u periodu prije prorjede, što prema navodima Stanturf et al. (2001), Krinard i Johnson (1980) predstavlja dobru osnovu za adekvatnu reakciju stabala na povećanje prostora za rast. Prorjedom je uklonjeno 46 % sta-

bala, 43 % temeljnice, 42 % volumena i 40 % površine projekcije krošnje (Tablica 13), što predstavlja jak zahvat i nalazi se iznad tzv. kritične temeljnice (Stamenković i Vučković, 1988). Tekući prirast temeljnice i volumena po hektaru na prorijeđenoj površini u razdoblju od 5 godina nakon prorjede iznosio je 85 % prirasta temeljnice i 75% prirasta volumena od kontrolne površine, s dvostruko većim brojem stabala (Tablica 14). Za 5 godina pozitivne reakcije na povećanje prostora za rast preostalih stabala na prorijeđenoj površini nije nadoknađena veličina ukupne temeljnice i volumena uklonjenih prorjedom: ukupna temeljnica i volumen po hektaru iznosili su 2/3, a površina projekcije krošnje 87 % od veličine na kontrolnoj površini.

Međutim, reakcija stabala na prorijeđenoj površini za 5 godina je velika i ogleda se u većem srednjem promjeru po temeljnici za 10,6 %, većem volumenu srednjeg stabla za 21,9 % i većoj površini projekcije krošnje srednjeg stabla za 59,0 % u odnosu na neprorijeđenu površinu (Slika 1). Suprotno tomu, srednja visina po Loraju ( $h_L$ ) na prorijeđenoj je površini manja za 4,2 % u odnosu na neprorijeđenu površinu (Tablica 13).

Naznačajnija reakcija stabala na povećanje prostora za rast utvrđena je kod površine projekcije krošnji na prorijeđenoj površini, gdje je za 5 godina nadoknađeno 82,4 % površine projekcije uklonjene prorjedom. Ukupno ostvarena površina projekcije krošnji (s prorjednim etatom) veća je za 25,3 % od površine projekcije krošnji na kontrolnoj površini. Povećanje površina projekcija krošnji za 5 godina iznosila je 55,6 % na PP-E, a na kon-

Tablica 13. Odnosi elemenata rasta stabala i nasada u 11. i 16. godini na PP-E i PP-K

Table 13. Relations between elements of the growth of trees and plantations in the 11<sup>th</sup> and 16<sup>th</sup> year on the PP-E and PP-K

Pokusna ploha <i>Experimental field</i>	11. godina – 11 <sup>th</sup> year								16. godina – 16 <sup>th</sup> year							
	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>P</i>	$d_g$	$h_L$	$v_g$	$p_k$	$G^*$	<i>V</i>	<i>P</i>	$d_g$	$h_L$	$v_g$	$p_k$	
PP-E nakon prorj. <i>PP-E after thinning</i>	0,541	0,569	0,581	0,597	1,030	1,003	1,067	1,086	0,673 (0,962)	0,667 (0,881)	0,874 (1,253)	1,106	0,958	1,219	1,590	
PP-K	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

\* Vrijednosti u zagradi odnose se na ukupnu produkciju s prorjednim etatom. *Figures in parentheses refer to the total production with the sizes of allowable cuts in thinning.*

Tablica 14. Odnosi tih dobnih prirasta stabala i nasada u razdoblju od 11. do 16. godine između PP-E i PP-K

Table 14. Relations between periodic increments of trees and plantations in the period from 11 to 16 years, between PP-E and PP-K

Pokusna ploha <i>Experimentatl field</i>	Prirast stabla – <i>Increment of tree</i>					Prirast nasada <i>Increment of plantation</i>		
	$i_d$	$i_{hL}$	$i_g$	$i_v$	$i_{pk}$	$i_G$	$i_V$	$i_P$
PP-E	1,397	0,824	1,557	1,375	9,561	0,854	0,753	5,255
PP-K	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

trojnoj površini 6,3 % u odnosu na stanje u 11. godini. Budući da su stabla u 11. godini bila u fazi intenzivnog prirasta, može se zaključiti da su na PP-K, zbog nemogućnosti širenja krošnji imala veći visinski prirast. Suprotno tomu, stabla na PP-E bila su oslobođena konkurenata i imala su veći prirast krošnje u širinu. To je doprinijelo intenziviranju tečajnog (prosječno dobnog)

volumnog prirasta u odnosu na razdoblje prije primjene prorjede na prorijeđenoj površini. Veći asimilacijski aparat stabala na prorijeđenoj površini i veći tečajni prirast promjera i volumena ukazuju na mogućnost produženja ophodnje i povoljniju sortimentnu strukturu u odnosu na kontrolnu površinu.



Slika 1. Tipičan habitus srednjeg stabla na PP-E (lijevo) i PP-K (desno) u 16. godini  
Picture 1 Typical habitus of mean tree on the PP-E (left) and PP-K (right) in the 16<sup>th</sup> year

(Foto: S. Andrašev, 2011)

U usporedbi s podacima o realiziranom etatu pri shematskoj prorjedi u ranije objavljenim radovima (Tablica 15) iznos prorjednog etata u istraživanom nasadu istovjetan je iznosima prorjednog etata klonu I-214 na zemljištu tipa livadska crnica i tipa pseudoglej, pri dvostruko većem broju stabala i shematskoj prorjedi nakon 8 godina od osnivanja nasada. Međutim, struktura prorjednog etata pri selektivnoj prorjedi u istraživanom nasadu znatno je povoljnija u odnosu na podatke o realiziranom etatu pri shematskoj prorjedi. Potencijalna sortimentna struktura u istraživanom nasadu povoljnija je i od prorjednog etata na boljem staništu pri razmaku sadnje  $4,25 \times 4,25$  m i prorjedi u 6. i 8. godini. Samo na najboljem staništu za uzgoj topola, prorjeda u 9. godini sa sličnim brojem stabala pri osnivanju imala je povoljniju sortimentnu strukturu prorjednog etata u odnosu na naša istraživanja.

Rezultati istraživanja ukazuju na opravdanost nastojanja da se prorjeda u nasadima topola tretira i kao biološka i kao ekonomska kategorija. Kao biološka kategorija prorjeda doprinosi ubrzanju rasta preostalih, fenotipski bolje formiranih stabala i postizanju proizvodnog optimuma. Kao ekonomskom kategorijom prorjedom se realizira prethodni prinos, pri čemu se podrazumijeva da sortimenti iz prorjednog etata pokrivaju troškove sječe i osnivanja nasada s većim brojem stabala. U navedenom okviru potrebno je usmjeriti daljnja istraživanja, jer su nasadi topola u kojima se planira prorjeda dovoljno fleksibilni da omogućе prilagođavanje promjenjivim uvjetima tržišta.

Tablica 15. Usporedba veličine prorjednih etata sa strukturom dobivenih sortimenata s dosadašnjim istraživanjima  
 Table 15 Compare the sizes of allowable cuts to the structure obtained assortments with previous research

	Referenca - Reference	$V_L$	$V_I$	$V_{II}$	$V_{cel}$	$V_{otpad}$	$V_{stablo}$
		[%]					[m <sup>3</sup> /ha]
1.	Naša istraživanja, aluvijalno zemljište s procesom posmeđivanja, razmak 6,0 x 6,0 m, prorjeda nakon 11 godina intenziteta 46%. <i>Our research, alluvial soil with the process of browning, space 6,0 x 6,0 m, thinning after 11 years, the intensity of 46%.</i>		20,2	30,0	29,9	19,9	67,34
2.	Marković, et al. (1994), zemljište tipa fluvisol, razmak 4,25 x 4,25 m, prorjeda nakon 6 godina intenziteta 50%. <i>Marković, et al. (1994), soil type fluvisol, spacing 4.25 x 4.25 m, thinning after 6 years, the intensity of 50%.</i>			36,0	50,0	14,0	100,00
3.	Pudar (1986), zemljište tipa fluvisol, razmak 4,25 x 4,25 m, prorjeda nakon 8 godina intenziteta 50%. <i>Pudar (1986), soil type fluvisol, spacing 4.25 x 4.25 m, thinning after 8 years, the intensity of 50%.</i>		14,2	31,7	40,8	13,4	115,45
4.	Pudar (1986), zemljište tipa livadska crnica, razmak 4,25 x 4,25 m, prorjeda nakon 8 godina intenziteta 50%. <i>Pudar (1986), soil type meadow soil, spacing 4.25 x 4.25 m, thinning after 8 years, the intensity of 50%.</i>			16,2	71,4	12,4	66,95
5.	Pudar (1986), zemljište tipa pseudoglej, razmak 4,25 x 4,25 m, prorjeda nakon 8 godina intenziteta 50%. <i>Pudar (1986), soil type pseudogley, spacing 4.25 x 4.25 m, thinning after 8 years, the intensity of 50%.</i>				91,8	8,2	67,52
6.	Novaković (1981), zemljište tipa fluvisol, razmak 6,5 x 5,63 m, prorjeda nakon 9 godina intenziteta 26,5%. <i>Novaković (1981), soil type fluvisol, spacing 6.5 x 5.63 m, thinning after 9 years, the intensity of 26.5%.</i>	19,8	29,3	10,3	26,2	14,4	74,80
7.	Marković, et al. (1997), zemljište tipa fluvisol, ilovaste forme, razmak 2,5 x 2,5 m, prorjeda nakon 9 godina intenziteta 83%. <i>Marković, et al. (1997), soil type fluvisol, loamy forms, spacing 2.5 x 2.5 m, thinning after 9 years, the intensity of 83%.</i>				86,0	14,0	219,20

## 5. ZAKLJUČCI – Conclusions

U nasadu klona I-214 na aluvijalnom zemljištu rijeke Save na kojemu su izraženi procesi posmeđivanja, koji je osnovan pri razmaku sadnje 6 × 6 m, nakon 11 godina od osnivanja primijenjena je prorjedna sječa selektivnog karaktera. U okviru kvadratnog rasporeda stabala izdvojena su fenotipski bolje formirana stabla u broju koji definira prosječan razmak stabala od 8,5 × 8,5 m i uklonjeni su im najznačajniji konkurenti. Na osnovi rezultata usporednih istraživanja na prorijeđenim i neprorijeđenim površinama u pokusnom nasadu u 11. i 16. godini mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Razvoj srednjih sastojinskih i dominantnih stabala pokazao je da je istraživano stanište srednje povoljno za uzgoj klona I-214;
- Kod dominantnih i srednjih sastojinskih stabala širina goda duž vretena debela u ovisnosti od starosti pokazuje da su se stabla do sedme godine razvijala neometano, što pokazuje da s biološkog

gledišta prorjedna sječa prije sedme godine nema opravdanja;

- Konstruirane dvoulazne volumne tablice, dobivene na temelju detaljne izmjere svih stabala iz prorjednog etata, u usporedbi s drugim tablicama i modelima predstavljaju najprecizniju aproksimaciju volumena stabala i nasada u 11. godini razvoja pokusnog nasada, a mogu se uspješno koristiti pri aproksimaciji volumena i u idućem razdoblju od 5 godina;
- Prorjedom su uklonjena 122 stabla po hektaru (46 %), 6,45 m<sup>2</sup>/ha (43 %), 66,08 m<sup>3</sup>/ha (42 %) i 2841 m<sup>2</sup>/ha (40 %) površine projekcije krošnje, što je jačina zahvata iznad tzv. kritične temeljnice. Veličina prorjednog etata selektivne prorjede od 66,08 m<sup>3</sup>/ha nalazi se u granicama koje daju shematske prorjede, na bazi dosadašnjih istraživanja za gustoću od 278 stabala po hektaru i stanište srednje povoljno za raz-



- voj klona I-214. Međutim, sortimentna struktura prorjednog etata selektivne prorjede povoljnija je u odnosu na shematske prorjede u mlađim nasadima na povoljnijim staništima i daje 50 % tehničkog drva, 30 % celuloznog drva i 20 % otpada;
- Reakcija stabala na prorijeđenoj površini za 5 godina ogleđa se u većem srednjem promjeru po temeljnici za 10,6 %, većem volumenu srednjeg stabla za 21,9 % i većoj površini projekcije krošnje srednjeg stabla za 59,0 % u odnosu na neprorijeđenu površinu. Nasuprot tomu, srednja visina po Loraju na prorijeđenoj površini manja je za 4,2 % u odnosu na neprorijeđenu površinu;
  - Tečajni prirast temeljnice i volumena po hektaru na prorijeđenoj površini u vremenu od 5 godina nakon prorjede iznosio je 85 % prirasta temeljnice i 75 % prirasta volumena od kontrolne površine, s dvostruko većim brojem stabala;
  - Veći asimilacijski aparat stabala na prorijeđenoj površini u odnosu na neprorijeđenu i veći tečajni prirast promjera i volumena, ukazuju na mogućnost produženja ophodnje i povoljniju sortimentnu strukturu u odnosu na kontrolnu površinu.

### ZAHVALA – Acknowledgement

*Ovaj je rad realiziran u okviru projekta “Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje” (43007) koji financira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije*

*u okviru programa Integrisanih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011–2014. godine.*

### LITERATURA – References

- Anderson, W. C., R. M. Krinard, 1985: The investment potential of cottonwood sawtimber plantations. In: E. Shoulders (Ed.), Proceedings of the Third Biennial Southern Silvicultural Research Conference, Atlanta, Georgia, November 7–8, 1984, USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. SO-54, str. 190–197.
- Andrašev, S., S. Rončević, B. Kovačević, 2005: Proizvodnost zasada selekcionisanih klonova crnih topola, Šumarstvo, 1–2: 49–58, Beograd.
- Cestar, D., Đ. Kovačić, 1981: Tablice drvnih masa domaćih i euroameričkih topola, Radovi Šumarskog instituta Jastrebarsko, 42: 1–176, Zagreb.
- Jović, D., N. Jović, B. Jovanović, Z. Tomić, S. Banković, M. Medarević, M. Knežević, P. Grbić, N. Živanov, P. Ivanišević, 1994: Tipovi šuma Ravnog Srema, atlas, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
- Kolomijcev, L., B. Čenčikovski, M. Kalajdžić, J. Brna, Đ. Nikolandić, 1961: Lokalne tabele drvnih masa za eurameričke i domaće topole, Jugoslovenski savetodavni centar za poljoprivredu i šumarstvo, str. 38, Beograd.
- Kotar, M., 1987: Vrsta i kakvoća nekih važnijih informacija o staništima i sastojinama za potrebe uređivanja šuma, Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje, 3: 177–194, Zagreb.
- Kotar, M., 2005: Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah, Zveza gozdarskih društev Slovenije in Zavod za gozdove Slovenije, str. 500, Ljubljana.
- Krinard, R. M., R. L. Johnson, 1980: Fifteen years of cottonwood plantation growth and yield. South. J. Appl. For. 4 (4): 180–185.
- Krinard, R. M., H. E. Jr. Kennedy, 1983: Growth, Thinning Treatments, and Soil Properties in a 10-Year-Old Cottonwood Plantation on a Clay Site. USDA For. Serv. Research note SO-302.
- Krinard, R. M., R. L. Johnson, 1984: Cottonwood plantation growth through 20 years. USDA For. Serv. Res. Pap. SO-212.
- Marković, J., 1985: Produkcija drvne mase, naravi rasta i prirasta u zavisnosti od gustine zasada topola, Radovi Instituta za topolarstvo, 16: 67–100, Novi Sad.
- Marković, J., 1986: Zasadi topola i vrba, u: Guzina, V. (ur.), Topole i vrbe u Jugoslaviji, Institut za topolarstvo, str. 36–43, Novi Sad.
- Marković, J., Z. Pudar, S. Rončević, 1994: Efekti proreda u nekim zasadima topola, Zbornik radova sa zaključcima savetovanja “Uzgojno-biološki i ekonomski značaj proreda u šumskim kulturama i mladim šumama”, Javno preduzeće za gazdovanje šumama “Srbijašume”, str. 107–122, Beograd.
- Marković, J., S. Rončević, S. Andrašev, 1997a: Effect of thinning on wood volume production in poplar plantations, 3<sup>rd</sup> International Conference on the Development of Forestry, Wood Science and Technology (ICFWS), 29<sup>th</sup> September – 3<sup>rd</sup> October, Belgrade & Mt. Goč, Serbia/Yugoslavia. Proceedings, vol. II, str. 201–208.

- Marković, J., S. Rončević, Z. Pudar, 1997b: Izbor razmaka sadnje pri osnivanju zasada topola, *Topola*, 159/160, str. 7–28.
- Marković, J., S. Rončević, S. Andrašev, 2001: Effect of plantation density on the production of poplar biomass *Populus deltoides* Bartr. Third Balkan Conference “Study, conservation and utilisation of the forest resources“ Sofia. Conference Proceedings, vol. I, str. 435–443.
- Novaković, M., 1981: Utjecaj smanjenja broja stabala na proizvodnju u plantaži topola “Pampas“, magistarski rad, Složena šumsko gospodarska organizacija “Slavonska šuma“, str. 61, Osijek.
- Panić, Đ., 1973: Lokalne zapreminske tablice za topolu *Populus euramericana* (Dode) Guinier cv. “robusta“, Institut za šumarstvo i drvnu industriju Beograd, posebno izdanje, br. 35, str. 93.
- Pudar, Z., 1986: Ekonomski aspekti proizvodnje drveta topole, *Populus x euramericana* (Dode) Guinier, cl. I-214 u zasadima različite gustine, Radovi Instituta za topolarstvo, 17: 1–121, Novi Sad.
- Stamenković, V., V. Mišćević, 1970: Razvoj i prirast kulture topole (I-214) u dolini Crne reke na oglednom dobru Debeli lug, *Šumarstvo*, 5–6: 21–34, Beograd.
- Stamenković, V., M. Vučković, 1988: Prirast i proizvodnost stabala i šumskih sastojina, *Šumarski fakultet*, str. 368, Beograd.
- Stanturf, J. A., C. van Oosten, D. A. Netzer, M. D. Coleman, C. J. Portwood, 2001: Ecology and silviculture of poplar plantations. In: D. I. Dickmann, J. G. Isebrands, J. E. Eckenwalder and J. Richardson (Ed.), *Poplar Culture in North America. Part A, Chapter 5*, NRC Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa, ON KIA OR6, Canada, 153–206.
- Šimunović, N., 1971: Ispitivanje ekonomičnosti proizvodnje topolovine po tipovima kultura i razmaku sadnje, *Šumarstvo*, 1–2: 39–57, Beograd.
- Trifunović, D., 1956: Tabele drvnih masa dubelih drveta topole *Populus x euramericana* (Dode) Guinier f. serotina, Beograd.
- Vasilić, V., 1963: Topole u Jugoslaviji, *Topola*, *Bilten JKNT*, 34–35: 8–15, Beograd.
- Živanov, N., P. Ivanišević, P. Grbić, 1985: Rezultati uzgoja topola na eutričnom kambisolu (gajnjača), *Topola*, *Bilten JNK T*, 145–146: 27–34, Beograd.
- \*\*\* 2005: Posebna osnova za gazdovanje šumama za GJ “Neprečava-Varoš-Lazarica” za period 2005–2014, Beograd.

*SUMMARY: Research was conducted in the experiment plot of euramerican poplar, clone I-214, which was founded with one year seedling type 1/1 with spacing 6 × 6 m in the square system on the alluvial soils of river Sava basin in which browning processes is expressed.*

*Eleven years after the plantation establishment 3 blocks with two experimental plot of 0.2016 ha, which are separated by a so-called. protective order, were singled out. In the experimental plot all the trees were numbered and measured by two cross-dbh, with an accuracy of 1 mm, and height, with an accuracy of 1 dm. The crown projection radius of 8 positions, each rotated to 45°, were measured.*

*On the three experimental plots (one in each block) selective thinning was carried out (PP-E), at which in each plots 50 % of trees were cut down, or the distance between the trees raised on average 8.5 × 8.5 m. Firstly, a collective called. promising trees set aside, in the number that corresponds to an average distance of 8.5 × 8.5 m, and their main competitors were removed. The trees behind in development, which is mainly due to additional filling in plantations two years after planting, are also removed because they were judged as silvicultural non-perspective. The remaining three experimental plots were control (PP-K).*

*In each repetition trees for dendrometric analysis were sampled, the dominant one ( $d_{g20\%}$ ) and a mean tree which has mean quadratic diameter ( $d_g$ ). In the 16<sup>th</sup> years of plantation development diameters at breast height (dbh) and height of each tree were re-measured, sa well as crown projection radius.*

*The development of mean and dominant trees showed that the investigated habitat is the medium favorable for the cultivation of the poplar clone I-214.*

Current increment of diameter, height and volume in the 11<sup>th</sup> year was in the intensive phase, where volume increment has not yet culminated (Figure 1–3).

As a suitable element of growth to determine the start of thinning operation on a biological point of view, can be ring width along the spindle tree. In the first five years the tree has had a full solitary growth, and from the seventh year there is a competitive relationship between trees in plantation, which is manifested by changing the ring width along the spindle tree (Figure 4 and 5). This means that before the seventh year thinning does not have any biological justification.

Models 1 and 2 of volume tables, constructed measuring felled trees from thinning (Table 2), and which are the dependence of the volume of tree from diameter at breast height (model 1) and from the diameter at breast and height (model 2), proved to be equally good at calculating the volume per hectare in the 11<sup>th</sup> year and more convenient compared to other tables and models (Table 3). To calculate the volume in the 16<sup>th</sup> year two input volume tables can be successfully used (model 2), while the application of model 1 is limited at the 11<sup>th</sup> year.

In the 11<sup>th</sup> year at the experimental plot an average of 263–266 trees per hectare are found, which represents a survival rate of about 95 %. Total basal area averaged from 14.70 to 14.97 m<sup>2</sup>/ha, while volume was an average from 156.67 to 157.62 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>. By applying the statistical *t*-test significant difference in the number of trees, basal area and volume per hectare was not determined within the experimental plots before applying the silvicultural treatments (Table 4).

By applying thinning operation, 122 trees per hectare (46%), 6.45 m<sup>2</sup>/ha (43 %) of the total basal area, 66.08 m<sup>3</sup>/ha (42%) of the total volume and 2645 m<sup>2</sup>/ha (40 %) of the the crown projection area were removed, which represent a strong procedure and is located above the so-called. critical basal area (Table 4, 13). Size of allowable cut in the thinning of 66.08 m<sup>3</sup>/ha was in the limits expected on the basis of previous research for the density of 278 trees per hectare and the habitat medium favorable for the development of poplar clone I-214. However, the assortment structure of allowable cut is more favorable compared to thinning in younger plantations in the more favorable habitats and produces 50 % of technical wood, 30% of pulpwood and 20 % of wastewood (Table 4, 9, 15).

Between 11 and 16 years on both series of experimental plot the mortality of trees was not determined. Five years after application of thinning treatment a significant difference in the number of trees, basal area, volume and crown projection areas of trees per hectare were determined between the experimental and control plots (Table 4). The significant difference in the mean diameters, heights and crown projection areas of the mean and the dominant trees (Table 5, 6), as well as between the diameter structures (Figure 7) were also determined between investigated plots.

For a period of 5 years after application of thinning operation at the experimental field current basal area and volume increment per hectare accounted 85 % of basal area increment and 75 % of volume increment of the control plots which had the number of trees twice higher than experimental plots (Table 14). For five years of positive reactions to increase growing space of remaining trees on the experimental plots the size of the total basal area and volume of trees removed by thinning operation is not compensated: the total basal area and the volume per hectare amounted to 2/3, and the crown projection area amounted 87 % of the size of the control plot.

The reaction of trees on experimental plot with thinning treatment for 5 years is great and is reflected in greater mean diameter by 10.6 %, greater

mean tree volume by 21.9 % and increased the crown projection area by 59.0 % compared to control plot. In contrast, the mean Lorey's height at the experimental plot with thinning treatment decreased by 4.2 % compared to control plot. This has contributed to the intensification of the current (average periodic) volume increment compared to the period before applying thinning operation. Greater assimilation apparatus of trees in the experimental plots with thinning treatment and higher current diameter and volume increment indicate the need to extend the production cycle at the best assortment structure compared to the control plot.

The research results indicate the validity of efforts that the thinning operation in poplar plantations should be treated as a biological and an economic category. As a biological category the thinning operation contributes to accelerating the growth of the remaining phenotypically better established trees and achieve optimum production. As economic categories with thinning operation realized the previous crop, and it being understood that the assortment of allowable cut in the thinning cover cost cutting and the establishment of plantations with more trees. In this framework it is necessary to direct further research, because the poplar plantations, which are aimed to applying thinning operation, are flexible enough to allow adaptation to changing market conditions.

*Key words:* poplar clone I-214, wide planting, selective thinning, effects of thinning, growth