

## DRVO VRBE (*Salix alba*) KAO SIROVINA ZA PROIZVODNJU VLAKANA

Istraživana su svojstva drveta vrbe (strukturno fizička, mehanička i hemijski sastav), u cilju određivanja parametara u tehnološkom postupku proizvodnje, poluceluloze i sulfatne celuloze. Kao eksperimentalni materijal je poslužilo drvo vrbe *Salix alba* cl.107/65/7. Dobijanje poluceluloze i sulfatne celuloze je obavljeno na laboratorijskom nivou. Ustanovljen je prinos, određene hemijske osobine i fizičko mehanička svojstva dobijenih polufabrikata, namenjenih za proizvodnju papira. Paralelno su izvedena ispitivanja osobina drveta i proizvodnje poluceluloze i celuloze od drveta topole *Populus deltoides* Bartr. cl.725 u cilju poredjenja.

Značajan i konstantan rast potreba za drvetom kao sirovinom, uz smanjenje dostupnih zalih drveća, je doveo do povećanog interesa za potencijalnu biomasu iz zasada brzorastućih vrsta sa kratkim ciklusima ophodnje. Primarna sirovina – drvo – čije je poreklo od plantažno gajenih brzorastućih vrsta, uočeno je kao vrlo važna mogućnost i za sektor šumarstva, ali i za sektor poljoprivrede, pogotovo za zemlje koje imaju na raspolaganju velike površine nepogodne za poljoprivrednu proizvodnju [1].

Potencijalne mogućnosti primene drveta topola i vrba kao zamene za tradicionalne sirovine u proizvodnji poluceluloze i hemijske celuloze su potvrđene mnogobrojnim istraživanjima [2–6]. Zahvaljujući uspešnim rezultatima u selekciji i gajenju topola i vrba razvijeni su klonovi odgovarajućeg kvaliteta za preradu u vlakna [3, 7–10]. U Institutu za topolarstvo se već dugi niz godina provode istraživanja pogodnosti za hemijsku preradu uobičajenih sortimenata, ali takodje i celih stabala i granjevine od selekcionisanih klonova topola i vrba [11–20]. Dobijeni rezultati dokazuju da drvo topole i vrbe iz zasada kratke ophodnje može biti odlična sirovina za proizvodnju papira različitog kvaliteta.

Cilj ovog rada je da pokaže da je drvo vrbe, koja se u Srbiji može naći i u prirodnim šumama, ali i u obliku zasada selekcionisanih klonova, veoma kvalitetna sirovina za industriju vlakana. Podaci o površinama i prirastu zasada i prirodnih šuma topola i vrba u Srbiji [21] su prikazani u tabeli 1. Od ukupne površine pod topolama i vrbama od 53 971 ha zasadi euameričkih topola zauzimaju 37 444 ha (70%), a vrbe 15 205 ha (28%) (tabela 1). Plantažni uzgoj topola se obavlja na 13105 ha (25%), klasični zasadi topola zauzimaju 24339 ha (45%), klasične kulture vrba iznose 6 942 ha (13%); prirodno nastale

šume domaćih topola zauzimaju 1 322 ha (2%) i prirodno nastale šume vrba 8263 ha (15%).

Prosečne zalihe drvnih masa na jedinici površine su najveće u šumama domaćih topola 220 m<sup>3</sup>/ha, a razlog je, uglavnom, starost preko 35 godina.

U plantažnom uzgoju topola drvena masa je 188 m<sup>3</sup>/ha, u klasičnim zasadima 154 m<sup>3</sup>/ha, u kulturama vrba 140 m<sup>3</sup>/ha a najmanje u prirodnim šumama vrba 102 m<sup>3</sup>/ha. Kako se iz pregleda vidi, na osnovu udela od skoro 30%, i sa zapreminom drveta od blizu 2 miliona kubnih metara, udeo drveta vrbe nije zanemarljiv. Rezultati ovog rada će pokazati da je kvalitet proizvedenih vlakana takodje, na zavidnom nivou.

### MATERIJAL I METODE

Drvo vrbe *Salix alba* cl.107/65/7 starosti 13 godina i drvo topole *P. deltoides* cl.725 starosti 9 godina je korišćeno kao sirovina za laboratorijsku proizvodnju poluceluloze po NSSC postupku i sulfatne celuloze. Određivanje zapremine mase drveta je urađeno prema standardu (JUS standard D.A1.044). Modifikovana metoda Franklin-a je korišćena za maceraciju drveta pri analizi vlakana [22], a masena dužina vlakana je određena prema Clark-u [23]. Sadržaj Klason lignina je određen prema TAPPI standardu T13m 54; pepeo T211m 58; ekstraktivi T204 os76. Sadržaj pentozana je određen bromid bromatnom metodom, a sadržaj celuloze Kürschner Hoffer metodom [24].

Prinos i Kappa broj su određeni prema standardu TAPPI Test Method T-236. Laboratorijski listovi su testirani na jačinu kidanja, probijanja i cepanja prema modifikovanom standardu TAPPI T 205 om-81 i T 220 om-83.

### REZULTATI I DISKUSIJA

#### Osobine drveta

Prosečna dužina drvnih vlakana za vrbu iznosi 1,085 mm, a za topolu 1,088 mm. Prosečna zapremin-

ska masa (nominalna) je za vrbu 379 kg/m<sup>3</sup>, a za topolu 390 kg/m<sup>3</sup>. Prema tome, razlike u dužini vlakana i zapreminskoj masi drveta odabranih klonova topole i vrbe su neznatne. Rezultati hemijske analize su dati u tabeli 2.

Tokom naših dosadašnjih istraživanja nisu ustanovljene posebne razlike u hemijskom sastavu drveta topola i vrba, tako da su i ove minimalne razlike u sastavu, u skladu sa tim. Jedino se ističe nešto veći sadržaj ligni-

Tabela 1. Površine i zapremine drvene mase topola i vrba u Srbiji  
Table 1. Areas and wood volumes of poplar and willow in Serbia

Površina Zapremina	Eurameričke topole			Domaće topole	Vrbe			Sveukupno
	plantaže	klasični zasadi	svega zasadi	Prirodne	kulture	prirodne	svega	
Površina, ha	13 105	24 339	37 444	1 322	6 942	8 263	15 205	53 971
Površina, %	24	46	70	2	13	15	28	100
Zapremina (000) m <sup>3</sup>	2 464	3 740	6 204	291	969	842	1 811	8 306
Zapremina m <sup>3</sup> /ha	188	154	166	220	140	102	119	154

Tabela 2. Hemijski sastav drveta topole i vrbe (prosečne vrednosti)  
Table 2. Chemical composition of poplar and willow wood (average values)

Vrsta Klon	Celuloza, %	Pentozani, %	Klason lignin, %	Ekstraktivi, %	Pepeo, %	Celuloza + Pentozani
Vrba cl.107/65/7	49,45	19,58	23,40	3,63	0,52	69,03
Topola cl.725	50,03	19,76	22,78	3,25	0,65	69,79

Tabela 3. Osobine poluceluloze proizvedene od drveta vrbe i topole  
Table 3. Properties of semichemical pulp produced from poplar and willow wood

Pokazatelj	8% Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>			10% Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>		
<i>Salix alba</i> cl. 107/65/7						
Prinos, %	81,0			88,4		
Hemijske osobine						
Kappa broj	91,8			88,4		
Lignin, %	15,7			14,9		
Pentozani%	15,5			15,8		
Vreme mlevenja, min	0	1	2	0	1	2
Stepen mlevenja, °SR	17	24	32	16	27	33
Mehaničke osobine (127g/m <sup>2</sup> )						
Dužina kidanja, m	4150	7250	8950	4550	7950	9350
Istezanje, %	1,4	1,5	1,7	1,5	2,1	2,6
Mullen, kPa	134	347	520	158	420	587
CMT, N	132	247	307	123	291	322
Upijanje vode, mm	50	27	15	53	23	11
<i>P. deltoides</i> cl. 725						
Prinos, %	82,9			79,5		
Hemijske osobine						
Kappa broj	98,6			95,6		
Lignin %	17,0			16,7		
Pentozani, %	16,0			16,4		
Vreme mlevenja, min	0	1	2	0	1	2
Stepen mlevenja, °SR	15	20	30	15	23	35
Mehaničke osobine (127g/m <sup>2</sup> )						
Dužina kidanja, m	3000	5350	7300	3100	6800	8350
Istezanje, %	1,7	1,9	2,3	1,3	2,3	2,6
Mullen, kPa	76	220	385	149	334	471
CMT, N	121	191	291	142	272	346
Upijanje vode, mm	45	33	23	49	22	19

na i ekstraktivnih materija u drvetu vrbe u odnosu na topolu.

### Dobijanje i osobine poluceluloze

Poluceluloza je proizvedena u laboratorijskim uslovima (rotirajući autoklav zapremine 10 litara). Unos  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  je iznosio 8% i 10%, temperatura kuvanja  $175^\circ\text{C}$ , hidromodul 1:4, vreme zakuvavanja 60 min, a kuvanja 30 min.

Posle kuvanja je odvojen crni lug i određene njegove fizičko-hemijske osobine. Sečka je mlevena dvostrukim propuštanjem kroz laboratorijski disk rafiner. Sekundarno mlevenje je izvršeno u laboratorijskom PFI mlinu. Hemijske, fizičke i mehaničke osobine proizvedene poluceluloze su prikazane u tabeli 3.

Iz podataka datih u tabeli se vidi da je prinos poluceluloze u većini slučajeva nešto iznad 80%. Veći unos  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  je u svim varijantama imao za posledicu veće izdvajanje lignina i nešto značajniju razgradnju pentoza, što je u saglasnosti sa prinosom poluceluloze.

U celini posmatrano, mehaničke osobine poluceluloze od drveta vrbe su povoljnije u odnosu na topolu. Tako je na primer, dužina kidanja za najmanje 1000 m

veća kod poluceluloze od vrbovog drveta, za isti stepen mlevenja, što važi i za vrednosti otpora na probijanje. CMT vrednosti se u manjoj meri razlikuju međusobno. Veće uklanjanje lignina tokom procesa kuvanja ima za posledicu povoljnije mehaničke osobine poluceluloze, dok je kapilarno upijanje vode u direktnoj zavisnosti od promene stepena mlevenja mase.

### Dobijanje i osobine sulfatne celuloze

Kuvanja su obavljena na laboratorijskom nivou, tako da je proizvedena celuloza posebno od drveta vrbe, posebno od drveta topole, kao i od njihove mešavine u odnosu 50:50. Koncentracija aktivnih alkalija je iznosila 17% u odnosu na apsolutno suvo drvo, hidromodul 1:3,5, temperatura kuvanja  $167^\circ\text{C}$ , a vreme zagrevanja 120 min i trajanje kuvanja 60 min. Prinos i osnovne osobine dobijene celuloze su prikazani u tabeli 4.

Prinos dobijene nebeljene sulfatne celuloze je u svim slučajevima preko 50%, sa prihvatljivom tvrdoćom, odnosno stepenom beline. Mehaničke osobine celuloze su prikazane u tabeli 5, u zavisnosti od trajanja mlevenja, odnosno postignutog stepena mlevenja.

Tabela 4. Prinos i osobine sulfatne celuloze  
Table 4. Yield and properties of sulphate pulp

Vrsta	Prinos %	Kappa broj	Belina (ELR), %	Preostale alkalije %
Vrba cl.107/65/7	50,1	14,5	39,5	10,4
Topola cl. 725	51,8	15,3	36,3	14,1
Topola: vrba 50: 50	52,9	14,2	38,4	10,6

Tabela 5. Mehaničke osobine nebeljene sulfatne celuloze  
Table 5. Mechanical properties of unbleached sulphate pulp

Pokazatelj	Vrednosti			
<i>Vrba Salix alba</i> , cl.107/65/7				
Trajanje mlevenja, min	0	15	30	40
Stepen mlevenja, °SR	20	29	40	52
Indeks kidanja, Nm/g	56,0	87,6	95,2	109,9
Indeks probijanja, kPam <sup>2</sup> /g	2,75	4,64	5,35	6,28
Indeks cepanja, mNm <sup>2</sup> /g	5,65	8,25	6,94	6,54
Broj dvostrukih savijanja	61	281	458	470
<i>Topola P.deltoides</i> , cl.725				
Trajanje mlevenja, min	0	15	30	35
Stepen mlevenja	°SR	21	29	44
Indeks kidanja, Nm/g	47,4	78,6	88,7	96,4
Indeks probijanja, kPam <sup>2</sup> /g	2,1	3,81	5,24	5,48
Indeks cepanja, mNm <sup>2</sup> /g	4,46	6,21	5,54	5,92
Broj dvostrukih savijanja	10	75	185	141
Mešavina drveta topole i vrbe, 50 : 50				
Trajanje mlevenja, min	0	15	27	37
Stepen mlevenja, °SR	20	30	40	50
Indeks kidanja, Nm/g	55,4	87,8	93,7	98,3
Indeks probijanja, kPam <sup>2</sup> /g	2,02	4,71	4,87	5,49
Indeks cepanja, mNm <sup>2</sup> /g	5,78	6,05	6,60	5,60
Broj dvostrukih savijanja	22	247	266	230

Na osnovu analize rezultata datih u tabeli 5, može se uočiti da se povećanjem stepena mlevenja (u ispitanim relacijama) poboljšavaju mehaničke osobine dobijene celuloze. Celuloza na bazi drveta vrbe odlikuje se zavidnim mehaničkim osobinama, boljim od celuloze od topolovog drveta, a pojedine vrednosti i od mešavine ove dve vrste drveta. Na osnovu ovih rezultata može se zaključiti da ne postoje smetnje da se kao sirovina za proizvodnju sulfatne celuloze koristi mešavina drveta topole i vrbe, kao ni čisto drvo vrbe.

## ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada prikazan je deo rezultata istraživanja provedenih u Institutu za topolarstvo u Novom Sadu koja se odnose na korišćenje drveta topola i vrba kao sirovine za proizvodnju poluceluloze i sulfatne celuloze. Poluceluloza po NSSC postupku i sulfatna celuloza su proizvedene u laboratorijskom kuvaču. Dobijeni rezultati su pokazali, a to potvrđuje i industrijska praksa, da drvo mekih lišćara – topola i vrba prevashodno, može da posluži kao sirovina za proizvodnju vlakana. Ako se pored povoljnih tehnoloških karakteristika drveta uzme u obzir niz prednosti vezanih za kraće vreme produkcije i mogućnost namenske selekcije i proizvodnje, onda je jasno da je drvo mekih lišćara, u našim uslovima deficitna na četinarskom drvetu, vrlo značajan izvor sirovine za proizvodnju vlakana.

U periodu u kojem je u Srbiji konstatovan značajan deficit drveta topola za preradu u drvenjaču i celulozu, i kada bi trebalo planom obuhvatiti osnivanje značajnih površina novih zasada, sigurno treba uzeti u obzir i staništa koja su pogodna za osnivanje zasada vrba. Uzgojem selekcionisanih klonova koja ispunjavaju postavljene zahteve kvaliteta, moglo bi se u značajnoj meri doprineti smanjenju deficita drveta za proizvodnju vlakana u zemlji.

## LITERATURA

[1] Alig, J.R., Adams, M.D., Mccarl, A.B., Ince, J.P.: Economic potential of short-rotation woody crops on agricultural land for pulp fiber production in the United States. *Forest Prod. J.* **50** (5) (2000) 67–74.

[2] Blechschmidt, J., Wurdinger, St., Graf, M., Engert, I. CTMP aus einheimischen Holzarten (Teil 1). *Zellstoff und Papier* **38** (1) (1989) 8–13.

[3] Blechschmidt, J. Present day aspects of fiber production for the paper industry. *Papier* **50** (2) (1996) 60–61.

[4] Myers, G.C., Arola, R.A. Horn, R.A., Wegner, T.H. Chemical and mechanical pulping of aspen chunkwood, mature wood and juvenile wood. *TAPPI J.* **79** (12) (1996) 161–168.

[5] Matyas, C., Peszlen, I. Effect of age on selected wood quality traits of poplar clones. *Silvae Genetica* **46** (2–3) (1997) 64–72.

[6] Goswami, T., Saikia, C.N., Baruah, R.K., Sarma, C.M. Characterization of pulp obtained from *Populus deltoides*

plants of different ages using Ir, XRD and SEM. *Bioresource Technology* **57** (2) (1996) 209–214.

[7] Petitconil, M., Robert, A., Pierrard, J.M. Fundamental principles of mechanical pulping from softwoods and hardwoods. 1. Theoretical aspects. *Cell. Chem. Technol.* **31** (1–2) (1997) 93–104.

[8] Broderick, G., Paris, J., Valade, J.L., Wood, J. Linking the fiber characteristics and handsheet properties of a high yield pulp. *TAPPI J.* **79** (1) (1996) 161–169.

[9] Chantre, G., Janin, G., Chaunis, S., Dilem, A. Comparaison de deux methodes d'estimation de la variabilite clonale des qualites papetieres du peuplier. *Can. Journ. For. Res.* **24** (1994) 1419–1425.

[10] Chantre, G. Variabilite clonale des caracteristiques technologiques chez le peuplier. *C.R. Acad. Agric. Fr.* **81** (3) (1995) 207–224.

[11] Klašnja, B., Kopitović, S., Koralija, Z. Poluceluloza iz granjevine nekih klonova američke crne topole i eurameričkih topola (*P. deltoides* i *P. x euramericana*) kratke ophodnje., *Topola* **151/152** (1987) 55–58.

[12] Kopitović, S., Klašnja, B., Koralija, Z. Poluceluloza po neutralsulfatnom postupku na bazi drveta više klonova topola., *Kemija u industriji* **40** (9) (1991) 357–364.

[13] Kopitović, S., Klašnja, B. Korišćenje drveta pojedinih klonova topola i vrba za proizvodnju nebeljene sulfatne celuloze i poluceluloze. *Radovi Instituta za topolarstvo Novi Sad*, **16** (1985) 325–340.

[14] Kopitović, S., Klašnja, B. Some characteristics of the process of sulphate pulping of poplar and willows wood obtained from short rotation plantations. 5th European Conference "Biomass for Energy and Industries", Conference Proceedings 2 (1989) 957–961.

[15] Klašnja, B., Kopitović, S., Marjanović, A. Uticaj skladištenja drveta topole i vrbe na svojstva drveta i osobine sulfatne celuloze. IV Jugoslovenski simpozijum o celulozi i papiru, Banja Luka, Zbornik radova (1989) 21–39.

[16] Klašnja, B., Kopitović, S. Influence of input variables of the sulphate process on the pulp yield and chemical properties of pulp from poplar wood. 7th European Conference "Biomass for Energy and Environment, Agriculture and Industry", Conference Proceedings (1992) M4. P3. 102.

[17] Klašnja, B., Kopitović, S. Interaction between Output Variables in the Process of Sulphate Pulping of Poplar Wood. *Drevarsky vyskum No.* **135** (1992) 1–13.

[18] Marković, J., Rončević, S., Pudar, Z. Effect of poplar plantation density on the production of biomass in short rotation. 9th European Bioenergy Conference, Proceedings Vol I (1996) 739–744.

[19] Kopitović, S., Klašnja, B., Marković, J. Main characteristics of poplar and willow wood as raw material for fiber and energy production. 21st International Poplar Commission Session, Portland USA Proceedings (2000) 97.

[20] Klašnja, B., Kopitović, S., Orlović, S.: Wood of some poplar and willow clones as raw material for kraft pulp production. *Drevarsky vyskum* **46** (4) (2001) 1–8.

[21] Marković, J., Kopitović, Š., Klašnja, B., Rončević, S. Domaće sirovine za proizvodnju celuloze i papira. VI Jugoslovenski simpozijum iz oblasti celuloze, papira, ambalaže i grafike, Zlatibor, Zbornik radova (2000) 19–40.

[22] Franklin, G.L. Preparation of thin sections of synthetic resins, and woodresin composites, and a new macerating method for wood. *Nature* **51** (1945) 145.

[23] Clark, J.A. Pulp technology and treatment (translation to Russian). Lesnaja promislennost, Moskva (1983) 62.

[24] Pravilova, T.A. Himiceskij kontrol proizvodstva sulfatnoj celulozi. Lesnaja promislennost, Moskva (1984).

## SUMMARY

### WILLOW WOOD (*Salix alba*) AS A RAW MATERIAL FOR PULP PRODUCTION

(Scientific paper)

Bojana Klašnja, Saša Orlović, Nenad Radosavljević, Miroslav Marković  
Faculty of Agriculture, Institute of Lowland Forestry and Environment, Novi Sad Serbia and Montenegro

The properties of willow wood (structural–physical and mechanical properties and chemical composition) were investigated to determine the parameters of the technological process of semichemical and sulphate pulp manufacture. The experimental material was willow wood *Salix alba* cl. 107/65/7. Semiche-mical and sulphate pulp were obtained in the laboratory. The yield, chemical properties and physical–mechanical properties of the obtained intermediate products intended for paper manufacture, were determined. The properties of poplar wood *Populus deltoides* Bartr. cl.725, were studied and its pulp production performed with the aim of comparison.

Key words: Willow • Poplar semichemical pulp • Unbleached sulphate pulp •

Ključne reči: Vrba • Topola • Poluceluloza • Nebeljena sulfatna celuloza •