

## PILANSKA OBRADBA BUKVE (*Fagus sylvatica* L.) U HRVATSKOJ

BEECH (*Fagus Sylvatica* L.) SAWMILL PROCESSING IN CROATIA\*

Josip IŠTVANIĆ\*\*

**SAŽETAK:** Bukva je danas po količini u ukupnom šumskom fondu, glede količine proizvedenih pilanskih trupaca, od velikog značenja za pilansku industriju Hrvatske. Bukovina ima niz pozitivnih, ali i negativnih svojstava, glede izrade piljene građe. Za pilansku obradbu bukovine posebno su značajna njena fina tekstura i dobra obradljivost, pozitivna svojstva ali i određene negativne osobine, ponajprije česta prisutnost tamno obojene nepravne srži, mala prirodna trajnost, podložnost razgradnji mikroorganizmima, sklonost piravosti i prešlosti, relativno veliko utezanje kod sušenja i podložnost raspucavanju prilikom manipulacije i sušenja. Razvoj tehnologije i tehnike, posebice u nekoliko zadnjih desetljeća, omogućio je u velikoj mjeri savladavanje većine negativnih osobina bukovine, pa je ona postala vrlo traženi materijal u obradbi drva. Danas se određenim metodama iskorištavanja i eksploracije uskladenim s ritmom obradbe te zaštitom trupaca na pilani, uspijeva velikim dijelom spriječiti pojave piravosti i prešlosti. Određenim rezimima hidrotermičke obrade (sušenjem i parenjem) može se postići umanjenje grešaka od sušenja i smanjenje razlike u boji između bijeli i srži. Određenim načinima piljenja trupaca moguće je znatno umanjiti deformacije proizvedenih pilanskih proizvoda. Danas na obradbu na pilane dolazi sve više i bukovina s mnogo grešaka (kvrga, sljepice, zakrivenost i dr.) te trupci i oblovinia manjih dimenzija. Ona se određenom tehnikom i tehnologijom može manje ili više uspješno obradivati. Bukova pilanska sirovina koja se doprema na obradu na pilane ima različite specifične karakteristike. To ovisi o cijelokupnoj organizaciji i tehnološkoj koncepciji proizvodnje na pilani, pilanskim sortimentima koji se proizvode, karakteristikama šumske eksploracije, načinima i mogućnostima prijevoza sirovine do pilane itd. Ovisno o primjenjenim normama, razvrstavanje bukove pilanske sirovine izvodi se prema kriterijama namjene, uporabe, promjera i kakvoće. Iz najkvalitetnijih bukovih trupaca nekada su se izradivale kladarke, kao najkvalitetniji i najvrjedniji primarni pilanski proizvod. Danas su takav proizvod samice i polusamice, odnosno visokokvalitetne neokrajčene, poluokrajčene i okrajčene piljenice. Uz ove piljenice izrađuju se i piljenice nešto niže kvalitete tzv. doradne piljenice. Sekundarnom obrad bom ponajprije doradnih bukovih piljenica, izrađuju se najčešće drveni elementi, popruge i lamel građa. Iz bukovine se još izrađuju pragovi i srčanice. Bukovi se trupci u našim pilanama najčešće raspiljuju tehnikama piljenje u cijelo, prizmiranjem i kružno, dok se slavonski i kartje način piljenja koristi vrlo rijetko. Pokazalo se da su jarmače pogodnije za obradbu tanjih i niže kvalitetnih bukovih trupaca sa dispergiranim greškama

\* Rad je proširena verzija poglavlja Pilanska obradba Bukve u Hrvatskoj, monografije Bukva u Hrvatskoj  
This paper is extension part of Beech sawmill processing in Croatia, monograph Beech in Croatia

\*\* Mr. sc. Josip Ištvanić, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

(kvrgama). Nasuprot tomu, za obradbu kvalitetnijih i debljih trupaca ili trupaca s pojedinačnim rasporedom grešaka mogu se uspješnije koristiti za raspiljivanje tračne pile sa svim svojim prednostima individualnog pristupa piljenju. U radu su izneseni i rezultati istraživanja određenih pokazatelja uspješnosti pilanske obradbe bukovine. Može se očekivati daljnji razvoj pilanske obradbe bukovine u nas, i to sve više u smjeru izradbe drvnih elemenata sve višeg stadija obradbe (bljanje, brušenje i dr.). Već sada neke pilane izraduju i proizvode višeg stadija obradbe od drvnih elemenata, kao što su gotovi parket i masivne lijepljene ploče. Za dalji razvoj pilanske obradbe bukovine, a i ostalih vrsta drva, trebat će više pozornosti posvetiti i tzv. kompleksnom iskorištenju trupaca, čime bi se racionalnim rješenjem pilanskog ostatka povećala ukupna vrijednost proizvodnje.

*Ključne riječi:* obična bukva (*Fagus sylvatica L.*), pilanska tehnologija, pilanska sirovina, pilanski proizvodi, kvantitativno i vrijednosno iskorištenje

## KRATKI POVIJESNI PRIKAZ PILANSKE OBRADBE BUKVE U HRVATSKOJ

### Short overview of beech sawmill processing in Croatia

Kada je pred I. svjetski rat engleski trgovac Chingford od jednog bečkog trgovca za probu zatražio vagon neokrajčene neparene bukove piljene građe, ovaj je odio bio da je isporuči iz straha da će se pokvariti (Oreščanin 1980).

Naime bukovina je uz svoje male prirodne trajnosti, tj. podložnosti razgradnji mikroorganizmima, podložna i zatiljavanju. Te su pojave u našoj praksi i stručnoj literaturi poznate pod nazivom piravost, odnosno zagušenost bukve. Ove greške bukvi znatno smanjuju mehanička svojstva i permeabilnost, a time uvelike one moguće su uporabu za izradbu proizvoda koji će se upotrebljavati na otvorenom prostoru, kao što je čest slučaj sa željezničkim pragovima. Uzrok toj pojavi je zakašnjela sječa i dugotrajno zadržavanje bukovine na pomoćnim šumskim ili pilanskim stovarištima. Naime da bi se u bukovini pojavile spomenute greške, potrebna je optimalna temperatura i sadržaj vlage. Obično se događa da zbog zakašnjele sječe temperatura drva postigne optimum u isto vrijeme kada i drvo sušenjem postigne optimalnu vlagu, što neminovno uzrokuje povjavu zagušenosti i piravosti (Petrić 1986).

Stoga se bukovina nekada u nas smatrala manje vrijednim drvom, a služila je uglavnom kao ogrjevno drvo. Iako u sjeni hrastovine, slavonska bukovina, tzv. bijela bukva bez ili tek s malom nepravom srži, fine strukture i dobre obradljivosti, počela se na pilanama obrađivati krajem XIX. stoljeća. Velike površine obrasle bukovim šumama u Slavoniji (Papuk, Psunj, Krndija i Dilj-gora) bile su pravi rudnik u početku za mehaničku obradbu, a kasnije sve više i za kemijsku preradu (Klepac, Dekanić i Rauš; Oreščanin 1980).

U to doba, racionalno korištenje bukovine, odnosno prvo piljenje bukovine počela je firma "Solyva, Holzverkohlung A. G." na nekoliko malih pilana u tadašnjoj

Ugarskoj. Iskustvo Solyve preuzeala je firma "Holzhandels". Ona je počela pravilno piliti i manipulirati bukovinom. Prva je pokušala naći način da "umiri" bukovinu te ju je počela pariti. Firma je uvela strogo sortiranje, pravilno piljenje i prirodno sušenje. Rezultat je bio da je dobivena piljena građa koja se nije vitoperila imala i jednoličnu boju. U statističkom popisu iz 1898. godine poimenično su imenovane četiri pilane u Slavoniji, odnosno Hrvatskoj, koje su obrađivale bukovinu (Oreščanin 1980).

Po ugledu na francusko poduzeće "Société d'importation de chêne" koje je nastalo oko 1871. godine i prvo uvelo piljenje hrastovine po određenim normama, tek pred kraj I. svjetskog rata firma Holzexploitation A. G. iz Beča, Wiener Bankverein i firma Binder & Polgar iz Zemuna osnovale su u Budimpešti firmu "Slovex", koja je postala vodeći proizvođač slavonske bukove piljene građe. To poduzeće imalo je vlastitu pilanu za piljenje bukovine u Pakracu. Njezino sortiranje bilo je vodeće i osnovica današnjeg sortiranja. Tada su se od bukovine počeli proizvoditi i željeznički pragovi. (Oreščanin 1980).

Prva velika pilana u Gorskem Kotaru bila je Thurn Tahisova parna pilana u Lokvama, a pilila je 15 000 m<sup>3</sup> jelovine i smrekovine i 5 000 m<sup>3</sup> bukovine godišnje (Oreščanin 1980). Godine 1884. francuska firma Charlesa Chevaliera izgradila je tvornicu bukovog namještaja u Vratima. Glavnu sirovину, bukovu oblovinu, tvornica je dobavljala iz fužinskih šuma.

Proizvodnja bukove piljene građe u nas postigla je pun zamah pred kraj I. svjetskog rata, koji se nastavio još više polovicom XX. stoljeća, te danas zauzima vodeće mjesto po količini proizvedene piljene građe.

## VAŽNIJA OBILJEŽJA BUKOVINE ZA PILANSKU OBRAĐABU

### Some important characteristics of beech for sawmill processing

Bukva je danas po količini u ukupnom šumskom fondu, glede količine proizvedenih pilanskih trupaca od velikog značenja za pilansku industriju Hrvatske (graf. 1 i tabl. 1). Bukovina ima niz pozitivnih ali i negativnih

i dobra obradljivost, pozitivna svojstva ali i određene negativne osobine, ponajprije veličina tamno obojene neprave srži, mala prirodna trajnost, podložnost razgradnji mikroorganizmima, sklonost piravosti i prešlosti dimenzionalna nestabilnost i raspucavanje pri likom manipulacije i sušenju (Breznjak 1977).

Razvoj tehnologije i tehnike, posebice u nekoliko zadnjih desetljeća, omogućio je u velikoj mjeri savladavanje većine negativnih osobina bukovine, pa je ona postala vrlo traženi materijal u obradbi drva. Danas se određenim metodama iskorištavanja i eksploatacije uskladenim s ritmom obradbe te zaštitom trupaca na pilani uspijeva velikim dijelom sprječiti pojave piravosti i prešlosti. Određenim režimima hidrotermičke obrade (sušenjem i parenjem) može se postići umanjenje grešaka od sušenja i smanjenje razlike u boji između bijeli i srži. Određenim načinima piljenja trupaca moguće je znatno umanjiti deformacije proizvedenih pilanskih proizvoda. Danas na obradbu na pilane dolazi sve više i bukovina s mnogo grešaka (kvrge, sljepice, zakriviljenost i dr.), te trupci i oblovina manjih dimenzija. Ona se određenom tehnikom i tehnologijom može manje ili više uspješno obrađivati (Breznjak 1977).

Grafikon 1. Drvna zaliha po količini najvažnijih vrsta drva za pilansku obradbu u Republici Hrvatskoj

Graph 1 *Quantity of wooden raw material important for the Croatian sawmilling industry (Šumskogospodarska osnova područja, 1996)*

svojstava glede izradbe piljene građe. Za pilansku obradbu bukovine posebno su značajna njena fina tekstura

Tablica 1. Proizvodnja trupaca najvažnijih vrsta drva za pilansku obradbu u Republici Hrvatskoj

Table 1 *Production of logs most important for the Croatian sawmilling industry (JP Hrvatske šume, 2000)*

Vrst drva /Wood species/	Klasa kvalitete trupaca /Log grade/				
	I	II	III	Tanki /Thin/	$\Sigma (I + II + III)$
Hrast /Oak/	122 464	133 800	129 747	9 849	386 011
Bukva /Beech/	173 878	190 255	140 259	3 992	504 392
Jasen /Ash/	41 985	57 348	-	2 310	99 333
Grab /Hornbeam/	13 611	24 588	-	37	38 199
Topola /Poplar/	36 828	42 844	-	5 983	79 672
Jela-Smreka /Fir-Spruce/	85 142	101 553	84 740	6 122	271 435

## PILANSKA SIROVINA – Sawmilling raw material

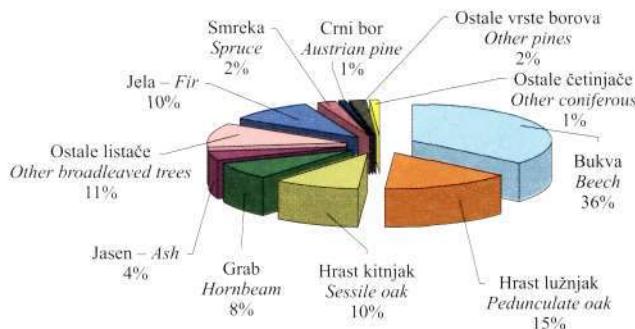
Bukova pilanska sirovina koja se doprema na obradbu na pilane može imati različite specifične karakteristike. To ovisi o cijelokupnoj organizaciji i tehnološkoj koncepciji proizvodnje na pilani, pilanskim sortimentima koji se proizvode, karakteristikama šumske eksploatacije, načinima i mogućnostima prijevoza sirovine do pilane itd.

Treba napomenuti da su hrvatske norme (standardi), koji u najvećem dijelu trenutno vrijede, sačinjeni na način da pilansku sirovinu, i općenito oblo drvo dijele ponajprije prema namjeni, uporabi i promjeru, pa od tuda dolaze nazivi i za pojedine oblike oblovine (pilanski trupci, furnirski trupci, trupci za ljuštenje, pravgovska oblovina, itd.).

Nove norme za oblo drvo i piljenu građu, koje nastaju s tendencijom pristupanju Europskoj uniji, koncipirane su na način da oblo drvo dijele prema kakvoći, debljinskim razredima i podrazredima, a samo se drvo za pragove i sitno industrijsko drvo za mehaničku i kemijsku preradbu izdvaja prema preradbenoj namjeni.

S obzirom da se sa prilagođavanjem HRN europskim u ovom području tek započelo, ovdje će biti date napomene za oba slučaja.

Prema europskim normama bukovi trupci razvrstavaju se u četiri klase kakvoće: F-A, F-B, F-C i F-D s podjelom na 10 debljinskih razreda. Klase F-A i F-B imaju i dvije podklase F-A crvena i F-B crvena koje dozvoljavaju 100% homogenu zdravu nepravu srž.



Grafikon 1. Drvna zaliha po količini najvažnijih vrsta drva za pilansku obradbu u Republici Hrvatskoj

Graph 1 *Quantity of wooden raw material important for the Croatian sawmilling industry (Šumskogospodarska osnova područja, 1996)*

Uzveši u obzir do sada važeće hrvatske norme, pilanska sirovina se na hrvatske pilane doprema najčešće neokorana u obliku standardnih pilanskih trupaca i izvanstandardnih trupaca, odnosno oblog drva.

Standardni pilanski trupci su trupci koji su po svojoj kakvoći, dimenzijama i nekim drugim karakteristikama predodređeni za obradbu u pilanske proizvode na pilanama (sl. 1). Prema HRN-u postoje tri razreda kvalitete bukovih trupaca za piljenje i to: I., II. i III. klase s podjelom na 7 debljinskih razreda. Dimenzije tru-



Slika 1. Pilanski trupci obične bukve

Figure 1 Sawmilling logs of beech

paca za piljenje ovise o dimenzijama i kvaliteti debla iz kojeg se izrađuju. Najmanja je duljina trupaca za piljenje 2 m, a najmanji promjer na polovici duljine trupca 25 cm (trupci II. i III. klase).

Osim navedenih pilanskih trupaca na pilanama se obrađuje i bukova pragovska oblovina. Oblovina za izradu pragova može biti lošije kvalitete od pilanskih trupaca, ali zdrava i ravna. Kod ove oblovine bitan je odnos promjera i smještaj neprave srži s obzirom na poprečni presjek praga. Najmanji promjer na tanjem kraju pragovske oblovine iznosi 30 cm. Minimalna du-

ljina pragovske oblovine iznosi 2,5 (2,6) m te nadalje dvokratnik, odnosno višekratnik ove duljine.

Prema dogovoru (u praksi ponekad i bez takvog dogovora) na pilanu se katkada dopremaju i trupci koji ne odgovaraju propisima za pilanske trupce. Najčešće se pri tomu radi o trupcima koji su ispod ili iznad normom propisane kakvoće ili dimenzija (promjera ili duljine).

Jedna od takvih vrsta pilanske sirovine je tzv. tanka oblovina. Kod ovog oblika pilanske sirovine dimenzije su promjera, a najčešće i kakvoća, ispod propisane pilanske sirovine (pilanskih trupaca) HRN-om. Promjeri tanke oblovine za bukovinu kreću se od 15 do 25 cm, a duljine od 2 m na više.

Kao ulazna sirovina može se javiti i vrlo kvalitetno bukovo prostorno drvo u obliku cjepanica ili oblica i drugih vrsta šumskih sortimenata (celulozno drvo, ogrjevno drvo, drvo za drvne ploče itd.). Takav oblik sirovine rjeđe se koristi u većim industrijskim pilanama, zbog u najmanju ruku problematične rentabilnosti takve pilanske obradbe i posebne pilanske tehnološke osnove.

U suvremenoj pilanskoj praksi se na pilanu, odnosno na središnja mehanizirana stovarišta oblovine doprema bukova oblovina u duljinama većim od duljine standardnih pilanskih trupaca. Katkada je ta oblovina u duljini cijele deblovine. Na središnjim se stovarištima duga oblovina prikraja, prema kvaliteti i standardnim duljinama (ili drugim, određenim duljinama) na oblovinu za pilansku obradu te eventualno za obradu u furnir ili celulozu i sl. Trupci duge oblovine se na pilanu dopremaju na središnje mehanizirano stovarište pod korom, pa se tamo obavlja i njihovo mehanizirano otkoravanje.

Ima dosta slučajeva da se na pilani prerađuju i trupci kvalitete koja je iznad one propisane za pilanske trupce, na način da se na pilanama raspili i određena količina trupaca za proizvodnju rezanog ili ljuštenog furnira. Takvim se trupcima koji put na pilanama nastoji popuniti proizvodni assortiman piljenicama najbolje kvalitete.

## PILANSKI PROIZVODI – Sawmilling products

Iz najkvalitetnijih bukovih trupaca nekada su se izradivale kladarke ili bul kao najkvalitetniji i najvrjedniji primarni pilanski proizvod. Danas su takav proizvod samice i polusamice, odnosno visokokvalitetne neokrajčene i poluokrajčene piljenice (sl. 2).

Samice se obično izrađuju u standardnim dimenzijama ili prema dogovoru. Kvaliteta samica propisana je normama. Prema HRN-u razlikuje se I., II., III. i IV. klase, a prema EN-u F-BA (exceptional), F-B1, F-B2 i F-B3. Ako se na piljenicama nalazi i zdrava neprava srž u velikom obujmu, tada se piljenice razvrstavaju u

F-BAR (exceptional), F-B1R ili F-B2R klasu. Na hrvatskim se pilanama za razvrstavanje po klasama koriste tržišni kriteriji bazirani na dogovorima s tradicionalnim kupcima takvih proizvoda, koji se donekle razlikuju od onih propisanih normama. Prema tim kriterijima samice se razvrstavaju na I/II, M (merkantil), III. i IV. klasu (sl. 3).

Samice se izrađuju na više načina, najčešće primarnim raspiljivanjem tehnikom piljenja u cijelo. Prvi je kada se neki trupac ispili u kladarke, a piljenice kladarke razvrstavaju po kvaliteti, zatim se one piljenice koje



Slika 2. Bukove samice i polusamice

Figure 2 High quality unedged and halfedged beech boards

po kvaliteti ne zadovoljavaju za kladarke svrstavaju u samice. Samice se izrađuju i neposredno piljenjem trupaca koji po kvaliteti ne bi dali kladarke, ali bi se iz njih mogle izraditi samice. Pri tom u kategoriju samica mogu biti uvrštene sve one neokrajčene piljenice koje se dobivaju iz središnje i bočne zone trupca, ako odgovaraju po kvaliteti i ako nisu kraće od normom propisane duljine. Samice se izrađuju i iz duljih nekrajčenih piljenica koje kao takve kvalitativno ne zadovoljavaju, ali dodatnim poprečnim krojenjem (pričačivanjem) jedan dio tih piljenica se svrsta pod samice.

Polusamice se najčešće proizvode sekundarnim raspiljivanjem neokrajčenih piljenica na kružnim pilama na način da se piljenicama iz zone srca ili središnjim piljenicama odstrani srce, greške oko srca ili neprava srž. Također se mogu izraditi i jednostranim okrajčivanjem piljenica zbog odstranjivanja rubnih grešaka ili zbog tehnoloških zahtjeva. Primarnim raspiljivanjem proizvode se tehnikom kružnog piljenja ili nekim drugim namjenskim modificiranim načinom piljenja. Kvaliteta polusamica propisana je normama i odgovara onoj za samice.



Slika 4. Detalj bukovih neokrajčenih piljenice sa karakterističnom nepravom srži

Figure 4 Example of unedged beech boards with characteristical fault heart

Sekundarnom obradbi doradnih bukovih piljenica izrađuje se najčešće popruge, lamel građa i drvni



Slika 3. Razvrstavanje i preuzimanje bukovih samica i polusamica

Figure 3 Classification and handling of the high quality unedged and halfedged beech boards

Iz bukovine se najčešće sekundarnim raspiljivanjem u doradnim pilanama izrađuju i paralelno okrajčene piljenice. Predstavljaju tradicionalni bukovi pilanski proizvod specifičnih dimenzionalnih i kvalitativnih karakteristika. Obično se izrađuju u standardnim debljinama (25 mm naviše), širinama (8 cm naviše) i duljinama (0,5 m naviše). Kvalitativno se različito razvrstavaju u ovisnosti o normi. Prema HRN-u razvrstavaju se u I, II, III. i IV. klasu, a prema EN-u F-FA (sve četiri strane čiste), F-F1 (tri do četiri strane čiste) i F-F2 (do tri strane čiste). Na hrvatskim pilanama koriste se pak tržišni kriteriji (I/II, M. (merkantil) i III. klasa).

Bukove samice, polusamice te okrajčene piljenice vrlo često nazivamo i komercijalnim piljenicama. Za razliku od toga, one bukove piljenice koje predstavljaju lošiju kvalitetu grade od standardne IV. klase samica i polusamica, odnosno ostatke komercijalne grade nakon odvajanja standardne klase kvalitete I/IV. i preuzimanja od strane kupca, nazivamo doradne piljenice. Doradne piljenice najčešće su namijenjene daljoj obradbi za izradu popruga i drvnih elemenata u našim pilanama (sl. 4).



elementi. Popruge su tradicionalni pilanski proizvod pravilnog prizmatičnog oblika, uglavnom manjih di-

menzija namijenjene za daljnju obradbu u parket. U klasičnim pilanama uglavnom se izrađuju od ostatka zaostalog pri izradbi krupnijih neokrajčenih i okrajčenih piljenica. Popruge se mogu izrađivati i namjenski, osobito iz tanjih i nisko kvalitetnih trupaca, odnosno nekvalitetnih piljenica. Prema hrvatskim normama bukove popruge klasiraju se u I., II. i III. klasu, a prema europskim normama u F-FA (sve četiri strane čiste), F-F1 (tri do četiri strane čiste) i F-F2 (do tri strane čiste). U našim pilanama popruge se obično klasiraju na I/III. (izvoznu), te popruge za vlastitu obradbu koje su u pravilu lošije kvalitete (sl. 5).



Slika 5. Bukove popruge  
Figure 5 Beech floorings

Iz spomenutih bukovih piljenica lošije kvalitete obično se u kombinaciji s izradbom popruga izrađuje i građa za lamel parket. Lamel građa je pravilnog prizmatičnog oblika, a dimenzije su joj podređene tehnologiji proizvodnje lamel parketa kojom raspolaže proizvođač ili kupac građe. Građa za lamel parket obično se ne klasira, no mora biti određene kvalitete koja će omogućavati zadovoljavajuće odvijanje tehnološkog procesa i postizanje optimalnog iskorištenja pri izradbi lamel parketa.

Namjenski piljeni bukovi elementi su kao i popruge pravilnog prizmatičnog (pravokutnog ili kvadratnog-četvrtače) oblika jednakih ili većih dimenzija poprečnog presjeka i duljine od popruga (sl. 6). To su namjenski proizvodi za izradbu odgovarajućih dijelova raznih finalnih proizvoda (namještaja). Kod nas nisu standardizirani, pa se proizvode prema posebnim specifikacijama, kojima je utvrđena i kvaliteta (redovito vrlo visoki zahtjevi) stupanj obrađenosti elemenata, njihova suhoća i dimenzije. Prema europskim normama drveni elementi razvrstavaju se kao i popruge i okrajčene piljenice u F-FA (sve četiri strane čiste), F-F1 (tri do četiri strane čiste) i F-F2 (do tri strane čiste). U

praksi se obično klasiraju s obzirom na teksturu i određene greške na I/II. i I/III. klasu.



Slika 6. Bukovi pareni grubi drveni elementi  
Figure 6 Steamed beech dimension stocks

Osim ove klasifikacije piljenih drvenih elemenata obično se koristi i klasifikacija s obzirom na vrstu i stupanj obrade. Prema toj klasifikaciji, obično se klasificiraju kao grubi, poludovršeni i gotovi. Grubi elementi okarakterizirani su izradom pilama s odgovarajućim nadmjerama, radi sušenja i daljnje obrade. Mogu biti u sirovom, prosušenom ili željenom suhom stanju. Poludovršeni elementi su prosušeni ili suhi te obrađeni, pored pila, u većem stupnju i drugim strojevima (npr. blanjanjem ili brušenjem). Gotovi elementi su osušeni na željeni konačni sadržaj vode, te obrađeni do te mjere da ih je manje ili više moguće ugradivati u gotov finalni proizvod.

Željeznički pragovi su posebna vrsta pilanskih proizvoda iz bukovine, koji se izrađuju za potrebe izgradnje željezničkih pruga. S obzirom na namjenu dijele se na: obične, pragove za skretnice, pragove za mostove i za industrijske i druge kolosijeke (sl. 7). U zavisnosti od promjera trupca iz jednog trupca pragovske oblovine, najčešće se izrađuje jedan prag (samac) ili dva praga (dupljak). Potražnja za drvenim željezničkim pragovima općenito je u opadanju.

Specifičan pilanski proizvod iz bukovine su i srčanice. Srčanicama se obuhvaća srce trupaca bukve s nepravom srži. Na primarnim pilanskim strojevima srčanice se izrađuju tehnikom piljenja prizmiranjem ili kružnog piljenja. Mogu se izrađivati i piljenjem bukovih trupaca tehnikom piljenja u cijelo, te sekundarnim odstranjivanjem neprave srži na kružnim pilama za uzdužno piljenje. Srčanice se mogu izrađivati u običajenim standardnim debljinama piljenica, greda ili prema zahtjevu (sl. 8). Ukoliko kvalitativno zadovoljavaju upotrebljavaju se za izradbu kostura za tapecirani namještaj, paleta, držalica i sl. U pilanama se često koriste za pokrivanje složajeva vrednije građe, te za izradbu podloga za složajeve piljenica.



Slika 7. Bukovi željeznički pragovi  
Figure 7 Beech railway sleepers



Slika 8. Bukove srčanice  
Figure 8 Beech heart-boards

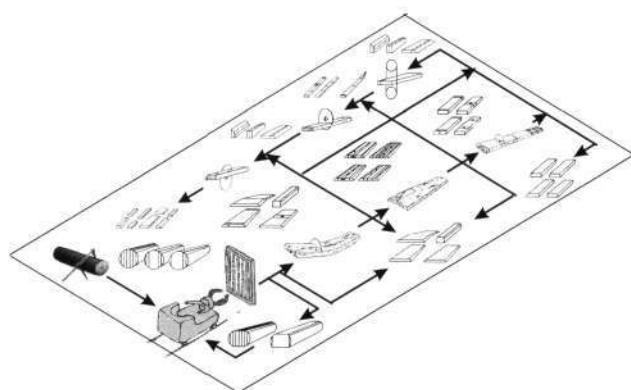
### TEHNOLOGIJE OBRADBE – Technological process

U Hrvatskim se pilanama bukovina do polovice XX. stoljeća obrađivala tradicionalnim načinom, tj. manje više na način kakav je bio uveden s početkom razvoja većih industrijskih parnih pilana. Osnovna je karakteristika tradicionalne tehnologije izrada uglavnom nespecificiranih piljenica, za nepoznati finalni proizvod (iznimka su bile samo popruge) i za nepoznatog kupca "prema napadu" pilanskih proizvoda. Proizvodna linija u takvoj nemehaniziranoj pilani bila je u kontinuitetu (prostorno i tehnološki) i sastojala se redovito od vertikalne jarmače i niza kružnih pila za poprečno i uzdužno piljenje (sl. 9). Kod raspiljivanja vodilo se računa pretežito o kvantitativnom iskorištenju. Imajući u vidu da su se tada raspiljivali trupci uglavnom visoke kakvoće i većih promjera, relativno jeftini i uz niske plaće radnika, ovakva proizvodnja bila je rentabilna. Proizvodnjom su upravljavali uglavnom stručnjaci, praktičari, koji su se istakli i razvili u samoj proizvodnji. Organizirani znanstveno – istraži-

vački rad na području pilanarstva praktički i nije postojao (Brežnjak 1977).

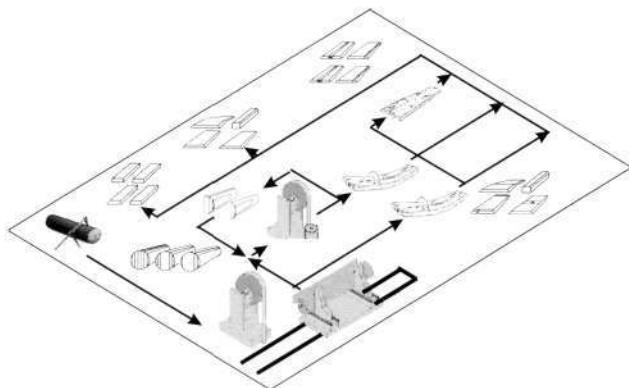
Padom kakvoće i dimenzija bukovih trupaca, uz povećanje cijene sirovine i troškova radne snage te izmijenjenih odnosa na tržištu piljene građe (potražnja za piljenicama bolje kakvoće), tradicionalna pilanska obrada bukovine posebno one lošije kakvoće postala je nerentabilna. To je dovelo do smislijenog nastojanja da se pilanska obrada bukovine unaprijedi u smislu veće finalizacije proizvodnje u samoj pilani. Organizirana je potpuno nova pilanska tehnologija bukovine tzv. namjenska proizvodnja drvnih elemenata, namijenjenih ponajprije sve razvijenijoj domaćoj i stranoj industriji namještaja. Tom tehnologijom pilane više ne proizvode ("po napadu") neokrajčene i okrajčene piljenice za nepoznati finalni proizvod i za nepoznatog kupca. Radi se o proizvodnji drvnih elemenata posve određenog oblika, dimenzija, specificiranog sadržaja vode, redovno visoke kakvoće drva i suvremeno zapakiranih. U takvoj tehnologiji, dotadašnji kriterij što većeg kvantitativnog iskorištenja trupaca prestaje biti najvažnijim pokazateljem uspješnosti pilanske proizvodnje. Kao najvažniji pokazatelj dolazi sada u prvi plan vrijednosno iskorištenje trupca kao rezultat i kvantitativnog i vrijednosnog iskorištenja te produktivnost rada. Treba napomenuti da još uvijek većina bukovih pilana koje su kod nas prešle na tehnologiju drvnih elemenata, dio proizvodnje prodaje u obliku najkvalitetnijih piljenica – samica i polusamica, dok se samo lošije doradne piljenice obrađuju u drvine elemente (Brežnjak 1977).

Tehnologija drvnih elemenata zahtjevala je ili uzrokovala niz značajnih promjena u pilanskoj obradbi bukovine. Ponajprije primarna i sekundarna obradba su tehnološki i prostorno odvojene tako da se trupci



Slika 9. Tradicionalna slavonska proizvodna linija obradbe bukovih trupaca s jednom jarmačom za trupce i prizme  
Figure 9 Traditional Slavonian processing flow of beech logs on one frame saw for live and cant sawing

raspiljuju u piljenice u primarnoj pilani, dok se raspiljivanje piljenica u drvne elemente izvodi u sekundarnoj (doradnoj) pilani (sl. 10. i 11).

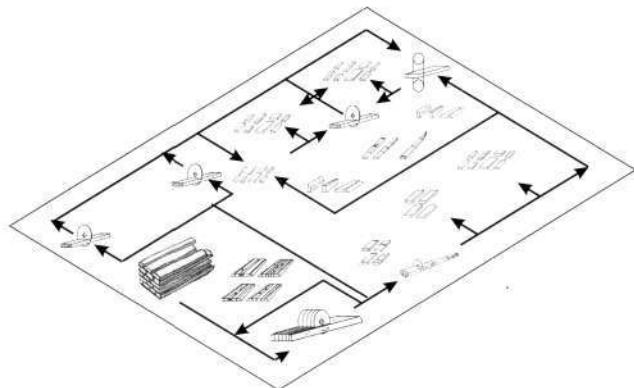


Slika 10. Primjer tehnološkog tijeka u primarnoj pilani za bukvu, uz mogućnost proizvodnje standardnih piljenica i doradnih piljenica za daljnju obradbu u elemente, uključivši tu i popruge

Figure 10 Example of the processing flow of beech in the main mill, for the production of standard sawn wood, as well as lower quality boards for further re-sawing into dimension stocks and floorings

često potrebno i korisno određeno sortiranje trupaca prema promjeru, duljini, kakvoći pa čak i prema karakteru grešaka trupaca. Također se došlo do spoznaja i potvrde u praksi o mjestu i ulozi tračnih pila (trupčara i paralica) i jarmača kao primarnih strojeva u pilanskoj proizvodnoj liniji. Pokazalo se da su jarmače pogodnije za obradbu tanjih bukovih trupaca sa dispergiranim

Usovjene su i nove koncepcije pripreme trupaca za raspiljivanje. Istraživanja su pokazala da je i uz korištenje tračnih pila kao primarnih pilanskih strojeva,



Slika 11. Primjer uzdužno – poprečne visokomehanizirane proizvodne linije bukovih piljenih elemenata, djelomično s kompjuterskom optimizacijom iskorištenja sirovine

Figure 11 Example of dimension stocks sawmill with the rip-cross sawing highly mechanized flow for the production of dimension stocks, with computerized optimization of raw material

greškama (uglavnom kvrgama). Nasuprot tomu za obradbu kvalitetnijih i debljih trupaca ili trupaca sa zonalnim rasporedom grešaka (npr. kvrge samo na jednoj strani, trupci sa nepravom srži i sl.) mogu se uspješnije koristiti za raspiljivanje tračne pile sa svim svojim prednostima individualnog pristupa piljenju (Breznjak 1967).

## NAČINI PILJENJA – Method of sawing

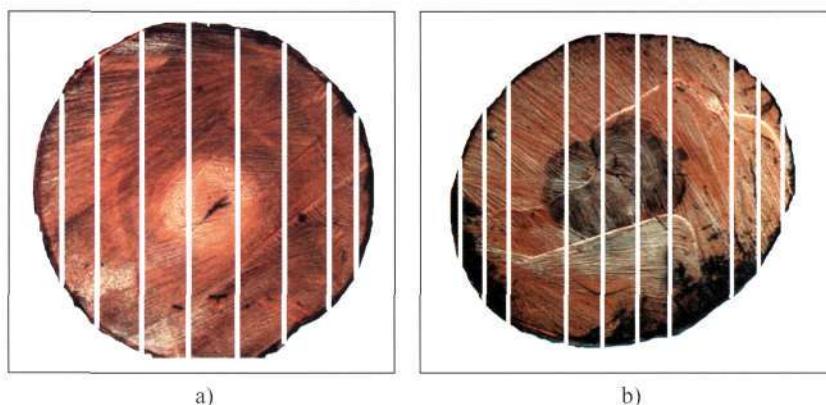
Kao načini piljenja bukovih trupaca u našim pilanama primjenjuje se najčešće piljenje u cijelo, prizmiranje i kružno piljenje, dok se slavonski i kartje način piljenja koristi vrlo rijetko. Na način piljenja bukovih trupaca te na izbor primarnih pilanskih strojeva jako utječe, osim kvrga i sljepica, veličina i kakvoća nepravе srži, kao specifična i jako značajna greška bukovih trupaca.

Piljenje u cijelo normalan je način piljenja bukovih trupaca bez neprave srži ili tek s malom i zdravom nepravom srži na tračnim pilama ili jarmačama. Na taj se način proizvode neokrajčene piljenice, bilo kao gotov pilanski proizvod, bilo kao doradne piljenice. Ponekad se ovom tehnikom raspiljuju i trupci s većom nepravom srži. Pri tomu treba voditi računa o položaju tzv. granične piljenice da neprava srž dјelomično ulazi u piljenicu, ali ne probija na drugu stranu (maksimalno do 2/3 debljine). Da bismo se u praksi što više približili tom zahtjevu, obično se granične piljenice ispljuju u većim debljinama. Piljenica s ovakvim smještajem ne-

prave srž redovito ima veću vrijednost od one na kojoj srž probija na obje strane (sl. 12).

Prizmiranje bukovih trupaca dolazi u obzir u pravilu samo ako trupci sadrže nepravu srž većeg promjera. Smisao je prizmiranja bukovine taj da se prizmom obuhvati neprava srž (kao najlošiji dio trupca) i to tako, da se uz naknadno raspiljivanje prizme, proizvedu i odvoje kvalitetnije piljenice bez neprave srži od onih koje uglavnom sadrže samo nepravu srž. Veličina visine prizme već određuje širinu okrajčenih piljenica koje će se kasnije dobiti raspiljivanjem prizme. Stoga se nastoji da visina prizme što više odgovara traženoj širini budućih okrajčenih piljenica. Poseban način prizmiranja je tzv. radikalno prizmiranje. Ovaj način piljenja pogodan je za izradbu poluokrajčenih piljenica teksture polublističke i blistačke namijenjenih daljnjoj obradbi u drvne elemente (Gregić, M. 1979). Prizmiranje se redovito izvodi na tračnim pilama (sl. 13a i b).

Piljenje željezničkih pragova iz bukovine također se izvodi tehnikom prizmiranja. Pri izradbi jednog pra-

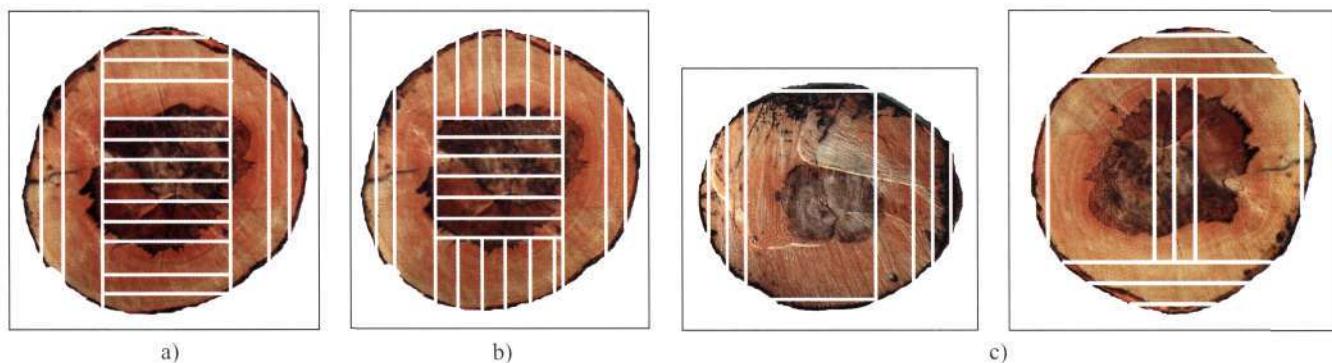


Slika 12. Primjer piljenja bukovih trupaca u cijelo: a) bez nepravе srži, b) sa nepravom srži

Figure 12 Example of live sawing beech sawmilling logs: a) without fault heart, b) with fault heart

ga iz trupca prvo se ispili prizma, čija visina odgovara visini praga. Pri raspiljivanju prizme iz središnjeg dijela ispili se prag prema slici (sl. 13c). Ako raspolažemo

s trupcima čije dimenzije i karakteristike kakvoće odgovaraju izradbi dvaju pragova dva se praga pile prema slici (sl. 13c).

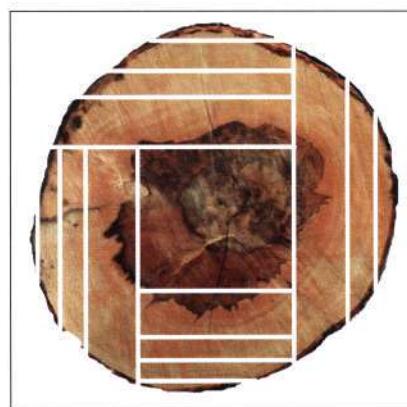


Slika 13. Piljenje bukovih trupaca prizmiranjem: a) obično (tangencijalno), b) radijalno, c) primjeri izrade pragova (samac i dvojak)

Figure 13 Example of cant sawing beech sawmilling logs: a) common (tangential), b) radial, c) sawing of railway sleepers (one and two railway sleepers)

Kružni način piljenja bukovine pogodan je za raspiljivanje debelih trupaca (promjera 60 cm i više) s velikom nepravom srži. Piljenje se obavlja tračnim pilama. S piljenjem se započinje s jedne strane, a zatim se ostatak trupca u svakom od iduća tri položaja raspili u piljenice prema slici (sl. 14). Središnji, najlošiji dio može se ostaviti u obliku greda ili se raspili u sračanice.

Za raspiljivanje bukovih piljenica koriste se uobičajeni načini piljenja kao i za druge tvrde vrste drva. Dio pilana proizašao iz tradicionalne pilanske obradbe koristi poprečno – poduzni način piljenja (sl. 9). Dobar dio pilana, poglavito onih s novijom tehnologijom obavlja pak obradbu piljenica poduzno – poprečnim načinom piljenja uz djelomično optimiranje proizvodnog procesa računalom (sl. 11).



Slika 14. Primjer piljenja bukovih trupaca kružnim načinom piljenja

Figure 14 Example of round sawing beech sawmilling logs

## ISKORIŠTENJE PRI PILANSKOJ OBRADBI BUKVE

### Recovery in the sawmill processing of beech

Interesantna je činjenica da je u nekim pilanama koje obrađuju bukovinu pretežito loše kakvoće, količinsko iskorištenje uvođenjem tehnologije drvnih elemenata ostalo podjednako onomu ranije tehnologije izrade standardne piljene grade. Obrazloženje se može naći u većem korištenju tračnih pila kao primarnih i sekundarnih strojeva, kao i tomu da su i u klasičnoj tehnologiji napadali pretežito "sitni" sortimenti (po-

pruge). Ipak je uzimajući u obzir sve bukove pilane prosječno količinsko iskorištenje bukovine uvođenjem tehnologije drvnih elemenata nešto opalo (tbl. 2). To je logično, uzimajući u obzir da se tom tehnologijom skoro sve primarne piljenice (osim najkvalitetnijih samicic i polusamicic te najlošijih srčanica) dalje u samoj pilani obrađuju u, pretežito, sitne elemente za proizvodnju namještaja (Brežnjak 1977).

Tablica 2. Približna prosječna struktura kvantitativnog iskorištenja pilanskih bukovih trupaca te općenito pilanskih trupaca tvrdih listača klasičnom tehnologijom i tehnologijom drvnih elemenata

Table 2 *Approximately average quantity yield of beech logs and other hardwoods in traditional and dimension stocks technology (Brežnjak 1977)*

Struktura proizvoda /Products/	Prosječna struktura iskorištenja obzirom na primjenjenu pilansku tehnologiju /Log yield in relation to the technology application/ [%]			
	Klasična tehnologija /Traditional technology/		Namjenska tehnologija /Dimension stocks technology/	
	Bukva /Beech/	Ostale tvrde listače /Other hardwoods/	Bukva /Beech/	Ostale tvrde listače /Other hardwoods/
Piljenice, odnosno drvni elementi /Standard boards and dimension stocks/	50	52	45	40
Krupni pilanski ostatak /Coarse residues/	23	20	25	27
Piljevina /Sawdust/	18	15	19	17
Nadmjere /Oversizes/	9	13	11	16

Zubčević (1973) je utvrdio da je ukupno količinsko iskorištenje bukovih trupaca III. klase manje pri namjenskoj pilanskoj tehnologiji nego klasičnoj pilanskoj tehnologiji. Kvantitativno iskorištenje prati pove-

ćanje srednjeg promjera. Kvalitativno i vrijednosno iskorištenje pri namjenskoj tehnologiji redovito je veće nego pri klasičnoj pilanskoj tehnologiji (tbl. 3).

Tablica 3. Prosječno kvantitativno, kvalitativno i vrijednosno iskorištenje pri raspiljivanju pilanskih trupaca bukve III. klase, uz klasičnu i namjensku tehnologiju

Table 3 *Average quantity, quality and value yield of 3<sup>rd</sup> grade beech logs in traditional and dimension stocks technology (Zubčević 1973)*

Promjer trupaca /Log diameter/ [cm]	Iskorištenja obzirom na primjenjenu pilansku tehnologiju /Log yield in relation to the technology application/			
	Primijenjena pilanska tehnologija /Technology application/	Kvantitativno /Quantity/ [%]	Kvalitativno /Quality/ [koef.]	Vrijednosno /Value/ [koef.]
25 - 30	Klasična pilanska tehnologija /Traditional technology/	39,66	1,028	0,407
31 - 35		43,85	1,047	0,458
36 - 45		44,23	1,076	0,475
≥ 46		47,82	1,025	0,490
25 - 30	Namjenska pilanska tehnologija /Dimension stocks technology/	38,23	1,497	0,560
31 - 35		40,15	1,503	0,558
36 - 45		42,02	1,412	0,581
≥ 46		46,53	1,429	0,651

Palović je (1973) došao je do zaključka da kvantitativno iskorištenje u obliku bukovih piljenica raste linearno od oko 64% za trupce promjera 20 cm do oko 80 % za trupce 60 cm promjera. Također je utvrdio da se povećanjem promjera trupaca povećava i kvantitati-

vno iskorištenje trupaca u obliku piljenih drvnih elemenata. Nadalje je utvrdio je da na kvalitativno iskorištenje u obliku bukovih piljenica najveće značenje imaju kvrge, neprava srž i zakriviljenost trupaca. Kao što je vidljivo u tablici 4. prosječno kvalitativno iskori-

štenje bukovih trupaca jako opada s pojmom grešaka u srži i kvrga, a nešto manje i s pojmom zakriviljenosti trupaca. Na kvantitativno iskorištenje bukovih piljeni-

ca pri njihovoj obradbi u drvne elemente najviše pak utječe veličina neprave srži i broj kvrga, dok je zakriviljenost od relativno manjeg značenja.

Tablica 4. Utjecaj karakterističnih grešaka bukovih trupaca na kvalitativnu strukturu ispiljenih piljenica  
Table 4 Influence of characteristic faults of beech logs on the grade of produced boards (Palović 1973)

Karakteristika bukove pilanske sirovine /Characteristic log faults/	Struktura ispiljenih piljenica obzirom na njihovu klasu kakvoće /Structure of board in relation to the quality of the produced boards/ [%]				
	A	I	II	III	Σ
Bez neprave srži /Without fault heart/	7,71	18,98	48,33	24,98	100
S malom nepravom srži /With small fault heart/	7,42	15,33	45,63	31,62	100
S velikom nepravom srži /With big fault heart/	4,49	13,38	22,61	59,52	100
Bez kvrga /Without knots/	9,33	19,09	45,70	25,88	100
S kvrgama /With knots/	5,15	14,04	41,54	39,27	100
Bez zakriviljenosti /Without crook/	7,87	17,56	43,51	31,06	100
Sa zakriviljenošću /With crook/	6,45	13,51	44,38	35,66	100

Gregić je (1979) utvrdio da se pilanskom obradom bukovih trupaca III. klase radijalnim načinom raspiljivanja prizama postiže bolji učinci nego uobičajeni

nim tangencijalnim načinom, što se posebno ogleda u većem vrijednosnom iskorištenju pri radijalnom raspiljivanju prizama (tbl. 5).

Tablica 5. Prosječno kvantitativno, kvalitativno i vrijednosno iskorištenje pri raspiljivanju pilanskih trupaca III. klase radijalnim i tangentnim načinom prizmiranja (Gregić 1979)

Table 5 Average quantity, quality and value yield of 3<sup>rd</sup> grade beech logs of common (tangential) and radial cant sawing (Gregić 1979)

Promjer trupaca /Diameter of log/ [cm]	Iskorištenja /Type of yield/	Iskorištenja obzirom na mjesto i primjenjeni način piljenja /Yields in relation to the parts of sawmilling plant and log machinining methods/					
		Primarna pilana /Primary sawmill/		Doradna pilana /Secondary sawmill/		Konačni assortiman /Total/	
		Tangenti /tangential/	Radijalni /radial/	Tangenti /tangential/	Radijalni /radial/	Tangenti /tangential/	Radijalni /radial/
34 - 39	Kvantitativno /Quantity/ [%]	68,99	71,61	51,11	51,74	43,04	39,80
	Kvalitativno /Quality/ [koef.]	0,451	0,461	1,221	1,268	0,932	1,162
	Vrijednosno /Value/ [koef.]	0,310	0,232	0,623	0,656	0,401	0,462
40 - 45	Kvantitativno /Quantity/ [%]	70,00	73,36	58,07	51,29	49,43	42,56
	Kvalitativno /Quality/ [koef.]	0,443	0,465	1,302	1,323	0,927	1,135
	Vrijednosno /Value/ [koef.]	0,310	0,339	0,756	0,679	0,458	0,483
46 - 50	Kvantitativno /Quantity/ [%]	68,66	69,80	53,54	58,89	48,43	50,53
	Kvalitativno /Quality/ [koef.]	0,467	0,473	1,203	1,303	0,833	0,942
	Vrijednosno /Value/ [koef.]	0,323	0,330	0,644	0,767	0,403	0,476
50 - 54	Kvantitativno /Quantity/ [%]	65,85	73,94	57,61	51,77	48,32	46,60
	Kvalitativno /Quality/ [koef.]	0,451	0,444	1,282	1,368	0,858	1,014
	Vrijednosno /Value/ [koef.]	0,298	0,329	0,739	0,708	0,414	0,473

Zubčević je u istraživanju (1972 i 1983) razmatrao odnose iskorištenja bukovih trupaca I., II. i III. klase promjera preko 34 cm prilikom njihova raspiljivanja na tračnim pilama prizmiranjem i kružno u oba slučaja paralelno s osi i plaštom trupca. Utvrdio je da je kvantitativno iskorištenje za trupce I. i II. klase bilo najveće kada su raspiljivani prizmiranjem paralelno s osi. Kod trupaca III. klase najveće kvantitativno iskorištenje je dalo kružno piljenje paralelno s osi trupca. Vrijednosno iskorištenje za I. klasu trupaca bilo je najveće kada su trupci raspiljeni paralelno sa osi. Trupci

II. klase dali su najveće iskorištenje kada su raspiljeni kružnim piljenjem paralelno sa plaštem trupca. III. klase trupaca dala je najbolje rezultate kada su trupci raspiljeni prizmiranjem paralelno s plaštem trupca. Općenito gledano bukovi trupci s nepravom srži I. klase promjera preko 34 cm, daju veće vrijednosno iskorištenje ako se na tračnim pilama trupčarama prerađuju prizmiranjem. Trupci II. i III. klase daju pak veće iskorištenje uz kružno piljenje (tbl. 6).

Rezultati istraživanja (Kruteč 1983) prikazani u tablici 7, pokazali su da je i kvantiteta i kakvoća pilan-

Tablica 6. Prosječno kvantitativno i vrijednosno iskorištenje pri raspiljivanju pilanskih trupaca bukve I, II. i III. klase tračnim pilama trupčarama tehnikama piljenja prizmiranjem i kružno (Zubčević 1983)

Table 6 Average quantity and value yield of 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> grade beech logs of cant and round sawing with log band saw (Zubčević 1983)

Promj. trupca /Diam. of log/	Klasa /Grade/	Kvantitativno i vrijednosno iskorištenje obzirom na način piljenja i duljinu trupca /Quantity and value yield in relation to the log machining methods and length of log/										
		Prizmiranje /Cant sawing/					Kružno piljenje /Round sawing/					
		Kvantitativno iskorištenje [%] obzirom na duljinu trupaca [m] /Quantity yield in relation to the length of log/					Vrijednosno iskorištenje /Value yield/ [koef.]	Kvantitativno iskorištenje [%] obzirom na duljinu trupaca [m] /Quantity yield in relation to the length of log/				
		2	3	4	5	2-5		2	3	4	5	2-5
34 - 35	I	58,46	67,70	63,07	52,30	60,38	0,426	59,23	60,77	57,70	63,84	60,38
	II	53,84	55,00	53,07	55,38	54,32	0,386	55,38	59,31	51,54	59,23	56,36
	III	47,69	47,31	43,07	45,38	45,86	0,366	53,07	52,31	46,92	49,61	50,47
44 - 45	I	61,92	63,84	69,23	68,07	65,76	0,427	61,54	66,15	67,69	64,61	64,99
	II	57,69	55,38	58,46	52,31	55,96	0,391	56,92	56,54	61,15	53,84	57,11
	III	46,92	52,69	51,54	50,76	50,47	0,373	54,61	51,54	52,69	52,21	52,76
54 - 55	I	57,69	59,23	57,69	...	58,20	0,424	53,84	56,92	58,84	...	56,53
	II	48,46	51,54	56,92	...	52,30	0,385	50,76	56,92	59,23	...	55,63
	III	33,84	39,61	43,07	...	38,84	0,369	38,46	41,92	46,15	...	42,17

Tablica 7. Struktura kvantitativnog iskorištenja bukovih trupaca i piljenica iz stabala starosti 80 i 140 godina (Krutel 1983)

Table 7 Quantity yield of beech boards and logs from the tree 80 and 140 year old (Krutel 1983)

Iskorištenje obzirom na /Yield from/	Životna dob stabla iz kojeg su izrađeni trupci /Age of tree/ [godina /year/]	Struktura kvantitativnog iskorištenje obzirom na vrstu pilanskih proizvoda /Yield structure in relation to the type of sawmill products/ [%]				
		Drvni elementi /Dimension stocks/	Samice /Unedged high quality boards/	Popruge /Floorings/	Ostalo /Other/	Σ
Piljenice /Boards/	80	32,2	8,2	24,1	2,1	66,6
	140	17,7	8,7	14,4	3,2	44,0
Trupce /Logs/	80	23,6	6,0	17,7	1,5	48,8
	140	13,5	6,6	11,1	2,4	33,5

skih proizvoda izrađenih iz bukovih trupaca opadala s povećanjem vijeka života stabla iznad 80 godina.

Rezultati istraživanja (Gotycz i Hruzik 1996) pokazali su da je vrijednosno iskorištenje ukoliko se razmatraju samo elemenati teksture blistače za 3 do 8 % veće prilikom primarnog piljenja izvedenog kružnim načinom paralelno s izvodnicama trupca. Ovo iskorištenje ima tendenciju rasta porastom promjera. Sveukupno gledano vrijednost elemenata je ipak veća uobičajenim načinom kružnog piljenja paralelno s osi trupca, no razlike su vrlo male i imaju težnju ka izjednačenju porastom promjera.

Škaljić (2002) je istraživao utjecaj rasprostiranja neprave srži po duljini trupca te njen značaj na kvantitativno iskorištenje torusa (čiste bjeljike) trupca ovisno o načinu simuliranog piljenja. Utvrđio je da na uzorku koji je istraživao postoji značajna razlika između promjera neprave srži na tanjem kraju trupca i na polovici duljine, dok ne postoji značajna razlika promjera neprave srži na debljem kraju trupca i na polovici duljine. S porastom promjera trupaca rastao i porast promjera neprave srži kako na tanjem tako i na debljem kraju trupca. Kod simuliranog raspiljivanja trupaca s manjim udjelom neprave srži po presjeku trupca piljenje u cijelo dalo je

najveće iskorištenje torusa trupca. Granične vrijednosti udjela neprave srži pri piljenju neokrajčenih piljenica za koje piljenje u cijelo daje najveće iskorištenje su pritom iznosile od 10 % za trupce promjera 40 cm, do 50 % za trupce promjera 70 cm. Pri piljenju okrajčenih piljenica ovi udjeli kreću se od 40% za trupce promjera 40 cm do 60 % za trupce promjera 70 cm.

Za slučajevne većeg udjela neprave srži po presjeku trupca najpovoljniji je kružni način piljenja. Granična vrijednost udjela neprave srži po presjeku trupca pri piljenju neokrajčenih piljenica za koje kružno piljenje daje najveće iskorištenje kreće se od 20 % za trupce promjera 40 cm do 60 % za promjere trupaca 65 i 70 cm. Pri piljenju okrajčenih piljenica ovi udjeli kreću se od 50% za trupce promjera 40 cm, do 70% za trupce promjera 70 cm.

Istraživanja iskorištenja pri pilanskoj obradbi tanke bukove oblovine promjera 16 – 20 cm i 21 – 24 cm (Brežnjak i dr. 1978) pokazala su da iskorištenje pri raspiljivanju tanke oblovine za prvu skupinu iznosi prosječno 68 %, a za drugu skupinu 69 %. Iskorištenje tako dobivenih piljenica pri izradbi elemenata iznosi prosječno za prvu skupinu 70 %, a za drugu skupinu 71 %. Sveukupno iskorištenje pri obradbi tanke bukove ob-

lovine u dryne elemente prosječno iznosi za prvu skupinu 48 %, a za drugu skupinu 50 %. Razlog za dobiveno relativno visoko kvantitativno iskorištenje je bio taj što su za pokusna raspiljivanja uzimani trupci najbolje kakvoće, tj. kakvoće kao standardni trupci I. klase.

Milinović i dr. (1984) su utvrdili istraživanjem da kvantitativno iskorištenje pri obradbi tanke bukove oblovine promjera 21 do 24 cm iznosi 65,42 %, a u daljnjoj obradbi tako dobivenih piljenica iznosi 50,99 %. Za-

Tablica 8. Prosječno kvantitativno iskorištenje i utrošak vremena pri raspiljivanju bukovog prostornog drva različitih oblika (Nikolić i dr. 1977)

Table 8 Average quantity yield and working time of good quality fuel beech wood of sawing (Nikolić i dr. 1977)

Oblik prostornog drva /Types of good quality fuel beech wood/	Kvantitativno iskorištenje i utrošak vremena /Quantity yield and working time/	
	Kvantitativno iskorištenje /Quantity yield/ [%]	Utrošeno vrijeme po jedinici proizvoda /Working time per product/ [min/m <sup>3</sup> ]
Standardne cjepanice različitih oblika /Standard split fuelwood/	36,88	433,5
Četvrtnine i polovine /Quarter and half fuelwood/	36,78	571
Oblice /Round fuelwood/	36,81	750

Utvrđili su da oblik cjepanica vrlo malo utječe na povećanje postotka iskorištenja, dok krupniji a pravilniji oblici u pravilu imaju veći postotak iskorištenja. Za obradbu oblica potrebno je utrošiti gotovo 20 % više vremena nego na obradbu cjepanica, polovina i četvrtina zbog nepodobnog oblika sirovine za obradbu. Zaključili su da povećanje iskorištenja, učinka i samim tim učinkovitosti proizvodnje treba tražiti u pravilnosti

izradbe samih cjepanica te u pravilno odabranim dimenzijama pilanskih proizvoda koji će se iz takve sirovine izrađivati.

Ovdje nećemo dalje ulaziti u širu problematiku pilanske obradbe tanke oblovine i prostornog drva (kvantitativne i dimenzionalne osobine, mala količina takvih trupaca na jednoj pilani, neadekvatna tehnika i tehnologija obradbe i dr.).

## DALJNJI RAZVOJ PILANSKE OBRADBE BUKVE U HRVATSKOJ

### Croatian sawmill processing of beech in future

Glede dosadašnjih znanstvenih istraživanja te vlastitih i tuđih iskustava, može se očekivati dalji razvoj pilanske obradbe bukovine u nas i to sve više u smjeru izradbe drvnih elemenata sve višeg stadija obradbe. Za izradbu elemenata koristit će se i piljenice sve više kakvoće koje se trenutno na najvećem broju naših pilana prodaju kao gotov izvozni proizvod. Uz sve šire uvođenje tehnike hidrotermičke obrade (sušenje i parenje) drvnih elemenata te njihovom dalnjom obradom (blanjanje, brušenje i dr.) još će se više povećati vrijednost pilanske proizvodnje. Već sada neke pilane izrađuju i proizvode još višeg stadija obradbe od drvnih elemenata, kao što su gotovi parket (sl. 15) i masivne lijepljene ploče. S tehnološkog stajališta renoviranjem starih pilanskih postrojenja, odnosno podizanjem novih, instaliraju se novi računalom podržani strojevi kako za raspiljivanje trupaca, tako i za raspiljivanje piljenica. Važnost tračnih pila kao osnovnih pilanskih strojeva još će se više povećati, obzirom da će renoviranjem nekih starijih

pilana iz uporabe biti izbačene dotrajale jarmače, koje i u tehnološkom smislu treba zamijeniti suvremenim tračnim pilama. Trebat će se više angažirati znanstveni



Slika 15. Gotovi dvoslojni parket iz parene bukovine  
Figure 15 Two-layer finished parquet of steamed beech

i stručni kadar te surađivati s privredom. Određeni problemi koji postoje na relaciji pilanara i prodavatelja pilanske sirovine trebat će biti riješeni. Tehnologija bukovih i općenito drvnih elemenata ponekad zahtijeva ulaznu sirovinu specifičnih određenih karakteristika (dimenzije i kakvoća) koja je diktirana vrstom i karakterom krajnjeg pilanskog, odnosno finalnog proizvoda. Stoga će i u tom smjeru trebati usmjeriti daljnja razmišljanja, razgovore i dogovore. Veliki problem na našim pilanama predstavlja pilanski ostatak. Iako velik broj naših pilana djelomično koristi taj ostatak kao

energent u kotlovinama, ponegdje za izradu briketa, a dio prodaje okolnom stanovništvu za ogrjev, zbog nepostojanja domaćeg tržišta takvih nusprodukata pilanske obrade i energetske politike, velike količine pilanskog ostatka ostaju nezbrinute. Stoga će za daljnji razvoj pilanske obradbe bukovine, i ostalih vrsta drva trebati više pozornosti posvetiti i tzv. kompleksnom iskorištenju trupaca čime bi se i racionalnim rješenjem pilanskog ostatka povećala ukupna vrijednost proizvodnje.

## LITERATURA – References

- Brežnjak, M. 1967: Iskorištenje bukovih pilanskih trupaca kod piljenja na tračnoj pili i jarmači, Drvna industrija, 18, (2): 3-21.
- Brežnjak, M. 1977: Suvremene tendencije u pilanskoj preradi bukovine, Pilanska preradba niskokvalitetne bukovine i ostalih liščara prvenstveno sa aspekta industrije namještaja, Zbornik rada, Živinice
- Brežnjak, M., Butković, J. i Herak, V. 1978: Racionalna pilanska prerada niskokvalitetne oblovine – prerada tanke oblovine bukve, Bilten ZIDI, 6, (4): 20-38.
- Gregić, M. 1979: Dvije varijante prizmiranja tračnim pilama niskokvalitetne bukove oblovine kod prerade u drvine elemente, Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
- Klepac, D., Dekanić, I. i Rauš, 1980: Šumsko bogatstvo Slavonije i gravitacijskog područja "Belišće" u vrijeme postanka "kombinata Belišće" i danas, zbornik radova "kombinat Belišće" kao činilac privrednog razvoja, JAZU, centar za znanstveni rad-Osijek
- Krutel, F. 1983: Iskorištenje bukovine u pilanskoj preradi u ovisnosti od kvalitete trupaca, Bilten ZIDI, 11, (3): 26-38.
- Milinović, I.; Gross, A.; Vučinić, M.; Božić, M. 1984: Iskorištenje tanke oblovine bukve namjenskom preradom u elemente za sjedišta stolica, Bilten ZIDI, 12, (5): 90-107.
- Nikolić, M. 1977: Istraživanje procenta iskorištenja pri preradbi bukovih cjevanica i oblica u rezane sortimente, Pilanska preradba niskokvalitetne bukovine i ostalih liščara prvenstveno sa aspekta industrije namještaja, Zbornik rada, Živinice
- Oreščanin, D., 1980: Prometno-trgovinske prilike u drugoj polovini XIX početkom XX stoljeća, Šumsko bogatstvo Slavonije i gravitacijskog područja "Belišće" u vrijeme postanka "kombinata Belišće" i danas, zbornik radova "kombinat Belišće" kao činilac privrednog razvoja, JAZU, centar za znanstveni rad-Osijek
- centar za znanstveni rad-Osijek
- Palović, J. 1973: The influence of the quality of Beech roundwood on the yield of sawn timber and furniture stock, Holzindustrie., 26, (7): 211-215; NLL; 8 ref.
- Petrić, B. 1986: Značaj svojstava drva kao sirovine u tehnologiji drva s osvrtom na bukovinu, kolovij o bukvi, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
- Škaljić, N. 2002: Simulirano piljenje kvalitetnih bukovih trupaca u zavisnosti od položaja i veličine neprave srži, Magistarski rad, Mašinski fakultet Univerziteta u Sarajevu.
- Zubčević, R. 1972: Položaj osovine trupca prema ravni reza na tračnim pilama trupčarama, Pregled naučno-tehničkih radova i informacija 1, Zavod za tehnologiju drveta, Mašinski fakultet u Sarajevu.
- Zubčević, R. 1973: Utjecajni faktori pri izradi grubih obradaka iz niskokvalitetne bukove pilanske oblovine, Disertacija, Mašinski fakultet u Sarajevu.
- Zubčević, R. 1983: Utjecaj kvalitete i dimenzija bukovih trupaca na iskorištenje, Drvna industrija, 34, (5-6): 131-136.
- \*\*\*\*\* 1984: Stoljeće u Vratima, monografija, Goranski list – Vrata
- \*\*\*\*\* "JP Hrvatske šume" promidžbeni materijal
- \*\*\*\*\* HRN D. B4. 028 Trupci za piljenje, Listopadno drvo
- \*\*\*\*\* HRN D. C1. 022 Piljena bukova građa
- \*\*\*\*\* EN 975-1, EN 975 1/A1 Sawn timber – Appearance grading of hardwoods – Part 1: Oak and beech
- \*\*\*\*\* HRN EN 1316 – 1 Oblo drvo listača – Razvrstavanje po kakvoći – 1. dio: Hrast i bukva
- \*\*\*\*\* HRN EN 1315 – 1 Razvrstavanje po dimenzijama – 1. dio: Oblo drvo listača

**SUMMARY:** Today, beech is of prime importance for the sawmill industry in Croatia with respect to its overall quantity in the forests and the quantity of sawmill logs processed. Beech wood has a series of positive, as well as, negative characteristics that are important for sawnwood production. Beech wood's positive characteristics such as its fine texture and workability are of particular importance for beech sawmill technology. However, beech has certain negative characteristics such as large coloured fault hearts, subjection to micro-organism decomposition, susceptibility to fustiness and rotten wood, dimensional instability and splitting during manipulation and drying. Technological development, particularly in the past few decades, has in large measure, overcome the majority of beech wood's negative characteristics, and has therefore become one of the most sought-after material in wood processing industry. Today, with certain exploitation methods coordinated with processing rhythm and log preservation, sawmills successfully prevent fustiness and rotten wood. With certain hydro-thermal processing regiments (drying and steaming), defects that result from drying can be diminished, and a reduction of the difference between sapwood and heartwood can be achieved. With specific log sawing methods, it is possible to considerably reduce the deformation of sawmill products. Today, more and more beech wood, with its numerous defects, as well as, logs and round wood of smaller dimensions are processed at sawmills. With certain techniques and technology, they can be more or less successfully processed. Raw material delivered to sawmills can have different specific characteristics. This depends on the overall organization and technological production concept at the sawmill, type of sawmill products, the characteristics of forest exploitation, methods and options for transporting raw material to the sawmills etc. Depending on the norms implemented, beech raw material is classified according to the purpose, dimension and quality criterias. Bools, the most valuable and qualitative sawmill product, were once manufactured from prime quality beech. Today, these products are high quality unedged, half edged and edged boards. In addition, lower quality boards that are re-sawing into dimension stocks and flooring, Railway sleepers and heart-boards are also made from beech. In Croatian sawmills, beech logs are most frequently sawn in the live sawing, cant sawing and round sawing techniques, while the Slavonian and quarter sawing methods are rarely used. Frame saw proved to be better suited for processing thinner and lower quality beech logs with dispersed defects. In contrast to this, qualitative and thicker logs or logs with individually dispersed defects can be processed more successfully with the band saw due to advantages in the individual sawing approach. Researching particular criteria for successful beech wood processing at sawmills also yielded results. Further development in beech wood processing at sawmills can be expected in Croatia as well as an increase in the production of wooden dimension stocks at greater processing stages. Some sawmills are already manufacturing products such as finished parquet and solid glued boards. For further development in beech wood processing at sawmills, as well as processing other types of wood, more attention will need to be dedicated to the so-called integral log yield, which would, in addition to finding a rational solution for sawmill residues, increase the overall production value.

**Key words:** common beech (*Fagus sylvatica L.*), sawmilling technology, sawmilling raw material, sawmilling products, quantity and value yield.