

Potrošnja energije pri sušenju drva i mogućnosti uštede

CONSUMPTION OF ENERGY AT KILN DRYING OF LUMBER AND POTENTIAL SOLUTIONS FOR ITS SAVING

Prof. dr **Mirko Ilić**, dipl. ing.
MAŠINSKI FAKULTET SARAJEVO

UDK 630* 847
Prethodno priopćenje

Prispjelo: 13. listopada 1984.

Prihvaćeno: 4. studenog 1984.

Sažetak

U radu se razmatra potrošnja toplinske energije i elektroenergije pri sušenju drva. Prikazani su podaci o potrošnji pare za sušenje piljene građe prema ruskim i američkim rezultatima, te vlastitim mjerenjima. Raspodjela utrošene topline pri sušenju prema njemačkim i američkim autorima komentira se povezano sa sušenjem drva u nas. Razmatraju se mogućnosti uštede toplinske energije (rekuperacija, tehnološka disciplina i režimi sušenja).

Na temelju eksperimenta analizirani su rezultati sušenja sirovih elemenata u odnosu na postupak sušenja piljenica i izrade elemenata. Nakon razmatranja potrošnje elektroenergije pri sušenju u nas navode se mogućnosti njene uštede (tehnološka disciplina, nepopunjena sušionica, količina i optimalna brzina kretanja zraka).

Ključne riječi: potrošnja toplinske i električne energije — sušenje sirovih elemenata — sušenje piljenica — izrada elemenata.

Summary

This paper discusses the consumption of thermal and electrical energy at kiln drying of lumber. The data show the steam consumption for drying sawn timber, according to Soviet and American results and our own measuring. Distribution of the heat consumed at drying, according to German and American authors has been discussed in relation to drying of lumber in Yugoslavia. The potential solutions of the thermal energy saving (recuperation, technological discipline, drying systems) have been discussed. On the basis of experiments the results of drying rough dimension stock have been analyzed in relation to the process of drying sawn boards and manufacture of elements.

After making examinations on consumption of electrical energy at drying in this country, some potential solutions of its saving (technological discipline, unfilled drying plant, quantity and optimum speed of air circulation) have been indicated.

Key words: kiln drying-consumption of thermal and electrical energy — drying rough dimension stock — drying sawn boards — manufacture of elements. (A. M.)

Uvod

Hidrotermička obrada drva predstavlja nužnost kojoj se ranije ili kasnije podvrgava svaki komad drva koji se prerađuje. Sušenje piljene građe, parenje bukove piljene građe, priprema za ljuštenje, sušenje furnira, priprema za savijanje, sušenje savijenih detalja, sušenje iverja i priprema za razvlaknjivanje postali su toliko normalni i svakodnevni postupci da se o njima i ne razmišlja, ali, nažalost, prečesto se ne razmišlja o energetskej strani tih postupaka i mogućnostima uštede energije.

U nastavku razmatrat će se potrošnja energije pri sušenju piljene građe i eventualne mogućnosti njene uštede.

2. POTROŠNJA ENERGIJE PRI SUŠENJU PILJENE GRAĐE

2.1 Toplinska energija

O potrošnji toplinske energije za sušenje piljene građe, kao i za pripremu trupaca za ljuštenje, raspolaze se s nešto podataka iz strane literature. Domaćih mjerenja potrošnje toplinske energije gotovo ni nema. Razlog tomu je što ne postoji običaj, i još se ne osjeća potreba da se proizvedene i potrošene količine i mjere.

Prema sovjetskim podacima, prosječna potrošnja pare za sušenje 1 m³ piljene građe prikazana je u tablici I.

Prosječna potrošnja pare za sušenje piljene građe

Tabela I

Vrsta drva	Debljina (mm)	Vlažnost % od — do	Zimi	Volumna masa		Potrošnja pare	
				Ljeti kg/m ³	Prosjek	Zimi kg/kg vlage	Ljeti
Bor	25	80 — 10	710	590	650	2,59	2,11
Bor	50	70 — 10	700	570	635	—	—
Bukva	40	60 — 10	970	830	900	2,98	2,55
Hrast	40	50 — 10	1190	845	1016	4,25	3,00

Krečeton [5] smatra da su podaci u tabeli I previše niski, te prema njegovim podacima specifična potrošnja može ići i do 10 kg pare za 1 kg isparene vode iz drva.

Prema američkim podacima, kada se isti preračunaju na naše jedinice, dobija se prosječna potrošnja za 8—14% više od podataka u sovjetskoj literaturi.

Prema mjerenjima koja su izvršena u jednom našem poduzeću u travnju 1982. g., u vrijeme dok je uređaj za mjerenje bio ispravan, pri sušenju piljene građe jele/smreke, potrošeno je pare:

j/s debljina 25 mm, sa 40 na 12% vlažnosti
485 kg/m³

j/s debljina 76 mm, sa 28 na 12% vlažnosti
655 kg/m³

Ovdje se mora napomenuti da sušenje s niže početne vlažnosti ne mora automatski da znači i manju potrošnju topline. Toplina utrošena za zagrijavanje drva, vode i opreme, povećava svoje učešće u ukupno utrošenoj toploti.

Na osnovu analiziranja raspoloživih podataka, mogle bi se prihvatiti sljedeće prosječne vrijednosti potrošnje pare za prosječne uvjete građe i vlažnosti:

— piljena građa četinjača 500 kg/m³
— piljena građa bukve 900 kg/m³

Preračunato u jedinice topline, uzevši u obzir da se radi o pari niskog pritiska, može se raču-

Na osnovi ovoga lako se može, barem približno, izračunati koliko se toplinske energije troši pri sušenju u svakom poduzeću ako se zna količina piljene građe koja se podvrgava sušenju. Pri ovome treba napomenuti da je sušenje vrlo intenzivan potrošač topline. U drvnj industriji Bosne i Hercegovine procjenjuje se da se za sušenje piljene građe četinjača i listača troši ukupno 586,5 TJ toplinske energije, što predstavlja oko 60% ukupno potrošene toplinske energije.

2.2 Potrošnja elektroenergije

Podaci o potrošnji elektroenergije nešto su pouzdaniji od podataka o potrošnji toplinske energije, ako ništa drugo, ono iz razloga što elektrodistributeri o tome vode računa. S obzirom da rijetko koja sušionica ima instrument (sat) za mjerenje potrošnje elektroenergije pri sušenju, morali smo se opet služiti dedukcijom. Pri proračunima se pošlo od sljedećih pretpostavki:

- da se radi o prosječnoj dvokolosjećnoj sušionici dužine 16,5 m s 8 ventilatora,
- da sušare imaju različite elektromotore od 1,5 — 5,5 kW (zavisno od tipa sušionice),
- da se suši građa debljine 38 mm sa 40 na 10 ± 2% vlažnosti uz prosječna vremena trajanja sušenja,
- da elektromotori stvarno troše oko 70% od nominalne snage,
- da se nešto elektroenergije troši i za osvjetljenje.

Na osnovi ovakvih ulaznih postavki, potrošnja elektroenergije je sljedeća:

	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Prosječno
pri sušenju četinjača	16 kWh/m ³	20 kWh/m ³	38 kWh/m ³	22 kWh/m ³
pri sušenju listača	53 kWh/m ³	64 kWh/m ³	—	55 kWh/m ³

(Prosječne vrijednosti su ponderirane prema učešću pojedinih tipova sušionica)

nati da se iz kilograma pare dobije 2,093 MJ, što znači da se troši za:

— sušenje građe četinjače u prosjeku
1,046 GJ/m³
— sušenje bukove građe u prosjeku
1,88 GJ/m³

U drvnj industriji BiH registrirana je ukupna potrošnja elektroenergije od 273.034 MWh. Prema gornjim prosječnim podacima za sušenje piljene građe potroši se 15.180 MWh, odnosno nešto više od 5,5% ukupno utrošene elektroenergije.

3. NAČIN GOSPODARENJA ENERGIJOM

3.1 Toplinska energija

Prema Janiku [3], od ukupno potrošene količine toplinske energije u toku jednog sušenja otpada:

— na toplinu potrebnu za isparavanje vlage	64,2 ⁰ / ₀
— na toplinu potrebnu za razbijanje higroskopske veze između vode i drva	0,6 ⁰ / ₀
— na toplinu potrebnu za zagrijavanje svježeg zraka	16,8 ⁰ / ₀
— na toplinu potrebnu za zagrijavanje drva i vode u drvu	6,4 ⁰ / ₀
— na toplinu potrebnu za pokrivanje gubitaka kroz konstrukciju	13,0 ⁰ / ₀
	100,0 ⁰ / ₀

Drugačiji pristup proračunima utrošene količine topline imaju američki autori, posebno kada se radi o gubicima topline zbog izmjena zraka. Prema istima, raspodjela ukupno utrošene topline je slijedeća:

	Ljeti	Zimi
Toplina početnog zagrijavanja	1,3 ⁰ / ₀	4,5 ⁰ / ₀
Toplina razbijanja veze	1,1 ⁰ / ₀	1,3 ⁰ / ₀
Toplina potrebna za podizanje temperature vode i drva u procesu	1,7 ⁰ / ₀	2,2 ⁰ / ₀
Toplina isparavanja	25,0 ⁰ / ₀	31,3 ⁰ / ₀
Gubici kroz konstrukciju	16,7 ⁰ / ₀	28,2 ⁰ / ₀
Toplina potrebna za zagrijavanje svježeg zraka (gubici u izlazećem)	54,2 ⁰ / ₀	32,5 ⁰ / ₀
	100,0 ⁰ / ₀	100,0 ⁰ / ₀

Podatak da se tokom ljeta troši veća količina topline za zagrijavanje svježeg zraka nego zimi nije greška. Zrak, ljeti, iako je topliji, sadrži u apsolutnom iznosu i znatno veću količinu vode koju treba zagrijati.

I u ovom slučaju domaćih proračuna ima vrlo malo. Podaci s kojima se raspolaže za konkretno sušenje pokazuju da se po raspodjeli topline nalazimo negdje između jednih i drugih.

3.2 Mogućnosti uštede toplinske energije

Značajna mogućnost uštede toplinske energije u toku procesa sušenja javlja se u rekuperaciji topline iz izlaznog zraka koji se izbacuje u atmosferu. Ako se pretpostavi da je taj gubitak samo 25% i ako bi se jednostavnom rekuperacijom iskoristilo samo 40% od izgubljene količine topline, to bi još uvijek značilo uštedu od 10%, odnosno 58,6 TJ.

Ova »vraćena« toplina bi se mogla iskoristiti, prije svega u samim sušionicama, za zagrijavanje vode s kojom se vrši navlaživanje (takav način na-

vlaživanja je danas vrlo čest), a potom i za grijanje vode za higijenske i razne druge potrebe.

Drugu mogućnost uštede topline pruža održavanje potrebne tehnološke discipline. Poznati su problemi s pritiskom i količinom pare u trećoj smjeni. Proračuni pokazuju da je u tri konkretna sušenja potrošeno 10—19% više topline nego je bilo potrebno, i to samo zbog pada temperature u toku noći i potreba naknadnog podizanja temperature.

Daljnju mogućnost uštede energije, ali i povećanja proizvodnosti uređaja, pruža pravilan izbor i striktna primjena odgovarajućih režima sušenja.

Mogućnost uštede energije pruža i ispravna upotreba poluautomatike i automatike, koja se sve češće ugrađuje na sušionicama. Momentalno je situacija takva da je vođenje procesa sušenja prepušteno u potpunosti automatici, držeći se striktno prijedloga režima koji je dao proizvođač i ne poduzimajući apsolutno nikakvu inicijativu u pogledu poboljšanja sušenja. Uzgred, budi rečeno, automatike su često i djelomično neispravne te su tim nepouzdanije.

Na osnovi iskustva i usporednih mjerenja, sigurno se može tvrditi da je vrijeme trajanja sušenja produženo za najmanje 20% a potrošnja toplinske energije veća za 10% nego što bi to bilo normalno. Osnovnu mogućnost uštede energije, ali i smanjenja investicija i troškova održavanja (kamata, amortizacije, osiguranja i ostalog) pruža stupanj obrađenosti građe koja dolazi u sušionicu.

Sve više uzima maha linija manjeg otpora, sušenje neokrajčene građe, bilo s kombinacijom pred-sušenja ili prirodnog sušenja ili bez nje. Motivacija je za ovakve stavove: — neka se sve greške sušenja pokažu prije nego se iz građe izrade elementi. Ono što se poslije sušenja izradi bit će zaista ispravno, neće biti »škarta«, neće biti naknadne dorade, koeficijent iskorišćenja će biti veći. Činjenica je, također, da ovakav način rada dozvoljava određeni komoditet i određenu neodgovornost u radu. Sve ono što se u toku sušenja pogriješi i pokvari pri izradi će se otkloniti.

Daleko bi nas odvelo da nabrajamo imena autora iz, bukvalno, cijelog svijeta, koji upozoravaju na pogrešnost i neekonomičnost ovakvog načina rada. Sigurno je da suprotan način rada — sušenje u elementima, čini određene teškoće u formiranju složaja, da traži daleko više stručnosti, pažnje, rada i odgovornosti svih osoba koja vode sušenje pa i općenitu promjenu odnosa prema sušionicarima.

U pogledu ove dileme gotovo i da nema ozbiljnih kompleksnih istraživanja.

Postoje relativno nepotpuna istraživanja iz jednog našeg kombinata koji ima dugu tradiciju u preradi bukve. Ne smatra se da su podaci apsolutno točni, ali su vrlo indikativni i upućuju na ozbiljno razmišljanje i istraživanje.

Radi se o dva slučaja kod izrade elemenata iz bukove piljene grade debljine 38 mm. Izrađivani su sljedeći elementi:

- elementi za namještaj 38 x 60-120 mm x 460 i 960 mm,
- četvrtače za namještaj 38 x 38 mm x 350, 400, 700 i 840 mm,
- popruga za parket 25 x 60 mm x 220, 270 i 320 mm.

Ulazna količina piljenica u oba slučaja bila je ista (65 m³ neokrajčene bukove piljene grade).

U slučaju »A«, iz sirove grade izrađeni su sirovi elementi (29,9 m³). Sirovi elementi su umjetno sušeni s 85% na 7 ± 2% vlažnosti u sušionicama. Sušenje je trajalo 20,5 dana. Nakon sušenja izvršen je pregled i klasiranje elemenata. Elementi koji zbog grešaka sušenja ili zbog manjih dimenzija nisu odgovarali zahtjevima prerađeni su u elemente za tokarenje 32 x 32 x 350 mm.

U slučaju »B«, ista količina sirove grade, tj. 65 m³, data je na umjetno sušenje. Sušenje s 70% na 7% vlage trajalo je 18 dana. Po završenom sušenju izrađeni su isti elementi kao i u slučaju »A«.

U oba slučaja vodilo se računa i o troškovima proizvodnje. Konačni rezultati su sljedeći:

	Varijanta A	Varijanta B
Ulazna količina	65 m ³	65 m ³
Elementa 38 x 60-120	18,030	19,020
Četvrtača 38 x 38 i 32 x 32	4,531	4,980
Popruga 25 x 60	1,211	0,700
	23,772	24,700
	ili 36,5%	ili 38%
	din.	din.
Ukupni troškovi	243.113	279.519
Razlika	36.406 din.	
Cijena koštanja po m ³	10.226,80	11.316,55

Varijanta »B« — prvo sušenje grade pa potom izrada elemenata, u odnosu na varijantu »A« — prvo izrada elemenata pa onda sušenje — dala je sljedeće prednosti:

- veće iskorištenje sirovine za 1,5%,
- veću količinu osnovnih elemenata za 1,0 m³,
- veću količinu četvrtača za 0,449 m³,
- manju količinu popruga za 0,511 m³.

Ako se pretpostavi da se po vrijednosti manja količina popruga barem približno poklapa s većom količinom četvrtača, proizlazi da je dobiveni višak od 1 m³ osnovnih elemenata koštao 36.406 dinara. Postavlja se pitanje da li taj kubik elemenata zaista toliko vrijedi?

No, razmatrajmo stvar dalje. Sirove grade je bilo kao ulaz u sušionicu 65 m³, sirovih elemenata 29,90 m³. Odnos kapaciteta (dakle broja) sušara

je 2,17 za sirovu gradu, prema 1 za sirove elemente. S obzirom na vrijeme trajanja sušenja neka se zadrži odnos 2:1. S energetske točke gledišta potrebna je dva puta veća količina i toplinske i elektroenergije da bi se ostvarila sumnjiva prednost.

Navedeni podaci zaista su takvi da ukazuju na potrebu ozbiljnog preispitivanja postupka i tehnologije, ne samo zbog smanjenja potrošnje energije već i zbog smanjenja troškova proizvodnje.

Sigurno je da je 65 m³ premala količina za donošenje definitivne ocjene. Bilo bi potrebno istraživanja provesti na znatno široj osnovi, ali je očito da su mogućnosti za uštedu toplinske energije na području sušenja vrlo velike.

3.3 Mogućnosti uštede elektroenergije

Po potrošnji elektroenergije, sušionice u drvnoj industriji spadaju u manje značajne potrošače. Od ukupno utrošene elektroenergije u primarnoj i finalnoj preradi drva na sušenje otpada približno 5,5%.

U sušionicama elektroenergija služi za pokretanje ventilatora, da bi se ostvarilo kretanje zraka. Mjerenja na nizu sušionica pokazuju, i u ovom slučaju, na neracionalno ponašanje zbog nepoštovanja tehnološke discipline.

Od ukupne količine zraka koja se ventilatorima pokrene u sušionici, stvarno u sušenju sudjeluje između 35 i 70%. Ostalo prolazi iznad, ispod i između složaja, dakle svuda samo ne kroz složaj, i ne sudjeluje u sušenju. Daleko je više slučajeva bliže nižim nego višim vrijednostima.

U praksi se događa da sušionice nisu popunjene. Nekada nedostaje po cijeli paket, nekada i po cijeli složaj. Prostor između međustropa i gornjeg paketa je velik. Gotovo nikada se ne postavi piljenice »na nož« da bi se taj prostor smanjio. Između zabatnog zida i složaja, kao i složaja i vrata, ostaje redovno veliki slobodni prostor. Stalno se zaboravlja činjenica da se zrak uvijek kreće linijom manjeg otpora. Zbog čega bi prolazio kroz složaj ako su mu ostavljeni »kratki putevi«?

Sušionice su projektirane tako da, u uvjetima ispravnog slaganja, osiguravaju optimalne brzine kretanja zraka i kroz složaj. »Spretnim intervencijama«, bolje rečeno nebrigom, često se omogućuje da kroz složaje prolazi manja količina zraka od predviđene, što istovremeno znači i manju brzinu kretanja zraka od optimalne, i sporije sušenje. Sporije sušenje znači manji kapacitet uređaja za sušenje, ali istovremeno i povećanu potrošnju toplinske i elektroenergije od one koja bi se mogla smatrati normalnom.

Postoji još jedna mogućnost uštede elektroenergije koju proizvođači opreme, barem za sada, ne uzimaju u obzir. Dok iz drva izlazi slobodna voda, optimalne brzine kretanja zraka iznose 2 m/s kod listača, odnosno 3—4 m/s kod četinjača. Kada vlažnost padne ispod točke zasićenosti vla-

kanaca (točnije od 25% vlage pa na niže), potrebe sušenja zadovoljavaju u potpunosti brzine od 1 m/s za listače, odnosno 2 m/s za četinjače. Problem smanjenja potrošnje elektroenergije mogao bi se rješavati primjenom elektromotora s promjenljivim brojem okretaja.

4. ZAKLJUČAK

- Za sušenje drva troši se vrlo mnogo toplinske energije, a znatno manje elektroenergije;
- Mogućnosti za uštedu, posebno toplinske energije — znatne su. Potrebno je preispitati redoslijed tehnoloških procesa, ali ne samo sa stanovišta iskorišćivanja sirovine već i sa stanovišta troškova proizvodnje;
- Treba obvezno vršiti rekuperaciju topline iz izlaznog zraka;
- Treba maksimalno poštivati tehnološke zahtjeve procesa sušenja, što je moguće ostvarivati ako se promijeni odnos prema sušenju i sušioničarima;

- Treba prestati promatrati sušenje kao »nužno zlo«, te shvatiti da je to zaista početak finalne prerade drva. Treba shvatiti da pri sušenju nastaju znatni proizvodni troškovi i da nije svejedno hoće li oni biti par stotina dinara po m³ manji ili veći;
- Nije problem uvjeriti u takve zaključke nekolicinu ljudi, već je problem uvjeriti u to sve one koji su zaposleni u preradi drva.

LITERATURA

- [1] Statistički godišnjak SR BiH, Sarajevo, 1982. g.
- [2] Eckelman, C. A., Boker, J. L.: Heat and air requirement in the kiln drying of wood. Research Bull. Purdue University No 933/1976
- [3] Janik: Handbuch der Holzrocknung, Leipzig, 1960.
- [4] Knežević, M.: Furniri i šperovano drvo, Beograd, 1959.
- [5] Krečeto: Suška drevsini, Moskva, 1972.
- [6] Little, R. L.: Effect of weather on dry kiln venting losses. Forest Products Journal 31/6.
- [7] McMillen, J. M., Wengert, E. M.: Drying eastern hardwood lumber, Agriculture Handbook No. 528/1978.
- [8] Peič-Carev: Suška drevsini, Moskva, 1975.
- [9] Recknagel: Taschenbuch für Heizung, Lüftung und Klimatechnik, München, 1966.
- [10] Sokolov: Proektirovanie sušitel'nyh i nagrevatel'nyh ustanovak dlja drevsini. Moskva, 1965.

STRUČNJACI U DRVNOJ INDUSTRIJI, PILANARSTVU, ŠUMARSTVU, POLJOPRIVREDI I GRAĐEVINARSTVU:

ČUVAJTE DRVO JER JE ONO NAŠE NACIONALNO BOGATSTVO!

Sve vrste drva nakon sječe u raznim oblicima (trupci, piljena građa, građevna stolarija, krovne konstrukcije, drvene oplata, drvo u poljoprivredi itd.) izloženo je stalnom propadanju zbog razornog djelovanja uzročnika truleži i insekata.

ZATO DRVO TREBA ZAŠTITITI jer mu se time vijek trajanja nekoliko puta produljuje u odnosu na nezaštićeno drvo.

ZAŠTITOM povećavamo ili čuvamo naš šumski fond, jer se produljenom trajnošću smanjuje sječa. Većom trajnošću ugrađenog drva smanjujemo troškove održavanja.

Zaštitom drva smanjuje se količina otpadaka. Zaštitom drva postiže se bolja kvaliteta, a time i povoljnija cijena.

U pogledu provođenja zaštite svih vrsta drva obratite se na Institut za drvo u Zagrebu.

Institut raspoložuje uvježbanim ekipama i pomagalicama, te može brzo i stručno izvesti sve vrste zaštite drva, tj. trupaca (bukva, hrast, topola, četinjače, sve vrste piljene građe, parena bukovina, krovne konstrukcije, ugrađeno drvo, oplata, lamperije, umjetnine itd.)

INSTITUT U SVOJIM LABORATORIJIMA OBAVLJA ATESTIRANJE I ISPITIVANJE SVIH SREDSTAVA ZA KONZERVIRANJE DRVA. POVRŠINSKU OBRADU, PROTUPOŽARNU ZAŠTITU DRVA I LJEPILO.