

Stanje i perspektive na području istraživanja i tehnike sušenja drva

Prof. dr Zdenko PAVLIN, dipl. ing.
Sumarski fakultet
Sveučilište u Zagrebu

UDK 630*847

Prispjelo: 1. travnja 1985.
Prihvaćeno: 8. svibnja 1985.

Stručni rad

Sažetak

Dani su sažeti podaci o sadašnjim i budućim istraživačkim programima nekih većih istraživačkih centara u svijetu. Svrha ovog prikaza je upoznavanje drvnotehnoških stručnjaka sa stanjem i perspektivom u istraživanjima na području hidrotermičke obrade drva.

Glavne riječi: sušenje drva sunačnom energijom — smanjenje utroška toplinske energije — postupci ubrzanog sušenja — sušenje mokrog drva (drva napadnutog bakterijama) — matematički modeli sušenja.

Pogram rada, kao i rezultati istraživanja pojedinih istraživačkih centara u svijetu, upućuju na bitne karakteristike razvoja na području hidrotermičke obrade drva.

S obzirom na situaciju o potrebi racionalnog iskorišćenja energije, sve je više istraživačkih organizacija u svijetu koje u svoj program stavljaju rješavanje problematike sušenja drva iskorišćenjem sunčane energije. Neočekivano velik interes primijećen je na tom području. Povećan je interes za veću točnost kontrole vremena sušenja.

U svoj je program uvrstio OTTAWA LABORATORY (KANADA) istraživanja o ekonomičnosti upotrebe toplinske energije (vodene pare, zemnog plina, električne struje) za sušenje drva u sušionicama, a VANCOUVER LABORATORY (KANADA) uz istraživanja o karakteristikama sušenja i sušionica i studiju o ekonomičnosti primijenjene toplinske energije kod sušenja drva. FORINTEK CANADA CORP., WESTERN LABORATORY (KANADA) uvrstio je istraživanja o sušenju drva pre-grijanom parom, razvoj industrijske prakse sušenja zbog tehničkog poboljšanja i zaštiti eksportnog drva od degradacije (naročito površinskih pukotina). FORINTEK CANADA CORP., EASTERN LABORATORY procjenu alternativnih postupaka ubrzanog sušenja (u prešama, radiofrekventno, visoke

temperature s velikim brzinama), razvoj korekcijskih faktora temperature za vlagomjere na bazi otpora u smrznutom drvu.

Francuski istraživači (CENTRE TECHNIQUE DU BOIS) u svoja su istraživanja uvrstili problematiku o smanjenju utroška toplinske energije kod sušenja drva u sušionicama, kao i eksperimente u vezi s upotrebom sunčane energije za sušenje drva, studiju o kolapsu kod eukaliptovine, izradu kompjutorskog programa za selekciju vrste sušionice, dok na UNIVERZITETU U NANCY-u vrše istraživanja sa sušenjem pri visokim temperaturama (180°C).

Istraživanja u Indiji (FOREST RESEARCH INSTITUTE) obuhvatila su, uz vrste sušionica i njihove karakteristike, također probleme indirektnog zagrijavanja (nastojanja za ekonomičnim zagrijavanjem sušionice upotrebom najpovoljnijeg raspoloživog goriva). Uvedena su istraživanja sušenja drva sunčanom energijom, kao i kombinacija predsušare koja se može koristiti sunčanom energijom kao dodatnim izvorom. Najnovija istraživanja obuhvaćaju: studiju o parametrima sušenja furnira, dielektrična svojstva drva, kondenzacijsko sušenje, ustanovljenje režima sušenja, istraživanja plastifikacije drva amonijakom za savijeni namještaj, hokejske palice, ugušeno drvo za tkalačke čunkove.

Program istraživanja u SAD (SOUTHERN FOREST EXPERIMENT STATION) obuhvaća problematiku utroška energije za sušenje drva, kao i sušenja borovine pri visokim temperaturama, a u MADISONU (FOREST PRODUCTS LABORATORY) primjenu sunčane energije u sušenju drva; sušenje s obzirom na utjecaj različitih režima na kvalitetu i čvrstoću drva; sušenje tvrdog drva visokim temperaturama; određivanje režima za drvo napadnuto bakterijama s prisustvom vodenih džepova i nakon provedenog sušenja određivanje dozvoljenog početnog sadržaja vode u drvu sušenom među pločama; kontrola procesa umjetnog sušenja drva; određivanje sadržaja vode za vrijeme sušenja akustičnim efektima (svojstvima).

Na MISSISSIPPI STATE UNIVERSITY vrše se istraživanja o utjecaju promjena u sušionici na

* Referat održan na savjetovanju »Umjetno sušenje drva« u organizaciji SOUR MONTING — OOUR Delnice — u Delnicama 21 — 26 IV o. g.

sušenje borovine; o razvoju vremenskih uvjeta pogodnih za prirodno sušenje hrastovine; o sušenju borovine sa sapnicama (dizama).

U WEYERHAUSER COMPANY u programu istraživanja su smanjenje utroška energije za vrijeme sušenja; poboljšanje karakteristika sušionice; brzo reagiranje protočnog vlagomjera; primjena akustičnih efekata za kontrolu sadržaja vode kod sušenja drva u sušionicama; razvoj modela sušenja drva.

Na UNIVERSITY of MINNESOTA, St. PAUL istraživačke programe sačinjavaju: kondenzacijsko sušenje drva i sušenje iverja sažimanjem (zgušćivanjem).

Na NORTH CAROLINA State University ispitivanja se vrše na: sušenju drva simulacijom (pomoću kompjutera); smanjenju degradacije za vrijeme prirodnog sušenja drva; sušenju hrastovog drva napadnutog bakterijama (mokra drvo).

Automatska kontrola procesa sušenja drva; predviđanje sadržaja vode i raspodjela naprezanja za vrijeme sušenja kao i sonde za određivanje sadržaja vode program su istraživanja na University of NEW HAMPSHIRE.

OREGON STATE UNIVERSITY u svom programu ima slijedeća istraživanja: sušenje potpuno sirovog tvrdog drva odmah nakon piljenja pomoću visokih temperatura; ravnotežni sadržaj vode u pregrijanoj pari; analize rotacionih i fluidnih sušara za usitnjeno drvo; podešavanje režima sušenja; upotreba naprava (uređaja) za smanjenje viltanja za vrijeme sušenja.

FORESTRY SCIENCE LABORATORY at CARBONDALE, ILLINOIS obrađuje u svom istraživačkom programu: sušenje tvrdog drva korišćenjem sunčane energije; sistem sušenja drva kombinacijom sunčane energije i kondenzacije; sušenje drva u pari pod tlakom; mjerenje sadržaja topline toka vlažnog zraka; matematičke metode za sušenje drva; obnavljanje energije iz sušionice.

UNIVERSITY OF WASHINGTON istražuje područje ekonomskih analiza alternativnih metoda sušenja i sušenja jehovine postupkom »piljenje-sušenje-paranje« (SDR).

VIRGINIA POLYTECHNIC INSTITUTE and STATE UNIVERSITY u svoj su program istraživanja uvrstili: izgradnju i postavljanje sušionice s korišćenjem sunčanog zračenja u zemljama u razvoju; mehanička svojstva drva sušenog u pari pod tlakom; komparaciju nekonvencionalnih tehnika sušenja; akustične efekte i pad temperature popreko složaja kao kontrolu pri sušenju drva; zaštitna sredstva za smanjenje pukotina tokom umjetnog sušenja; predviđanja trajanja sušenja drva velikih dimenzija u klasičnim i sušionicama sa sunčanom energijom.

U Zapadnoj Njemačkoj (INSTITUT FÜR HOLZFORSCHUNG MÜNCHEN) također se radilo na primjeni sunčane energije u sušenju drva. Istraživanja su dala podatke o sušenju pomoću energije sunca u srednjoevropskim uvjetima, kao i uspored-

bu rezultata dobivenih atmosferskim sušenjem na osnovi vaganja čitavog složaja drva. Vršena su istraživanja konvekcijskog sušenja s mješavinom vodene pare i zraka u području temperatura od 95 do 115⁰ C. Potvrđeno je da kod sušenja drva s visokom temperaturom nije potrebno sortiranje materijala prije procesa sušenja. Završena je studija o sorpciji kod sušenja drva pri visokim temperaturama (od 110 do 170⁰ C). Završena su istraživanja o utjecaju temperature vlažnog termometra na sušenje drva pri visokim temperaturama, a nastavlja se istraživanja o utjecaju brzine zraka na sušenje drva pri istom postupku.

Institut u Hamburgu (INSTITUT für HOLZ-PHYSIK) vrši istraživanja o: potrebi energije i energetske bilancama za različite vrste sušionica za furnir; procesima sušenja i unutarnjoj temperaturi, tlaku i naprezanjima za vrijeme visokotemperaturnog sušenja i sušenja između ploča; određivanju normalnih krivulja električnog otpora za razne vrste drva i njihova ovisnost o temperaturi; naprezanjima zbog sušenja u piljenom drvu i njihovo smanjenje s obzirom na temperaturu i vrijeme; potrebi energije za vrijeme sušenja piljenog drva i njenoj ovisnosti o različitim režimima sušenja; utjecaju različitih procesa sušenja na neka značajna fizička svojstva drva.

Pred nekoliko godina u Australiji (CSIRO)* izgrađene su sušionice na bazi sunčane energije. Sušionice za sušenje s kapacitetom od 12 m³ ušle su u upotrebu. Istraživanja obuhvaćaju sušenje mekog drva (borovine) kod temperature do 180⁰ C, uz podatke o utjecaju uvjeta na čvrstoću i mogućnost lijepljenja osušenog drva. Tvrdе vrste drva koje nisu sklone kolapsu uspješno se suše i od sirovog stanja pri temperaturi od 180⁰ C, dok se vrste drva sklone kolapsu mogu sušiti tek nakon prethodnog prirodnog sušenja na sadržaj vode od 30 do 40%. Dosadašnji rezultati pokazuju da sušenje drva pri temperaturi do 180⁰ C nema ozbiljnijeg utjecaja na čvrstoću borovine, pa se primjenjuje i u industriji. Sadašnja istraživanja vrše se na eukaliptovini u vezi pojave kolapsa za vrijeme procesa sušenja.

Studije o sušenju drva pomoću sunčane energije u Indiji baziraju se na podacima različitih klimatskih uvjeta.

U Novom Zelandu vrše usporedbu utroška toplinske energije kod sušenja pri visokim temperaturama, u konvencionalnim sušionicama, u predsušarima i korišćenjem sunčane energije.

Disertacijske radnje u SAD razmatraju i uspoređuju ekonomičnost raznih načina sušenja. U Madisonu je izvršena studija provedbe sušenja energijom sunca. U Južnoj Africi (UNIVERSITET STELLENBOSCH) konstruirane su sušionice za sušenje pomoću sunčane energije. Istražuju se iznosi potrebne energije za predsušenje drva u ovakvim sušionicama s obzirom na uobičajeno vrijeme sušenja.

* Commonwealth scientific and industrial research organization

Istraživanja u Kanadi (OTAWA LABORATORY) obuhvatila su ubrzano sušenje hrastovine i javorovih piljenica debljine 25 mm, s usporedbom kvalitete u odnosu na klasičan način sušenja. Projekt uključuje sušenje smrekovine, borovine i jelovine namijenjene konstrukcijama u građevinarstvu i utjecaj takovog sušenja na čvrstoću osušenog drva.

Radovi s topolovinom kanadskih laboratorija (VANCOUVER LABORATORY i WESTERN LABORATORY) usmjereni su na istraživanja režima i postupaka za smanjenje naprezanja koja uzrokuju pojavu pukotina.

Istraživački program (WESTERN LABORATORY) obuhvaća utjecaj sušenja kod visokih temperatura na svojstva drva. Poseban interes pridaju primjeni matematičkog modela, koji obuhvaća mala odstupanja od prosječnog sadržaja vode i temperature tokom procesa sušenja unutar širokog područja režima.

Istraživači u Južnoj Africi vrše istraživanja utjecaja sušenja na svojstva drva kod visokih temperatura. Vrše se ispitivanja kombinacijom visokofrekventne struje i visokih temperatura.

Istraživanja sušenja mekog drva pri visokim temperaturama na programu za GOVERNMENT FOREST EXPERIMENT STATION, MEGURO, JAPAN, s naglaskom na utvrđivanju utjecaja na mehanička svojstva, promjenu boje, grešaka od sušenja i druge oblike kvalitete drva.

U NAGOYA UNIVERSITY vrše se istraživanja pogodnosti sušenja visokim temperaturama različitih vrsta drva. Postupak je prihvatljiv za većinu mekih vrsta drva, dok se kod tvrdih vrsta, koje su sklone kolapsu, sadržaj vode mora prethodno sniziti ispod točke zasićenosti vlakana. Uzroci kolapsa svrha su istraživanja o naprezanjima koja se javljaju s pojavom kolapsa u tangencijalnom smjeru.

Sušenje u vakuumu je slijedeće područje interesa. Istraživanja obuhvaćaju prijenos topline na površini drva (između ostalih i visoko-frekventno zagrijavanje za vrijeme uspostavljanja vakuuma). Na ovaj se način drvo od 3 do 5 cm debljine može osušiti za 30% uobičajenog vremena. Pored toga vrše se i istraživanja procesa sušenja drva kondenzacijom.

U drugom Institutu (FOREST PRODUCTS RESEARCH INSTITUTE, IBRAKI) vrše se istraživanja o brzini sušenja tropskih vrsta drva; naprezanjima za vrijeme sušenja; utjecaju početnih uvjeta sušenja na površinske pukotine; parenju i sušenju u vakuumu; režimima sušenja tropskih vrsta drva; visoko-temperaturnom sušenju mekog drva.

U Novom Zelandu uvedene su sušionice za sušenje drva pri visokim temperaturama. Istraživanja su usmjerena i na usporedbu u kvaliteti drva osušenog u ovim sušionicama, pri temperaturama do 120° C, s drvom osušenim klasičnim načinom, kod temperature od 70° C. Između ostalog, prati se i utrošak energije kod navedenih načina, kao i kod

sušenja drva u zatvorenom kružnom sistemu, smanjenjem relativne vlage zraka kondenzacijom. Sve je veći interes industrije za sušenje drva visokim temperaturama i smanjenjem relativne vlage zraka. Vrše se istraživanja o: sušenju drva koja su važna za upotrebu (borovina); smanjenju kvalitete drva zbog sušenja; utjecaju uskladištenja i instalacije na sadržaj vode; dizajnu (design) i karakteristikama sušionice; o kretanju vode u vrijeme sušenja; uzdužnoj (longitudinalnoj) i radijalnoj permeabilnosti borovine; karakteristikama sušenja tvrdih vrsta drva; režimima za ubrzano sušenje borovine.

Kretanje vodene pare kroz drvo u području temperature do 135° C razmatrano je na FOREST PRODUCTS LABORATORY UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY. Vrše se istraživanja o sušenju drva pri visokim temperaturama, kao i računanje analize varijance unutar i između piljenica poslije sušenja drva pri visokim temperaturama, u usporedbi s klasičnim sušenjem, za različite debljine. U radu su studije o prednostima i nedostacima kontrolera i registratora (s obzirom na vrijeme sušenja, kvalitet osušenog drva i razvoj režima); upotrebi mikro-kompjutora kod sušenja drva, uključujući njihovu primjenu u procesu kontrole uređaja, odnosno kontrole kvalitete; utjecaju vremenskog povećanja suhe i vlažne temperature na brzinu sušenja, vrijeme sušenja, raspored sadržaja vode i utezanje drva; gubitku topline provođenjem (teorijske, proračunske i mjerne veličine); procjeni vlagomjera za mjerenje konačnog sadržaja vode osušenog drva; sistemu prenosnog kompjutora za procjenu cijene sušenja i potencijalnih područja ušteda kod pojedinih jedinica.

U Madisonu istražuju mogućnost sušenja sirovog tvrdog drva pri visokim temperaturama, kao i sušenja drva napadnutog bakterijama, te ubrzano sušenja deblje hrastovine.

TRADA (TIMBER RESEARCH and DEVELOPMENT ASSOCIATION), Velika Britanija, radi na projektu određivanja količine energije upotrijebljene kod sušenja drva, procjene energetske sposobnosti i preporuke za moguća poboljšanja. U istraživanja je uključeno odabiranje sušionice, način zagrijavanja i ekonomičnosti; komparacija između uobičajenog sušenja i sušenja pri visokoj temperaturi uz primjenu toplinske pumpe. Razmatra se mogućnost izrade opreme za sušionice sa zatvorenim kružnim sistemom i smanjenjem relativne vlage zraka kod temperature od 85° C. Ukupna potrošnja energije manja je u usporedbi s klasičnim načinom sušenja zbog sistema korišćenja latentne topline kondenzacijom pare iz vlažnog zraka. Radi na osnovi korišćenja faznih prijelaza.

Istraživanja u Australiji, Kanadi i SAD-u uključuju razmatranja utjecaja: temperature sušenja na čvrstoću drva, pojave kolapsa, utezanja i promjena u sadržaju vode po završenom procesu sušenja.

U Nigeriji (UNIVERSITY of IBADAN) vrše istraživanja o utjecaju sezonskih klimatskih promjena na karakteristike sušenja sunčanom energijom; studiji ponašanja za vrijeme klasičnog sušenja i sušenja pomoću sunčane energije raznih nigerijskih vrsta drva; studiji različitih aspekata sušenja drva korišćenjem sunčane energije, kao i prirodnog sušenja.

U Maleziji (FOREST RESEARCH INSTITUTE, SELANGOR) rade na istraživanjima o sušenju drva sunčanom energijom. Istražuju i faktore koji utječu na cijenu, koju uspoređuju s uobičajenim sušenjem u sušionicama i prirodnim načinom.

U Indoneziji (FOREST PRODUCTS RESEARCH INSTITUTE, BOGOR) istražuju prirodno sušenje nekih indonezijskih vrsta drva, sušenje drva primjenom sunčane energije, umjetno sušenje i kondenzacijsko sušenje.

U Brazilu (FEDERAL UNIVERSITY of ST. MARIA) razrađuju režime sušenja za tvrde vrste drva, te rade na razvoju sušenja drva sunčanom energijom u staklenicima. Na UNIVERSITY of PIRACICABA istražuju sušenje tropske borovine prirodnim načinom, sunčanom energijom i sušenjem u klasičnim sušionicama; određuju ravnotežni sadržaj vode za tropske vrste drva; na IPT-SAO PAULO rade na sušenju borovine prirodnim sušenjem i sušenju korišćenjem sunčane energije; razvoju sušionica za sušenje drva sunčanom energijom s vanjskim kolektorom (PVC-cjevasti); kondenzacijskom sušenju. Na FEDERAL UNIVERSITY of PARANA vrše istraživanja sušenja drva pri visokim temperaturama juvenilnog drva borovine; sušenju drva sunčanom energijom u staklenicima i pomoću paraboličnih izvanjskih kolektora.

U Austriji (ÖSTERREICHISCHES HOLZFORSCHUNGSINSTITUT) radit će kroz slijedeće dvije godine na problemima: diskoloracije hrastovine i primjeni metoda akustičnih efekata za vrijeme sušenja drva.

U Danskoj (TEHNOLOGISK INSTITUT) završili su istraživanja na električnim vlagomjerima na bazi otpora i bazi kapaciteta. Sada rade na programu odabiranja vrsta sušionica; dosušivanja uvoznog drva; registriranja pukotina za vrijeme sušenja pomoću osjetljivih mikrofona u drvu i ekonomskih gubitaka zbog neodgovarajućeg sušenja.

U Finskoj (FOR. PROD. LAB., VTT) rade na istraživanju novih metoda sušenja drva i uštedi energije korišćenjem izlaznog zraka iz sušionice.

U Velikoj Britaniji (UNIVERSITY of OXFORD) rade na rješavanju problema izrade sušionica za korišćenje sunčane energije u tropskim uvjetima.

U Italiji (ISTITUTO DEL LEGNO) istražuju novi sistem sušenja drva u vakuumu primjenjujući uobičajeno grijanje ispod i iznad 100° C, kao i postupak kondenzacijskog sušenja i mogućnost korišćenja količine kondenzata za kontrolu sušenja.

U Nizozemskoj (HOUTINSTITUT TNO) rade na ispitivanju sušenja domaće topole.

U Norveškoj (NORWEGIAN INSTITUTE of WOOD TECHNOLOGY) ispitivanja provode na: longitudinalnom utezanju drva; usporedbi različitih sistema kontrole sušionica; ispitivanju režima sušenja domaćih mekih i tvrdih vrsta drva; problemima vezanim za sušenje i dosušivanje na nizak sadržaj vode (6 do 10%); sistemu nuklearnog mjerenja sadržaja vode u drvu.

U Švedskoj (SWEDISH FOREST PRODUCTS RESEARCH LABORATORY) vrše ispitivanja: u cilju pronalazjenja matematičkog modela sušenja za korišćenje sistema kontrole mikroprocesorima; za izradu prototipa elektronskog vlagomjera koji može izračunati srednju vrijednost, standardnu devijaciju i druge statističke podatke; u vezi izbjegavanja grešaka nastalih sporama plijesni koje se razvijaju za vrijeme sušenja; za štednju energije pomoću sastavljenog (spojenog) sušenja gdje se izlazni zrak iz jedne sušionice koristi za zagrijavanje druge sušionice koja radi s nižom temperaturom; u vezi štednje energije upotrebom toplinske pumpe.

U ovom je radu iznesena problematika istraživanja procesa sušenja drva. Svrha je ovog prikaza upoznavanje drvotehnoloških stručnjaka sa stanjem i razvojem istraživanja na području sušenja drva.

Recenzent: prof. dr S. Bađun

LITERATURA:

- [1] Kintinmonth, J. A.: Potential for high temperature drying in New Zealand. For. Ind. Rev. 2 (7). 1977, 21 - 25.
- [2] Pavlin, Z.: Stanje i izgledi u istraživanjima na području sušenja drva. Međunarodno naučno-tehničko savjetovanje o sušenju drva, Opatija 1978, Šumarski fakultet - Zagreb, 1-7.
- [3] Pavlin, Z.: Istraživanja na području hidrotermičke obrade drva. Drvna industrija 32, 1981 (11 - 12), 291 - 294.