

# Gravimetrijska kontrola procesa sušenja drva podržana računalom

## COMPUTER BASED GRAVIMETRIC CONTROL FOR DRYING OF WOOD

Dipl. inž. S. Pervan  
Šumarski fakultet, Zagreb

UDK 630\*847

Primljeno: 10. 10. 1994.  
Prihvaćeno: 02. 12. 1994.

Stručni rad

### S a ž e t a k

S namjerom da se mala, električno zagrijavana eksperimentalna sušionica opskrbi kontrolnim uređajem utemeljenim na gravimetrijskoj metodi načinjen je računalni program. Pri izradi programa nastojala se iskoristiti samo standardna, dostupna oprema i računalo.

Načinjeni računalni program sastoji se od četiri manja dijela. Glavni je dio izrađen na teorijskim osnovama gravimetrijske metode kontrole sušenja drva i madisonskih režima, i to tako da se neprestano mjeri težina probnog uzorka koja se koristi kao glavni podatak. Taj se podatak proračunava u programu i daje trenutni sadržaj vode u drvu.

Temperatura se također mjeri i ovisno o sadržaju vode povećava se ili snižava uključivanjem ili isključivanjem grijača. Na kraju procesa sušenja, kada je vrijednost trenutnog sadržaja vode jednaka konačnome željenom sadržaju vode, računalni program automatski zaustavlja rad sušionice.

Ostali dijelovi programa služe samo za analogno-digitalnu (i obratnu) pretvorbu mjerenih veličina.

Pretpostavlja se da bi takva predložena metoda bila preciznija od standardnih metoda utemeljenih na mjerenju otpora što ga drvo pruža prolasku električne energije, uz višu kvalitetu osušenog drva i uklanjanje ručnog rada potrebnoga pri normalnoj primjeni gravimetrijske metode.

### S u m m a r y

A small electrically heated experimental drying kiln was intended to be retrofitted with a computer based program for drying of wood using the theoretic basis of gravimetric method. An effort was made to use only standard equipment and computer in the regulatory system.

The control program consists of 4 smaller parts.

The main one is based on theoretical aspects of gravimetric method and Madison schedules, using the weight of a specimen in the drying kiln as the most important piece data.

This data is calculated through the program, which provides the user with a permanent value of moisture content of the specimen.

The temperature is also measured, and depending on the moisture content, it is raised or lowered by turning the heaters on and off.

At the end of the drying period, when the value of the current moisture content becomes equal to the intended final moisture content, the computer program automatically stops.

The other parts of program are used only for analogical - digital (and vice versa) conversion of the recorded data.

The applied method is assumed to be more precise than method based on electrical resistance of wood, while higher quality of dried wood and eliminating the implying a manual work are needed when the gravimetric method is normally used.

### 1.0. UVOD

#### 1.0. Introduction

Kao jedna od najvažnijih i nezaobilaznih faza cjelokupnog procesa obrade drva, sušenje drva zbog svoje specifičnosti i trajanja ima tendenciju sporijeg razvoja od ostalih faza obrade drva.

Najnovija informatička tehnologija, koja omogućuje brz i jednostavan rad s različitim vrstama strojeva i uređaja u drvnoindustrijskim poduzećima, uz stalnu dostupnost svih bitnih informacija o parametrima procesa, također je glavni preduvjet djelotvorne kontrole postupka sušenja drva.

Osnovni preduvjet osiguranja visoke kvalitete osušenog drva, uz maksimalno vremensko skraćenje procesa sušenja, jest uklanjanje ljudskog faktora. Naime, neadekvatna izobrazba i nedovoljna odgovornost mogu rezultirati velikim štetama u procesu sušenja drva.

Osim utjecaja na kakvoću proizvoda, ograničenost i smanjenje dostupnih izvora različitih oblika energije dodatni su razlozi poboljšanja kontrole procesa sušenja.

Zbog industrijske nerazvijenosti i nedostatnih ulaganja u vlastiti razvoj spomenute opreme za kontrolu procesa sušenja, spoznaje o toj problematici u našoj se zemlji uglavnom svode na upoznavanje sa uvoznom kontrolnom opremom, uz dobivanje ograničene količine

informacija koju nam strani proizvođač želi priopćiti pri kupnji njegove opreme.

Današnja razina primjene računala uvjetovala je nastanak raznolikih tehničkih rješenja za kontrolu procesa sušenja podržanu računalom.

Većina takvih rješenja koja se primjenjuju u proizvodnim uvjetima temelji se na kontroli sadržaja vode u drvu električnim sondama zabijenim u drvo.

Njima se mjeri otpor drva prolasku električne energije, a određeni iznos električnog otpora svojom vrijednošću odgovara određenom sadržaju vode u drvu.

U kontroli procesa sušenja malo je pokušaja sjedinjenja do sada korištene, vrlo precizne gravimetrijske metode kontrole procesa s mogućnostima što ih pruža brz razvoj informatičke opreme.

Gravimetrijska kontrola procesa sušenja drva u proizvodnim se uvjetima provodi ručno i glavni je način kontrole procesa sušenja ili je dopuna poluautomatskome odnosno automatskom načinu vođenja procesa radi kontrole preciznosti njihova rada.

## 2.0. SVRHA RADA

### 2.0. Aim of work

U radu je prikazan pojednostavnjeni način izrade programa za računalo koji bi ujedinjavao prednosti gravimetrijske kontrole procesa sušenja drva kao metode vrlo visoke preciznosti s mogućnostima koje pruža dostupna, općeprimjenjivana informatička oprema.

Pri izradi računalnog programa osnovni cilj bio je učiniti nepotrebnim ručni rad pri rukovanju pokusnim

uzorcima tijekom korištenja gravimetrijske metode.

Zadaća ovog rada bila je izrada programa za računalo pomoću kojega bi se provodio nadzor cjelokupnog procesa sušenja drva na teorijskim osnovama gravimetrijske metode i madisonskih režima sušenja drva.

Pri izradi računalnog programa i kreiranju hipotetičkoga regulacijskog kruga nastojala se što više iskoristiti standardna oprema kojom raspolaže Fakultet - od računala, programskog jezika, eksperimentalne sušionice do ostalih elemenata pretpostavljenoga regulacijskog kruga prikazanoga na slici 1.

U radu je dan prikaz hipotetičkoga regulacijskog kruga jer materijalni zahtjevi za izradom stvarnoga regulacijskog kruga u laboratorijskim uvjetima prelaze granice zadatka ovog rada.

Takva vrsta regulacijskog kruga uz neke se preinake može iskoristiti za proizvodne uvjete, a preciznost gravimetrijske metode pred metodama određivanja sadržaja vode mjerenjem električnog otpora i dielektrične konstante mogla bi biti jedna od smjernica za budući razvoj takve regulacijske tehnike procesa sušenja drva.

## 3.0. MATERIJAL I METODA RADA

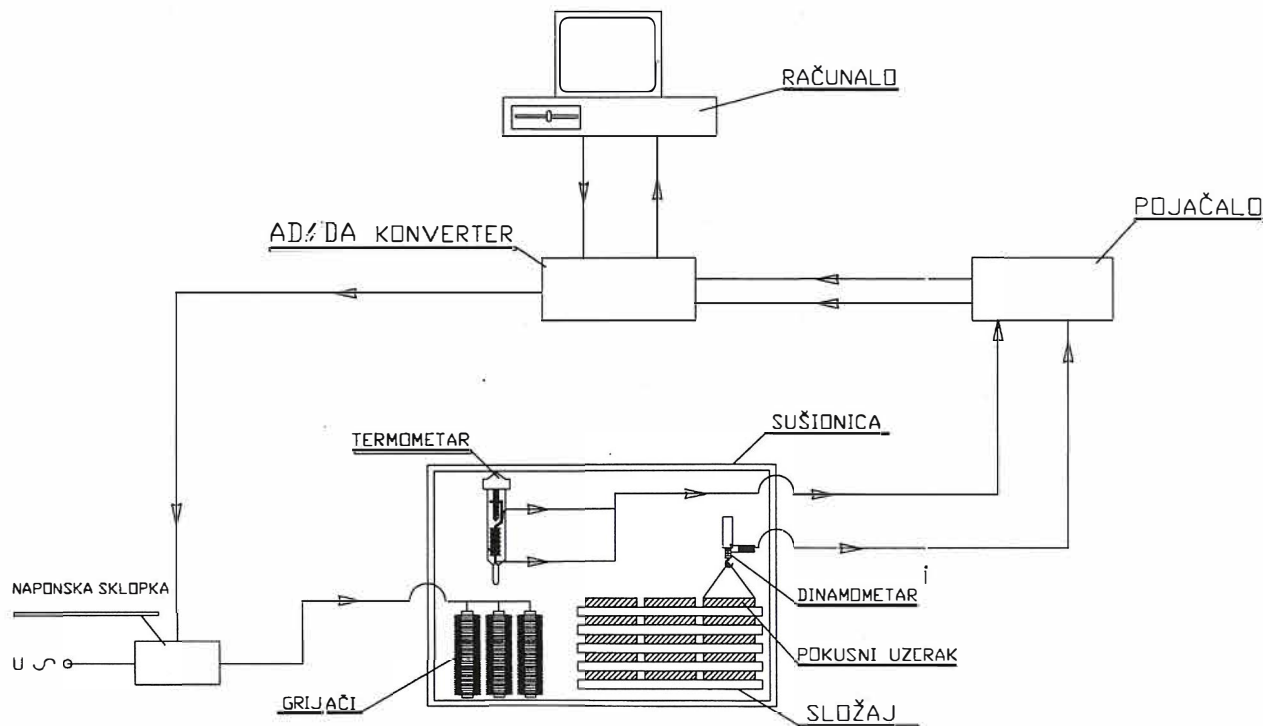
### 3.0. Material and method of work

### 3.1. Osnovni elementi regulacijskog sustava

#### 3.1. Main elements of regulation system

#### Računalo

Za regulaciju procesa sušenja u ovom je slučaju predviđeno osobno računalo s procesorom 80286, sa



Slika 1. Hipotetički regulacijski krug za kontrolu rada sušionice  
Figure 1. Hypothetical regulation circle for kiln drying control

640 kB RAM-a i 40 MB prostora na tvrdom disku.

### Analogno-digitalni i digitalno-analogni konverter

Analogno-digitalno pretvaranje napona u brojčanu vrijednost se obavlja na 16 ulaznih kanala s razlučivanjem 12 bita. Ulazni napon može iznositi od 0 do 9 V. Ulaz je unipolaran. Na ulaznoj strani u konverter jedanput se mjeri napon na termometru (temperatura), a drugi put napon na dinamometru (opskrbljenome tenziometrijskim trakama), koji pokazuje veličinu sile (težine).

Pretvaranje brojčane vrijednosti u analognu provodi se na jednom izlaznom kanalu, također s vrijednošću napona od 0 do 9 V, koji može biti unipolaran ili bipolaran.

Analogno-digitalni i digitalno-analogni konverter predviđen je kao čimbenik regulacijskog kruga koji bi pretvarao napon s pojačala (od 0 do 9 V) u brojčanu vrijednost.

Takvu brojčanu vrijednost obrađuje glavni dio programa, nakon čega se brojčane vrijednosti u digitalno-analognom dijelu konvertera pretvaraju u naponsku veličinu. Ta veličina, ovisno o njezinom iznosu u regulacijskom krugu pokreće naponske sklopke, tj. uključuje ili isključuje grijač sušionice (povećava, održava istom ili smanjuje temperaturu).

Program ima mogućnost dogradnje radi kontrole još nekih parametara procesa sušenja, uz korištenje analogno-digitalne i digitalno-analogne pretvorbe u konverteru.

U ovom slučaju predviđena je kontrola samo dvaju parametara procesa sušenja drva na dva ulazna kanala konvertera, a postoji mogućnost kontrole dodatnih 14 parametara.

Kontrolira se težina pokusnog komada te se pomoću nje izračunava sadržaj vode u drvu (na temelju sadržaja vode kontrolira se proces sušenja kada je riječ o madisonskim režimima) i temperatura sušenja, navedena uz svaki pojedini sadržaj vode u drvu.

### Sušionica

Sušionica je komornog tipa, s ugrađenim radijalnim ventilatorom na donjoj strani. Riječ je o laboratorijskoj sušionici njemačkog proizvođača "Heraeus", tipa KTFU 400.

U sušionici se temperatura regulira od 20 do 180 °C, što pokriva cjelokupno temperaturno područje sušenja drva. Uređaj se priključuje na električnu mrežu napona 220 V.

### Kontaktni termometar

Kao dio toga regulacijskog kruga bio je predviđen i kontakti termometar proizvođača VEB MLW PGW Medingen/Sitz Freital iz Njemačke.

Riječ je o kontaktnom termometru koji je dio cjelokupnog uređaja istog proizvođača - cirkulacijskog termostata.

Najveći priključni napon iznosi 250 V, a najveća jakost struje 0,03 A.

Temperaturni raspon mjerenja je od 10 do 82 °C, što odgovara iznosima temperatura sa stajališta režima sušenja drva, s obzirom na to da je 82 °C gornja krajnja granica uobičajenih madisonskih režima.

### Dinamometar

Predviđeno je da se pomoću dinamometra provodi kontrola težine probnog uzorka, a dinamometar opskrbljen tenziometrijskim trakama davao bi iznos sile (težine uzorka) u obliku napona, koji bi se s vremenom postupno smanjivao (istodobno s nestajanjem vode iz uzorka).

Taj bi se napon u pojačalu smanjivao na odgovarajuću veličinu, na vrijednost pogodnu za pretvorbu u konverteru.

### Pojačalo

Pojačalo je tipa KWS/II-5 proizvođača Hottinger Messtechnik G.M.B.H. iz Njemačke.

Priključuje se na električnu mrežu napona 220 V (-15%, +10%), frekvencije 48-60 Hz, a izlazni mu je napon +4 V.

### Naponska sklopka

Naponska sklopka služi kao magnetski prekidač do voda struje na grijače sušionice. Na tako predviđen proces sušenja može se utjecati samo preko izlazne veličine (zbog ograničenosti konvertera) kontroliranjem temperature u sušionici.

Težina drva koju mjerimo služi kao parametar pomoću kojega određujemo trenutni sadržaj vode u drvu i za koji je unutar svakog režima točno predviđena određena temperatura sušenja.

Uključivanje i isključivanje grijača regulirano je veličinom napona na izlazu iz ADDA konvertera, a programski je riješeno u posljednjem dijelu programa s oznakom "program 4".

## 4.0. REZULTATI

### 4.0. Results

#### Program

Osnovni operacijski sustav računala je DOS tvrtke Microsoft, verzija 5.0.

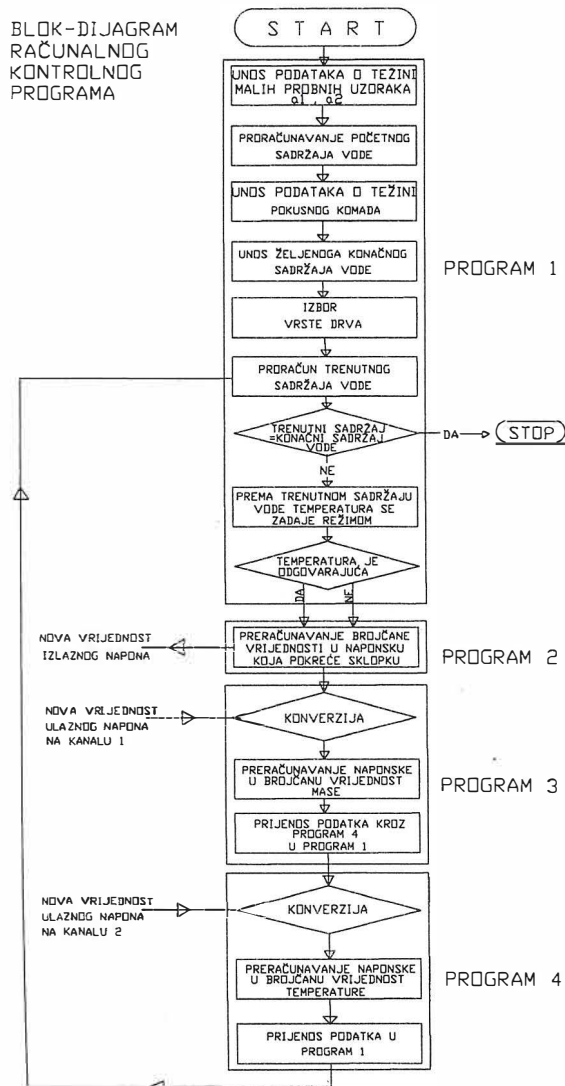
Program za kontrolu sušionice napisan je programskim jezikom GW-BASIC tvrtke Microsoft iz 1986. godine, verzija 3.2, linijskog tipa, uz mogućnost raspolaganja sa 64 KB memorije za programiranje.

Na slici 2. dan je blok-dijagram načinjenog programa.

Program se sastoji od četiri manja programa međusobno povezana u lanac.

Dva manja dijela programa na početku (pod nazivima "program 2" i "program 3") omogućuju konvertiranje parametara procesa sušenja koje kontroliramo provođenjem iz naponskih veličina u brojčane.

Dio programa s nazivom "program 2" pretvara



Slika 2. Blok-dijagram računalnog programa  
Figure 2. Flowchart of computer control program

naponsku veličinu težine odčitane s kanala 1 u brojčanu vrijednost koja se prenosi u glavni program za sušenje.

Sljedeći dio programa - "program 3" obavlja konverziju naponske vrijednosti temperature odčitane (s kontaktnog termometra) na ulaznom kanalu 2 u brojčanu vrijednost koja služi kao granični parametar u glavnom programu za sušenje.

Prema tom iznosu određuje se trenutno stanje temperaturnih uvjeta u sušionici, odnosno donosi se odluka o eventualnom daljnjem uključivanju grijača (temperatura sušenja preniska) ili isključivanju grijača (temperatura sušenja previsoka).

Središnji dio cjelokupnog programa nazvan "program 1" sadrži pojednostavnjenu mogućnost uporabe računalnog programa za sušenje drva gravimetrijskom metodom.

U tom dijelu programa postoji mogućnost izbora vrste drva, a na samom početku procesa sušenja, pri pok-

retanju programa, potrebno je unijeti osnovne podatke nužne za proces sušenja (mase malih proba izvaganih prije i nakon sušenja u sušioniku te masu pokusnog uzorka prije sušenja).

Na osnovi početnih podataka i vrijednosti koje se neprestance odčitavaju s dvaju ulaznih kanala izračunava se trenutni sadržaj vode, a prema njemu se određuje temperatura sušenja.

Predviđeno je da program funkcioniše na način da se težina pokusnog uzorka neprekidno mjeri te da se u glavnom dijelu programa izračunava trenutni sadržaj vode i prema njemu određuje nastavak sušenja, uz kontrolu temperature, kako je objašnjeno u dijelu o konverteru.

Nakon izrade program je provjeren simulacijom sušenja (napon na ulazu u program simuliran je električnim baterijama) i na adekvatan je način odgovorio promjenama kontroliranih parametara sušenja.

## 5.0. ZAKLJUČAK

### 5.0. Conclusion

Na temelju rezultata mogu se izvesti sljedeći zaključci:

1. kvaliteta osušenog drva u velikom je broju slučajeva određena ljudskim faktorom (neznanjem i nebrigom), te bi se primjena takvog načina automatske kontrole procesa sušenja uklonio taj čimbenik i osigurala odgovarajuća kvaliteta osušenog drva;

2. opisanim načinom kontrole procesa izostala bi potreba za ručnom manipulacijom pokusnim uzorcima, tj. sušioničar ne bi trebao ulaziti u sušionicu, što je inače nepovoljno za čovjekovo zdravlje;

3. takva je metoda kontrole procesa sušenja drva preciznija nego ostale metode kontrole podržane računalom koje se ne temelje na gravimetrijskoj metodi.

## 6.0. LITERATURA

### 6.0. References

- [1] Bego, V.: Mjerenje u elektrotehnici. Tehnička knjiga. Zagreb, 1966.
- [2] Božičević, J.: Temelji automatike 2. Mjerni pretvornici i mjerenje. Školska knjiga. Zagreb, 1985.
- [3] Krpan, J.: Sušenje i parenje drva. Šumarski fakultet. Zagreb, 1965.
- [4] Little, R.L., Moschler, W.W. i Toenison, R.L.: Design of a computer based controller-recorder for an experimental dry-kiln. Forest products journal Vol. 36, No. 11/12, 1986.
- [5] Soderstrom, O.: Computer simulations of a progressive kiln with longitudinal air circulation. Forest products journal, Vol. 37, No. 10, 1987.
- [6] Noguchi, M., Kitayama, S., Satoyoshi, K. i Umetsu, J.: Feedback control for drying Zelkova serrata using in-process acoustic emission monitoring. Forest products journal, Vol. 37, No. 1, 1987.
- [7] Stojić, B.: Digitalna automatizacija alatnih strojeva. Atlas nacrt. Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet Rijeka. Rijeka, 1980.
- [8] Stojić, B.: Osnove automatizacije - atlas nacrt. Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet. Rijeka, 1983.
- [9] Rajić, F.: Osnove automatike - I. dio: Mjerenje neelektričnih veličina. Sveučilišna naklada Liber. Zagreb, 1976.
- [10] Rajić, F.: Osnove automatike - II. dio: automatsko reguliranje procesa. Sveučilišna naklada Liber. Zagreb, 1976.