

# Analiza kvalitete procesa sušenja u klasičnim komornim sušionicama

## Analysis of Drying Process Quality in Conventional Dry-Kilns

### Prethodno priopćenje • Preliminary paper

Prispjelo – received: 19. 11. 2009.

Prihvaćeno – accepted: 17. 5. 2010.

UDK: 630\*847.24; 674.047.3

**SAŽETAK** • U radu su dani rezultati ispitivanja kvalitete sušenja u klasičnoj komornoj sušionici.

Ispitivanje se temelji na novoj metodologiji kojom se prikazuje razina uspješnosti procesa sušenja na temelju analize kvalitete tog procesa u klasičnoj komornoj sušionici, korištenjem znanstveno unaprijeđene verzije liste provjere u svakodnevnoj praktičnoj primjeni. Za verificiranje nove metodologije ispitivanja izabrano je poduzeće koje se specijaliziralo za izradu lamel parketa i klasičnog parketa.

U sušionici se sušilo 56 m<sup>3</sup> hrastovih i grabovih elemenata dužine 600-2000 mm, širine 140-160 mm i debljine 30 mm, namijenjenih izradi parketa. Prije ispitivanja u sušionici napravljena je lista provjere prema načinima kontrole rada sušionica primijenjenim u SAD-u i Europi, uz modifikaciju i dopunu pojedinih dijelova radi prilagodbe tehnologiji i načinu rada u Hrvatskoj. Ocjenjivanje je izvedeno tako da je svaka stavka u listi provjere rangirana ocjenama od pet do jedan, odnosno od najviše ocjene do najniže ocjene. Za ispitivanje su korištene tri metode: vizualna provjera, mjerenje instrumentima i anketiranje voditelja sušionice. Nakon završetka ispitivanja provedena je analiza i usustavljanje prikupljenih podataka. Podaci su upisani u sažetu listu provjere i dobiveni su prosječni rezultati za svaku ispitanu kategoriju i za cijelu sušionicu kao cjelinu. Iz dobivenih rezultata vidljivo je koji dijelovi sušionice, odnosno procesa sušenja nisu zadovoljili provjeru. Sve stavke s ocjenama 1 ili 2 obvezno je potrebno promijeniti nabolje, dok je one s ocjenama 3 ili 4 potrebno još jedanput analizirati i pokušati poboljšati. Gotovo su potpuno podbacili dijelovi sušionice, odnosno procesa sušenja koji se odnose na ventilatore i elektromotore, smještanje složajeva, klimatske uvjete u kontrolnoj prostoriji, kontrolu sadržaja vlage te na mogućnost napredovanja i učenja. Izvrsnu ocjenu (5) dobio je samo dio sušionice koji se odnosi na smještaj usmjerivača zraka i prepreke prolasku zraka ispod složajeva. Ostale su kategorije dobile prolaznu ocjenu, uz napomenu o potrebi njihove ponovne analize i poboljšanja. Primjenjeni modificirani sustav ocjenjivanja pokazao se izuzetno korisnim, brzim i pouzdanim načinom provjere rada sušionica u proizvodnim uvjetima, utemeljen na znanstvenim istraživanjima.

**Ključne riječi:** kvaliteta sušenja drva, klasična komorna sušionica, lista provjere

**ABSTRACT** • This paper presents testing results of drying quality in a conventional dry kiln. Testing is based on a new methodology that will show the level of success of the drying process management by analyzing the quality of drying process in a conventional dry kiln, using a scientifically improved version of the check list in everyday practical applications. A company that specializes in lamel and classic parquet production was chosen so as to verify the new testing methodology.

A total of 56 m<sup>3</sup> of oak and hornbeam boards dried in a kiln were intended for use in parquet production. The length of the boards was 600-2000 mm, the width was 140-160 mm, and they were 30 mm thick. Before kiln testing, a checklist was made, according to methods of kiln operation control applied in the USA and Europe, with some

<sup>1</sup> Autori su asistent i izvanredni profesor na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska.

<sup>1</sup> The authors are assistant and associate professor at the Faculty of Forestry, University of Zagreb, Croatia.

*modifications and changes of individual parts for adjustment to the technology and method of operation applied in Croatia. The evaluation was made so that each subcategory in the check list was rated from 5 to 1, i.e. from the highest to the lowest score. Three methods were used for the purpose of testing: visual check, measuring with instruments and interview of the dryer attendant. After the testing, analysis and systematization of all gathered data was carried out. The data were entered in a summarized check list, and the average results were provided for each tested category and for the whole kiln. The obtained results clearly show which parts of dry kiln, i.e. of drying process, failed to meet the test requirements. All subcategories rated 1 or 2 must be improved, while those rated 3 or 4 need to be analyzed once again in order to be improved. The parts of kiln and drying process related to fans and electric motors, stack placement, climatic conditions in the control room, moisture content control, and ability to develop and learn were far below the expectations. Only the part of the dry kiln which relates to the position of air routers and barriers to the passage of air under stack was rated as excellent (5). Other categories were rated as good enough, but required repeated analysis and improvement. The used evaluation system proved to be an extremely useful, fast and reliable way to check the dry-kiln operation in production conditions, based on scientific research and laboratory work.*

**Key words:** quality of wood drying process, conventional dry-kiln, check list

## 1. UVOD 1 INTRODUCTION

Sušionice kao grijane prostorije s mogućnošću regulacije potrebne temperature i relativne vlage zraka imaju veliku prednost pred prirodnim sušenjem: drvo se u njima može osušiti na željeni sadržaj vode, uz mogućnost kontrole procesa i uz minimalan udio grešaka (Krpan, 1965). Upotreba mjerne opreme i ostali uređaji u sušionici pridonose postizanju željenih rezultata sušenja koji daju sirovinu visoke kvalitete (Pervan, 1996).

Za sam proces sušenja u kontroliranim laboratorijskim i industrijskim uvjetima vrlo su važni priprema i kontrola građe za sušenje, kao i same sušionice. Pripremom se postiže odgovarajuća kvaliteta osušene građe, a kontrolom ekonomičnost procesa sušenja te točnost dobivenih rezultata. Pažljivim provođenjem pripreme sušenja mogu se izbjeći neželjene greške na drvu, ali i u samom procesu sušenja. Rezultat optimalne pripreme, uz kontrolu, jest visoka efikasnost procesa i ušteda.

U ovom ćemo radu analizirati kvalitetu procesa sušenja u klasičnim komornim sušionicama praćenjem i ocjenjivanjem pojedinih parametara i različitih situacija.

Konstrukcija sušionice znatno utječe na tijek procesa sušenja. U pravilno konstruiranim i održanim sušionicama rjeđe nastaju poremećaji osnovnih parametara sušenja. Dodatna oprema sušionice, odnosno mjerni i regulacijski uređaji (Pervan i Grbac, 1996) također su važan čimbenik kvalitete. Zadatak je opreme da omogući kontrolu većeg broja parametara, uz dovoljan broj mjerenja i jednostavnost korištenja.

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA 2 AIM OF RESEARCH

Iako je sustav ocjenjivanja IMPROVE (Wengert, Boone, 1993; Pervan, 2000) zamišljen kao raspon koji pokriva sve razine vrednovanja, pojavila se potreba za nama poznatijim i svojstvenijim načinom ocjenjivanja koji obuhvaća ocjene od 1, kao najnižu, do 5, kao najvišu ocjenu u rasponu. Na taj bi se način omogućilo

preciznije određivanje stupnja kvalitete pojedinih parametara koji se ispituju.

Cilj ovog rada jest izrada nove metodologije uz pomoć koje bi svi koji se bave znanstvenim istraživanjem i praksom na području poboljšanja procesa sušenja drvne građe otkrivali uzroke pada kakvoće.

Ciljevi uvođenja nove metodologije jesu:

- pomoć sušioničarima u poboljšanju procesa sušenja,
- otkrivanje uzroka pada kakvoće sušenja drva,
- prikazivanje razine uspješnosti vođenja procesa sušenja,
- ispitivanje ispravnosti sušioničke konstrukcije,
- ispitivanje točnosti i pouzdanosti mjernih uređaja u sušionici,
- uvid u ispravnost rukovanja sirovinom,
- analiza stručnosti i znanja voditelja sušionice.

## 3. MATERIJALI I METODE 3 MATERIALS AND METHODS

### 3.1. Osnovni uvjeti i opis sušionice

#### 3.1 Basic conditions and description of dry-kiln

Sušionica u kojoj je obavljeno mjerenje uklopljena je u niz od četiri sušionice, a smještena je na prvome mjestu u nizu. Kapacitet kontrolirane sušionice bio je oko 50 m<sup>3</sup>.

Za sušenje hrastovine i grabovine primijenjen je standardni industrijski blagi režim za izbjegavanje diskoloracije na listačama, s temperaturom sušenja 30 °C do točke zasićenosti vlakanaca. U vrijeme mjerenja u sušionici se sušilo 56 m<sup>3</sup> hrastovih i grabovih elemenata dužine 600-2000 mm, širine 140-160 mm i debljine 30 mm namijenjenih izradi parketa. Početni sadržaj vode u sirovini bio je 27,2 %, a cilj sušenja bilo je postizanje konačnog sadržaja vode od 9 %.

### 3.2. Lista provjere

#### 3.2 Check list

Lista provjere je sredstvo koje služi kao pomoć pri rješavanju problematike kvalitetnog sušenja drva listača u klasičnim komornim sušionicama tijekom procesa sušenja ili ranije, za vrijeme pripreme drvne građe (Wengert i Boone, 1993). Lista provjere služi za

jednostavno ocjenjivanje kvalitete operacija onih čimbenika koji najviše utječu na kvalitetu sušenja.

Ocjenjivanje je izvedeno tako da je svaka stavka u listi provjere rangirana ocjenama od pet do jedan, tj. od najviše do najniže ocjene. Najviša ocjena (5) vrlo je teško dostižan cilj za većinu sušionica, ali je uz dobro vođenje i održavanje moguća. Najniža ocjena (1) upućuje na neodgodivu potrebu za poboljšanjem i uvidom u razlog problema. U dobro održanim i dobro vođenim sušionicama većina bi ocjena trebala biti između 5 i 4.

Cilj liste provjere nije obuhvaćanje svih dijelova ili operativnih postupaka u sušioničkom sustavu, već poticanje na redovito korištenje liste provjere i na njezinu prilagodbu pojedinačnim situacijama koje se pojavljuju u industrijskim i laboratorijskim uvjetima.

U ovom su radu priložene samo skraćene ili sažete liste provjere za kvalitetno sušenje drva listača u sušionicama. Razlog tomu je veličina cjelokupne liste za provjeru u kojoj je svaka ocjena za svaku pojedinu stavku detaljno opisana. U cjelokupnoj listi uz svaku stavku stoji napomena na koji se način izvodi mjerenje, odnosno ocjenjivanje, radi lakšega i bržeg ispunjavanja liste. Cjelokupna lista, sa svim stavkama i ocjenama, nalazi se u diplomskom radu (Sedlar, 2008).

### 3.3. Metode ispitivanja liste provjere

#### 3.3 Check list testing methods

Radi lakšeg ocjenjivanja stavki u listi provjere, ne primijenjuje se uvijek samo jedan način ispitivanja točnosti parametara. Kompleksnost nekih stavki utječe na potrebu određivanja rezultata različitim metodama. Stoga su u listi provjere korištene ove metode ispitivanja:

- vizualna provjera
- mjerenje instrumentima,
- anketiranje osobe zadužene za proces sušenja.

Vizualnom provjerom ispituje se opće stanje sušionice i njenih dijelova te položaj i stanje mjernih instrumenata. Također se vizualno ispituju i obilježja drvene građe u složajevima, kao i smještaj složajeva u sušionici.

Najkompleksnija metoda ispitivanja jest mjerenje instrumentima (Simpson, 1991a; Simpson, 1991b). Za ispitivanje se upotrebljavaju različiti mjerni instrumenti koji moraju biti umjereni radi točnosti izmjerenih podataka. Za mjerenje se rabi termometar, higrometar, anemometar, pomična mjerka i metar.

Razgovor s tehnologom sušenja posljednja je metoda ispitivanja i jednako važna kao i prethodne, jer je tehnolog sušenja osoba koja najbolje poznaje opremu na kojoj se radi i probleme koji se pojavljuju tijekom rada na njoj. Na taj se način upotpunjuju podaci dobiveni vizualnom provjerom i mjerenjem te se dobivaju podaci koji su poznati samo sušioničaru.

Kronološki je predviđeno da se metode ispitivanja izvode tako da se najprije provede vizualna provjera, radi uvida u opće stanje sušionice, njezinih dijelova i građe koja se procesira. U svaku stavku u listi provjere za koju je napomenuto da je potrebna vizualna provjera upisuje se ocjena. Nakon vizualne provjere

provodi se mjerenje instrumentima koje smo spomenuli. Mjerne instrumente na mjesto ispitivanja donosi osoba koja provodi mjerenje te jamči da su uređaji umjereni prema predviđenoj normi. Rezultati mjerenja uspoređuju se s rezultatima odčitanim u sušioničkom sustavu i s parametrima navedenima u listi provjere, te se ocjenjuju stavke u kojima je navedeno da je potrebno mjerenje mjernim uređajem. Taj postupak vremenski najdulje traje jer je potrebno pažljivo i stručno rukovati mjernim uređajima da bi se dobili točni rezultati. Posljednja je metoda anketiranje sušioničara, kojom se upotpunjuju znanja dobivena prvim dvjema metodama i odgovara na određena pitanja na koja nije bilo moguće odgovoriti tim metodama.

## 4. REZULTATI

### 4 RESULTS

Nakon ispitivanja svi se podaci obrađuju i upisuje se ocjena za svaku stavku zasebno. U tu svrhu napravljene su dvije *Sažete liste provjere za kvalitetno sušenje drva listača u sušionicama*. Liste se razlikuju po tome što su ispitivane stavke podijeljene u različite skupine, ovisno o obilježjima koja obuhvaćaju. Prva sažeta lista podijeljena je na devet kategorija, ovisno o obilježjima koje obuhvaća, a druga je podijeljena na 11 različitih kategorija, prema dijelovima sušioničkog sustava.

Razlog takve raspodjele jest lakše korištenje liste provjere, kao i lakša provjera pojedinih komponenti. Nakon obrade podataka, odnosno nakon upisa ocjena u listu, vrlo se brzo dolazi do prosječnih rezultata, za svaki pojedini dio sušioničkog sustava, kao i cijele sušionice. Na taj se način brzo i efikasno može utvrditi koji dio sušioničkog sustava ne radi optimalno, odnosno u kojem njegovu dijelu dolazi do nepotrebnih gubitaka.

U tablicama 1. i 2. dani su rezultati iz kojih proizlazi da je ispitana sušionica dobila ukupnu prosječnu ocjenu 2,95. To je prolazna ocjena koja daje okvirnu sliku o stanju cjelokupne sušionice, dok je za praktično djelovanje potrebno analizirati sve navedene stavke. Rezultati stavki kojima je u polju ocjene oznaka (-) nisu poznati zato što bi za potrebe ispitivanja bilo nužno zaustaviti proces sušenja ili se u sušionici ne koriste navedeni uređaji.

## 5. ZAKLJUČAK

### 5 CONCLUSION

Iz dobivenih rezultata lako je uočljivo koji djelovi sušionice, odnosno procesa sušenja nisu zadovoljili provjeru. Sve stavke s ocjenama 1 ili 2 potrebno je obvezno promijeniti nabolje, dok je stavke s ocjenama 3 ili 4 potrebno još jedanput analizirati i pokušati poboljšati. Primjer takvog rezultata vidljiv je u kategoriji održavanja i kontrole u prvoj sažetoj listi provjere. Dijelovi sušionice, odnosno procesa sušenja koji se odnose, primjerice, na pravilnu provjeru pumpi, elektromotora i ventila, na uporabu vlažnog termometra za određivanje relativne vlage, na ispravan rad otvora za zrak i opću kontrolu sušionice ocijenjeni su ocjenom 1

**Tablica 1.** Sažeta lista provjere za kvalitetno sušenje drva listača u sušionici 1.  
**Table 1** Summarized check list for quality drying of broad-leaved wood in dry-kiln 1

STAVKE LISTE PROVJERE / CHECK LIST ITEMS		Ocjena Grade	Prosječna ocjena Average grade
<b>1. ODRŽAVANJE I KONTROLA / MAINTENANCE AND CONTROL</b>			<b>2,93</b>
1.a)	Pravilan položaj suhog termometra / <i>Correct position of dry bulb</i>	5	
1.b)	Utjecaj položaja suhog termometra u prostoru sušionice na mjerenu temperaturu / <i>Influence of dry bulb position in the kiln on measured temperature</i>	5	
1.c)	Pravilan položaj osjetila relativne vlage (higrometra, osjetnika vlage ravnoteže ili vlažnog termometra) / <i>Correct position of relative humidity sensor (hygrometer, equilibrium moisture content sensor or wet bulb)</i>	5	
1.d)	Utjecaj smještaja otvora za izmjenu zraka na vrijednosti zabilježene higrometrom (ako su otvori za izmjenu zraka smješteni na bočnom zidu sušionice) / <i>Effect of position of airing holes on the value recorded by hygrometer (if airing holes are located on kiln lateral wall)</i>	3	
1.e)	Uporaba vlažnog termometra za određivanje relativne vlage / <i>Use of wet bulb for determination of relative humidity</i>	2	
1.f)	Uporaba osjetila ravnotežnog sadržaja vode za određivanje vlage u sušionici / <i>Use of equilibrium moisture content sensor for determination of kiln humidity</i>	-	
1.g)	Pravilna provjera pumpi, elektromotora i ventila / <i>Proper testing of pumps, electric motors and valves</i>	1	
1.h)	Kondenzat vode na podu sušionice / <i>Water condensate on kiln floor</i>	5	
1.i)	Uklanjanje nečistoća i otpadaka s poda sušionice / <i>Removing dirt and waste from kiln floor</i>	3	
1.j)	Nepropusnost krova / <i>Tightness of the roof</i>	5	
1.k)	Provjera rada, brtvljenja i spajanja kondenznog lonca za lakšu provjeru / <i>Checking work, sealing and joining condensate pot for easier verification</i>	1	
1.l)	Ventilatori tjeraju zrak u pravom smjeru / <i>Fans force air in the right direction</i>	2	
1.m)	Ventilatori za odzračivanje vrte se u dobrom smjeru i zaklopke rade ispravno / <i>Fans for ventilation pipe are spinning in the right direction, and dampers are working properly</i>	1	
1.n)	Ispravan rad otvora za zrak / <i>Proper functioning of air vents</i>	1	
1.o)	Opća kontrola sušionice: korozija, izolacija, instalacije / <i>Common control of kiln: corrosion, insulation, installation</i>	1	
1.p)	Grijači čisti i bez naslaga / <i>Heaters clean and free of deposits</i>	4	
<b>2. KONTROLA SADRŽAJA VLAGE I POHRANA PODATAKA 2 MOISTURE CONTENT CONTROL AND DATA STORAGE</b>			<b>2,33</b>
2.a)	Poznavanje postupanja s građom prije njezina ulaska u sušionicu / <i>Knowledge of treatment of wood materials before they are loaded into the kiln</i>	5	
2.b)	Korištenje kontrolnih piljenica (uzoraka) za praćenje sadržaja vode / <i>Use of control boards (samples) to monitor moisture content</i>	1	
2.c)	Označavanje složaja drva u sušionici / <i>Marking of kiln stacks</i>	1	
<b>3. MOGUĆNOST NAPREDOVANJA I UČENJA / ABILITY TO DEVELOP AND LEARN</b>			<b>2,00</b>
3.a)	Mogućnost posjeta drugim pogonima i kontakti s drugim voditeljima sušenja / <i>Ability to visit other facilities and contacts with other drying managers</i>	1	
3.b)	Prisustvovanje skupovima udruga sušioničara, seminarima o sušenju i sajmovima / <i>Attending dryers association meetings and seminars, fairs</i>	3	
<b>KONTROLNA PROSTORIJA / CONTROL ROOM</b>			
<b>4. POVOLJNI KLIMATSKI UVJETI U KONTROLNOJ PROSTORIJI 4 CONVENIENT CLIMATIC CONDITIONS IN THE CONTROL ROOM</b>			<b>1,00</b>
4.a)	Optimalna temperatura i vlaga za ugodan rad osoblja i nesmetan rad kontrolnih instrumenata / <i>Optimum temperature and humidity for comfortable working environment of staff and smooth running of control instruments</i>	1	
<b>SLAGANJE DRVENE GRAĐE NA PODLOŽNE LETVICE I PUNJENJE SUŠIONICE STACKING OF WOOD MATERIAL ON STICKERS AND KILN LOADING</b>			
<b>5. DEBLJINA PODLOGA (PALETA) I PODLOŽNIH LETVICA 5 THICKNESS OF LOAD SUPPORTS AND STICKERS</b>			<b>3,43</b>
5.a)	Jednolikost debljine podložnih letvica / <i>Uniformity of stickers thickness</i>	4	
5.b)	Jednolikost debljine podloga (paleta) / <i>Uniformity of load supports thickness</i>	3	
5.c)	Ravnost podložnih letvica / <i>Flatness of stickers</i>	5	

Tablica 1. nastavak / Table 1 continuation

STAVKE LISTE PROVJERE / CHECK LIST ITEMS		Ocjena Grade	Prosječna ocjena Average grade
5.d)	Varijacija debljine građe / Variations in thickness of wood material	4	
5.e)	Iscrtanost linija po podu za lakše smještanje složajeva / Dashed lines on the floor for easy placement of stacks	1	
5.f)	Odgovarajuća širina prepreka prolasku zraka ispod, iznad i sa strane složaja / Corresponding width of barrier for air passing from below, above and side of stack	5	
5.g)	Razmak između složajeva / Distance between stacks	2	
<b>OPERATIVNE PROVJERE / OPERATIONAL TESTINGS</b>			
<b>6. TEMPERATURA SUHOG TERMOMETRA / DRY BULB TEMPERATURE</b>			<b>3,67</b>
6.a)	Točnost suhog termometra / Accuracy of dry bulb	1	
6.b)	Dnevna odstupanja temperature suhog termometra / Daily variations in dry bulb temperature	5	
6.c)	Odstupanje temperature suhog termometra u kontrolnoj zoni / Variation in dry bulb temperature in the control zone	5	
6.d)	Mogućnost isključivanja sušionice dok su glavna vrata otvorena / Option to turn off the kiln while the main door is open	-	
<b>7. TEMPERATURA MOKROG TERMOMETRA, RELATIVNA VLAGA ILI RAVNOTEŽNA VLAŽNOST / WET BULB TEMPERATURE, RELATIVE HUMIDITY OR EQUILIBRIUM MOISTURE CONTENT</b>			<b>3,00</b>
7.a)	Točnost mokrog termometra / Accuracy of wet bulb	1	
7.b)	Dnevna odstupanja temperature mokrog termometra, relativne vlage ili ravnotežne vlage drva / Daily variations of wet bulb temperature, relative humidity or equilibrium moisture content	5	
7.c)	Mogućnost isključivanja ventilatora dok su glavna vrata otvorena / Option to turn off fans while the main door is open	-	
7.d)	Granične vrijednosti relativne vlage za punjenja sušionice sirovim drvom / Limit values of relative humidity for loading kiln with raw wood	-	
<b>8. RAD VENTILATORA I BRZINA STRUJANJA ZRAKA / 8 FAN FUNCTIONING AND AIR FLOW VELOCITY</b>			<b>2,60</b>
8.a)	Rad ventilatora za pravilno strujanje zraka / Fan functioning for proper air circulation	1	
8.b)	Srednja brzina strujanja zraka kroz složaj / Average velocity of air flow through the stack	1	
8.c)	Jednoličnost ili odstupanje brzine strujanja zraka / Uniformity or departure of air flow velocity	5	
8.d)	Uporaba usmjerivača zraka u sušionici (mrtve zone, bočni zidovi i prostor ispod složaja) / Use of air router in the kiln (dead zones, side walls and below the stack)	5	
8.e)	Upravljanje ventilatorima / Fan control	1	
<b>9. PRAĆENJE BRZINE SUŠENJA I SMANJENJA KVALITETE / 9 MONITORING OF DRYING SPEED AND DECREASE IN QUALITY</b>			<b>3,67</b>
9.a)	Uporaba kontrolnih uzoraka za praćenje brzine sušenja / Use of control samples to monitor the speed of drying	1	
9.b)	Praćenje površinskih pukotina na građi prije i tijekom procesa / Monitoring the presence of surface cracks on wood material before and during the process	5	
9.c)	Bilježenje konačnog sadržaja vode / Recording the final moisture content	5	
<b>UKUPNA PROSJEČNA OCJENA / TOTAL AVERAGE RATING</b>			<b>2,95</b>

**Tablica 2.** Sažeta lista provjere za kvalitetno sušenje drva listača u sušionicama 2.

**Table 2** Summarized check list for quality drying of broad-leaved wood in dry-kilns 2

STAVKE LISTE PROVJERE / CHECK LIST ITEMS		Ocjena Grade	Prosječna ocjena Average grade
<b>STRUKTURA SUŠIONICE / KILN STRUCTURE</b>			<b>2,93</b>
1.h)	Kondenzat vode na podu sušionice / <i>Water condensate on dry-kiln floor</i>	5	
1.i)	Uklanjanje nečistoća i otpadaka s poda sušionice / <i>Removing dirt and waste from kiln floor</i>	5	
1.j)	Nepropusnost krova / <i>Tightness of the roof</i>	5	
1.o)	Opća kontrola sušionice: korozija, izolacija, instalacije / <i>Common control of kiln: corrosion, insulation, installation</i>	3	
<b>VENTILATORI I ELEKTROMOTORI / FANS AND ELECTRIC MOTORS</b>			<b>1,33</b>
1.l)	Ventilatori tjeraju zrak u pravom smjeru / <i>Fans force air in the right direction</i>	2	
1.m)	Ventilatori za odzračivanje vrte se u dobrom smjeru i zaklopke rade ispravno / <i>Fans for ventilation pipe are spinning in the right direction, and dampers are working properly</i>	1	
8.a)	Rad ventilatora za pravilno strujanje zraka / <i>Fan functioning for proper air circulation</i>	1	
<b>USMJERIVAČI ZRAKA I PREPREKE PROLASKU ZRAKA ISPOD SLOŽAJA AIR ROUTERS AND BARRIERS TO AIR PASSAGE UNDER STACK</b>			<b>5,00</b>
5.f)	Odgovarajuća širina prepreke prolasku zraka ispod, iznad i sa strane složaja <i>Corresponding width of barrier for air passing from below, above and side of stacks</i>	5	
8.d)	Uporaba usmjerivača zraka u sušionici (mrtve zone, bočni zidovi i prostor ispod složaja) / <i>Use of air router in the kiln (dead zones, side walls and below the stack)</i>	5	
<b>BRZINA I VARIJACIJE STRUJANJA ZRAKA / VELOCITY AND VARIATION OF AIR FLOW</b>			<b>3,00</b>
8.b)	Srednja brzina strujanja zraka kroz složaj / <i>Average velocity of air flow through the stack</i>	1	
8.c)	Jednoličnost ili odstupanje brzine strujanja zraka / <i>Uniformity or departure of air flow velocity</i>	5	
<b>GRIJAČI SUSTAV / HEATING SYSTEM</b>			<b>3,50</b>
1.b)	Utjecaj položaja sušionice u prostoru na temperaturu suhog termometra / <i>Influence of kiln position on dry bulb temperature</i>	5	
1.k)	Provjera rada, brtvljenja i spajanja kondenznog lonca za lakšu provjeru / <i>Checking the work, sealing and joining condensate pot for easier verification</i>	1	
1.p)	Grijači čisti i bez naslaga / <i>Heaters clean and free of deposits</i>	4	
6.a)	Točnost suhog termometra / <i>Accuracy of dry bulb</i>	1	
6.b)	Dnevna odstupanja temperature suhog termometra / <i>Daily variations in dry bulb temperature</i>	5	
6.c)	Odstupanje temperature suhog termometra u kontrolnoj zoni / <i>Variation in dry bulb temperature in the control zone</i>	5	
6.d)	Mogućnost isključivanja sušionice dok su glavna vrata otvorena / <i>Option to turn off the kiln while the main door is open</i>	--	
<b>SUSTAV NAVLAŽIVANJA I PROVJETRANJA / MOISTURIZING AND VENTILATION SYSTEM</b>			<b>2,40</b>
1.d)	Utjecaj položaja otvora za izmjenu zraka na vrijednosti zabilježene higrometrom (ako su otvori za izmjenu zraka smješteni na bočnom zidu sušionice) / <i>Effect of position of airing holes on the value recorded by hygrometer (if airing holes are located on the kiln lateral wall)</i>	3	
1.e)	Uporaba vlažnog termometra za određivanje relativne vlage / <i>Use of wet bulb for determination of relative humidity</i>	2	
1.f)	Uporaba osjetila ravnotežnog sadržaja vode za određivanje vlage u sušionici / <i>Use of equilibrium moisture content sensor for determination of kiln humidity</i>	-	
1.n)	Ispravan rad otvora za zrak / <i>Proper functioning of air vents</i>	1	
7.a)	Točnost mokrog termometra / <i>Accuracy of wet bulb</i>	1	
7.b)	Dnevna odstupanja temperature mokrog termometra, relativne vlage ili vlage ravnoteže drva / <i>Daily variations in wet bulb temperature, relative humidity or equilibrium moisture content</i>	5	
7.c)	Mogućnost isključivanja ventilatora dok su glavna vrata otvorena / <i>Option to turn off fans while the main door is open</i>	-	
7.d)	Granične vrijednosti relativne vlage za punjenja sušionice sirovim drvom / <i>Limit values of relative humidity for loading kiln with raw wood</i>	-	



ili 2. Dakle, ne odgovaraju zahtjevima i obvezno ih treba poboljšati. Dijelovi sušionice koji se, primjerice odnose na uklanjanje nečistoća i otpadaka s poda sušionice i na čistoću grijača ocijenjeni su ocjenom 3 ili 4 te djelomično zadovoljavaju zahtjeve. Stoga ih je potrebno još jedanput analizirati i ustanoviti treba li ih poboljšati. Samo se detaljnim ozbiljnim pristupom može povećati efikasnost sušionice i na taj način postići kvalitetno sušenje drvene građe bez velikih gubitaka.

Promatrajući ocjene svake pojedine stavke u listi, uočavamo da je razlika, odnosno rasipanje ocjena od 1 do 5 veliko, kako unutar neke kategorije, tako i unutar cijele liste. Razlog tomu je nemar ili čak nestručnost osoblja koje vodi sušionicu i cijeli proces sušenja. Iz razgovara s glavnim tehnologom sušenja saznali smo da se o pojedinim stavkama u listi provjere uopće ne vodi briga, tj. da su te stavke njima u procesu sušenja potpuno nevažne. Spomenute su stavke automatski ocijenjene ocjenom 1.

Dobiveni prosječni rezultati prema kategorijama daju nepotpunu sliku stvarnog stanja sušionice te ih zbog toga treba gledati više kao smjernice u analiziranju kvalitete rada sušionice. Problem je u tome što neke kategorije statistički prolaze s vrlo dobrom ocjenom, ali se istodobno u toj kategoriji nalaze i stavke ocijenjene negativnom ocjenom, koje imaju veliku važnost u procesu sušenja. Primjer je najbolje vidljiv iz stavki 6.a) i 7.a) (točnost suhog termometra i točnost mokrog termometra), koje su negativno ocijenjene, a bez tih je uređaja gotovo nemoguće kvalitetno sušenje bez grešaka.

Evidentno je da će zbog nedostatka šuma cijena drvene sirovine u budućnosti biti još veća. Stoga je potrebno drastično smanjiti sve nepotrebne gubitke u procesu sušenja drva, kao i u cjelokupnoj proizvodnji. Radi smanjenja pada kvalitete, kao i kvantitete osušene građe, potrebno je provoditi ovakve studije u svim sušioničkim sustavima, te ih dalje usavršavati, kako sa znanstvenoga, tako i sa stručnog stajališta, što će biti predmetom daljnjih istraživanja. Dobiveni će rezultati poslužiti kao temelj budućoj doradi korištenoga modificiranog sustava te njegova potpunog prilagođavanja

specifičnostima materijala, tehnologije i načina rada u znanstvenim i industrijskim ispitivanjima postupaka sušenja u Hrvatskoj i šire.

## 6. LITERATURA 6 REFERENCES

1. Krpan, J., 1965: Sušenje i parenje drva, udžbenik, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
2. Pervan, S.; Grbac, I., 1996: Uređaji za sušenje drva podržani računalom, *Drvna industrija*, 47 (2): 74-82.
3. Pervan, S., 1996: Pouzdanost računalom podržanog sušenja bukovine u klasičnoj komornoj sušionici, magistrski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
4. Pervan, S., 2000: Priručnik za tehničko sušenje drva, Zagreb.
5. Sedlar, T., 2008: Analiza kvalitete procesa sušenja u klasičnim komornim sušionicama, diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
6. Simpson, W.T., 1991a: Dry kiln operator's manual Chapter 3, Dry kiln auxiliary equipment, United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin, pp. 75-86.
7. Simpson, W.T., 1991b: Dry kiln operator's manual: Chapter 4, Inspection and maintenance of dry kilns and equipment, United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin, pp. 87-102.
8. Wengert, E.M.; Boone, R.S., 1993: Quality drying in hardwood lumber predryer. Guidebook-checklist. Gen. Tech. Rep. FPL-IMP-GTR-3. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, p. 32.

### Corresponding address:

Assistant TOMISLAV SEDLAR, BSc

Department for Wood Science  
Faculty of Forestry  
University of Zagreb  
Svetošimunska 25, p.p. 422  
10002 Zagreb, Croatia  
E-mail: [tsedlar@sumfak.hr](mailto:tsedlar@sumfak.hr)