

# NIGOS SUŠARE

- OPŠTE O SUŠARAMA
- UPUTSTVO ZA UPOTREBU I BEZBEDAN RAD
- UPUTSTVO ZA INSTALACIJU I ODRŽAVANJE



## **-GARANCIJSKA IZJAVA- OBAVEZNO PROČITATI!**

Firma NIGOS-elektronik na proizvedenu opremu za sušare daje garanciju na određeni period, što se definiše u ponudi ili ugovoru.

Garancija podrazumeva da će u odgovarajućem roku neispravna oprema biti popravljena ili zamenjena novom, a ne podrazumeva nadoknadu za eventualno nastalu štetu u građi.

Korisnik je u obavezi da bar jednom u smeni proveri rad sušara i ako primeti nepravilnosti, reaguje na pravilan način (uradi korekcije, pozove isporučioaca i ako treba zaustavi sušenje). Na taj način se sprečava da dođe do oštećenja gradje, već se samo eventualno produžava sušenje.

Što se režima sušenja tiče, NIGOS-elektronik daje režime za razne vrste građe i to na bazi sledećih činjenica:

- režimi preporučeni od strane više svetskih instituta
- višegodišnje iskustvo u toku praćenja sušenja raznih vrsta građe
- informacije od korisnika koji se duže vreme bave sušenjem

Međutim, sušenje drveta nije šablonska stvar, jer zavisi od mnogo faktora (poreklo i kvalitet trupaca, vreme seče, klimatski uslovi gde se vrši rezanje i priprema za sušenje, tretiranje pre sušenja, način slaganja, zahtevani kvalitet sušenja itd.), te je stoga možda potrebno modifikovati režime.

U automatu postoje slobodni režimi, koje korisnik može da pravi prema svom iskustvu, a i u toku sušenja prilično se može uticati na brzinu sušenja promenom određenih parametara (npr. stavljanjem pojedinih sondi u pasivno stanje).

### **Kod prvog sušenja obratiti pažnju na sledeće:**

- Od preporučenih režima za određenu vrstu drveta izabrati najsporiji.
- Na početku sušenja staviti sve sonde u aktivno stanje. U toku sušenja sonde sa najmanjom vlagom staviti u pasivno stanje, a u aktivnom stanju ostaviti samo sonde sa najvećom vlagom drveta.
- Faktor debljina drveta ne stavljati ispod 50 mm (najbolje je postaviti ga u startu na 80 mm).
- Pratiti tok sušenja i u dogovoru sa NIGOS-om ili angažovanim tehnologom menjati parametre.
- Na kraju prve ture sušenja građu vizuelno pregledati spolja, raseći više komada i pregledati unutrašnjost, iseći kontrolne viljuške za proveru naprezanja.
- Nakon analize prve ture izabrati najoptimalniji ili napraviti novi režim za konkretnu vrstu građe.

### **Pre svake ture sušenja uraditi sledeće:**

- Detaljno očistiti komoru sušare od zaostale piljevine. Otpušiti slivnik za vodu i otvor za odvod kondenzata.
- Proveriti da li rade sve dizne za vlaženje i po potrebi ih skinuti, mehanički očistiti otvor ili oprati u sirćetnoj kiselini, limunskoj kiselini, soda-bikarboni ili nekom drugom sredstvu protiv kamenca.
- Vizuelno proveriti rad opreme u sušari (ventilatora, klapni za sušenje, ...).
- Zameniti celulozne uzorke za merenje ravnotežne vlage novim uzorcima.
- Prošmirglati sonde za drvo, ako je primetna patina (oksid).
- Proveriti vizuelno kablove za sonde i po potrebi sanirati primećena oštećenja (banane na kablovima zameniti ako se primeti preterana oksidacija, ili ako je neka sonda davala sumnjive i nestabilne vrednosti u toku sušenja).
- Obratiti pažnju na pravilno postavljanje sondi u drvetu, jer od toga zavisi tok sušenja.

### **Postupci na kraju sušenja:**

- Odškrinuti glavna vrata na komori za sušenje kako bi se postepeno izjednačila temperatura u komori sa temperaturom spoljašnjeg vazduha. Naglo hlađenje građe izaziva njeno pucanje i oštećenje.
- Nakon 10 do 12 sati otvoriti glavna vrata na komori i isprazniti komoru ukoliko je odmah predviđena dalja obrada građe. Ukoliko nije, ostaviti građu u sušari još neko vreme

Vlasnik firme  
Nikolic Golub, dipl.ing.el.







## UVOD

Firma "NIGOS - elektronik" je osnovana 1990. godine, a osnovna delatnost je proizvodnja mernoregulacione opreme i sušara.

"NIGOS - elektronik" je svoj proizvodni program počeo ispravljačkom tehnikom, da bi dalji razvoj nastavio preko brojačke tehnike i mernoregulacione tehnike iz oblasti regulacije temperature i relativne vlažnosti, kao i širokog spektra automatike vezane za industriju. Tokom višegodišnjeg rada proizveden je veliki broj instrumenata vezanih za pomenute oblasti, a firma je stekla poverenje kod svojih kupaca.

Proizvodnjom opreme za sušare "NIGOS - elektronik" se bavi od 1995. godine, a početkom 1998. godine konstruiše kondenzacionu sušaru najmodernijeg tipa za koju dobija veliku nagradu žirija Međunarodnog sajma tehnike i tehničkih dostignuća održanog u Beogradu iste godine. Od tada pa do današnjih dana imamo proizveden i montiran veliki broj automatskih sušara različitog kapaciteta, kako u zemlji, tako i u inostranstvu. Uz opremu koju isporučujemo i montiramo na licu mesta dobija se i tehnologija sušenja, kao i garancija od dve godine na kompletnu sušaru, a više godina na pojedine delove opreme.

Ovaj materijal prvenstveno ima ulogu tehničkog uputstva za automatske sušare koje proizvodi "NIGOS - elektronik". Namera nam je bila da pored opisa kako da se rukuje "NIGOS" - ovim sušarama i opremom u njima, damo i neke osnovne pojmove vezane za sušenje. Možda će mnogim korisnicima to biti poznato, ali smatrali smo da nije loše pomenuti još jednom određene pojmove iz oblasti sušenja.



Grupa autora

## OPŠTI POJMOVI O SUŠENJU

Da bi drvo moglo da se koristi za izradu finalnih proizvoda, potrebno je da u sebi sadrži mali procenat vode. To znači da iz drveta treba odstraniti višak vode, a ovo se postiže postupkom sušenja. Osnovni činioci koji uslovljavaju sušenje drveta su:

- temperatura vazduha
- vlažnost vazduha
- cirkulacija vazduha

Sušenje je moguće ostvariti na dva načina:

- prirodnim putem
- veštački

**Prirodno sušenje** se odvija na otvorenom prostoru. Temperatura, vlažnost i cirkulacija vazduha zavise od klimatskih uslova gde se drvo nalazi, pa je sušenje uglavnom sporo i traje godinu dana ili više.

**Veštačko sušenje** se odvija u posebnim komorama, tkz. sušarama, i na temperaturu, vlažnost i cirkulaciju vazduha utiče se po želji. Vreme sušenja, u odnosu na prirodno, skraćuje se na nekoliko dana do nekoliko nedelja. Pored skraćivanja vremena sušenja, postiže se i niz drugih prednosti:

- smanjuje se prostor za skladištenje
- postiže se željeni procenat vlage u drvetu
- postiže se standardni kvalitet gotovih proizvoda, itd.

U daljem tekstu biće govora isključivo o veštačkom sušenju drveta, jer ono ima najširu primenu.

## FIZIČKE KARAKTERISTIKE VAZDUHA

Faktori koji utiču na sušenje drveta su temperatura, vlažnost i cirkulacija vazduha. Temperatura i vlažnost se menjaju tokom sušenja, željena cirkulacija postiže se prinudnim putem uz pomoć ventilatora i ona je uglavnom fiksna veličina za konkretnu sušaru.

### VLAŽNOST VAZDUHA

Pod pojmom vlažnost vazduha podrazumeva se prisutnost vodene pare u vazduhu. Pri određenoj temperaturi vazduh može da primi vodenu paru do neke količine, a preko toga dolazi do kondenzacije.

Za vazduh koji sadrži maksimalnu količinu vodene pare kaže se da je zasićen. Maksimalna količina vodene pare u 1 m<sup>3</sup> vazduha zavisi od temperature. Pri povećanju temperature povećava se i maksimalna količina vodene pare koju vazduh može da primi, a to se može videti iz naredne tabele:

| Temperatura vazduha<br>[ °C ]                           | 0   | 10  | 20   | 30   | 40   | 50   | 60    | 70    | 80    | 90    | 100   |
|---|-----|-----|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Maksimalna količina<br>vodene pare [ g/m <sup>3</sup> ] | 4,8 | 9,4 | 17,3 | 30,4 | 51,1 | 82,9 | 130,1 | 198,0 | 293,0 | 423,1 | 597,0 |

Ako se zasićen vazduh zagreva, povećava mu se mogućnost da primi još vodene pare, a ako se hladi, javlja se višak vodene pare (pojavljuje se kondenzacija). Ova osobina se koristi za izvlačenje vlage iz drveta, odnosno za njegovo sušenje.

## RELATIVNA VLAŽNOST VAZDUHA

Kao važan element kod sušenja drveta koristi se pojam relativna vlažnost vazduha i izražava se u %. Relativna vlažnost vazduha je odnos težine vodene pare koja se nalazi u 1 m<sup>3</sup> vazduha i maksimalne težine vodene pare koju taj vazduh može da primi, pri istoj temperaturi i pritisku.

Zasićen vazduh ima relativnu vlažnost 100%, a apsolutno suv vazduh 0%.

Relativna vlažnost zavisi od temperature vazduha. Npr. ako se 1 m<sup>3</sup> vazduha nalazi na temperaturi od 40 °C i sadrži vodenu paru 30g, on ima relativnu vlažnost:

$$(30 / 51,1) \times 100 = \mathbf{58,7\%}, \text{ pri čemu je } 51,1 \text{ uzet kao podatak iz prethodne tabele.}$$

Ako bi se taj isti vazduh zagrejao na 60 °C, tada bi njegova relativna vlažnost iznosila:

$$(30 / 130,1) \times 100 = \mathbf{23\%}$$

**Sa povećanjem temperature relativna vlažnost se smanjuje, dok smanjivanjem temperature, relativna vlažnost raste.**

Smer kretanja vazduha zavisi od temperature. Zagrejan vazduh struji prema gore, jer je lakši, a hladan naniže. Prolazeći kroz složaje rezane građe vazduh se hladi i vlaži. Tako ohlađen i vlažan struji naniže i vrši se kondenzacija viška vlage.

## VODA U DRVETU

Voda u drvetu se nalazi u dva oblika i to kao slobodna i vezana voda.

**Slobodna voda** nije vezana za drvo i nalazi se u međucelijskim šupljinama. Pošto nije hemijski vezana za drvo, ona se relativno lako i odstanjuje (može i centrifugiranjem).

**Vezana voda** se nalazi u zidovima ćelija i vezana je molekularnim silama. Zbog toga se vezana voda znatno teže i sporije odstranjuje nego slobodna voda, i moguće je ukloniti samo isparavanjem. Utvrđeno je da sadržaj vode u drvetu iznad 30% otpada na slobodnu vodu, a kad drvo ima vlažnost do 30% onda sadrži samo vezanu vodu. Ta granica od oko 30% vlažnosti drveta naziva se **tačka zasićenosti drvnih vlaknaca**.

**Vlaga drveta** izražava se u % i ona predstavlja odnos težine prisutne vode u drvetu i težine apsolutno suvog drveta:

$$V = (m_v / m_o) \times 100 [ \% ]$$

gde je: V - vlaga drveta u %

m<sub>v</sub> - težina vode u gramima

m<sub>o</sub> - težina apsolutno suvog drveta u gramima

Npr. ako se kaže da je vlažnost drveta 10%, to znači da u parčetu drveta koje bi apsolutno suvo težilo 1000 g, ima 100 g vode.

Vlažnost sirovog drveta zavisi od vrste drveta a može se kretati i do 200%. Vrste drveta koje se kod nas primenjuju posle sečenja uglavnom sadrže vlagu od 50 ÷ 100%.

Zavisno od primene, drvo se suši do određene vlažnosti i to:

|                        |          |
|------------------------|----------|
| - šper ploče           | 5 ÷ 8%   |
| - muzički instrumenti  | 5 ÷ 8%   |
| - parket               | 8 ÷ 10%  |
| - unutrašnji nameštaj  | 8 ÷ 10%  |
| - baštenski nameštaj   | 13 ÷ 16% |
| - unutrašnja stolarija | 10 ÷ 12% |
| - spoljna stolarija    | 11 ÷ 14% |



## UTEZANJE I BUBRENJE DRVETA

Promena sadržaja vezane vode uzrokuje promenu dimenzija drveta. Sušenjem dolazi do smanjenja (utezanja), a vlaženjem do povećanja dimenzija (bubrenje).

**Utezanje** teče ravnomerno sa opadanjem vlažnosti u drvetu ispod 30% (tačka zasićenosti drvnih vlakana). Veličina utezanja zavisi od strukture i vrste drveta, a kod istog drveta je različita u određenim pravcima. Utezanje može da iznosi i preko 10% u nekim pravcima, odnosno najveće je u tangencijalnom smeru, a najmanje u odnosu na smer drvnih vlakana.

Na veličinu utezanja utiče i način sušenja. Prirodno osušeno drvo uteže se manje od veštački osušenog. Drvo osušeno u sušari pri visokoj temperaturi i višoj relativnoj vlažnosti vazduha uteže se više nego kod sušenja pri nižim temperaturama i sa manjom vlagom vazduha.

Kad osušeno drvo upija vlagu povećava svoju zapreminu, odnosno **bubri**, sve dok se ne dostigne tačka zasićenosti drvnih vlakana. Preko ove granice drvo ne bubri jer ne može da primi vlagu iz vazduha iznad tačke zasićenosti.

## HIGROSKOPNOST I RAVNOTEŽNA VLAŽNOST DRVETA

Higroskopnost je osobina materijala da menja vlažnost pod uticajem vlage okolnog vazduha. Ako drvo ne sadrži vlagu veću od 30% (tačka zasićenosti drvnih vlakana), ono ima osobinu higroskopnosti. To znači da, zavisno od vlage spoljašnjeg vazduha, drvo može da upija ili otpušta vlagu.

Što je vlaga u drvetu manja to je sila upijanja vlage iz vazduha veća. Takođe, što je relativna vlažnost vazduha manja sila upijanja vlage iz drveta prema okolini je veća. Znači, zavisno koja je od ove dve sile veća, kretanje vlage može biti iz drveta prema okolini (drvo otpušta vlagu), ili obrnuto (drvo upija vlagu).

Kad su ove dve sile jednake, nema kretanja vlage i to je onda **ravnotežna vlažnost drveta**. Drvo stajanjem u određenom prostoru uvek teži da dostigne ravnotežnu vlažnost. Ono će otpuštati ili upijati vlagu ako je njegova vlažnost veća ili manja od ravnotežne. Jednom osušeno drvo ispod ravnotežne vlažnosti ne može više primiti vlagu tačno do ravnotežne vlažnosti, već nešto malo nižu. Ova pojava se zove **histereza** i iznosi oko 1 do 2 % vlage drveta.

**Naglašavamo da je beskorisno i štetno sušiti drvo niže od ravnotežne vlažnosti koja odgovara sredini gde se drvo koristi.**

Zato se treba pridržavati prethodnog poglavlja, gde su date konačne vlage sušenja, zavisno od primene.

U sledećoj tabeli su date ravnotežne vlažnosti drveta **u**, zavisno od temperature i relativne vlažnosti vazduha. Tabela je data na osnovu psihrometerske metode, odnosno sadrži temperature suvog i vlažnog termometra.

**TABELA RAVNOTEŽNE VLAŽNOSTI (psihrometerska tabela za vlažan vazduh)**

| φ (%) | t <sub>s</sub> = 20 °C |                | t <sub>s</sub> = 30 °C |                | t <sub>s</sub> = 40 °C |                | t <sub>s</sub> = 45 °C |                | t <sub>s</sub> = 50 °C |                | t <sub>s</sub> = 55 °C |                | t <sub>s</sub> = 60 °C |                | t <sub>s</sub> = 65 °C |                | t <sub>s</sub> = 70 °C |                | t <sub>s</sub> = 80 °C |                |
|-------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|
|       | t <sub>m</sub>         | u <sub>r</sub> | t <sub>m</sub>         | u <sub>r</sub> | t <sub>m</sub>         | u <sub>r</sub> | t <sub>m</sub>         | u <sub>r</sub> | t <sub>m</sub>         | u <sub>r</sub> | t <sub>m</sub>         | u <sub>r</sub> | t <sub>m</sub>         | u <sub>r</sub> | t <sub>m</sub>         | u <sub>r</sub> | t <sub>m</sub>         | u <sub>r</sub> | t <sub>m</sub>         | u <sub>r</sub> |
| 100   | 20.0                   | 30.0           | 30.0                   | 30.0           | 40.0                   | 29.0           | 45.0                   | 28.5           | 50.0                   | 28.0           | 55.0                   | 27.0           | 60.0                   | 26.2           | 65.0                   | 26.0           | 70.0                   | 25.7           | 80.0                   | 24.4           |
| 98    | 20.0                   | 28.0           | 30.0                   | 26.1           | 40.0                   | 25.5           | 44.5                   | 24.0           | 49.5                   | 24.5           | 54.5                   | 23.9           | 60.0                   | 23.2           | 64.5                   | 22.8           | 70.0                   | 22.0           | 80.0                   | 20.8           |
| 96    | 19.5                   | 24.4           | 29.5                   | 23.8           | 39.0                   | 23.1           | 44.0                   | 22.7           | 49.0                   | 22.0           | 54.0                   | 21.7           | 59.0                   | 21.0           | 64.0                   | 20.5           | 69.0                   | 19.8           | 79.0                   | 18.8           |
| 94    | 19.5                   | 23.0           | 29.0                   | 22.3           | 39.0                   | 21.8           | 44.0                   | 21.2           | 48.5                   | 20.7           | 53.5                   | 20.0           | 58.5                   | 19.7           | 63.5                   | 19.0           | 69.0                   | 18.7           | 78.5                   | 17.6           |
| 92    | 19.0                   | 22.1           | 29.0                   | 21.2           | 38.5                   | 20.3           | 43.5                   | 20.0           | 48.0                   | 19.5           | 53.0                   | 19.0           | 58.0                   | 18.6           | 63.0                   | 17.8           | 68.5                   | 17.5           | 78.0                   | 16.5           |
| 90    | 18.5                   | 20.6           | 28.5                   | 20.1           | 38.0                   | 19.3           | 43.5                   | 18.9           | 48.0                   | 19.3           | 52.5                   | 17.8           | 58.0                   | 17.3           | 63.0                   | 16.8           | 68.0                   | 16.3           | 77.5                   | 15.3           |
| 88    | 18.5                   | 19.7           | 28.5                   | 19.1           | 38.0                   | 18.3           | 43.0                   | 17.9           | 47.5                   | 17.4           | 52.5                   | 16.9           | 57.5                   | 16.4           | 62.5                   | 15.9           | 67.5                   | 15.4           | 77.0                   | 14.4           |
| 86    | 18.0                   | 18.7           | 28.0                   | 18.1           | 37.5                   | 17.5           | 42.5                   | 17.0           | 47.5                   | 16.5           | 52.0                   | 16.0           | 57.0                   | 15.6           | 62.0                   | 15.0           | 67.0                   | 14.6           | 76.5                   | 13.6           |
| 84    | 18.0                   | 17.7           | 28.0                   | 17.3           | 37.0                   | 16.6           | 42.0                   | 16.1           | 47.0                   | 15.7           | 51.5                   | 15.3           | 56.5                   | 14.8           | 61.5                   | 14.3           | 66.0                   | 13.8           | 76.0                   | 12.9           |
| 82    | 18.0                   | 16.9           | 27.5                   | 16.4           | 37.0                   | 15.8           | 41.5                   | 15.4           | 46.5                   | 15.0           | 51.0                   | 14.5           | 56.0                   | 14.0           | 61.0                   | 13.5           | 65.5                   | 13.1           | 75.0                   | 12.2           |
| 80    | 17.5                   | 16.2           | 27.0                   | 15.7           | 36.5                   | 15.1           | 41.5                   | 14.7           | 46.0                   | 14.3           | 50.5                   | 13.8           | 55.0                   | 13.3           | 60.5                   | 12.9           | 65.0                   | 12.5           | 74.5                   | 11.7           |
| 78    | 17.5                   | 15.5           | 27.0                   | 15.0           | 36.5                   | 14.5           | 41.0                   | 14.0           | 45.5                   | 13.7           | 50.0                   | 13.2           | 55.0                   | 12.8           | 60.0                   | 12.3           | 64.5                   | 11.9           | 74.0                   | 11.1           |
| 76    | 17.0                   | 14.7           | 26.5                   | 14.3           | 36.0                   | 13.8           | 40.5                   | 13.4           | 45.0                   | 13.0           | 49.5                   | 12.6           | 54.5                   | 12.1           | 59.5                   | 11.7           | 64.0                   | 11.3           | 73.5                   | 10.5           |
| 74    | 17.0                   | 14.1           | 26.0                   | 13.7           | 35.5                   | 13.2           | 40.0                   | 12.9           | 44.5                   | 12.5           | 49.0                   | 12.0           | 54.0                   | 11.7           | 59.0                   | 11.2           | 63.5                   | 10.8           | 73.0                   | 10.1           |
| 72    | 16.5                   | 13.5           | 25.5                   | 13.1           | 35.0                   | 12.6           | 40.0                   | 12.3           | 44.0                   | 11.9           | 48.5                   | 11.6           | 53.0                   | 11.2           | 58.0                   | 10.7           | 63.0                   | 10.4           | 72.0                   | 9.6            |
| 70    | 16.5                   | 13.0           | 25.5                   | 12.7           | 34.5                   | 12.1           | 39.5                   | 11.8           | 44.0                   | 11.5           | 48.0                   | 11.1           | 52.5                   | 10.7           | 57.5                   | 10.3           | 62.5                   | 10.0           | 71.5                   | 9.3            |
| 65    | 15.5                   | 11.9           | 24.5                   | 11.5           | 34.0                   | 11.0           | 38.5                   | 10.8           | 42.5                   | 10.4           | 47.0                   | 10.2           | 51.5                   | 9.7            | 56.0                   | 9.4            | 60.5                   | 9.0            | 70.0                   | 8.3            |
| 60    | 15.0                   | 10.9           | 24.0                   | 10.5           | 33.0                   | 10.1           | 37.0                   | 9.8            | 41.5                   | 9.5            | 45.5                   | 9.2            | 50.0                   | 8.9            | 55.0                   | 8.5            | 59.0                   | 8.2            | 68.0                   | 7.5            |
| 55    | 14.5                   | 10.0           | 23.0                   | 9.7            | 32.0                   | 9.2            | 36.0                   | 9.0            | 40.0                   | 8.7            | 44.0                   | 8.4            | 48.5                   | 8.1            | 53.0                   | 7.7            | 57.0                   | 7.5            | 66.5                   | 6.8            |
| 50    | 13.5                   | 9.2            | 22.0                   | 8.9            | 30.5                   | 8.4            | 34.5                   | 8.2            | 39.0                   | 8.0            | 43.0                   | 7.7            | 47.0                   | 7.4            | 51.5                   | 7.0            | 55.5                   | 6.7            | 64.5                   | 6.2            |
| 45    | 13.0                   | 8.4            | 21.0                   | 8.1            | 29.5                   | 7.7            | 33.5                   | 7.5            | 37.5                   | 7.2            | 41.0                   | 6.9            | 45.5                   | 6.6            | 49.5                   | 6.3            | 53.5                   | 6.1            | 62.0                   | 5.5            |
| 40    | 12.0                   | 7.6            | 20.0                   | 7.3            | 28.0                   | 7.0            | 32.0                   | 6.7            | 35.5                   | 6.5            | 39.5                   | 6.2            | 43.5                   | 6.0            | 49.0                   | 5.8            | 51.5                   | 5.4            | 60.0                   | 4.9            |
| 35    | 11.5                   | 6.8            | 19.0                   | 6.6            | 26.5                   | 6.3            | 30.5                   | 6.0            | 34.0                   | 5.8            | 37.5                   | 5.6            | 41.5                   | 5.3            | 45.5                   | 5.0            | 49.0                   | 4.8            | 57.0                   | 4.4            |
| 30    | 10.5                   | 6.1            | 18.0                   | 5.9            | 25.0                   | 5.5            | 29.0                   | 5.3            | 32.0                   | 5.1            | 36.0                   | 4.9            | 39.5                   | 4.7            | 43.0                   | 4.4            | 47.0                   | 4.3            | 56.0                   | 3.8            |
| 25    | 10.0                   | 5.3            | 17.0                   | 5.1            | 24.0                   | 4.8            | 27.0                   | 4.6            | 30.5                   | 4.4            | 34.0                   | 4.2            | 37.0                   | 4.1            | 40.5                   | 3.8            | 43.5                   | 3.7            | 51.5                   | 3.3            |
| 20    | 9.5                    | 4.5            | 16.0                   | 4.3            | 22.5                   | 4.0            | 25.5                   | 3.9            | 28.5                   | 3.7            | 31.5                   | 3.6            | 35.0                   | 3.4            | 38.0                   | 3.2            | 41.0                   | 3.0            | 46.5                   | 2.7            |

φ - relativna vlažnost vazduha (%)  
t<sub>s</sub> - temperatura suvog termometra (°C)  
t<sub>m</sub> - temperatura vlažnog termometra (°C)  
u<sub>r</sub> - ravnotežna vlažnost (%)

**OPŠTE UPUTSTVO  
ZA UPOTREBU  
I BEZBEDAN RAD  
SUŠARE**

**OBAVEZE KORISNIKA  
PRI KORIŠĆENJU KOMORE ZA SUŠENJE SA PRIPADAJUĆOM OPREMOM  
U POSTUPKU SUŠENJA DRVETA (DRVENE GRAĐE)**

**PRE SVAKOG SUŠENJA:**

1. Detaljno očistiti komoru za sušenje. Proveriti da nije zapušten otvor za odliv kondenzata.
2. Izvršiti kontrolu ispravnosti rada ugrađene opreme. Naročito obratiti pažnju na ispravnost rada sistema za vlaženje. Po potrebi očistiti prskalice za vodu od kamenca kako bi se osiguralo ravnomerno i kvalitetno vlaženje građe tokom sušenja.
3. Složiti drvenu građu u komoru za sušenje.
4. Postaviti sonde za merenje vlage u drvetu i uključiti ih u za to predviđena mesta.
5. Zatvoriti glavna vrata na komori sušare.
6. Uključiti automat za vođenje procesa sušenja.
7. Podesiti na automatu odgovarajuće parametre za sušenje građe koja je smeštena u komoru za sušenje (tip drveta, režim rada, debljina, konačna vlažnost, temperatura hlađenja, kondicioniranje).
8. Na automatu postaviti u aktivno stanje sve sonde za merenje vlage u drvetu.
9. Startovati sušenje (videti stranu 20).

**Napomena:** Za detaljnije objašnjene podešavanja parametara automata i startovanje sušenja pogledati priloženo uputstvo za rad automata za vođenje procesa sušenja.

**ZA VREME SUŠENJA:**

Nekoliko puta dnevno proveriti na automatu da nije došlo do situacija upozorenja ili alarmnih situacija.

**KRAJ SUŠENJA:**

1. Odškrinuti glavna vrata na komori za sušenje.
2. Nakon 10 do 12 sati otvoriti glavna vrata na komori.
3. Isprazniti komoru a suhu građu smestiti u za to namenjen (zatvoreni) prostor ili uključiti u proces dalje obrade.

## POSTAVLJANJE I RASPORED SONDI ZA MERENJE VLAGE U DRVETU

Ceo proces sušenja rezane građe vodi se na osnovu izmerenog preseka vlage u drvetu, koji se dobija sa osam mernih mesta (sondi). Zato je od izuzetnog značaja pravilno postavljanje i raspored sondi u složaju.

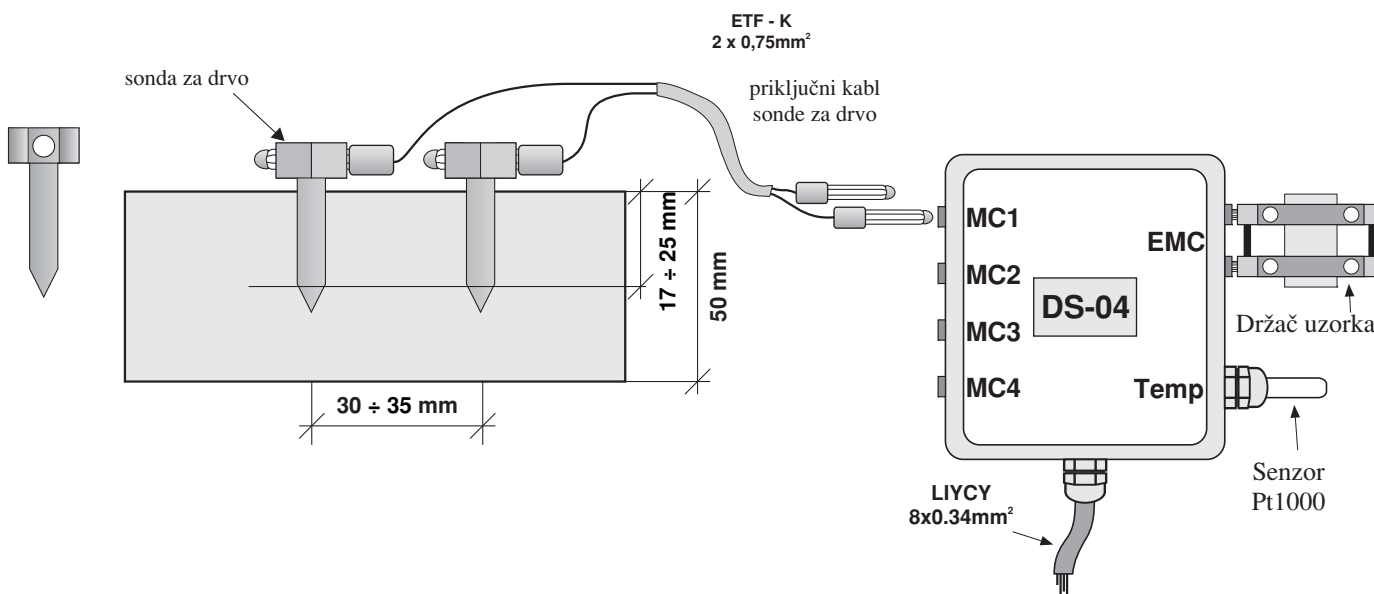
Sonde su izrađene od nerđajućeg čelika. Posle sušenja se vade iz građe i koriste se za sledeće sušenje.

Preporučene dimenzije sondi za merenje vlage u drvetu su:

|       |   |
|-------|---|
| 30 mm | za rezanu građu debljine do 40 mm (tanja građa)     |
| 45 mm | za rezanu građu debljine preko 40 mm (deblja građa) |

Jedan par sondi se koristi za jedno merno mesto. Sonde se postavljaju poprečno na građu (dasku) na međusobnom rastojanju od 30 do 35 mm (optimalno 32 mm). U dasci se prvo zabuši par rupa burgijom  $\varnothing 3.2$  ( $3 \div 3.5$ ) mm, do dubine koja je 15 mm kraća od dužine sonde. Nakon toga se sonde zakucavaju u pripremljene rupe, pri čemu **dubina prodiranja ne sme da bude manja od 1/3 debljine građe, a najbolje je da bude do 1/2 debljine građe**. Kod tanje i mekše građe ne treba bušiti otvore, već se sonde direktno zakucavaju u građu. Na slici je dat primer postavljanja sondi.

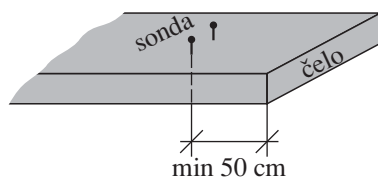
Nakon postavljanja sondi priključiti kabl za sonde i to tako što se buksne na jednom kraju kabla priključuju u rupe koje se nalaze na vrhu sondi za merenje vlage u drvetu. Buksne na drugom kraju priključnog kabla se priključuju u razvodnu kutiju koja se nalazi na zidu unutar sušare.



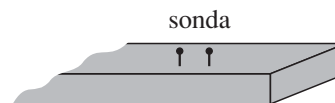
### Napomena:

Sonde za merenje vlage u drvetu se uvek postavljaju poprečno na građu (dasku). Pri tome treba voditi računa da one budu udaljene od čela dasaka minimalno 50 cm ili više.

Kod građe koja je uža (parketna friza i slično) sonde za merenje vlage se postavljaju uzdužno. Ukoliko bi ih postavljali poprečno bile bi suviše blizu ivice građe pa bi došlo do grešaka u merenju vlage u drvetu, a samim tim i do lošeg vođenja procesa sušenja.

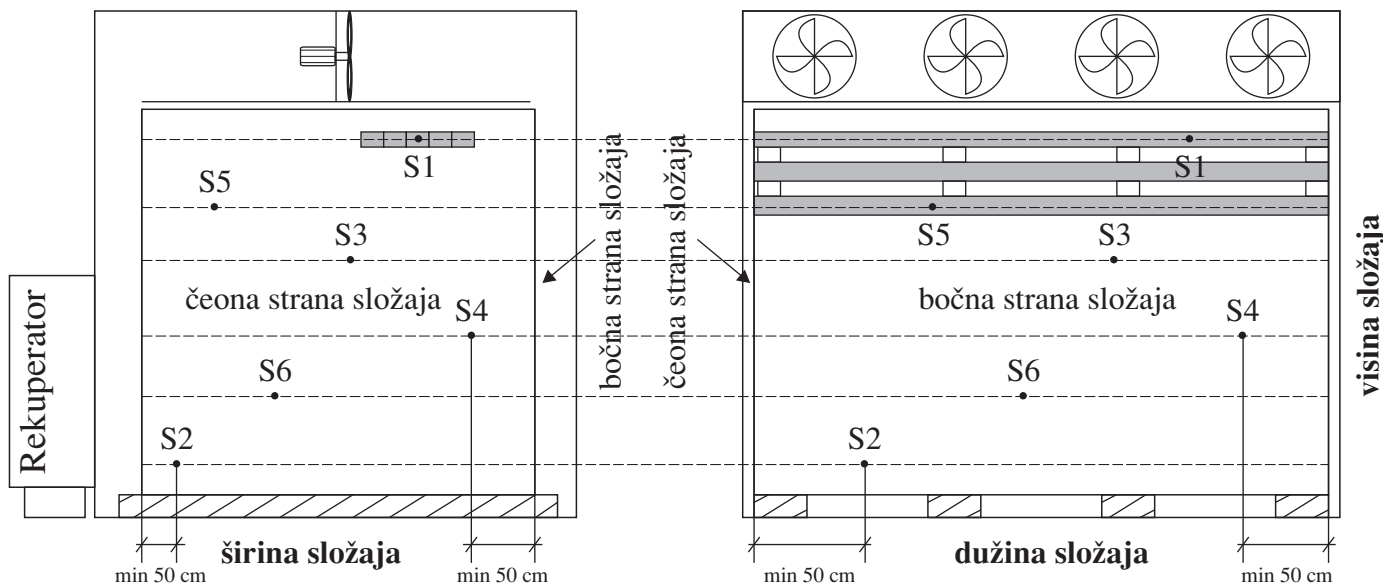


Položaj sonde u dasci



Položaj sonde u frizi  
(uski elementi)

Sonde za merenje vlage u drvetu se postavljaju prilikom slaganja građe u složaj i raspoređuju tako da složaj bude "obuhvaćen" što ravnomernije po dužini, širini i visini. Pošto se građa na bočnoj strani složaja najbrže suši jer tu dolazi najsuvliji vazduh i sa najvećom brzinom, sonde je potrebno postaviti tako da budu udaljene minimalno 50 cm od bočnih strana složaja. Primer postavljanja sonde u složaju, sa minimalnim udaljenjima od svih strana složaja, dat je na sledećoj slici.



Merenje vlage u drvetu pomoću ručnog (prenosnog) vlagomera, tj. trenutno merenje, je tačnije nego neprekidno merenje vlage u drvetu (pomoću fiksnih sonde) koje se koristi pri celom toku sušenja drveta u sušari.

Po završenom sušenju, kondicioniranju i hlađenju drveta (do završne temperature), nakon izlaska građe iz sušare, sušioničar treba da proverí vlagu u drvetu onih dasaka u kojima su bile sonde za merenje vlage tokom procesa sušenja i to što bliže tim sondama. Izmerene razlike u vlazi drveta se mogu korigovati prilikom sledeće ture sušenja (postavljanjem odgovarajuće konačne vlažnosti na automatu za vođenje procesa sušenja).

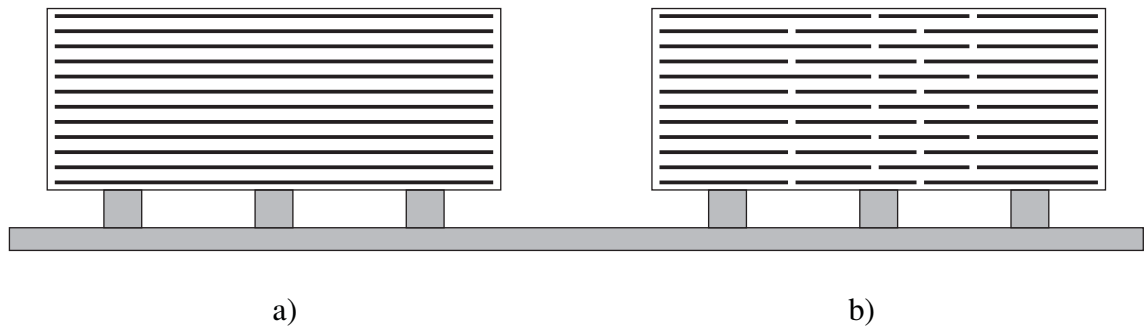
## SLAGANJE REZANE GRAĐE U SLOŽAJ

Uspeh sušenja rezane građe u velikoj meri zavisi od načina slaganja u složaj. Često se događa da se sušenje ne obavi kvalitetno zbog nestručnog i nekvalitetnog slaganja rezane građe. Za proces veštačkog sušenja rezane građe veoma je značajno da se građa tako pripremi da joj je što veća površina u kontaktu sa vazduhom. To se omogućava tako što se u zavisnosti od vrste drveta i dimenzija građe formiraju različiti oblici složaja.

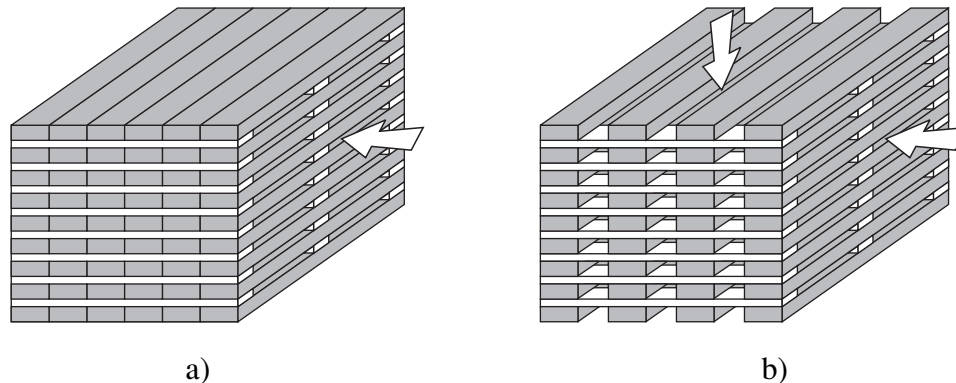
Kod **okrajčene građe** razlikuju se tipovi složaja za četinarsku građu u odnosu na složaje građe liščara. Kod četinarskih vrsta obično je dužina složaja jednaka dužini građe (sl. 1.a)), dok se kod liščara formiraju tkz. produženi (zbirni) složaji (sl. 1.b)). Ovo je uslovljeno tehnologijom rezanja građe, odnosno njenim krojenjem usled izbacivanja grešaka. Daske se slažu jedna do druge kao na slici 2.a).

Kod **neokrajčene građe** pri slaganju se javljaju i horizontalni razmaci pored vertikalnih, što smanjuje kapacitet punjenja sušare.

Kod sušenja **građe deblje od 60 mm** (posebno kod tvrde građe) poželjno je ostaviti horizontalne razmake (2 do 3 cm) da bi vazduh mogao da struji kao na slici 2.b), bez obzira da li je građa okrajčena ili ne.



Slika 1. Šematski prikaz složaja kod četinarske (a) i liščarske građe (b)



Slika 2. Slaganje građe bez horizontalnih razmaka (a) i sa horizontalnim razmacima (b)

Za ostvarivanje vertikalnog razmaka u složaju, odnosno za odvajanje pojedinih redova koriste se **letvice**. Debljina letvica zavisi od debljine građe. Za tanju građu se koriste tanje letvice, a za deblju - deblje. Optimalna debljina letvica, zavisno od debljine građe, može se izračunati po formuli:

$$s = 10 + 0.3 \times d \text{ (mm)}$$

gde je: s - debljina letvica u mm, a d - debljina rezane građe u mm.

Najbolje je izabrati **debljinu letvice** jednaku polovini debljine građe koja se suši. Pošto je nepraktično imati letvice različitih debljina najbolje je izabrati letvice sledeće debljine:

|       |  |
|-------|--|
| 15 mm | za rezanu građu debljine do 30 mm (tanka građa)                  |
| 25 mm | za rezanu građu debljine od 31 do 60 mm (građa srednje debljine) |
| 40 mm | za rezanu građu debljine preko 60 mm (debela građa)              |

**Napomena:** Ukoliko se suši hrast, preporučljivo je da letvice budu i deblje od datih.

**Širina letvica** treba da je veća od debljine bar za 1 cm, dok **dužina** treba da odgovara širini složaja.

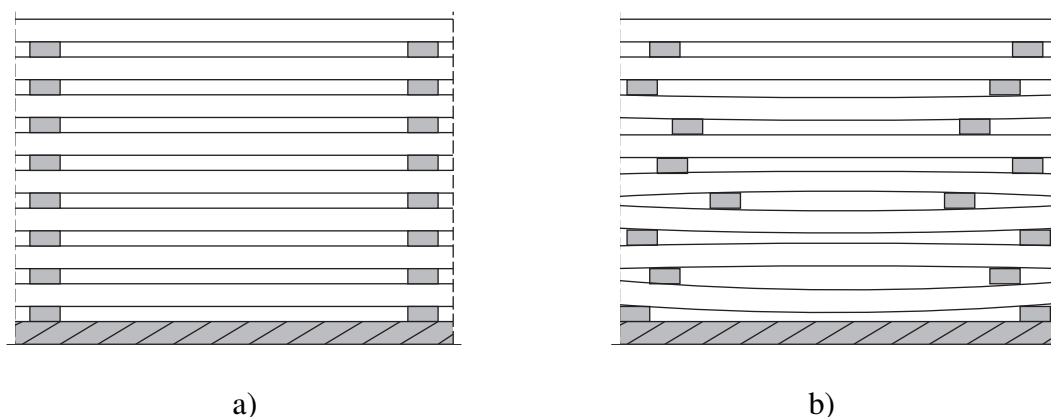
Kao materijal za izradu letvica najčešće se koristi čamovina, ređe topola i bukva, a nikada hrast jer dolazi do bojenja kontaktne površine između letvica i građe taninom koji se izlučuje. Takođe, materijal za izradu letvica mora biti fiziološki zdrav, da se ne bi eventualno zaraza sa letvica prenosila na građu.

**Horizontalni razmaci između letvica** zavise od debljine građe - kod tanje građe moraju biti manji, a kod deblje mogu biti veći jer je kod ovakve građe manja opasnost od podužnog krivljenja i vitoperenja. (Kod lišćara razmak letvica je manji nego kod četinarske građe). Zavisno od debljine građe preporučuju se sledeći horizontalni razmaci (tabela 1):

|       |   |            |
|-------|---|------------|
| 90 cm | za rezanu građu debljine preko 50 mm    |            |
| 60 cm | za rezanu građu debljine od 30 do 50 mm | (tabela 1) |
| 50 cm | za rezanu građu debljine od 25 do 30 mm |            |

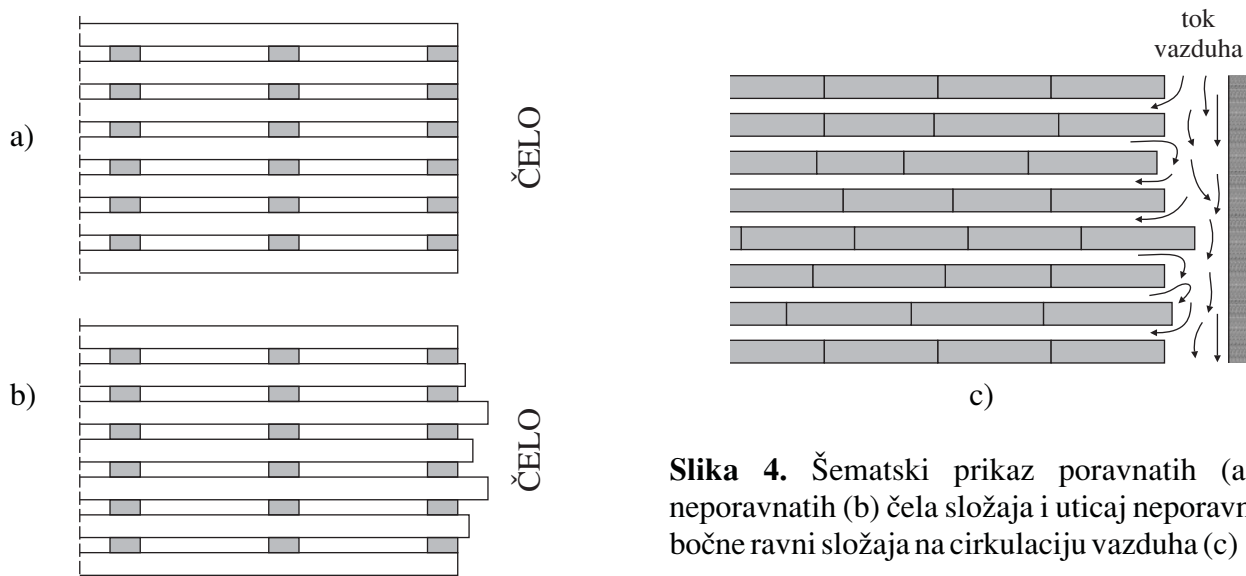
Ukoliko je građa tanja od 25 mm i sklona vitoperenju, razmak ne treba da bude veći od 40 cm.

Veoma je bitno da se prilikom formiranja složaja letvice postavljaju strogo jedna iznad druge (sl. 3.a)), kako u toku sušenja ne bi došlo do trajnog deformisanja građe.



**Slika 3.** Način postavljanja letvica kod formiranja složaja: a) pravilno, b) nepravilno

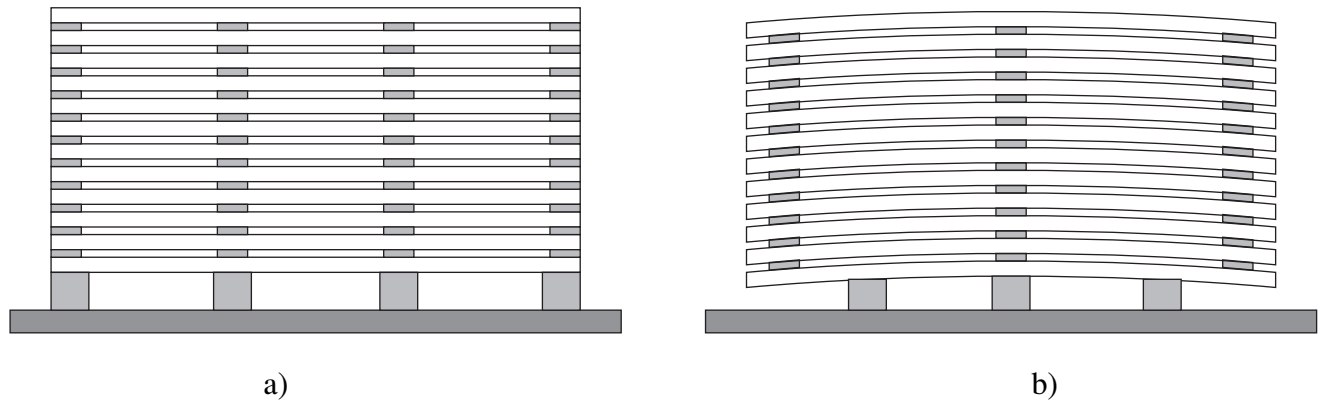
Za kvalitet sušenja veoma je važno da čeon i bočne strane moraju biti ravne; ne sme se dozvoliti da neka daska viri, kako po dužini, tako i sa bočne strane, pošto to smeta pravilnom strujanju vazduha, pa se složaj nejednako suši. Kod slaganja rezane građe nejednake dužine najduže daske se postavljaju na spoljne strane složaja a između njih slažu se kraće daske, naizmenično sa čelima poravnatim sa čeonom stranom složaja.



**Slika 4.** Šematski prikaz poravnatih (a) i neporavnatih (b) čela složaja i uticaj neporavnate bočne ravni složaja na cirkulaciju vazduha (c)



Takođe je važno dobro postaviti složaj na grede. Razmeštaj greda i letvica mora biti podjednak kako bi se celokupna težina složaja preko letvica prenosila na grede i pod (slika 5. a). Ukoliko se složaj ne oslanja na grede pravilno onda će doći do krivljenja građe.



**Slika 5.** Pravilno (a) i nepravilno (b) postavljanje složaja na grede

**Prilikom slaganja građe u složaj treba voditi računa da se zaostala piljevina na daskama ne unosi u sušaru. Potrebno je piljevinu odstaniti van sušare mehaničkom putem, pa tako očišćene daske ređati u složaj.**

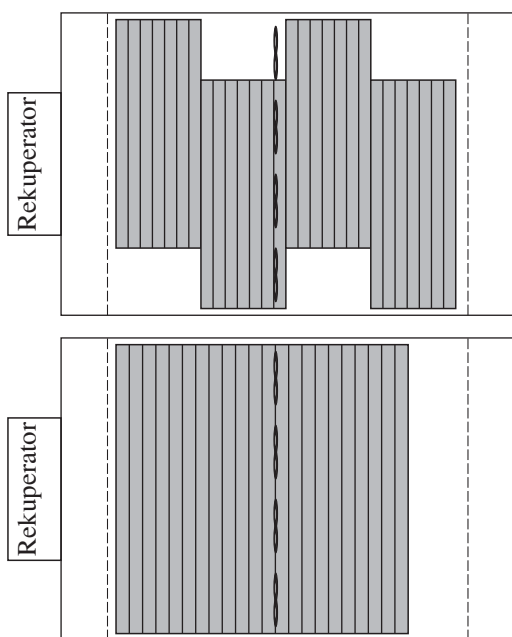
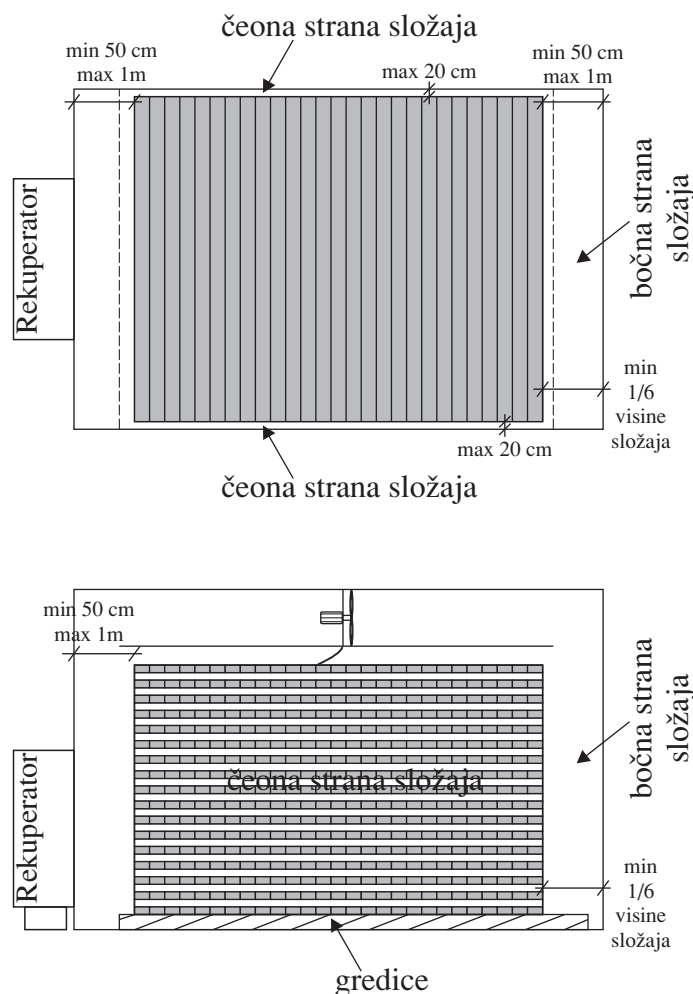
## PUNJENJE SUŠARE

Punjenje sušare se može obaviti ručno, viljuškarom ili vagonetom. Kod ručnog punjenja, kao i kod punjenja viljuškarom potrebno je prethodno na pod sušare postaviti gredice (p.p. 10 x 10 cm) na međusobnom rastojanju datom u tabeli 1. Na gredicama se formira složaj, kao što je objašnjeno u prethodnom tekstu.

Da bi se obezbedila dobra cirkulacija vazduha u sušari potrebno je ostaviti dovoljan razmak između zadnjeg zida i prednjih vrata i složaja (minimalno 50 cm, maksimalno 1m). Što je složaj veći razmak između bočne strane složaja i zida/vrata sušare treba da bude veći. U praksi se kao minimalno rastojanje uzima 1/6 visine složaja. Udaljenje čeonih strana od bočnih zidova sušare treba biti što manje. Ukoliko su udaljenja veća od 20 cm, treba staviti pregrade od poda do podplafona da vazduh ne bi strujao kroz ove prazne prostore jer se time smanjuje cirkulacija vazduha kroz složaj pa je time i lošije sušenje građe.

Visina složaja treba da bude do podplafona. Na podplafon se montira gumena zavesa čime se sprečava nepravilna cirkulacija vazduha.

U sušaru se može smestiti i manje građe nego što je njen kapacitet, ali ne manje od 70% ukupnog kapaciteta. U tom slučaju pri formiranju složaja treba izbeći "prazne prostore" da ne bi došlo do smanjenja cirkulacije vazduha kroz složaj i do usporenog sušenja. Primeri ovakvih punjenja dati su na slici 6.



a)

b)

Slika 6. Ispravno (a) i neispravno (b) punjenje sušare

## NEKOLIKO PRAKTIČNIH SAVETA

Složaj rezane građe formiran za sušenje u sušari treba biti sastavljen od istovetne građe:

- a) po sadržaju vlage u pojedinim daskama
- b) po debljini građe
- c) po tipu drveta

Ukoliko je složaj sastavljen od istovetne građe, sušenje je najbrže i najbolje. U praksi se međutim javlja potreba za formiranjem složaja koji nije sastavljen od istovetne građe (zbog iskorišćenja kapaciteta sušare, potreba u proizvodnji za raznovrsnom građom, itd.)

Ukoliko se formira složaj od građe iste po debljini i tipu drveta a različitog sadržaja vlage u pojedinim daskama (razlika 20% ili više), vlažniju građu stavljati bliže bočnoj strani sušare i u gornjoj polovini složaja (što bliže vrhu). Tu je cirkulacija vazduha veća pa će se građa brže sušiti. Sonde za merenje vlage u drvetu u većem broju postaviti u vlažniju građu.

Ukoliko se formira složaj od građe različite po debljini a iste po tipu drveta, sonde za merenje vlage u drvetu u većem broju postaviti u deblju građu. Proces sušenja u ovom slučaju treba voditi prema debljoj građi, tj. kao da se u sušari nalazi samo debela građa. Na taj način sušenje ide nešto sporije, ali se izbegavaju oštećenja koja bi se mogla javiti u debeloj građi ako bi se proces sušenja vodio po programu sušenja tanje građe. Na primer, ako se složaj formira od čamove građe i to od srednje (debljine od 31 do 60 mm) i debele (debljine preko 60 mm) tada program na automatu treba postaviti na sušenje čamove građe preko 60 mm.

Ukoliko se formira složaj meke građe (čamovina, lipa, topola) sastavljen od "colovne" građe i "petice", tada "colovnu" građu slažemo u sendvič (dve daske jedna na drugu) tako da se dobija istovetna građa po debljini ("petica"). U programu na automatu postavlja se sušenje građe za debljinu od 31 do 60 mm.

Praksa je da se "colovna" čamova građa uvek slaže u sendvič, čak i kada je ceo složaj sastavljen od "colovne" građe, a proces sušenja se vodi prema "petici".

Za druge tipove drveta ovo ne važi, tj. svaki red dasaka razdvajamo od drugog letvicama kao što je opisano u poglavlju "Slaganje rezane građe u složaj".

Izbegavati formiranje složaja od različitih tipova drveta. Ukoliko je to neophodno složaj mora biti formiran od drveta približne "tvrdoće", a proces sušenja voditi prema tvrđem drvetu.

**NIKADA** ne mešati hrast sa bilo kojim drugim tipom drveta u istom složaju (ciklusu sušenja). Ne preporučuje se ni formiranje složaja hrastovih dasaka različite debljine. Hrastova građa treba da bude iste debljine. Ukoliko to nije slučaj sušenje se može znatno produžiti.

## USKLADIŠTENJE OSUŠENOG DRVETA

Osušenu građu treba uskladištiti u zatvorenoj prostoriji i to slaganjem bez letvica. Prostoriju treba zimi zagrevati, tj. moraju se stvoriti isti uslovi mikroklimе koji vladaju u proizvodnoj hali. Uskladištenje osušenog drveta na otvorenom prostoru ili u šupama nije preporučljivo. Ukoliko se o ovome ne vodi dovoljno računa, vlažnost osušene građe se može znatno povećati.