

Voda u drvu

Janeš, Toni

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:530194>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

**PREDIPLOMSKI STUDIJ
DRVNA TEHNOLOGIJA**

TONI JANEŠ

**VODA U DRVU
ZAVRŠNI RAD**

ZAGREB, SRPANJ, 2020.

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

AUTOR:	Toni Janeš Datum rođenja: 27.08.1997. JMBAG: 0068229845
NASLOV:	Voda u drvu
PREDMET:	Tehnološke karakteristike drva
MENTOR:	Doc.dr.sc.Tomislav Sedlar
IZRADU RADA POMOGAO JE:	Prof.dr.sc. Tomislav Sinković
RAD JE IZRAĐEN:	Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zavod za znanost o drvu
AKAD. GOD.	2019./2020.
DATUM OBRANE:	03.07.2020.
RAD SADRŽI:	Stranica: 26 Slika: 16 Tablica: 4 Navoda literature: 18
SAŽETAK:	U ovom radu obrađuje se tema vode u drvu kao neizbježno svojstvo, kako u obrađenom, tako i u neobrađenom drvu. Voda ima jako veliku ulogu u cjelokupnoj preradi drva, od istovara trupaca na stovarištu pa sve do gotovih proizvoda, tj. namještaja. Redovito se prati sadržaj vode u drvu te se sukladno time kontrolirano suši ili navlažuje. Kao dokaz velikog utjecaja vode na drvo, ono je podložno bubrenju i utezanju, odnosno promjenama dimenzija uslijed promjene vlažnosti zraka ili direktnim kontaktom vode i drva. Drvo je prirodan, anizotropan, nehomogen i higroskopan materijal zbog čega se izrazito prate njegova anatomska kemijska, fizička i mehanička svojstva. Drvo se po svojstvima razlikuje u tri smjera: longitudinalni, tangentni i radijalni. Time će higroskopnost u sva tri smjera biti različita te će se bubrenje i utezanje razlikovati, ovisno o smjeru. Za komercijalnu upotrebu, neophodno je da se drvo prosuši do određenog sadržaja vode, jer se time sprječava truljenje drva (uzrokovano gljivama truležnicama) i povećava prirodni vijek trajanja drva. Uz to, treba napomenuti kako utjecaj sadržaja vode u drvu ima značajan utjecaj na njegova fizička i mehanička svojstva te se tome daje veliki značaj u drvnoj industriji.

	IZJAVA O IZVORNOSTI RADA		OB ŠF 05 07
			Revizija: 1
			Datum: 28.6.2017.

„Izjavljujem da je moj *završni rad* izvorni rezultat mogega rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

vlastoručni potpis

Toni Janeš

U Zagrebu, 30.06.2020.

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. ANATOMSKE KARAKTERISTIKE DRVA.....	2
2.1. Provodno tkivo.....	2
2.1.1 Četinjače.....	2
2.1.2 Listače.....	3
2.2 Bijel i srž.....	4
2.2.1. Anatomske promjene uslijed osržavanja.....	6
2.2.2. Kemijske promjene uslijed osržavanja.....	7
3. KEMIJSKI SASTAV DRVA.....	7
4. SADRŽAJ VODE U DRVU (metode za određivanje).....	8
4.1. Gravimetrijska metoda.....	10
4.1.1. Primjena.....	10
4.1.2. Vaganje i sušenje kontrolnog uzorka.....	10
4.2. Elektrootporna metoda.....	11
4.2.1. Aparatura.....	12
4.3. Kapacitativna metoda.....	13
4.3.1. Aparatura.....	13
4.4. Zaključak.....	14
5. HIGROSKOPNOST DRVA.....	14
5.1. Sadržaj vode u raznim fazama.....	14
5.2. Slobodna i vezana voda.....	16
5.2.1. Vezana voda.....	17
5.2.1.1. Načini vezanja vode na drvo.....	17
5.3. Higroskopska ravnoteža.....	18

5.3.1. Higroskopska histereza.....	18
5.4. Difuzija vode u drvu	19
5.4.1. Pojivost drva.....	20
6. UTEZANJE I BUBRENJE	20
7. UTJECAJ VODE NA TRAJNOST DRVA	21
7.1. Razvoj gljiva s obzirom na vlažnost drva	22
7.2. Podjela insekata s obzirom na vlažnost (stanje) drva	23
7.3. Preventivna zaštita	23
8. ZAKLJUČAK	24
9. LITERATURA	26

1. UVOD

Sadržaj vode u drvu je definitivno jedna od najvažnijih stavki koja će se susretati u cjelokupnoj proizvodnji i preradi drva.

U ovom će se radu objasniti kako se voda veže za drvo te koja su za to kemijska, anatomska, fizička i mehanička svojstva bitna u odnosu na stanište, vrstu drva, relativnu vlagu zraka, smjer kojeg promatramo i dr.

Time će se prikazati koje su razlike između vezane i slobodne vode te će se proći kroz pojam točke zasićenosti vlakanaca (TZV) i objasniti zašto su nam ti pojmovi bitni. Anatomski dijelovi drva koji su najzaslužniji za provodnju vode u drvu i poroznost bit će spomenuta i objašnjena njihova funkcija. Zanimljiva je činjenica da drvo može upiti i do tri puta više mase vode od mase drva u apsolutno suhom stanju.

Sadržaj vode igra značajnu ulogu u samoj gustoći drva. Time je jasno da će porastom sadržaja vode u drvu rasti i njegova gustoća. Za mjerenje sadržaja vode u drvu postoje razne metode, od kojih su najpoznatije gravimetrijska i higrometrijska metoda.

Zbog svojih svojstava drvo ima tendenciju da bubri, odnosno uteže. Te se promjene događaju unutar higroskopskog područja (područje između apsolutno suhog drva i točke zasićenosti vlakanaca) gdje se uz promjenu mase drva mijenjaju i njegove dimenzije. Sukladno tome, proći će se kroz pojam higroskopsnosti drva.

Bubrenje i utezanje su nam od velike važnosti jer to može utjecati uglavnom negativno na razvoj, kako poluproizvoda (piljenice, grede, gredice i ostali elementi), tako i gotovih proizvoda proizvedenih od masovnog drva (podovi, ormari, prozori, vrata, stolovi, stolice, drvene kuće i dr.). Tu se često javljaju greške drva uslijed neravnomjernog i nekontroliranog sušenja, a to mogu biti pukotine, raspukline, skorjelost itd. One su uglavnom uzrokovane unutarnjim naprezanjima koja se javljaju prilikom sušenja drva, odnosno njegovim neravnomjernim utezanjem.

Nadalje, sadržaj vode u drvu se pomno promatra kod zaštite drva. U tom su slučaju optimalan sadržaj vode i temperatura pogodni za razvoj truleži i pojave

insekata. Dakle, s time treba biti veoma oprezan jer to naveliko urušava fizička, mehanička i estetska svojstva, a naposljetku i samu vrijednost drva.

2. ANATOMSKE KARAKTERISTIKE DRVA

Drvo, kao prirodan, nehomogen, porozan i anizotropan materijal ima svoje biološke karakteristike te se sastoji od mnoštva različitih stanica od kojih svaka od njih ima svoju funkciju. Kako bi se lakše razumio pojam vode u drvu, treba ukratko opisati od čega se drvo sastoji i koje su stanice i područja u drvu zaslužni za provodnju vode te zadržavanje iste u njemu.

Elementi građe drva dijele se na dvije skupine: prva vrši fiziološku funkciju (hranjenje, spremanje skladištenje tvari, izlučivanje sekreta), dok druga skupina vrši mehaničku funkciju.

Prva skupina dijeli se na dvije podskupine: prva, koja služi provođenju mineralnih tvari otopljenih u vodi (provodno tkivo) i druga koja služi za skladištenje hranjivih tvari i izlučivanju sekreta (tzv. skladišno tkivo).

Elementi građe drva su: traheide, libriformska vlakanca, drvni traci, parenhim, traheje (sudovi), želatinozni (G) sloj, jažice, tile, smolenice i smolne vrećice kod nekih vrsta četinjača.

Najtipičniji predstavnici provodnog tkiva su traheide ranog drva (uglavnom kod četinjača), traheide trakova, traheje (uglavnom kod listača) i vaskularne traheide.

S druge strane, u mehaničko tkivo ubrajaju se traheide kasnog drva, libriformska vlakanca i vlaknaste traheide. Parenhim trakova, aksijalni parenhim i smolenice spadaju u tipično skladišno tkivo.

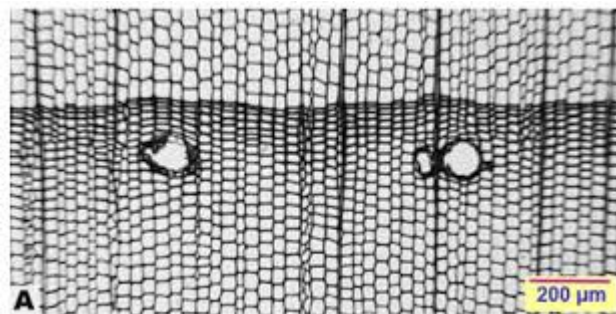
Za ovaj rad najvažniji su elementi provodnog tkiva jer je ono zaslužno za provodnju vode i ostalih minerala. (Špoljarić, 1978)

2.1. Provodno tkivo

2.1.1 Četinjače

Traheide četinjača (Slika 1.) dijele se na traheide ranog drva i na traheide kasnog drva. Od kojih traheide ranog drva imaju provodnu funkciju, dok traheide kasnog

drva imaju isključivo mehaničku, tj. potpornu funkciju. Razlika u njihovoj strukturi je ta da traheide ranog drva imaju tanju stjenku i veće otvore u sredini (lumene), a traheide kasnog drva imaju deblju stjenku i puno manji otvor. Time se lako može zaključiti da porastom debljine stjenke i smanjenjem lumena raste čvrstoća, ali se smanjuje provodnja, dok se porastom lumena i smanjenjem stanične stjenke poboljšava provodnja vode i mineralnih tvari, ali se ujedno i smanjuje čvrstoća drva u zoni ranog drva. Pored toga kod drva četinjača treba još razlikovati traheide trakova i kratke traheide po nizu. Po obliku prve su nalik na radijalni, a druge na aksijalni parenhim. Prijelaz iz ranog u kasno drvo može biti postepen (jela) ili nagli. (Špoljarić, 1978)



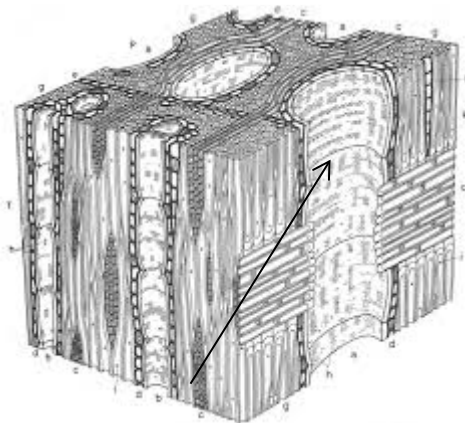
Slika 1. Prijelaz traheida kasnog i traheida ranog drva (uvećanje mikroskopom)

Izvor: (http://repozitorij.fsb.hr/8417/1/Strunje_2018_zavrsni_prediplomski.pdf)

2.1.2 Listače

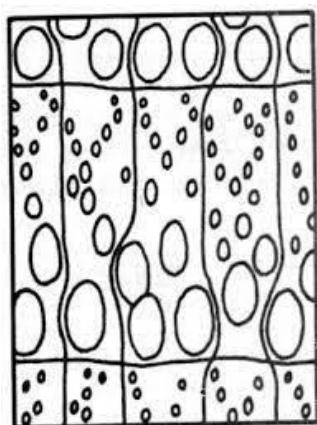
Traheide listača dijele se na vazicentrične i vaskularne traheide listača. Vazicentrične traheide po nastanku, rasporedu i prirodnoj funkciji odgovaraju aksijalnim traheidama četinjača, a vaskularne traheide nizu sitnih traheja. Traheide listača mnogo su kraće od traheida četinjača.

Traheje ili sudovi (Slika 2.) izraziti su provodni elementi drva listača. Traheja ili trahejalni niz sastoji se od longitudinalnog niza članaka traheja koji izgrađuju cjevastu tvorevinu (sud) neodređene duljine. Unutar jednog goda sudovi mogu biti ili približno jednaki (difuzno-porozne listače) ili nejednaki (prstenasto-porozne listače). Kod prstenasto poroznih vrsta listača (Slika 3.) jasno se može vidjeti razlika između ranog i kasnog drva, od kojih se sudovi u ranom drvu vrlo lako mogu vidjeti golim okom (poprečni presjek), dok kod difuzno poroznih listača (Slika 4.) to nije slučaj. Neke od poznatijih difuzno poroznih listača su: bukva, grab, orah, topola, vrba, kruška, breza, joha, javor, lipa itd. Prstenasto porozne vrste su: bagrem, dud, brijest, hrast, jasen, kesten itd. (Špoljarić, 1978)

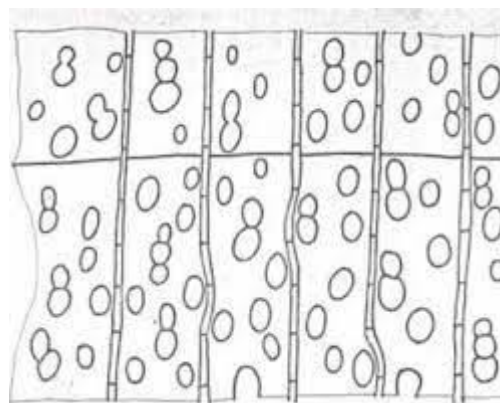


Slika 2. Traheje ili sudovi kod drva listača;

Izvor: (<https://repozitorij.sumfak.unizg.hr/islandora/object/sumfak%3A1781/datastream/PDF/view>)



Slika 3. Struktura prstenasto porozne listače



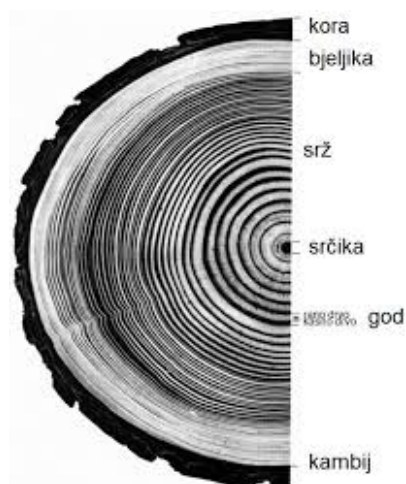
Slika 4. Struktura difuzno porozne listače

Izvor slike. 3 i slike 4 (<https://zir.nsk.hr/islandora/object/sumfak:1417/preview>)

2.2. Bijel i srž

Kod nekih se vrsta drva godovi razlikuju po boji. Periferni (mlađi) godovi svijetlije su boje, a unutarnji (stariji) godovi tamnije boje. Svjetliji (vanjski) dio zove se bijel ili bjeljika, a tamniji dio srž (Slika 5.). Promjena boje unutarnjeg dijela drva posljedica je procesa osržavanja. Proces osržavanja ne ograničava se samo na vrste čiji unutarnji dijelovi postaju tamniji, nego je taj proces prisutan kod svih vrsta drva. Osržavanje je proces prijelaza bijeli u srž. U toku tog procesa odumiru žive stanice, a u drvu nastaju određene anatomske i kemijske promjene. Kao posljedica ovih promjena, kod nekih se vrsta promjeni ton boje unutarnjeg drva. To su jedričave vrste drva (Slika 6.). Vrste drva kod kojih se ne vidi razlika u boji

između vanjskog i unutarnjeg dijela zovu se bakuljave vrste (Slika 7.). Poznatije bakuljave vrste drva su: breza, bukva, grab, javor jela, smreka, lipa, itd. Neke jedričave vrste drva su: ariš, bor, bagrem, brijest, hrast, cer, kesten, orah, platana, tisa, vrba, itd. (Horvat-Krpan, 1967)



Slika 5. Područje srži i bjelji;
Izvor: (https://dlscrib.com/anatomija-drva-priprema-za-kolokvij/1_58b706176454a7a169b1e8d0_doc.html)



Slika 6. Primjer jedričave vrste drva
Izvor: (<https://pristineblue.ru/bs/napolnye-pokrytiya/dark-wood-advantages-and-disadvantages-of-wood-of-different-breeds-for-the-production-of-solid-wood-furniture.html>)



Slika 7. Primjer bakuljave vrste drva

Izvor: (https://travelsdocbox.com/Eastern_Europe/73867032-D-r-v-o-drvo-je-najvazniji-proizvod-savrsene-ekoloske-tvornice-sume-fitocenoza-zoocenoza-biocenoza.html)

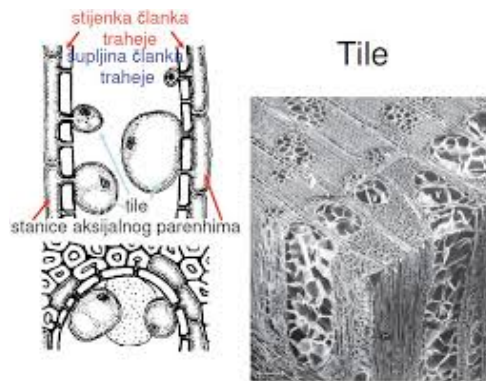
2.2.1. Anatomske promjene uslijed osržavanja

Anatomske promjene koje nastaju procesom osržavanja sastoje se kod listača u zatvaranju sudova (pora) tilama, a kod četinjača torus ograđene jažice (Slika 8.) gubi svoju elastičnost, postaje krut i priljubljuje se uz otvor (porus) ograđene jažice. Tile (Slika 9.) su mjehuraste izrasline stanica parenhima drva listača u lumenu susjednih traheja. Oblik, veličina i raspored tila ovisi o vrsti drva. One mogu biti mjehuraste (npr. kesten), poligonalno spljoštene i tankostijene (bagrem, dud) i ukružene poput kamenčića (neke podvrste hrasta). Tile su normalna pojava starenja i osržavanja mnogih vrsta listača. Smisao ovih promjena anatomske građe u drvu listača i četinjača jest da se smanji provodnja vode u drvu. Oni dijelovi drva koji prelaze u srž, gube svoju fiziološku funkciju i preuzimaju mehaničku funkciju. (Špoljarić, 1978)



Slika 8. Prikaz ograđene jažice prije zatvaranja otvora jažice (porusa)

Izvor: (https://dlscrib.com/anatomija-drva-priprema-za-kolokvij-1-58b706176454a7a169b1e8d0_doc.html)



Slika 9. Tile kod drva listača

Izvor: (https://dlscrib.com/anatomija-drva-priprema-za-kolokvij-1_58b706176454a7a169b1e8d0_doc.html)

2.2.2. Kemijske promjene uslijed osržavanja

Kemijske promjene u drvu uslijed osržavanja su znatne. Smolni kanali četinjača zapune se smolom, koja postaje kruća. Jedan dio smole zapunjava intermicelarne prostorne stijenke stanica. Nestaje škorba, a nastaju trijeslovine, gumozne tvari i ostale tvari za osržavanje. Istraživanjem se došlo do zaključka da razvoj tiloze i sekrecije gumoznih tvari ovisi o veličini otvora jažice. Ako je otvor jažice od suda do traka veći od 10 μm stvara se tiloza, a ako je taj otvor manji od 10 μm tada se izlučuje gumozna tvar u sud. Proces osržavanja nastaje u mladosti drva (10-20 godina), kod primjerice bora od 30 do 35 godina, dok je za taj proces jasenu potrebno od 50 do 70 godina. Proces osržavanja ovisi o tlu, klimi i svijetlu. (Horvat-Krpan, 1967)

3. KEMIJSKI SASTAV DRVA

Drvo po svojem kemijskom sastavu nije jednostavne, već je složene građe. Ono sadrži dvije skupine sastojaka. Prva skupina su osnovni sastojci koji tvore sastavni dio stijenke stanice drva. To su uglavnom organske tvari (celuloza, lignin i policeluloza), ali one sadrže i mineralne tvari (pepeo). Druga skupina su akcesorne ili ekstraktivne tvari koje nisu sastavni dio stanične stijenke. Suha drva tvar sastoji se od ugljika (C), kisika (O), vodika (H), dušika (N) i ostalih mineralnih tvari (pepela). Elementarni sastav standardno suhog drva gotovo je jednak za sve

vrste, a on iznosi približno: ugljika 50%, kisika 43,5%, vodika 6%, dušika 0,2% i pepela 0,3%.

Kemijski sastav stanične stijenke (Tablica 1.) ovisi o vrsti drva, staništu i klimi pa se tako po udjelu polimernih tvari razlikuju primjerice smreka od bukve (Tablica 2.). (Horvat-Krpan, 1967)

	Drvo	
	smreka	bukva
	%	%
Ugljikohidrati		
a) celuloza	50,0	50,0
b) hemiceluloza	23,0	26,0
Lignin	27,0	24,0
Ukupno:	100,0	100,0

Tablica 1. Kemijski sastav stanične stijenke drva listača i četinjača
Izvor: Drvnoindustrijski priručnik (1967.)

	smreka	bukva
	%	%
Celuloza	41,5	42,5
Hemiceluloze	24,3	32,5
a) heksozani	18	12,5
b) pentozani	6,3	20
Lignin	30,3	22,5
Akcesorni sastojci	3,9	2,5
Ukupno	100	100

Tablica 2. Kemijski sastav smrekovine i bukovine
Izvor: Drvnoindustrijski priručnik (1967.)

4. SADRŽAJ VODE U DRVU (metode za određivanje)

Sadržaj vode u drvu izražava se na dva osnovna načina: prvo, odnosom težine vode sadržane u drvu prema težini samog drva i drugo, odnosom volumena vode u drvu i ukupnog volumena drva. Taj odnos pomnožen sa 100 daje postotak vode u drvu, dakle tu se govori o težinskom i volumnom postotku vode. Tako će se težinski postotak vode dijeliti na standardni i tehnički postotak. Standardni način je

postotni odnos mase vode u drvu i mase apsolutno suhog drva, dok je tehnički postotak odnos mase vode u drvu i mase sirovog, provelog ili prosušenog drva. Standardni se postotak uglavnom koristi u naučne svrhe, dok tehnički postotak se koristi u komercijalne svrhe. (Horvat-Krpan, 1967)

Standardni postotak prikazan je formulom:

$$W_{(st.)} = \frac{ms - mo}{mo} \times 100 (\%)$$

- ms- masa drva u sirovom, provelom ili prosušenom stanju
- mo- masa drva u apsolutno suhom stanju

Tehnički postotak prikazan je formulom:

$$W_{(teh.)} = \frac{ms - mo}{ms} \times 100 (\%)$$

Sadržaj vode još se može utvrditi na više načina: gravimetrijskom metodom (metoda sušenja i vaganja), ekstrakcijskom metodom, elektrootpornom metodom (el. higometri), kapacitativnom metodom, kalorimetrijskom metodom i dr.

U Hrvatskoj se koriste tri normirane metode: gravimetrijska, elektrootporna i kapacitativna metoda.

Mjerne metode određivanja i procjenjivanja sadržaja vode u drvu i norme koje ih definiraju jesu:

1. Gravimetrijska metoda određivanja sadržaja vode u drvu, definirana hrvatskom normom HRN EN 13183-1:2008
2. Elektrootporna metoda procjenjivanja sadržaja vode u drvu, definirana hrvatskom normom HRN EN 13183-2:2008
3. Kapacitativna metoda procjenjivanja sadržaja vode u drvu, definirana hrvatskom normom HRN EN 13183-3:2008

4.1. Gravimetrijska metoda

4.1.1. Primjena

Gravimetrijskom se metodom može pouzdano odrediti sadržaj vode u drvu s vremenskim odmakom potrebnim da se završi sušenje kontrolnog uzorka ako posjedujemo potrebnu i umjerenu aparaturu. Uz pomoć gravimetrijske metode može se voditi proces sušenja drva u klasičnim komornim sušionicama starije izvedbe ili u novijim sušionicama u kojima nije instalirana automatika za vođenje procesa ni ostali mjerni uređaji kako bi se smanjili troškovi investicije. (Pervan, et al. 2012.)

4.1.2. Vaganje i sušenje kontrolnog uzorka

Kontrolni se uzorak suši u sušioniku (Slika 10.), na temperaturi 103 ± 2 °C do apsolutno suhog stanja (konstantne mase). Smatra se da je kontrolni uzorak u apsolutno suhom stanju kada je razlika mase između dva uzastopna vaganja u intervalu od dva sata manja od 0,1 %. Kao što vrijedi pravilo da se kontrolni uzorak prije sušenja mora izvagati odmah nakon ispijivanja, tako vrijedi i pravilo da se kontrolni uzorak mora izvagati odmah nakon vađenja iz sušionika kako bismo dobili točne rezultate, osim kada se rabi eksikator (Slika 11). Tada se nakon odlaganja uzorka u eksikator čeka određeno vrijeme da se uzorak ohladi. Ako se suši drvo koje sadržava visoke količine hlapljivih spojeva (smole, i dr.), da bi se dobili točni rezultati, norma preporučuje da se takvi kontrolni uzorci suše u uvjetima podtlaka (tlak < 100 Pa (0,001 bar) i pri nižim temperaturama (maksimalno 50 °C) ili u eksikatoru koji sadržava higroskopnu tvar. (Pervan, et al. 2012.)

Konačni sadržaj vode u uzorcima izračunava se formulom za standardni postotak.

$$W = \frac{m_s - m_o}{m_o} \times 100 (\%)$$



Slika 10. Sušionik



Slika 11. Eksikator

Izvor: Stručni rad (Peran, et al. 2012.)

Izvor: Stručni rad (Peran, et al. 2012.)

4.2. Elektrootporna metoda

Odgovarajuća se norma odnosi na piljeno drvo i drvo koje je blanžano ili površinski mehanički obrađeno drugim sredstvima. Iako odgovarajuća norma karakterizira tu metodu kao nedestruktivnu, ona je ipak na neki način djelomično destruktivna. Naime, da bi se tom metodom izmjerio sadržaj vode u drvu, potrebno je zabiti elektrode u objekt mjerenja. Stoga metoda nije pogodna za mjerenje sadržaja vode u svakom komadu drva tijekom kontrole procesa proizvodnje. U praksi se tijekom proizvodnih procesa sadržaj vode u drvu uglavnom mjeri električnim vlagomjerima koji rade na načelu mjerenja električnog otpora što ga drvo pruža prolasku električne energije. Prijenosni vlagomjeri tog tipa pokazali su se jednostavnima za uporabu te dovoljno preciznima za kontrolu tijekom proizvodnje. Drvo je po svojoj prirodi dielektrik, što znači da je vrlo dobar izolator prolasku električne struje. Zbog svojih fizikalnih svojstava poroznosti, higroskopnosti i sadržaja vode drvo uvijek sadržava određenu količinu vode u jednome ili u više osnovnih oblika (slobodnu, vezanu ili kemijski vezanu vodu), ovisno o tome nalazi li se unutar ili izvan higroskopnog područja. Što drvo sadržava veću količinu vode, to će pružati manji otpor prolasku električne struje. Tom se zakonitošću u svom radu koriste elektrootporni vlagomjeri. Za te vlagomjere vrlo je bitno da su

opremljeni lako zamjenjivim standardiziranim baterijama kako naknadni trošak zamjene baterija ne bi bio visok. (Pervan, et al. 2012.)

4.2.1. Aparatura

Elektrootporni vlagomjeri (Slika 12.) sastoje se od uređaja opremljenoga zasebnom drškom s dvije ili više zamjenjivih elektroda i udaračem na dršci koji omogućuje lakše zabijanje elektroda u drvo. Elektrode moraju biti izolirane, a samo vršak elektrode mora biti neizoliran. Elektrootporni vlagomjer treba biti popraćen proizvođačevim uputama za upotrebu i korekcijskim tablicama za različite vrste drva i temperaturu. Kvalitetniji vlagomjeri opremljeni su automatskim kompenzatorima temperature, automatskom korekcijom s obzirom na vrstu drva te priključnom sondom za određivanje temperature objekta kojemu mjerimo sadržaj vode. U tako opremljenih vlagomjera nema potrebe za uporabom korekcijskih tablica. O cijeni vlagomjera ovisi i stupanj njegove opremljenosti. Na vlagomjerima kojima se kontrolira sadržaj vode u drvu ne treba štedjeti jer se pokazalo da neadekvatan vlagomjer može prouzročiti vrlo velike greške i troškove u proizvodnji, da ne spominjemo gubitak ugleda na tržištu zbog prodaje drvnih proizvoda neadekvatnog sadržaja vode. . (Pervan, et al. 2012.)



Slika 12. Elektrootporni vlagomjer

Izvor: Stručni rad (Pervan et al. 2012.)

4.3. Kapacitativna metoda

Drvo ima svojstva dielektrika, tj. električni je izolator, što je svojstvo na kojemu se temelji kapacitativna metoda procjenjivanja sadržaja vode uz pomoć dielektrične konstante. Dielektrična je konstanta mjera sposobnosti tvari da smanji elektrostatičke sile između dva nabijena tijela, a kod drva se povećava s povećanjem gustoće, temperature i sadržaja vode. Ta međusobna ovisnost dielektrične konstante i sadržaja vode omogućuje procjenu sadržaja vode u drvu. Odgovarajuća norma odnosi se na piljeno drvo i drvo koje je blanžano ili površinski mehanički obrađeno drugim sredstvima. (Pervan, et al. 2012.)

4.3.1. Aparatura

Prijenosni kapacitativni uređaj (Slika 13.) opremljen je kondenzatorskom pločom, površinskim opružnim elektrodama ili specijalnim neinvazivnim mjernim sondama. Treba biti graduiran barem do 30 % u jedinicama od maksimalno 1 % sadržaja vode. Obično su kapacitativni vlagomjeri opremljeni podešivačem korekcije gustoće drva i prilagodljivi su za različite debljine drva. Ako vlagomjer nema funkciju podešavanja gustoće drva, korekcija se može izvesti i uz pomoć posebnih tablica ili formula koje osigurava proizvođač mjernog instrumenta. . (Pervan, et.al.; 2012)



Slika 13. Kapacitativni ručni vlagomjer

Izvor: Stručni rad (Pervan et al. 2012.)

4.4. Zaključak

Gravimetrijska metoda najpreciznija je od navedenih metoda. Elektrootporna metoda je, pak nešto manje precizna, ali je najpogodnija za kontrolu sadržaja vode u drvu u svakodnevnom poslovanju (na pilani i stovarištu građe, u skladištima, prije ulaska građe u sušionice ili u proizvodnju i sl.). Kapacitativna je metoda nepreciznija od gravimetrijske i elektrootporne, ali je vrlo prikladna za linijske proizvodnje kao što su proizvodnja parketa i sl., u kojima se njome može vrlo jednostavno i bez oštećivanja proizvoda kontrolirati sadržaj vode u drvu. . (Pervan, et al. 2012.)

5. HIGROSKOPNOST DRVA

Higroskopne tvari su razne krute ili tekuće materije koje iz zraka (okoline) sakupljaju vodu ili paru na sebe. Drvo je primjer higroskopne tvari. Higroskopnost drva je njegova važna osobina. Tumačenje ove metode veoma je složeno. Ono predstavlja izvjesna predznanja iz fizičkih svojstava vode i vlažnog zraka, te određena znanja iz kemije i anatomske građe drva. Drvo se nalazi u raznim fazama sadržaja vode. Na to koliko vode drvo može upiti , ovisi o tome nalazi li se ono u sirovom stanju, ili unutar higroskopnog područja. Nadalje voda se u drvu javlja u dva osnovna oblika, prvo je slobodna (kapilarna) voda koja je smještena u šuplinama (lumenima) stanične stijenke drva. Druga je vezana voda i ona se veže na samu staničnu stijenku. Vezana voda je puno bitnija u obradi i sušenju drva od same slobodne vode. Razlog tome su promjene dimenzija drva i mogući nastanak greški prilikom sušenja drva zbog isparavanja ili upijanja vezane vode. (Horvat-Krpan, 1967.)

5.1. Sadržaj vode u raznim fazama

Drvo se nalazi u više stanja. Ono može biti tek oboreno ili skladišteno (u obliku trupca), zatim može biti u obliku poluproizvoda ili gotovog proizvoda. Kako se drvo postepeno obrađuje, tako se njemu uglavnom smanjuje postotak vode.

Drvo se prema sadržaju vode dijeli na:

1. Sirovo stanje ----- w > 40 %
2. Provelo drvo ----- w= 22-40 %
3. Prosušeno drvo
 - a) Brodosuho stanje----- w= 18-22 %
 - b) Zrakosuho stanje----- w= 12-18 %
 - c) Sobosuho stanje----- w= 8-12 %
4. Apsolutno suho stanje ----- w= 0 %

Izvor: (Horvat-Krpan, 1967.)

Sadržaj vode u drvu u sirovom stanju, tj. u trenutku obaranja i neposredno poslije toga kreće se u širokim granicama. Sadržaj vode se razlikuje kod listača i četinjača.

tvrde listače- srž..... 60-90 %

tvrde listače- bijel..... 60-110 %

meke listače- srž..... 100-130 %

četinjače- srž..... 30-85 %

četinjače- bijel..... 100-220 %

Izvor: (Horvat-Krpan, 1967.)

Razred	Vrsta drva
1. Umjereno vlažno sa 100 do 150 (200) kg vode u 1m ³	srž smreke, bora, ariša, duglazije, jele, (bez mokre srži)- w= 30-40 %
2. Vlažno drvo sa (200) 250 do 350 (400) kg vode u 1m ³	srž borovca (w= 85-100 %), jele (mokra srž), jasena (w= 40-50 %), oraha, jasike
3. Mokro drvo sa 400 do 500 kg vode u 1m ³	bukva, hrast, breza (w= 60-90 %), javor (w= 80-90 %) lipa (w= 100 %), joha (w= 115 %), topola, vrba
4. Veoma mokro drvo sa (500) 550 do 650 kg vode u 1m ³	brijest (w= 90-100 %), topola (w=120-180 %), kesten (w= 120-140 %), bijel četinjača (w= 130-200 %), bukva (w= 80-160 %)

Tablica 3. Vrste drva prema sadržaju vode u sirovom stanju u četiri razreda

Izvor: (Horvat-Krpan, 1967.)

5.2. Slobodna i vezana voda

U drvu se nalazi slobodna i vezana voda. Slobodna ili kapilarna voda nalazi u lumenima stanica i njena količina u sirovom drvu vrlo je velika. Gotovo sva voda iznad 25- 30 % sadržaja vode jest slobodna voda i ona se može relativno lako ukloniti. Za razliku od slobodne vode, vezana voda se nalazi u staničnoj stijenci te se ona za drvo veže različitim vezama. Ona može predstavljati daleko veći problem od sam slobodne vode zbog toga što se ona nalazi unutar higroskopskog područja. Higroskopsko područje u drvu je područje između apsolutno suhog drva i točke zasićenosti vlakanaca (TZV). TZV predstavlja prijelaz iz slobodne u vezanu vodu. Postotak TZV-a se razlikuje ovisno o vrsti drva, a ona se nalazi na 22 do 35 % sadržaja vode (Tablica 4.). U higroskopskom području se pojavljuju mnoge fizičke i kemijske promjene prilikom sušenja drva. To može doprinijeti greškama nastalih tijekom sušenja, ili doprinijeti razvoju gljiva ili insekata. Uz to, drvo će bubriti i utezati unutar higroskopskog područja i time će se mijenjati njegove dimenzije. Dakle, isparavanjem slobodne vode, drvo gubi svoju masu, dok uzimanjem vezane vode, drvu se uz gubitak mase, smanjuje se i njegov volumen. (Horvat-Krpan, 1967.)

Skupina	Vrsta drva	TZV (%)
1	Difuzno porozne vrste drva bez izrazite srži: lipa, topola, breza, bukva, grab i bjeljika vrsta drva pod 4.)	32-35
2	Četinjače bez izrazite srži: jela, smreka, te bjeljika jedričavih vrsta četinjača (bor, ariš, borovac)	30-34
3	Četinjače- jedričave: a) umjeren sadržaj smole (bor, ariš, duglazija) b) visok sadržaj smole: panjevi bora, ariša, duglazije borovca i limbe)	26-28
		22-24
4	Prstenasto porozne i poluprstenasto porozne vrste listača (većinom jedričave): bagrem, pitomi kesten, hrast, jasen, orah, trešnja	23-25

Tablica 4. Podjela točke zasićenosti vlakanaca prema vrsti drva u četiri skupine

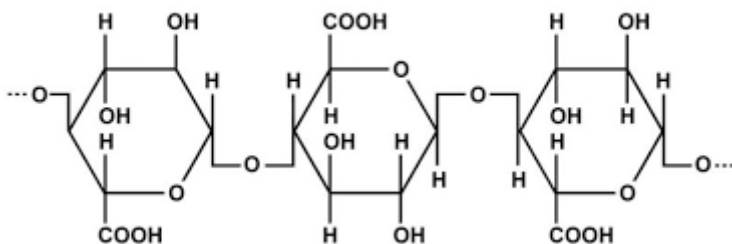
5.2.1. Vezana voda

Vezana voda u drvu se dijeli na: konstitucijsku, površinski vezanu i kapilarno kondenziranu. Konstitucijska voda je u organskoj vezi s stijenkom stanice drva. Ona se ne može odstraniti bez promjene kemijskog sastava drva, a s tehnološkog gledišta drvo-voda ne igra značajnu ulogu. Površinski vezana voda je onaj dio vezane vode koji je vezan za aktivnu unutarnju površinu drva fizičko-kemijskom vezom. Kapilarno kondenzirana voda je onaj dio vezane vode koji je vezan na unutarnju površinu drva fizičko-mehaničkim silama. Površinski vezana i kapilarno kondenzirana voda mogu se odstraniti, a da se pritom drvo kemijski ne mijenja. (Horvat-Krpan, 1967.)

5.2.1.1. Načini vezanja vode na drvo

Voda u drvu, odnosno u staničnim stijenkama veže se na više načina. Ta veza može biti kemijska, fizičko-kemijska i mehanička i fizičko mehanička. Kemijska veza je najčvršća i ona se može razrušiti samo u slučaju ako je temperatura sušenja od 150 na više stupnjeva Celzijevih. Fizičko kemijska veza je polarna veza između vode i nezasićenih hidroksilnih (OH) skupina lančanih molekula celuloze (Slika 14.) i ostalih kemijskih sastojaka stanične stijenke. Drvo upija vodenu paru iz zraka i veže se za te hidroksilne skupine pa se tako stvara adsorpcijski sloj jedne ili više molekula vode (monomolekularan ili polimolekularan adsorpcijski sloj) vezane na unutarnju površinu drva.

Fizičko-mehanička veza temelji se na silama površinske napetosti tekućine u kapilarama. Pri tome treba razlikovati vodu u sitnim kapilarama (vidljive elektronskim mikroskopom) i vodu u krupnim kapilarama (vidljive svjetlosnim mikroskopom). Sitne kapilare nalaze se u tzv. poluamorfim područjima stijenke stanica. Uslijed razlika pritiska vodene pare zraka i istog tog pritiska u tim kapilarama dovoljno malenog radijusa nastaje kapilarna kondenzacija vodene pare. Krupnije mikroskopski vidljive kapilare (lumeni stanica) sadrže uslijed djelovanja kapilarnih sila tzv. slobodnu ili kapilarnu vodu. (Horvat-Krpan, 1967.)



Slika 14. Hidroksilne (OH) skupine lančanih molekula celuloze

Izvor: (<https://vdocuments.site/skripta-kemija-drva-1-dio-1.html>)

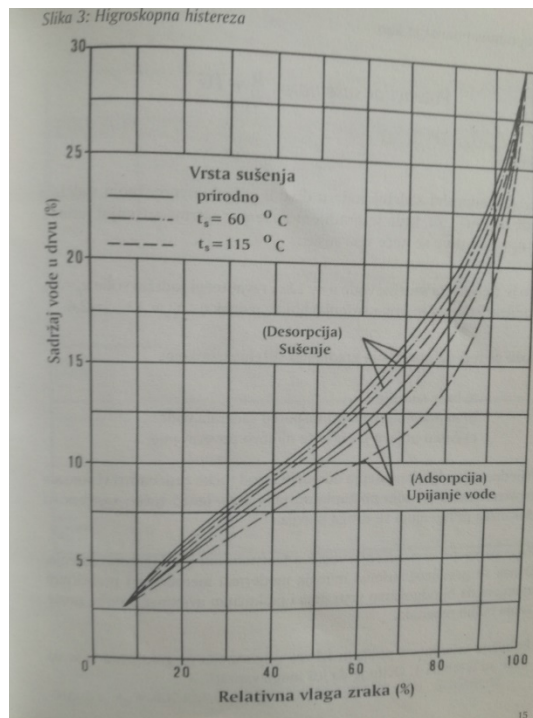
5.3. Higroskopska ravnoteža

Drvo izloženo djelovanju zraka isparuje ili upija vodenu paru. Ovo isparivanje vodene pare iz drva u okolni zrak, odnosno upijanje vodene pare iz zraka, teče do određene granice. Proučavanje ove pojave dovelo je do zaključka da između vodene pare u zraku određene temperature i vode u drvnim stijenkama postoji određena zakonitost. Govori se o zakonu higroskopske ravnoteže. Drvo će isparivati vodenu paru u zrak ili upijati istu iz zraka samo do stanja u kojem će tlak vodene pare iz zraka biti jednak onome u staničnoj stijenci drva. Ako je sadržaj vode u drvu manji od onoga koji odgovara stanju higroskopske ravnoteže, tada će ono upijati, tj. adsorbirati vodu iz zraka, a ta se pojava naziva adsorpcija. Kada je sadržaj vode u drvu veći od vodene pare okolnog zraka, tada možemo govoriti o isparavanju ili desorpciji. Drvo će upijati ili isparivati sve dok ne dođe do stanja higroskopske ravnoteže. Sadržaj vode higroskopske ravnoteže varira ovisno o relativnoj vlazi zraka (tlaku vodene pare okolnog zraka), temperaturi zraka i o smjeru sorpcije (adsorpcija i desorpcija). (Horvat-Krpan, 1967.)

5.3.1. Higroskopna histereza

Kada drvo ponovno upije vodu nakon prvotnog sušenja, bez obzira na to koristi li se ista temperatura i ista relativna vlaga zraka, postignuta vrijednost biti će manja. Upravo ta pojava u kojoj se ne poklapaju krivulje adsorpcije i desorpcije naziva se Higroskopna histereza (Slika 15.). Sposobnost drva da upije vodenu paru iz zraka, nakon desorpcije smanjena je za oko 20%.

Ovo je važna pojava smo za skladištenje osušenog drva. U tom slučaju vrijednosti bubrenja nisu od tolike važnosti, s obzirom da u praktične svrhe drvo treba biti osušeno do ravnotežnog sadržaja vode. Dakle, u tom slučaju se samo vrijednosti utezanja uzimaju u obzir. (Pervan; 2000.)



Slika 15. Higroskopska histereza (odnos adsorpcije i desorpcije)

Izvor: Priručnik za tehničko sušenje drva- Pervan, 2000. (Slikano mobilnim uređajem)

5.4. Difuzija vode u drvu

U oborenom, izrađenom i obrađenom drvu sadržaj vode postaje manji. Sušenjem drvo gubi najprije slobodnu, a zatim i vezanu vodu. S površine drva voda se isparava u okolni zrak (evaporacija), a iz unutrašnjosti se voda kreće ili u obliku vodene pare ili kao tekućina prema površini drva. To kretanje kroz tkivo zove se difuzija vode. Proces difuzije važan je za tehniku sušenja i impregnaciju drva.

Smjer kretanja vode važan je za difuziju vode u drvu. Najveća je difuzija u smjeru vlaknaca (longitudinalni smjer), okomito na vlakanca difuzija je znatno manja. U radijalnom i tangentnom smjeru gotovo nema razlike u jačini difuzije. Difuzija vode u smjeru vlaknaca veća je za oko 10 do 15 puta od one okomito na vlakanca. Difuzija

vode u radijalnom i tangencijalnom smjeru ovisi o volumenu lumena, broju ograđenih jažica u lateralnim stijenkama stanica i porozitetu membrana tih jažica. Drvo male težine i velikog volumena pora suši se brže u smjeru okomitom na vlakanca od drva velike težine i malog volumena pora.

Na difuziju vode u drvu utječe i količina vode u njemu. U drvu čije su stijenke i šupljine stanica posve ispunjene vodom, neće biti kretanja vode. U drvu koje je sušenje izgubilo određeni postotak slobodne vode, u njemu se i dalje nalazi jedan dio slobodne i vezana voda, takav sistem nije stabilan i kretanje vode postoji. U drvu koje sadrži cijelu ili dio vezane vode, voda se također nalazi u kretanju. To kretanje je ili kretanje vodene pare ili vode u tekućem stanju. Pri tome, kretanje vode treba razlikovati: kretanje vode iznad točke zasićenosti vlakanaca i kretanje vode ispod točke zasićenosti vlakanaca. (Horvat-Krpan, 1967.)

5.4.1. Pojivost drva

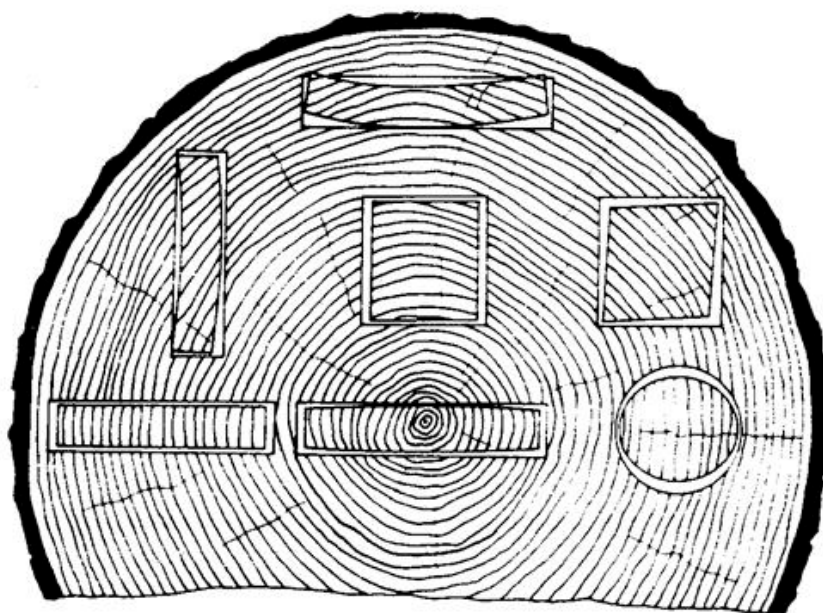
Pojivost drva je svojstvo da ono upija vodu ako se jednim krajem uroni u nju. Stupanj pojivosti izražava se količinom vode koju drvo upije u određenom vremenu ili odnosom mase upijene vode prema početnoj težini drva. Brzina pojivosti ovisi o početnom sadržaju vode u drvu, gustoći, građi i kemijskim svojstvima drva. Što je veći početni sadržaj vode u drvu, to će njegova brzina pojivost biti manja. Nadalje, što je manja gustoća drva, to će njegova pojivost biti veća. Drvo srži ima manju pojivost nego pojivost bjeljike iste vrste drvu. Uzrok tome je zapunjenost pora s tilama i ostalim gumoznim tvarima. (Horvat-Krpan;1967.)

6. UTEZANJE I BUBRENJE

Utezanje, odnosno bubrenje posljedica je promjena sadržaja vode u drvu. Na utezanje i bubrenje drva utječe količina higroskopske vlage, odnosno vezane vode. Kada drvo sušenjem gubi svoju slobodnu vodu, njemu se smanjuje masa, dok dimenzije ostaju nepromijenjene. S druge strane, kada drvo gubi svoju vezanu vodu, njemu će se uz gubitak mase mijenjati i dimenzije, drvo će se utezati. Utezanje je posljedica sušenja drva od točke zasićenosti vlakanaca do standardne suhoće drva koja je potrebna. Suho drvo u doticaju s zrakom upija vodenu paru iz zraka te

povećava svoju težinu i volumen, tada drvo bubri. Bubrenje drva je posljedica upijanja vodene od standardne suhoće drva prema točki zasićenosti vlakanaca. TZV je granica do koje drvo može maksimalno bubriti. Utezanje, odnosno bubrenje nije u svim smjerovima jednako. Ono je najveće u tangencijalnom smjeru (u smjeru godova), zatim nešto manje u radijalnom (u smjeru drvnih trakova), a daleko najmanje je u longitudinalnom smjeru (paralelno sa smjerom vlakanaca). Veliki utjecaj na bubrenje i utezanje ima volumna masa drva, tj. gustoća drva. Poznato je da gustoća drvene stijenke kod svih vrsti drva iznosi oko 1,5 g/cm³. Drvo veće gustoće će moći primiti na sebe veći postotak sadržaja vode od drva manje gustoće. Time se lako može zaključiti da porastom gustoće drva će rasti bubrenje i utezanje (izraženo postotkom).

Zbog razlika u utezanju kod pojedinih smjerova, drvo se deformira. Ove deformacije najjače su vidljive na poprečnom presjeku (Slika 16.).



Slika 16. Karakteristično utezanje i deformacije u pojedinoj zoni drva

Izvor: (<https://www.fsb.unizg.hr/kmb/200/220/kmb221.htm>)

7. UTJECAJ VODE NA TRAJNOST DRVA

Kao što je već poznato, sadržaj vode u drvu bitno utječe na njegova fizička i mehanička svojstva, pa time i na njegovu trajnost. Postoji više vrsta abiotskih uzročnika razgradnje drva. Ti uzroci mogu biti mehanički, kemijski i fizikalni.

1. **Mehanički uzroci**- habanje, udarci, lomovi
2. **Kemijski uzroci**- jake organske i anorganske baze i kiseline
3. **Fizikalni uzroci**- voda u sva tri agregatna stanja, zrake sunčevog spektra (vidljive svjetlosne i toplinske te nevidljive UV zrake) visoke i niske temperature i njihova nagla promjena. (Despot; Hasan; Zaštita drva 1, 2008.)

Voda je uzročnik koji može najviše problema prouzročiti drvu, posebice sirovini s visokim sadržajem vode, iako to ne isključuje gotovi drveni proizvod. Kada se govori o vodi u sva tri agregatna stanja, tada se govori o kiši, snijegu, ledu, navlaživanju putem relativne vlage zraka i naposljetku o abraziji i njenom djelovanju na površinu drva. Naravno, može se dogoditi istovremeno djelovanje svih triju uzročnika (djelovanje atmosferilija). Kada je drvo izloženo većim sadržajima vode, ono je tada izloženo opasnosti od pojave bakterija, ksilofagnih gljiva te insekata.

7.1. Razvoj gljiva s obzirom na vlažnost drva

Uvjeti za razvoj ksilofagnih gljiva su: drvo kao hranjiva podloga, vlaga drva, zrak (temperatura i vlaga) i svjetlost.

Kako bi gljiva mogla napasti drvo, količina vode u njemu treba biti iznad 18% (zrakосуho stanje), dok drvo sa 100 ili više % vlažnosti uglavnom ne napada. Granične temperaturne vrijednosti su od -2 do +40 °C . Optimumom se smatra temperaturni interval od 8 do 30 °C. Za razvoj gljiva svjetlost nije potrebna.

Postoji više vrsta gljiva od kojih neke samo urušavaju estetska svojstva, dok druga razaraju drvo:

1. **Gljive plijesni**- Sadržaj vlage za njihov optimalni razvoj nalazi se daleko iznad TZV-a , a kreće se u intervalu od 60 do 80%. One razgrađuju samo šećer i škrob i ne urušavaju mehanička svojstva drva. (Despot; Hasan; Zaštita drva 1, 2008.)
2. **Gljive promjene boje (gljive plavila)**- Za optimalan razvoj potrebni su isti uvjeti kao kod gljiva plijesni. Iako u pravilu ne razgrađuju drvo, one mogu u određenoj mjeri pogoršati mehanička i fizička svojstva drva i izazvati „meku trulež“. (Despot; Hasan; Zaštita drva 1, 2008.)
3. **Gljive truležnice**- Ako je sadržaj vode u drvu ispod cca. 20%, gljive truležnice neće se aktivirati. U suprotnom, ukoliko je sadržaj vode iznad

20%, one će krenuti u proces razgradnje drva. Kod dužeg djelovanja tih gljiva na drvo, ono gubi svaku funkciju i postaje neupotrebljivo. (Despot; Hasan; Zaštita drva 1, 2008.)

7.2. Podjela insekata s obzirom na vlažnost (stanje) drva

1. **Primarni**- Napadaju živo stablo (zona kambija) te uzrokuju promjene fiziološke prirode (sušenje, otpadanje lišća) (Despot; Hasan; Zaštita drva 1, 2008.)
2. **Sekundarni**- Napadaju netom posječeno stablo (deblo), hrane se drvom s visokim sadržajem vode (sirovo stanje) (Despot; Hasan; Zaštita drva 1, 2008.)
3. **Tercijarni**- napadaju zrakosuho ili prosušeno drvo (+/- 30%, oko TZV-a), a ne mogu preživjeti u drvu sa sadržajem vode ispod 10-15%. (Despot; Hasan; Zaštita drva 1, 2008.)
4. **Kvartarni**- Napadaju natrulo i trulo drvo, uz ostale organizme, nazivaju se čistačima, dakle razgrađuju drvo. (Despot; Hasan; Zaštita drva 1, 2008.)

7.3. Preventivna zaštita

Osnova preventivne zaštite drva u objektima ili pak drvenih objekata od svih vrsta gljiva truležnica leži u stalnom održavanju vlage ugrađenog drva ispod kritičnih 20% sadržaja vode. Bez obzira radi li se o novom ili starom drvu, uvjeti u kojima se drvo nalazi moraju biti takvi da se ne mijenja ravnotežni sadržaj vode u drvu, a pogotovo da ne izazivaju povećanje tog sadržaja iznad točke zasićenosti vlakanaca koja u prosjeku za domaće vrste drva iznosi oko 30%. Kako bi se spriječila pojava kukaca te kako bi se osigurala sigurna ugradnja drva u određeni objekt, potrebno je drvo osušiti ispod 10% sadržaja vode jer tada sa sigurnošću možemo reći da u sobosuhom drvu nema kukaca. u tom slučaju nije potrebna dodatna kemijska zaštita drva te se upravo tom preventivnom zaštitom povećava trajnost drva za unutarnju ugradnju. Kada se koristi drvo za vanjsku ugradnju, tada se obavezno koristi kemijska zaštita (lakovi, ulja, smole...) te se sukladno time treba izvesti konstrukcija koja će osigurati nesmetani protok vode kako ne bi došlo do sakupljanja vode i time ubrzanog truljenja. Tu treba najviše biti oprezan kod

spojeva na elementima, odnosno osigurati najprikladniji spoj za određenu konstrukciju.

8. ZAKLJUČAK

Drvo je danas, baš kao što je to bilo od davnina, neophodna sirovina, a s obzirom da ga ima sve manje, njegova vrijednost konstantno raste. Što se tiče samih klimatskih promjena u svijetu, drvo kao prirodan materijal nezamjenjiv je s ekološkog gledišta, ponajviše zbog činjenice da stablo u prirodi proizvodi velike količine kisika te ujedno prima na sebe štetne plinove (CO i CO₂) i time normalizira zrak u atmosferi. Danas se sa sigurnošću može reći da su nagle klimatske promjene posljedica ljudskog nemara i velike zagađenosti okoliša i atmosfere. Osim ekoloških pogodnosti koje drvo nudi, ono ima značajnu ulogu u našim domovima i okruženju. Naime, osim svojih iznimnih mehaničkih i fizikalnih svojstava, drvo ima i veliku estetsku ulogu.

Neovisno govorimo li o drvu kao sirovini, poluproizvodu ili gotovom proizvodu za vanjsku ili unutarnju uporabu, ono će uvijek u sebi sadržavati određeni postotak vode. Upravo ta činjenica nam daje veliki značaj vode u drvu. Sadržaj vode u drvu je jako bitan faktor u drvnoj industriji jer se s njime susrećemo kroz cijelu proizvodnju. Od trenutka obaranja stabla, bitno je pratiti parametre sadržaja vode u drvu, prvenstveno zbog njegove volumne mase koja će sa visokim sadržajem vode biti daleko veća od mase drva primjerice u sobosuhom stanju. Volumna masa sirovog drva bitna je prije svega zbog transporta sirovine do pilane u kojoj kreće prerada. Nadalje, svaka bi pilana trebala imati prikladno stovarište trupaca u kojem se treba voditi računa o načinu na koji se odlažu trupci kako bi se održala njihova vrijednost. Isto vrijedi za okrajčene ili neokrajčene piljenice u složajevima. Svaki bi složaj trebao biti složen tako da zrak može normalno cirkulirati između piljenica i na taj način ih prirodnim putem sušiti. Piljenice se uglavnom suše do stanja vlage ravnoteže kako prilikom sušenja u sušionici ne bi došlo do zaostalih naprezanja prilikom utezanja drva. Bitan faktor kod sušenja drva do željenog sadržaja vode jest temperatura i relativna vlažnost zraka. Za provjeru sadržaja vode u drvu koristi se više metoda. Najpoznatije metode određivanja sadržaja vode u drvu su: gravimetrijska metoda, elektrootporna metoda i kapacitativna metoda. Iako je gravimetrijska metoda najtočnija, u industrijske se svrhe najviše

koristi elektrootporna metoda kojom se pomoću elektrootpornog vlagomjera izmjeri sadržaj vode u drvu. To je ujedno i najjednostavnija metoda i ima široku upotrebu zbog svoje praktičnosti.

Zbog svojih anatomskih svojstava, drvo ima tendenciju da bubri ili se uteže. Naime, drvo će upijati ili isparavati vodu i vodenu paru sve dok ne dođe do stanja higroskopske ravnoteže. Voda u drvu može se javiti na više načina, ona može biti slobodna i vezana voda. Slobodna voda je sva voda koja se nalazi iznad točke zasićenosti vlakanaca te se još zove kapilarna voda. Ona se nalazi u šupljinama (porama) drvnih stanica te se nalazi u drvu isključivo kada je ono u sirovom stanju.

Sušenjem slobodne vode drvu će se smanjivati njegova masa, dok će dimenzije ostati nepromijenjene. U trenutku kada u drvu ostane isključivo vezana voda (voda u staničnoj stijenci), tada će sušenjem, osim gubitka mase, smanjivati se i njegove dimenzije. Upravo taj proces smanjivanja ili povećanja dimenzija drva unutar higroskopskog područja naziva se utezanje, odnosno bubrenje. Pojmovi bubrenja i utezanja od velike su važnosti u cijeloj industriji jer nepravilnim sušenjem, kasnije skladištenjem gotovog proizvoda i samom ugradnjom namještaja može doći velikih problema. Kada se govori o nepravilnom sušenju, uglavnom zbog prenoglog i agresivnog sušenja, može doći do pojave grešaka na samoj građi. Pod tim greškama podrazumijeva se: skorijelost, površinske pukotine, kolaps, čeone pukotine, promjene oblika i curenje smole. Neprimjerenim skladištenjem gotovog proizvoda kada on nije u potpunosti zaštićen (ugl. najlonske folije) i kada je u skladištu velika relativna vlažnost zraka, može doći do promjena dimenzija samog proizvoda što uglavnom predstavlja problem kod ugradnje namještaja. Drugi se problem javlja kada se drvo nađe u direktnom kontaktu sa vodom dulji vremenski period. Tada će biti neizbježan napad gljivama i kasnije insektima, ukoliko se voda iz drva se sanira na vrijeme.

Kada se uzmu u obzir svi faktori koji utječu na proizvodnju drva i drvnih materijala, sadržaj vode u drvu je zasigurno jedan od najvažnijih, upravo iz razloga jer je voda u prirodnoj sinergiji sa drvom i drvo reagira na vodu u bilo kojem obliku, nevezano je li to živo stablo, ili gotovi proizvod koji uljepšava naše domove i okućnice.

9. LITERATURA:

1. Despot, R.; Hasan, M: 2008: Zaštita drva 1, Interna skripta. Šumarski fakultet, Zagreb.
2. Horvat, I.; Krpan, J: 1967: Drvnoindustrijski priručnik. Tehnička knjiga, Zagreb.
3. Pervan, S., 2000: Priručnik za tehničko sušenje drva. SAND, Zagreb.
4. Pervan, S., Klarić, M. i Slivar, M., 2013: Normirane metode određivanja i procjenjivanja sadržaja vode u drvu u Republici Hrvatskoj. Drvna industrija, 64 (2), 149-157. <https://doi.org/10.5552/drind.2013.1217>
5. Špoljarić, Z., 1977: Anatomija drva. Šumarski fakultet, Zagreb.
6. ***HRN EN 13183-1:2008 Sadržaj vode u drvu -- 1. dio: Određivanje gravimetrijskom metodom
7. ***HRN EN 13183-2:2008 Sadržaj vode u drvu -- 2. dio: Procjenjivanje elektrootpornom metodom
8. ***HRN EN 13183-3:2008 Sadržaj vode u drvu -- 3. dio: Procjenjivanje kapacitativnom metodom
9. ***http://repozitorij.fsb.hr/8417/1/Strunje_2018_zavrsni_preddiplomski.pdf
10. ***<https://repozitorij.sumfak.unizg.hr/islandora/object/sumfak%3A1781/datastream/PDF/view>
11. ***<https://zir.nsk.hr/islandora/object/sumfak:1417/preview>
12. ***https://dlscrib.com/anatomija-drva-priprema-za-kolokvij-1_58b706176454a7a169b1e8d0_doc.html
13. ***<https://pristineblue.ru/bs/napolnye-pokrytiya/dark-wood-advantages-and-disadvantages-of-wood-of-different-breeds-for-the-production-of-solid-wood-furniture.html>
14. ***https://travelsdocbox.com/Eastern_Europe/73867032-D-r-v-o-drvo-je-najvazniji-proizvod-savrsene-ekoloske-tvornice-sume-fitocenoza-zoocenoza-biocenoza.html
15. ***https://dlscrib.com/anatomija-drva-priprema-za-kolokvij-1_58b706176454a7a169b1e8d0_doc.html
16. ***https://dlscrib.com/anatomija-drva-priprema-za-kolokvij-1_58b706176454a7a169b1e8d0_doc.html
17. ***<https://vdocuments.site/skripta-kemija-drva-1-dio-1.html>
18. ***<https://www.fsb.unizg.hr/kmb/200/220/kmb221.html>