Usporedno mjerenje sadržaja vode elektrootpornom metodom na poprečnom i radijalnom presjeku istih uzoraka drva

Crnojević, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:629293

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ
DRVNA TEHNOLOGIJA

MARKO CRNOJEVIĆ

USPOREDNO MJERENJE SADRŽAJA VODE ELEKTROOTPORNOM METODOM NA POPREČNOM I RADIJALNOM PRESJEKU ISTIH UZORAKA DRVA

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, RUJAN 2019.

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

Autor	Marko Crnojević 26.10.1996. Zagreb JMBAG: 0068226245
Naslov	Usporedno mjerenje sadržaja vode elektrootpornom metodom na poprečnom i radijalnom presjeku istih uzoraka drva
Predmet	Sušenje drva i drvnih materijala
Mentor	Prof. dr. sc. Stjepan Pervan
Komentor	Dr. sc. Miljenko Klarić
Rad je izrađen	Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zavod za tehnologije materijala
Akad. god.	2018./2019.
Datum obrane	6. rujna 2019.
Rad sadrži	Stranica: I-IV + 20 Slika: 22 Tablica: 3 Navoda literature: 5
Sažetak	Elektrootporna metoda procjenjivanja sadržaja vode je u praksi najčešće korištena od svih metoda mjerenja sadržaja vode u drvu. Također, ispravno određivanje i procjenjivane sadržaja vode u drvu je iznimno važno tijekom cijelog drvoprerađivačkog proizvodnog procesa, a naročito tijekom sušenja drva. Tijekom ovoga istraživanja usporedno je provedeno mjerenje sadržaja vode na dobro kondicioniranim hrastovim i jasenovim blistačama i to sa čela (poprečni presjek) i na široj bočnoj strani (radijalni presjek). Osim na blistačama, mjerenja sadržaja vode su dodatno provedena i na bočnicama sa čela (poprečni presjek) i na široj bočnoj strani (tangentni presjek). Također, kod svih mjerenja je uzeto u obzir da li su iglice zabijane okomito ili paralelno s obzirom na smjer vlakanaca ili orijentaciju godova.

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

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

_____

vlastoručni potpis

Marko Crnojević

U Zagrebu, *26. kolovoza 2019.*

Sadržaj

PODACI O ZAVRŠNOM RADU I

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA II

Sadržaj III

Predgovor IV

1. UVOD 1

1.1. Sušenje drva 1

1.2. Metode određivanja sadržaja vode u drvu 2

1.2.1. Gravimetrijska metoda 2

1.2.2. Elektrootporna metoda 3

1.2.3. Kapacitativna metoda 4

2. CILJ ISTRAŽIVANJA 5

3. MATERIJALI I METODE 6

3.1. Materijal 6

3.2. Kondicioniranje uzoraka 10

3.3. Elektrootporno procjenjivanje sadržaja vode u uzorcima 13

3.4. Gravimetrijsko određivanje sadržaja vode u uzorcima 15

4. REZULTATI I DISKUSIJA 16

5. ZAKLJUČAK 19

6. LITERATURA 20

Predgovor

Istraživanja u ovome završnom radu provedena su s ciljem kako bi se osigurala nova saznanja glede usporednog mjerenja sadržaja vode elektrootpornom metodom na čelu (poprečni presjek) i na široj bočnoj stranici (radijalni i tangentni presjek) istih uzoraka drva hrasta i jasena. Smatram da će rezultati i zaključci istraživanja provedenog u ovome završnom radu biti od koristi kod sušenja drva hrasta i jasena te da će biti dobra baza za provedbu budućih istraživanja.

1. UVOD

1.1. Sušenje drva

Drvo je prirodan materijal široke i raznolike primjene. Jedno od fizičkih svojstava drva je higroskopnost, što znači da se drvo prilagođuje uvjetima okoline te s promjenom klimatskih uvjeta sadržaj vode u drvu pada ili raste. Kako bi drvnoindustrijski proizvodni procesi tekli ispravno i kvalitetno te kako bismo proizveli proizvod željene kvalitete, bitno je pravilno odrediti sadržaj vode u drvu. Kod proizvodnje masivnog namještaja te ostalih proizvoda od drva, proces zahtjeva uporabu kvalitetno osušenog drva. Sušenje drva je postupak odstranjivanja najčešće jednog dijela ili sve vode iz drva na način da mu se ne umanji kvaliteta (Krpan, 1965). Neki od ostalih razloga sušenja drva su smanjenje mase drva, smanjenje grešaka, povećanje biološke otpornosti, osposobljavanje drva za daljnju površinsku obradu i lijepljenje, te priprema za uporabu (Pervan i Klarić, 2018). Sušenje drva osim prirodnim putem, provodi se i u sušionicama u kojima je vremenski period sušenja drva znatno kraći. Parametri koji utječu na kvalitetu, vrijeme, količinu energije i troškove sušenja su: brzina sušenja, struktura i volumna masa, temperatura i potencijal sušenja, sadržaj vode, debljina, oštrina na vrijeme sušenja, brzina strujanja zraka i konstrukcija sušionice (Pervan, 2009).



Slika 1. Prikaz komorne sušionice.

1.2. Metode određivanja sadržaja vode u drvu

Drvo je higroskopan materijal koji u sebi uvijek sadrži količinu vode određenu higroskopnom ravnotežom između drva i okoline. Higroskopna ravnoteža je stanje u kojem drvo ne prima vlagu iz zraka niti pušta vlagu u zrak, a sadržaj vode u drvu takvog stanja naziva se ravnotežni sadržaj vode ili vlaga ravnoteže (Pervan, 2009). Kada je vlaga zraka veća od higroskopne ravnoteže drvo će upijati vlagu te dolazi do bubrenja, odnosno povećanja dimenzija drva, a kada je vlaga zraka manja od higroskopne ravnoteže drvo gubi vlagu čime mu se dimenzije smanjuju, a ta pojava naziva se utezanje drva. Drvo s tehničkog stajališta može sadržavati vodu u dva oblika, slobodnom i vezanom, a to mu omogućuju njegova fizička svojstva poput poroznosti i već spomenute higroskopnosti. Slobodna voda se nalazi u staničnim šupljinama i njezina količina ne utječe na većinu svojstava drva, osim na masu, električnu vodljivost i slično te ovisi o volumenu pora. S druge strane, vezana voda nalazi se u staničnim stjenkama drva, a njezina količina utječe na svojstva drva te je potrebno više energije za njeno isparavanje, u odnosu na slobodnu vodu ako u obzir uzmemo istu količinu. S obzirom na sadržaj vode prema starom standardu drvo se dijeli na: sirovo (>50 %), polusuho (22-50 %), prosušeno (do 22 %) koje se dijeli na: brodosuho (18-22 %), zrakosuho (12-18 %) i sobosuho (8-12 %), te suho (do 15 %) i apsolutno suho (~0 %) (Pervan i Klarić, 2018). Postoje brojne metode za određivanje i procjenjivanje sadržaja vode u drvu koje se razlikuju u točnosti, praktičnosti provedbe mjerenja, kompleksnosti i cijeni aparature i pojedinog mjerenja. Međutim, postoje samo tri normirane metode u Republici Hrvatskoj.

Norme koje definiraju metode za određivanje sadržaja vode u drvu u Republici Hrvatskoj i u državama Europske unije su:

1. HRN EN 13183-1:2008 Sadržaj vode u drvu – dio 1: Određivanje gravimetrijskom metodom
2. HRN EN 13183-2:2008 Sadržaj vode u drvu – dio 2: Procjenjivanje elektrootpornom metodom
3. HRN EN 13183-3:2008 Sadržaj vode u drvu – dio 3: Procjenjivanje kapacitativnom metodom

1.2.1. Gravimetrijska metoda

Gravimetrijska metoda je postupak mjerenja količine odstranjene vode do 0 % konačnog sadržaja vode u drvu, odnosno do apsolutno suhog stanja. Količina odstranjene

vode izražena je u postocima u odnosu na apsolutno suho drvo. Prednost ove referentne metode za određivanje sadržaja vode je što je najtočnija od normiranih metoda, no vremenski duže traje i kompleksnija je. Također, za provedbu ove metode rukovatelj mora biti stručno osposobljen te zahtjeva ulaganje u opremu. Oprema koja je neizostavna pri provođenju ove metode je sušionik koji mora osiguravati slobodnu unutrašnju cirkulaciju zraka te održavati konstantnu temperaturu od 103±2 °C i potrebna nam je vaga s točnošću od 0,01 do 0,1 g, ovisno o masi uzorka (Pervan i sur. 2013).

Formula za izračun sadržaja vode u drvu po gravimetrijskoj metodi:

$$u = \frac{m_s - m_0}{m_0} x100\ [\%]$$

u – sadržaj vode u drvu [%]

m_s – masa kontrolnog uzorka u sirovom stanju (prije sušenja) [g]

m_0 – masa kontrolnog uzorka u apsolutno suhom stanju (nakon sušenja) [g]

1.2.2. Elektrootporna metoda

Drvo je po svojoj prirodi dielektrik, što znači da je vrlo dobar izolator prolasku električne energije. Što je veća količina vode u drvu, to će drvo pružati manji otpor prolasku električne energije, a tu zakonitost koriste elektrootporni vlagomjeri u svom radu. Elektrootporna metoda procjenjuje sadržaj vode u drvu preko električnoga otpora koji drvo pruža. Prednosti ove metode su što je praktična, brza i jednostavna te je uz gravimetrijsku metodu najzastupljenija u privredi. No, ima i negativne strane, poput toga što procjenjuje, a ne određuje sadržaj vode u drvu, nesigurna je, može mjeriti od ~7 do ~30 % sadržaja vode u drvu te kao i gravimetrijska metoda, zahtjeva osposobljenog rukovatelja (Pervan i sur. 2013). Kod mjerenja sadržaja vode iznad točke zasićenosti vlakanaca točnost značajno opada (Dietsch, 2015). Aparatura koja nam je potrebna za provedbu elektrootporne metode je elektrootporni vlagomjer koji je opremljen odvojenom drškom s dvije zamjenjive elektrode i udaračem na dršci. Elektrode moraju biti izolirane, dok samo vrh ostaje neizoliran. Kvalitetniji vlagomjeri opremljeni su automatskim kompenzatorima temperature i vrste drva (Pervan i sur. 2013).

1.2.3. Kapacitativna metoda

Kod kapacitativne metode sadržaj vode procjenjujemo pomoću dielektrične konstante. Dielektrična konstanta je mjera sposobnosti tvari da smanji elektrostatske sile između dva nabijena tijela. Kod drva se povećava povećanjem gustoće, temperature i sadržaja vode. Ta međuovisnost dielektrične konstante i sadržaja vode u drvu omogućava procjenjivanje vlažnosti drva (Pervan i sur. 2013). Uz to što je praktična, brza i jednostavna, kapacitativna metoda također je i prikladna za brzinsku kontrolu u finalnoj proizvodnji. No, kao i elektrootporna metoda, samo procjenjuje sadržaj vode u drvu i može mjeriti od ~7 do ~30 % sadržaja vode u drvu, te je manje točnosti od gravimetrijske i elektrootporne metode. Za provođenje kapacitativne metode potreban nam je prijenosni kapacitativni uređaj opremljen s kondenzatorskom pločom, površinskim opružnim elektrodama ili sa specijalnim neinvazivnim mjernim sondama (Pervan i sur. 2013).

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Elektrootporna metoda procjenjivanja sadržaja vode je u praksi najčešće korištena od svih metoda mjerenja sadržaja vode u drvu. Također, ispravno određivanje i procjenjivane sadržaja vode u drvu je iznimno važno tijekom cijelog drvoprerađivačkog proizvodnog procesa, a naročito tijekom sušenja drva. Iskristaliziralo se je pitanje da li će se razlikovati rezultati mjerenja na istom uzorku drva s obzirom na ravninu piljenja na kojoj se mjerenje provodi, prvenstveno radi li se o čelu (poprečnom presjeku) ili bočnoj strani uzorka drva. Cilj istraživanja je da se na uzorcima drva hrasta i jasena provede istodobno mjerenje sadržaja vode elektrootpornom metodom na čelu uzorka (poprečni presjek) i na široj bočnoj strani uzorka kako se uobičajeno mjeri. Osim radijalnog presjeka kod blistača, sadržaj vode je kod bočnica mjeren na tangentnom presjeku. Na blistačama je mjerenje provođeno prvo na bočnoj strani (radijalni presjek) da su iglice vlagomjera prvo zabijane paralelno i zatim okomito na smjer vlakanaca, te na poprečnom presjeku na način da su iglice vlagomjera prvo zabijane paralelno na smjer godova, a zatim okomito na smjer godova. Kod bočnica se je mjerenje prvo provodilo na bočnoj strani (tangentni presjek) na način da su iglice vlagomjera prvo paralelne i zatim okomite na smjer vlakanaca, te na poprečnom presjeku na način da su iglice vlagomjera prvo paralelne s godovima, a zatim okomite na godove.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Materijal

U istraživanju provedenom u svrhu dobivanja informacija o usporednom mjerenju sadržaja vode elektrootpornom metodom na čelu i na široj bočnoj strani istih uzoraka drva korišteno je drvo hrasta (lat. *Quercus robur*), te drvo jasena (lat. *Fraxinus excelsior*). Obje vrste pripadaju skupini prstenasto poroznih listača. Proces izrade uzoraka za istraživanje započet je raspiljivanjem trupaca hrasta i jasena na tračnoj pili trupčari talijanskog proizvođača Bongioanni u primarnoj pilani jedne drvoprerađivačke industrije u Republici Hrvatskoj, a zatim su piljenice debljine 55 mm stavljene u klasične komorne sušionice njemačkog proizvođača Mühlböck.



Slika 2. Raspiljivanje trupca jasena.

Sušenje u sušionici hrastovih piljenica trajalo je 90 dana, a jasenovih piljenica 70 dana, čime smo dobili piljenice osušene na 9-15 % konačnog sadržaja vode. Nakon sušenja piljenice su raspiljene na višelisnoj kružnoj pili talijanskog proizvođača C.M.L. Engineering, čime su dobivene gredice dimnezija poprečnog presjeka 73x53 mm, teksture blistače i bočnice. Izrađene su gredice jasena od bočnice i blistaće te su izrađene gredice hrasta od bočnice i blistače.



Slika 3. Raspiljivanje jasenovih piljenica na višelisnoj kružnoj pili.



Slika 4. Jasenove gredice raspiljene na višelisnoj kružnoj pili.



Slika 5. Raspiljivanje hrastovih piljenica na višelisnoj kružnoj pili.



Slika 6. Hrastove gredice raspiljene na višelisnoj kružnoj pili.

Nakon toga gredice su pobrušene na brusilici češkog proizvođača Houfek Inc., koristeći brusni papir granulacije P80.



Slika 7. Brušenje gredica.

Nakon što su gredice pobrušene, iz njih su poprečnim rezom na poteznoj kružnoj pili Metabo ispiljeni ispitni uzorci.



Slika 8. Izrada konačnih uzoraka pomoću potezne kružne pile.

Gredice su ispiljene na način da je duljina elemenata u smjeru vlakanaca iznosila 70 mm, širina 70 mm te debljina 50 mm, a to su ujedno i konačne dimenzije uzoraka na kojima je provedeno istraživanje.



Slika 9. Konačni uzorak od jasenovine.

Uzorke hrastovine teksture blistače označeni su oznakom H-1, H-2, H-3, ..., H-23, a hrastovina teksture bočnice oznakom HB-1, HB-2, HB-3, ..., HB-18. Uzorke jasenovine teksture blistače označeni su oznakom J-1, J-2, J-3, ..., J-31, a teksture bočnice JB-1, JB-2, JB-3, ..., JB-20. Oznake na uzorke su načinjene pomoću grafitne olovke prije vaganja.



Slika 10. Proces označavanja uzoraka.



Slika 11. Označeni uzorci.

3.2. Kondicioniranje uzoraka

Priprema uzoraka za kondicioniranje započeta je čišćenjem uzoraka od iverja i prašine koje je kao posljedica raspiljivanja ostalo na rubovima uzoraka. Za čišćenje su korištene tri četke različite tvrdoće i čvrstoće vlakana. Nakon čišćenja, uzorci su izvagani pomoću digitalne vage.



Slika 12. Čišćenje uzoraka od iverja.



Slika 13. Čišćenje uzoraka pomoću četke.



Slika 14. Vaganje uzoraka.

Nakon zabilježenih podataka o masi uzoraka prije kondicioniranja, uzorci su složeni u klimatizacijsku komoru slovenskog proizvođača Kambič laboratorijska oprema d.o.o. modela KK-650 CHLT. Uzorci su na kondicioniranje stavljeni 20.3.2019., a kondicioniranje je završilo 10.5.2019. Što znači da je kondicioniranje u nepromijenjenim uvjetima trajalo sveukupno 52 dana. Uvjeti kondicioniranja u klimatizacijskoj komori bili su: temperatura 50 °C, relativna vlaga 49 %, ventilator je radio na 90 % nazivne snage.



Slika 15. Klimatizacijska komora korištena u istraživanju.



Slika 16. Slaganje uzoraka u klimatizacijsku komoru.

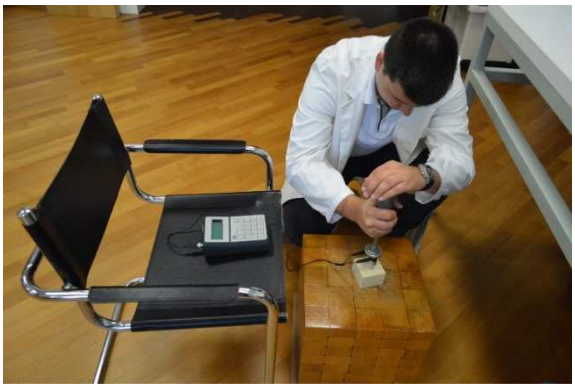
3.3. Elektrootporno procjenjivanje sadržaja vode u uzorcima

Prilikom vađenja uzoraka iz klimatizacijske komore, uzorci su vađeni jedan po jedan kako bi svi uzorci bili ispitivani u istim uvjetima te je na uzorku elektrootpornom metodom procijenjen sadržaj vode pomoću elektrootpornog vlagomjera s izoliranim sondama (GANN Hydromette M4050). Nakon toga uzorci su izvagani kako bi se dobila masu nakon kondicioniranja. Točnost vlagomjer je prije korištenja ispitana pomoću otpornika kako bismo se uvjerili da su očitanja točna. Također je na vlagomjeru odabrana vrstu drva na kojoj provodimo mjerenje, u ovome slučaju to su hrastovina i jasenovina te je unesena temperatura uzorka.

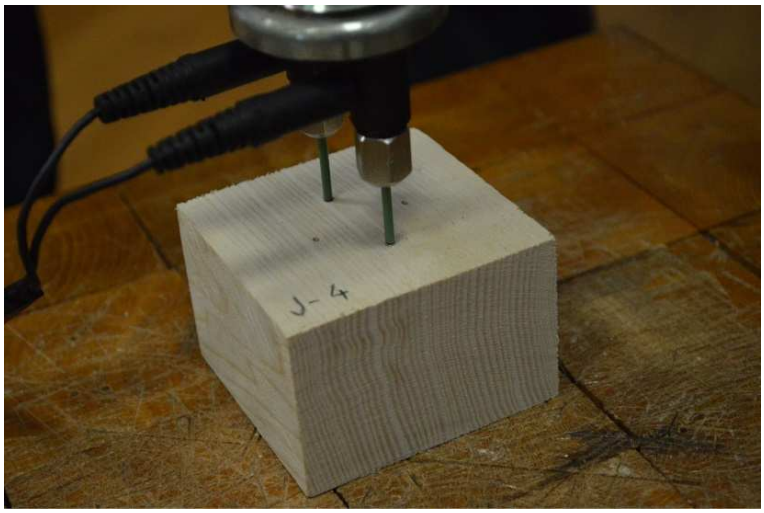


Slika 17. Kalibracija vlagomjera.

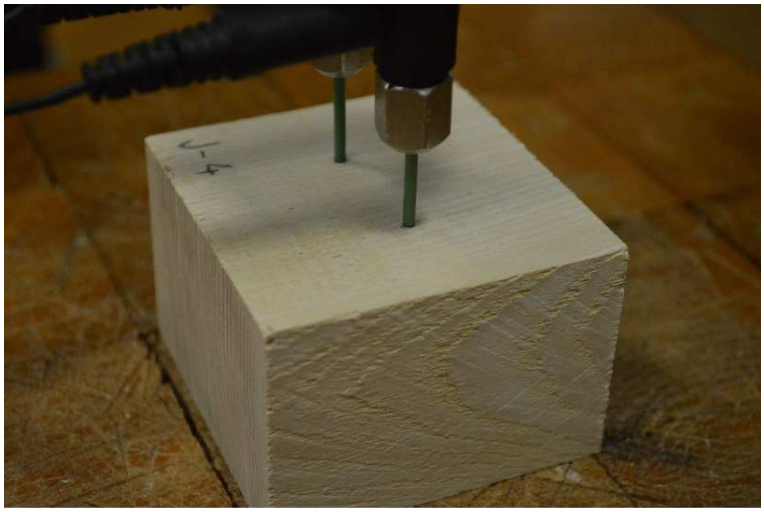
Sadržaj vode procjenjivan je zabijanjem sondi na poprečni presjek uzoraka u smjeru godova i okomito na smjer godova te je postupak ponovljen i na bočnoj široj strani istih uzoraka drva u smjeru vlakanaca i okomito na smjer vlakanaca. Rezultati na vlagomjeru su očitani nakon 2 do 3 sekunde od prikaza na ekranu.



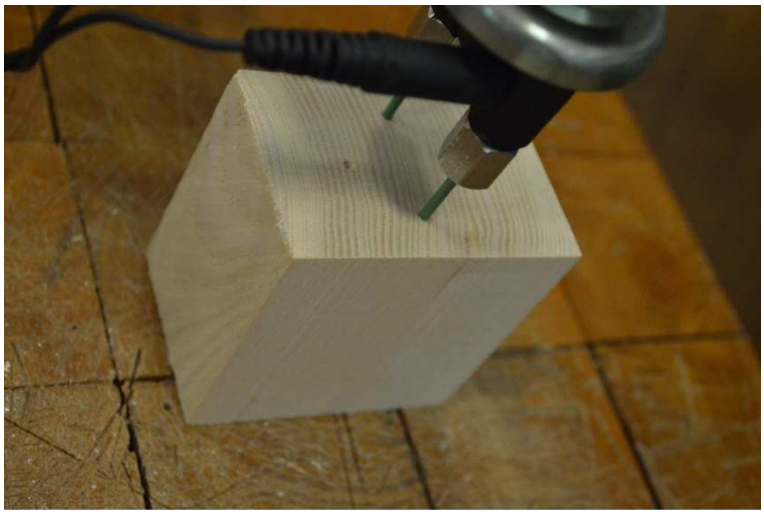
Slika 18. Zabijanje sondi elektrootpornog vlagomjera u uzorak.



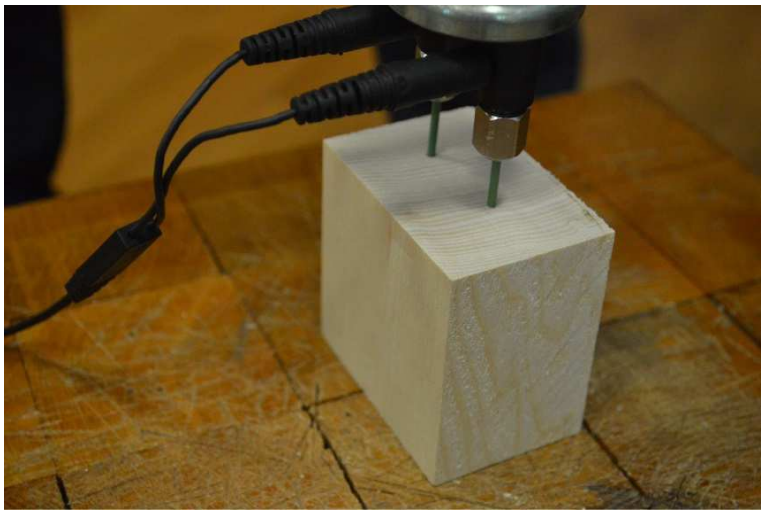
Slika 19. Procjenjivanje sadržaja vode na radijalnom presjeku jasenovine paralelno s vlakancima.



Slika 20. Procjenjivanje sadržaja vode na radijalnom presjeku jasenovine okomito na vlakanca.



Slika 21. Procjenjivanje sadržaja vode na poprečnom presjeku jasenovine u smjeru godova.



Slika 22. Procjenjivanje sadržaja vode na poprečnom presjeku jasenovine okomito na smjer godova.

3.4. Gravimetrijsko određivanje sadržaja vode u uzorcima

Nakon provedene elektrootporne metode procjenjivanja sadržaja vode u drvu uzorci su stavljeni u sušionik na 103 ± 2 °C te su sušeni do konstantne mase na apsolutno suho stanje. Nakon što su osušeni na apsolutno suho stanje, uzorci su izvagani i masa im je zabilježena. Računskim postupkom je tada određen sadržaj vode nakon sušenja, a prije kondicioniranja te nakon kondicioniranja a u trenutku procjenjivanja elektrootpornim vlagomjerom.

4. REZULTATI I DISKUSIJA

Prilikom provedbe istraživanja prvo je utvrđen sadržaj vode uzoraka nakon sušenja, a prije kondicioniranja u klimatizacijskoj komori Kambič KK-650 CHLT, rezultati srednjeg sadržaja vode sa standardnom devijacijom su prikazani u tablici 1.

Tablica 1. Srednji sadržaj vode uzoraka nakon sušenja, a prije kondicioniranja, utvrđeno gravimetrijom.

Redni broj	Oznaka uzorka	Srednji sadržaj vode	Standardna devijacija
1.	Hrast blistača	10,02 %	0,70
2.	Hrast bočnica	9,09 %	0,26
3.	Jasen blistača	14,52 %	0,21
4.	Jasen bočnica	11,56 %	0,54

Iz rezultata prikazanih u tablici 1. je vidljivo da je jasen imao viši srednji sadržaj vode nego hrast nakon sušenja, a prije kondicioniranja. Također je vidljivo da su kod hrasta blistače imale viši srednji sadržaj vode nego bočnice. Isto je vidljivo i kod jasena, blistače su imale viši srednji sadržaj vode nego bočnice. Razlika u srednjem sadržaju vode između blistača i bočnica unutar iste vrste je i za očekivati, naročito ukoliko su se i blistača i bočnica sušile zajedno u istoj sušionici. Ovisno o vrsti proizvoda koji se izrađuje, a naročito ukoliko se miješaju blistače i bočnice, potrebno je posvetiti veću pažnju ujednačavanju konačnog sadržaja vode, čime bi se spriječile greške koje se mogu pojaviti kasnije u proizvodnji. Ukoliko se radi o kvalitetnijoj građi, uvijek postoji mogućnost da se u sušionici odvojeno suše blistače i bočnice.

U tablici 2. prikazani su izmjereni srednji sadržaji vode uzoraka sa standardnom devijacijom nakon kondicioniranja u klimatizacijskoj komori, pri nepromijenjenim uvjetima u trajanju od 52 dana.

Tablica 2. Srednji sadržaj vode uzoraka nakon kondicioniranja, utvrđeno gravimetrijom.

Redni broj	Oznaka uzorka	Srednji sadržaj vode	Standardna devijacija
1.	Hrast blistača	8,53 %	0,14
2.	Hrast bočnica	8,41 %	0,16
3.	Jasen blistača	8,56 %	0,10
4.	Jasen bočnica	8,27 %	0,06

Iz rezultata prikazanih u tablici 2. vidljivo je da su nakon kondicioniranja svi uzorci imali približno sličan srednji sadržaj vode. Zanimljivo je da kada promatramo zasebno hrast i jasen, vidljivo je da kod hrasta niži srednji ravnotežni sadržaj vode ima bočnica, te kod jasena također bočnica. Kada usporedimo ove rezultate sa rezultatima iz prethodne tablice, može se zaključiti da se sigurno može postići manja razlika u sadržaju vode između bočnica i blistača unutar iste vrste, kada bi se posvetila dodatna pažnja procesu kondicioniranja nakon sušenja u klasičnim komornim sušionicama. Naravno puno ovisi i o tome s kakvim početnim sadržajem vode građa ulazi u sušionicu. Vidljivo je i da su vrijednosti standardnih devijacija nakon kondicioniranja manji nego nakon sušenja.

Rezultati određivanja sadržaja vode gravimetrijskom metodom i procjenjivanja elektrootpornom metodom nakon kondicioniranja su prikazani u tablici 3. na način da je uz vrijednost aritmetičke sredine u zagradi prikazana i standardna devijacija. Također je navedeno na kojem presjeku je izvršeno mjerenje i da li je smjer iglica vlagomjera bio okomit ili paralelan na smjer vlakanaca ili godove.

Tablica 3. Izmjereni srednji sadržaji vode [Aritmetička sredina (Standardna devijacija)].

Oznaka uzorka	**Smjer iglica**	**Gravimetrija**	**Čeono**	**Šira bočna strana**
Hrast blistača	Okomito	8,53 % (0,14)	**8,13 %** (0,18) (poprečni presjek)	**7,98 %** (0,34) (radijalni presjek)
	Paralelno		**7,96 %** (0,28) (poprečni presjek)	**8,07 %** (0,29) (radijalni presjek)
Hrast bočnica	Okomito	8,41 % (0,16)	**7,96 %** (0,25) (poprečni presjek)	**7,75 %** (0,31) (tangentni presjek)
	Paralelno		**8,08 %** (0,28) (poprečni presjek)	**7,92 %** (0,34) (tangentni presjek)
Jasen blistača	Okomito	8,56 % (0,10)	**9,12 %** (0,19) (poprečni presjek)	**9,40 %** (0,24) (radijalni presjek)
	Paralelno		**9,12 %** (0,19) (poprečni presjek)	**9,75 %** (0,17) (radijalni presjek)
Jasen bočnica	Okomito	8,27 % (0,06)	**9,35 %** (0,19) (poprečni presjek)	**9,34 %** (0,23) (tangentni presjek)
	Paralelno		**9,25 %** (0,14) (poprečni presjek)	**9,77 %** (0,26) (tangentni presjek)

Iz rezultata mjerenja gravimetrijom je vidljivo da blistače pojedine vrste drva uglavnom imaju blago viši sadržaj vode nego bočnice, što je i logično pošto se bočnice brže suše i kondicioniraju. Međutim to su zanemarive razlike u sadržaju vode. Zanimljivo je što se nakon dužeg kondicioniranja pri nepromijenjenim uvjetima sadržaji vode između hrasta i jasena tako malo razlikuju, jer ipak je slučaj o dvije različite vrste drva.

Prilikom mjerenja elektrootpornim vlagomjerom proizvođač korištenog vlagomjera nalaže da iglice budu okomite na smjer vlakanaca te se smatra da će se kod mjerenja kada su iglice paralelne na smjer vlakanaca dobiti ponešto više vrijednosti. To je slučaj i kod mjerenja na široj bočnoj strani u ovome istraživanju, bez obzira da li se radi o jasenu ili hrastu, te blistači ili bočnici, blago više srednje vrijednosti se dobivaju kada su iglice paralelno na smjer vlakanaca. No zanimljivo je da su te više vrijednosti bliže srednjim vrijednostima dobivenim gravimetrijskom metodom, a koja se smatra točnijom. Navedeno se može objasniti da je ipak došlo do zaostajanja gradijenta sadržaja vode po debljini unatoč dužem kondicioniranju, jer se je prilikom kondicioniranja išlo u desorptivnom smjeru, a uzorci su bili većih dimenzija. Također, mjerenja elektrootpornim vlagomjerom su vršena u površinskim (vanjskim) slojevima. U svakom slučaju, navedene uočene srednje razlike su zanemarivih brojčanih vrijednosti (od 0,09 do 0,43 %). Zanimljivo je da kod mjerenja na čelu uzoraka (poprečni presjek) su razlike u izmjerenim srednjim sadržajima vode skoro zanemarive ovisno da li su iglice okomito ili paralelno na godove (0,00 do 0,17 %), a u slučaju jasenove blistače uopće nema razlike u srednjoj vrijednosti i standardnoj devijaciji. Također kada se promatra pojedina skupina uzoraka, nema prevelike razlike u sadržaju vode ako se mjeri na čelu (poprečni presjek) ili na široj bočnoj stranici (radijalni ili tangentni presjek) kod duže kondicioniranih uzoraka koji su se koristili u ovome istraživanju. Naravno, u praksi bi moglo doći do većih odstupanja prilikom mjerenja na čelu i bočnim stranicama, jer su uzorci drva uglavnom većih dimenzija, kraće se kondicioniraju i drvo se brže suši na čelima nego kroz bočne stranice. Prilikom mjerenja sadržaja vode elektrootpornom metodom nije svejedno da li se mjeri izoliranim elektrodama na samoj površini ili na većoj dubini.

5. ZAKLJUČAK

Nakon provedenog istraživanja u ovome završnom radu možemo zaključiti:

1. Tijekom ovog istraživanja drvo hrasta i jasena nakon dužeg kondicioniranja u istim nepromjenjivim uvjetima je postiglo približno sličan konačni sadržaj vode, kako je utvrđeno gravimetrijskom metodom. Blistače su imale blago viši sadržaj vode nego bočnice, bez obzira radi li se o hrastu ili jasenu.
2. Uzimajući u obzir orijentaciju izoliranih iglica elektrootpornog vlagomjera prilikom mjerenja na širim bočnim stranama blistača i bočnica (radijalni i tangentni presjek) dobivene su ponešto više vrijednosti ukoliko su iglice bile paralelne sa smjerom vlakanaca.
3. Prilikom mjerenja sadržaj vode dobro kondicioniranih uzoraka hrasta i jasena na čelu uzorka (poprečni presjek) nema drastične razlike u izmjerenim vrijednostima s obzirom na smjer iglica vlagomjera u odnosu na godove.
4. Prilikom mjerenja sadržaja vode elektrootpornim vlagomjerom na dobro kondicioniranim uzorcima, nisu utvrđene značajne razlike u vrijednostima kada se uspoređuje mjerenje na bočnoj strani i čelu.

6. LITERATURA

1. Dietsch, P. 2015: Methods to determine wood moisture content and their applicability in monitoring concepts. Journal of Civil Structural Health Monitoring, Berlin 5 (2), 115-127.
2. Krpan, J., 1965: Sušenje i parenje drva (drugo prerađeno i prošireno izdanje). Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska.
3. Pervan, S., 2009: Priručnik za tehničko sušenje drva. SAND, Zagreb, Hrvatska.
4. Pervan, S.; Klarić, M., 2018: Odnosi između vode i drva (Vježba, preddiplomski studij Drvna tehnologija). Sveučilište u Zagrebu Šumarski fakultet, Zagreb, Hrvatska.
5. Pervan, S.; Klarić, M.; Slivar, M., 2013: Normirane metode određivanja i procjenjivanja sadržaja vode u drvu u Republici Hrvatskoj. Drvna industrija 64 (2): str. 149-157.