

# Optimiziranje uzorkovanja drva za određivanje sadržaja vode halogenim vlagomjerom u proizvodnji višeslojnog parketa

---

Sabljak, Marin

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:818356>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-25**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE**  
**DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**  
**DIPLOMSKI STUDIJ**  
**DRVNOTEHNOLOŠKI PROCESI**

**MARIN SABLJAK**

**OPTIMIZIRANJE UZORKOVANJA DRVA ZA**  
**ODREĐIVANJE SADRŽAJA VODE HALOGENIM**  
**VLAGOMJEROM U PROIZVODNJI VIŠESLOJNOG**  
**PARKETA**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2022.**



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE**  
**DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

**OPTIMIZIRANJE UZORKOVANJA DRVA ZA**  
**ODREĐIVANJE SADRŽAJA VODE HALOGENIM**  
**VLAGOMJEROM U PROIZVODNJI VIŠESLOJNOG**  
**PARKETA**

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski studij: Drvnotehnološki procesi

Predmet: Hidrotermička obrada drva

Ispitno povjerenstvo: 1. (mentor) doc. dr. sc. Miljenko Klarić  
2. (član) prof. dr. sc. Stjepan Pervan  
3. (član) prof. dr. sc. Mladen Brezović

Student: Marin Sabljak

JMBAG: 0068229413

Datum odobrenja teme: 25.4.2022.

Datum predaje rada: 8.9.2022.

Datum obrane rada: 16.9.2022.

**Zagreb, rujan, 2022.**

# Temeljna dokumentacijska kartica

Naslov:	Optimiziranje uzorkovanja drva za određivanje sadržaja vode halogenim vlagomjerom u proizvodnji višeslojnog parketa
Autor:	Marin Sabljak
Adresa autora:	Fumićeva ulica 38, Repušnica, Kutina
Mjesto izrade:	Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave:	Diplomski rad
Mentor:	doc. dr. sc. Miljenko Klarić
Izradu rada pomogao:	/
Godina objave:	2022.
Opseg:	I-X + 39 stranica, 34 slike, 10 tablica i 6 navoda literature
Ključne riječi:	Halogeni vlagomjer, drvo smreke, sadržaj vode, gravimetrijsko određivanje sadržaja vode, troslojni parket
Sažetak:	<p>U okviru ovoga diplomskoga rada je provedeno istraživanje kako bi se optimiziralo uzorkovanje manjih komada drva za utvrđivanje sadržaja vode halogenim vlagomjerom. Uzorkovanje je provedeno na piljenoj građi smrekovine koja je namijenjena za srednji sloj troslojnog parketa. Proizvođači višeslojnog parketa često kupuju drvo četinjača od raznih dobavljača te se je pokazala potreba za kvalitetnim, pouzdanim i brzim načinom određivanja sadržaja vode u kupljenom piljenom drvu. Cilj istraživanja je utvrditi može li se halogenim vlagomjerom brzo i pouzdano procijeniti sadržaj vode u osušenoj smrekovini te na koji način uzeti uzorak drva.</p>

## Basic Documentation Card

Title:	Optimization of wood sampling for determination of moisture content with halogen moisture meter in the production of multilayer parquet
Author:	Marin Sabljak
Address of Author:	Fumićeva street 38, Repušnica, Kutina
Thesis Performed at:	Faculty of Forestry and Wood Technology, University of Zagreb
Publication Type:	Master's thesis
Supervisor:	Assistant professor Miljenko Klarić, PhD
Preparation Assistant:	/
Publication year:	2022
Volume:	I-X + 39 pages, 34 figures, 10 tables and 6 references
Key words:	Halogen moisture meter, spruce wood, moisture content, gravimetric determination of moisture content, three-layer parquet
Abstract:	<p>As part of this thesis, research was carried out in order to optimize the sampling of smaller pieces of wood to determine the moisture content with a halogen moisture meter. Sampling was carried out on sawn spruce wood, which is intended for the middle layer of a three-layer parquet. Manufacturers of multi-layer parquet often buy conifer wood from various suppliers, and the need for a high-quality, reliable and fast way of determining the moisture content in purchased sawn wood has become apparent. The goal of the research is to determine whether it is possible to quickly and reliably assess the moisture content in dried spruce with a halogen moisture meter, and how to take a wood sample.</p>



# IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

OB FŠDT 05 07

Revizija: 2

Datum: 2.2.2021.

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

Zagreb, 16. rujna 2022.

---

*vlastoručni potpis*

*Marin Sabljak*

# Sadržaj

Temeljna dokumentacijska kartica .....	I
Basic Documentation Card .....	II
Sadržaj .....	V
Popis slika .....	VII
Popis tablica .....	IX
Predgovor .....	X
1. Uvod .....	1
1.1. Višeslojni parketi .....	1
1.2. Troslojni parketi .....	2
1.3. Srednjica višeslojnog parketa .....	3
1.4. Halogeni vlagomjer .....	4
1.5. Gravimetrijska metoda .....	5
2. Cilj istraživanja .....	6
3. Materijali i metode .....	7
3.1. Materijal .....	7
3.1.1. Strojevi i alati .....	10
3.1.2. Optimiziranje uzoraka .....	15
3.2. Metode .....	22
3.2.1. Određivanje sadržaja vode halogenom metodom .....	22
4. Rezultati i diskusija .....	25
4.1. Rezultati – Čep .....	25
4.2. Rezultati – Strugotina .....	29
4.3. Rezultati – Štangica .....	31
4.4. Rezultati – Zbirno .....	35
5. Zaključak .....	36
6. Literatura .....	38



7. Životopis .....	39
--------------------	----

## **Popis slika**

*Slika 1. Prikaz dvoslojnog parketa*

*Slika 2. Primjer troslojnog parketa*

*Slika 3. Halogeni analizator*

*Slika 4. Sušionik i analitička vaga*

*Slika 5. Priprema sirovine za rezanje*

*Slika 6. Zapakirani uzorci*

*Slika 7. Uzorkovanje uzorka*

*Slika 8. Priprema sirovine za testiranje*

*Slika 9. Prikaz izrađivanja uzoraka iz pojedinog elementa*

*Slika 10. Stupna bušilica i preklopna nagibna pila*

*Slika 11. Remenski prijenos*

*Slika 12. Shema remenskog prijenosa*

*Slika 13. Svrđlo za izradu čepova*

*Slika 14. Izrada čepova*

*Slika 15. Spiralno svrdlo*

*Slika 16. Izrada uzoraka spiralnim svrdlom*

*Slika 17. Zapakirani i označeni uzorci čepova*

*Slika 18. Usitnjeni uzorak čepa*

*Slika 19. Uzorci čepa u staklenim bočicama*

*Slika 20. Uzorci lijeve i desne strane zapakirani u nepropusne vrećice*

*Slika 21. Označeni uzorci strugotine zapakirani u nepropusne vrećice*

*Slika 22. Izrada kontrolnog uzorka*

*Slika 23. Sušenje kontrolnih uzoraka*

*Slika 24. Hlađenje kontrolnih uzoraka u eksikatoru*

*Slika 25. Vaganje kontrolnih uzoraka na analitičkoj vagi*

*Slika 26. Kvalitetno raspoređen uzorak strugotine*

*Slika 27. Preciznost rezultata*

*Slika 28. Označavanje čepova rednim brojem na pojedinom uzorku*

*Slika 29. Sistemizacija i obrada rezultata*

*Slika 30. Smolni džep*

*Slika 31. Lijeva i desna pozicija uzimanja strugotine pojedinog uzorka*

*Slika 32. Uzorci r.b. 15. lijeve i desne strane*

**Slika 33.** *Uzorci r.b. 16. lijeve i desne strane*

**Slika 34.** *Rezultati sadržaja vode ovisno o obliku testiranja*

## **Popis tablica**

*Tablica 1. Rezultati testa (0,5g)*

*Tablica 2. Rezultati testa (2g)*

*Tablica 3. Rezultati mjerenja za Čep 1*

*Tablica 4. Rezultati mjerenja za Čep 2*

*Tablica 5. Rezultati mjerenja za Čep 3*

*Tablica 6. Rezultati uzoraka desne strane*

*Tablica 7. Rezultati uzoraka lijeve strane*

*Tablica 8. Rezultati kontrolnih uzoraka gravimetrijske metode lijeve strane*

*Tablica 9. Rezultati kontrolnih uzoraka gravimetrijske metode desne strane*

*Tablica 10. Rezultati kontrolnih uzoraka bez uzoraka pod rednim brojem 15. i 16.*

# Predgovor

Diplomski rad shvaćam kao priliku da u obliku istraživanja, prikupljanja informacija i proučavanje istih te donošenju zaključaka pokažem razinu znanja i zrelosti u izražavanju dosljednu zvanja stečenog u petogodišnjem fakultetskom obrazovanju.

Uvjeren sam da će čitatelju rada biti zanimljivo i od koristi proći kroz ovo istraživanje. U ostvarenju diplomskog rada pomogli su mi ljudi kojima želim iskazati zahvalnost.

Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Miljenku Klariću koji mi je predložio ovu temu, te svojim strpljenjem, stručnom pomoći, savjetima i literaturom pomogao u izradi diplomskog rada.

Zahvaljujem se na ustupljenoj sirovini za analizu tvrtki Bauwerk Group.

Posebnu zahvalnost iskazujem cijeloj svojoj obitelji i prijateljima koji su me podržavali. Posebno hvala mojoj djevojci Luciji i sestri Maji na potpori i razumijevanju tijekom studiranja.

I na kraju, najveću zaslugu za ono što sam postigao pripisujem svojim roditeljima, koji su uvijek bili uz mene bez obzira da li se radilo o teškim ili sretnim trenucima i bez kojih sve ovo što sam dosada postigao ne bi bilo moguće. Velika hvala svima!

# 1. Uvod

## 1.1. Višeslojni parketi

U Hrvatskoj su u uporabi klasični parketi dosta rašireni, ali zahtijevaju dugotrajan proces polaganja, što obično uključuje sušenje, brušenje i lakiranje. Oni su održivi nekoliko generacija jer postoji mogućnost obnavljanja. Tradicionalno su poznati po svom doprinosu ugodnosti življenja u svakom domu te do danas nisu izgubili vrijednost. Zbog izvođenja radova na gradilištu, kada pritišću rokovi i nepovoljni uvjeti rada, puno je jednostavnije ako se skrate rokovi polaganja parketa i smanji rizik pojave grešaka. Zato se graditelji i podopolagači češće odlučuju na višeslojni parket koji je zbog svojih pozitivnih strana i jednostavnosti spajanja prihvatljiviji za montažu. Višeslojni parketi predstavljaju odličan proizvod za mnoge projekte interijera, pogotovo tamo gdje se ne očekuje intenzivno trošenje površine i učestalo obnavljanje brušenjem. Često se naziva i ukočeni parket jer su mu slojevi međusobno križani. Nudi mogućnost izvođenja velike podne površine bez razdjelnih reški. Naposljetku, ukočenost doprinosi izvrsnoj stabilnosti oblika te je rizik koritavljenja minimalan. Također, povoljan je za primjenu na podnom grijanju. Najbolja mu je odlika vrlo dobra dimenzijska stabilnost, koja je znatno bolja od masivnih podnih obloga, pa se podovi od višeslojnih parketa uspješno projektiraju za prostore velikih površina ili one u kojima se može dogoditi opterećenje vlagom (Turkulin, 2020.). Naposljetku, velika dimenzijska točnost višeslojnih parketa omogućuje precizno i jednostavno izvođenje podova



*Slika 1. Prikaz dvoslojnog parketa*  
(izvor: <https://hr.home-journal.net/7384508-tips-suppliers-for-prefabricated-parquet>)

## 1.2. Troslojni parketi

U uporabi su najčešće dvije osnovne inačice parketa: sa srednjicom od poprečno postavljenih lamelica, najčešće od drva četinjača, te parket sa srednjicom od drvene ploče (npr. MDF - vlaknatice). U nešto manjem broju slučajeva se javljaju parketi sa srednjicom od iste vrste drva (npr. hrast-hrast-hrast), sa srednjicom od furnirske ploče ili panel ploče. Parket sa srednjicom od četinjača omogućuje da tanak obložni sloj od plemenite vrste drva djeluje ekskluzivno, a parket dovoljno stabilan. Norma koja određuje svojstva i ispitivanja troslojnoga parketa je HRN EN 13489 (2017): Drvene i parketne podne obloge -- Višeslojni parketni elementi (*engl.* Multi-layer parquet elements). Prema spomenutoj normi gazni sloj mora biti debeo minimalno 2,5 mm, a njegov sadržaj vode mjeren gravimetrijskom metodom, mora iznositi 5–9 %. Parket se postavlja praktično isključivo uzdužnim polaganjem („u brodski pod“). Glavna odlika troslojnih podnih obloga je njihova velika oblikovna i dimenzijska stabilnost koja se postiže međusobnim križanjem slojeva (Turkulin, 2011.). Bubrenje i utezanje drveta u longitudinalnom smjeru je gotovo zanemarivo, dok su promijene dimenzija po širini mnogo jače, tada uzdužno utezanje gornjeg i donjnjeg sloja ograničava bubrenje poprijeko postavljenih lamelica srednjeg sloja. U istom slučaju srednji sloj, svojim malim uzdužnim promjenama poprijeko na širinu parketne daske, umanjuje bočno bubrenje i utezanje gaznoga sloja i pojavu karakterističnih bočnih reški parketa. Troslojni se parket najčešće postavlja plivajućim načinom, pri čemu se podna obloga izvodi kao cjelovita membrana. Ovakvim načinom postavljanja pod ima povoljna akustičko-izolacijska svojstva. Postavljanjem na tanki sloj spužvice ili pluta sprječava se prenošenje zvuka na nosivu konstrukciju i u donju prostoriju ali plivajuće polaganje može eventualno prouzročiti veći odjek u prostoriji, ali je to manje izražen nedostatak nego na primjer kod laminata, jer srednji i donji sloj od četinjača bolje reagiraju na udarni zvuk nego srednjica od tvrde vlaknatice (Turkulin, 2011.). Postavljanje je precizno i brzo ako je parket načinjen s utorom i perom po sustavu „klik“ kopčanja te bez rizika da ljepilo iz utora i pera probije na površinu s umanjenom mogućnošću oštećivanja ili zatrgavanja spojeva. Kod industrijski lakiranog troslojnog parketa na taj način izostaje lijepljenje, brušenje, lakiranje te dugo trajanje postavljanja poda. Moguće je atraktivno projektirati interijer uz mogućnost slaganja različitih mozaika zbog estetskih vrijednosti te ekskluzivnih dimenzija i izgleda. Naposljetku, za korisnika ugodna hoda je slična masivnoj podnoj oblozi, a vijek trajanja s mogućnošću obnavljanja i pravilnog i kvalitetnog korištenja može ugodno služiti nekoliko generacija (Turkulin, 2011.).

### 1.3. Srednjica višeslojnog parketa

Višeslojni drveni pod je proizvod vrhunske kvalitete za završne radove u graditeljstvu zbog svojih pozitivnih karakteristika, među kojima se svakako ističu dimenzijska stabilnost, trajnost, rok izvedbe i montaža. Višeslojni parket je sastavljen od dva, tri ili više slojeva. Donji sloj troslojnog parketa najčešće je načinjen od furnirske ploče dok je na gazni sloj tj. lice zalijepljen furnir ili više pruga lamela. Srednji sloj tj. srednjica češće je izvedena od jeftinijih vrsta drva četinjača i predstavlja noseći sloj. Parket sa srednjicom od četinjača omogućuje da relativno skup gazni sloj od plemenitih vrsta drva bude tanak (minimalno 2,5 mm), a parket dovoljno stabilan. Prema normi HRN EN 13489 (2017) sadržaj vode mjeren gravimetrijskom metodom mora iznositi 5-9 % (Turkulin, H.; 2018).



*Slika 2. Primjer troslojnog parketa (foto: Sabljak M., 2022)*



## 1.4. Halogeni vlagomjer

Za brzo određivanje sadržaja vode koje mora biti što točnije, u ovome istraživanju korišten je halogeni vlagomjer Kern DBS 60-3 (slika 3.). Uređaj bi mogao biti zamjena za druge metode određivanja sadržaja vode kao što je na primjer klasična gravimetrijska metoda, a u odnosu na koju znatno kraće traje. Dobiveni rezultati trebaju biti usporedivi sa gravimetrijskom metodom, koja je najtočnija od normiranih metoda određivanja sadržaja vode (gravimetrijska, elektrootporna i kapacitivna metoda), ali najdugotrajnija. Halogeni uređaj je dizajniran za brzo i pouzdano određivanje sadržaja vode u tekućim, poroznim i krutim materijalima s primjenom metode termogravimetrije. U skladu s ovom metodom, uređaj bilježi masu prije zagrijavanja te ju uspoređuje s masom nakon zagrijavanja, pri čemu se konstantno vrši mjerenje promjene mase uzorka ( $\Delta M$ ). Uređaj ispisuje sadržaj vode kada je  $\Delta M$  konstantan u vremenu od 30 sekundi. Klasična gravimetrijska metoda sušenja u sušioniku slijedi isto načelo, ali je mjerenje dugotrajnije i ne mjeri se masa konstantno.



*Slika 3. Halogeni analizator (foto: Sabljak M.,2022)*

## 1.5. Gravimetrijska metoda

U Republici Hrvatskoj normiranim su sustavom obuhvaćene tri metode određivanja i procjenjivanja sadržaja vode u drvu: gravimetrijska metoda, elektrootporna metoda i kapacitativna metoda. Gravimetrijska metoda određivanja sadržaja vode u drvu, definirana hrvatskom normom HRN EN 13183-1:2008 Sadržaj vode u drvu -- 1. dio: Određivanje gravimetrijskom metodom. Odgovarajuća norma definira tu metodu kao referentnu metodu za utvrđivanje sadržaja vode u drvu, jer je ona najtočnija i najpouzdanija od trenutačno poznatih metoda primjenjivih u praksi. Gravimetrijska metoda obuhvaća mjerenje količine odstranjene vode do 0 % konačnog sadržaja vode u drvu (drvo u apsolutno suhom stanju), izražene postocima u odnosu prema drvu u apsolutno suhom stanju. Gravimetrijska je metoda precizna, ali nepraktična jer zahtijeva uzimanje uzoraka iz složajeva drva, njihovo djelomično razaranje te ne omogućuje trenutačno određivanje sadržaja vode u drvu. Gravimetrijska metoda provodi se uz pomoć sušionika koji mora biti izrađen na način da osigurava slobodnu unutrašnju cirkulaciju zraka te da je u mogućnosti održavati konstantnu temperaturu od  $103 \pm 2$  °C. Također potrebno je da vaga bude određene točnosti s obzirom na masu kontrolnog uzorka koji se važe. Potrebno je uzorak izvagati na vagi točnosti  $d = 0,1$  g do  $d = 0,01$  g, ovisno o masi uzorka (Pervan i dr. 2013).



*Slika 4. Sušionik i analitička vaga (foto: Sabljak M.,2022)*

## 2. Cilj istraživanja

Komplicirano je izraditi uzorak manjih komada drva za određivanje sadržaja vode halogenim vlagomjerom, a da se tijekom procesa uzorkovanja ne izgubi dio vode. S druge strane, u interesu je postići što pouzdanije rezultate kako bi se brzo i efikasno u pogonu moglo kontrolirati sadržaj vode. Stoga će se u ovome radu pristupiti optimiziranju uzorkovanja drva za određivanje sadržaja vode halogenim vlagomjerom. Uzorkovanje će se provesti na piljenoj građi drva četinjača budući da proizvođači troslojnog parketa često kupuju navedenu sirovinu za srednji sloj te ju dobivaju od različitih dobavljača, poradi čega se je pokazala potreba za pouzdanim i brzim načinom određivanja i kontrole sadržaja vode. Biti će izrađeni uzorci iz 16 komada elemenata drva smreke tako da iz pojedinog elementa pripremimo dva uzorka strugotine, tri uzorka 'Čepa' te dva uzorka 'Štangice', a što će biti detaljnije pojašnjeno u narednim poglavljima. Mjerenje će se provesti na 112 uzoraka te napraviti usporedba. Strugotina i čep će proći termogravimetrijsku metodu određivanja sadržaja vode tj. halogenu metodu dok će uzorci štangice poslužiti za gravimetrijsku metodu tj. referentnu metodu.

Cilj istraživanja je utvrditi može li se halogenim vlagomjerom brzo i pouzdano procijeniti sadržaj vode u osušenoj smrekovini te na koji način uzeti uzorak drva.

## 3. Materijali i metode

### 3.1. Materijal

Predmet istraživanja odnosio se na odabir reprezentativnih uzoraka drva smreke koje se koristi za izradu srednjeg sloja troslojnog parketa. Piljeno, osušeno drvo smreke je uzorkovano u jednoj tvornici u Republici Hrvatskoj u kojoj se proizvodi višeslojni parket, a koja nam je poslužila kao istraživački poligon. Sirovina u tvornicu stiže osušena na paletama približe dužine 4000 mm, širine 120 mm te debljine 28 mm, a što je prikazano na slici 5.



*Slika 5. Priprema sirovine za rezanje (foto: Sabljak M.,2022)*

Na stroju se dugački osušeni elementi ispiljuju po dužini na elemente manjih dimenzija. Odabrana su dva dugačka elementa bez vidljivih grešaka i ispiljeni na slijedeće dimenzije: 470 (L) mm x 120 (Š) mm x 28 (D) mm.

Zatim su svi uzorci smrekovine za izradu srednjeg sloja parketa zapakirani u stretch foliju do donošenja u laboratorij, kako ne bi bilo promjene sadržaja vode. Ukupno je izrađeno 16 komada uzoraka dimenzija prikazanih na slici 6.



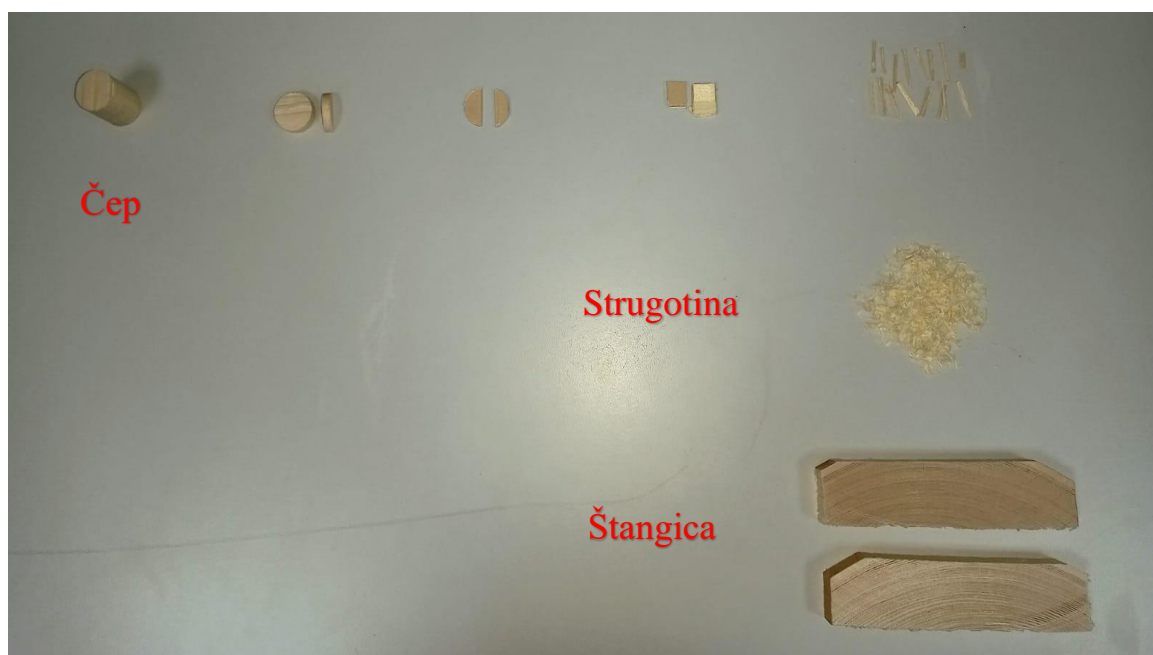
*Slika 6. Zapakirani uzorci (foto: Sabljak M.,2022)*

Iz elementa je uzeta proba koja će poslužiti testiranju halogene metode određivanja sadržaja vode. Iz istog elementa izrađen je uzorak strugotine, 'čepa' i 'štangice'. Uzorci su zapakirani u nepropusne vrećice tj. bočice tako da tijekom skladištenja odnosno transporta do laboratorija ne razmijene vlagu s okolinom. Pojedini 'čep' iz svakog elementa je usitnjen na tanke štapiće približno iste debljine i širine te ravnomjerno raspoređen po zdjelici za uzorke u tankom sloju. Masa je otprilike iznosila 0,5 g odnosno 2 g na svim uzorcima te je mjerenje mase rađeno na 5 decimala. Na dva uzorka 'štangice' iz svakog elementa je

Sabljak, M. 2022.: Optimiziranje uzorkovanja drva za određivanje sadržaja vode halogenim vlagomjerom u proizvodnji višeslojnog parketa

---

odrađena gravimetrijska metoda koja će poslužiti kao referentna vrijednost. Na slici 7. je prikaz načina uzorkovanja uzoraka za testiranje.



*Slika 7. Uzorkovanje uzorka (foto: Sabljak M., 2022)*

Preporuka proizvođača halogenog vlagomjera i metode temelji se na tome da se uzorak ne nalazi u nakupinama, što bi za posljedicu uzrokovalo nehomogenu raspodjelu topline te nepotpuno sušenje i produženo vrijeme mjerenja. Uzorak bi trebao biti ravnomjerno raspoređen u što tanjem sloju, kako bi se mogao ravnomjerno zagrijavati i sušiti. Prilikom mehaničkog usitnjavanja uzoraka izbjegavali smo veliko trenje tj. zagrijavanje koje bi izazvalo gubitak vode. Upravo trenje je srž problema, kako kvalitetno doći do uzorka male mase a da se pri tome trenutno ne mijenja sadržaj vode.

### 3.1.1. Strojevi i alati

Kao što je već spomenuto, za potrebe ispitivanja korištena je smrekovina osušena na  $7,5 \pm 0,7$  % sadržaja vode koju je ustupila tvrtka u kojoj je provedeno istraživanje (prikazano na slici 8.). Nakon izrade elemenata uzorci su zapakirani u stretch foliju do dolaska u Fakultetsku stolarsku radionicu gdje su izrađeni manji komadi drva za testiranje.



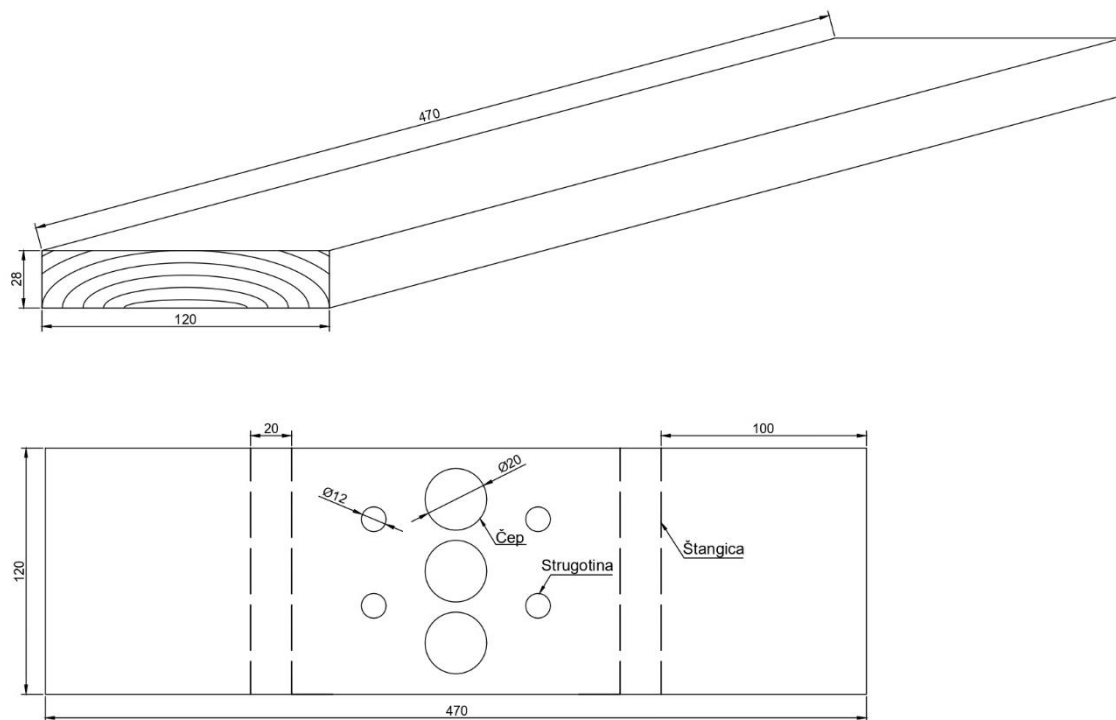
*Slika 8. Priprema sirovine za testiranje (foto: Sabljak M.,2022)*

Važno je objasniti kako i na koji način je uzorkovano drvo smrekovine za potrebe istraživanja.

Strojevi i alati koji su korišteni tijekom uzorkovanja su:

- Stupna bušilica marke Farrox DP 51032F,
- spiralno svrdlo promjera  $\phi 12$  mm,
- svrdlo za izradu čepova promjera  $\phi 20$  mm, te
- stolna preklopna nagibna pila marke Makita MLS100N.

Također na slici 9. je ilustracija izrađivanja uzoraka na probama kako bi zorno prikazali područje elementa na kojima su uzorci izrađeni.



*Slika 9. Prikaz izrađivanja uzoraka iz pojedinog elementa (Izradio: Sabljak M.,2022)*



*Slika 10. Stupna bušilica i preklopna nagibna pila (foto: Sabljak M.,2022)*

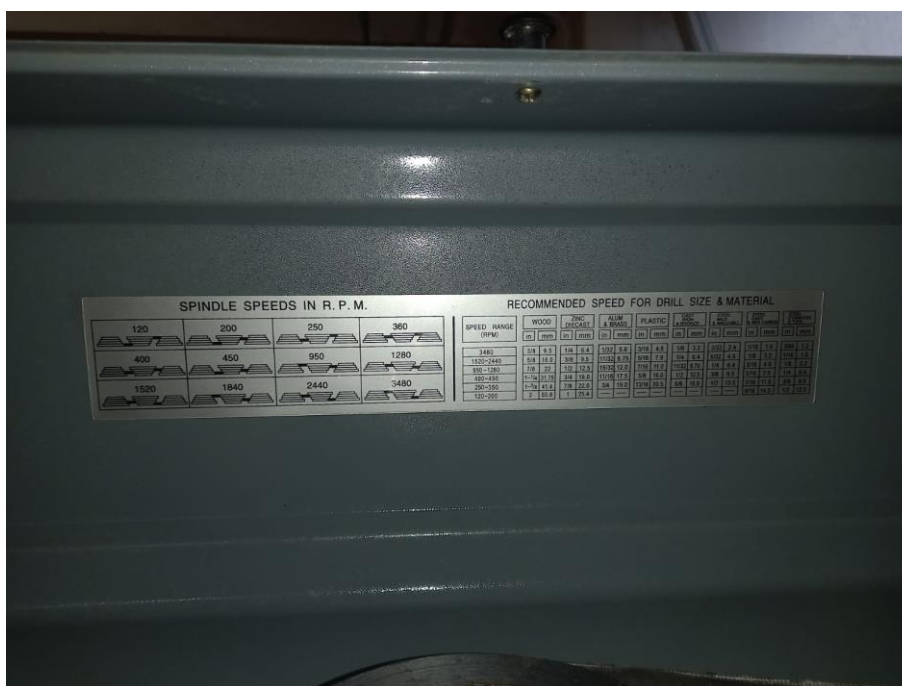


Sabljak, M. 2022.: Optimiziranje uzorkovanja drva za određivanje sadržaja vode halogenim vlagomjerom u proizvodnji višeslojnog parketa

Na stupnoj bušilici broj okretaja jednostavno se mijenja promjenom raspona brzina osovine odnosno remenskim prijenosom između vratila, odnos remena i remenice je prikazan na slici 11. i 12.



Slika 11. Remenski prijenos (foto: Sabljak M.,2022)



Slika 12. Shema remenskog prijenosa (foto: Sabljak M.,2022)

Sabljak, M. 2022.: Optimiziranje uzorkovanja drva za određivanje sadržaja vode halogenim vlagomjerom u proizvodnji višeslojnog parketa

Korišteno je svrdlo za izradu čepova promjera  $\phi$  20 mm sa brojem okretaja 120 o/min. Način uzimanja uzoraka čepova prikazan je na slici 14.



*Slika 13. Svrđlo za izradu čepova (foto: Sabljak M.,2022)*

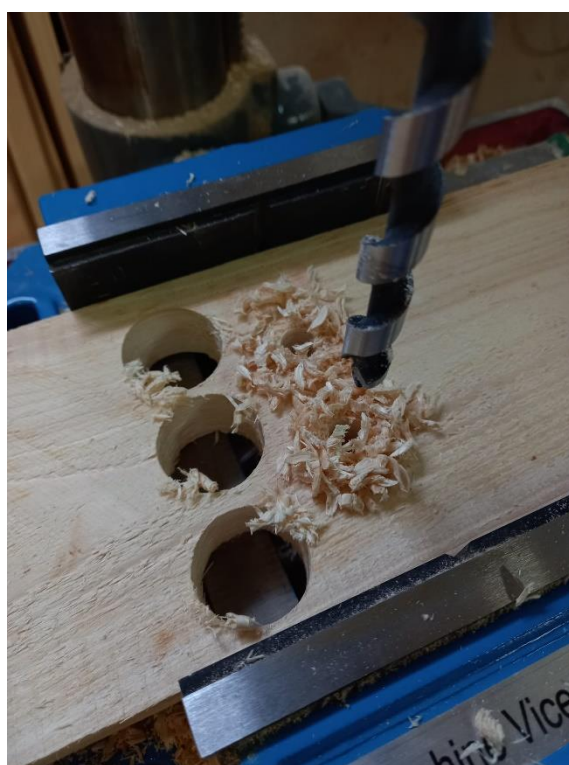


*Slika 14. Izrada čepova (foto: Sabljak M.,2022)*

Na slici 16. prikazano je spiralno svrdlo promjera  $\phi 12$  mm kojim smo uzrokovali uzorke strugotine potrebne za analizu.



*Slika 15. Spiralno svrdlo (foto: Sabljak M.,2022)*



*Slika 16. Izrada uzoraka spiralnim svrdlom (foto: Sabljak M.,2022)*

### 3.1.2. Optimiziranje uzoraka

#### 3.1.2.1. Čep

Također, bitno je objasniti redoslijed izrade uzoraka. Na već prikazanoj slici 9. prvo se izrađuju tri čepa na cijeloj širini elementa, kako bi imali podatke sadržaja vode i zaključili na koji način se mijenja raspon sadržaja vode od ruba prema sredini elementa. Nakon izrade čepova iz pojedinog elementa počinje pakiranje u nepropusne plastične vrećice sa zip zatvaračem za brzo i jednostavno pakiranje, naročito se pazilo na označavanje uzoraka. Sama oznaka tj. redni broj elementa označen je na vrećici alkoholnim flomasterom od 1 do 16.



*Slika 17. Zapakirani i označeni uzorci čepova (foto: Sabljak M.,2022)*

Sljedeći dio posla temelji se na brzini i spretnosti tako da se ručnim dljetom pojedini čep usitni u oblik šibice prikazano na slici 18.



*Slika 18. Usitnjeni uzorak čepa (foto: Sabljak M.,2022)*

Zatim se tako usitnjeni uzorak prebacuje na metalnu posudicu te se priprema masa od približno 2 g na analitičkoj vagi s točnošću od 0,1 mg, bilježi se početna masa  $m_0$  na pet decimalnih mjesta, prebacuje se u analizator gdje se ponovno mjeri masa  $m_1$  ali na tri decimalna mjesta zato što je čitljivost analizator od 1 mg. Program je zadan da automatskim putem postepeno podiže temperaturu na 103 °C, te suši na toj temperaturi oponašajući gravimetrijsku metodu. Nakon završenog mjerenja analizator na ekranu ispisuje podatke sadržaja vode (*HAL-1*, %), vrijeme mjerenja (*t1*) te konačnu masu  $m_2$ .

Nakon što pojedini uzorak završi analizu, stavlja se u staklene laboratorijske bočice sa čepom prikazano na slici 19.



*Slika 19. Uzorci čepa u staklenim bočicama (foto: Sabljak M.,2022)*

### **3.1.2.2. Strugotina**

Nakon izrade čepova slijedilo je uzorkovanje strugotine iz pojedinog elementa. Korištenjem spiralnog svrdla (slika 16.) na najmanjem mogućem broju okretaja u minuti, kako je već ranije objašnjeno, izrađene su dvije rupe na desnoj strani od čepova i dvije rupe lijevo od čepova, tako da se ponovno može uzeti u obzir gradijent sadržaja vode. Na slici 20. vidljivi su položaji uzimanja uzoraka strugotine za element broj 8.

Nakon pakiranja svih uzoraka u nepropusne vrećice slijedeći dio posla obavljen je u laboratoriju tako da su na svim uzorcima izmjerene mase  $m_0$  na analitičkoj vagi, zatim stavljene u analizator koji ponovno važe masu  $m_1$  u gramima na tri decimalna mjesta, pokreće se program koji simulira gravimetrijsku metodu koristeći konstantnu temperaturu od 103 °C te nakon analize ispisuje sadržaj vode i vrijeme na ekranu. Također analiza traje

Sabljak, M. 2022.: Optimiziranje uzorkovanja drva za određivanje sadržaja vode halogenim vlagomjerom u proizvodnji višeslojnog parketa  
sve dok  $\Delta M$  nije konstantan u periodu od 30 sekundi. Prikaz svih zapakiranih uzoraka vidljiv je na slici 21.



*Slika 20. Uzorci lijeve i desne strane zapakirani u nepropusne vrećice (foto: Sabljak M.,2022)*



*Slika 21. Označeni uzorci strugotine zapakirani u nepropusne vrećice (foto: Sabljak M.,2022)*

### 3.1.2.3. Štangica

Nakon izrade strugotine slijedi uzorkovanje štangice iz pojedinog elementa počevši od rednog broja 1. Korištenjem preklopne nagibne pile sa što oštrijim zubima, kako tijekom piljenja zbog sila koje nastaju i stvaranja topline ne bi dolazilo do isparavanja vode iz kontrolnog uzorka. Uzorak štangice poslužit će za gravimetrijsku metodu određivanja sadržaja vode, definirana hrvatskom normom HRN EN 13183-1:2008. Bitno je spomenuti da je nakon ispiljivanja kontrolni uzorak odmah stavljen u nepropusne vrećice sa zip zatvaračem kao i prethodni uzorci, do dolaska do mjesta vaganja odnosno u laboratorij. Način izrade uzoraka prikazan je na slici 22.



*Slika 22. Izrada kontrolnog uzorka (foto: Sabljak M.,2022)*

Uzorak je ispiljen što bliže sredini elementa tako da obuhvati cijeli poprečni presjek te najmanje 20 mm gledajući u smjeru žice (Pervan *i dr.*, 2013.).



Sabljak, M. 2022.: Optimiziranje uzorkovanja drva za određivanje sadržaja vode halogenim vlagomjerom u proizvodnji višeslojnog parketa

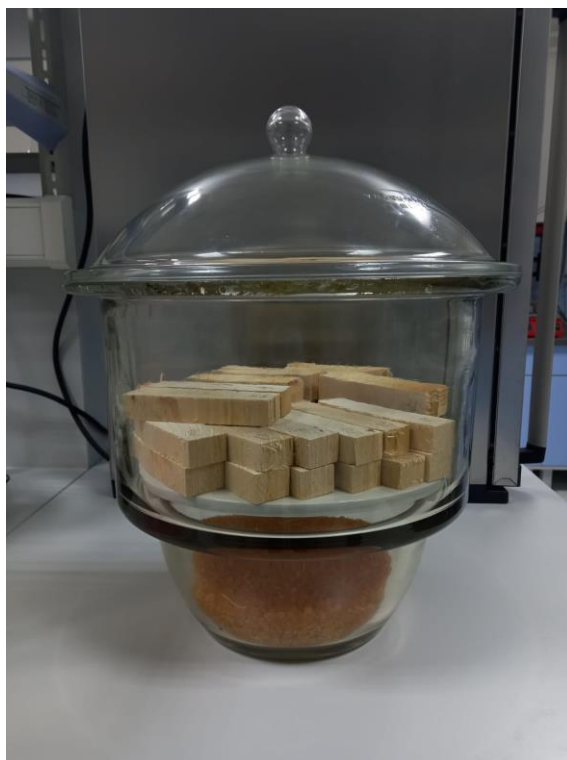
Mjerenje mase je rađeno na analitičkoj vagi na 5 decimalnih mjesta te su rezultati zapisani u tablicu. Nakon mjerenja uzorci se stavljaju na sušenje u sušionik na temperaturu  $103 \pm 2$  °C do apsolutnog suhog stanja u trajanju od približno 24 sata (prikaz na slici 23.).



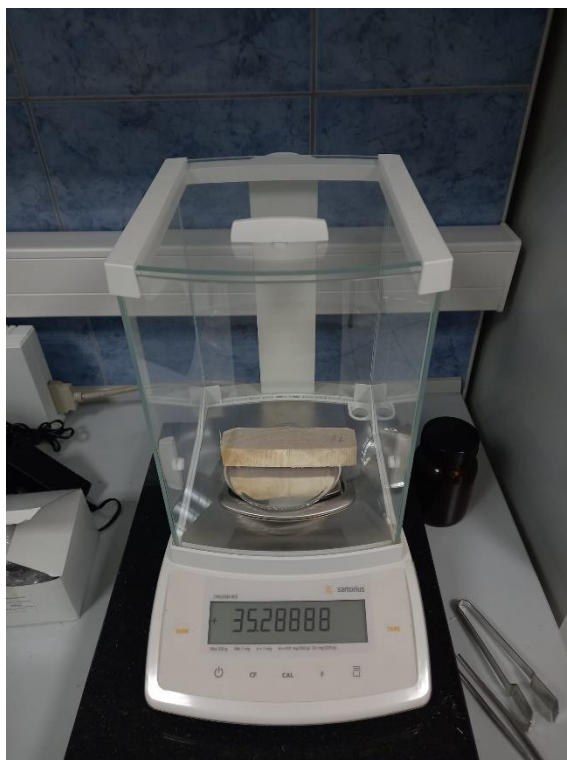
*Slika 23. Sušenje kontrolnih uzoraka (foto: Sabljak M.,2022)*

Nakon završetka sušenja u sušioniku, temperatura kontrolnog uzorka je oko 100 °C, i ako se takav uzorak stavlja na analitičku vagu može doći do netočnih rezultata jer drvo više temperature u apsolutno suhom stanju brže apsorbira vlagu iz okolnog zraka, a također moguće je oštećenje osjetljivih dijelova analitičke vage. Na slici 24. prikaz je kontrolnih uzoraka u eksikatoru.

Nakon hlađenja redom se vrši mjerenje mase suhих uzoraka te se radi zapis u tablicu.



*Slika 24. Hlađenje kontrolnih uzoraka u eksikatoru (foto: Sabljak M.,2022)*

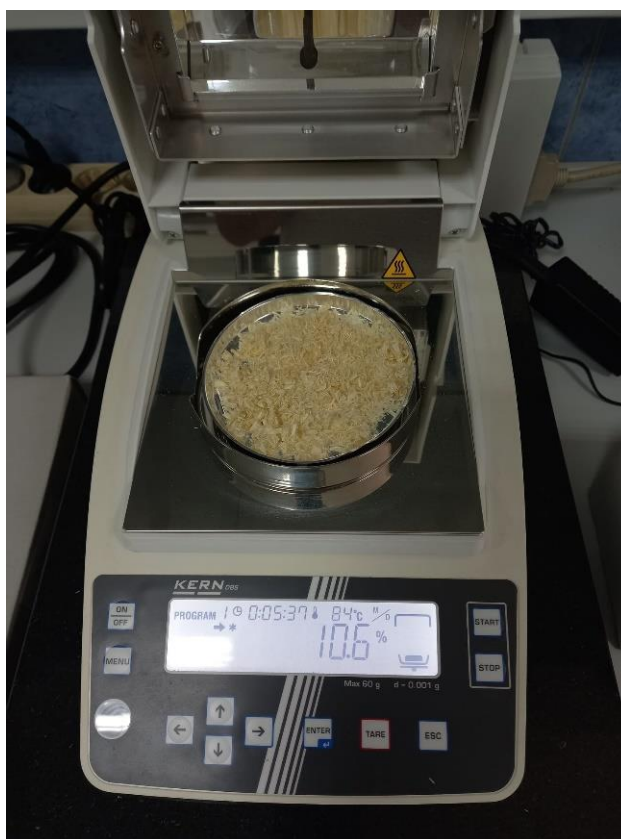


*Slika 25. Vaganje kontrolnih uzoraka na analitičkoj vagi (foto: Sabljak M.,2022)*

## 3.2. Metode

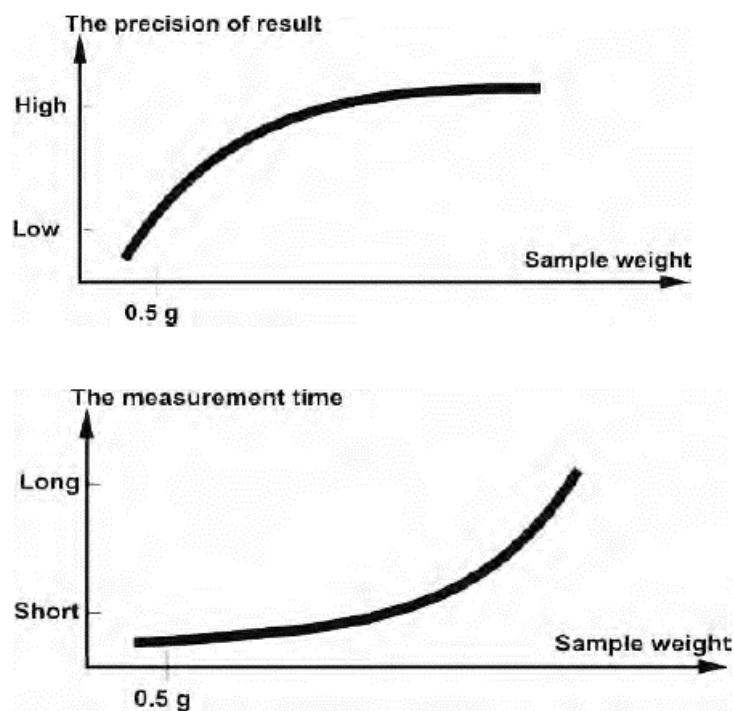
### 3.2.1. Određivanje sadržaja vode halogenom metodom

Kako bi dobili pravilne rezultate, izrazito je važno kvalitetno pripremiti uzorak za mjerenje. Uzorak je bitno jednako rasporediti po mjernoj posudici pazeći na masu i dimenzije uzorka, inače neće biti homogene distribucije topline, a vrijeme mjerenja će biti duže. Preporučljivo je koristiti rukavice i pincetu kako temperatura i masnoće tijela ne bi utjecala na mjerenje.



*Slika 26. Kvalitetno raspoređen uzorak strugotine (foto: Sabljak M.,2022)*

Veličina uzorka tj. odvađnuta količina utječu na vrijeme sušenje kao i na ostvarivu točnost. U tom pogledu javljaju se dva suprotstavljena zahtjeva: što je količina uzorka manja → to je kraće vrijeme sušenja, čim je odvađnuta količina veća → to je rezultat točniji, ali je proces dugotrajniji. Što objašnjava slika 27.



*Slika 27. Preciznost rezultata (ManualsLib.com, 2013.)*

Kroz testiranje u laboratoriju zaključujemo kako bi masa uzoraka od 2 g bila prikladnija nego preporučena masa od 0,5 g radi što veće točnosti mjerenja, dok se vrijeme analiziranja ne bi drastično promijenilo (tablica 1. i 2.). Program sušenja postavlja se tako da temperatura iznosi 103 °C, odnosno uređaj postepeno podiže temperaturu do radne temperature te je održava.

W – Početna masa (masa na početku mjerenja)

D – Preostala masa (vrijednost težine na kraju mjerenja)

M – Gubitak mase (početna masa – konačna masa)

ATRO × suhe tvari:  $\frac{W-D}{D} \times 100$

(ATRO je jedinica koja se isključivo koristi u drvnjoj industriji, vlažnost drva znači postotak vode sadržane u drvu izražen u postotku težine drva bez vode. Izračunava se iz razlike između sirove mase (SG) i suhe mase (RG).

Mjerenje prestaje kada razlika masa unutar 30 sekundi nema promjene veće od 0,1 %.

**Tablica 1. Rezultati testa (0,5g)**

Uzorak r.b.	Temperatura (°C)	Masa (g)	Vrijeme (min)	Sadržaj vode (%)
1.	103	0,513	2:42	7,8
2.	103	0,517	3:19	8,9
3.	103	0,513	2:19	7,8
4.	103	0,515	1:01	6,4
5.	103	0,516	1:35	9,9
6.	103	0,516	2:42	11
7.	103	0,521	2:55	7,8
8.	103	0,523	4:41	6,4
9.	103	0,511	5:40	5,6
10.	103	0,517	4:34	7,5

**Tablica 2. Rezultati testa (2g)**

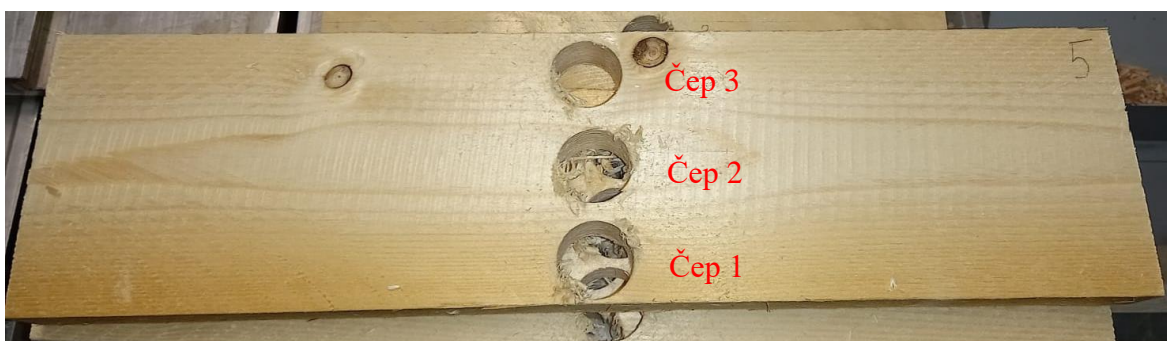
Uzorak r.b.	Temperatura (°C)	Masa (g)	Vrijeme (min)	Sadržaj vode (%)
1.	103	2,003	5:15	7,3
2.	103	2,000	5:20	6,8
3.	103	2,003	6:01	7,3
4.	103	1,983	5:37	8,1
5.	103	2,006	5:58	6,8
6.	103	2,011	4:40	7,1
7.	103	2,021	4:54	7,8
8.	103	2,023	5:40	6,3
9.	103	2,011	5:36	5,8
10.	103	2,017	5:31	7,1

Iz vidljivih provedenih preliminarnih istraživanja proba na prethodne dvije tablice (tablica 1. i 2.) odlučuje se raditi konačno testiranje sa uzorkom od 2 g radi veće preciznosti i ponovljivosti, manjeg rasipanja kod veće mase (2,3 % u odnosu na 5,4 %) i same preporuke proizvođača uređaja i metode s preporukom da se dobivaju točniji rezultati kod veće mase uzorka. Uzimajući u obzir dulje vrijeme mjerenja u prosjeku za 2,29 minute daljnje uzorkovanje uzorka provodi se ispitnom masom od 2 g.

## 4. Rezultati i diskusija

### 4.1. Rezultati – Čep

U tablici 3, 4 i 5. prikazani su rezultati mjerenja sadržaja vode na čep 1, 2 i 3. Čep 1 predstavlja mjerenje uzoraka izrađenih iz elemenata tlocrtno gledajući s lijeve strane, broj 3 predstavlja desnu stranu dok broj 2 predstavlja mjerenje sredine na svim uzorcima smrekovine. Kao pomoć pri razumijevanju i označavanju uzoraka prikazan je položaj čepova na slici broj 28.



*Slika 28. Označavanje čepova rednim brojem na pojedinom uzorku (foto: Sabljak M.,2022)*



*Slika 29. Sistemizacija i obrada rezultata (foto: Sabljak M.,2022)*

**Tablica 3. Rezultati mjerenja za Čep 1**

<b>ČEP 1</b>						
<b>R.B.</b>	<b>Broj uzorka</b>	<b>VAGA početno</b>	<b>ANALIZATOR</b>			<b>VAGA nakon analizatora</b>
		<i>m0</i>	<i>m1</i>	<i>HAL-1</i>	<i>t-1</i>	<i>m2</i>
		[g]	[g]	[%]	min:sek	[g]
1.	1.1.	2,00743	2,006	6,5	5:58	1,886
2.	2.1.	2,00225	2,003	5,8	5:18	1,887
3.	3.1.	2,00482	2,004	6,3	6:48	1,881
4.	4.1.	2,00771	2,015	6,6	6:21	1,886
5.	5.1.	2,00980	2,009	6,5	7:06	1,885
6.	6.1.	2,00240	2,009	7,0	6:14	1,876
7.	7.1.	2,00930	2,010	6,6	6:29	1,885
8.	8.1.	2,00265	2,009	6,5	6:57	1,886
9.	9.1.	2,00750	2,011	5,6	5:20	1,902
10.	10.1.	2,00829	2,009	5,6	4:47	1,901
11.	11.1.	2,00485	2,005	6,1	6:29	1,887
12.	12.1.	2,00645	2,005	6,4	6:15	1,883
13.	13.1.	2,00789	2,014	5,8	6:10	1,902
14.	14.1.	2,00366	2,003	6,4	6:24	1,881
15.	15.1.	2,00510	2,005	6,4	6:28	1,882
16.	16.1.	2,00230	2,003	6,9	6:10	1,875
			<b>srednja vr.=</b>	<b>6,31</b>		

Podaci u tablici opisuju sljedeće:

Vaga početno *m0* [g] - označava masu kontrolnog uzorka u stanju u kojem smo preuzeli sirovinu u gramima izmjerenu na analitičkoj vagi.

*m1* [g] - označava masu koju je analizator ispisao na ekranu.

*HAL-1* [%] - sadržaj vode u postocima određen na halogenom vlagomjeru.

*t-1* [min:sek] - označava vrijeme potrebno za analizu u minutama i sekundama.

Vaga nakon gravimetrije *m2* [g] - pokazuje masu uzoraka nakon određivanja sadržaja vode putem halogenog vlagomjera.

Tablica 4. Rezultati mjerenja za Čep 2

ČEP 2						
R.B.	Broj uzorka	VAGA početno	ANALIZATOR			VAGA nakon analizatora
		<i>m0</i>	<i>m1</i>	HAL-1	<i>t-1</i>	<i>m2</i>
		[g]	[g]	[%]	min:sek	[g]
1.	1.2.	2,00275	2,008	6,1	5:27	1,891
2.	2.2.	2,00315	2,004	6,0	5:53	1,890
3.	3.2.	2,00495	2,009	6,3	7:11	1,889
4.	4.2.	2,00961	2,010	6,1	5:59	1,892
5.	5.2.	2,00500	2,007	6,5	7:09	1,883
6.	6.2.	2,00945	2,013	6,8	7:11	1,885
7.	7.2.	2,00616	2,008	5,8	6:11	1,897
8.	8.2.	2,00355	2,008	6,4	6:51	1,886
9.	9.2.	2,00211	2,006	6,9	7:24	1,876
10.	10.2.	2,00312	2,004	6,8	6:06	1,875
11.	11.2.	2,00378	2,004	6,5	6:29	1,879
12.	12.2.	2,00386	2,006	6,5	6:15	1,882
13.	13.2.	2,00305	2,003	6,3	6:35	1,882
14.	14.2.	2,00780	2,009	6,5	5:58	1,885
15.	15.2.	2,00053	2,001	5,6	5:30	1,893
16.	16.2.	2,00599	2,009	6,5	5:59	1,885
			<b>srednja vr.=</b>	<b>6,35</b>		

Na kontrolnom uzorku 15.2 uočen je smolni džep prikazan na slici 30. koji utječe na mjerenje sadržaja vode, te iz tog razloga bilježi se vjerojatno nešto drugačiji sadržaj vode.



Slika 30. Smolni džep (foto: Sabljak M.,2022)



Tablica 5. Rezultati mjerenja za Čep 3

<b>ČEP 3</b>						
<b>R.B.</b>	<b>Broj uzorka</b>	<b>VAGA početno</b>	<b>ANALIZATOR</b>			<b>VAGA nakon analizatora</b>
		<i>m0</i>	<i>m1</i>	<i>HAL-1</i>	<i>t-1</i>	<i>m2</i>
		[g]	[g]	[%]	min:sek	[g]
1.	1.3.	2,00498	2,005	5,4	5:16	1,862
2.	2.3.	2,00720	2,016	6,8	6:07	1,887
3.	3.3.	2,00570	2,006	6,5	6:54	1,883
4.	4.3.	2,00940	2,010	5,8	6:09	1,898
5.	5.3.	2,00140	2,003	6,4	6:51	1,881
6.	6.3.	2,03500	2,008	6,9	6:33	1,878
7.	7.3.	2,00583	2,006	6,5	7:04	1,882
8.	8.3.	2,00644	2,009	6,1	6:41	1,890
9.	9.3.	2,00900	2,010	6,3	7:01	1,888
10.	10.3.	2,00315	2,004	6,4	6:16	1,881
11.	11.3.	2,00385	2,004	6,4	6:36	1,882
12.	12.3.	2,00119	2,001	6,0	5:05	1,887
13.	13.3.	2,00675	2,007	6,0	6:43	1,893
14.	14.3.	2,00630	2,007	6,9	6:08	1,876
15.	15.3.	2,00375	2,004	6,1	6:05	1,887
16.	16.3.	2,00540	2,006	6,5	6:30	1,882
			<b>srednja vr.=</b>	<b>6,31</b>		

Iz rezultata vidljivo je kako sadržaj vode Čepa 1 i Čepa 3 pokazuje u srednjoj vrijednosti identičan sadržaj vode od 6,31 % dok je sadržaj vode Čepa 2 nešto veći 6,35 %, ako se u obzir ne uzima druga decimala rezultati su identični te pokazuju 6,3 %. Iz toga se može zaključiti kako je relativno ujednačen sadržaj vode u elementu.

## 4.2. Rezultati – Strugotina

U slijedeće prikazanim tablicama 6. i 7. vidljivi su rezultati analiziranja strugotine putem halogene metode. Naziv tablice Strugotina (L) označuje lijevu stranu elementa dok (D) vrijedi za desnu stranu pojedinog elementa. Također na slici 31. objašnjene su strane uzimanja uzoraka.



*Slika 31. Lijeva i desna pozicija uzimanja strugotine pojedinog uzorka (foto: Sabljak M.,2022)*

*Tablica 6. Rezultati uzoraka desne strane*

<b>Strugotina (D)</b>					
<b>Broj uzorka</b>	<b>VAGA početno</b>	<b>ANALIZATOR</b>			<b>VAGA nakon analizatora</b>
	<i>m0</i>	<i>m1</i>	<i>HAL-1</i>	<i>t-1</i>	<i>m2</i>
	[g]	[g]	[%]	min:sek	[g]
1.	2,00748	2,009	7,0	6:38	1,877
2.	2,00710	2,007	7,3	4:38	1,869
3.	2,00816	2,012	7,1	4:31	1,877
4.	2,00180	2,002	7,3	5:27	1,864
5.	2,00059	2,001	7,3	5:33	1,864
6.	2,00479	2,007	6,9	0:00	1,878
7.	2,00591	2,007	7,4	4:22	1,867
8.	2,00485	2,006	7,3	5:42	1,869
9.	2,00383	2,004	6,9	5:19	1,873
10.	2,00688	2,007	6,5	4:50	1,883
11.	2,00475	2,005	7,4	5:12	1,866
12.	2,00710	2,007	7,0	4:54	1,875
13.	2,00389	2,004	6,8	4:26	1,876
14.	2,00906	2,008	7,3	5:48	1,870
15.	2,00728	2,011	6,6	4:53	1,885
16.	2,00521	2,004	7,6	6:26	1,862
		<b>srednja vr.=</b>	<b>7,11</b>		

Iz prikazanih rezultata u tablici 6. razlika između najvećeg i najmanjeg izmjenjenog sadržaja vode iznosi 1,1 % što u srednjoj vrijednosti od 16 mjerenja iznosi 7,1 % ako bi rezultat iskazali na najbližih 0,1 %.

Također rađeno je vaganje nakon analizatora i upisano u tablicu kako bi se mogla napraviti naknadna provjera sadržaja vode.

**Tablica 7. Rezultati uzoraka lijeve strane**

<b>Strugotina (L)</b>					
<b>Broj uzorka</b>	<b>VAGA početno</b>	<b>ANALIZATOR</b>			<b>VAGA nakon analizatora</b>
	<i>m0</i>	<i>m1</i>	<i>HAL-1</i>	<i>t-1</i>	<i>m2</i>
	[g]	[g]	[%]	min:sek	[g]
1.	2,00790	2,012	7,5	5:05	1,873
2.	2,00098	2,001	6,5	4:01	1,878
3.	2,00379	2,010	7,0	5:04	1,878
4.	2,00640	2,009	6,9	5:31	1,879
5.	2,00646	2,009	7,5	5:00	1,869
6.	2,00625	2,007	6,9	4:52	1,877
7.	2,00545	2,006	6,8	4:24	1,88
8.	2,00655	2,007	7,4	5:25	1,866
9.	2,00333	2,004	7,3	5:30	1,868
10.	2,00777	2,006	7,3	5:43	1,872
11.	2,00705	2,012	7,1	4:30	1,878
12.	2,00567	2,012	7,0	4:44	1,88
13.	2,00607	2,006	6,5	4:59	1,882
14.	2,00010	1,994	7,3	5:08	1,87
15.	2,00269	2,001	6,9	4:33	1,871
16.	2,00256	2,008	7,3	6:12	1,871
		<b>srednja vr.=</b>	<b>7,08</b>		

Iz prikazanih rezultata može se vidjeti kako su rezultati strugotine između lijeve i desne strane gotovo jednaki. Ako se u obzir ne uzima druga decimala rezultati bi pokazali 7,1 % sadržaja vode gledano u prosjeku na 16 pojedinih uzoraka lijeve i desne strane. Prema toj pretpostavci uzorkovanje ovakvog načina proba pomoću spiralnog svrdla pokazao se kao najtočniji od istraživanih metoda, odnosno najbliži rezultatima koji su postignuti gravimetrijskom metodom. Smatra se da je ova metoda optimiziranja uzoraka ispravna i pouzdana.

### 4.3. Rezultati – Štangica

U niže prikazanim tablicama vidljivi su rezultati mase prije i nakon sušenja, te sadržaj vode izražen u postocima. Naziv tablice Štangica (L) označuje lijevu stranu elementa dok (D) vrijedi za desnu stranu pojedinog elementa.

Tablica 8. Rezultati kontrolnih uzoraka gravimetrijske metode lijeve strane

<b>Štangica (L)</b>			
<b>Broj uzorka</b>	<b>VAGA početno</b>	<b>VAGA nakon sušenja</b>	<b>Sadržaj vode</b>
	<i>m<sub>1</sub></i>	<i>m<sub>0</sub></i>	<i>ω</i>
	[g]	[g]	[%]
1.	37,87785	35,2859	7,3
2.	38,15655	35,64481	7,0
3.	38,33310	35,72749	7,3
4.	39,16530	36,57719	7,1
5.	35,94885	33,56219	7,1
6.	35,50155	33,07359	7,3
7.	38,76625	36,10089	7,4
8.	37,34435	34,79419	7,3
9.	37,99198	35,47251	7,1
10.	35,37539	32,9581	7,3
11.	34,43258	32,18179	7,0
12.	34,18019	31,78107	7,5
13.	38,51915	35,97554	7,1
14.	36,86489	34,43468	7,1
15.	39,66245	36,60589	8,3
16.	40,41795	36,97989	9,3
		<b>srednja vr.=</b>	<b>7,4</b>

Formula za izračun sadržaja vode u drvu po gravimetrijskoj metodi je:

$$\omega = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100 [\%]$$

u kojoj  $\omega$  označava sadržaj vode u drvu u postocima,  $m_1$  je masa kontrolnog uzorka u sirovom stanju u gramima,  $m_0$  masa kontrolnog uzorka u apsolutno suhom stanju izražena u gramima.

Iz rezultata je vidljivo kako srednja vrijednost svih mjerenja pokazuje razliku od 0,2 % između lijeve i desne strane kontrolnog uzorka.

Također u rezultatima Štangica (L) blago odstupanje je vidljivo na uzorcima 15. i 16. jer su sadržavali smolne džepove i smolu koja je tijekom sušenja ishlapila odnosno uzrokovala nepovoljne rezultate.

**Tablica 9.** Rezultati kontrolnih uzoraka gravimetrijske metode desne strane

<b>Štangica (D)</b>			
<b>Broj uzorka</b>	<b>VAGA početno</b>	<b>VAGA nakon sušenja</b>	<b>Sadržaj vode</b>
	<i>m<sub>1</sub></i>	<i>m<sub>0</sub></i>	<i>ω</i>
	[g]	[g]	[%]
1.	39,22158	36,68741	6,9
2.	38,43203	35,79071	7,4
3.	38,45625	35,85871	7,2
4.	37,79710	35,24019	7,3
5.	37,44419	34,94348	7,2
6.	37,85345	35,12755	7,8
7.	36,34588	33,86055	7,3
8.	38,98315	36,26948	7,5
9.	37,57368	35,03625	7,2
10.	35,42059	33,07281	7,1
11.	37,46739	34,99092	7,1
12.	35,26350	33,03571	6,7
13.	35,23865	33,03046	6,7
14.	34,45515	32,17525	7,1
15.	36,85575	34,42359	7,1
16.	38,80845	36,0269	7,7
		<b>srednja vr.=</b>	<b>7,2</b>

U rezultatima Štangica (D) nisu uočeni vidljive greške te se može zaključiti kako je mjerenje uspješno izvedeno.

Na slikama 32. i 33. prikazani su smolni džepovi odnosno vidljive greške na kontrolnim uzorcima.



*Slika 32. Uzorci r.b. 15. lijeve i desne strane*



*Slika 33. Uzorci r.b 16. lijeve i desne strane*

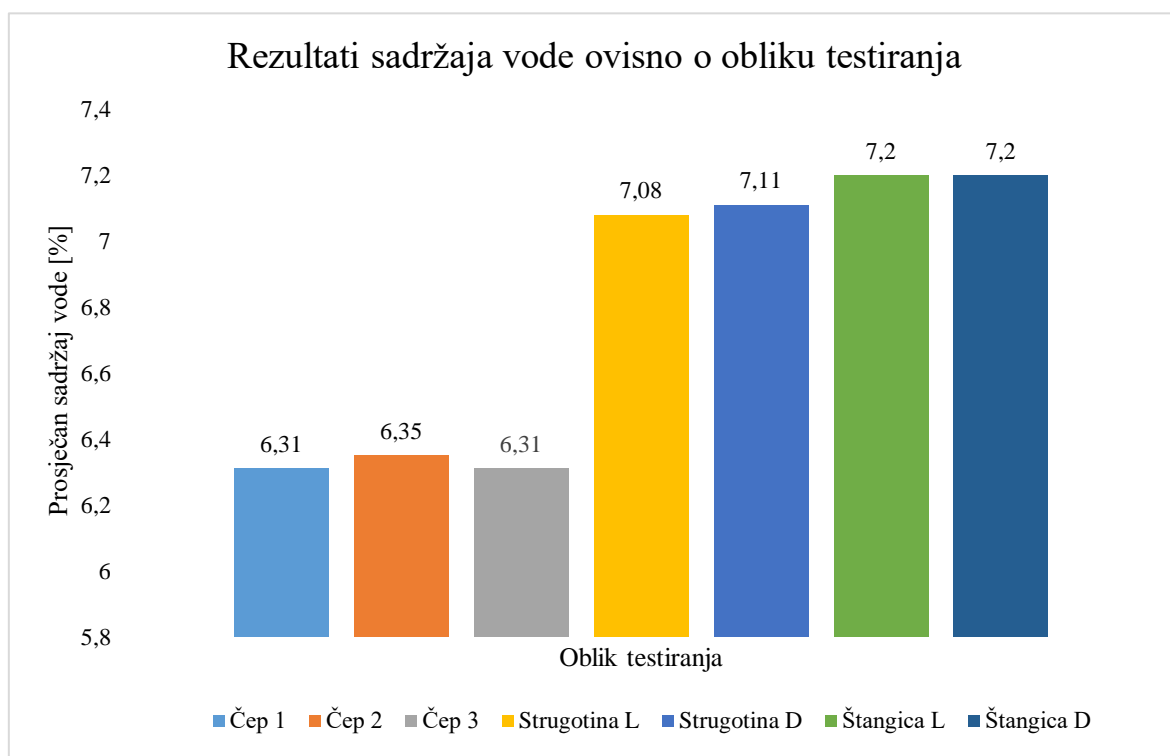
Ako bi se rezultati mjerenja kontrolnih uzoraka 15. i 16. zanemarili, odnosno ne bi uzeli u izračun srednje vrijednosti, rezultati srednje vrijednosti uzoraka lijeve i desne strane bili bi jednaki, odnosno iznosili bi 7,2 % sadržaja vode, što je prikazano na tablici broj 10.

**Tablica 10.** Rezultati kontrolnih uzoraka bez uzoraka pod rednim brojem 15. i 16.

<b>Štangica (L)</b>			
<b>Broj uzorka</b>	<b>VAGA početno</b>	<b>VAGA nakon sušenja</b>	<b>Sadržaj vode</b>
	<i>m<sub>1</sub></i>	<i>m<sub>0</sub></i>	<i>ω</i>
	<b>[g]</b>	<b>[g]</b>	<b>[%]</b>
1.	37,87785	35,2859	7,3
2.	38,15655	35,64481	7,0
3.	38,33310	35,72749	7,3
4.	39,16530	36,57719	7,1
5.	35,94885	33,56219	7,1
6.	35,50155	33,07359	7,3
7.	38,76625	36,10089	7,4
8.	37,34435	34,79419	7,3
9.	37,99198	35,47251	7,1
10.	35,37539	32,9581	7,3
11.	34,43258	32,18179	7,0
12.	34,18019	31,78107	7,5
13.	38,51915	35,97554	7,1
14.	36,86489	34,43468	7,1
15.	39,66245	36,60589	8,3
16.	40,41795	36,97989	9,3
		<b>srednja vr.=</b>	<b>7,2</b>

## 4.4. Rezultati – Zbirno

Ukoliko se uzorci uspoređuju sa ostalom sirovinom iz paketa koja je bila preuzeta iz tvrtke Bauwerk i osušena na  $7,5 \pm 0,7$  % (slika 5.) iz priloženog grafa se vidi kako uzorci Štangice koja je poslužila kao referentna točka sadržaja vode 7,2 % te uzorci Strugotine čije su probe pokazale vrijednost prosječnog sadržaja vode od 7,1 % (zaokruženo na najbližu decimalu) itekako zadovoljavaju. Rezultati prosječnog sadržaja vode Čep 1, 2 i 3 pokazale su nešto manji prosječan sadržaj vode od 6,31 te 6,35 %, uključujući pretpostavku kako instrument posjeduje obnovljivost rezultata kod uzorka od 2 g tek 0,15 %, te relativno kratko vrijeme testiranja i mogućnost dodatnog isparavanja vode i smole dolazi se vrlo blizu donje granice od 6,8 % sadržaja vode, kako proizvođač zahtjeva odnosno brojke koje su potrebne za uspješnu proizvodnju sa što manjim gubicima.



*Slika 34. Rezultati sadržaja vode ovisno o obliku testiranja*

Na priloženom grafu prikazane su prosječne vrijednosti sadržaja vode ovisno o načinu tj. obliku testiranja.



## 5. Zaključak

U ovome diplomskom radu provedeno je istraživanje o optimiziranju uzorkovanja drva za određivanje sadržaja vode halogenim vlagomjerom u proizvodnji višeslojnog parketa na piljenim uzorcima drva četinjača. Kao što je poznato, komplicirano je optimizirati uzorak manjih komada drveta koji bi poslužili za pouzdano i precizno određivanje sadržaja vode halogenim vlagomjerom. Priloženi rezultati pokazali su kako je halogena metoda zadovoljila zadane kriterije te se pokazala kao jednostavno i brzo rješenje, odnosno provjera određivanja sadržaja vode tijekom proizvodnje srednjeg sloja kod troslojnog parketa, u istraživanim uvjetima i na korištenim uzorcima.

Kao što je i poznato, problem se javlja kod izrade uzoraka koji će poslužiti za halogenu metodu određivanja sadržaja vode. Na uzorcima Čep 1, 2 i 3 koji su izrađeni pomoću svrdla za izradu drvenih čepova i stupne bušilice, te kasnije usitnjeni i pripremljeni za analiziranje rezultati su pokazali prosječan sadržaj vode od 6,31 % za Čep 1 i 3 dok su rezultati Čepa 2 pokazali srednji sadržaj vode od 6,35 %, iz toga proizlazi zaključak kako je vrlo mala razlika u sadržaju vode po širini elementa, a mjereno na tri mjesta.

Rezultati prosječnog sadržaja vode kod uzoraka Strugotina (L) i (D) koji su izrađeni uz pomoć spiralnog svrdla i stupne bušilice pokazali su vrijednost sadržaja vode od 7,1 % zaokruženih na najbližu decimalu. Uspoređujući dobivene rezultate način izrade uzoraka odnosno uzorkovanje uzoraka pomoću spiralnog svrdla pokazao se kao prikladniji i točniji način za halogenu metodu, kada uspoređujemo sa klasičnom gravimetrijom. Važno je napomenuti kako je ispitivanje svih uzoraka provedeno sa kontrolnom masom približno 2 g.

Kao referentne vrijednosti su se uzimale vrijednosti od gravimetrijske metode za uzorke Štangica (L) i (D) sa izmjerenim sadržajem vode od 7,2 %.

Analizirajući podatke dobivene kroz uzroke Strugotina (L) i (D) koji su ispitivani putem halogene metode i uzoraka Štangica (L) i (D) koji su ispitivani putem gravimetrijske metode razlika od 0,1 % sadržaja vode između ove dvije metode je zanemariva. Strugotina je najadekvatniji način uzorkovanja smrekovine za kontrolu sadržaja vode u svakodnevnom poslovanju (prije ulaska građe u proizvodnju troslojnog parketa) putem halogenog vlagomjera, od ispitivanih načina uzorkovanja.

Uz adekvatnu radnu proceduru, potrebni su i odgovarajući uređaji i mjerna oprema. Ponešto veća investicija halogenog vlagomjera vrlo će se brzo isplatiti proizvodnjom srednjeg sloja odgovarajućega konačnog sadržaja vode te smanjenjem vremena za kontrolu kvalitete. Preporuka je da se investira u adekvatnu mjernu opremu kao što je stolna bušilica

Sabljak, M. 2022.: Optimiziranje uzorkovanja drva za određivanje sadržaja vode halogenim vlagomjerom u proizvodnji višeslojnog parketa

---

s mogućnošću regulacije brzine vrtnje, spiralno svrdlo, analitičku vagu, sušionik, eksikator i u halogeni vlagomjer kao osnovnu opremu za kvalitetno mjerenje sadržaja vode u drvu. Ulaganje u noviju opremu osigurava kontinuiranu i uspješnu proizvodnju, a time i ostvarivanje profita.

Osim kupnje opreme važno je educirati i osobe koje će provoditi mjerenja sadržaja vode putem halogenog vlagomjera. Kontrola sadržaja vode u drvu ključna je za povećanje kvalitete i poslovanja općenito.

## 6. Literatura

1. Pervan, S.; Klarić, M.; Slivar, M.; 2013: Normirane metode određivanja i procjenjivanja sadržaja vode u drvu u Republici Hrvatskoj, Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/153258> [1.7.2022.]
2. Turkulin, H; 2011: Troslojni parket u uvjetima povećane vlage, Korak u prostor, Dostupno na: <https://korak.com.hr/korak-033-ozujak-2011-troslojni-parket-u-uvjetima-povecane-vlage/> [1.7.2022.]
3. Turkulin, H.; 2018: Parket na podnom grijanju – 2.Rizici-prikladnosti-prilagodbe, Korak u prostor, Dostupno na: <https://korak.com.hr/parket-na-podnom-grijanju-rizici-prikladnosti-prilagodbe/> [1.7.2022.]
4. Turkulin, H.; 2020: Troslojni parket u uvjetima povećane vlage – 2. dio: Valovitost troslojnog parketa, Korak u prostor, Dostupno na: <https://korak.com.hr/troslojni-parket-u-uvjetima-povecane-vlage-2-dio-valovitost-troslojnog-parketa/> [1.7.2022.]

### Web izvori:

1. Home-Journal.net <https://hr.home-journal.net/7384508-tips-suppliers-for-prefabricated-parquet> [19.7.2022.]
2. ManualsLib.com <https://www.manualslib.com/manual/1214045/Kern-DBs-60-3.html#manual> [27.6.2022.]

## 7. Životopis

Moje ime je Marin Sabljak, rođen sam 3. svibnja 1997. godine u Sisku. Odrastao sam i živim u Repušnici sa svojim roditeljima Snježanom i Đukom i sestrom Majom.

Školovanje sam započeo 2004. godine u područnoj školi Stjepana Kefelje u Repušnici.

Godine 2012. upisao sam se u Tehničku školu u Kutini smjer tehničar za električne strojeve s primijenjenim računalstvom te stekao srednju školsku spremu.

2016. godine nakon završetka srednje Tehničke škole u Kutini, upisao sam Fakultet šumarstva i drvne tehnologije u Zagrebu, gdje sam završio preddiplomski studij te postao prvostupnik inženjer Drvne tehnologije. Daljnje usavršavanje nastavio sam na diplomskom studiju.

Trenutno sam student pete godine na Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije u Zagrebu, na smjeru Drvnotehnoški procesi.

Za vrijeme studiranja radio sam studentske poslove koji nisu usko vezani za struku ali gradio sam neke važne osobne navike te razvijao iskustvo u radu s ljudima i rješavanju problema. Isto tako spreman sam usavršiti svoje znanje u radu kroz svakodnevno učenje i upijanje znanja i vještina.

Od osobnih vještina i kompetencija istaknuo bih sklonost prema organizaciji, otvorenost i pristupačnost, dobro poznavanje engleskog jezika, poznavanje programskog paketa Microsoft Office, CAD te CNC programa za projektiranje.

Od 2004. godine član sam nogometnog kluba ŠNK "Mladost" Repušnica uz povremene kraće pauze.

Cilj mi je pronaći posao koji će odgovarati mojim željama, sposobnostima i obrazovanju te omogućiti napredovanje u karijeri. Komunikativna sam osoba i sposoban sam za timski kao i za samostalan rad.