

ISPITIVANJE SVOJSTAVA RAZLIČITIH VRSTA DRVENOG MATERIJALA

Ponjavić, Marija

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac
University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:241053>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied
Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODJEL
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ STROJARSTVO

MARIJA PONJAVIĆ

**ISPITIVANJE SVOJSTAVA RAZLIČITIH
VRSTA DRVENOG MATERIJALA**

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2024. godine.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODJEL
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ STROJARSTVO

MARIJA PONJAVIĆ

**ISPITIVANJE SVOJSTAVA RAZLIČITIH
VRSTA DRVENOG MATERIJALA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr. sc. Tihana Kostadin, prof. struč. stud.

KARLOVAC, 2024. godine.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Klasa:
602-07/___-01/___

Ur.broj:
2133-61-04-___-01

Datum:

ZADATAK ZAVRŠNOG / DIPLOMSKOG RADA

| | | | |
|--|---|--|--|
| * Ime i prezime | MARIJA PONJAVIĆ | | |
| OIB / JMBG | | | |
| Adresa | | | |
| Tel. / Mob./e-mail | | | |
| Matični broj studenta | 0110618020 | | |
| JMBAG | 0248071911 | | |
| Studij (staviti znak X ispred odgovarajućeg studija) | <input checked="" type="checkbox"/> Xpreddiplomski | | <input type="checkbox"/> specijalistički diplomski |
| Naziv studija | STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ STROJARSTVO | | |
| Godina upisa | 2018. | | |
| Datum podnošenja molbe | | | |
| Vlastoručni potpis studenta/studentice | | | |

| | |
|--|------------------------------------|
| * Naslov teme na hrvatskom: ISPITIVANJE SVOJSTAVA RAZLIČITIH VRSTA DRVENOG MATERIJALA | |
| * Naslov teme na engleskom: TESTING OF THE PROPERTIES OF DIFFERENT TYPES OF WOOD MATERIALS | |
| Opis zadatka: Rad se sastoji od teorijskog i eksperimentalnog dijela. U teorijskom dijelu potrebno je opisati vrste i svojstva tehničkog drva. U eksperimentalnom dijelu opisati materijale i opremu, te tablično i grafički prikazati rezultate ispitivanja. Napraviti osnovnu statističku obradu i analizu dobivenih rezultata, a na kraja rada napisati odgovarajući zaključak. Rad urediti prema uputama za pisanje završnog rada na strojarskom odjelu, kako je objavljeno na web stranicama Veleučilišta u Karlovcu. | |
| Mentor: | Predsjednik Ispitnog povjerenstva: |

NAPOMENA: Obrazac je poželjno ispuniti elektronski. Ukoliko isti niste u mogućnosti ispuniti elektronski, podatke označene* obvezno popuniti čitko velikim tiskanim slovima

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu. U laboratoriju Veleučilišta u Karlovcu provedena su četiri ispitivanja mehaničkih svojstava drva, a to su taber test, hrapavost, sjajnost i tvrdoća.

ZAHVALA

Zahvaljujem se, prije svega, svojoj mami Dragici, koja mi je pružala bezuvjetnu podršku i bila moj najveći oslonac. Veliku zahvalnost dugujem i svojoj braći i sestrama Jeleni, Petru, Ivanu, Zorici i Marku, koji su mi uvijek bili podrška.

Zahvaljujem se i prijateljicama Luciji, Mihaeli, Ani Mariji i Antoniji, čije je prijateljstvo učinilo svaki korak na ovom putu lakšim. Veliku zahvalnost dugujem i svom dečku Petru, čija je podrška bila neprocjenjiva.

Posebno se zahvaljujem profesorici dr. sc. Tihani Kostadin, prof. struč. stud., na njenim stručnim smjernicama i pomoći tijekom izrade ovog rada.

KARLOVAC, 2024.

MARIJA PONJAVIĆ

SAŽETAK

Ovaj rad istražuje različite vrste drvenih materijala, s posebnim naglaskom na bagrem, johu, orah i topolu, te njihova mehanička svojstva. Drvo, kao obnovljivi materijal, ima široku primjenu u industriji i svakodnevnom životu, a razumijevanje njegovih svojstava ključno je za odabir odgovarajuće vrste drva za specifične primjene.

Rad se sastoji od teorijskog i eksperimentalnog dijela. U teorijskom dijelu opisuju se mehanička svojstva ispitivanih vrsta drva, dok se u eksperimentalnom dijelu prikazuju mjerenja hrapavosti, sjajnosti, otpornosti na habanje te tvrdoće drva. Eksperimenti su provedeni u laboratoriju Veleučilišta u Karlovcu, pomoću uređaja za ispitivanje površinskih svojstava drveta, uključujući profilometar za mjerenje hrapavosti, uređaj za mjerenje sjajnosti, Taber uređaj za testiranje otpornosti na habanje, te uređaj za mjerenje tvrdoće.

Cilj istraživanja je usporediti i analizirati dobivene rezultate kako bi se odredile optimalne primjene svake vrste drva na temelju njihovih karakteristika.

Ključne riječi: drvo, hrapavost, sjajnost, otpornost na habanje, tvrdoća

SUMMARY: TESTING OF THE PROPERTIES OF DIFFERENT TYPES OF WOOD MATERIALS

This paper investigates various types of wood materials, with a special focus on Black Locust, Alder, Walnut, and Poplar, as well as their surface properties. Wood, as a renewable material, has wide applications in industry and daily life, and understanding its properties is crucial for selecting the appropriate type of wood for specific applications.

The paper consists of theoretical and experimental parts. The theoretical part describes the mechanical properties of the tested wood species, while the experimental part presents measurements of surface roughness, gloss, wear resistance, and hardness. The experiments were conducted in a laboratory of Karlovac university of applied sciences, using devices for testing the surface properties of wood, including a profilometer for measuring roughness, a device for measuring gloss, a Taber device for testing wear resistance, and a hardness testing device.

The aim of the research is to compare and analyze the obtained results to determine the optimal applications for each type of wood based on their characteristics.

Keywords: wood, roughness, gloss, wear resistance, hardness

Sadržaj

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | UVOD | 6 |
| 1.1 | Drvo kao materijal | 6 |
| 1.2 | Ciljevi istraživanja | 7 |
| 1.3 | Značaj istraživanja | 7 |
| 2 | VRSTE TEHNIČKOG DRVETA | 9 |
| 2.1 | Drvo kao prirodni materijal | 9 |
| 2.2 | Bagrem | 10 |
| 2.3 | Topola..... | 11 |
| 2.4 | Orah..... | 12 |
| 2.5 | Joha | 13 |
| 3 | PRAKTIČNI DIO | 14 |
| 3.1. | Oprema i strojevi korišteni za ispitivanja | 14 |
| 3.2. | Mjerenje hrapavosti površine | 20 |
| 3.3. | Ispitivanje sjajnosti | 21 |
| 3.4. | Ispitivanje otpornosti na habanje..... | 22 |
| 3.5. | Mjerenje tvrdoće..... | 23 |
| 3.6 | Rezultati istraživanja i analize | 24 |
| 3.6.1 | Rezultati mjerenja hrapavosti za bagrem, johu, orah i topolu | 24 |
| 3.6.2 | Rezultati ispitivanja sjajnosti površine za bagrem, johu, orah i topolu ... | 39 |
| 3.6.3 | Rezultati ispitivanja habanja za bagrem, johu, orah i topolu | 47 |
| 3.6.4 | Rezultati mjerenja tvrdoće površine za bagrem, johu, orah i topolu | 52 |
| 3.6.5 | Usporedba hrapavosti za bagrem, johu, orah i topolu | 54 |
| 3.6.6 | Utjecaj obrade na sjajnost površine za bagrem, johu, orah i topolu..... | 54 |
| 3.6.7 | Usporedba tvrdoće i povezanost tvrdoće i mehaničke otpornosti drva.. | 55 |
| 4 | ZAKLJUČAK..... | 58 |
| | LITERATURA | 59 |
| | PRILOZI..... | 60 |

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1 Tekstura obrađenog drva - bagrem [1]..... | 10 |
| Slika 2 Tekstura obrađenog drva- topola [1]..... | 11 |
| Slika 3 Tekstura obrađenog drva - orah [1] | 12 |
| Slika 4 Tekstura obrađenog drva - joha [1]..... | 13 |
| Slika 5 Garant ST1 Pertometar [izvorno autor]..... | 14 |
| Slika 6 Glossmetar Elcometer 480 Model B [izvorno autor]..... | 15 |
| Slika 7 Taber test za procjenu otpornosti na habanje [izvorno autor] | 16 |
| Slika 8 Uređaj za ispitivanje tvrdoće po Brinellu [izvorno autor]..... | 17 |
| Slika 9 Shematski prikaz metode mjerenja tvrdoće po Brinellu [5] | 17 |
| Slika 10 Analitička vaga Uni Bloc AUW220D Shimadzu [izvorno autor] | 19 |
| Slika 11 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q bagrema nakon 300 prolaza [izvorno autor] | 25 |
| Slika 12 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q bagrema nakon 700 prolaza [izvorno autor] | 26 |
| Slika 13 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q bagrema nakon 1200 prolaza [izvorno autor] | 27 |
| Slika 14 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q joha nakon 300 prolaza [izvorno autor] | 29 |
| Slika 15 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q joha nakon 700 prolaza [izvorno autor] | 30 |
| Slika 16 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q joha nakon 1200 prolaza [izvorno autor] | 31 |
| Slika 17 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q oraha nakon 300 prolaza [izvorno autor] | 33 |
| Slika 18 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q oraha nakon 700 prolaza [izvorno autor] | 34 |
| Slika 19 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q oraha nakon 1200 prolaza [izvorno autor] | 35 |
| Slika 20 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q topole nakon 300 prolaza [izvorno autor] | 37 |
| Slika 21 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q topole nakon 700 prolaza [izvorno autor] | 38 |
| Slika 22 Rezultati sjajnosti bagrema nakon 300 prolaza [izvorno autor] | 40 |
| Slika 23 Rezultati sjajnosti bagrema nakon 700 prolaza [izvorno autor] | 40 |
| Slika 24 Rezultati sjajnosti bagrema nakon 1200 prolaza [izvorno autor] | 40 |
| Slika 25 Rezultati sjajnosti joha nakon 300 prolaza [izvorno autor] | 42 |
| Slika 26 Rezultati sjajnosti joha nakon 700 prolaza [izvorno autor] | 42 |
| Slika 27 Rezultati sjajnosti joha nakon 1200 prolaza [izvorno autor] | 42 |
| Slika 28 Rezultati sjajnosti oraha nakon 300 prolaza [izvorno autor] | 44 |
| Slika 29 Rezultati sjajnosti oraha nakon 700 prolaza [izvorno autor] | 44 |
| Slika 30 Rezultati sjajnosti oraha nakon 1200 prolaza [izvorno autor] | 44 |

| | |
|--|----|
| Slika 31 Rezultati sjajnosti topole nakon 300 prolaza [izvorno autor] | 46 |
| Slika 32 Rezultati sjajnosti topole nakon 700 prolaza [izvorno autor] | 46 |
| Slika 33 Rezultati sjajnosti topole nakon 1200 prolaza [izvorno autor] | 46 |
| Slika 34 Uzorci bagrema i johe nakon taber testa [izvorno autor] | 47 |
| Slika 35 Uzorci oraha i topole nakon taber testa [izvorno autor] | 47 |
| Slika 36 Taber test bagrem [izvorno autor] | 48 |
| Slika 37 Taber test joha [izvorno autor] | 49 |
| Slika 38 Taber test orah [izvorno autor] | 50 |
| Slika 39 Taber test topola [izvorno autor] | 51 |
| Slika 40 Tvrdća dijagram za bagrem, johu, orah i topolu [izvorno autor] | 52 |
| Slika 41 Uzorak bagrema nakon ispitivanja pomoću Brinellove metode [izvorno autor] | 53 |
| Slika 42 Uzorak johe nakon ispitivanja pomoću Brinellove metode [izvorno autor] | 53 |
| Slika 43 Uzorak oraha nakon ispitivanja pomoću Brinellove metode [izvorno autor] | 53 |
| Slika 44 Uzorak topole nakon ispitivanja pomoću Brinellove metode [izvorno autor] | 53 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 1 Rezultati hrapavosti za bagrem nakon 300 prolaza [izvorno autor]..... | 24 |
| Tablica 2 Rezultati hrapavosti za bagrem nakon 700 prolaza [izvorno autor]..... | 24 |
| Tablica 3 Rezultati hrapavosti za bagrem nakon 1200 prolaza [izvorno autor]..... | 25 |
| Tablica 4 Rezultati hrapavosti za johu nakon 300 prolaza [izvorno autor] | 28 |
| Tablica 5 Rezultati hrapavosti joha nakon 700 prolaza [izvorno autor] | 28 |
| Tablica 6 Rezultati hrapavosti joha nakon 1200 prolaza [izvorno autor] | 28 |
| Tablica 7 Rezultati hrapavosti oraha nakon 300 prolaza [izvorno autor] | 32 |
| Tablica 8 Rezultati hrapavosti oraha nakon 700 prolaza [izvorno autor] | 32 |
| Tablica 9 Rezultati hrapavosti oraha nakon 1200 prolaza [izvorno autor] | 32 |
| Tablica 10 Rezultati hrapavosti topole nakon 300 prolaza [izvorno autor]..... | 36 |
| Tablica 11 Rezultati hrapavosti topole nakon 700 prolaza [izvorno autor]..... | 36 |
| Tablica 12 Rezultati sjajnosti bagrema (početna i 300 prolaza) [izvorno autor] | 39 |
| Tablica 13 Rezultati sjajnosti bagrema (700 i 1200 prolaza) [izvorno autor]..... | 39 |
| Tablica 14 Rezultati sjajnosti johe (početna i 300 prolaza) [izvorno autor] | 41 |
| Tablica 15 Rezultati sjajnosti johe (700 i 1200 prolaza) [izvorno autor] | 41 |
| Tablica 16 Rezultati sjajnosti orah (početna i 300 prolaza) [izvorno autor] | 43 |
| Tablica 17 Rezultati sjajnosti oraha (700 i 1200 prolaza) [izvorno autor]..... | 43 |
| Tablica 18 Rezultati sjajnosti topole (početna i 300 prolaza) [izvorno autor] | 45 |
| Tablica 19 Rezultati sjajnosti topole (700 i 1200 prolaza) [izvorno autor] | 45 |
| Tablica 20 Rezultati bagrem [izvorno autor] | 48 |
| Tablica 21 Rezultati joha [izvorno autor]..... | 49 |
| Tablica 22 Rezultati orah [izvorno autor] | 50 |
| Tablica 23 Rezultati topola [izvorno autor]..... | 51 |
| Tablica 24 Rezultati ispitivanja tvrdoće bagrema, johe, oraha i topole [izvorno autor]... | 52 |

POPIS OZNAKA

| Oznaka | Jedinica | Opis |
|------------------|----------------------|--|
| R_a | [μm] | Prosječna hrapavost |
| R_{max} | [μm] | Maksimalna visina hrapavosti |
| R_p | [μm] | Maksimalna visina vrha profila |
| R_q | [μm] | Kvadratno odstupanje unutar vrha profila |
| R_t | [μm] | Ukupna visina hrapavosti |
| R_z | [μm] | Prosječna visina pet najviših vrhova i najnižih dolina |
| m | [kg] | Masa |
| σ_c | [MPa] | Tlačna sila |
| h | [mm] | Visina |
| l | [mm] | Duljina |
| F | [N] | Sila |
| G | [GU] | Sjajnost površine |
| K | [J/cm ²] | Žilavost |
| HB | [N/mm ²] | Tvrdoća po Brinellu |
| D | [mm] | Promjer kuglice |
| d | [mm] | Promjer otiska |
| P | [kg/m ³] | Gustoća |
| σ | - | Standardna devijacija |

1 UVOD

1.1 Drvo kao materijal

U današnje vrijeme, kada su ekološki aspekti postali od ključne važnosti, drvo se sve češće koristi kao građevinski materijal u odnosu na druge materijale. Međutim, svojstva drva se znatno razlikuju ovisno o vrsti drveta i njegovoj obradi, što može utjecati na konačni izgled i funkcionalnost proizvoda. Stoga, istraživanje površinskih svojstava različitih vrsta drva može dati korisne informacije o njihovim mehaničkim, fizičkim i kemijskim karakteristikama, kao i njihovom ponašanju u različitim okruženjima. U ovom završnom radu, fokus je na površinskim svojstvima drva, koja uključuju sjajnost, hrapavost, tvrdoću i otpornost na trošenje. Sjajnost je mjera koliko površina drva reflektira svjetlost, dok je hrapavost mjera neravnosti površine drva. Tvrdoća drveta je svojstvo, koje označava otpornost njegove površine na udarce, ogrebotine i deformacije, te varira ovisno o vrsti drveta. Otpornost na trošenje važna je karakteristika drva, jer utječe na njegovu sposobnost da podnosi opterećenje, habanje i ogrebotine. Usporedba je napravljena na četiri vrste drva za bagrem, joha, orah i topola. Bagrem (lat. *Robinia pseudoacacia*) je vrlo tvrda i čvrsta vrsta drva, koja se dobro strojno obrađuje, ali je sklona deformiranju pri sušenju [1], a često se koristi u građevinskoj industriji i proizvodnji namještaja. Joha (lat. *Zelkova serrata*) tvrdo je drvo, koje se koristi u proizvodnji namještaja i glazbenih instrumenata [1], dok je orah (lat. *Juglans regia*) poznat po svojoj ljepoti i dobroj površinskoj obradivosti te se koristi za proizvodnju drvenih podova i namještaja [1]. Topola (lat. *Populus spp.*) je lagano, porozno drvo koje se lako obrađuje, ali i lako deformira te se često koristi u proizvodnji ploča i panela [1]. Konačni cilj ovog istraživanja je pružiti korisne informacije o različitim vrstama drva i pomoći u odabiru najprikladnije vrste drva za određenu primjenu u različitim uvjetima. To može biti od velike važnosti za proizvođače namještaja, podnih obloga i drugih proizvoda od drva, kao i za arhitekte i dizajnere koji biraju materijale za različite projekte.

1.2 Ciljevi istraživanja

Cilj ovog istraživanja je usporedba i evaluacija površinskih svojstava četiri različite vrste drva, a to su bagrem, joha, orah i topola, kako bi se utvrdile njihove prednosti i nedostaci u različitim primjenama. Površinska svojstva koja su ispitivana uključuju hrapavost, sjajnost, otpornost na habanje i tvrdoću. Mjerenje hrapavosti površine (R_a , R_{max} , R_p , R_q , R_t , R_z) za svaku vrstu drva, kako bi se kvantificirala kvaliteta površinske obrade i procijenila razlika između različitih vrsta drva. [6] Ispitivanje sjajnosti površine za svaku vrstu drva, s ciljem procjene estetike i prikladnosti drva za završne obloge i namještaj. Provođenje Taber testa za otpornost na habanje kako bi se utvrdila trajnost i otpornost svake vrste drva na mehaničko trošenje, što je ključno za primjene u podovima i vanjskim konstrukcijama. [4] Mjerenje tvrdoće površine pomoću Brinellove metode, s ciljem procjene mehaničke otpornosti drva na udarce i trajne deformacije. [5] Analiza i usporedba dobivenih rezultata kako bi se identificirale razlike i sličnosti između ispitivanih vrsta drva te pružile preporuke za njihovu optimalnu primjenu u industriji. Davanje preporuka za specifične primjene svake vrste drva na temelju njihovih svojstava, kako bi se osigurala optimalna kvaliteta i dugovječnost proizvoda.

1.3 Značaj istraživanja

Istraživanje površinskih svojstava različitih vrsta drva, kao što su hrapavost, sjajnost, otpornost na habanje i tvrdoća, od iznimnog je značaja za industrijske primjene u građevinarstvu, proizvodnji namještaja, stolariji i drugim područjima. [6] Drvo je prirodni materijal koji se koristi već stoljećima, no njegova specifična svojstva variraju ovisno o vrsti, uvjetima rasta i obradi. [6] U današnje vrijeme, s porastom zahtjeva za održivim, ekološki prihvatljivim materijalima, razumijevanje ovih svojstava postaje sve važnije. [6] Značaj ovog istraživanja proizlazi iz potrebe za optimizacijom korištenja drva u različitim primjenama. S obzirom na to da različite vrste drva imaju različite karakteristike, potrebno je detaljno proučiti njihove prednosti i ograničenja kako bi se osigurala njihova optimalna primjena. Na primjer, drvo koje će se koristiti za vanjske konstrukcije mora biti otporno na

habanje i vremenske uvjete, dok drvo za namještaj treba imati visoku estetsku vrijednost i biti glatko obrađeno. [6]

Osim toga, ovo istraživanje doprinosi razvoju standarda za procjenu kvalitete drva, što je ključno za industriju koja se suočava s izazovima globalizacije i potreba za održivošću. Rezultati istraživanja pružit će smjernice za izbor najprikladnijih vrsta drva za specifične primjene, što će rezultirati poboljšanjem kvalitete i dugovječnosti krajnjih proizvoda, smanjenjem troškova proizvodnje te povećanjem konkurentnosti na tržištu.

2 VRSTE TEHNIČKOG DRVETA

2.1 Drvo kao prirodni materijal

Drvo je materijal s jedinstvenim svojstvima, koji se koristi u raznim tehničkim primjenama. Iako se danas koriste i drugi materijali poput polimera, lakih metala i kompozita, drvo i dalje ima važnu ulogu zbog svojih ekoloških i tehničkih prednosti [6]. Postoji velik broj vrsta drva s različitim svojstvima, što omogućava odabir optimalnog materijala za različite uvjete primjene. Cilj suvremenih primjena drva je naglašavanje njegove estetske i tehničke kvalitete, dok se nedostaci pokušavaju eliminirati ili svesti na najmanju moguću mjeru. Tehničko drvo proizvedeno je od vaskularnog bilja sjemenjača i karakterizira ga veliki raspon vrijednosti svojstava [6]. Drvo se može reciklirati i do nekoliko puta, a služi i kao sirovina u proizvodnji celuloze, papira, polimera i etanola. Dugogodišnja trajnost drva ostvaruje se različitim fizikalnim, ali i kemijskim postupcima [5]. U kontekstu suvremenih materijala, drvo se sve više istražuje kao održiva alternativa drugim građevinskim materijalima. Inovacije u tehnologiji omogućuju razvoj kompozitnih materijala, koji kombiniraju drvo s drugim materijalima, čime se povećava čvrstoća, otpornost i trajnost. Ove nove formulacije omogućuju široku primjenu drva u različitim industrijama, uključujući arhitekturu, gdje se koristi za stvaranje elegantnih i funkcionalnih prostora. Osim toga, drvo se ističe svojom sposobnošću da regulira vlažnost u prostoru, čime doprinosi poboljšanju unutarne klime. Uzimajući u obzir njegovu ekološku prihvatljivost i estetsku vrijednost, drvo postaje ključni element u održivim projektima i inicijativama za očuvanje okoliša [2]. Obzirom na sve veće zanimanje za obnovljive resurse, drvo će vjerojatno igrati sve važniju ulogu u budućim inovacijama u materijalima i tehnologijama. [2]

2.2 Bagrem

Bagrem (*Robinia pseudoacacia* L.) listopadno je drvo porijeklom iz istočnog dijela SAD-a. Bagrem pripada brzorastućim vrstama drveta, posebno tijekom ranijeg razvoja. [1] Ima umjereno veliku tvrdoću te veću gustoću u odnosu na druge vrste. Bagrem se prilagođava različitim uvjetima okoliša zahvaljujući svojoj sposobnosti razvijanja razgranatog korijena, koji prodire duboko u zemlju. [1] Također, pripada prstenasto poroznoj vrsti drva, pa provodni elementi liče na pore [1]. Ovo drvo svoju primjenu najčešće nalazi u graditeljstvu, proizvodnji namještaja, peleta te parketa. Ono što bagrem čini privlačnim materijalom su njegova visoka tvrdoća i čvrstoća te dimenzijska postojanost, kao laka strojna obradivost te manja potreba za kemijskom modifikacijom [6]. Boja drva, koja predstavlja jedno od važnih estetskih svojstava, proizlazi iz karakteristika stanica drva. Nakon sječe stabla, dolazi do promjena u boji drvnog tkiva, zbog oksidacije te izlaganja UV zrakama. Bagrem se može modificirati toplinski, čime se mijenjaju svojstva drva te se postiže tamnija boja drva i naglašana tekstura, što je danas bitna stavka u proizvodnji namještaja i dekorativnih predmeta [6].



Slika 1 Tekstura obrađenog drva - bagrem [1]

2.3 Topola

Topola (*Populus spp.*) je brzorastuće listopadno drvo, koje pripada obitelji vrba (*Salicaceae*). Porijeklom iz sjevernih umjerenih krajeva, topola je široko rasprostranjena u Europi, Aziji i Sjevernoj Americi. [1] Poznata je po svojoj laganoj strukturi i nižoj gustoći u usporedbi s drugim vrstama drva, što je čini jednostavnom za obradu. Zbog svoje brzog rasta i sposobnosti prilagodbe različitim okolišnim uvjetima, često se uzgaja na plantažama radi industrijske uporabe. [1] Topola pripada difuzno-poroznim vrstama drva, što znači da su njeni provodni elementi ravnomjerno raspoređeni unutar godova, pa stoga ne pokazuje izražene razlike između ranog i kasnog drva. Ova vrsta drva često se koristi u proizvodnji šperploča, papira, kutija, te laganih drvenih konstrukcija, jer unatoč svojoj mehaničkoj slabosti, topola nudi prednosti poput lakog rezanja i obrade [2]. Iako topola ima nižu tvrdoću i otpornost na habanje u usporedbi s tvrdim vrstama poput bagrema ili hrasta, njezina primjena u industriji je široka zbog niske cijene i jednostavnosti obrade. Zbog svoje poroznosti i mekoće, topola se često koristi u unutarnjim prostorima gdje nema velikih mehaničkih opterećenja, poput unutarnjih obloga, laganih namještaja i ambalaže. Boja topole je svijetla, gotovo bijela do svijetložuta, i često nije posebno atraktivna u sirovom obliku. [1] Međutim, poput bagrema, topola se može tretirati toplinskom obradom kako bi se postigla tamnija boja drva i naglašenija tekstura, što doprinosi njenoj estetskoj vrijednosti, posebno u proizvodnji dekorativnih elemenata i namještaja. Ova modifikacija, također poboljšava dimenzijsku stabilnost i povećava otpornost drva na vlagu [6].



Slika 2 Tekstura obrađenog drva- topola [1]

2.4 Orah

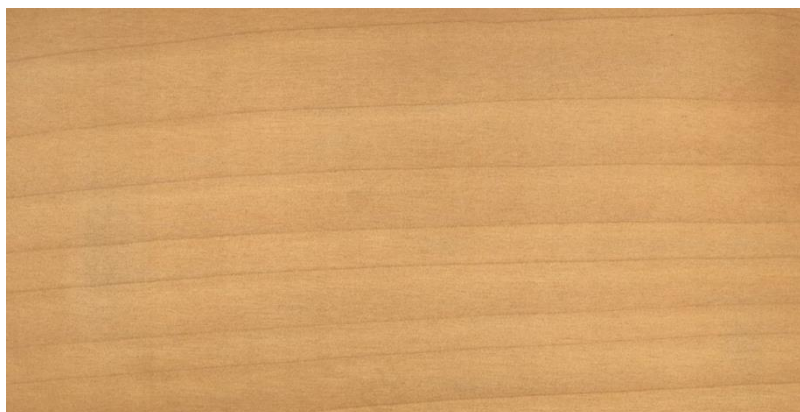
Orah (*Juglans regia* L.) je listopadno drvo, koje potječe iz jugoistočne Europe i zapadne Azije, ali je danas rašireno u mnogim dijelovima svijeta. Poznat je po svojoj visokoj estetskoj vrijednosti i iznimnim mehaničkim svojstvima. [1] Drvo oraha ima tamnu, bogatu boju, koja varira od svijetlosmeđe do tamnosmeđe, s izrazitim uzorcima vlakana, što ga čini izuzetno cijenjenim u industriji namještaja i unutarnjeg uređenja [6]. Orah spada u prstenasto-porozne vrste drva, što znači da su provodni elementi koncentrirani u prstenovima ranog drva. [1] Njegova visoka gustoća i tvrdoća čine ga otpornim na trošenje, ali ujedno i jednostavnim za strojnu obradu. Orah se koristi u izradi luksuznog namještaja, podova, unutarnjih obloga te dekorativnih predmeta zbog svoje otpornosti, čvrstoće i izuzetne završne obrade [5]. Iako je orah tvrdi od mnogih drugih vrsta drva, zbog svoje gustoće i strukture odlično reagira na obradu, brušenje i poliranje, što rezultira glatkom i estetski privlačnom površinom. Njegova prirodna otpornost na habanje dodatno povećava njegovu vrijednost, čineći ga izuzetno prikladnim za primjene gdje su potrebna dugotrajnost i visoka estetika, poput parketa ili ekskluzivnih namještajskih elemenata. Jedno od važnih svojstava oraha je njegova sposobnost da zadrži svoju boju i strukturu čak i nakon izlaganja svjetlosti, što mu osigurava dugotrajan, luksuzan izgled. Prirodna boja oraha često se dodatno naglašava završnim obradama poput uljenja ili lakiranja, čime se ističe njegova tekstura i dubina boje. Orah se također može podvrgnuti toplinskoj obradi kako bi se postigla još tamnija boja i poboljšala njegova otpornost na vlagu i deformacije. [6].



Slika 3 Tekstura obrađenog drva - orah [1]

2.5 Joha

Joha (*Alnus spp.*) je listopadno drvo koje se najčešće nalazi u umjerenim područjima Sjeverne Amerike, Europe i Azije. [1] Poznata je po svojoj ravnoj i ujednačenoj teksturi, što je čini idealnom za različite primjene, posebno u stolariji i proizvodnji namještaja. Joha je brzorastuća vrsta drva koja se odlikuje dobrom obradivosti i povoljnim mehaničkim svojstvima [1]. Joha pripada difuzno-poroznim vrstama drva, što znači da su njeni provodni elementi ravnomjerno raspoređeni bez izraženih godišnjih prstenova. Ova karakteristika doprinosi stabilnosti drva tijekom promjena vlažnosti i temperature. Gustoća joha se kreće od 450 do 650 kg/m³, što joj daje umjerenu tvrdoću i čvrstoću, a istovremeno omogućuje lakše rezanje i obradu [5]. Jedna od ključnih prednosti joha je njena otpornost na truljenje, što je čini pogodnom za upotrebu u vanjskim konstrukcijama, kao što su drvene kuće i ograda, ali i u izradi unutarnjeg namještaja. Iako joha ne posjeduje istu razinu čvrstoće kao tvrđa drva, njena lakoća obrade i estetska privlačnost čine je popularnim izborom za razne primjene. [5] Boja drva joha je svijetla, obično kremasta do svijetlosmeđa, a nakon obrade postaje glatka i estetski privlačna. Promjene u boji drva javljaju se nakon sječe i izlaganja UV zrakama, što može rezultirati tamnijim nijansama. [6] Kako bi se postigla dodatna otpornost i poboljšali vizualni aspekti, joha se može podvrgnuti toplinskoj obradi, čime se postiže tamnija boja i naglašenija tekstura [2]. Ova svojstva čine joha idealnom za unutarnje elemente, namještaj, obloge i dekorativne komade.



Slika 4 Tekstura obrađenog drva - joha [1]

3 PRAKTIČNI DIO

3.1. Oprema i strojevi korišteni za ispitivanja

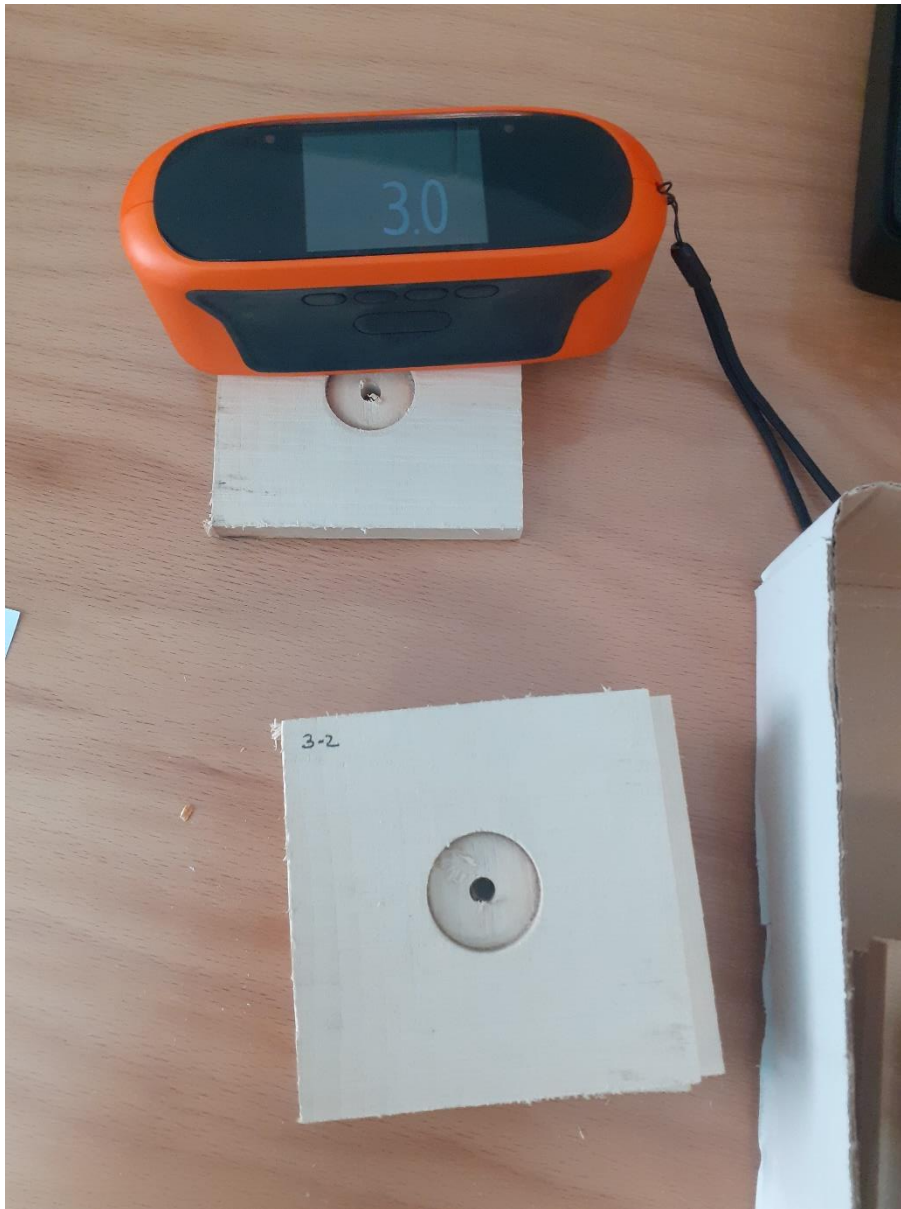
Za provođenje ispitivanja različitih površinskih svojstava drva (hrapavost, sjajnost, otpornost na habanje, tvrdoća) korištena je specijalizirana oprema i strojevi, koji omogućuju precizna i pouzdana mjerenja. Korištena oprema bila je odabrana na temelju specifičnih zahtjeva svakog ispitivanja, osiguravajući visoku točnost i ponovljivost rezultata.

Na slici 5. prikazan je „Garant ST1 Pertometar“, korišten je za mjerenje hrapavosti površine uzorka drva. Pertometar je mobilan uređaj, koji omogućuje precizno bilježenje vertikalnih odstupanja površine uzorka od srednje linije, stvarajući profil hrapavosti.



Slika 5 Garant ST1 Pertometar [izvorno autor]

Na slici 6. prikazan je „Glossmetar Elcometer 480 Model B“, korišten za mjerenje sjajnosti površine drva pod različitim kutovima osvjetljenja (20°, 60°, 85°). Uređaj omogućuje mjerenje reflektivnih svojstava površine, što je ključno za procjenu estetske vrijednosti drva. Ovaj model poznat je po svojoj visokoj preciznosti i brzini mjerenja.



Slika 6 Glossmetar Elcometer 480 Model B [izvorno autor]

Na slici 7. prikazan je „Taber Rotary Platform Abraser“, korišten je za provođenje Taber testa, standardne metode za ispitivanje otpornosti materijala na habanje. Uređaj simulira trošenje površine uzoraka kroz ponovljeno trenje, omogućujući mjerenje otpornosti drva na mehaničko trošenje. [4] Uređaj je opremljen rotirajućim diskovima prekrivenim abrazivnim materijalom, a može se prilagoditi različitim opterećenjima i abrazivnim diskovima za specifične potrebe ispitivanja.

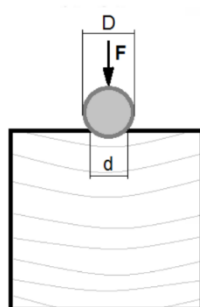


Slika 7 Taber test za procjenu otpornosti na habanje [izvorno autor]

Na slici 8. prikazan je „Brinellov uređaj za mjerenje tvrdoće“, korišten je za mjerenje tvrdoće drva po Brinellu, primjenom određenog opterećenja na metalnu kuglicu, koja se utiskuje u površinu uzorka. Uređaj omogućuje precizno mjerenje promjera otiska na površini drva, što omogućuje izračunavanje tvrdoće prema standardnoj formuli.



Slika 8 Uređaj za ispitivanje tvrdoće po Brinellu [izvorno autor]



Slika 9 Shematski prikaz metode mjerenja tvrdoće po Brinellu [5]

$$\left[HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \right] \quad (1)$$

HB - tvrdoća po Brinellu u [N/mm²]

F – sila od 500 ili 1000 [N]

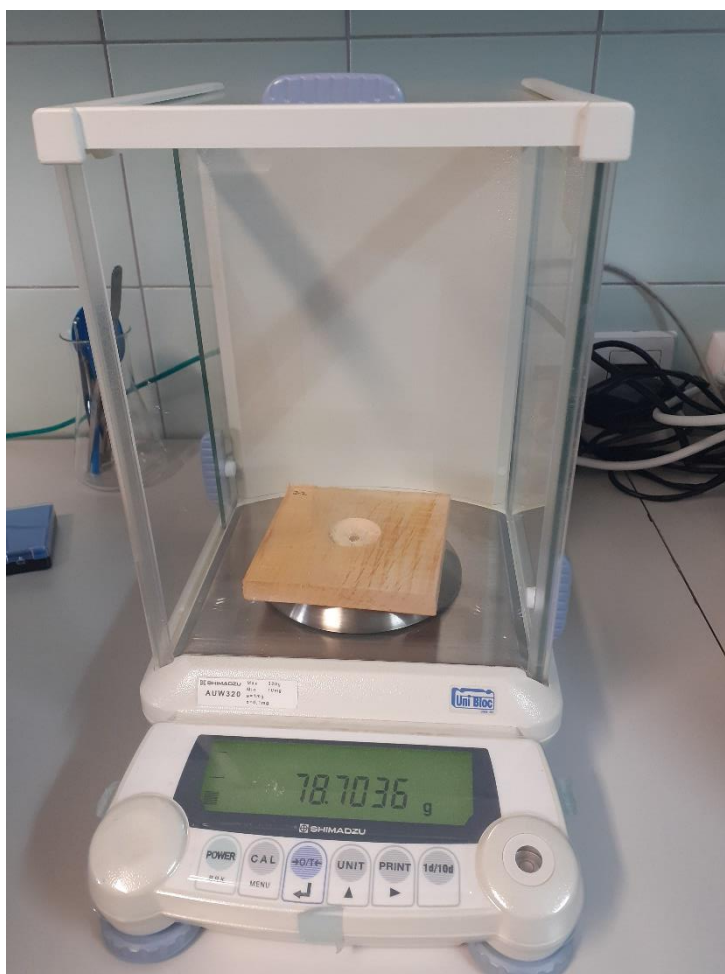
D - promjer kuglice - 10 [mm]

d - promjer otiska [mm]

Brinellovom metodom teško se mjeri tvrdoća vrlo tvrdih vrsta drva jer je otisak malen i teško ga je precizno izmjeriti. Osim toga postoji realna opasnost da se tako mali otisak smjesti u rani ili kasni dio goda pa su rasipanja rezultata velika zbog velike razlike u tvrdoću između ranog i kasnog dijela goda. [5] Tvrdoća drva uglavnom ovisi o vrsti drva, gustoći i udjelu vlage u drvu. Razlike među vrstama su dosta velike, ali i unutar iste vrste moguća su poprilična rasipanja. Razlike mogu biti velike u unutar istog debla. Kako su donji dijelovi debela s većom gustoćom to je i njihova tvrdoća veća od tvrdoće dijelova debela s veće visine. [5] Gustoća bitno utječe na tvrdoću drva i u pravilu drvo veće gustoće ima i veću tvrdoću. Tako su egzotične vrste drva s velikom gustoćom među najtvrdim vrstama drva. Tvrdoća je ovisna i o omjeru ranog i kasnog drva u svakom pojedinom godu. Ako je udjel kasnog drva u godovima veći, veća je i tvrdoća.[5]

Na slici 10. prikazana je analitička vaga „Uni Bloc AUW220D Shimadzu“, precizna laboratorijska vaga korištena je za vaganje uzoraka drva prije i nakon Taber testa, kako bi se izračunao indeks istrošenosti. Vaga mjeri s točnošću do četiri decimale, s minimalnim opterećenjem od 10 mg i maksimalnim do 320 g, što omogućuje vrlo precizna mjerenja.

Brusni papiri različitih granulacija korišteni su za pripremu uzoraka drva prije ispitivanja, kako bi se postigla ujednačena i glatka površina pogodna za daljnje analize. Ova oprema i strojevi bili su ključni za provođenje preciznih i pouzdanih ispitivanja, omogućujući sveobuhvatnu analizu svojstava različitih vrsta drva. Korištenje standardizirane opreme osigurava da rezultati ispitivanja budu usporedivi s drugim istraživanjima te da zadovoljavaju industrijske standarde.



**Slika 10 Analitička vaga Uni Bloc AYW220D Shimadzu
[izvorno autor]**

3.2. Mjerenje hrapavosti površine

Mjerenje hrapavosti površine ključan je korak u procjeni kvalitete obrade drva, jer hrapavost značajno utječe na estetska i funkcionalna svojstva krajnjeg proizvoda. Hrapavost površine drva određena je nepravilnostima na površini, koje nastaju tijekom obrade, kao što su rezanje, brušenje i poliranje.

Za mjerenje hrapavosti površine korišten je Garant ST1 Pertometar, mobilni uređaj koji omogućava precizno mjerenje i dokumentiranje hrapavosti prema međunarodnim standardima. Ovaj uređaj koristi finu iglu koja prolazi preko površine uzorka i bilježi vertikalna odstupanja od srednje linije, stvarajući profil hrapavosti.

Prije mjerenja, uzorci drva su pripremljeni brušenjem, kako bi se postigla ujednačena površina. Korišteni su brusni papiri različitih granulacija, počevši od grubljih prema finijima (npr. P80, P120, P240), kako bi se postigla željena glatkoća.

Uređaj je pripremljen za upotrebu prema zadanim postavkama i provjeren za ispravnost mjerenja prije svake uporabe..

Za svaki uzorak drva, profilometar je korišten za mjerenje hrapavosti na tri različite točke. Svako mjerenje trajalo je nekoliko sekundi, a uređaj je bilježio parametre hrapavosti, uključujući R_a , R_{max} , R_p , R_q , R_t , R_z .

R_a (prosječna hrapavost) - Prosječna aritmetička odstupanja profila hrapavosti od srednje linije.

R_{max} (maksimalna visina hrapavosti) - Najveće odstupanje profila od srednje linije u danom uzorku.

R_p (maksimalna visina vrha profila) - Visina najvišeg vrha od srednje linije u profilu hrapavosti.

R_q (kvadratno odstupanje unutar vrha profila) - Korijen srednje kvadratne vrijednosti odstupanja profila od srednje linije.

R_t (ukupna visina hrapavosti) - Ukupna visina profila hrapavosti mjerena od najdublje doline do najvišeg vrha.

R_z (prosječna visina pet najviših vrhova i najnižih dolina) - Srednja vrijednost visina pet najviših vrhova i dubina pet najnižih dolina.

Nakon mjerenja, podaci su analizirani pomoću softvera povezanog s Perkometrom. Softver je automatski izračunao različite parametre hrapavosti za svaku točku mjerenja, a rezultati su statistički obrađeni kako bi se utvrdile razlike između ispitivanih vrsta drva.

3.3. Ispitivanje sjajnosti

Sjajnost površine drva jedan je od ključnih faktora koji utječu na estetski izgled proizvoda. Sjajnost se određuje sposobnošću površine da reflektira svjetlost, što je važno u industrijama, kao što su proizvodnja namještaja, unutarnje obloge i dekorativni elementi. Kako bi se procijenila sjajnost različitih vrsta drva, provedena su mjerenja koristeći standardizirane postupke i opremu.

Za ispitivanje sjajnosti površine korišten je Glossmetar Elcometer 480 Model B, koji je poznat po svojoj visokoj preciznosti i mogućnosti mjerenja sjajnosti pod različitim kutovima osvjetljenja. Ovaj uređaj koristi snop svjetlosti, koji se usmjerava na površinu uzorka, a zatim mjeri količinu svjetlosti, koja se reflektira natrag prema senzoru.

Površine uzoraka drva (bagrem, joha, orah, topola) pripremljene su brušenjem, kako bi se postigla ujednačena površina pogodna za mjerenje sjajnosti. Korišteni su brusni papiri različitih granulacija, kako bi se postigao optimalan sjaj.

Za svaki uzorak drva, mjerenja sjajnosti provedena su pod kutovima osvjetljenja od 20°, 60° i 85°, što omogućuje sveobuhvatnu analizu refleksivnih svojstava površine. Svako mjerenje provedeno je na tri različite točke na uzorku, a uređaj je automatski bilježio vrijednosti sjajnosti u sjajnim jedinicama [GU].

3.4. Ispitivanje otpornosti na habanje

Taber test je standardizirana metoda za procjenu otpornosti materijala na habanje i trošenje, koja se široko koristi u industriji za ispitivanje trajnosti površina različitih materijala, uključujući drvo. Otpornost na habanje je ključan faktor u određivanju prikladnosti drva za primjene u uvjetima, gdje su materijali izloženi mehaničkom trošenju, kao što su podovi, stepenice, stolne površine, vanjske obloge i slično.

Za provođenje Taber testa korišten je uređaj dizajniran za simulaciju trošenja površine kroz ponovljeno trenje. Uređaj je opremljen rotirajućim diskovima prekrivenim abrazivnim materijalom koji troši površinu uzorka pod kontroliranim uvjetima

Uzorci drva (bagrem, joha, orah, topola) pripremljeni su rezanjem na standardizirane dimenzije (100 mm x 100 mm x 20 mm). Površine uzoraka su prethodno brušene i očišćene, kako bi se osigurala ujednačenost površine prije ispitivanja.

Prije početka ispitivanja, uređaj je pripremljen postavljanjem odgovarajućeg abrazivnog materijala na rotirajuće diskove i podešavanjem opterećenja. Ova priprema osigurava točnost i ponovljivost rezultata ispitivanja. Svaki uzorak je postavljen na rotirajuću platformu uređaja, a abrazivni diskovi su postavljeni u kontakt s površinom uzorka. Test je proveden pri unaprijed određenom broju ciklusa (300, 700, 1200 prolaza), što simulira dugotrajnu upotrebu. Tijekom ispitivanja, diskovi rotiraju pod konstantnim opterećenjem, uzrokujući trošenje površine uzorka.

Nakon završetka testa, istrošenost površine svakog uzorka procijenjena je mjerenjem mase uzorka prije i nakon testa. Indeks istrošenosti izračunat je kao razlika u masi uzorka prije i nakon ispitivanja, a izražen je u gramima [g].

3.5. Mjerenje tvrdoće

Tvrdoća drva jedno je od ključnih mehaničkih svojstava, koje određuje otpornost materijala na trajne deformacije i oštećenja pod opterećenjem. Mjerenje tvrdoće je od izuzetne važnosti za procjenu prikladnosti drva za različite primjene, uključujući podove, namještaj i građevinske elemente.

Za mjerenje tvrdoće korišten je uređaj za ispitivanje tvrdoće po Brinellu, koji je standardna metoda za određivanje tvrdoće materijala. Brinellov test mjeri tvrdoću drva primjenom određenog opterećenja na metalnu kuglicu, koja se utiskuje u površinu uzorka.

Uzorci drva (bagrem, joha, orah, topola) pripremljeni su na dimenzije (80 mm x 200 mm x 20 mm). Površine uzoraka su pažljivo brušene kako bi bile ravne i glatke, čime se osigurava točnost mjerenja.

Prije početka ispitivanja, uređaj za mjerenje tvrdoće po Brinellu kalibriran je pomoću referentnog uzorka poznate tvrdoće. Ovo osigurava točnost i ponovljivost rezultata.

Kuglica promjera 10mm se u površinu utiskuje silom od 500 N (za mekše vrste drva) ili 1000 N (za tvrde vrste drva), koja se zatim utiskuje u površinu uzorka drva tijekom unaprijed određenog vremena (obično 10 do 15 sekundi). Nakon uklanjanja opterećenja, promjer otiska mjeri se pomoću preciznog mikroskopa ili optičkog sustava ugrađenog u uređaj. Za svaki uzorak drva mjerenje tvrdoće provedeno je na više različitih točki, a dobiveni rezultati su prosječni, kako bi se osigurala reprezentativnost mjerenja.

3.6 Rezultati istraživanja i analize

3.6.1 Rezultati mjerenja hrapavosti za bagrem, johu, orah i topolu

Za ispitivanje je korišten uređaj „Garant 49 9030 ST1“. Prijenosni uređaj za precizno mjerenje hrapavosti površine i dokumentiranje prema standardima.

Na slikama 11 – 21 grafovi prikazuju parametre hrapavosti (R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q) za različite vrste drva prije i nakon određenog broja prolaza (300, 700 i 1200). Narančasti stupci predstavljaju srednje vrijednosti hrapavosti, dok linijski grafovi prikazuju odstupanja nakon različitih faza habanja odnosno standardnu devijaciju (σ), koja ilustrira varijabilnost mjerenja za svaki uzorak i parametar.

U sljedećim tablicama prikazani su analitički rezultati ispitivanja za bagrem.

Tablica 1 Rezultati hrapavosti za bagrem nakon 300 prolaza [izvorno autor]

| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (300 prolaza) [μm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---|-------|-------|--------------|--------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|--------|--------|--------|---------------|------------------|
| | Ra1 | Ra2 | Ra3 | R_a | σR_a | Rz1 | Rz2 | Rz3 | R_z | σR_z | Rmax1 | Rmax2 | Rmax3 | R_{max} | σR_{max} |
| 1-1 | 3,430 | 3,337 | 6,120 | 4,296 | 1,581 | 24,260 | 19,390 | 36,500 | 26,717 | 8,816 | 38,110 | 32,030 | 63,280 | 44,473 | 16,568 |
| 1-2 | 3,240 | 3,277 | 4,196 | 3,571 | 0,542 | 20,940 | 19,240 | 25,550 | 21,910 | 3,265 | 27,140 | 34,170 | 39,900 | 33,737 | 6,391 |
| 1-3 | 1,828 | 3,956 | 3,321 | 3,035 | 1,092 | 11,830 | 24,960 | 17,920 | 18,237 | 6,571 | 16,460 | 41,380 | 23,600 | 27,147 | 12,833 |
| 1-4 | 7,620 | 3,243 | 8,127 | 6,330 | 2,685 | 40,110 | 22,240 | 55,450 | 39,267 | 16,621 | 87,150 | 50,720 | 75,690 | 71,187 | 18,628 |
| 1-5 | 4,057 | 6,054 | 5,502 | 5,204 | 1,031 | 21,400 | 43,760 | 32,140 | 32,433 | 11,183 | 33,960 | 86,460 | 66,690 | 62,370 | 26,515 |

| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (300 prolaza) [μm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---|--------|--------|---------------|--------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|--------|-------|--------|--------------|--------------|
| | Rp1 | Rp2 | Rp3 | R_p | σR_p | Rt1 | Rt2 | Rt3 | R_t | σR_t | Rq1 | Rq2 | Rq3 | R_q | σR_q |
| 1-1 | 7,996 | 10,020 | 17,150 | 11,722 | 4,808 | 38,730 | 34,250 | 65,480 | 46,153 | 16,887 | 5,162 | 4,647 | 9,097 | 6,302 | 2,434 |
| 1-2 | 12,670 | 9,792 | 11,800 | 11,421 | 1,476 | 29,730 | 34,830 | 39,900 | 34,820 | 5,085 | 4,852 | 4,387 | 5,986 | 5,075 | 0,822 |
| 1-3 | 6,835 | 9,252 | 9,698 | 8,595 | 1,540 | 17,300 | 41,400 | 24,270 | 27,657 | 12,402 | 2,392 | 5,674 | 4,314 | 4,127 | 1,649 |
| 1-4 | 20,550 | 10,540 | 23,130 | 18,073 | 6,650 | 87,150 | 50,720 | 83,410 | 73,760 | 20,041 | 11,900 | 5,301 | 11,980 | 9,727 | 3,833 |
| 1-5 | 12,980 | 19,940 | 12,270 | 15,063 | 4,238 | 33,960 | 93,910 | 68,650 | 65,507 | 30,098 | 5,381 | 9,778 | 8,501 | 7,887 | 2,262 |

Tablica 2 Rezultati hrapavosti za bagrem nakon 700 prolaza [izvorno autor]

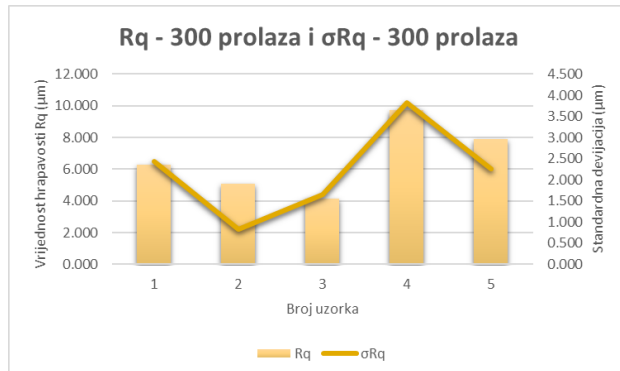
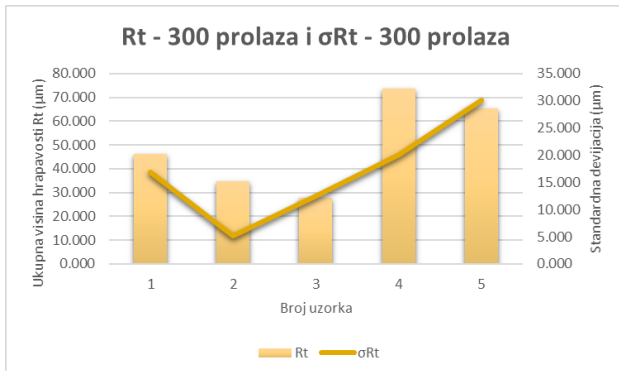
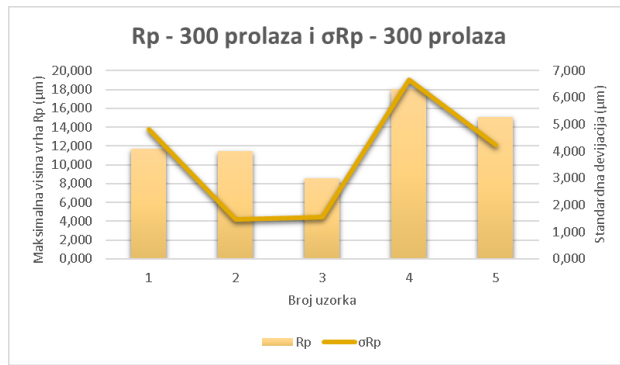
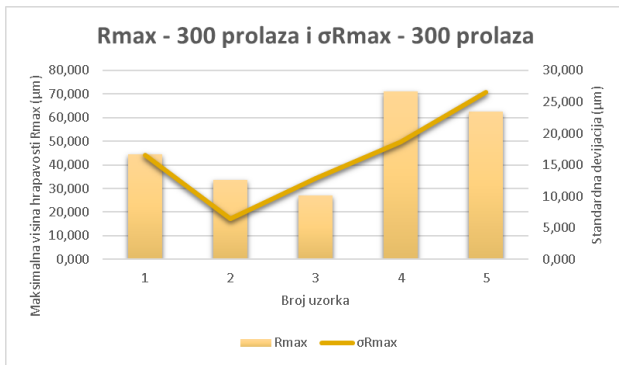
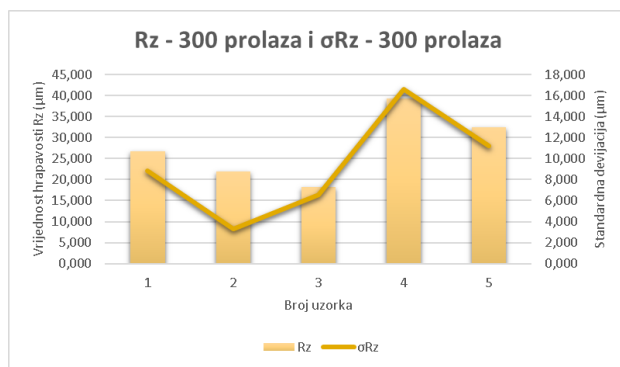
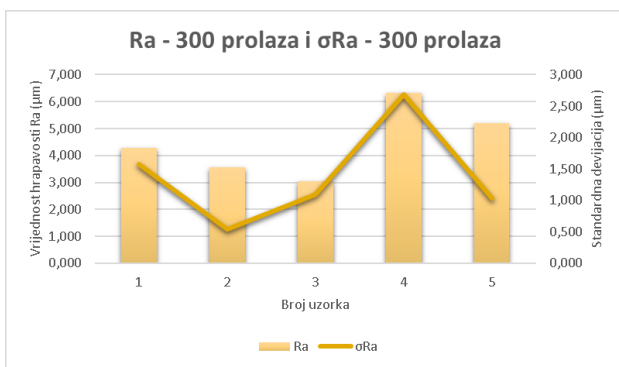
| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (700 prolaza) [μm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---|--------|-------|--------------|--------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|--------|--------|--------|---------------|------------------|
| | Ra1 | Ra2 | Ra3 | R_a | σR_a | Rz1 | Rz2 | Rz3 | R_z | σR_z | Rmax1 | Rmax2 | Rmax3 | R_{max} | σR_{max} |
| 1-1 | 3,091 | 10,920 | 4,075 | 6,029 | 4,264 | 19,110 | 66,750 | 25,830 | 37,230 | 25,785 | 28,430 | 11,260 | 51,000 | 30,230 | 19,931 |
| 1-2 | 2,415 | 2,995 | 5,408 | 3,606 | 1,587 | 15,980 | 17,070 | 36,630 | 23,227 | 11,620 | 20,860 | 21,920 | 47,410 | 30,063 | 15,032 |
| 1-3 | 4,094 | 6,094 | 8,570 | 6,253 | 2,242 | 25,650 | 39,410 | 45,100 | 36,720 | 10,000 | 50,180 | 61,250 | 84,010 | 65,147 | 17,248 |
| 1-4 | 6,760 | 6,798 | 6,067 | 6,542 | 0,412 | 32,630 | 40,010 | 29,690 | 34,110 | 5,317 | 78,760 | 96,910 | 65,900 | 80,523 | 15,580 |
| 1-5 | 2,217 | 5,268 | 3,405 | 3,630 | 1,538 | 14,460 | 31,570 | 20,190 | 22,073 | 8,709 | 22,480 | 55,320 | 29,410 | 35,737 | 17,310 |

| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (700 prolaza) [μm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---|--------|--------|---------------|--------------|--------|---------|--------|---------------|---------------|--------|--------|--------|---------------|--------------|
| | Rp1 | Rp2 | Rp3 | R_p | σR_p | Rt1 | Rt2 | Rt3 | R_t | σR_t | Rq1 | Rq2 | Rq3 | R_q | σR_q |
| 1-1 | 8,135 | 24,050 | 11,950 | 14,712 | 8,309 | 30,500 | 115,500 | 51,000 | 65,667 | 44,357 | 4,113 | 16,280 | 6,072 | 8,822 | 6,533 |
| 1-2 | 7,288 | 9,450 | 12,300 | 9,679 | 2,514 | 24,660 | 26,620 | 52,510 | 34,597 | 15,544 | 3,145 | 4,003 | 7,811 | 4,986 | 2,484 |
| 1-3 | 13,010 | 14,070 | 21,980 | 16,353 | 4,902 | 50,180 | 63,750 | 84,010 | 65,980 | 17,025 | 6,491 | 9,336 | 12,230 | 9,352 | 2,870 |
| 1-4 | 18,580 | 16,010 | 14,790 | 16,460 | 1,935 | 78,760 | 96,910 | 65,900 | 80,523 | 15,580 | 10,630 | 12,220 | 9,211 | 10,687 | 1,505 |
| 1-5 | 7,530 | 11,690 | 11,840 | 10,353 | 2,446 | 27,080 | 55,320 | 29,410 | 37,270 | 15,675 | 3,042 | 7,571 | 4,631 | 5,081 | 2,298 |

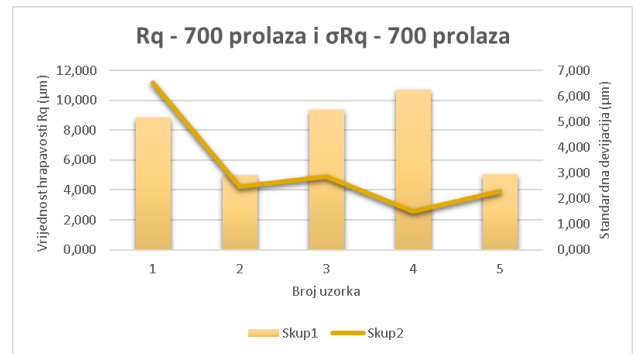
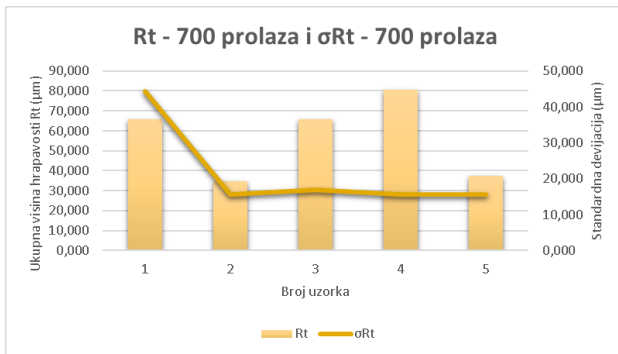
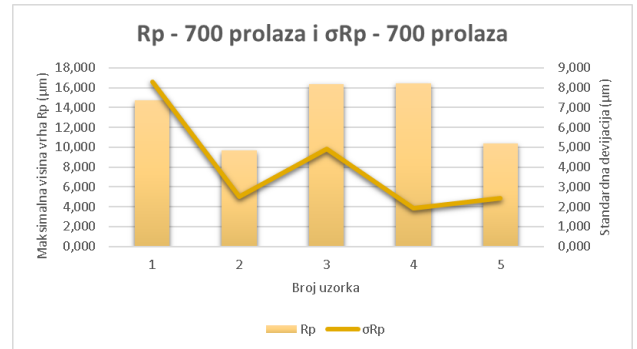
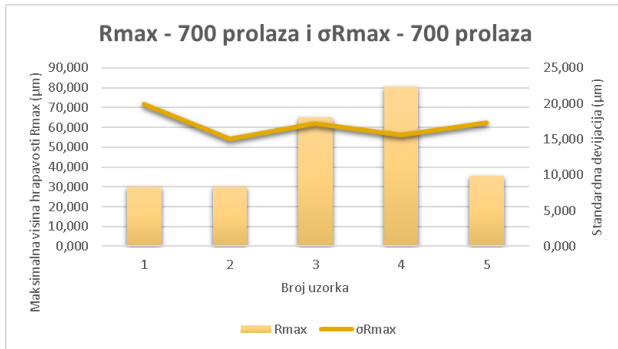
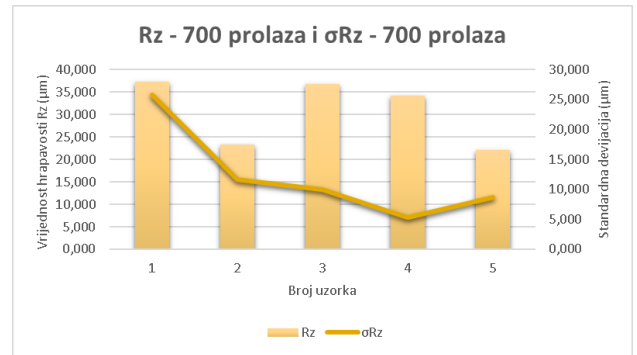
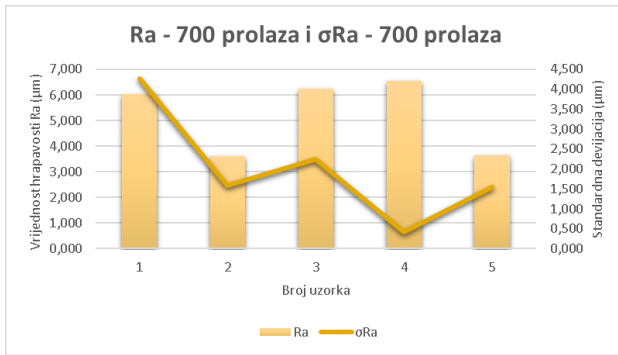
Tablica 3 Rezultati hrapavosti za bagrem nakon 1200 prolaza [izvorno autor]

| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (1200 prolaza) [µm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Ra1 | Ra2 | Ra3 | Ra | σRa | Rz1 | Rz2 | Rz3 | Rz | σRz | Rmax1 | Rmax2 | Rmax3 | Rmax | σRmax |
| 1-1 | 6,211 | 1,804 | 2,720 | 31,040 | 11,120 | 31,040 | 11,120 | 16,470 | 19,543 | 10,309 | 64,110 | 16,840 | 21,750 | 34,233 | 25,990 |
| 1-2 | 9,687 | 3,792 | 3,332 | 5,604 | 3,544 | 54,280 | 22,990 | 15,660 | 30,977 | 20,511 | 86,890 | 25,770 | 20,040 | 44,233 | 37,053 |
| 1-3 | 7,971 | 10,380 | 2,380 | 6,910 | 4,104 | 42,080 | 51,020 | 14,450 | 35,850 | 19,064 | 56,330 | 92,360 | 19,890 | 56,193 | 36,235 |
| 1-4 | 36,590 | 6,422 | 7,457 | 16,823 | 17,127 | 21,230 | 36,260 | 44,450 | 33,980 | 11,777 | 32,770 | 51,480 | 68,030 | 50,760 | 17,641 |
| 1-5 | 6,279 | 5,811 | 2,322 | 4,804 | 2,162 | 38,650 | 34,950 | 12,710 | 28,770 | 14,031 | 61,050 | 51,830 | 16,610 | 43,163 | 23,453 |

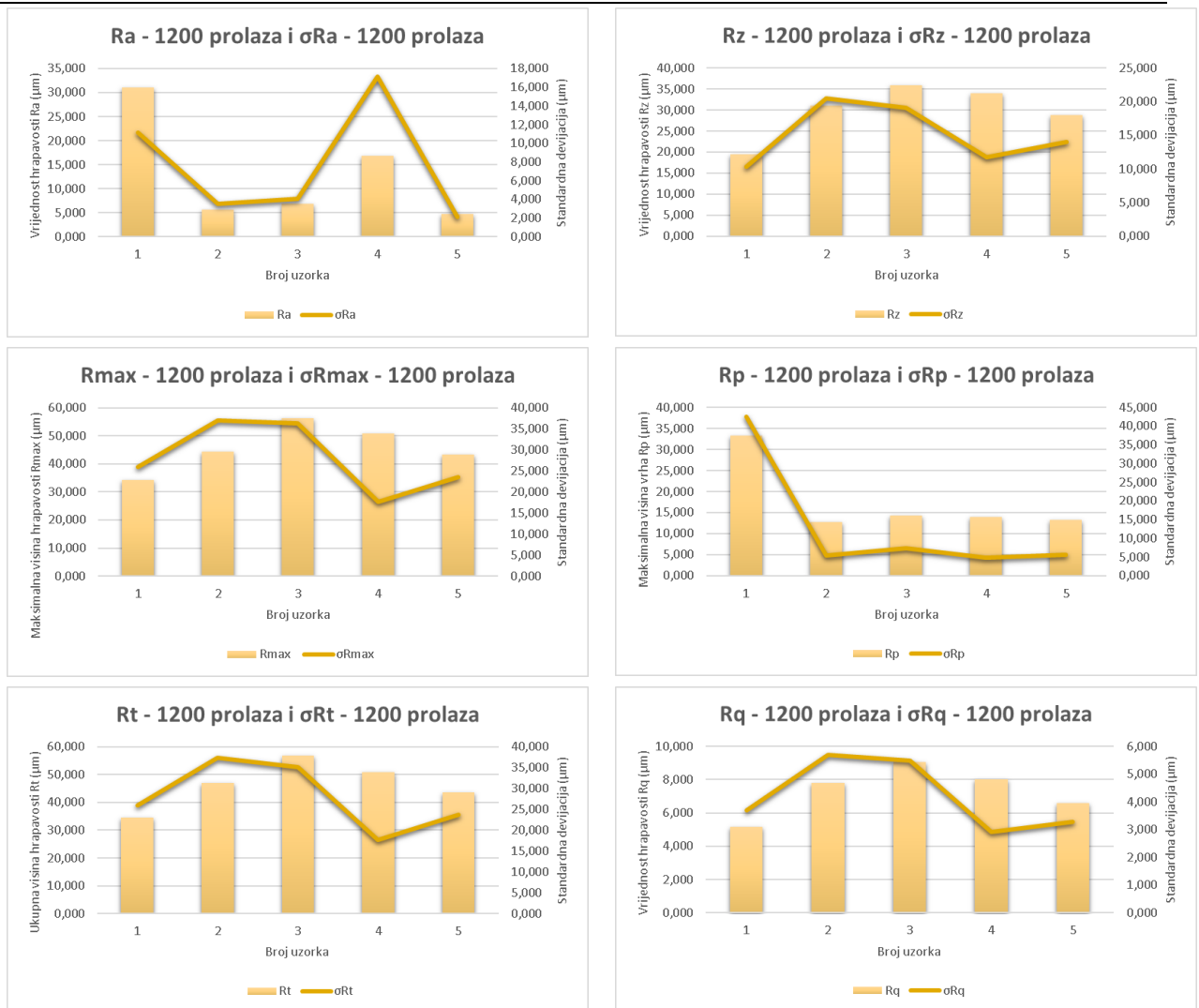
| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (1200 prolaza) [µm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | Rp1 | Rp2 | Rp3 | Rp | σRp | Rt1 | Rt2 | Rt3 | Rt | σRt | Rq1 | Rq2 | Rq3 | Rq | σRq |
| 1-1 | 12,560 | 5,260 | 82,190 | 33,337 | 42,465 | 64,110 | 16,840 | 22,250 | 34,400 | 25,871 | 9,339 | 2,439 | 3,667 | 5,148 | 3,681 |
| 1-2 | 18,780 | 10,840 | 8,335 | 12,652 | 5,453 | 90,020 | 28,770 | 22,270 | 47,020 | 37,381 | 14,330 | 4,833 | 4,183 | 7,782 | 5,680 |
| 1-3 | 14,290 | 21,610 | 6,907 | 14,269 | 7,352 | 56,330 | 92,360 | 22,000 | 56,897 | 35,183 | 10,170 | 13,850 | 3,080 | 9,033 | 5,474 |
| 1-4 | 8,504 | 17,580 | 15,650 | 13,911 | 4,781 | 32,770 | 51,480 | 68,030 | 50,760 | 17,641 | 4,845 | 8,519 | 10,620 | 7,995 | 2,923 |
| 1-5 | 15,760 | 17,030 | 6,847 | 13,212 | 5,549 | 61,050 | 53,060 | 16,610 | 43,573 | 23,690 | 8,987 | 7,935 | 2,867 | 6,596 | 3,272 |



Slika 11 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q bagrema nakon 300 prolaza [izvorno autor]



Slika 12 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q bagrema nakon 700 prolaza [izvorno autor]



Slika 13 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q bagrema nakon 1200 prolaza [izvorno autor]

Bagrem je nakon temeljite obrade postigao nisku razinu prosječne hrapavosti (R_a), što ukazuje na vrlo glatku i ujednačenu površinu. Niske vrijednosti maksimalne visine hrapavosti (R_{max}) i maksimalne visine vrha (R_p) potvrđuju da na površini nema većih odstupanja, čime se postiže homogena tekstura. Uz to, niska prosječna visina pet najviših vrhova i najnižih dolina (R_z) dodatno naglašava kvalitetu obrade, čineći bagrem prikladnim za primjene gdje je potrebna visoka razina glatkoće.

U sljedećim tablicama prikazani su analitički rezultati ispitivanja za johanu.

Tablica 4 Rezultati hrapavosti za johanu nakon 300 prolaza [izvorno autor]

| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (300 prolaza) [µm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------------------------------|--------|--------|---------------|--------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|--------|--------|---------|---------------|---------------|
| | Ra1 | Ra2 | Ra3 | Ra | σRa | Rz1 | Rz2 | Rz3 | Rz | σRz | Rmax1 | Rmax2 | Rmax3 | Rmax | σRmax |
| 2-1 | 6,515 | 2,098 | 3,825 | 4,146 | 2,226 | 33,440 | 14,370 | 22,040 | 23,283 | 9,596 | 41,450 | 23,920 | 25,700 | 30,357 | 9,648 |
| 2-2 | 6,115 | 10,770 | 7,571 | 8,152 | 2,381 | 30,250 | 57,660 | 47,300 | 45,070 | 13,840 | 44,490 | 70,500 | 68,100 | 61,030 | 14,374 |
| 2-3 | 14,180 | 11,340 | 6,931 | 10,817 | 3,653 | 73,770 | 58,360 | 31,020 | 54,383 | 21,651 | 86,460 | 74,840 | 38,140 | 66,480 | 25,221 |
| 2-4 | 11,080 | 8,761 | 10,790 | 10,210 | 1,264 | 61,570 | 48,560 | 53,300 | 54,477 | 6,584 | 93,470 | 66,870 | 73,820 | 78,053 | 13,796 |
| 2-5 | 10,140 | 11,660 | 9,732 | 10,511 | 1,016 | 52,450 | 54,230 | 57,070 | 54,583 | 2,330 | 75,570 | 77,630 | 111,700 | 88,300 | 20,291 |

| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (300 prolaza) [µm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------------------------------|--------|--------|---------------|---------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|--------|--------|--------|---------------|--------------|
| | Rp1 | Rp2 | Rp3 | Rp | σRp | Rt1 | Rt2 | Rt3 | Rt | σRt | Rq1 | Rq2 | Rq3 | Rq | σRq |
| 2-1 | 14,650 | 6,629 | 11,540 | 10,940 | 4,044 | 44,690 | 24,150 | 26,650 | 31,830 | 11,207 | 8,230 | 3,008 | 4,796 | 5,345 | 2,654 |
| 2-2 | 15,230 | 25,610 | 22,350 | 21,063 | 5,308 | 51,890 | 81,690 | 68,100 | 67,227 | 14,919 | 8,224 | 13,230 | 10,160 | 10,538 | 2,524 |
| 2-3 | 38,180 | 31,150 | 15,530 | 28,287 | 11,593 | 99,130 | 74,840 | 38,300 | 70,757 | 30,620 | 17,700 | 14,300 | 8,372 | 13,457 | 4,721 |
| 2-4 | 27,870 | 22,490 | 25,660 | 25,340 | 2,704 | 94,060 | 68,360 | 77,310 | 79,910 | 13,046 | 14,370 | 11,290 | 13,540 | 13,067 | 1,594 |
| 2-5 | 24,410 | 23,700 | 24,790 | 24,300 | 0,553 | 44,690 | 24,150 | 26,650 | 31,830 | 11,207 | 8,230 | 3,008 | 4,796 | 5,345 | 2,654 |

Tablica 5 Rezultati hrapavosti johanu nakon 700 prolaza [izvorno autor]

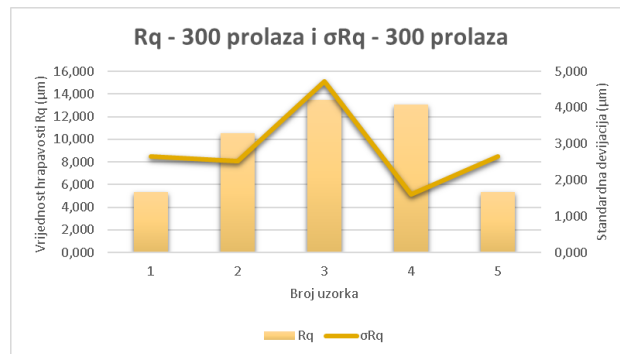
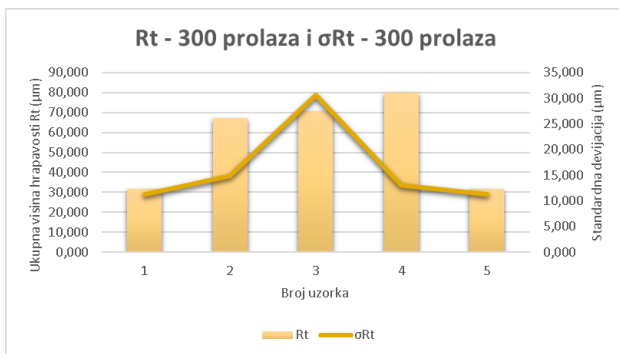
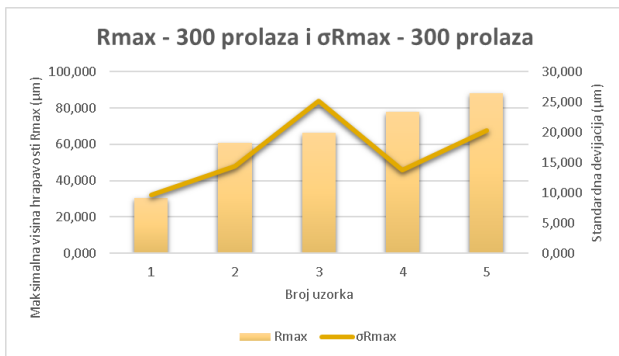
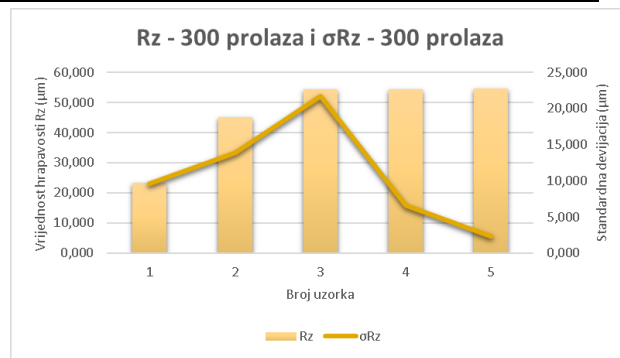
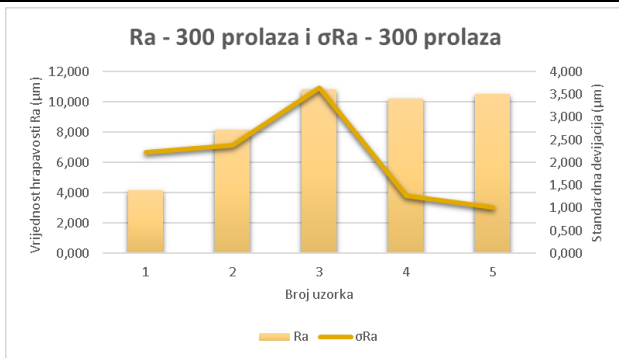
| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (700 prolaza) [µm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------------------------------|-------|-------|--------------|--------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|
| | Ra1 | Ra2 | Ra3 | Ra | σRa | Rz1 | Rz2 | Rz3 | Rz | σRz | Rmax1 | Rmax2 | Rmax3 | Rmax | σRmax |
| 2-1 | 5,846 | 5,425 | 5,862 | 5,711 | 0,248 | 29,200 | 31,990 | 37,040 | 32,743 | 3,974 | 32,360 | 40,850 | 40,450 | 37,887 | 4,790 |
| 2-2 | 5,832 | 4,634 | 4,656 | 5,041 | 0,685 | 32,630 | 30,900 | 23,670 | 29,067 | 4,753 | 51,330 | 50,900 | 29,550 | 43,927 | 12,452 |
| 2-3 | 11,230 | 4,118 | 6,856 | 7,401 | 3,587 | 63,060 | 24,990 | 37,490 | 41,847 | 19,405 | 75,350 | 33,470 | 47,270 | 52,030 | 21,342 |
| 2-4 | 9,017 | 4,411 | 6,843 | 6,757 | 2,304 | 51,290 | 25,230 | 38,300 | 38,273 | 13,030 | 70,450 | 31,070 | 49,540 | 50,353 | 19,703 |
| 2-5 | 5,569 | 5,008 | 2,631 | 4,403 | 1,560 | 31,210 | 29,330 | 16,550 | 25,697 | 7,977 | 39,410 | 40,360 | 27,600 | 35,790 | 7,109 |

| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (700 prolaza) [µm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------------------------------|--------|--------|---------------|---------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|--------|-------|-------|--------------|--------------|
| | Rp1 | Rp2 | Rp3 | Rp | σRp | Rt1 | Rt2 | Rt3 | Rt | σRt | Rq1 | Rq2 | Rq3 | Rq | σRq |
| 2-1 | 13,500 | 11,360 | 14,970 | 13,277 | 1,815 | 32,710 | 43,640 | 45,560 | 40,637 | 6,931 | 7,071 | 7,060 | 7,854 | 7,328 | 0,455 |
| 2-2 | 12,750 | 13,260 | 10,360 | 12,123 | 1,548 | 51,330 | 56,310 | 29,550 | 45,730 | 14,232 | 7,808 | 7,019 | 5,859 | 6,895 | 0,980 |
| 2-3 | 32,420 | 12,950 | 16,030 | 20,467 | 10,466 | 85,350 | 35,470 | 58,110 | 59,643 | 24,975 | 14,120 | 5,508 | 8,930 | 9,519 | 4,336 |
| 2-4 | 23,790 | 9,649 | 14,340 | 15,926 | 7,203 | 81,730 | 37,460 | 54,810 | 58,000 | 22,307 | 11,890 | 5,741 | 8,900 | 8,844 | 3,075 |
| 2-5 | 12,080 | 13,950 | 7,556 | 11,195 | 3,288 | 39,520 | 41,890 | 27,600 | 36,337 | 7,658 | 7,238 | 6,452 | 3,658 | 5,783 | 1,882 |

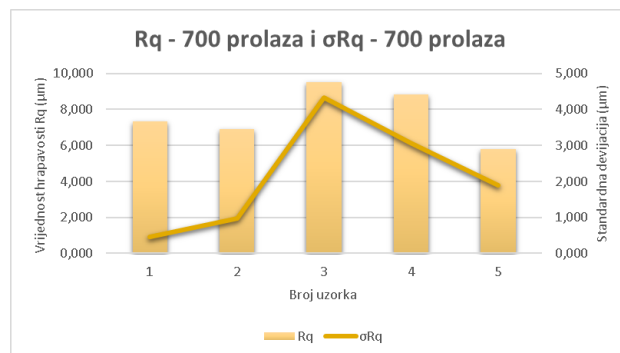
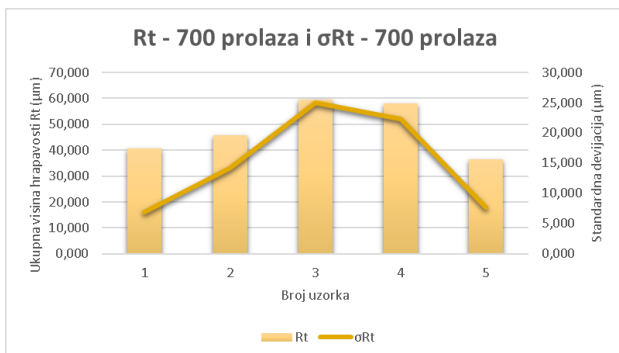
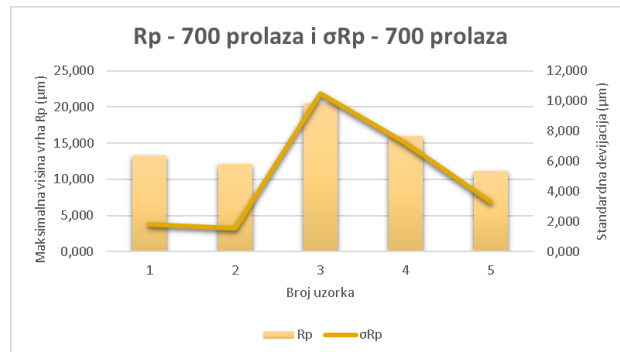
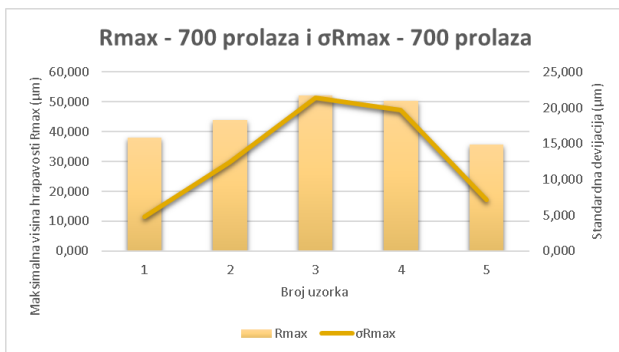
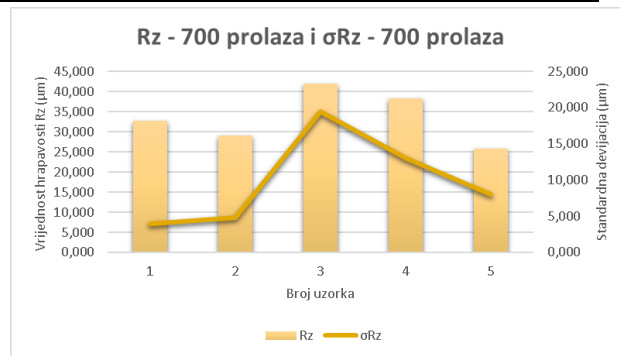
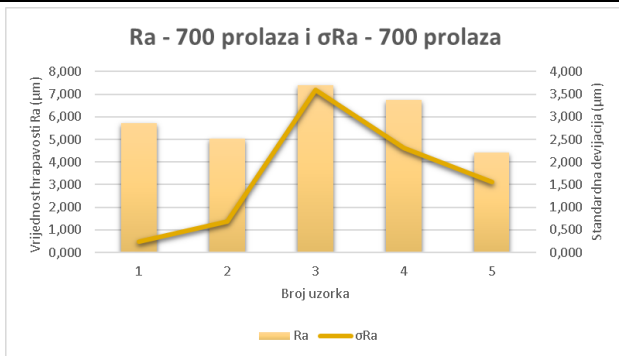
Tablica 6 Rezultati hrapavosti johanu nakon 1200 prolaza [izvorno autor]

| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (1200 prolaza) [µm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------------------------|-------|-------|--------------|--------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|
| | Ra1 | Ra2 | Ra3 | Ra | σRa | Rz1 | Rz2 | Rz3 | Rz | σRz | Rmax1 | Rmax2 | Rmax3 | Rmax | σRmax |
| 2-1 | 6,240 | 2,904 | 5,123 | 4,756 | 1,698 | 32,720 | 15,970 | 26,750 | 25,147 | 8,489 | 54,620 | 27,470 | 37,430 | 39,840 | 13,735 |
| 2-2 | 3,946 | 3,196 | 4,027 | 3,723 | 0,458 | 21,480 | 19,090 | 22,940 | 21,170 | 1,944 | 33,700 | 37,200 | 28,800 | 33,233 | 4,219 |
| 2-3 | 3,675 | 3,605 | 6,448 | 4,576 | 1,622 | 21,900 | 21,520 | 35,910 | 26,443 | 8,201 | 30,850 | 30,080 | 53,140 | 38,023 | 13,097 |
| 2-4 | 3,185 | 2,763 | 5,828 | 3,925 | 1,661 | 19,030 | 16,780 | 33,000 | 22,937 | 8,787 | 29,580 | 28,130 | 53,040 | 36,917 | 13,982 |
| 2-5 | 7,171 | 9,766 | 4,240 | 7,059 | 2,765 | 40,180 | 51,380 | 23,440 | 38,333 | 14,061 | 52,800 | 70,890 | 28,220 | 50,637 | 21,417 |

| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (1200 prolaza) [µm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------------------------|--------|--------|---------------|--------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|--------|--------|-------|---------------|---------------|
| | Rp1 | Rp2 | Rp3 | Rp | σRp | Rt1 | Rt2 | Rt3 | Rt | σRt | Rq1 | Rq2 | Rq3 | Rq | σRq |
| 2-1 | 13,120 | 6,536 | 11,290 | 10,315 | 3,398 | 54,620 | 27,470 | 37,460 | 39,850 | 13,732 | 8,853 | 4,083 | 6,889 | 6,608 | 2,397 |
| 2-2 | 8,269 | 8,985 | 9,041 | 8,765 | 0,430 | 35,200 | 37,200 | 31,010 | 34,470 | 3,159 | 5,213 | 4,837 | 5,001 | 5,017 | 0,189 |
| 2-3 | 8,861 | 8,129 | 17,370 | 11,453 | 5,137 | 30,850 | 30,080 | 53,140 | 38,023 | 13,097 | 5,040 | 4,996 | 8,612 | 6,216 | 2,075 |
| 2-4 | 7,315 | 9,942 | 16,420 | 11,226 | 4,686 | 29,580 | 28,130 | 53,040 | 36,917 | 13,982 | 42,460 | 3,888 | 7,483 | 17,944 | 21,308 |
| 2-5 | 17,010 | 21,570 | 11,530 | 16,703 | 5,027 | 58,430 | 82,070 | 28,710 | 56,403 | 26,738 | 9,020 | 13,220 | 5,367 | 9,202 | 3,930 |



Slika 14 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q johe nakon 300 prolaza [izvorno autor]



Slika 15 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q johe nakon 700 prolaza [izvorno autor]



Slika 16 R_a , R_z , R_{\max} , R_p , R_t i R_q joha nakon 1200 prolaza [izvorno autor]

Joha je nakon obrade postigla srednju razinu prosječne hrapavosti (R_a), čime se osigurava zadovoljavajuća glatkoća površine za većinu unutarnjih primjena. Vrijednosti maksimalne visine hrapavosti (R_{\max}) i maksimalne visine vrha (R_p) pokazuju da, iako postoji određena teksturna varijacija, površina ostaje ujednačena bez značajnih nepravilnosti. Prosječna visina pet najviših vrhova i najnižih dolina (R_z) također je umjerena, što ukazuje na prihvatljivu kvalitetu obrade, čineći joha prikladnom za primjene koje ne zahtijevaju najvišu razinu glatkoće, ali traže estetski prihvatljivu i stabilnu površinu.

U sljedećim tablicama prikazani su analitički rezultati ispitivanja za orah.

Tablica 7 Rezultati hrapavosti oraha nakon 300 prolaza [izvorno autor]

| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (300) [μm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------------------------|-------|-------|--------------|--------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|
| | Ra1 | Ra2 | Ra3 | Ra | σRa | Rz1 | Rz2 | Rz3 | Rz | σRz | Rmax1 | Rmax2 | Rmax3 | Rmax | σRmax |
| 3-1 | 6,515 | 6,186 | 8,314 | 7,005 | 1,146 | 36,910 | 35,700 | 47,080 | 39,897 | 6,250 | 64,160 | 93,810 | 58,520 | 72,163 | 18,957 |
| 3-2 | 4,602 | 2,624 | 5,001 | 4,076 | 1,273 | 31,030 | 16,210 | 27,370 | 24,870 | 7,720 | 41,620 | 24,200 | 42,560 | 36,127 | 10,339 |
| 3-3 | 3,021 | 3,752 | 6,827 | 4,533 | 2,020 | 16,560 | 20,530 | 35,520 | 24,203 | 10,000 | 22,940 | 31,800 | 50,320 | 35,020 | 13,971 |
| 3-4 | 7,397 | 4,566 | 3,612 | 5,192 | 1,969 | 45,510 | 26,110 | 20,890 | 30,837 | 12,973 | 58,100 | 31,680 | 26,620 | 38,800 | 16,905 |
| 3-5 | 5,116 | 3,323 | 8,390 | 5,610 | 2,569 | 29,960 | 17,550 | 47,240 | 31,583 | 14,911 | 44,540 | 26,180 | 59,520 | 43,413 | 16,699 |

| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (300) [μm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------------------------|--------|--------|---------------|--------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|
| | Rp1 | Rp2 | Rp3 | Rp | σRp | Rt1 | Rt2 | Rt3 | Rt | σRt | Rq1 | Rq2 | Rq3 | Rq | σRq |
| 3-1 | 17,130 | 15,850 | 19,120 | 17,367 | 1,648 | 64,160 | 93,810 | 61,560 | 73,177 | 17,916 | 9,359 | 10,460 | 11,860 | 10,560 | 1,253 |
| 3-2 | 15,160 | 8,557 | 12,100 | 11,939 | 3,304 | 43,100 | 24,200 | 45,630 | 37,643 | 11,711 | 6,403 | 3,543 | 27,370 | 12,439 | 13,010 |
| 3-3 | 8,247 | 8,158 | 14,080 | 10,162 | 3,394 | 25,530 | 33,020 | 50,320 | 36,290 | 12,714 | 3,952 | 4,867 | 9,118 | 5,979 | 2,757 |
| 3-4 | 16,190 | 10,680 | 8,609 | 11,826 | 3,918 | 59,910 | 34,140 | 26,620 | 40,223 | 17,459 | 10,740 | 5,912 | 4,767 | 7,140 | 3,170 |
| 3-5 | 14,360 | 9,135 | 22,540 | 15,345 | 6,757 | 61,450 | 26,180 | 69,300 | 52,310 | 22,967 | 7,235 | 4,195 | 11,220 | 7,550 | 3,523 |

Tablica 8 Rezultati hrapavosti oraha nakon 700 prolaza [izvorno autor]

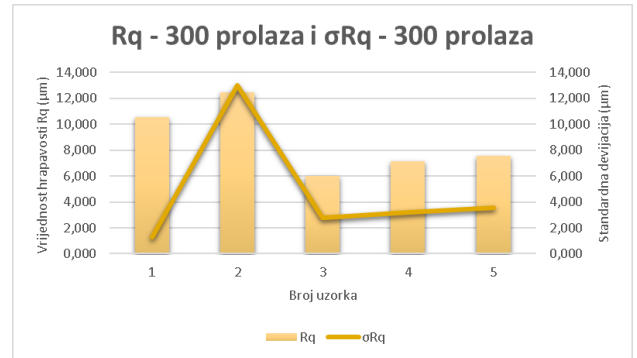
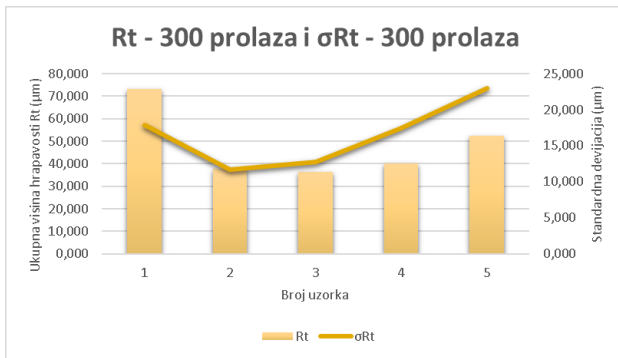
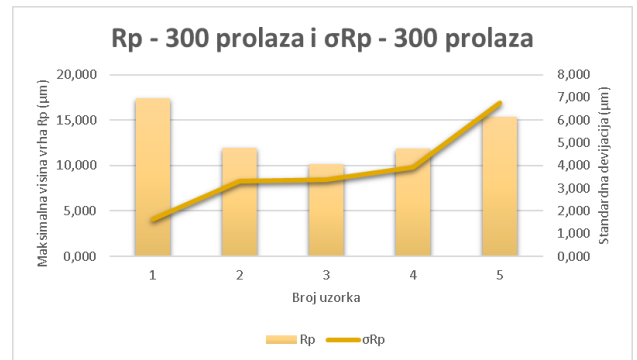
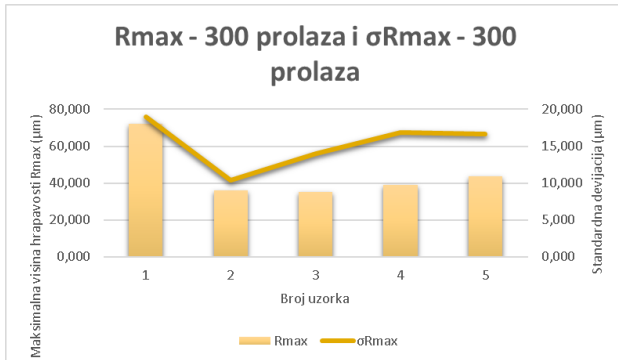
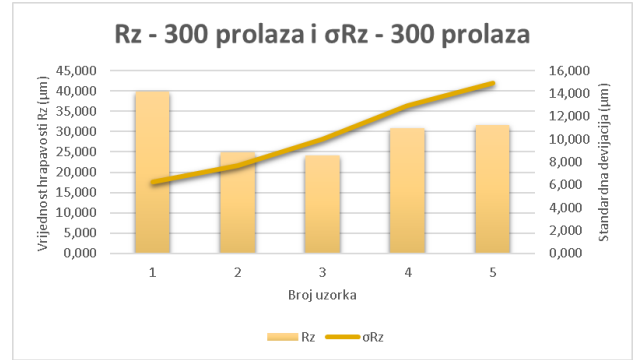
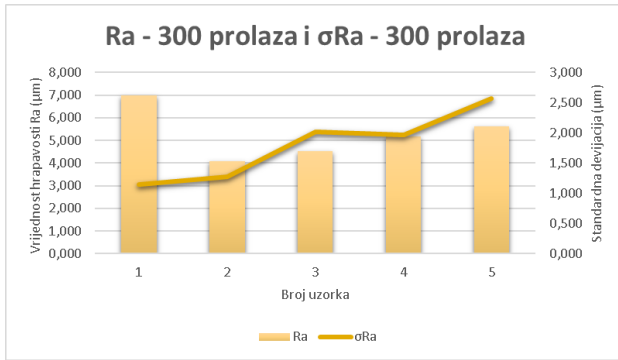
| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (700 prolaza) [μm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------------------------------|-------|-------|--------------|--------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|
| | Ra1 | Ra2 | Ra3 | Ra | σRa | Rz1 | Rz2 | Rz3 | Rz | σRz | Rmax1 | Rmax2 | Rmax3 | Rmax | σRmax |
| 3-1 | 2,794 | 4,276 | 3,271 | 3,447 | 0,757 | 16,820 | 27,070 | 22,370 | 22,087 | 5,131 | 24,270 | 55,040 | 34,390 | 37,900 | 15,682 |
| 3-2 | 4,104 | 2,500 | 3,692 | 3,432 | 0,833 | 24,780 | 16,800 | 21,240 | 20,940 | 3,998 | 46,170 | 24,900 | 29,290 | 33,453 | 11,230 |
| 3-3 | 6,648 | 6,157 | 3,940 | 5,582 | 1,443 | 40,100 | 30,860 | 24,530 | 31,830 | 7,830 | 67,790 | 42,760 | 49,570 | 53,373 | 12,941 |
| 3-4 | 3,647 | 3,804 | 6,792 | 4,748 | 1,772 | 20,730 | 18,360 | 36,340 | 25,143 | 9,769 | 29,360 | 31,670 | 72,440 | 44,490 | 24,233 |
| 3-5 | 5,933 | 2,641 | 2,669 | 3,748 | 1,893 | 34,570 | 13,790 | 16,070 | 21,477 | 11,396 | 67,630 | 18,230 | 20,450 | 35,437 | 27,902 |

| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (700 prolaza) [μm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------------------------------|--------|--------|---------------|--------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|--------|-------|--------|--------------|--------------|
| | Rp1 | Rp2 | Rp3 | Rp | σRp | Rt1 | Rt2 | Rt3 | Rt | σRt | Rq1 | Rq2 | Rq3 | Rq | σRq |
| 3-1 | 6,845 | 12,410 | 9,751 | 9,669 | 2,783 | 25,240 | 55,040 | 34,660 | 38,313 | 15,232 | 3,817 | 6,246 | 4,681 | 4,915 | 1,231 |
| 3-2 | 8,802 | 7,720 | 9,811 | 8,778 | 1,046 | 46,170 | 26,990 | 29,290 | 34,150 | 10,473 | 6,079 | 3,528 | 4,692 | 4,766 | 1,277 |
| 3-3 | 12,230 | 11,910 | 11,840 | 11,993 | 0,208 | 71,890 | 42,760 | 49,570 | 54,740 | 15,238 | 10,900 | 8,282 | 5,499 | 8,227 | 2,701 |
| 3-4 | 8,291 | 8,067 | 17,200 | 11,186 | 5,209 | 29,680 | 31,670 | 72,440 | 44,597 | 24,134 | 4,947 | 5,317 | 10,440 | 6,901 | 3,070 |
| 3-5 | 12,360 | 7,339 | 7,244 | 8,981 | 2,927 | 67,630 | 19,930 | 22,870 | 36,810 | 26,731 | 9,523 | 3,225 | 3,497 | 5,415 | 3,560 |

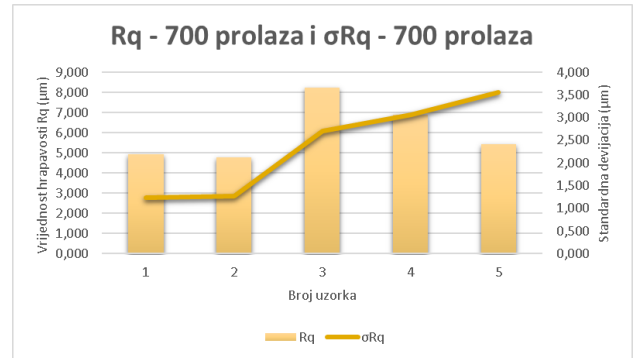
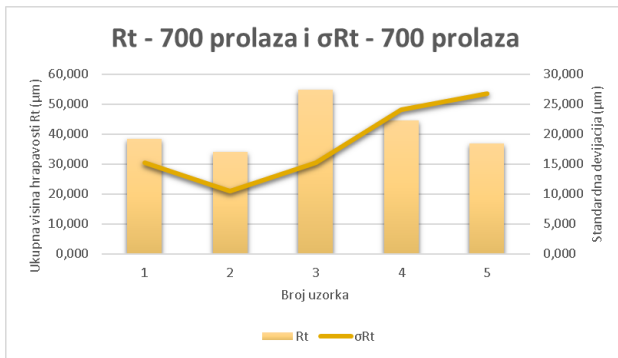
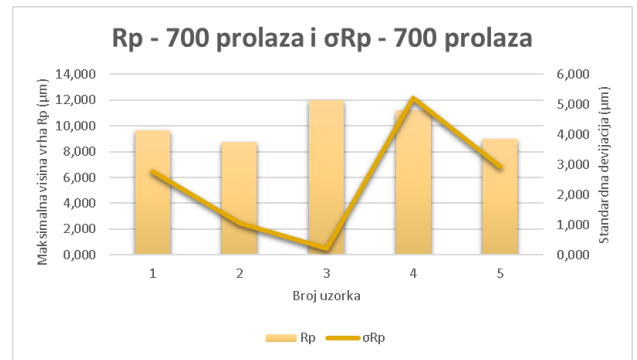
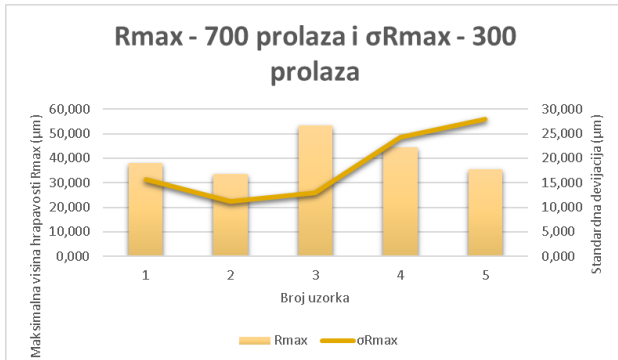
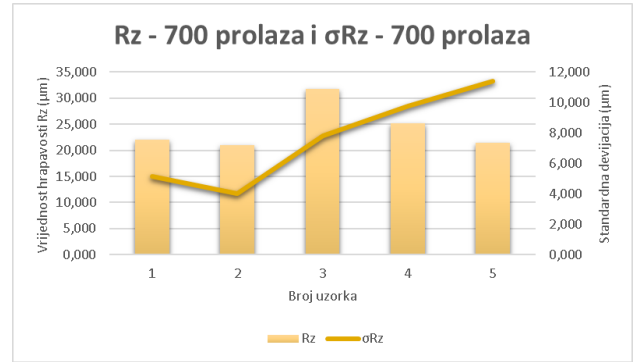
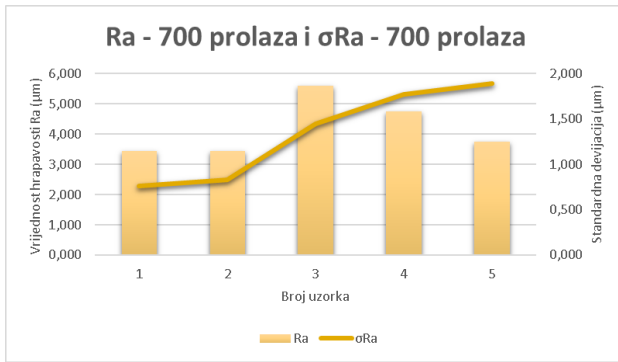
Tablica 9 Rezultati hrapavosti oraha nakon 1200 prolaza [izvorno autor]

| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (1200 prolaza) [μm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------------------------|-------|-------|--------------|--------------|--------|--------|--------|---------------|--------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|
| | Ra1 | Ra2 | Ra3 | Ra | σRa | Rz1 | Rz2 | Rz3 | Rz | σRz | Rmax1 | Rmax2 | Rmax3 | Rmax | σRmax |
| 3-1 | 4,562 | 4,400 | 3,708 | 4,223 | 0,454 | 24,570 | 23,030 | 23,160 | 23,587 | 0,854 | 42,740 | 36,400 | 45,860 | 41,667 | 4,820 |
| 3-2 | 4,733 | 5,084 | 7,146 | 5,654 | 1,304 | 25,240 | 25,680 | 39,350 | 30,090 | 8,022 | 42,350 | 36,480 | 53,950 | 44,260 | 8,890 |
| 3-3 | 2,556 | 4,107 | 5,339 | 4,001 | 1,395 | 15,160 | 22,810 | 27,200 | 21,723 | 6,093 | 16,280 | 40,410 | 42,690 | 33,127 | 14,634 |
| 3-4 | 3,089 | 3,451 | 4,273 | 3,604 | 0,607 | 19,730 | 20,790 | 22,830 | 21,117 | 1,576 | 30,550 | 30,580 | 52,510 | 37,880 | 12,670 |
| 3-5 | 3,948 | 3,146 | 7,596 | 4,897 | 2,372 | 22,420 | 17,330 | 34,490 | 24,747 | 8,813 | 32,410 | 29,520 | 73,740 | 45,223 | 24,738 |

| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (1200 prolaza) [μm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------------------------|--------|--------|---------------|--------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|-------|-------|--------|--------------|--------------|
| | Rp1 | Rp2 | Rp3 | Rp | σRp | Rt1 | Rt2 | Rt3 | Rt | σRt | Rq1 | Rq2 | Rq3 | Rq | σRq |
| 3-1 | 9,334 | 10,000 | 8,233 | 9,189 | 0,892 | 42,740 | 39,050 | 45,860 | 42,550 | 3,409 | 6,600 | 5,793 | 5,569 | 5,987 | 0,542 |
| 3-2 | 10,130 | 12,130 | 14,470 | 12,243 | 2,172 | 42,850 | 36,480 | 65,300 | 48,210 | 15,139 | 6,444 | 6,349 | 9,869 | 7,554 | 2,005 |
| 3-3 | 6,826 | 8,636 | 12,330 | 9,264 | 2,805 | 18,850 | 41,220 | 42,690 | 34,253 | 13,360 | 3,195 | 6,330 | 7,125 | 5,550 | 2,078 |
| 3-4 | 8,101 | 7,862 | 9,549 | 8,504 | 0,913 | 30,550 | 31,320 | 52,510 | 38,127 | 12,462 | 3,955 | 4,716 | 6,644 | 5,105 | 1,386 |
| 3-5 | 9,134 | 8,162 | 13,120 | 10,139 | 2,627 | 32,410 | 29,520 | 73,740 | 45,223 | 24,738 | 5,052 | 4,436 | 11,980 | 7,156 | 4,189 |



Slika 17 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q oraħa nakon 300 prolaza [izvorno autor]



Slika 18 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q oraha nakon 700 prolaza [izvorno autor]



Slika 19 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q oraha nakon 1200 prolaza [izvorno autor]

Orah nakon obrade pokazuje nešto višu razinu prosječne hrapavosti (R_a) u usporedbi s bagremom i johom, ali se i dalje može postići estetski zadovoljavajuća glatkoća. Vrijednosti maksimalne visine hrapavosti (R_{max}) i maksimalne visine vrha (R_p) pokazuju manja odstupanja na površini, što omogućava uravnotežen izgled s blagim teksturnim varijacijama koje doprinose estetskoj privlačnosti. Prosječna visina pet najviših vrhova i najnižih dolina (R_z) ukazuje na umjerenu kvalitetu obrade, čineći orah pogodnim za primjene gdje je poželjan sklad između vizualne privlačnosti i funkcionalnosti.

U sljedećim tablicama prikazani su analitički rezultati ispitivanja za topolu.

Tablica 10 Rezultati hrapavosti topole nakon 300 prolaza [izvorno autor]

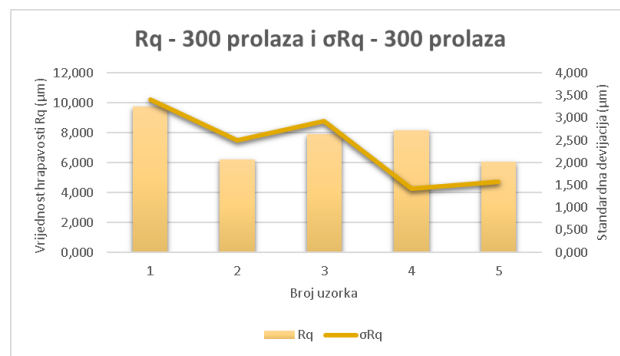
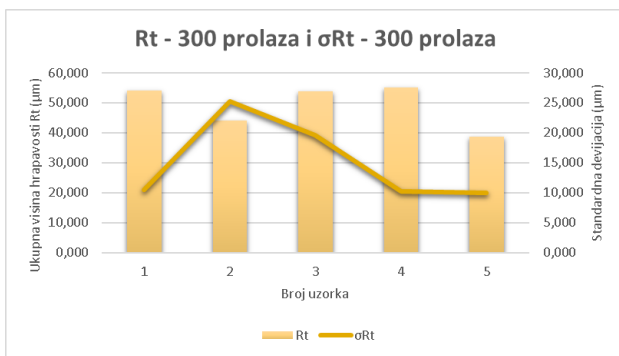
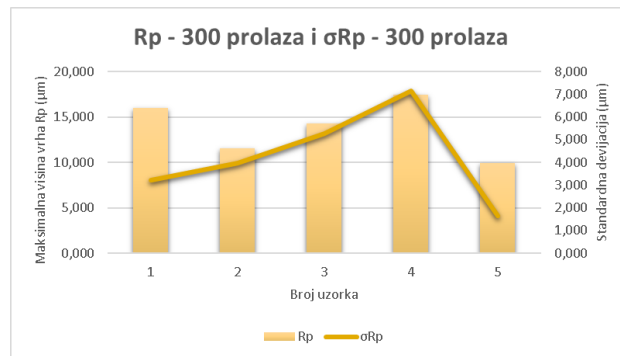
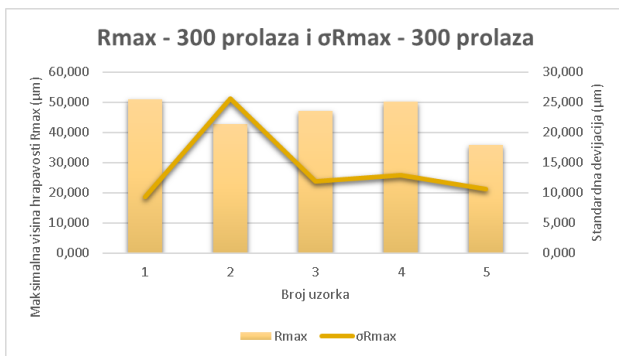
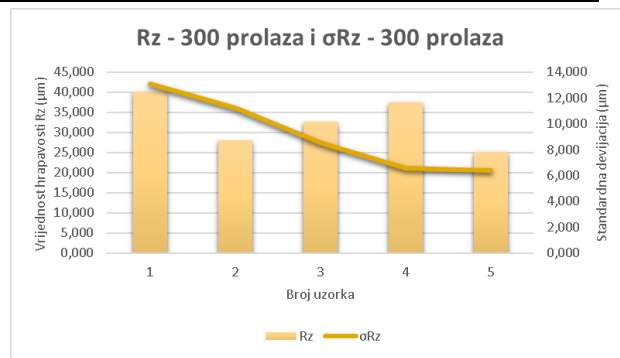
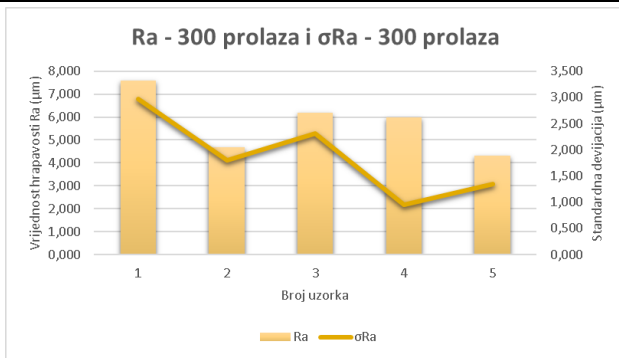
| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (300 prolaza) [μm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---|-------|--------|--------------|-------------------|--------|--------|--------|---------------|-------------------|--------|--------|--------|---------------|---------------------|
| | Ra1 | Ra2 | Ra3 | Ra | σRa | Rz1 | Rz2 | Rz3 | Rz | σRz | Rmax1 | Rmax2 | Rmax3 | Rmax | σRmax |
| 4-1 | 5,553 | 6,217 | 10,990 | 7,587 | 2,966 | 30,250 | 35,440 | 55,060 | 40,250 | 13,086 | 50,370 | 41,960 | 60,670 | 51,000 | 9,371 |
| 4-2 | 5,969 | 2,637 | 5,465 | 4,690 | 1,796 | 34,820 | 15,000 | 34,040 | 27,953 | 11,225 | 40,580 | 18,450 | 69,640 | 42,890 | 25,673 |
| 4-3 | 3,622 | 8,099 | 6,867 | 6,196 | 2,313 | 23,250 | 39,970 | 34,740 | 32,653 | 8,553 | 36,370 | 59,860 | 44,810 | 47,013 | 11,899 |
| 4-4 | 7,002 | 5,122 | 5,858 | 5,994 | 0,947 | 44,210 | 31,150 | 37,030 | 37,463 | 6,541 | 63,360 | 37,530 | 49,760 | 50,217 | 12,921 |
| 4-5 | 3,126 | 5,775 | 4,000 | 4,300 | 1,350 | 19,930 | 32,320 | 23,330 | 25,193 | 6,402 | 27,700 | 47,920 | 32,130 | 35,917 | 10,629 |

| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (300 prolaza) [μm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---|--------|--------|---------------|-------------------|--------|--------|--------|---------------|-------------------|-------|--------|--------|--------------|-------------------|
| | Rp1 | Rp2 | Rp3 | Rp | σRp | Rt1 | Rt2 | Rt3 | Rt | σRt | Rq1 | Rq2 | Rq3 | Rq | σRq |
| 4-1 | 13,000 | 15,700 | 19,390 | 16,030 | 3,208 | 56,240 | 42,540 | 63,260 | 54,013 | 10,538 | 7,895 | 7,710 | 13,710 | 9,772 | 3,412 |
| 4-2 | 14,280 | 6,945 | 13,290 | 11,505 | 3,980 | 43,560 | 19,290 | 69,640 | 44,163 | 25,180 | 7,404 | 3,357 | 7,912 | 6,224 | 2,496 |
| 4-3 | 8,279 | 18,140 | 16,410 | 14,276 | 5,265 | 40,330 | 76,380 | 44,810 | 53,840 | 19,648 | 4,746 | 10,490 | 8,532 | 7,923 | 2,920 |
| 4-4 | 25,730 | 13,610 | 13,090 | 17,477 | 7,152 | 66,860 | 47,820 | 50,860 | 55,180 | 10,229 | 9,643 | 6,813 | 8,043 | 8,166 | 1,419 |
| 4-5 | 8,421 | 11,660 | 9,649 | 9,910 | 1,635 | 30,300 | 49,680 | 35,980 | 38,653 | 9,963 | 4,478 | 7,638 | 6,097 | 6,071 | 1,580 |

Tablica 11 Rezultati hrapavosti topole nakon 700 prolaza [izvorno autor]

| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (700 prolaza) [μm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---|-------|-------|--------------|-------------------|--------|--------|--------|---------------|-------------------|--------|--------|--------|---------------|---------------------|
| | Ra1 | Ra2 | Ra3 | Ra | σRa | Rz1 | Rz2 | Rz3 | Rz | σRz | Rmax1 | Rmax2 | Rmax3 | Rmax | σRmax |
| 4-1 | 6,143 | 6,626 | 6,442 | 6,404 | 0,244 | 40,250 | 36,960 | 35,940 | 37,717 | 2,252 | 57,150 | 53,140 | 67,850 | 59,380 | 7,604 |
| 4-2 | 7,949 | 3,517 | 4,055 | 5,174 | 2,419 | 46,400 | 20,630 | 23,940 | 30,323 | 14,021 | 64,140 | 32,670 | 41,600 | 46,137 | 16,218 |
| 4-3 | 5,846 | 5,407 | 3,444 | 4,899 | 1,279 | 35,890 | 29,800 | 23,960 | 29,883 | 5,965 | 56,000 | 43,690 | 41,850 | 47,180 | 7,694 |
| 4-4 | 3,439 | 5,528 | 2,723 | 3,897 | 1,457 | 22,870 | 35,270 | 14,560 | 24,233 | 10,422 | 30,150 | 44,120 | 19,240 | 31,170 | 12,471 |
| 4-5 | 3,533 | 2,780 | 5,564 | 3,959 | 1,440 | 20,120 | 16,700 | 35,200 | 24,007 | 9,843 | 29,680 | 25,130 | 45,770 | 33,527 | 10,844 |

| broj uzorka | VRIJEDNOSTI (700 prolaza) [μm] | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---|--------|--------|---------------|-------------------|--------|--------|--------|---------------|-------------------|--------|-------|-------|--------------|-------------------|
| | Rp1 | Rp2 | Rp3 | Rp | σRp | Rt1 | Rt2 | Rt3 | Rt | σRt | Rq1 | Rq2 | Rq3 | Rq | σRq |
| 4-1 | 13,390 | 14,970 | 14,430 | 14,263 | 0,803 | 59,880 | 53,140 | 67,850 | 60,290 | 7,364 | 8,732 | 8,882 | 8,586 | 8,733 | 0,148 |
| 4-2 | 20,560 | 10,120 | 10,380 | 13,687 | 5,954 | 67,150 | 32,670 | 41,600 | 47,140 | 17,895 | 10,370 | 4,814 | 5,285 | 6,823 | 3,081 |
| 4-3 | 13,360 | 12,600 | 10,780 | 12,247 | 1,326 | 50,000 | 43,690 | 41,850 | 45,180 | 4,274 | 7,975 | 7,108 | 4,790 | 6,624 | 1,647 |
| 4-4 | 8,943 | 12,110 | 6,232 | 9,095 | 2,942 | 30,160 | 44,620 | 21,080 | 31,953 | 11,872 | 4,563 | 7,185 | 3,470 | 5,073 | 1,909 |
| 4-5 | 9,259 | 8,992 | 14,570 | 10,940 | 3,146 | 31,600 | 27,260 | 47,320 | 35,393 | 10,554 | 5,067 | 3,633 | 7,335 | 5,345 | 1,867 |



Slika 20 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q topole nakon 300 prolaza [izvorno autor]



Slika 21 R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_t i R_q topole nakon 700 prolaza [izvorno autor]

Topola pokazuje najvišu razinu prosječne hrapavosti (R_a) među ispitivanim vrstama, što znači da površina nakon obrade može biti nešto grublja. Vrijednosti maksimalne visine hrapavosti (R_{max}) i maksimalne visine vrha (R_p) ukazuju na prisutnost većih odstupanja i nepravilnosti, što čini teksturu manje ujednačenom. Također, prosječna visina pet najviših vrhova i najnižih dolina (R_z) potvrđuje ovu hrapaviju strukturu, što može zahtijevati dodatnu obradu kako bi se postigla željena kvaliteta površine. Zbog toga je topola prikladnija za primjene gdje visoka razina glatkoće nije prioritet, već je važna brzina i jednostavnost obrade.

3.6.2 Rezultati ispitivanja sjajnosti površine za bagrem, johu, orah i topolu

Sjajnost površine drva ključan je estetski parametar, koji utječe na vizualni izgled konačnog proizvoda, posebice u industrijama, kao što su proizvodnja namještaja i unutarnjih obloga. Sjajnost je mjerena pomoću glossmetra pod različitim kutovima osvjetljenja (20°, 60°, 85°), kako bi se dobio sveobuhvatan uvid u reflektivna svojstva površina četiri ispitivane vrste drva bagrem, johu, orah i topolu.

Na slikama 22 - 33 prikazani su rezultati sjajnosti za različite vrste drva, s početnim vrijednostima sjajnosti i vrijednostima nakon određenog broja prolaza (300, 700, 1200). Na y-osi grafova nalaze se prosječne početne vrijednosti sjajnosti izražene u jedinicama sjajnosti (GU), dok se na x-osi nalazi broj uzorka. Linijski dijagram na grafu prikazuje sjajnost nakon određenog broja prolaza, omogućujući usporedbu početnih i završnih vrijednosti za svaki uzorak te ilustrirajući promjene u sjajnosti kroz ispitivanje.

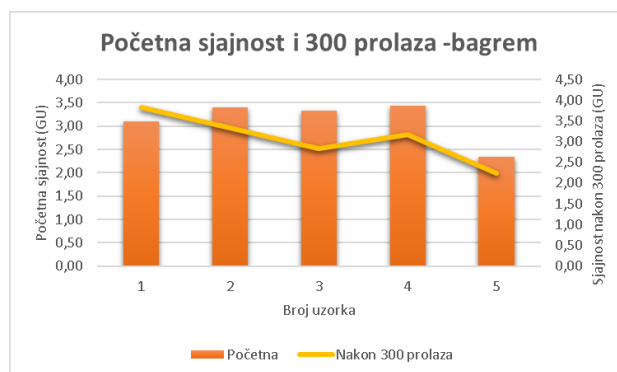
U sljedećim tablicama prikazani su analitički rezultati ispitivanja za bagrem.

Tablica 12 Rezultati sjajnosti bagrema (početna i 300 prolaza) [izvorno autor]

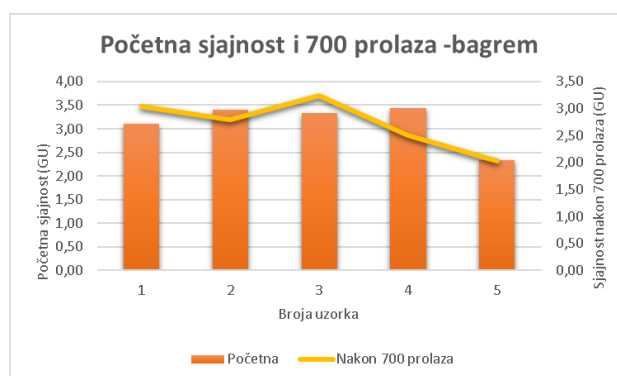
| broj uzorka | SJAJNOST POČETNA | | | | SJAJNOST - 300 PROLAZA | | | |
|-------------|------------------|------------|------------|-------------|------------------------|------------|------------|-------------|
| | OČITANJE 1 | OČITANJE 2 | OČITANJE 3 | x | OČITANJE 1 | OČITANJE 2 | OČITANJE 3 | x |
| 1-1 | 2,70 | 3,20 | 3,40 | 3,10 | 3,90 | 3,90 | 3,70 | 3,83 |
| 1-2 | 3,40 | 3,50 | 3,30 | 3,40 | 3,40 | 3,30 | 3,30 | 3,33 |
| 1-3 | 3,40 | 3,40 | 3,20 | 3,33 | 3,20 | 2,70 | 2,60 | 2,83 |
| 1-4 | 3,10 | 3,80 | 3,40 | 3,43 | 3,00 | 3,20 | 3,30 | 3,17 |
| 1-5 | 2,80 | 2,10 | 2,10 | 2,33 | 2,40 | 2,20 | 2,10 | 2,23 |

Tablica 13 Rezultati sjajnosti bagrema (700 i 1200 prolaza) [izvorno autor]

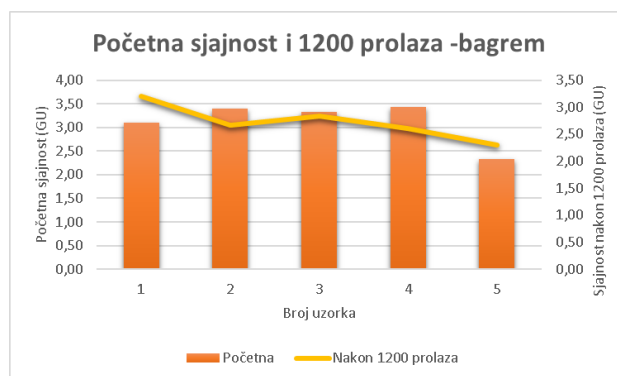
| SJAJNOST - 700 PROLAZA | | | | SJAJNOST - 1200 PROLAZA | | | |
|------------------------|------------|------------|-------------|-------------------------|------------|------------|-------------|
| OČITANJE 1 | OČITANJE 2 | OČITANJE 3 | x | OČITANJE 1 | OČITANJE 2 | OČITANJE 3 | x |
| 3,10 | 3,00 | 3,00 | 3,03 | 3,10 | 3,20 | 3,30 | 3,20 |
| 3,00 | 2,80 | 2,60 | 2,80 | 2,60 | 2,70 | 2,70 | 2,67 |
| 3,20 | 3,50 | 3,00 | 3,23 | 3,00 | 2,80 | 2,70 | 2,83 |
| 2,70 | 2,40 | 2,40 | 2,50 | 2,70 | 2,60 | 2,50 | 2,60 |
| 2,00 | 2,00 | 2,10 | 2,03 | 2,50 | 2,30 | 2,10 | 2,30 |



Slika 22 Rezultati sjajnosti bagrema nakon 300 prolaza [izvorno autor]



Slika 23 Rezultati sjajnosti bagrema nakon 700 prolaza [izvorno autor]



Slika 24 Rezultati sjajnosti bagrema nakon 1200 prolaza [izvorno autor]

Bagrem je pokazao visoku sjajnost nakon obrade. Visoka vrijednost ukazuje na sposobnost bagrema da dobro reflektira svjetlost, čime se postiže atraktivan, sjajan izgled.

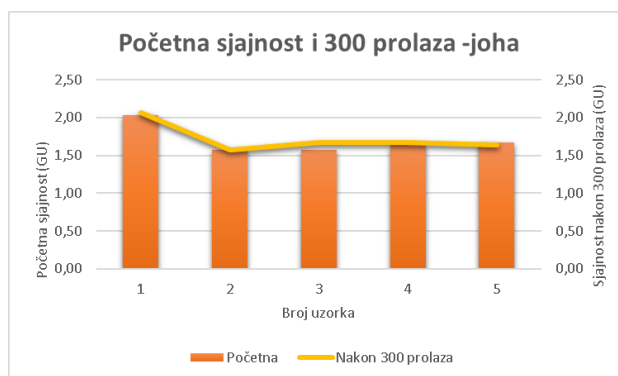
U sljedećim tablicama prikazani su analitički rezultati ispitivanja za johan.

Tablica 14 Rezultati sjajnosti johan (početna i 300 prolaza) [izvorno autor]

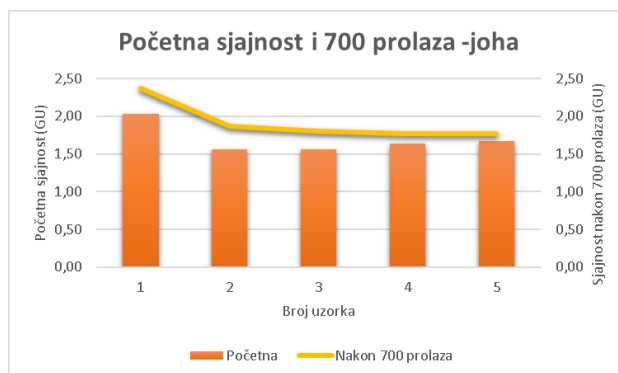
| broj uzorka | SJAJNOST POČETNA | | | | SJAJNOST - 300 PROLAZA | | | |
|----------------|------------------|------------|------------|-------------|------------------------|------------|------------|-------------|
| | OČITANJE 1 | OČITANJE 2 | OČITANJE 3 | x | OČITANJE 1 | OČITANJE 2 | OČITANJE 3 | x |
| 2-1 | 2,00 | 2,00 | 2,10 | 2,03 | 2,30 | 1,90 | 2,00 | 2,07 |
| 2-2 | 1,60 | 1,50 | 1,60 | 1,57 | 1,60 | 1,50 | 1,60 | 1,57 |
| 2-3 | 1,50 | 1,60 | 1,60 | 1,57 | 1,70 | 1,70 | 1,60 | 1,67 |
| 2-4 | 1,60 | 1,70 | 1,60 | 1,63 | 1,70 | 1,70 | 1,60 | 1,67 |
| 2-5 | 1,70 | 1,60 | 1,70 | 1,67 | 1,60 | 1,70 | 1,60 | 1,63 |

Tablica 15 Rezultati sjajnosti johan (700 i 1200 prolaza) [izvorno autor]

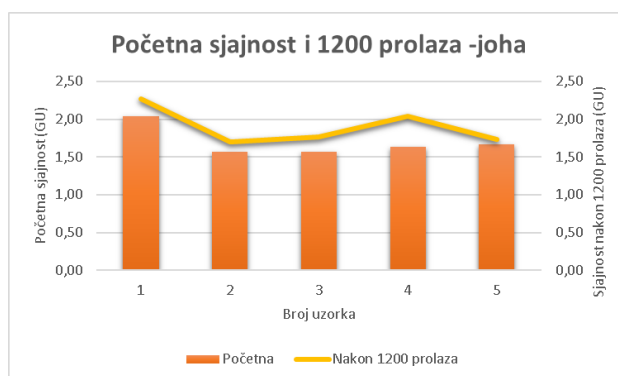
| SJAJNOST - 700 PROLAZA | | | | SJAJNOST - 1200 PROLAZA | | | |
|------------------------|------------|------------|-------------|-------------------------|------------|------------|-------------|
| OČITANJE 1 | OČITANJE 2 | OČITANJE 3 | x | OČITANJE 1 | OČITANJE 2 | OČITANJE 3 | x |
| 2,40 | 2,40 | 2,30 | 2,37 | 2,20 | 2,30 | 2,30 | 2,27 |
| 2,00 | 1,80 | 1,80 | 1,87 | 1,90 | 1,60 | 1,60 | 1,70 |
| 2,10 | 1,70 | 1,60 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 1,70 | 1,77 |
| 1,90 | 1,70 | 1,70 | 1,77 | 2,30 | 1,90 | 1,90 | 2,03 |
| 1,90 | 1,70 | 1,70 | 1,77 | 1,90 | 1,60 | 1,70 | 1,73 |



Slika 25 Rezultati sjajnosti johe nakon 300 prolaza [izvorno autor]



Slika 26 Rezultati sjajnosti johe nakon 700 prolaza [izvorno autor]



Slika 27 Rezultati sjajnosti johe nakon 1200 prolaza [izvorno autor]

Joha je pokazala umjerenu sjajnost nakon obrade iako niža od bagrema njezina sjajnost je i dalje prihvatljiva za većinu unutarnjih primjena gdje je potreban uravnotežen izgled. Vrijednosti pokazuju da joha ima ujednačena reflektivna svojstva, ali nešto niža u usporedbi s bagremom.

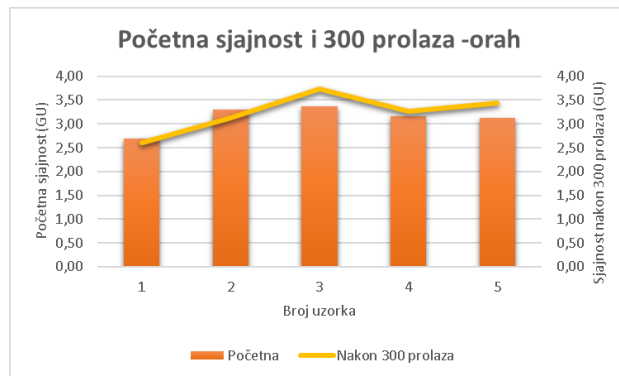
U sljedećim tablicama prikazani su analitički rezultati ispitivanja za orah.

Tablica 16 Rezultati sjajnosti orah (početna i 300 prolaza) [izvorno autor]

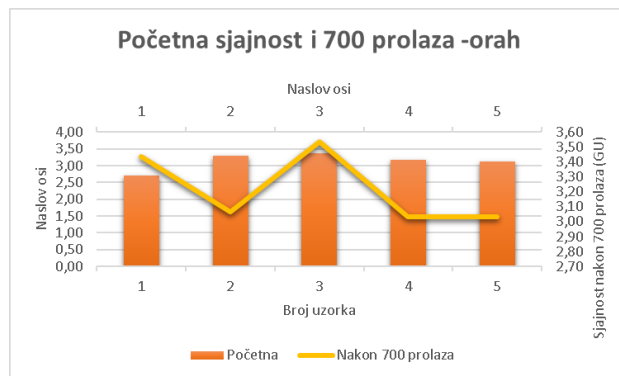
| broj uzorka | SJAJNOST POČETNA | | | | SJAJNOST - 300 PROLAZA | | | |
|-------------|------------------|------------|------------|-------------|------------------------|------------|------------|-------------|
| | OČITANJE 1 | OČITANJE 2 | OČITANJE 3 | x | OČITANJE 1 | OČITANJE 2 | OČITANJE 3 | x |
| 3-1 | 3,00 | 2,80 | 2,30 | 2,70 | 2,70 | 2,60 | 2,50 | 2,60 |
| 3-2 | 3,20 | 3,20 | 3,50 | 3,30 | 3,10 | 3,20 | 3,10 | 3,13 |
| 3-3 | 3,50 | 3,50 | 3,10 | 3,37 | 4,00 | 3,50 | 3,70 | 3,73 |
| 3-4 | 3,40 | 3,00 | 3,10 | 3,17 | 3,20 | 3,20 | 3,40 | 3,27 |
| 3-5 | 3,30 | 3,40 | 2,70 | 3,13 | 3,30 | 3,50 | 3,50 | 3,43 |

Tablica 17 Rezultati sjajnosti oraha (700 i 1200 prolaza) [izvorno autor]

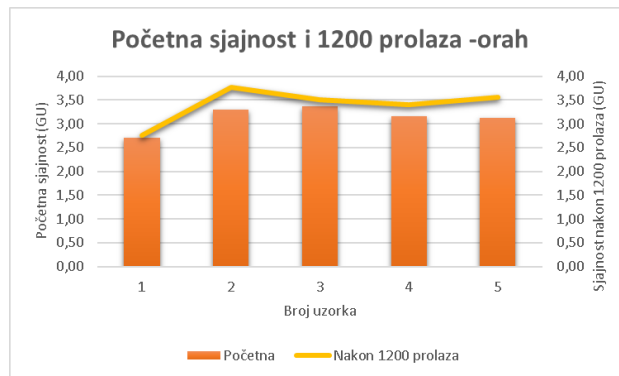
| SJAJNOST - 700 PROLAZA | | | | SJAJNOST - 1200 PROLAZA | | | |
|------------------------|------------|------------|-------------|-------------------------|------------|------------|-------------|
| OČITANJE 1 | OČITANJE 2 | OČITANJE 3 | x | OČITANJE 1 | OČITANJE 2 | OČITANJE 3 | x |
| 3,60 | 3,40 | 3,30 | 3,43 | 2,80 | 2,80 | 2,70 | 2,77 |
| 3,20 | 3,10 | 2,90 | 3,07 | 3,70 | 3,90 | 3,70 | 3,77 |
| 3,60 | 3,60 | 3,40 | 3,53 | 3,10 | 3,60 | 3,80 | 3,50 |
| 3,00 | 3,00 | 3,10 | 3,03 | 3,60 | 3,30 | 3,30 | 3,40 |
| 3,00 | 2,90 | 3,20 | 3,03 | 3,70 | 3,50 | 3,50 | 3,57 |



Slika 28 Rezultati sjajnosti oraħa nakon 300 prolaza [izvorno autor]



Slika 29 Rezultati sjajnosti oraħa nakon 700 prolaza [izvorno autor]



Slika 30 Rezultati sjajnosti oraħa nakon 1200 prolaza [izvorno autor]

Orah je pokazao visoku sjajnost, što ga čini vrlo atraktivnim za primjene gdje je estetski izgled ključan. Njegova prirodna boja i tekstura dodatno doprinose percepciji sjaja. Vrijednosti pokazuju da orah ima vrlo dobra reflektivna svojstva, što ga čini pogodnim za visokokvalitetne završne obloge.

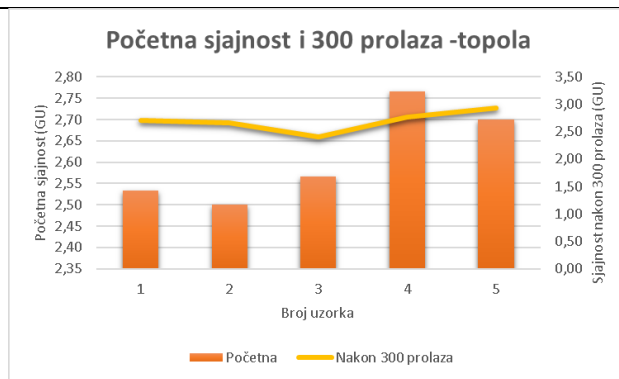
U sljedećim tablicama prikazani su analitički rezultati ispitivanja za topolu.

Tablica 18 Rezultati sjajnosti topole (početna i 300 prolaza) [izvorno autor]

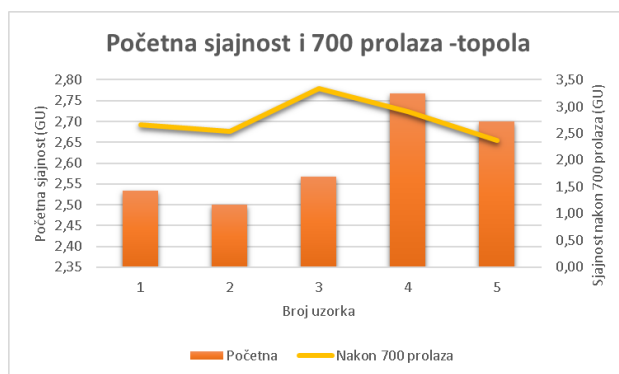
| broj uzorka | SJAJNOST POČETNA | | | | SJAJNOST - 300 PROLAZA | | | |
|-------------|------------------|------------|------------|-------------|------------------------|------------|------------|-------------|
| | OČITANJE 1 | OČITANJE 2 | OČITANJE 3 | x | OČITANJE 1 | OČITANJE 2 | OČITANJE 3 | x |
| 4-1 | 2,60 | 2,50 | 2,50 | 2,53 | 2,60 | 2,70 | 2,80 | 2,70 |
| 4-2 | 2,10 | 2,30 | 3,10 | 2,50 | 3,00 | 2,70 | 2,30 | 2,67 |
| 4-3 | 2,40 | 2,40 | 2,90 | 2,57 | 2,30 | 2,40 | 2,50 | 2,40 |
| 4-4 | 2,70 | 2,40 | 3,20 | 2,77 | 2,80 | 2,70 | 2,80 | 2,77 |
| 4-5 | 3,00 | 2,30 | 2,80 | 2,70 | 2,80 | 3,00 | 3,00 | 2,93 |

Tablica 19 Rezultati sjajnosti topole (700 i 1200 prolaza) [izvorno autor]

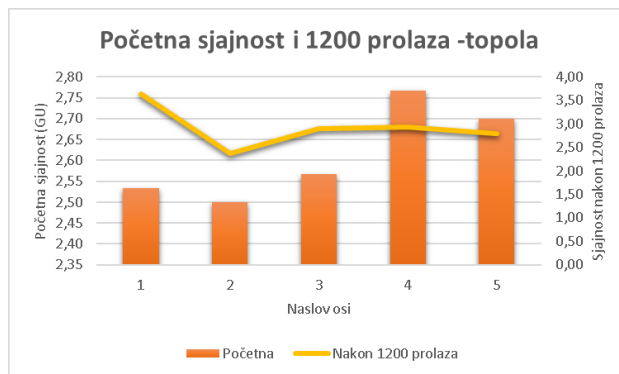
| SJAJNOST - 700 PROLAZA | | | | SJAJNOST - 1200 PROLAZA | | | |
|------------------------|------------|------------|-------------|-------------------------|------------|------------|-------------|
| OČITANJE 1 | OČITANJE 2 | OČITANJE 3 | x | OČITANJE 1 | OČITANJE 2 | OČITANJE 3 | x |
| 2,70 | 2,70 | 2,60 | 2,67 | 3,60 | 3,60 | 3,70 | 3,63 |
| 2,70 | 2,80 | 2,10 | 2,53 | 2,40 | 2,40 | 2,30 | 2,37 |
| 3,30 | 3,30 | 3,40 | 3,33 | 2,60 | 2,90 | 3,20 | 2,90 |
| 3,10 | 2,80 | 2,80 | 2,90 | 2,90 | 3,20 | 2,70 | 2,93 |
| 2,50 | 2,30 | 2,30 | 2,37 | 2,80 | 2,80 | 2,80 | 2,80 |



Slika 31 Rezultati sjajnosti topole nakon 300 prolaza [izvorno autor]



Slika 32 Rezultati sjajnosti topole nakon 700 prolaza [izvorno autor]



Slika 33 Rezultati sjajnosti topole nakon 1200 prolaza [izvorno autor]

Topola je pokazala najnižu sjajnost među ispitivanim vrstama drva. Niska vrijednost sugerira da topola ima ograničenu sposobnost reflektiranja svjetlosti, što može rezultirati manje atraktivnim izgledom. Vrijednosti potvrđuju da topola ima niža reflektivna svojstva, što je u skladu s njenom mekšom teksturom i nižom gustoćom.

3.6.3 Rezultati ispitivanja habanja za bagrem, johu, orah i topolu

Otpornost na habanje ključno je svojstvo, koje određuje trajnost drva u primjenama, gdje je izloženo intenzivnom mehaničkom trošenju, poput podnih obloga, namještaja i vanjskih konstrukcija. Taber test, proveden na četiri vrste drva (bagrem, joha, orah i topola), omogućio je procjenu njihove otpornosti na habanje, izraženu kroz indeks istrošenosti.



Slika 34 Uzorci bagrema i joha nakon taber testa [izvorno autor]



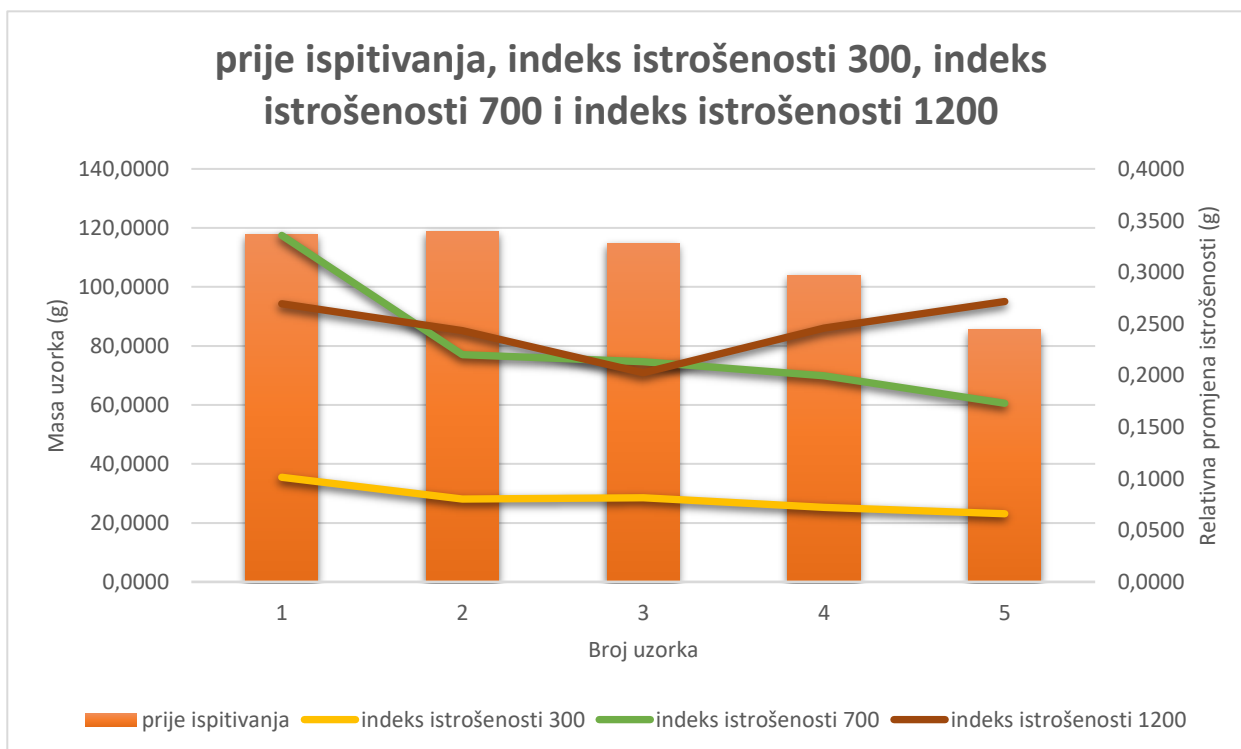
Slika 35 Uzorci oraha i topole nakon taber testa [izvorno autor]

Na slikama 36 - 39 prikazani su rezultati mjerenja indeksa istrošenosti uzoraka prije ispitivanja te nakon 300, 700 i 1200 prolaza. Na y-osi grafikona prikazana je masa uzorka (g), dok x-osi prikazuje pojedine uzorke drva. Narančasti stupci predstavljaju masu uzoraka prije ispitivanja, dok su linijski grafovi različitih boja prikaz mase uzoraka nakon 300 (žuta linija), 700 (zelena linija) i 1200 prolaza (smeđa linija). Na sekundarnoj y-osi prikazana je relativna promjena istrošenosti u gramima (g), što omogućava uvid u smanjenje mase uzoraka uslijed habanja.

U sljedećim tablicama prikazani su analitički rezultati ispitivanja za bagrem.

Tablica 20 Rezultati bagrem [izvorno autor]

| broj uzorka | TABER TEST | | | | | | | | | |
|-------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|
| | težina, g | | | | | | | | | |
| | prije ispitivanja | poslije ispitivanja | razlika 300 prolaza | indeks istrošenosti 300 | poslije ispitivanja | razlika 700 prolaza | indeks istrošenosti 700 | poslije ispitivanja | razlika 1200 prolaza | indeks istrošenosti 1200 |
| 1-1 | 117,8868 | 117,8564 | 0,0304 | 0,1013 | 117,6519 | 0,2349 | 0,3356 | 117,5636 | 0,3232 | 0,2693 |
| 1-2 | 118,8363 | 118,8122 | 0,0241 | 0,0803 | 118,6822 | 0,1541 | 0,2201 | 118,5444 | 0,2919 | 0,2432 |
| 1-3 | 114,8360 | 114,8116 | 0,0244 | 0,0813 | 114,6868 | 0,1492 | 0,2131 | 114,5930 | 0,2430 | 0,2025 |
| 1-4 | 103,9000 | 103,8783 | 0,0217 | 0,0723 | 103,7602 | 0,1398 | 0,1997 | 103,6052 | 0,2948 | 0,2457 |
| 1-5 | 85,4314 | 85,4116 | 0,0198 | 0,0660 | 85,3103 | 0,1211 | 0,1730 | 85,1055 | 0,3259 | 0,2716 |



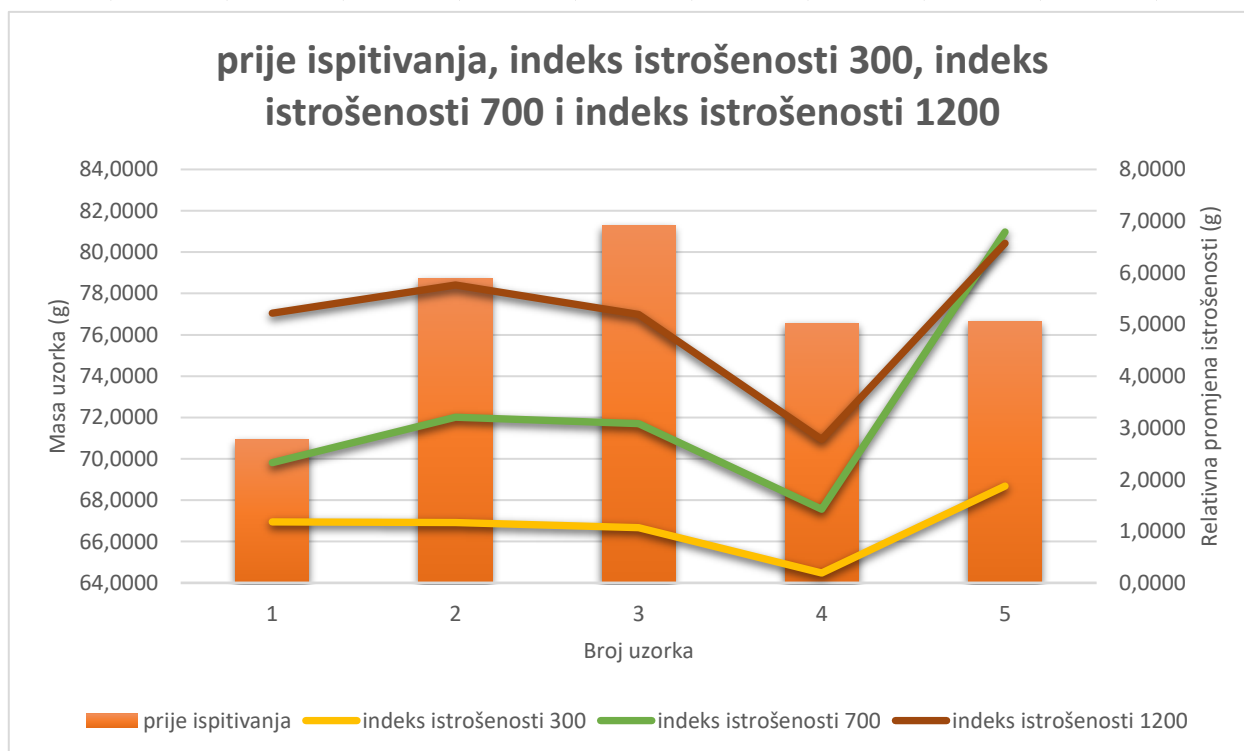
Slika 36 Taber test bagrem [izvorno autor]

Bagrem je pokazao najnižu stopu istrošenosti među ispitivanim vrstama drva, s prosječnom vrijednošću od 0,03 g nakon 300 prolaza Taber testa. Ova izuzetno niska stopa istrošenosti ukazuje na visoku otpornost Bagrema na habanje, čime se potvrđuje njegova prikladnost za primjene, gdje je trajnost ključna, poput podova i vanjskih obloga.

U sljedećim tablicama prikazani su analitički rezultati ispitivanja za joha.

Tablica 21 Rezultati joha [izvorno autor]

| broj uzorka | TABER TEST | | | | | | | | | |
|-------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|
| | težina, g | | | | | | | | | |
| | prije ispitivanja | poslije ispitivanja | razlika 300 prolaza | indeks istrošenosti 300 | poslije ispitivanja | razlika 700 prolaza | indeks istrošenosti 700 | poslije ispitivanja | razlika 1200 prolaza | indeks istrošenosti 1200 |
| 2-1 | 70,9130 | 70,5594 | 0,3536 | 1,1787 | 69,2860 | 1,6270 | 2,3243 | 64,6495 | 6,2635 | 5,2196 |
| 2-2 | 78,7034 | 78,3524 | 0,3510 | 1,1700 | 76,4575 | 2,2459 | 3,2084 | 71,7833 | 6,9201 | 5,7668 |
| 2-3 | 81,2870 | 80,9668 | 0,3202 | 1,0673 | 79,1284 | 2,1586 | 3,0837 | 75,0540 | 6,2330 | 5,1942 |
| 2-4 | 76,5586 | 76,5013 | 0,0573 | 0,1910 | 75,5613 | 0,9973 | 1,4247 | 73,2283 | 3,3303 | 2,7752 |
| 2-5 | 76,6660 | 76,1040 | 0,5620 | 1,8733 | 71,9131 | 4,7529 | 6,7899 | 68,7815 | 7,8845 | 6,5704 |



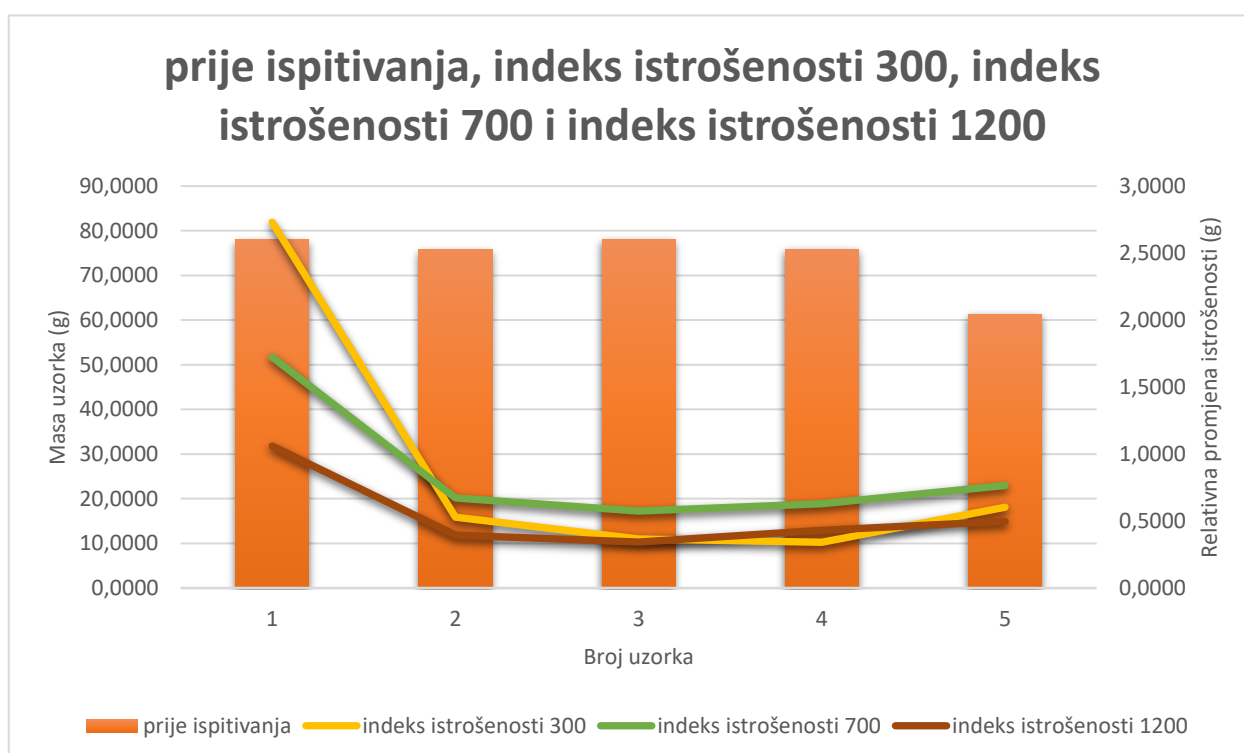
Slika 37 Taber test joha [izvorno autor]

Joha je pokazala umjerenu stopu istrošenosti s prosječnom vrijednošću od 0,07 g nakon 300 prolaza. Ova vrijednost ukazuje na srednju otpornost na habanje, što sugerira da je joha pogodna za unutarnje primjene koje nisu izložene visokim razinama trošenja.

U sljedećim tablicama prikazani su analitički rezultati ispitivanja za orah.

Tablica 22 Rezultati orah [izvorno autor]

| broj uzorka | TABER TEST | | | | | | | | | |
|-------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|
| | težina, g | | | | | | | | | |
| | prije ispitivanja | poslije ispitivanja | razlika 300 prolaza | indeks istrošenosti 300 | poslije ispitivanja | razlika 700 prolaza | indeks istrošenosti 700 | poslije ispitivanja | razlika 1200 prolaza | indeks istrošenosti 1200 |
| 3-1 | 77,9814 | 77,1625 | 0,8189 | 2,7297 | 76,7751 | 1,2063 | 1,7233 | 76,7097 | 1,2717 | 1,0598 |
| 3-2 | 75,7717 | 75,6130 | 0,1587 | 0,5290 | 75,3018 | 0,4699 | 0,6713 | 75,2984 | 0,4733 | 0,3944 |
| 3-3 | 78,1462 | 78,0364 | 0,1098 | 0,3660 | 77,7439 | 0,4023 | 0,5747 | 77,7341 | 0,4121 | 0,3434 |
| 3-4 | 75,8218 | 75,7193 | 0,1025 | 0,3417 | 75,3814 | 0,4404 | 0,6291 | 75,3056 | 0,5162 | 0,4302 |
| 3-5 | 61,3028 | 61,1216 | 0,1812 | 0,6040 | 60,7674 | 0,5354 | 0,7649 | 60,7056 | 0,5972 | 0,4977 |



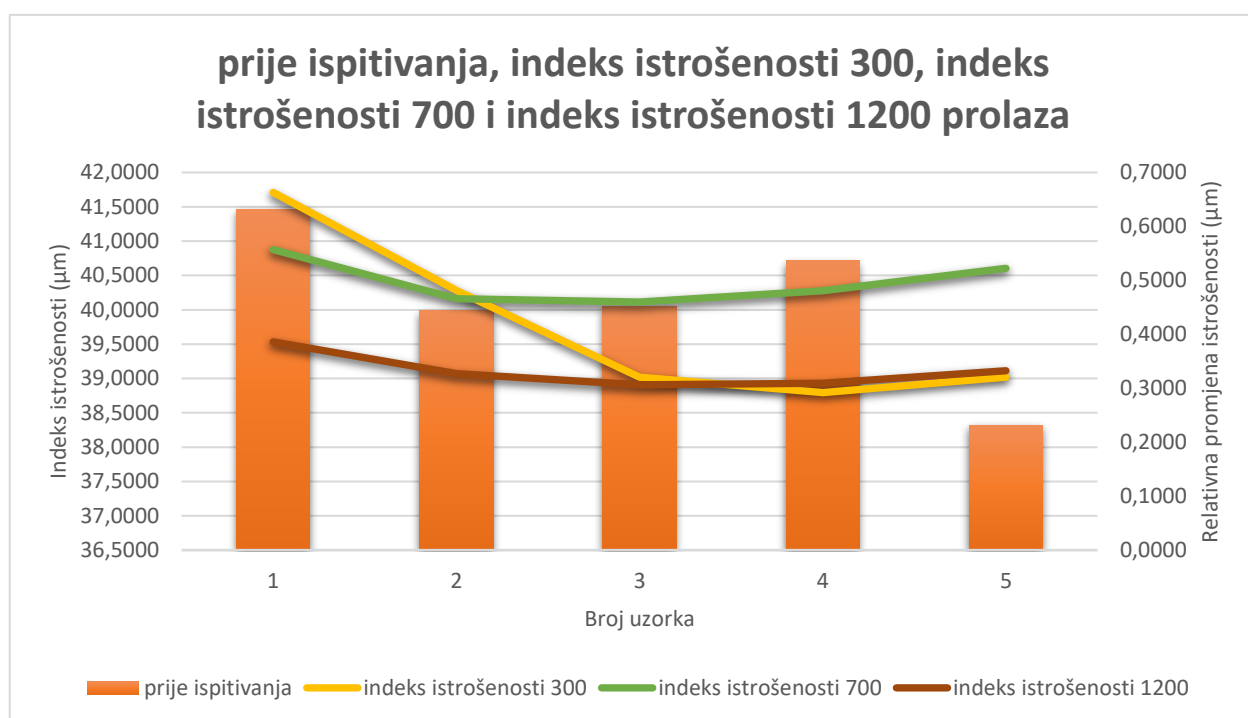
Slika 38 Taber test orah [izvorno autor]

Orah je pokazao vrlo dobru otpornost na habanje s prosječnom stopom istrošenosti od 0,05 g nakon 300 prolaza. Ova vrijednost ukazuje na otpornost sličnu bagremu, iako nešto nižu, što ga čini izdržljivim materijalom za širok raspon primjena.

U sljedećim tablicama prikazani su analitički rezultati ispitivanja za topolu.

Tablica 23 Rezultati topola [izvorno autor]

| broj uzorka | TABER TEST | | | | | | | | | |
|-------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|
| | težina, g | | | | | | | | | |
| | prije ispitivanja | poslije ispitivanja | razlika 300 prolaza | indeks istrošenosti 300 | poslije ispitivanja | razlika 700 prolaza | indeks istrošenosti 700 | poslije ispitivanja | razlika 1200 prolaza | indeks istrošenosti 1200 |
| 4-1 | 41,4636 | 41,2647 | 0,1989 | 0,6630 | 41,0737 | 0,3899 | 0,5570 | 41,0003 | 0,4633 | 0,3861 |
| 4-2 | 39,9880 | 39,8436 | 0,1444 | 0,4813 | 39,6618 | 0,3262 | 0,4660 | 39,5956 | 0,3924 | 0,3270 |
| 4-3 | 40,0429 | 39,9468 | 0,0961 | 0,3203 | 39,7210 | 0,3219 | 0,4599 | 39,6752 | 0,3677 | 0,3064 |
| 4-4 | 40,7126 | 40,6250 | 0,0876 | 0,2920 | 40,3762 | 0,3364 | 0,4806 | 40,3413 | 0,3713 | 0,3094 |
| 4-5 | 38,3218 | 38,2257 | 0,0961 | 0,3203 | 37,9560 | 0,3658 | 0,5226 | 37,9230 | 0,3988 | 0,3323 |



Slika 39 Taber test topola [izvorno autor]

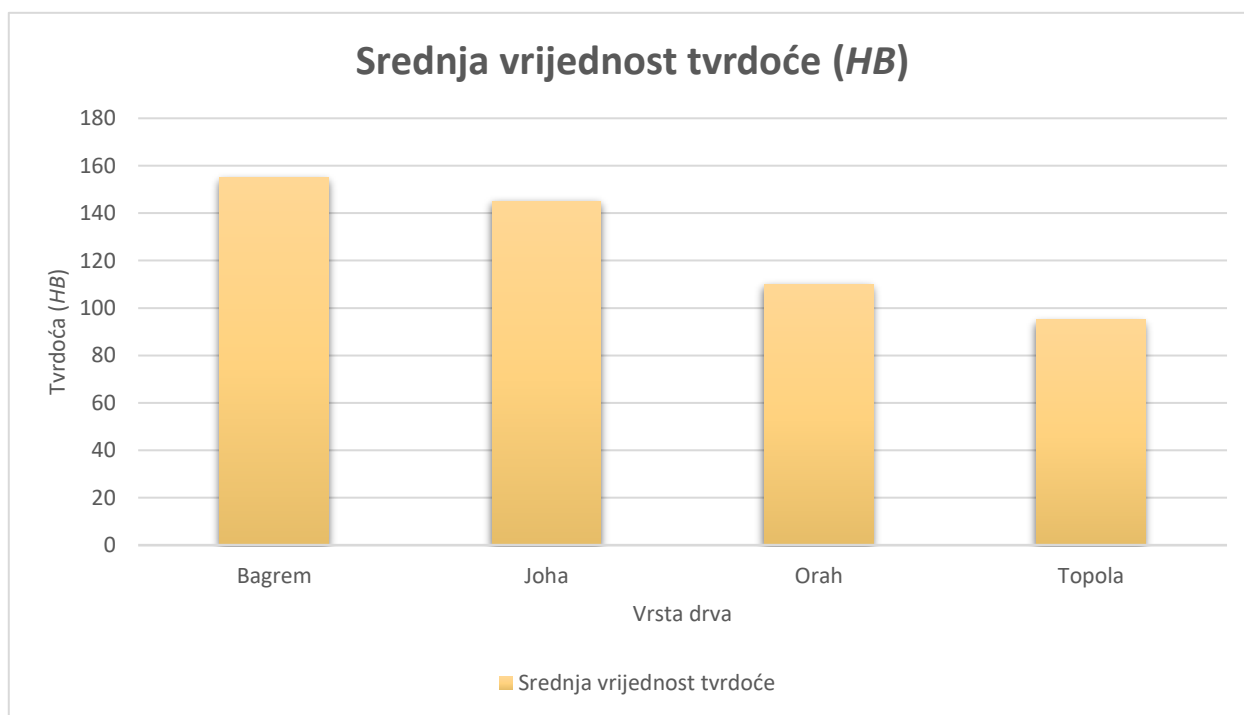
Topola je pokazala najvišu stopu istrošenosti među ispitivanim vrstama drva, s prosječnom vrijednošću od 0,12 g nakon 300 prolaza. Ova visoka stopa istrošenosti ukazuje na nisku otpornost na habanje, čime se ograničava primjena topole u uvjetima, gdje je mehaničko trošenje intenzivno.

3.6.4 Rezultati mjerenja tvrdoće površine za bagrem, johu, orah i topolu

Mjerenje tvrdoće površine četiri ispitivane vrste drva (bagrem, joha, orah i topola) provedeno je, kako bi se utvrdila otpornost na trajne deformacije, i oštećenja pod opterećenjem. Tvrdoća je mjerena pomoću Brinellove metode, pri čemu je metalna kuglica pod određenim opterećenjem utiskivana u površinu uzoraka. U sljedećim tablicama prikazani su analitički rezultati ispitivanja za bagrem, johu, orah i topolu.

Tablica 24 Rezultati ispitivanja tvrdoće bagrema, johe, oraaha i topole [izvorno autor]

| Broj uzorka | Drvo | Srednja vrijednost tvrdoće (HB) |
|-------------|--------|---------------------------------|
| 1 | Bagrem | 155 |
| 2 | Joha | 145 |
| 3 | Orah | 110 |
| 4 | Topola | 95 |



Slika 40 Tvrdoća dijagram za bagrem, johu, orah i topolu [izvorno autor]



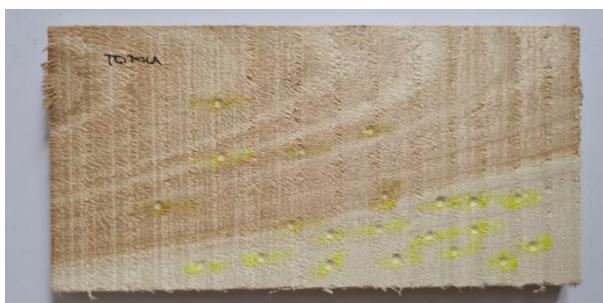
Slika 41 Uzorak bagrema nakon ispitivanja pomoću Brinellove metode [izvorno autor]



Slika 42 Uzorak johe nakon ispitivanja pomoću Brinellove metode [izvorno autor]



Slika 43 Uzorak oraha nakon ispitivanja pomoću Brinellove metode [izvorno autor]



Slika 44 Uzorak topole nakon ispitivanja pomoću Brinellove metode [izvorno autor]

3.6.5 Usporedba hrapavosti za bagrem, johu, orah i topolu

Usporedba hrapavosti među ispitivanim vrstama drva pokazuje različite razine obradivosti i glatkoće površine nakon završne obrade. Bagrem, iako iznimno tvrd i otporan, prirodno ima izraženiju hrapavost zbog svoje gustoće i strukture vlakana. Uz temeljitu obradu, može postići dobru kvalitetu površine, što ga čini pogodnim za primjene koje zahtijevaju otpornost, ali ne nužno najvišu razinu glatkoće. Orah pruža ravnotežu između estetske vrijednosti i funkcionalnosti, jer se relativno lako obrađuje do prihvatljive razine glatkoće. Joha, koja prirodno ima nešto glatkiju površinu od bagrema i oraha, zadržava određene nepravilnosti nakon obrade, ali je prikladna za unutarnje primjene. Topola, s najvišom prirodnom hrapavošću, zahtijeva dodatnu obradu kako bi postigla željenu kvalitetu površine, što može ograničiti njezinu primjenu u estetski zahtjevnijim uvjetima.

Ovi rezultati ukazuju na važnost odabira odgovarajuće vrste drva ovisno o specifičnim zahtjevima primjene, posebno u kontekstu završne obrade i estetike.

3.6.6 Utjecaj obrade na sjajnost površine za bagrem, johu, orah i topolu

Sjajnost površine drva ovisi o više faktora, uključujući vrstu drva, stupanj obrade, korištene alate i završne premaze. Sjajnost je mjerena pomoću glossmetra pod različitim kutovima osvjetljenja, a rezultati su pokazali značajne razlike u reflektivnim svojstvima između različitih vrsta drva nakon obrade.

Bagrem je pokazao najveći porast sjajnosti nakon obrade. Visok stupanj sjajnosti ukazuje na to da bagrem vrlo dobro reagira na mehaničku obradu, posebno na poliranje, koje izuzetno naglašava prirodnu reflektivnost drva.

Obrada bagrema, uključujući fino brušenje i poliranje, rezultirala je značajnim poboljšanjem sjajnosti, što ga čini idealnim za primjene, gdje je estetski izgled ključan, poput luksuznog namještaja i unutarnjih obloga.

Joha je također pokazala značajan porast sjajnosti nakon obrade, ali s nižim vrijednostima u usporedbi s bagremom. Iako je sjajnost manja, joha i dalje zadržava dovoljno dobar sjaj za većinu unutarnjih primjena.

Mehanička obrada joha, dovela je do vidljivog poboljšanja sjajnosti, iako nije postignuta razina sjaja kao kod bagrema. Ovo čini johu prikladnom za primjene, gdje se traži dobar estetski izgled, ali bez ekstremne reflektivnosti.

Orah je postigao visoke vrijednosti sjajnosti nakon obrade. Njegova prirodna tamna boja i finoća vlakana dodatno naglašavaju sjajnost nakon poliranja.

Poliranje oraha značajno povećava njegovu sjajnost, čineći ga vrlo atraktivnim za visokokvalitetne unutarnje primjene, gdje je potreban spoj estetskog izgleda i funkcionalnosti. Orah se pokazao kao vrlo dobar izbor za završne obrade, koje zahtijevaju visok stupanj reflektivnosti.

Topola je pokazala najniže vrijednosti sjajnosti među ispitivanim vrstama drva. Niska sjajnost sugerira da topola ima ograničenu sposobnost reflektiranja svjetlosti, čak i nakon poliranja. Iako je mehanička obrada, brušenje, donekle poboljšala sjajnost topole, razlike nisu bile značajne kao kod drugih vrsta drva. Topola stoga može biti pogodnija za primjene, gdje visoka sjajnost nije prioritet, ali su potrebne druge karakteristike, poput lakoće i jednostavnosti obrade.

Utjecaj obrade na sjajnost površine značajno varira među različitim vrstama drva. Bagrem i orah pokazali su najbolje rezultate, s visokim porastom sjajnosti nakon obrade, što ih čini pogodnim za primjene, gdje je estetski izgled ključan. Joha je također pokazala dobar porast sjajnosti, ali s nešto nižim vrijednostima, dok je topola, unatoč poboljšanju sjajnosti nakon obrade, zadržala najniže vrijednosti sjajnosti, što ograničava njenu primjenu u estetski zahtjevnijim kontekstima.

Ovi rezultati naglašavaju važnost pažljivog odabira vrste drva i metode obrade kako bi se postigla željena razina sjajnosti, posebno u industrijama, koje zahtijevaju visok stupanj estetske vrijednosti.

3.6.7 Usporedba tvrdoće i povezanost tvrdoće i mehaničke otpornosti drva

Bagrem, s tvrdoćom od 155 *HB*, najtvrdi je među uspoređenim vrstama drva, što ga čini iznimno otpornim na habanje i idealnim za zahtjevne primjene poput vanjskih konstrukcija i parketa. Zbog visoke tvrdoće, obrada bagrema zahtijeva oštre alate i sporiji rad kako bi se spriječilo oštećenje površine i opreme. S druge strane, joha, s tvrdoćom od 145 *HB*, nešto je mekša od bagrema, ali i dalje dovoljno čvrsta za namještaj i unutarnje radove.

Ova vrsta drva pruža dobar balans između tvrdoće i obradivosti, što je čini pogodnom za razne projekte. Orah, s tvrdoćom od 110 *HB*, još je mekši, ali zbog estetske vrijednosti i fine strukture vrlo je cijenjen u proizvodnji luksuznog namještaja. Njegova manja tvrdoća omogućuje jednostavniju obradu, jer se lako oblikuje i reže, no zbog niže otpornosti na ogrebotine nije toliko dugotrajan kao bagrem ili joha. Topola, s najnižom tvrdoćom od 95 *HB*, najmekša je među ovim vrstama i lako se obrađuje, što je čini pogodnom za unutarne obloge i lagane konstrukcije. Međutim, zbog osjetljivosti nije idealna za površine izložene visokim opterećenjima. Ove razlike u tvrdoći među vrstama drva ukazuju na važnost prilagodbe izbora drva prema zahtjevima trajnosti i načinu primjene. Tvrđi materijali poput bagrema bolje podnose vanjske utjecaje i intenzivnu uporabu, dok mekše vrste poput topole omogućuju bržu i lakšu obradu, što je korisno u projektima koji ne zahtijevaju visoku otpornost.

Tvrdoća drva jedan je od ključnih mehaničkih parametara, koji utječu na otpornost materijala na udarce, ogrebotine i trajne deformacije. Tvrdoća drva mjerena je pomoću Brinellove metode, a dobiveni rezultati uspoređeni su s rezultatima otpornosti na habanje iz Taber testa. Cilj je bio utvrditi povezanost između tvrdoće i mehaničke otpornosti različitih vrsta drva, u ovom slučaju bagrem, joha, orah i topola.

Bagrem je pokazao najvišu Brinellovu tvrdoću među ispitivanim vrstama drva, što ukazuje na visoku otpornost na trajne deformacije i udarce.

Visoka tvrdoća bagrema usko je povezana s njegovom izvanrednom otpornošću na habanje, što potvrđuju rezultati Taber testa. Niska stopa istrošenosti ukazuje na to da bagrem može izdržati intenzivno mehaničko trošenje bez značajnih oštećenja.

Tvrdoća bagrema izravno doprinosi njegovoj visokoj mehaničkoj otpornosti, čineći ga idealnim za primjene gdje su trajnost i otpornost na habanje ključni, poput podova i vanjskih konstrukcija.

Orah je pokazao visoku tvrdoću blizu tvrdoće bagrema, što ukazuje na dobru otpornost na udarce i trajne deformacije.

Joha je pokazala umjerenu tvrdoću što ukazuje na manju otpornost na trajne deformacije u usporedbi s bagremom i orahom.

Iako je tvrdoća joha niža, rezultati Taber testa pokazuju da ima prihvatljivu otpornost na habanje što je dovoljno za unutarnje primjene koje nisu izložene intenzivnom trošenju. Analiza povezanosti tvrdoće i mehaničke otpornosti drva pokazala je jasnu korelaciju između visoke tvrdoće i otpornosti na habanje. Bagrem i joha, s najvišim vrijednostima tvrdoće, pokazali su i najvišu otpornost na habanje, što ih čini najboljim izborom za primjene u kojima je trajnost ključna. Orah, s umjerenom tvrdoćom, nudi prihvatljivu otpornost za manje zahtjevne unutarnje primjene. S druge strane, topola, s najnižom tvrdoćom, pokazuje najnižu otpornost na habanje, čime se ograničava njezina upotreba u uvjetima, gdje su mehanička otpornost i dugovječnost ključni faktori.

4 ZAKLJUČAK

Ovo istraživanje pokazalo je značajne razlike među ispitivanim vrstama drva u pogledu površinskih svojstava, uključujući hrapavost, sjajnost, otpornost na habanje i tvrdoću. Bagrem se istaknuo kao najotporniji na habanje i s visokom tvrdoćom, što ga čini prikladnim za primjene gdje su potrebni trajnost i otpornost, poput podova i vanjskih obloga. Joha je, zbog svoje umjerene tvrdoće i prihvatljivih estetskih svojstava, pogodna za unutarnje primjene. Orah je pokazao ravnotežu između estetske privlačnosti i mehaničke otpornosti, čime se preporučuje za visokokvalitetan namještaj. Topola, s najnižom tvrdoćom i najvećom hrapavošću, pokazuje ograničenja u uvjetima gdje su visoka otpornost i glatkoća ključne.

Zaključno, odabir vrste drva za specifične primjene trebao bi se temeljiti na mehaničkim svojstvima i estetskim preferencijama, uzimajući u obzir prednosti i ograničenja svake vrste drva u skladu s potrebama industrije.

LITERATURA

- [1] "Plantea – Portal o biljkama i vrtlarstvu," dostupno na: <https://www.plantea.com.hr/>, pristupljeno 11.05.2024.
- [2] "Drvo," dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/drvo>, pristupljeno 21.05.2024.
- [3] Jankowska, A., & Wiącek, D.: Surface roughness and gloss of thermally modified wood: The effect of wood species and sanding treatment, *Journal of Wood Science*, 65(1), 1-9, 2019.
- [4] Czajkowski, Ł., & Zielonka, P.: The impact of surface roughness on the wear resistance of wood subjected to Taber abrasion test, *Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW, Forestry and Wood Technology*, 85, 78-84, 2014.
- [5] Vera Rede: DRVO - TEHNIČKI MATERIJAL, 2021.
- [6] "Svojstva drva," dostupno na: https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/Svojstva_drva_2014%5B2%5D.pdf, pristupljeno 01.07.2024.

PRILOZI

1. CD