

# Utjecaj hrapavosti na procjenu otpornosti na klizanje lakiranih drvenih površina

---

**Tomašević, Toni**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:428155>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-22**



*Repository / Repozitorij:*

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



**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**

**DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

**SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ**

**DRVNOTEHNOLOŠKI PROCESI**

**TONI TOMAŠEVIĆ**

**UTJECAJ HRAPAVOSTI NA PROCJENU OTPORNOSTI NA KLIZANJE  
LAKIRANIH DRVENIH POVRŠINA**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2018.**

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**  
**DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

**UTJECAJ HRAPAVOSTI NA PROCJENU OTPORNOSTI NA  
KLIZANJE LAKIRANIH DRVENIH POVRŠINA**

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski studij: Drvnotehnološki procesi

Predmet: Tehnološki procesi površinske obrade drva

Ispitno povjerenstvo: 1. (mentor) Prof. dr. sc. Vlatka Jirouš-Rajković

2. Doc. dr.sc. Josip Miklečić

3. Prof. dr. sc. Hrvoje Turkulin

Student: Toni Tomašević

JMBAG: 0068223126

Broj Indeksa: 824/16

Datum odobrenja teme: 9.3.2018.

Datum predaje rada: 10.7.2018.

Datum obrane rada: 13.7.2018.

**Zagreb, Srpanj 2018.**

## Dokumentacijska kartica

Naslov	Utjecaj hrapavosti na procjenu otpornosti na klizanje lakiranih drvenih površina
Title	Influence of roughness on slip-resistance assessment of coated wooden surfaces
Autor	Toni Tomašević
Adresa autora	Trg Mihovila Pavlinovića 6, 21000 Split
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Prof. dr. sc. Vlatka Jirouš-Rajković
Izradu rada pomogao	Doc. dr.sc. Josip Miklečić
Godina objave	2018.
Obujam	50 stranica sveukupno, 51 slika, 4 tablice i 30 navoda literature
Ključne riječi	poliuretanski lak, ulje, UV-lak, hrapavost, klizavost
Key words	polyurethane coating, oil, UV-coating, roughness, slippery
Sažetak	<p>U ovom radu ispitivan je utjecaj hrapavosti površina na otpornost na klizanje lakiranih drvenih površina. Ispitivanje je vršeno s ciljem utjecaja različitih površinskih obrada, različite vrste i različite teksture drva na otpornost klizavosti drvenih površina. Uzorci bukovine su brušeni različitim granulacijama prije nanošenja ulja i poliuretanskog laka, dok uzorci hrastovine su bili brušeni različitim granulacijama i četkani prije nanošenja ulja i poliuretanskog laka, te koristili smo gotov lakirani parket hrastovine površinski obrađen UV-lakom. Nakon različitih površinskih obrada slijedilo je mjerenje debljine filma uzoraka. Debljina filma uzoraka je mjereno pomoću kompjutera i mikroskopa. Nakon toga slijedilo je zasebno ispitivanje hrapavosti i klizavosti površine uzoraka bukovine i hrastovine obrađenim različitim različitim sustavima lakiranja. Hrapavost je mjerena kontaktnom metodom, dok klizavost smo mjerili uz pomoć njihala prema metodi opisanoj u normi HRN EN 14904:2006. Rezultati ispitivanja su pokazali da hrapavost ima utjecaja na otpor klizanju lakiranih drvenih površina, posebno kada su ona navlažena vodom ili sredstvom za čišćenje.</p>

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	2
3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA.....	3
3.1. MATERIJALI .....	3
3.1.1. HRASTOVINA .....	3
3.1.2. BUKOVINA.....	4
3.1.3. POLIURETANSKI LAK .....	5
3.1.4. ULJE.....	9
3.1.5. UV- LAK .....	11
3.2. METODE ISTRAŽIVANJA .....	13
3.2.1. Priprema uzoraka .....	13
3.2.2. Brušenje i četkanje uzoraka .....	13
3.2.3. Nanošenje temeljnog i završnog laka .....	16
3.2.4. Nanošenje ulja.....	18
3.2.5. Mjerenje debljine filma.....	19
3.2.6. Klizavost i ispitivanje klizavosti.....	21
3.2.7. Hrapavost i ispitivanje hrapavosti .....	28
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	33
4.1. Rezultati debljine filma.....	33
4.2. Rezultati klizavosti.....	36
4.3. Rezultati hrapavosti.....	40
4.4. Utjecaj hrapavosti na klizavost površine .....	44
4.4.1. Utjecaj hrapavosti površine na klizavost suhe površine .....	44
4.4.2. Utjecaj hrapavosti površine na klizavost navlažene površine s vodom .....	44
4.4.3. Utjecaj hrapavosti površine na klizavost navlažene površine s uljem .....	45
4.4.4. Utjecaj hrapavosti površine na klizavost navlažene površine sa sredstvom za čišćenje .....	46
5. ZAKLJUČAK.....	47

## 1. UVOD

U ovom diplomskom radu obrađen je utjecaj hrapavosti na procjenu otpornosti na klizanje lakiranih drvenih površina. Uzorci drva koji su korišteni za ispitivanje izrađeni su od hrastovine (*Quercus robur* L.) i bukovine (*Fagus sylvatica* L.).

Problematika klizavosti podnih površina postaje sve aktualnijom jer su se potrošači već dobro upoznali sa svojim pravima pa se sve češće događa da prilikom padova na javnim površinama sudskim putem utužuju vlasnike i zahtijevaju odštete za nezgodu. Promatrajući statističke podatke, može se vidjeti da su najučestaliji uzroci nesreća koje se događaju na radnim mjestima-podovi i prokliznuća, koji predstavljaju gotovo petinu svih prijavljenih nezgoda (Ducman 2012.).

„Hrapavost površine je u općem smislu mikrogeometrijska nepravilnost površine, koja nastaje tijekom postupaka obrade ili drugih utjecaja" (Jelaska, 2011.)

Hrapavost površine ima velik utjecaj na površinsku obradu drva, tj. na finalnu kvalitetu proizvoda, a samim time i na njegova uporabna svojstva (Dubravac, 2015.).

Otpornost na klizanje obično se mjeri pomoću njihala, ali je u posljednje vrijeme za procjenu otpora klizanja sve popularnije i mjerenje površinske hrapavosti. U radu Hooper i sur. (2002.) prikazana je važnost odnosa između površinske hrapavosti i otpornosti klizanju, posebno u područjima gdje postoji opasnost od izloženosti površine različitim nečistoćama. Mjerenje hrapavosti površine daje dodatne informacije o svojstvima površine, odnosno čišćenju površine, što je od velike važnosti tijekom uporabe, ponajviše zbog sigurnosnih razloga. Autori ističu da je uz davanje informacija o klizavosti površine korisno dati i informaciju o hrapavosti površine, posebno gdje postoji opasnost od izloženosti površine vodi.

U ovome radu željeli smo ispitati utjecaj vrste drva, teksture drva, površinske obrade drva na klizavost u suhim i mokrim uvjetima te utjecaj hrapavosti površine na procjenu otpornosti na klizanje lakiranih i nauljenih drvenih površina.

Ispitivanje smo obavili pomoću kontaktne metode za mjerenje hrapavosti te pomoću njihala na način da smo ispitivali vrijednosti klizavosti na četiri različita načina. Prvi način je bio da smo klizavost ispitivali na suho bez nanošenja bilo kakvih tekućina na površinu uzorka, te smo htjeli ispitati otpor klizanju u ovisnosti o predobradi i površinskoj obradi uzorka. Drugi način je bio da smo ispitivali klizavost na mokro s vodom, odnosno htjeli smo vidjeti kolika je vrijednost klizavosti kada se na površini uzorka nalazi voda. Treći način je bio da smo ispitivali klizavost na mokro s uljem, te smo htjeli provjeriti vrijednost klizavosti kada se na površini nalazi ulje i četvrti način je bio da smo ispitivali klizavost na mokro sa sredstvom za čišćenje, odnosno kolika je vrijednost klizavosti kada se na površini nalazi sredstvo za čišćenje.

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Klizavost lakiranih površina čest je uzrok povreda i podova u stambenim prostorijama, ali i u javnim objektima. Podne obloge uz ostale zahtjeve moraju zadovoljiti i kriterij sigurnosti, a ključni parametar pri tome je otpornost na klizanje. U ovome će se radu ispitati klizavost površina obrađenih različitim sustavima površinske obrade i utjecaj hrapavosti površina na rezultate otpornosti na klizanje. Za ispitivanje hrapavosti koristit će se kontaktna metoda, a klizavost će se ispitati pomoću njihala prema metodi opisanoj u normi HRN EN 14904:2006.

### 3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

#### 3.1. MATERIJALI

##### 3.1.1. HRASTOVINA

Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) (slika 1.) bjelogorično je drvo iz roda hrastova porodice Fagaceae. Ono drvo je visine do 40 m (iznimno i do 50 m), a stablo može doseći promjer i do 3 metra. To je dugovječno drvo koje može doseći starost od 500 do 800 godina. Krošnja mu je široka, nepravilna i dobro razgranata. Kora mu je u mladosti glatka s laganim sivo-zelenkastim sjajem, a kasnije uzdužno ispuca. U starosti postaje debela (i do preko 10 cm), sivo smeđe boje i uzdužno ispucala dubljim (do 3-4 cm), a poprečno plitkim brazdama ([https://hr.wikipedia.org/wiki/Hrast\\_lu%C5%BEnjak](https://hr.wikipedia.org/wiki/Hrast_lu%C5%BEnjak)).



Slika 1. Hrast lužnjak

([https://sites.google.com/site/stablahrvatskoj/\\_/rsrc/1457547485949/hrast-luznjak/hrast.jpg](https://sites.google.com/site/stablahrvatskoj/_/rsrc/1457547485949/hrast-luznjak/hrast.jpg))

Hrast je prstenasto porozna vrsta drva. Hrastovina je sastavljena od 42,8 % celuloze, 24,9 % lignina, 25,5 % pentoze, 0,39 % ekstraktivnih tvari i 0,27 % pepela. Neka fizička i mehanička svojstva hrastovine: gustoća (0,43 ... 0,67 ... 0,83 g/cm<sup>3</sup>),



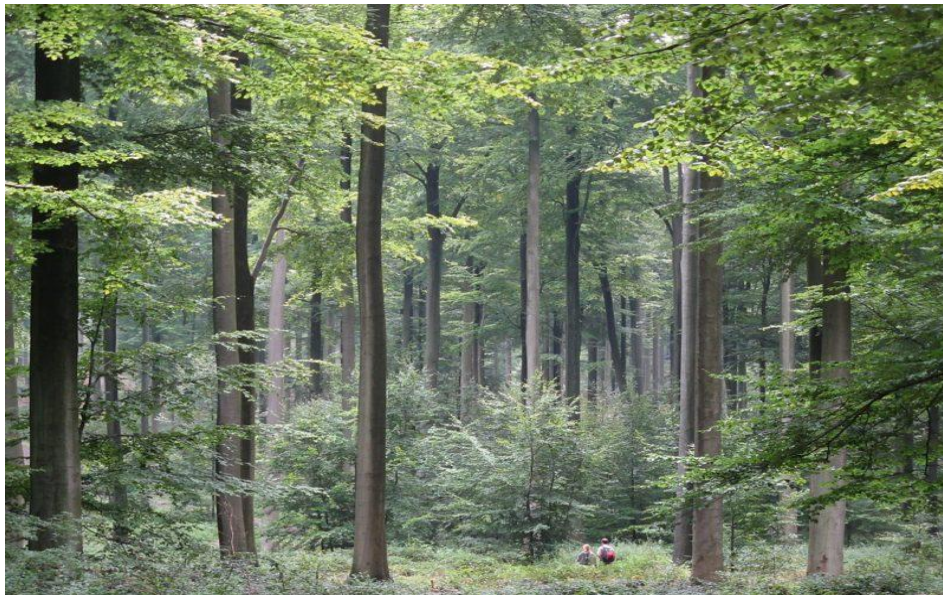
volumno utezanje (8,75 ... 14,22 ... 20,67 %), srednja tvrdoća (670 kPa/cm<sup>2</sup>) itd. (Horvat i Krpan, 1967.)

Vrlo je širok spektar upotrebe hrastovine: prvorazredno tehničko drvo za potrebe građevinarstva, gradnja brodova, pragovi, građevno stolarstvo, namještaj, najbolje drvo za gradnju bačava, rudničko drvo parketi i mnogi drugi proizvodi (Horvat i Krpan, 1967.)

Za potrebe našeg istraživanja korišteno je 30 uzoraka hrastovine od kojih je 15 bočnica i 15 blistača. Hrastovi uzorci su dimenzija 20 x 30 x 2,1 cm i 50 x 9 x 1,4 cm. Uzorci su podijeljeni ovisno o tome jesu li bočnice ili blistače i jesu li četkani ili brušeni i također ovisno o završnoj površinskoj obradi, što ćemo detaljnije opisati kroz istraživanje. (slika 3.)

### 3.1.2. BUKOVINA

Bukva (*Fagus sylvatica* L.) (slika 2.) je bjelogorično drvo koje spada u porodicu *Fagaceae* i najrasprotranjenija je šumska vrsta drva u Hrvatskoj. Bukva raste na planinskim položajima srednje, zapadne te jugoistočne Europe. U Hrvatskoj je autohtona vrsta drveća. Raste na području Maclja, Ivanščice, Medvednice, Papuka, Psunja, Žumberka, u Gorskom kotaru, na Dinari, Velebitu, Bilogori i Kalniku. U jugoistočnoj Europi postoji oko 13 000 000 ha bukovih šuma. Bukva naraste do 40 m visine. Debljina debla može biti i preko 1 m prsnog promjera. Krošnja je široko zarobljena (Roloff i Bartels, 2008.)



Slika 2. Obična bukva (<http://www.agroportal.hr>)

Bukva je difuzno porozna vrsta drva. Bukovina se sastoji od 42,5 – 45,4 % celuloze, 22,5 – 23 % lignina, 21 – 30 % pentoze, 0,17 % proteina, 0,17 – 3,5 % ekstraktivnih tvari i 0,41 – 1,17 % pepela. Neka fizička i mehanička svojstva bukovine: gustoća ( $0,54 \dots 0,72 \dots 0,91 \text{ g/cm}^3$ ), volumno utezanje (14,0 ... 17,5 ... 21,0 %), tvrdoća ( $540 \dots 780 \dots 1100 \text{ kPa/cm}^2$ ) itd. (Horvat i Krpan, 1967.)

Vrlo je širok spektar upotrebe bukovine: visoka gradnja, stube, impregnirano za niske gradnje i vodogradnje, pragovi, rudničko drvo, namještaj furniri, parketi i još mnogo drugi proizvodi. (Horvat i Krpan, 1967.)

Za potrebe ovog istraživanja korišteno je 12 uzoraka bukovine od kojih su 6 blistača i 6 bočnica. Bukovi uzorci su dimenzija 9 x 70 , 9 x 90 , 16 x 70 , 14 x 42 i 9 x 60 cm. Uzorci su podijeljeni na bočnice i blistače i prema završnoj površinskoj obradi, što ćemo detaljnije opisati kroz istraživanje (slika 3.).



Slika 3. Uzorci hrastovine i bukovine

Uzorci hrastovine i bukovine za ispitivanje utjecaja hrapavosti na procjenu otpornosti na klizanje brušeni su različitim granulacijama prije nanošenja završne površinske obrade. Uzorci hrastovine su površinski obrađeni poliuretanskim lakom, uljem i UV lakom, dok su uzorci bukovine površinski obrađeni poliuretanskim lakom i uljem. Nakon površinske obrade uzoraka mjerena je debljina filma laka i ulja pomoću kompjutera i mikroskopa povećanja 100 puta. Hrapavost je mjerena kontaktnom metodom, a klizavost je mjerena pomoću njihala.

### 3.1.3. POLIURETANSKI LAK

Poliuretanski lakovi ubrajaju se u reakcijske lakove, to znači da otvrdnjuju, odnosno prelaze iz tekućega u čvrsto stanje kemijskim reakcijama. Postoje jednokomponentni i dvokomponentni lakovi (Jirouš-Rajković, 2014.).

„U PU lakovima općenito reagiraju hidroksilne grupe u filmotvornom materijalu (osnovi laka) sa otvrdnjivačem koji je na bazi poliizocijanata stvarajući poliuretansku strukturu" (Jirouš-Rajković 2014.)

Osnovne komponente poliuretanskih lakova su:

1. Izocijanati: aromatski (skloniji su žučanju) ili alifatski
2. Polioli (poliesteri) ili drugi spojevi koji se vežu sa izocijanatima
3. Katalizatori: terciarni amini, soli metala
4. Pigmenti: npr. cinkov-oksidi, kromoksi-hidrat
5. Otopila: ne smiju sadržavati vodu, esteri (etilacetat, butilacetat), ketoni
6. Omekšivači: pozitivno utječu na elastičnost filma, prijonljivost (fosfati)
7. Sredstva za razlijevanje (celulozni acetatbutirat, polivinilacetat)

Osnovne karakteristike poliuretanskih lakova su dobra prionljivost, trajna elastičnost, visoka postojanost prema atmosferijama, neosjetljivost na problematične vrste drva, velika trajnost, moguće postizanje svih efekata (otvorene pore, zatvorene pore, mat-sjaja, transparentno, pigmentirano), visoka električna svojstva, otpornost prema vodi i kemikalijama, mala gorivost i relativno visoka cijena. (Jirouš-Rajković, 2014.).

U ovom istraživanju koristili smo dvokomponentni poliuretanski lak za površinsku obradu uzoraka za ispitivanje. Lak koji smo koristili u istraživanju je od proizvođača "Helios Hrvatska d.o.o.". Naziv proizvoda je "Chromoden 2k PU temeljni lak za parkete" i "Chromoden 2k PU lak za parkete sjajni".

Neke karakteristike proizvoda:

1. Chromoden 2K PU temeljni lak za parkete (slika 4. i 5.)
  - a) Vrsta proizvoda: poliuretanski dvokomponentni bezbojni temeljni lak sa specijalnim dodacima
  - b) Namjena: Primjenjuje se kao temeljni lak u sustavu obrade parketa Chromoden 2K PU lakovima za parketa
  - c) Svojstva: Odlično zapunjava pore i manje fuge, tvrd je i odlično se brusi
  - d) Osnovni podaci za mješavinu: Gustoća  $1050 \text{ kg/m}^3$  (HRN EN ISO 2811-1), Sadržaj suhe tvari 50 % (HRN EN ISO 3251), Omjer mješanja 1:1.
  - e) Priprava laka: Prije uporabe potrebno je dobro promiješati svaku komponentu posebno. Lak i kontakt trebaju se zamiješati u čistim i suhim staklenim ili plastičnim posudama, u volumnom omjeru 1:1 (CHROMODEN 2K PU temeljni lak za parkete - CHROMODEN KONTAKT T). Smjesu je potrebno dobro homogenizirati i prije nanošenja na parket ostaviti da odstoji oko 15 min zatim ponovno promiješati i nanijeti. Smjesa je uporabiva maksimalno 2 sata.

- f) Način nanošenja: Nanosi se lopaticom ili valjkom s kratkim dlakama u jednom sloju
- g) Sušenje: Suši se 2 do 4 sata ovisno o načinu nanošenja i vrsti parketa.



Slika 4. Komponenta A temeljnog laka



Slika 5. Komponenta B temeljnog laka

## 2. Chromoden 2k PU lak za parkete sjajni (slika 6. I 7.)

- a) Vrsta proizvoda: poliuretanski dvokomponentni bezbojni lak visokog sjaja sa specijalnim dodacima.
- b) Namjena: Za visoko kvalitetnu zaštitu i dekoraciju parketa i drugih drvnih obloga kada se želi dobiti zaštitni lak visokog sjaja.
- c) Svojstva: Odlikuje se izuzetno visokim sjajem i punoćom filma, izuzetno je dugotrajan i otporan na habanje, odlikuje se visokom tvrdoćom, lako se održava i otporan je na utjecaje blažih kemikalija.
- d) Osnovni podaci za mješavinu: Gustoća  $1020 \text{ kg/m}^3$  (HRN EN ISO 2811-1), Sadržaj suhe tvari 50 g (HRN EN ISO 3251), Sjaj (tež. %) 98-100 % (HRN EN ISO 2813), Omjer mješanja 1:1.
- e) Priprava laka i način nanošenja: Prije uporabe potrebno je dobro promiješati svaku komponentu posebno. Lak i kontakt trebaju se zamiješati u čistim i suhim staklenim ili plastičnim posudama, u

volumnom omjeru 1:1 (CHROMODEN 2k PU SJAJNI LAK - CHROMODEN KONTAKT S). Smjesu je potrebno dobro homogenizirati i prije nanošenja na parket, ostaviti da odstoji oko 15 min zatim ponovno promiješati i nanijeti na parket. Smjesa je uporabiva 6-8 sati. Lak se nanosi kistom, specijalnim valjkom ili štrcanjem u dva do tri sloja na viskoznosti isporuke. Međuslojni interval je 24 sata. Osušeni prvi i drugi sloj laka lagano prebrusiti brusnim papirom br.150 ručno, ili mašinom za poliranje, mrežicom 180 – 220. Prašinu ukloniti usisivačem za prašinu tako da postupak usisavanja ponoviti dok površina ne bude potpuno čista. Za potpuno uklanjanje prašine od poliranja preporučamo korištenje suhих ili poluvlažnih pamučnih krpa. Kao sredstvo za čišćenje se može koristiti voda ili Chromoden sredstvo za pranje alata. Nakon brisanja potrebno je ostaviti površinu da se u potpunosti osuši i zatim još jednom pobrisati.

- f) Sušenje: na prašinu 1 do 2 sata, za rukovanje nakon 24 sata i za potpuno suho 48 sati.



Slika 6. Komponenta A završnog laka



Slika 7. Komponenta B završnog laka

### 3.1.4. ULJE

Ulja su trigliceridi određenih masnih kiselina, odnosno esteri trovalentnog alkohola glicerola i masnih kiselina. Ime ulje (eng. *oil*) potječe od grčkoga *elaion* = maslinovo stablo. Ulja su miješani trigliceridi zasićenih i nezasićenih masnih kiselina. Ulja su to sušivija koliko više sadrže nezasićenih masnih kiselina. Sastav ulja nije konstantan te varira s obzirom na vrstu biljke i tla, vremenom branja i vremenskim uvjetima (Bulian, Graystone, 2009).

**Tablica 1.** Klasifikacija određenih ulja u odnosu na njihov kemijski sastav (Bulian, Graystone, 2009)

Vrste ulja	Ime	Zasićene kiseline (%)	Mono-nezasićene (oleinske) (%)	DI-nezasićene (linolne) (%)	TRI-nezasićene (linolenske) (%)	Nezasićene konjugirane (eleostearinska)
Sušivo	laneno	10	20	20	50	-
	tungovo	5	8	4	3	80
Polusušivo	soja	20	20	50	10	-
	pal	10	46	41	3	-
Nesušivo	pamučno	35	25	40	-	-
	kokosovo	91	7	2	-	-

Vrste i podjela ulja:

Prema porijeklu ulja su:

- I. Trigliceridi biljnog porijekla (vegetabilna, esteri), a mogu biti:
  1. Sušiva (jodni broj iznad 100) – laneno, tungovo, suncokretovo, konopljino
  2. Polusušiva (jodni broj 100-150) – kukuruzno, pamukovo
  3. Nesušiva (jodni broj 75-100) – risinusovo, maslinovo (Perinović Jozić, 2003).

Jodni broj označava broj grama joda koja se adira na dvostruke veze u 100 g ulja. Veći jodni broj ukazuje na prisustvo više nezasićenih kiselina (Šoljić, 2014).

Biljna ulja su esteri viših masnih kiselina i trihidroksi alkohola glicerola, a dobivaju se prešanjem ili ekstrakcijom iz sjemenki, plodova ili lišća biljaka (Jamanicki, 2008)

Sušiva i polusušiva ulja suše oksipolimerizacijom, što se može ubrzati sikativima. U sušivim uljima prevladava linolenska kiselina, u polusušivim pretežito linolna i oleinska kiselina, a u nesušivim uljima pretežito oleinska kiselina (Perinović Jozić, 2003).

Čista biljna ulja su gotovo bez mirisa i okusa, otapaju se u organskim otapalima i ne miješaju s vodom. U industriji se najčešće upotrebljavaju laneno, tungovo i ricinusovo ulje (Jamnicki, 2008).

## II. Trigliceridi životinjskog porijekla (animalna, eterična)

1. Ulja kopnenih životinja (ulja papaka)
2. Ulja morskih životinja (jetrena ulja) – uglavnom riblje ulje jer je otpornije na toplinu (Perinović Jozić, 2003).

## III. Trigliceridi mineralnog porijekla

To su uljevite tekućine sastavljene uglavnom od ugljikovodika, a dobivaju se kao produkti destilacije nafte, ugljena i katrana (Jamnicki, 2008).

## IV. Trifliceridi umjetnog porijekla (sintetička)

Sintetička ulja se dobivaju procesom kemijskih sinteza (Jamnicki, 2008).

U ovom istraživanju koristili smo dvokomponentno ulje za parkete za površinsku obradu uzoraka za ispitivanje. Ulje koje smo koristili u istraživanju je od proizvođača "Helios Hrvatska d.o.o.". Naziv proizvoda je „Chromoden 2K ulje za parkete bijelo“ (slika 8. i 9.).

Neke karakteristike proizvoda:

- a) Namjena: premaz za impregniranje drvenih podova i parketa, te vrtnog namještaja koji ističe boju i teksturu drva.
- b) Svojstva: svilenkast sjaj, prikladno za kupaonice, bazene i prostorije izložene visokoj vlažnosti, za unutarnje i vanjske drvene površine i vrtni namještaj, brzo sušenje, zbog dvokomponentnog kemizma daje otpornost na blaže kemikalije i vrlo je postojano za visoko opterećene prostorije, postojanost ovisi o tvrdoći parketa koji se ulji, jednostavno je za rad i ne razrjeđuje se.
- c) Gustoća: oko  $1000 \text{ kg/m}^3$  (HRN EN ISO 2811-1)
- d) Primjena: Zamiješati Chromoden 2K ulje komponentu A i komponentu B u omjeru 5:1. Dobro promiješati smjesu i ostaviti da smjesa odstoji 5 - 10 min. Prije apliciranja još jednom promiješati smjesu. Smjesa je uporabiva 4 - 6 sati.

Preporučeno nanošenje špahtlom te 10-15 minuta nakon nanošenja, višak ulja je potrebno ukloniti ili pamučnom krpom ili bijelim filcom. Na površini ne smije ostati višak materijala jer ga kroz idućih nekoliko sati neće moći biti ukloniti. Prvih 7 dana nakon završetka radova ne prekrivati nauljenu površinu

- e) Sušenje: na prašinu 1 do 2 sata, za rukovanje nakon 24 sata i za potpuno suho 48 sati.



Slika 8. komponenta B ulja



Slika 9. komponenta A ulja

### 3.1.5. UV- LAK

UV premazi su blagodat za industriju boja, jer oni ne samo da smanjuju količinu hlapivih organskih spojeva već i ubrzavaju proizvodne procese i pružaju zaštitne, izdržljive i atraktivne površine (Paint and coatings industry, 2008.).

U ovom ispitivanju koristili smo gotove lakirane hrastove parkete površinski obrađene s UV- lakovima. Sustav UV- laka gotovog hrastovog parketa je od proizvođača "Bona" i UV- lak je nanošen u 6 slojeva. Prvi nanos iznosi 23, drugi 73,5, treći 80,5, četvrti 19, peti 4 i šesti 5 grama po metru kvadratnome.



UV- lakovi otvrdnjavaju UV zračenjem, vezivo UV- lakova sadrži funkcionalne grupe koje polimeriziraju pod utjecajem ultraljubičaste svjetlosti te pri tome nastaje trodimenzionalna netopljiva mreža. Veziva UV- lakova sadrže -C=C- dvostruke veze te određuju glavna svojstva otvrdnjavajućeg filma poput otpornosti na habanje, kemijske otpornosti, fleksibilnosti, tvrdoće i čvrstoće na vlak i savijanje.

Najvažnija UV veziva za radikalnu polimerizaciju u području premaza za drvo su:

- 1) Nezasićeni poliesteri
- 2) Epoksid-akrilati
- 3) Poliester-akrilati
- 4) Polieter-akrilati
- 5) Uretan-akrilati
- 6) Izocijanat-akrilati za dualne postupke otvrdnjavanja

Sastojci UV otvrdnjavajućih premaza:

- 1) UV otvrdnjavajuće vezivo
- 2) Reaktivni razrjeđivač, monomer
- 3) Pigmenti, punila, sredstva za matiranje
- 4) Fotoinicijatori, sinergisti
- 5) Aditivi: sredstva protiv pjenjenja, silikonska ulja, inhibitori, stabilizatori

Prednosti UV lakova:

- 1) Ekonomske
  - a) Ušteda energije
  - b) Visoka produktivnost
  - c) Mali prostor
  - d) Brzo otvrdnjivanje
- 2) Ekološke
  - a) Bez otapala odnosno 100 % suhe tvari
  - b) Smanjenje otpada u procesu
- 3) Kvalitativne (svojstva)
  - a) Manje zagrijavanje podloge
  - b) Trajnost proizvoda povećana
  - c) Jednostavnost nanošenja
  - d) Bolja otpornost na ogrebotine, kemijska otpornost, tvrdoća
  - e) Sjaj

Nedostaci UV- lakova:

- 1) Investicijski troškovi
- 2) Tehnologija zahtjeva prilagodbu 3D proizvoda
- 3) Moguće iritacije kože uslijed reaktivnih razrjeđivača (monomera) (Jirouš-Rajković, 2017.)

## **3.2. METODE ISTRAŽIVANJA**

### **3.2.1. Priprema uzoraka**

### **3.2.2. Brušenje i četkanje uzoraka**

Brušenje je jedan od osnovnih i najbitnijih postupaka u površinskoj obradi drva. Zbog toga je važno navesti neke definicije brušenja.

„Brušenje je najčešće posljednja i najfinija faza mehaničke obrade drva u kojoj se materijal obrađuje nizom oštrica nedefinirane geometrije" (Jirouš-Rajković, 1991.).

Brušenje je vrlo precizan postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem) koji se upotrebljava za finu i pretežito završnu obradu pretežito tvrdih površina ravnog, cilindričnog ili složenog oblika (Sedmak, 2013.).

„Brušenje je najzastupljeniji i najgospodarstveniji postupak završne obrade odvajanjem čestica" (Labura, 2015.).

Čimbenici koji utječu na proces i kvalitetu brušenja su istrošenost brusila, brzina rezanja, brzina pomaka, tlak, oscilacija brusne trake, granulacija i vrsta abrazivnog zrna, dužina kontakta brusila s drvom, sadržaj vode u drvu, vrsta drva i smjer brušenja (Jirouš-Rajković, 1991.).

Ciljevi brušenja (Jirouš-Rajković, 2015.):

- 1) Kalibriranje drvenih elemenata da bi se uklonile razlike u debljini
- 2) Poboljšanje svojstava površine nakon prethodne obrade, primjerice uklanjanje tragova noža nakon blanjanja
- 3) Izjednačavanje i poboljšavanje izgleda površine, stvaranje vizualno atraktivne površine
- 4) Poboljšavanje adhezije i zaglađivanje površine prije nanošenja sljedećeg sloja premaza
- 5) Ublaživanje (zaglađivanje) oštih rubova

Brušenje površine drva se može izvršiti strojno i ručno. U našem istraživanju smo brusili uzorke ručno u smjeru vlaknaca. (slika 10.)



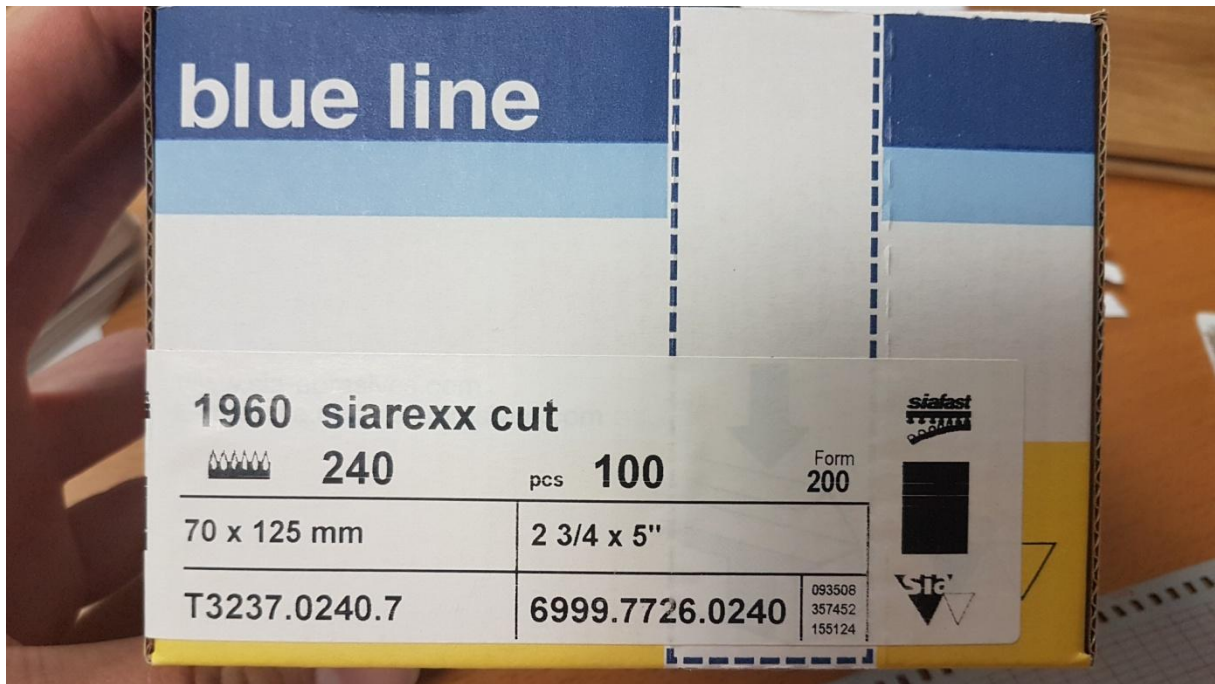
Slika 10. Uzorci i materijalza ručno brušenje uzoraka

„Osnova ručnog brušenja je što jednostavnije prelaženje brusnim sredstvom po površini obratka, kako bi se odbila ujednačena površina. Osnovni alat za ručno brušenje je papirnata ili platnena traka na kojoj su nalijepljena brusna zrnca. Osim brusnih traka, brusna zrnca se mogu koristiti na više načina kao brusna ploča, kao brusni kameni (zrnca sortirana i povezana potrebnim vezivom) i u obliku samih brusnih zrnaca koja se nasipavanju na mjesto obrade" (Slade, 2012.).

Prije nanošenja temeljnog laka, potrebno je uzorke izbrusiti. Kao što smo ranije spomenuli, uzorke smo brusili ručno u smjeru vlakana. Brušenje je prva faza obrade koju je potrebno izvesti na uzorcima. Koristili smo različite granulacije brusnih papira na uzorcima hrastovine i bukovine. Sveukupno se brusilo 40 uzoraka, od toga 24 uzorka hrastovine i 16 uzoraka bukovine i brusili su se s 2 različita načina brušenja:

- 1) P 120 – P240 – P240
- 2) P 120

Između nanošenja temeljnog i završnog laka, uzorci su međufazno brušeni granulacijom P 240, dok smo prije nanošenja ulja koristili samo granulaciju P 120. Ručno smo brusili s brusnim papirom različitih granulacija proizvođača "Sia" (slika 11.).



Slika 11. Brusni papir granulacije 240 od proizvođača "Sia"

Dio uzoraka obrađivao se četkanjem. U ovom istraživanju četkali smo uzorke da bismo provjerili koliki je utjecaj četkanja površina uzoraka na vrijednost hrapavosti i klizavosti. Najčešće primarni cilj četkanja je zbog estetskih razloga i zbog što boljeg izražavanja površine drva.

Četkanje površina drva korištenjem četki za strukturiranje površine drva daje isti reljefni efekt kao i pjeskarenje. Četkanje je jednostavniji postupak od pjeskarenja. Uzdužno četkanje je najsličnije pjeskarenju. Četkanje žičanim četkama može biti ručno (za manje količine ili površine) ili strojno na protočnim strojevima s žičanim četkama. Nakon obrade iščetkana površina se naknadno čisti i glača četkama od sintetičkog materijala ili pomoću kotura za glačanje. Za uzdužno strojno četkanje koristi se četka promjera oko 200 mm, sa debljinom četki između 1,0 i 1,2 mm i brojem okretaja u opsegu od 200 do 1000 o/min. Kod prevelikog promjera, prevelikog broja okretaja i korištenjem tankih četki može doći do rebrastih tragova ili tragova grebanja na površini koja se obrađuje. Potrebno je četkati istosmjerno ili u suprotnom smjeru od kretanja predmeta obrade, a najbolji rezultati se postižu prilikom kombinacije kretanja četki u jednom prolazu po površini, pri čemu se čisto četkaju drvena vlakanca (Jaić i Živanović-Trbojević, 2000.)

Prilikom našeg istraživanja ručno smo četkali uzorke (slika 12). Četkanjem smo obradili samo uzorke hrastovine.



Slika 12. četka za ručno četkanje uzoraka

### 3.2.3. Nanošenje temeljnog i završnog laka

Nakon što smo uzorke izbrusili i iščerkali, sljedeća faza je nanošenje temeljnog poliuretanskog dvokomponentnoga laka. Prije nanošenja temeljnog poliuretanskog dvokomponentnoga laka morali smo izračunati točan nanos laka na svaki uzorak jer su uzorci hrastovine i bukovine.) bili uglavnom različitih dimenzija. Slijedili smo upute proizvođača koje kažu da se potroši cca. 1 litra laka na  $9 \text{ m}^2$  površine. Stoga smo izračunali kvadraturu uzorka i pomnožili s predviđenom količinom potrošnje 1 litre laka ( 0,111 kg) po  $\text{m}^2$  površine.

Nanos temeljnog laka na uzorke:

Hrastovina, dimenzije:

a) Bočnice  
 $200 \times 300 \text{ mm} = 0,06 \text{ m}^2 \times 111 \text{ g} = 6,7 \text{ g}$

b) Blistače  
 $500 \times 90 \text{ mm} = 0,045 \text{ m}^2 \times 111 \text{ g} = 5 \text{ g}$

Bukva (*Fagus sylvatica* L.), dimenzije:

a) Bočnice  
 $0,16 \times 0,700 \text{ mm} = 0,112 \text{ m}^2 \times 111\text{g} = 12,4 \text{ g}$   
 $0,14 \times 0,420 \text{ mm} = 0,0588 \text{ m}^2 \times 111\text{g} = 6,5 \text{ g}$   
 $0,09 \times 0,600 \text{ mm} = 0,054 \text{ m}^2 \times 111\text{g} = 6 \text{ g}$

b) Blistače

$$0,09 \times 0,700 \text{ mm} = 0,063 \text{ m}^2 \times 111 \text{ g} = 7 \text{ g}$$

$$0,09 \times 0,900 \text{ mm} = 0,081 \text{ m}^2 \times 111 \text{ g} = 9 \text{ g}$$

Napomena: rezultati množenja kvadrature uzoraka i količine nanosa ulja po  $1 \text{ m}^2$  površine su bili decimalni brojevi pa smo zaokruživali na prvi najbliži okrugli broj.

Nakon što smo izračunali točan nanos temeljnog laka u gramima po površini uzoraka slijedilo je nanošenje temeljnog laka. Lak je prije nanošenja na uzorke miješan u omjeru 1A:1B prema uputama proizvođača.

Za točan količinski nanos temeljnog laka na uzorke, koristili smo digitalnu vagu s točnošću do 4 mjerne jedinice te je taj proces potrebno raditi svaki put prije nanosa laka na uzorke. Dopuštene oscilacije u količinskom nanosu laka su bile od +0,5 do -0.2 u odnosu na točan količinski nanos laka. Lak je na uzorke nanesen ručno kistom (slika 13.).



Slika 13. mjerenje količine nanosa uz pomoć digitalne vage

Završni poliuretanski dvokomponentni lak je nanesen na uzorke na isti način kao i temeljni poliuretanski dvokomponentni lak. Završni lak je također u pripremi miješan omjerom 1A:1B prema uputama proizvođača, te se koristio isti količinski nanos na uzorke. Lak je također nanesen ručno kistom. Zbog brzog otvrdnjivanja temeljnog i završnog laka potrebno je veoma brzo nanositi lak na uzorke. Temeljni lak je nanesen jednom, dok je završni lak nanesen dva puta na uzorke. Temeljni lak se sušio 3 do 4 sata, pa je nanesen prvi sloj završnog laka koji se sušio 24 sata, te je nakon 24 sata slijedio još jedan nanos završnog laka. Temeljni i završni lak sušio se u sobnim uvjetima ( $20 \text{ }^\circ\text{C}$  i 50% relativne vlažnosti zraka). Nakon što su uzorci bili u potpunosti lakirani, ostavljeni su da se suše tjedan dana da bi se u potpunosti završilo otvrdnjivanje laka kemijskom reakcijom prije mjerenja debljine filma i ispitivanja klizavosti i hrapavosti na uzorcima.

### 3.2.4. Nanošenje ulja

Nakon što smo uzorke izbrusili i iščetkali, slijedeća faza je nanošenje dvokomponentnog ulja. Kao i kod lakiranja morali smo izračunati točan količinski nanos ulja (slika 14.) na uzorke jer su uzorci hrastovine i bukovine bili uglavnom različitih dimenzija. Slijedili smo upute proizvođača koje kažu da se potroši cca. 0,8 litara ulja na 10 m površine. Stoga smo opet izračunali kvadraturu uzoraka i pomnožili s predviđenom količinom potrošnje ulja (80g) po 1m<sup>2</sup> površine.

Nanosi ulja na uzorke:

Hrast, dimenzije:

- a) Bočnice  
 $200 \times 300 \text{ mm} = 0,06 \text{ m}^2 \times 80 \text{ g} = 4,8 \text{ g}$
- b) Blistače  
 $500 \times 90 \text{ mm} = 0,045 \text{ m}^2 \times 80 \text{ g} = 5,0 \text{ g}$

Bukva, dimenzije:

- a) Bočnice  
 $0,16 \times 0,700 \text{ mm} = 0,112 \text{ m}^2 \times 80 \text{ g} = 9,0 \text{ g}$   
 $0,14 \times 0,420 \text{ mm} = 0,0588 \text{ m}^2 \times 80 \text{ g} = 5,0 \text{ g}$   
 $0,09 \times 0,600 \text{ mm} = 0,054 \text{ m}^2 \times 80 \text{ g} = 4,5 \text{ g}$
- b) Blistače  
 $0,09 \times 0,700 \text{ mm} = 0,063 \text{ m}^2 \times 80 \text{ g} = 5 \text{ g}$   
 $0,09 \times 0,900 \text{ mm} = 0,081 \text{ m}^2 \times 80 \text{ g} = 6,5 \text{ g}$

Napomena rezultati množenja kvadrature uzoraka i količine nanosa ulja na 1m<sup>2</sup> površine su bili decimalni brojevi pa smo zaokruživali na prvi najbliži okrugli broj.

Nakon što smo izračunali točan nanos ulja u gramima na površine uzoraka slijedilo je nanošenje ulja. Ulje je prije nanošenja na uzorke miješano u omjeru 5A:1B prema uputama proizvođača(slika 14.).

Za točan količinski nanos ulja na uzorke koristili smo digitalnu vagu s točnošću do 4 decimale te je također kao kod nanošenja laka potrebno taj proces raditi svaki put prije nanosa ulja na uzorke. Dopuštene oscilacije u količinskom nanosu ulja su bile od +0,2 do -0,2 u odnosu na točan količinski nanos ulja. Ulje je kao i kod nanošenja laka nanoseno ručno kistom.



Slika 14. nanošenje ulja kistom

Nakon što je ulje nanoseno na svaki uzorak, potrebno je ostaviti nauljeni uzorak da se suši pri sobnim uvjetima (20 °C i 50% relativne vlažnosti zraka) 15 minuta da se ulje upije u uzorak te je nakon toga potrebno pamučnom krpicom odstraniti višak ulja na površini uzorka. Nakon što su uzorci bili u potpunosti nauljeni, ostavljeni su da se suše tjedan dana da bi u potpunosti završio kemijski proces otvrdnjivanja ulja prije mjerenja debljine filma i ispitivanja klizavosti i hrapavosti na uzorcima.

### 3.2.5. Mjerenje debljine filma

Nakon što smo uzorke lakirali i nauljili, slijedilo je mjerenje debljine filma na uzorcima. Uzorci su piljeni na manje uzorke za potrebe mjerenja debljine filma (slika 15).





Slika 15. uzorci za mjerenje debljine filma

Za pripremu uzoraka za mjerenje debljine filma potrebno je prvo uzorke dobro strojno rotacijskom brusilicom izbrusiti da bi mogli što preciznije izmjeriti točnu debljinu filma na poprečnom presjeku. Granulaciju P240 smo koristili na prvoj rotacijskoj brusilici zatim granulaciju P1200 na drugoj rotacijskoj brusilici (slika 16. i slika 17.)

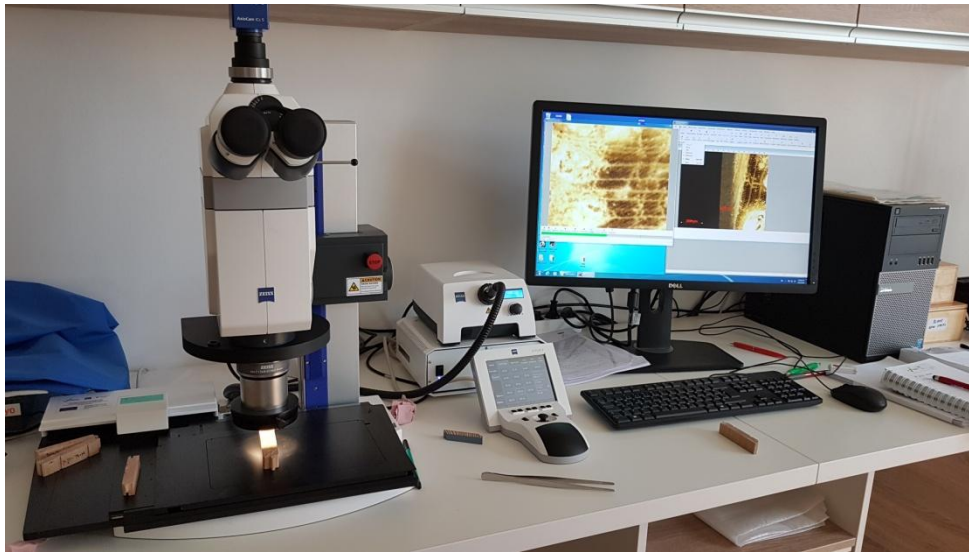


Slika 16. rotacijska brusilica (P240)



Slika 17. rotacijska brusilica (P1200)

Debljinu filma smo mjerili pomoću kompjutora i mikroskopa (povećanje do 100 puta) (slika 18.).



Slika 18. kompjutor i mikroskop za mjerenje debljine filma

### 3.2.6. Klizavost i ispitivanje klizavosti

Prema australskom istraživačkom centru 'Monash University accident research centre' (MUARC) u Australiji se svake godine događa više od 500 padova sa smrtnim posljedicama, a preko 110 000 osoba se hospitalizira zbog neugodnog pada u svojim stambenim prostorijama (Ducman, 2012.)

Pokliznuća i padovi u ravnini kretanja vrlo su česti uzroci nesreća na radnom mjestu. U radu su istraživana osnovna načela pomoću kojih se određuje vrijednost otpora pokliznuću ili protuklizne karakteristike materijala podne obloge, zatim čimbenici koji utječu na načine hodanja čovjeka. Svakoj površini namijenjenoj za kretanje ljudi moguće je odrediti vrijednost otpora klizanja ili protuklizne karakteristike materijala podne obloge u suhom i mokrom stanju i to u laboratorijskim uvjetima i/ili pomoću terenskih mjerenja. Određivanje vrijednosti otpora pokliznuća obavlja se odgovarajućim mjernim instrumentima. Predlaže se klatno kao mjerni instrument. Pomoću tako izmjerenih vrijednosti određuje se vjerojatnost pokliznuća za mjerenu podnu oblogu. Predloženi su kriteriji sigurnosti pomoću kojih se procjenjuje vjerojatnost pokliznuća materijala podne obloge. Predlaže se da se svi materijali podnih obloga prvo ispituju u laboratorijskim uvjetima, kako bi se još u fazi projektiranja radnih prostorija i prostora obratila pozornost na smanjivanje opasnosti od pokliznuća kao mjere zaštite na radu. Zbog promjenjivih radnih uvjeta na radnom mjestu i okolišu koji su različiti od laboratorijskih uvjeta, pri kojima se mjere svojstva protukliznosti novih materijala podnih obloga, nužno je nakon ugradnje podne obloge provesti ispitivanja u realnim uvjetima okruženja radnog mjesta. Pri tome se preporučuje provedba ispitivanja materijala podnih obloga kako u suhom, tako i u mokrom stanju (Mijović i sur. , 2008.).

Obloge na hodnim površinama moraju biti otporne na habanje, glatke i ne smiju biti klizave. Zbog svega toga u slučaju utvrđivanja karakteristika klizavosti za neke je

obloge u radnim prostorima dosta teško nedvosmisleno odrediti jesu li suviše klizave ili nisu (Ducman, 2012.).

Podne obloge uz ostale zahtjeve moraju zadovoljiti i kriterij sigurnosi prilikom uporabe. Ključni parametar pri tome je klizavost. Čimbenici koji utječu na klizavost neke površine su: materijal i struktura površine, prisutnost tekućina i način čišćenja podne obloge. Svojstva podnih obloga se s vremenom jako mijenjaju pa se stoga razvijaju metode habanja pomoću kojih bi se omogućila ocjena podnih obloga dugoročne stabilnosti čimbenika klizavosti. Neke protuklizne tehnike koje bi mogle smanjiti klizavost podloge su pjeskarenje i brušenje površine, kiselinško jetkanje (urezivanje) ili upotreba ljepljivih traka ili premaza (boje ili epoksi smole) s protukliznim česticama (Ducman, 2012.).

Pri određivanju vrijednosti otpora klizanju ključno je poznavati i uzimati u obzir niz čimbenika. Nakon izmjerenih vrijednosti potrebno je prihvatiti kriterije pomoću kojih se može s dovoljno sigurnosti ustvrditi sigurnost podnih obloga s obzirom na vjerojatnost klizanja u ravnini za različite uvjete podne obloge (Mijović i sur. , 2008.).

Utjecajni čimbenici klizanja:

- 1) Pod: čvrstoća materijala podne obloge, vrsta materijala podne obloge, profil površine podne obloge
- 2) Međusloj: bez međusloja, s međuslojem, viskoznost međusloja, debljina međusloja
- 3) Obuća: čvrstoća materijala đona obuće, materijal đona, profil površine đona
- 4) Čimbenici hoda: brzina kretanja, dinamika tijela u hodu, prepoznavanje klizavosti površina (Mijović i sur. , 2008.)

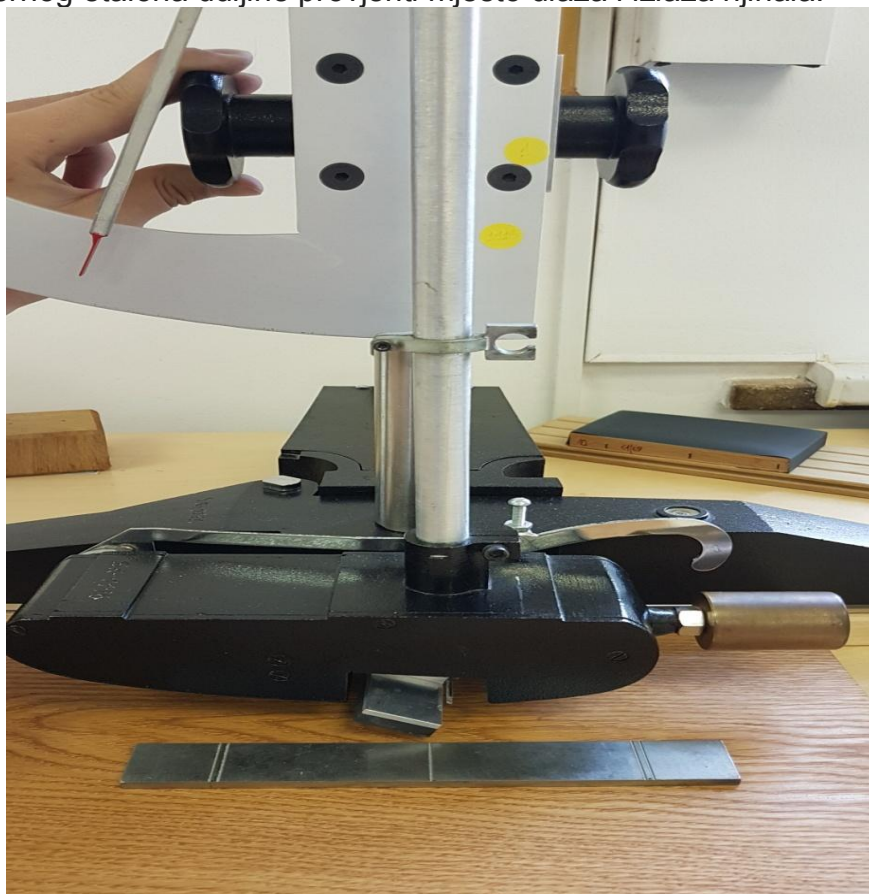
Dakle, možemo zaključiti da je ispitivanje klizavosti podnih obloga metoda koja je neophodna za određivanje karakteristika podnih obloga za što sigurniji i ugodniji ljudski život bez povreda i padova. Mala odnosno slaba klizavost je jako važna kod javnih objekata (škole, bolnice, sportske dvorane, itd.), kućanstava i drugih javnih površina da bi se izbjegle ozljede od padova.

U ovom istraživanju provedeno je mjerenje klizavosti parketnih podnih obloga pomoću njihala (slika 19), prema metodi opisanoj u normi HRN EN 14904:2006. Cilj istraživanja je bio ustanoviti ima li način predobrade površine podnih drvenih obloga (brušeno ili četkano) i površinske obrade podnih drvenih obloga (dvokomponentni poliuretanski lak ili dvokomponentno ulje) utjecaj na klizavost podnih drvenih obloga.



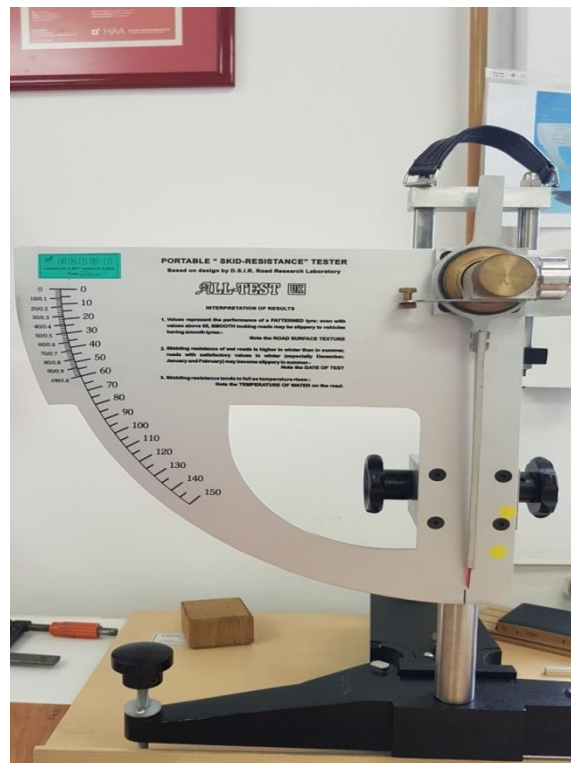
Slika 19. Njihalo za ispitivanje klizavosti

Prije početka samog ispitivanja potrebno je provjeriti ispravnost ispitne opreme. Prvo treba provjeriti je li ispitna guma na njihalu suha, ako kojim slučajem nije onda je potrebno s pamučnom krpicom pobrisati površinu gume na njihalu. Zatim je potrebno pomoću mjernog etalona duljine provjeriti mjesto ulaza i izlaza njihala.



Slika 20 mjerni etalon

Sredina mjernog etalona odnosno crtica na sredini mjernog etalona se namjesti prema sredini uređaja te se prema mjernom etalonu duljine namješta visina i ulaz skošenih bridova gumice. Ulaz bridova gumice mora se nalaziti između dvije crte s lijeve i desne strane mjernog etalona tako da bridovi gumice mogu biti prve dodirne točke ispitne površine. Nakon toga potrebno je postaviti klatno i pokazivač u početni položaj te postaviti ispitni uzorak za ispitivanje (slika 21).



Slika 21 klatno i pokazivač u početnom položaju

Ispitivanje klizavosti smo provodili na hrastovim uzorcima (lakiranim poliuretanskim lakom, lakiranim UV- lakom, uljenima i uljenima i četkanima) i bukovim uzorcima (lakiranim poliuretanskim lakom i uljenima) u smjeru vlakana. Ispitivanja smo provodili na 10 različitih mjesta na uzorku. Klizavost površina ispitivali smo na četiri različita načina. Prvi način ispitivanja bio je na "suho", tj. nismo koristili nikakve tekućine na površinama ispitnih uzoraka nego smo samo ispitivali klizavost u ovisnosti o predobradi (četkanje ili brušenje) i površinskoj obradi uzorka (slika 22).



Slika 22 Ispitivanje klizavosti na "suho"

Drugi način je bio da smo prije svakog očitavanja rezultata površinu uzorka navlaživali vodom te nakon ispitivanja pobrisali višak vode s površine pomoću pamučne krpice. Isti postupak ponavljali smo na različitim mjestima na uzorku dok nismo dobili 10 mjernih rezultata (slika 23. i 24.).



Slika 23 priprema ispitivanja klizavosti površine prilikom utjecaja vode



Slika 24 ispitivanje klizavosti pri utjecaju vode na površinu uzorka

Treći način je bio da smo neposredno pred ispitivanjem klizavosti nanijeli laneno ulje na površine uzoraka pomoću pamučnih krpica i ispitivali klizavost površine pri utjecaju lanenog ulja (slika 25. i 26.).



Slika 25 laneno ulje koje smo koristili prilikom ispitivanja klizavosti pri utjecaju ulja na površinu uzorka



Slika 26 uzorak na kojem smo ispitivali klizavost pri utjecaju ulja na površinu uzorka

Četvrti i zadnji način ispitivanja klizavosti je bio da smo nanijeli tekućinu za čišćenje na uzorke i ispitivali klizavost površine pri utjecaju sredstva za čišćenje. (slika 27.). Tekućina za čišćenje bila je od proizvođača 'Pronto'. Sastav tekućine za čišćenje je sljedeći:

- 1) Reakcijska smjesa: 5-kloro-2-metil-4-izotiazolin-3-ona i 2-metil-2H-izotiazol-3-ona (3:1), d-Limonen
- 2) Sastojci: manje od 5% sapuna, neionske površinske aktivne tvari. Također sadrži miris, limonene, geraniol, dimethylol glycol, methylchloroisothiazolinone i methylisothiazolinone.

Tekućina se pripremila prema uputama proizvođača razrijeđena s toplom vodom u omjeru 5:1.





Slika 27 priprema uzorka za ispitivanje klizavosti nanošenjem pronto sredstva za čišćenje

Način ispitivanja klizavosti će se provoditi klatnom prema opisanoj metodi u normi HRN EN 14904:2006.

Ispitivanje se provodi na način da se klatno otpusti s tim da se mora paziti kada se vraća nazad u povratnom kretanju njihala da se uhvati odnosno zaustavi prije dodirivanja gumice s površinom uzorka. Nakon toga se očitava vrijednost te se opet briše ispitna gumica na njihalu i ispitivanje se nastavlja na isti način.

### 3.2.7. Hrapavost i ispitivanje hrapavosti

Teško je dati točnu definiciju hrapavosti.

Razvoj tehnika mjerenja hrapavosti doveo je do toga da se površina počela mjeriti i brojačno istraživati bez znanstvenog definiranja onog što se mjeri. Iako su se mnogi autori bavili hrapavošću površine drva, ne postoji jedinstveni dogovor o definiciji hrapavosti niti o načinu njenog mjerenja (Ebewelle i sur. , 1980).

Zbog težine točnog definiranja hrapavosti u daljnjem tekstu ću navesti nekoliko definicija hrapavosti.

Stumbo (1960.) definira hrapavost površine kao topografiju ili odstupanja na granici između tijela i njegove okoline, no priznaje da je takva definicija nepogodna za porozne tvari kao što je drvo.

„Hrapavost je takvo stanje površine koje se ne može u vezi s normiranim jedinicama izraziti jednostavnom matematičkom funkcijom" (Alić, 1975.).

„Tehničke površine nisu idealno glatke geometrijske plohe koje razdvajaju dva medija, nego su to, mikroskopski gledano, hrapave plohe karakterizirane nizom neravnina raznih veličina, oblika i rasporeda. Posljedica tome su postupci obrade odvajanjem čestica ili postupci obrada bez odvajanja čestica" (Denjo, 2015.).

„Površinska hrapavost je sveukupnost mikrogemoetrijskih nepravilnosti na površini predmeta (koje su mnogo puta manje od površine cijelog predmeta), a prouzrokovane su postupkom obrade ili nekim drugim utjecajima" (ISO 4287).

Postoje razne metode mjerenja hrapavosti. Najjednostavnije metode su vizualna metoda i metoda ocjenjivanja putem opipa. Uz najjednostavnije postoje i složenije metode mjerenja koje se dijele na: posredne (indirektne) i neposredne (direktne) metode mjerenja hrapavosti površine (Jirouš-Rajković, 1991.).

U posredne metode ubrajaju se: metoda s pastom po Flemmingu, pneumatska metoda, optička metoda, metoda klizanja vodene kapljice i metoda preslikavanja. Kod tih metoda hrapavost se izražava jedinicama kao što su  $\text{cm}^2$ ,  $\text{cm}^3$ ,  $\text{cm}^3/\text{s}$ , s postotkom odbijene svjetlosti ili mjerama za kut (Jirouš-Rajković, 1991.).

Neposredne metode mjerenja hrapavosti su one koje na određen način daju presjeke, odnosno profile ispitivanih površina i dijele se na kontaktne metode i beskontaktno metode. Kod kontaktne metode profil površine dobije se mehaničkim kontaktom između igle i površine (slika 28) gdje igla određenog radijusa zaobljenja i pri određenom pritisku dolazi u stalni ili privremeni kontakt sa ispitivanom površinom, a vertikalno pomicanje igle predstavlja dubinu, odnosno visinu neravnina na površini. Kod beskontaktnih metoda profil površine određuje se bez mehaničkog kontakta s ispitivanom površinom. Ove se metode zasnivaju na principima optike te se još nazivaju i optičke metode. U njih se ubrajaju: metoda svjetlosnog presjeka, metoda sjene od noža i metoda interferencije svjetlosti (Jirouš-Rajković, 1991.).



Slika 28 mehanički kontakt između igle i površine

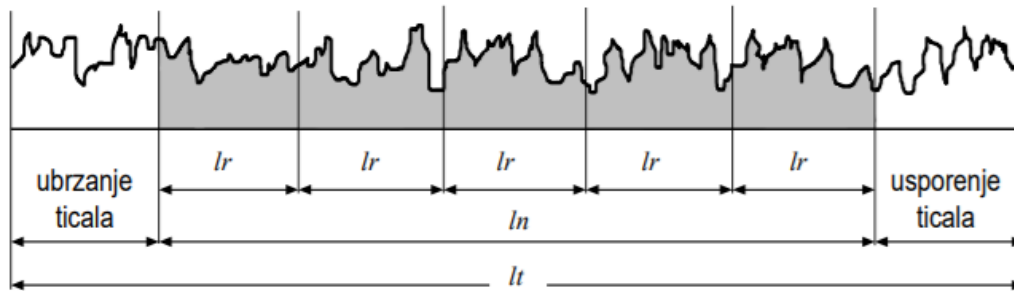
Hrapavost površine uzoraka mjerena je pomoću uređaja TALYSURF 10 za neposredno (direktno), kontaktno mjerenje hrapavosti površine (slika 29.). Ovaj uređaj je vrsta profilometra, a osim profilometra za kontaktno mjerenje hrapavosti koriste se još profilografi i profilografi – profilometri. Profilometri su instrumenti sa direktnim očitavanjem nekih parametara hrapavosti. Vertikalno pomicanje igle pretvara se u električne impulse, koji se preko filtera određenih karakteristika vode u računalno – mjerni instrument. Mjerni instrument kontinuirano integrira pomicanje igle, odnosno električne impulse izazvane tim pomicanjem i pokazuje vrijednost parametara hrapavosti. Uloga filtera povezana je sa referentnom dužinom. Filter propušta električne impulse određenog raspona frekvencija, tj. električne impulse koje su izazvale neravnine određene širine (određenog koraka). Na taj način, očitana vrijednost hrapavosti vezana je za određenu valnu duljinu. Pretvaranje pomicanja igle u električne impulse vrši se induktivno, optoelektrički i piezoelektrički" (Jirouš-Rajković, 1991.).



Slika 29 instrument za kontaktno mjerenje hrapavosti površine

Mjerna igla uređaja ima promjer  $2,5 \mu\text{m}$  na koju djeluje sila od  $1 \text{ mN}$ . Prilikom mjerenja na uređaju je bilo postavljeno vertikalno povećanje  $V_v=1000x$  i horizontalno povećanja  $V_h=20x$ . Mjerenje hrapavosti vršilo se poprečno na smjer vlaknaca na devet vrsta uzoraka. Na dvije vrste uzorka četkane hrastovine nije bilo moguće provesti mjerenje hrapavosti jer su se četkanjem strukturne neravnine površine povećale do te mjere da je hrapavost površine bila izvan mjernog područja uređaja. Na svakom uzorku vršeno je 10 mjerenja.

Za lakše razumijevanje objašnjenja parametara hrapavosti bitno je objasniti karakteristične duljine 2D profila hrapavosti  $l_t$ ,  $l_n$  i  $l_r$  (slika 30.) Duljina vrednovanja  $l_n$  je zbroj svih referentnih duljina  $l_r$ . Duljina ispitivanja  $l_t$  je ukupna duljina mjerenja hrapavosti koja se sastoji od ubrzanja ticala, duljine vrednovanja i usporenja ticala. Referentna duljina  $l_r$  je iznosom jednaka graničnoj vrijednosti filtera  $c$ , a  $c$  se može iščitati iz tablice 3. U ovom istraživanju referentna debljina iznosila je  $l_r=0,8 \text{ mm}$ , dok je duljina vrednovanja iznosila  $l_n=5 \times 0,8 = 4 \text{ mm}$ .



Slika 30 karakteristične duljine 2D profila hrapavosti (Runje, 2014.)

**Tablica 2.** Preporučених граничних vrijednosti filtra (Runje, 2014.)

REFERENTNA DULJINA	DULJINA VREDNOVANJA	PERIODIČKI PROFIL	NEPERIODIČKI PROFIL	
			Rz u $\mu\text{m}$	Ra u $\mu\text{m}$
$lr(\lambda c)$ u mm	$ln = 5 \times lr$ u mm	RSm u $\mu\text{m}$	Rz u $\mu\text{m}$	Ra u $\mu\text{m}$
0,08	0,4	>0,013 do 0,04	do 0,1	do 0,02
0,25	1,25	>0,04 do 0,13	>0,1 do 0,5	>0,02 do 0,1
0,8	4	>0,13 do 0,4	>0,5 do 10	>0,1 do 2
2,5	12,5	>0,4 do 1,3	>10 do 50	>2 do 10
8	40	>1,3 do 4	>50	>10

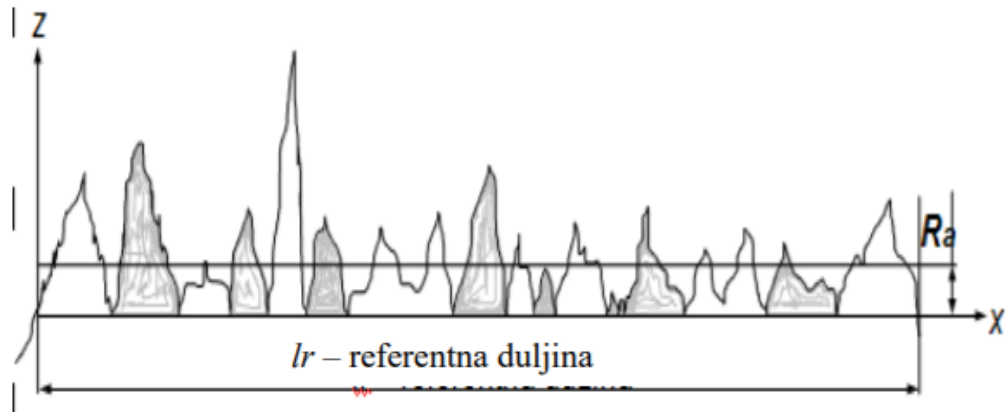
Prema Runje (2014.) parametri hrapavosti profila površine za 2D mjerni sustav mogu biti:

- 1) Amplitudni parametri – opisuju varijacije po visini profila
- 2) Uzdužni parametri – opisuju varijacije uzduž profila
- 3) Hibridni parametri – opisuju varijacije iz kombinacije uzdužnih i amplitudnih karakteristika profila
- 4) Krivuljni i srodni parametri – opisuju varijacije na krivuljama dobivene iz uzdužnih i amplitudnih karakteristika profila

U ovom ispitivanju koristili smo amplitudne parametre za mjerenje hrapavosti, odnosno parametre Ra i Rz (slika 31 i 32).

Ra je najčešće korišten parametar hrapavosti. Ra predstavlja aritmetičku sredinu apsolutnih odstupanja profila hrapavosti od srednje linije.

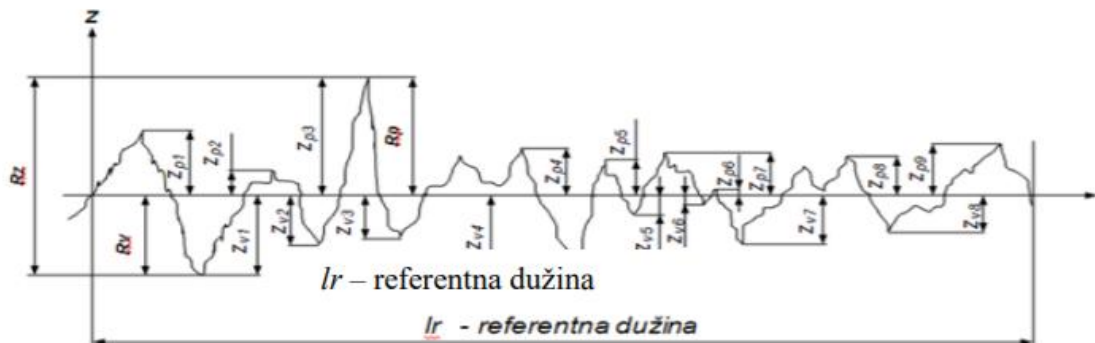
$$Ra = \frac{1}{lr} \int_0^{lr} |Z(x)| dx$$



Slika 31. Grafički prikaz parametra hrapavosti i formula za izračunavanje parametra hrapavosti Ra (Runje, 2014.)

Rz je najveća visina profila unutar referentne duljine. Jednaka je zbroju najveće dubine dola profila i najveće visine vrha profila na referentnoj duljini.

$$Rz = Rv + Rp$$



Slika 32. Grafički prikaz parametra hrapavosti Rz (Runje, 2014.)

## 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

### 4.1. Rezultati debljine filma

U tablici 3. prikazane su debljine filmova premaza na ispitivanim uzorcima. Kao što se da primijetiti, na skoro svim uzorcima smo uspjeli pronaći 5 debljina, osim na hrastovoj blistači uljenoj i četkanj (uzorak 5) i hrastovoj (bočnici) uljenoj (uzorak 5). Po ovim rezultatima se da primijetiti da su najveće debljine filma bile na bukvoj bočnici obrađenoj poliuretanskim lakom (uzorak 6), što nije iznenađujuće jer se poliuretanski lak nanosio u 3 sloja (temeljni i dva završna). Najmanje debljine filma izmjerene su na uzorku bukove bočnice obrađene uljem (uzorak 4), što nam također nije iznenađujuće jer bukovina kao jedna difuzno porozna vrsta drva bolje upija nego hrastovina.

**Tablica 3..** Rezultati mjerenja debljine filma ( $\mu\text{m}$ )

BU-BL-U-5	6	9	7	6	6
BU-BL-PU-6	73	76	82	95	97
BU-BO-PU-6	169	172	201	201	195
BU-BO-U-4	7	8	8	8	6
H-BL-PU-6	112	116	110	114	139
H-BL-U-5	22	16	19	18	21
H-BL-UČ-5	14	20	22	-	-
H-BO-PU-5	66	86	78	69	66
H-BO-U-5	14	11	16	6	-
H-UV-5	64	54	61	63	68
H-BO-UČ-5	26	7	13	11	9

\*Legenda tablice:

BU-BL-U-5 – bukva, blistača, ulje, uzorak broj 5

BU-BL-PU-5 – bukva, blistača, poliuretanski lak, uzorak broj 5

BU-BO-PU-6 – bukva, bočnica, poliuretanski lak, uzorak broj 6

BU-BO-U-4 – bukva, bočnica, ulje, uzorak broj 4

H-BL-PU-6 – hrast, blistača, poliuretanski lak, uzorak broj 6

H-BL-U-5 – hrast, blistača, ulje, uzorak broj 5

H-BL-UČ-5 – hrast, blistača, uljeno, četkano, uzorak broj 5

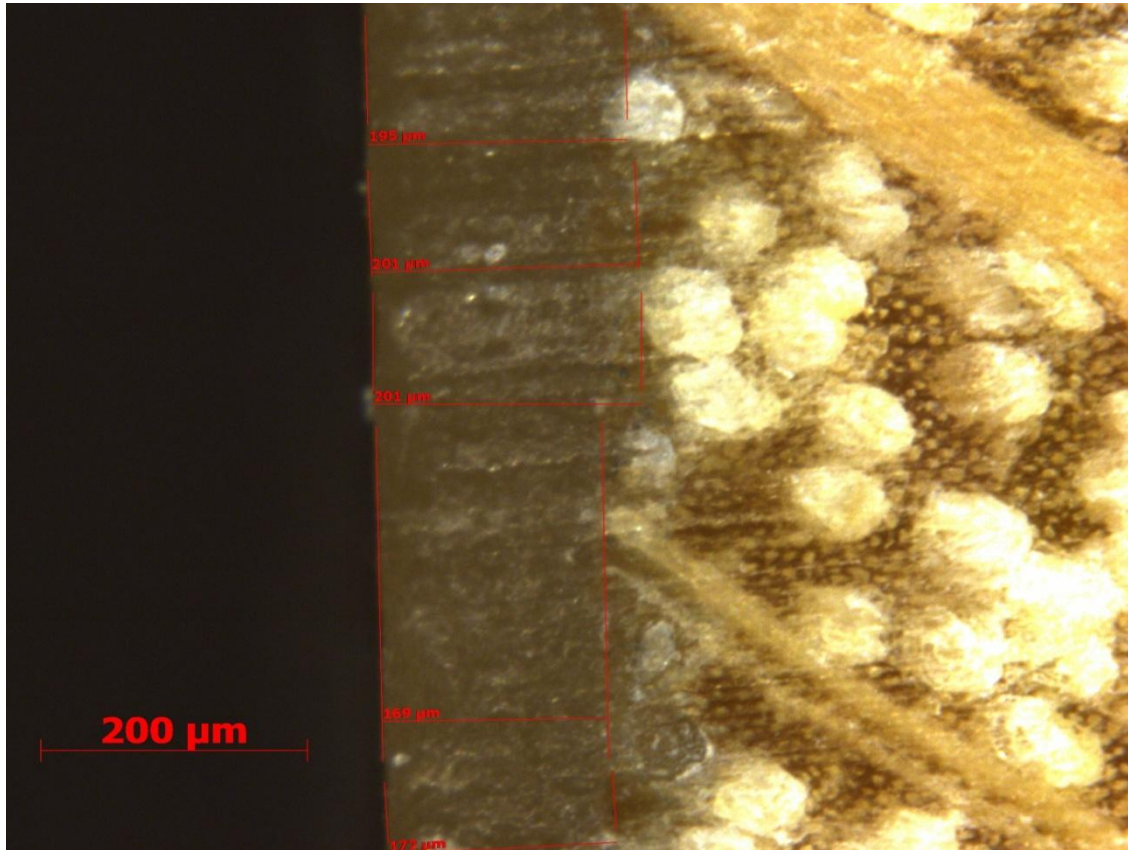
H-BO-PU-5 – hrast, bočnica, poliuretanski lak, uzorak broj 5

H-BO-U-5 – hrast, bočnica, ulje, uzorak broj 5

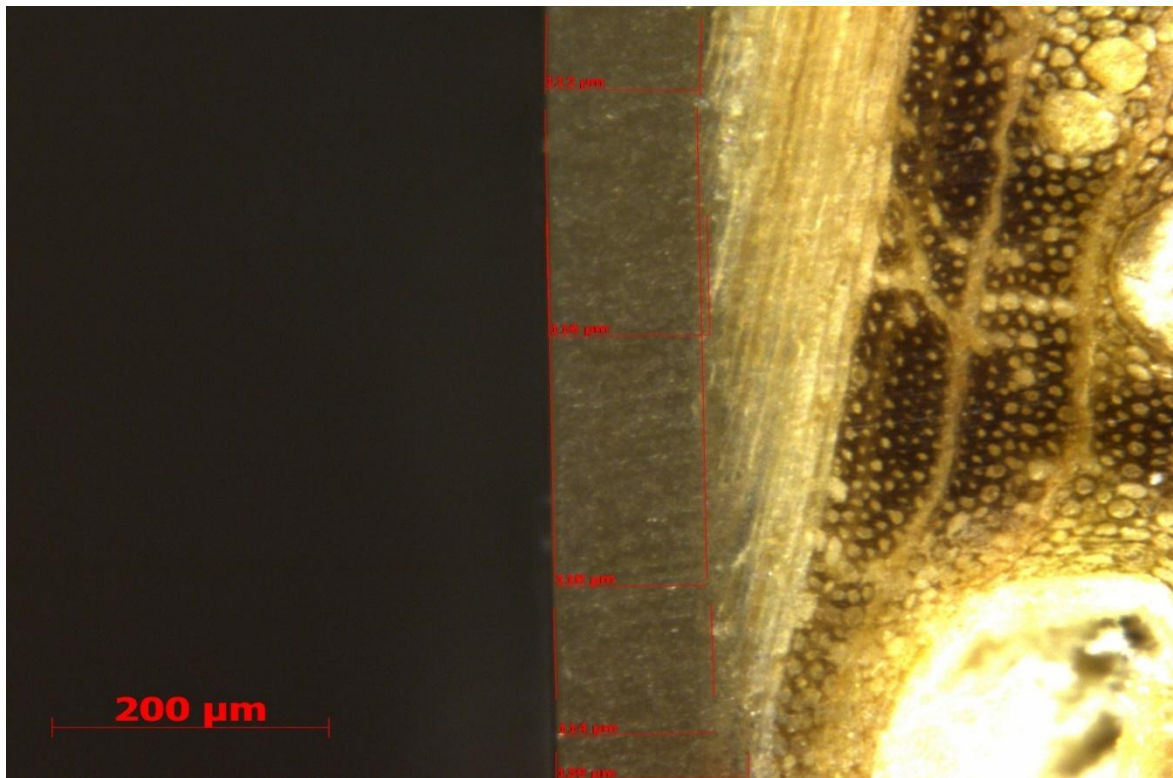
H-BO-UČ-5 – hrast, bočnica, uljeno, četkano, uzorak broj 5

H-UV-5 – hrast, lakirano UV lakom, uzorak broj 5

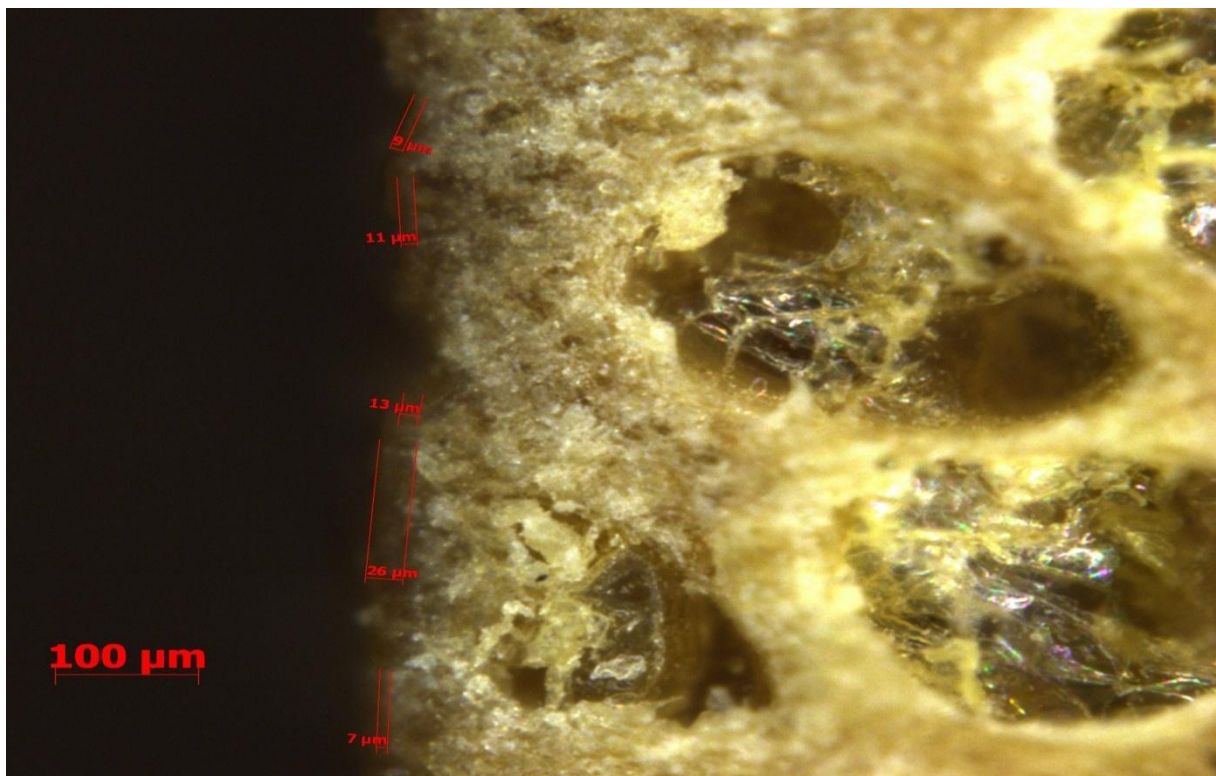
Na slikama 33,34,35 i 36, prikazane su mikrografije izmjerene debljine filma na pojedinim uzorcima.



Slika 33. debljina filma uzorka BU-BO-PU-6

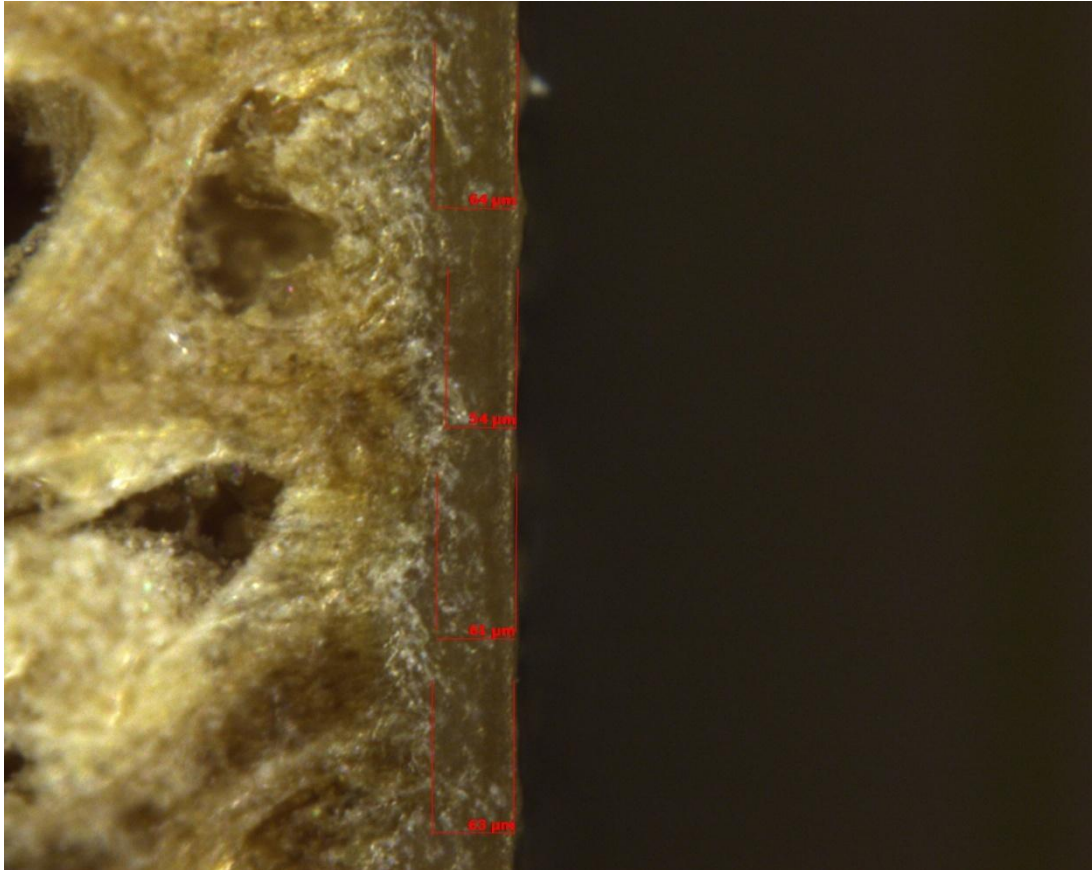


Slika 34. debljina filma uzorka H-BL-PU-6



Slika 35. debljina filma uzorka H-BO-UČ-5

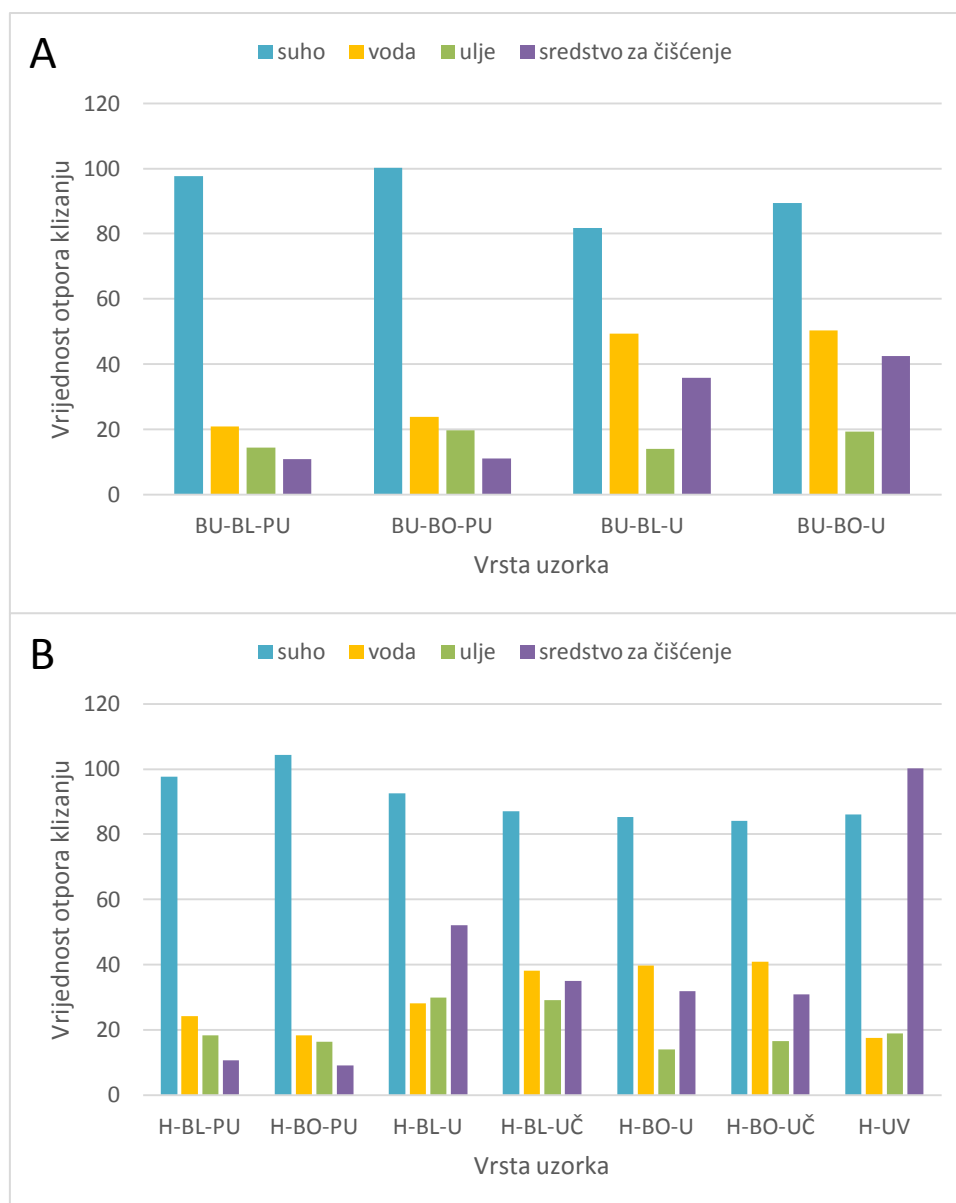




Slika 36. debljina filma uzorka H-UV-5

## 4.2. Rezultati klizavosti

Dobiveni rezultati ispitivanja klizavosti prikazani su na slici 37. Za ovo ispitivanje uzimali smo srednju vrijednost kao rezultat klizavosti od ukupno 10 rezultata od svakog ispitivanog uzorka. Može se vidjeti da je najveća vrijednost otpora klizanju izmjerena na suhim uzorcima bukovine i hrastovine u odnosu na uzorke čija je površina bila navlažena s različitim tekućinama što je bilo i očekivano. Jedino je na uzorku hrastovine obrađene UV lakom vrijednost otpora klizanju površine navlažene sa sredstvom za čišćenje bila veća nego na suhim uzorcima (slika B). Na uzorcima bukovine i hrastovine obrađene poliuretanskim lakom vrijednost otpora klizanju bila je najmanja na površini navlaženoj sa sredstvom za čišćenje, zatim na površini navlaženoj s uljem i najveća na površini navlaženoj s vodom, što znači da je od ispitivanih površina obrađenih PUR lakom najklizavija ona koja je navlažena sredstvom za čišćenje. Na uljenim uzorcima koji su bili brušeni i uzorcima koji su bili četkani vrijednost otpora klizanju veća je na površini navlaženoj sa sredstvom za čišćenje od površine navlažene s uljem, a manja od površine navlažene s vodom. To nije uočeno jedino na uzorcima hrastovine teksture blistače obrađene s uljem (H-BL-U) i UV lakom (HR-UV) na kojima je vrijednost otpora klizanju površine navlažene sa sredstvom za čišćenje veća od klizavosti površina navlaženih uljem i vodom.



Slika 37. Rezultati klizavosti uzoraka bukovine (A) i uzoraka hrastovine (B)

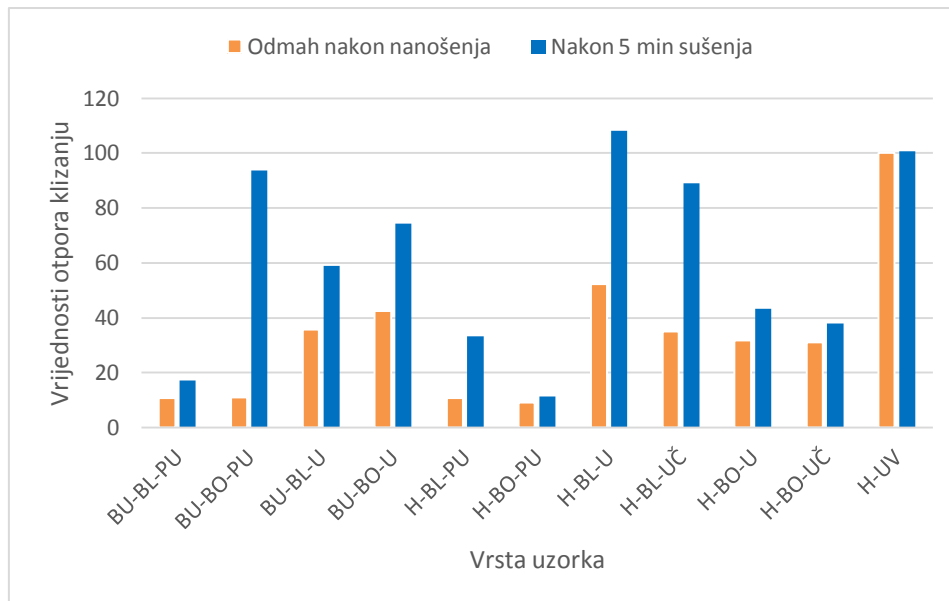
Prema normi HRN EN 14904 definirane su granične vrijednosti za otpor klizanju u rasponu od 80 do 110 (za sportske terene). Nadalje, prema *"Britanskom udruženju za otpor klizanju"* ako je vrijednost klizavosti podova ispod 19 oni se smatraju opasnim, između 20 i 39 graničnim, između 40 i 74 zadovoljavajućim, a ako je vrijednosti iznad 75 izvrsnim (Živković, 2018.). Također, *"UK Health and Safety executive (HSE)"* i *"UK Health and Safety laboratory (HSL)"* preporučuju da bi granična vrijednost klizavosti za sprječavanje pada trebala biti 36, nebitno da li je podloga suha, mokra ili na bilo koji način kontaminirana. Znači da se svi rezultati ispod 36 smatraju lošim, odnosno da je velika mogućnost klizavosti površine tj. pada. Isto tako navode da nije bitno kakve su podloge (parket, keramičke pločice, itd) koje se nalaze u našem kućanstvu (kuhinja, dnevni boravak, zahod itd), one će uvijek imati veliku otpornost na klizavost kada su suhe, a malu otpornost na klizavost kada su vlažne ili kontaminirane s bilo kojim sredstvom (<http://www.floorslip.co.uk>; <http://www.floorslip.co.uk>).

Prema dobivenim rezultatima mjerenja može se zaključiti da se klizavost suhih podnih obloga hrastovine i bukovine, bile one brušene ili četkane i površinski

obrađene poliuretanskim lakom ili uljem smatraju povoljnima, odnosno da ovako obrađene podne obloge nisu opasne jer je na svim ispitanim uzorcima srednja vrijednost suhe klizavosti iznad 75 (slika 38). Isto tako, prema dobivenim rezultatima klizavosti na suho, možemo zaključiti da uzorci koji su površinski obrađeni poliuretanskim lakom imaju manju klizavost (veće vrijednosti otpora klizanju) u odnosu na uzorke koji su površinski obrađeni uljem. Srednje vrijednosti klizavosti hrastovih uzoraka koji su površinski obrađeni uljem, bili oni brušeni ili četkani prije nanosa ulja, su približno jednake.

Vrijednosti klizavosti podnih obloga navlaženih s vodom variraju ovisno o površinskoj obradi uzorka, odnosno manju otpornost na klizanje (veću klizavost) imaju uzorci koji su površinski obrađeni s poliuretanskim lakom nego s uljem. Prema dobivenim rezultatima srednjih vrijednosti možemo zaključiti da su takve podne obloge jako klizave jer su sve dobivene vrijednosti ispod 36, a ako ih usporedimo s normama *Britanskog društva za otpor klizanju* takve podne obloge se uglavnom smatraju granične jer se sve vrijednosti mjerenja osim jedne nalaze u području od 20 do 39. Također, treba naglasiti da najmanju vrijednost na otpornost na klizanje kada se nalazi voda na površini uzorka pokazuju uzorci koje su površinski obrađeni UV lakom, te ako gledamo prema normama *Britanskoga društva za otpor klizanju* takve podloge se smatraju opasnim jer je srednja vrijednost klizavosti ispod 19. Prema dobivenim rezultatima mjerenja uzorci koji su površinski obrađeni uljem uglavnom zadovoljavaju kriterije klizavosti kada se na površini nalazi voda prema *UK Health and Safety executive (HSE)* i *UK Health and Safety laboratory (HSL)* jer svim uzorcima koji su površinski obrađeni uljem rezultati srednje vrijednosti prelaze preko 36, osim kod hrastovine teksture blistače na kojoj je vrijednosti otpora klizanju manja od 36. Stoga, prema tim rezultatima možemo zaključiti da uzorci koji su površinski obrađeni uljem imaju veću otpornost na klizanje kada je površina navlažena vodom nego uzorci površinski obrađeni poliuretanom.

Prema dobivenim rezultatima mjerenja možemo primijetiti da se svi ispitivani uzorci navlaženi s uljem mogu smatrati klizavim jer je u svim rezultatima mjerenja srednja vrijednost otpora klizanju bila ispod 36. Prema *Britanskom udruženju za otpor klizanju* skoro svi uzorci na kojima je klizavost mjerena na površini navlaženoj s uljem svrstavaju se u opasne podloge jer im je srednja vrijednost manja od 19 ili je oko vrijednosti 19. Jedino uzorci hrastove teksture blistače, četkani i površinski obrađeni uljem spadaju u skupinu graničnih klizavih podloga jer im je srednja vrijednost otpora klizanju između 20 i 39. Ako usporedimo dvije različite vrste drva i dvije različite površinske obrade koje smo ispitivali onda možemo primijetiti da nema osjetno velike razlike u rezultatima srednjih vrijednosti otpora klizanju površina navlaženih s uljem između uzoraka hrastovine i bukovine.



Slika 38. Rezultati klizavosti navlaženih uzoraka sa sredstvom za čišćenje

Na slici 38 prikazani su rezultati utjecaja vremena sušenja sredstva za čišćenje u trajanju od 5 min na rezultate klizavosti. Možemo primijetiti da je na većini uzoraka velika razlika u rezultatima klizavosti odmah nakon nanošenja i nakon 5 minuta sušenja sredstva za čišćenje. Jedino kod uzorka hrastovine koji je površinski obrađen UV-lakom nema razlike između rezultata klizavosti odmah nakon nanošenja i nakon 5 minuta sušenja sredstva za čišćenje. Također, treba naglasiti da uzorak hrastovine površinski obrađen UV-lakom prema ukupnim rezultatima ima najveću ukupnu srednju vrijednost otpora klizanju, te s takvim rezultatima takve podloge prema *Britanskom udruženju za otpor klizanju* se smatraju izvrsnim jer im je srednja vrijednost klizavosti iznad 75. Najveće razlike u rezultatima klizavosti odmah nakon nanošenja i nakon 5 minuta sušenja sredstva za čišćenje je na uzorku bukovine teksture bočnice površinski obrađenom poliuretanskim lakom. Srednja vrijednost otpora klizanju uzorka bukove teksture bočnice površinski obrađenom poliuretanskim lakom odmah nakon nanošenja sredstva za čišćenje je ispod 19, te se prema *Britanskom udruženju za otpor klizanju* svrstava u opasne podloge. Međutim, nakon 5 min sušenja sredstva za čišćenje svrstava se u izvrsne podloge jer je srednja vrijednost klizavosti iznad 75. Ako usporedimo uzorke kojima su rezultati klizavosti očitani odmah nakon nanošenja sredstva za čišćenje s graničnom vrijednošću od 36, onda možemo primijetiti da jedino tri uzorka (BU-BO-U, H-BL-U i H-UV) zadovoljavaju normu jer im srednja vrijednost prelazi vrijednost 36. Ostalim uzorcima vrijednost je ispod 36. Međutim, rezultati klizavosti površine uzorka kojima je izmjeren otpor klizanju nakon 5 minuta sušenja sredstva za čišćenje jako variraju. Prema *Britanskom udruženju za otpor klizanju*. Uzorci BU-BO-PU, H-BL-U, H-BL-UČ i H-UV, smatraju se izvrsnim podlogama jer im srednja vrijednost prelazi 75. Uzorci BU-BL-U, BU-BO-U i H-BO-U, smatraju se zadovoljavajućim podlogama jer im je srednja vrijednost između 40 i 74. Uzorci H-BL-PU i H-BO-UČ se smatraju graničnim podlogama jer im je srednja vrijednost između 20 i 39, a uzorci BU-BL-PU i H-BO-PU se smatraju opasnim podlogama jer im je srednja vrijednost otpora klizanju ispod 19.

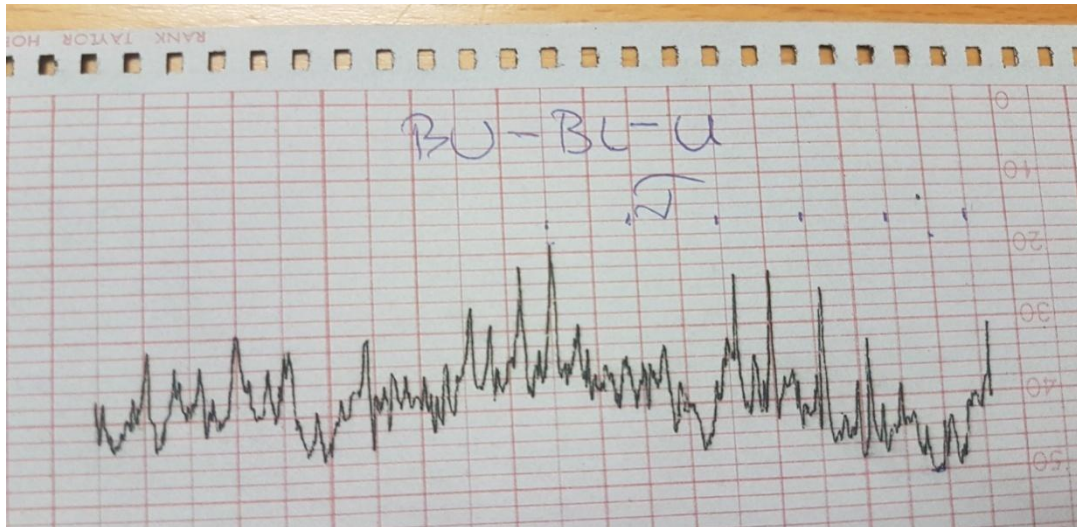
### 4.3. Rezultati mjerenja hrapavosti

Prema dobivenim rezultatima možemo primijetiti da su hrapavije površine one koje su površinski obrađene uljem nego površine koje su površinski obrađene poliuretanskim lakom ili UV-lakom (tablica 4). Nadalje, može se vidjeti da je vrijednost parametra Rz veća od vrijednosti parametra Ra, osim za uzorak BU-BL-U gdje su vrijednosti parametara gotovo iste. Usporedimo li hrapavost jednako površinski obrađenih uzoraka bukovine i hrastovine možemo zaključiti da je znatno veća razlika na uljenim površinama gdje velik utjecaj na rezultate hrapavosti imaju strukturne neravnine površine hrastovine. Ulje je stvorilo jako tanak film na površini drva, pa su samim time velike pore ranog drva utjecale na veću hrapavost hrastovine u odnosu na bukovinu. Međutim, to nije bio slučaj na uzorcima obrađenima poliuretanskim lakom jer je poliuretanski lak stvorio dosta debeli film na površini uzorka i samim tim eliminirao razlike u veličini pora ranog i kasnog odrva hrastovine, odnosno strukturne neravnine samog drva nisu imale veliki utjecaj na rezultate hrapavosti. Na većini uzorka koji su imali teksturu bočnice izmjerena je manje hrapavost, osim na uzorcima bukovine obrađenima s uljem. To se može pripisati većem udjelu kasnog drva na duljini vrednovanja  $l_n$  na bočnici nego na blistači. Na uzorcima hrastovine obrađenima UV lakom izmjerena je veća hrapavost nego na uzorcima hrastovine obrađenima poliuretanskim lakom, s time da je veća razlika za parametar Ra nego za parametar Rz.

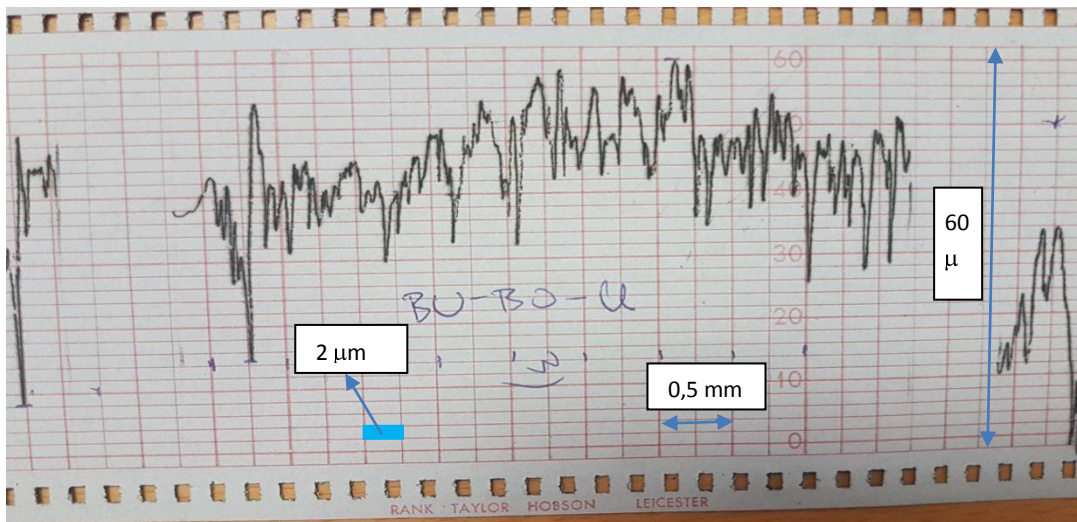
**Tablica 4.** Rezultati hrapavosti

	<b>Ra</b>	<b>Rz</b>
<b>BU-BL-PU</b>	6,9	27,5
<b>BU-BO-PU</b>	3,2	19,7
<b>BU-BL-U</b>	34,2	33,3
<b>BU-BO-U</b>	45,3	52,5
<b>H-BL-PU</b>	7,3	29,9
<b>H-BO-PU</b>	6,6	25,2
<b>H-BL-U</b>	53,3	82,2
<b>H-BO-U</b>	48,4	50,1
<b>H-UV</b>	19,4	26,6

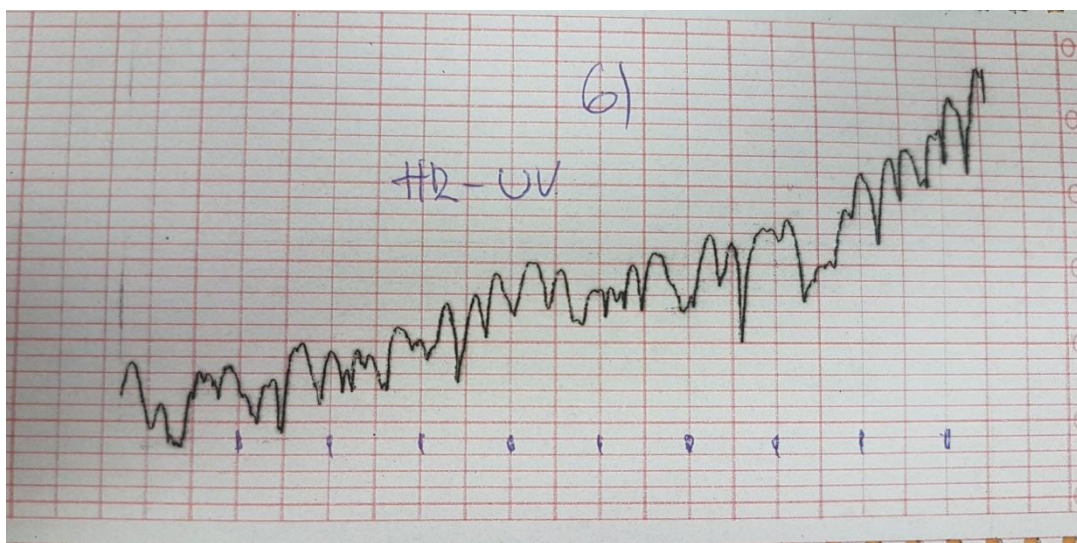
Na slikama 39 do 47 prikazani su profili hrapavosti površine za pojedini uzorak. Može se vidjeti velika razlika u izgledu profila površina obrađenih s poliuretanskim lakom u odnosu na druge površine. Na površinama obrađenima poliuretanskim lakom dobiveni profil je posljedica tragova kista od nanošenja laka koji su najviše utjecali na dobiveni rezultat hrapavosti.



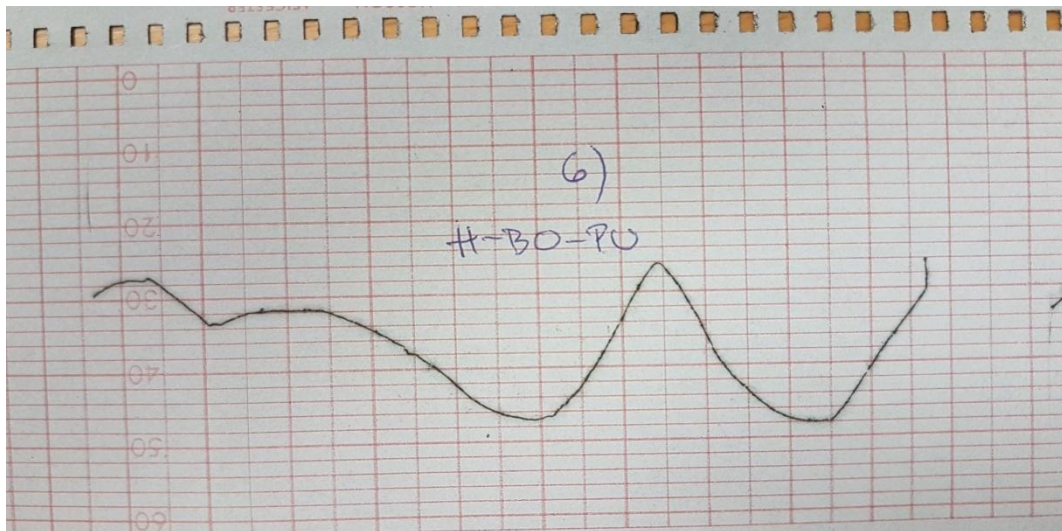
Slika 39 mjerenje hrapavosti na uzorku bukovina-blistača-ulje



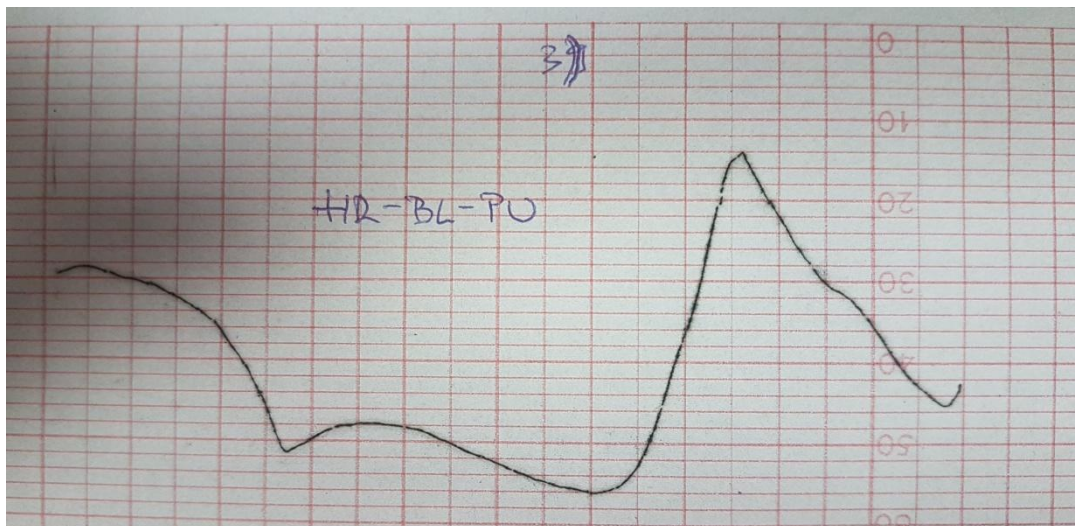
Slika 40 mjerenje hrapavosti na uzorku bukovina bočnica-ulje



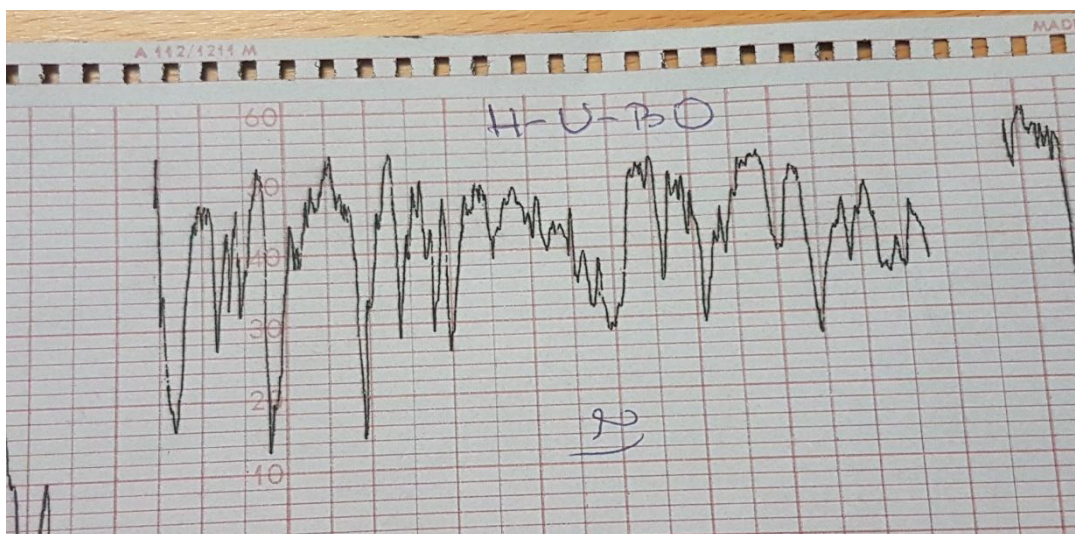
Slika 41 mjerenje hrapavosti na uzorku hrastovina-UV-lak



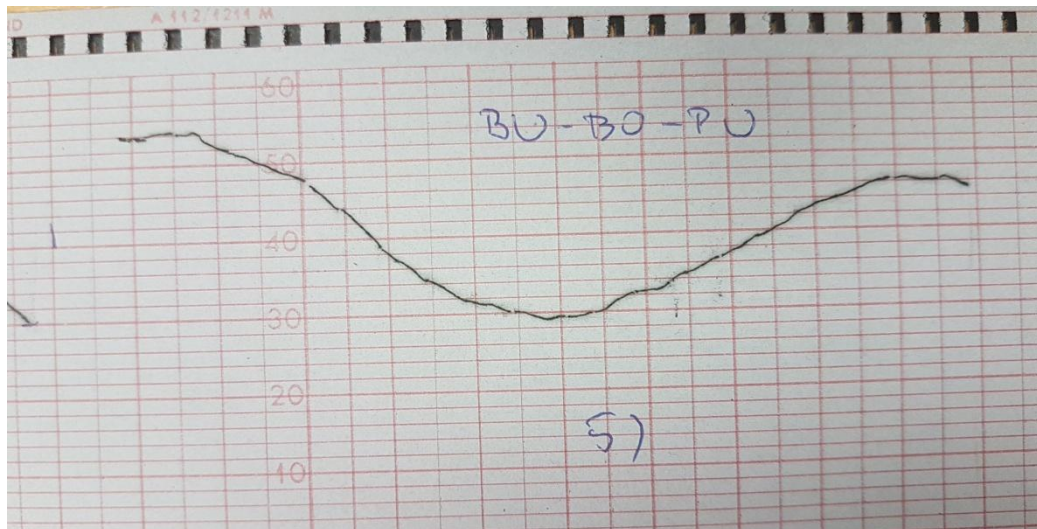
Slika 42 mjerenje hrapavosti na uzorku hrastovina-bočnica-poliuretanski lak



Slika 43 mjerenje hrapavosti na uzorku hrastovina-blistača-poliuretanski lak



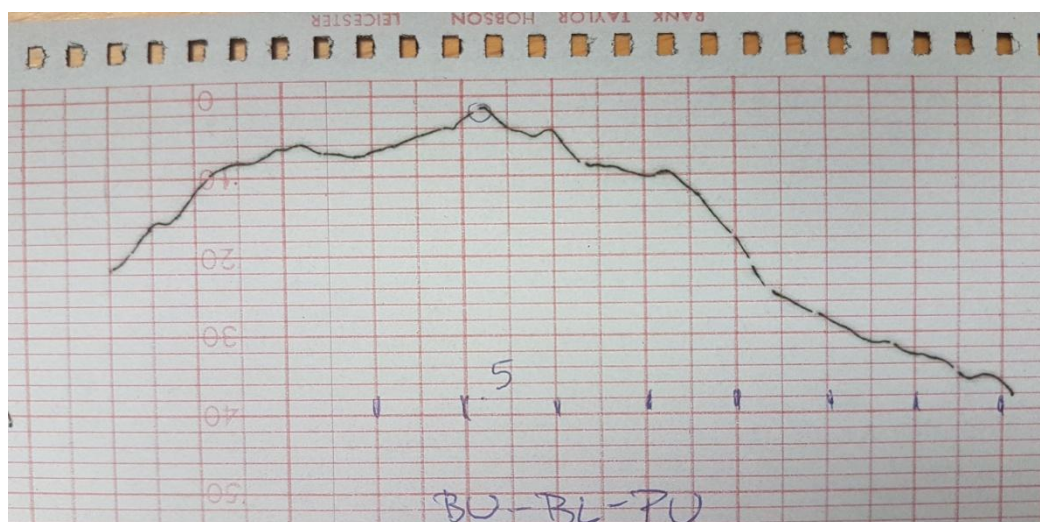
Slika 44 mjerenje hrapavosti na uzorku hrastovina-bočnica-ulje



Slika 45 mjerenje hrapavosti na uzorku bukovina-bočnica-poliuretanski lak



Slika 46 mjerenje hrapavosti na uzorku hrastovina-blistača-ulje



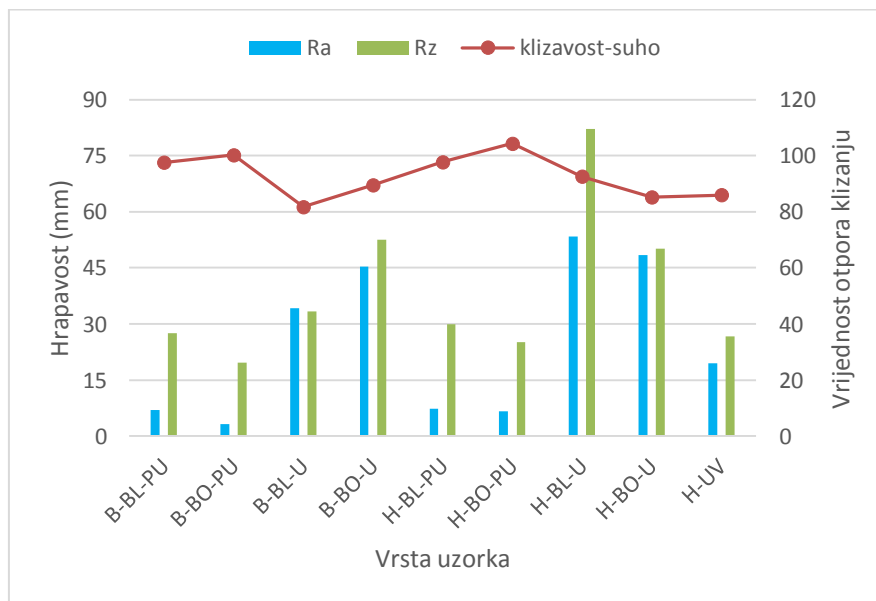
Slika 47 mjerenje hrapavosti na uzorku bukovina blistača poliuretanski lak



#### 4.4. Utjecaj hrapavosti na klizavost površine

##### 4.4.1. Utjecaj hrapavosti površine na klizavost suhe površine

Na slici 48 može se vidjeti da su vrijednosti otpora klizanju na suhim površinama ujednačenije u odnosu na izmjerene vrijednosti hrapavosti površine i teško se može utvrditi ovisnost klizavosti i hrapavosti. Primjerice na uljenim je uzorcima izmjerena znatno veća hrapavost nego na lakiranim uzorcima, a oni pokazuju jednake ili manje vrijednosti otpora klizanju od lakiranih uzoraka. Isto tako nije utvrđen utjecaj vrste drva na klizavost uljenih i lakiranih površina.

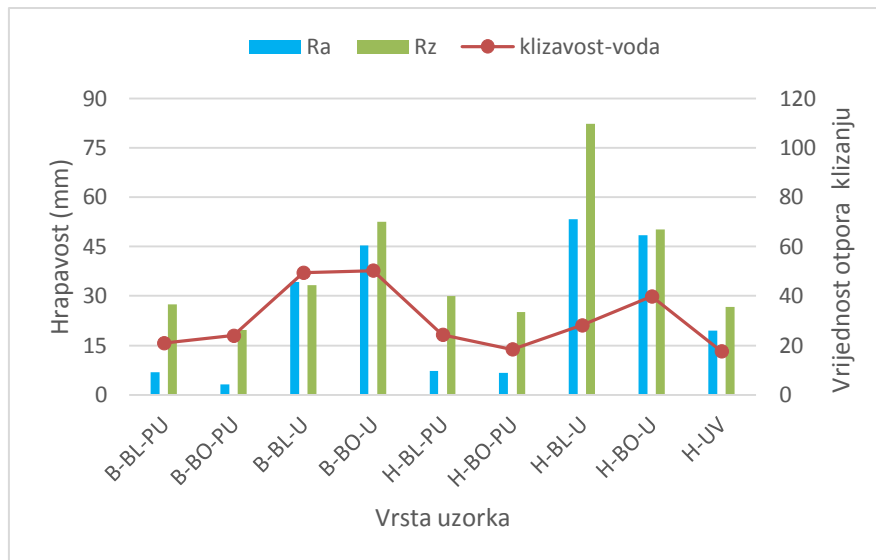


Slika 48. Utjecaj hrapavosti površine na klizavost suhe površine

##### 4.4.2. Utjecaj hrapavosti površine na klizavost navlažene površine s vodom

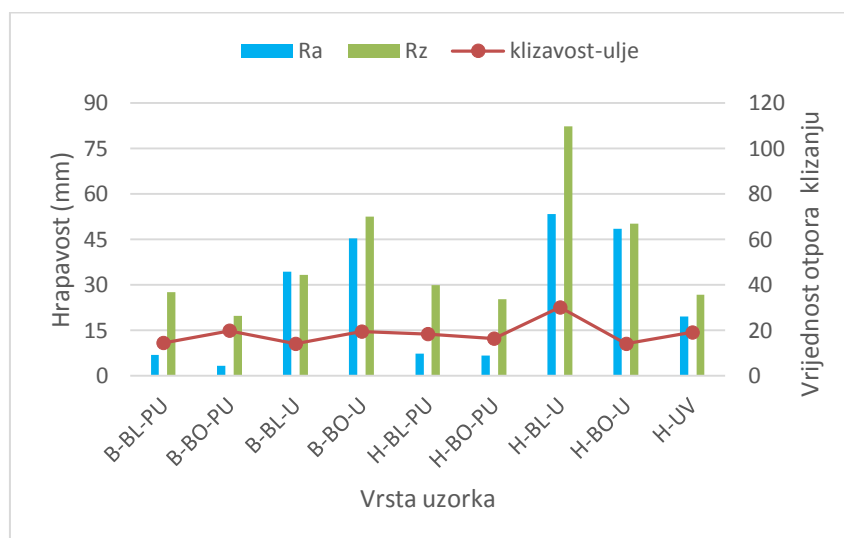
Na slici 49. prikazan je odnos hrapavosti površine uzoraka i klizavosti mjerene na površine navlaženoj s vodom. Vidljivo je da hrapavost površine ima utjecaja na klizavost navlažene površine s vodom jer što je veća hrapavost površine to je veća vrijednost otpora klizanju. Također, iz navedenog grafa možemo primijetiti da veći utjecaj na vrijednost otpora klizanju površine ima parametar hrapavosti Ra nego parametar Rz jer što je veći parametar Ra to je veća vrijednost otpora klizanju. Iz grafa možemo primijetiti da uzorci koji su površinski obrađeni poliuretanskim lakom i UV-lakom imaju manju hrapavost i time manju vrijednost otpora klizanju, dok uzorci koji su površinski obrađeni uljem imaju veću hrapavost i s time veću vrijednost otpora klizanju. Međutim, navlažena površina bukovine obrađene uljem ima veći otpor klizanju od površine hrastovine obrađene uljem iako je na hrastovini izmjerena veća

hrapavost. To pokazuje da kada veliki utjecaj imaju strukturne neravnine same vrste drva na rezultate hrapavosti izražene parametrima Ra i Rz ne može se tvrditi da se s povećanjem hrapavosti povećava i vrijednost mokre klizavosti. U ovom bi slučaju možda trebalo razmisliti o mjerenju hrapavosti s nekim drugim parametrima.



Slika 49. Utjecaj hrapavosti površine na klizavost navlažene površine s vodom

#### 4.4.3. Utjecaj hrapavosti površine na klizavost navlažene površine s uljem



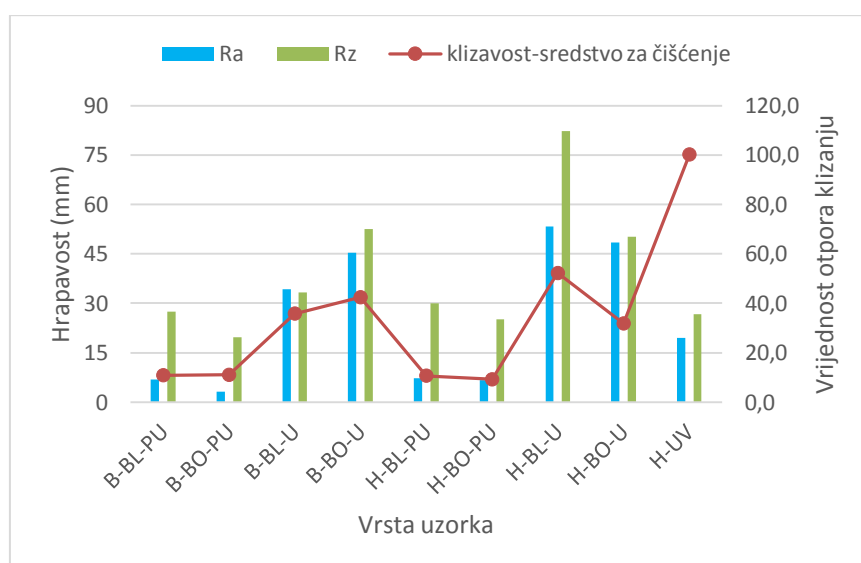
Slika 50. Utjecaj hrapavosti površine na klizavost površine navlažene s uljem

Na slici 50 vidljivo je da hrapavost površine nema prevelikog utjecaja na klizavost navlažene površine s uljem jer neovisno kolika je hrapavost površine, vrijednost otpora klizanju je približno ista i jako niska. Iz grafa se jedino može

primijetiti da uzorak hrastove teksture blistače površinski obrađene s uljem ima veću hrapavost nego ostali uzorci i s time veću vrijednost otpora klizanju, ali s obzirom da je jedini uzorak koji ima veće vrijednosti hrapavosti i malo veće vrijednosti otpora klizanju od ostalih uzoraka ne možemo taj podatak uzeti kao vjerodostojan na utjecaj hrapavosti površine na klizavost navlažene površine s uljem.

#### 4.4.4. Utjecaj hrapavosti površine na klizavost navlažene površine sa sredstvom za čišćenje

Iz grafikona prikazanih na slici 51 možemo primijetiti da hrapavost površine ima utjecaja na klizavost površine navlažene sa sredstvom za čišćenje jer kod skoro svih uzoraka vrijednost otpora klizanju je veća što im je vrijednost hrapavosti površine veća. Također se može primijetiti da veći utjecaj na vrijednost otpora klizanju površine ima parametar hrapavosti Ra nego parametar Rz jer što je veći parametar Ra to je veća vrijednost otpora klizanju. Jedini rezultat u grafu koji se znatno razlikuje od ostalih je uzorak hrastovine površinski obrađen UV-lakom. Uzrok tome mogu biti mikroneravnine na površini obrađenoj UV lakom koje se ne mogu na odgovarajući način izmjeriti s parametrima Ra i Rz. Otpor klizanju je izrazito veći na hrastovini obrađenoj UV lakom nego na ostalim uzorcima a vrijednosti hrapavosti su veće (Ra) ili slične (Rz) u odnosu na hrastovinu obrađenu poliuretanskim lakom. Nadalje, može se primijetiti da je tekstura uzoraka (blistača i bočnica) utjecala na rezultate. Na uzorcima bukovine obrađenima poliuretanskim lakom i uzorcima hrastovine obrađenima poliuretanskim lakom i uljem manja hrapavosti i manje vrijednosti klizavosti izmjerene su na uzorcima teksture bočnice, a na uzorcima bukovine obrađenima uljem manja hrapavosti i manje vrijednosti klizavosti izmjerene su na uzorcima teksture blistače.



Slika 51. Utjecaj hrapavosti površine na klizavost navlažene površine sa sredstvom za čišćenje

## 5. ZAKLJUČAK

Podne obloge moraju zadovoljiti kriterij sigurnosti, a jedan od osnovnih parametara za sigurnost podnih obloga je klizavost. U ovom radu istraživali smo utjecaj hrapavosti na procjenu otpornosti na klizanje lakiranih drvnih površina. Kod suhih podloga hrapavost nema utjecaja na klizavost površine. Iako su površine obrađene uljem hrapavije one pokazuju nešto manje ili jednake vrijednosti otpora klizanju kao i površine obrađene poliuretanskim lakom. Rezultati ovoga istraživanja pokazali su da kod navlaženih podnih obloga vodom hrapavost ima utjecaj na klizavost površine jer je otpor klizanju bio većina hrapavijim površinama. U budućim bi se istraživanjima trebali mjeriti i drugi parametri hrapavosti s ciljem detaljnijeg prikaza profila površine i utjecaja strukturnih neravnina drva na rezultate mjerenja. Kod navlaženih podnih obloga uljem nije ustanovljen utjecaj hrapavosti na klizavost površine jer su svi rezultati pokazali da su površine koje su navlažene uljem opasne i klizave neovisno o hrapavosti, površinskoj obradi, vrsti i teksturi drva. Kod navlaženih podnih obloga sa sredstvom za čišćenje pokazalo se da hrapavost površine ima utjecaj na klizavost površine jer što je vrijednost hrapavosti bila veća to je otpor klizanju bio veći. Odstupanja su pokazala da površine obrađene UV-lakom se zbog mikroneravnina na obrađenoj površini brže suše nego ostale ispitivane površine kada ih se navlaži sa sredstvom za čišćenje te su zbog toga otpornije klizanju nego ostale površine obrađene uljem ili poliuretanskim lakom. Na uzorcima obrađenima UV lakom ustanovljen je i utjecaj teksture drva na rezultate klizavosti.

Iz istraživanja možemo zaključiti da hrapavost površine ima utjecaja na otpor klizanju jedino kada je površina navlažena vodom i sredstvom za čišćenje. Od ispitivanih parametara pokazalo se da parametar hrapavost  $R_a$  više utječe na rezultate nego parametar hrapavosti  $R_z$ .

Rezultati ispitivanja pokazali su također da hrapavost površine nema utjecaja na klizavost površine kada je površina suha i kada je površina navlažena uljem neovisno o površinskoj obradi, vrsti i teksturi drva.

## LITERATURA

1. Alić, O. Hrapavost površine tehničkih-drvenih tijela; Institut za preradu drveta Šumarskog fakulteta u Beogradu, Beograd. 1975.
2. Bulian, F.; Graystone, J.A. : Wood coatings: theory and practice. Amsterdam, Elsevier, 2009.
3. Denjo, Daut. Ispitivanje hrapavosti površine. 2015.  
<http://documents.tips/documents/10ispitivanjehrapavosti.html>. (20.6.2018.).
4. Dubravac, S., Mjerenje utjecaja disbalansa radne glave na razinu vibracija i kvalitetu obrađene plohe pri ravnanju. Diplomski rad. Zagreb: Šumarski fakultet 2015.
5. Ducman, V. : Problematika klizavosti podnih površina. Korak. Broj 1, godina 3/2012. Str. 34-37.
6. Ebewelle R.O. i dr., Effects of surface roughness, the nature of surface roughness and surface aging on joint fracture energy, Wood and fiber, 12(1):40-65, 1980.
7. 'Health and Safety Executive' i 'Health and Safety laboratory', 2007.  
<http://www.floorslip.co.uk>;  
[http://www.hse.gov.uk/SLIPS/step/general/advanced/8E7F777B-3B84-49FE-A3D6-D0324E25A801/HSLCourseTemplate/28531/slidetype1\\_28855.htm](http://www.hse.gov.uk/SLIPS/step/general/advanced/8E7F777B-3B84-49FE-A3D6-D0324E25A801/HSLCourseTemplate/28531/slidetype1_28855.htm)
8. Hooper, R.; Richardson, D.M.; Sibbick, R.B.; Yates, A.P.J., Surface Roughness Slip Resistance And Relationship To Floor Cleaning. Watford 2002.
9. Horvat, I.; Krpan, J. Drvno industrijski priručnik. Zagreb: Tehnička knjiga, 1967.
10. HRN EN 14904:2006
11. ISO 4287 – 1997.
12. Jaić, M.; Živanović-Trbojević, R. Površinska obrada drveta. Beograd. 2000.
13. Jamanicki, S. Predavanje iz predmeta tiskarske boje. Grafički fakultet Zagreb.  
<http://Materijali.grf.unizg.hr> (23.5.2014.)
14. Jelaska, D. Elementi strojeva. Skripta za studente industrijskog inženjstva. Split: Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, 2011.
15. Jirouš-Rajković, V. Režimi brušenja ravnih furniranih ploha i njihov utjecaj na površinsku obradu. Magistarski rad. Zagreb: Šumarski fakultet, 1991.
16. Jirouš-Rajković, V. 5. Predavanje iz predmeta Tehnološki procesi površinske obrade drva. Zagreb: Šumarski fakultet, 2017.
17. Jirouš-Raković, V. 5. Predavanje iz predmeta Proizvodnja namještaja 2. Virovitica: Šumarski fakultet, 2014.
18. Jirouš-Raković, V. 7. Predavanje iz predmeta Proizvodnja namještaja 2. Virovitica: Šumarski fakultet, 2015.
19. Labura, K. Postupci završne obrade dijelova. Završni rad. Karlovac: Veleučilište u Karlovcu, Stručni studij strojarstvo, proizvodno strojarstvo, 2015.
20. Mijović, B.; Mustapić, N.; Peček N. Ispitivanje protuskliznih karakteristika materijala podnih obloga, znanstveni rad, 2008.

21. Paint and coatings industry, Preparation and properties of UV-curable polyurethane acrylate resins for metal surfaces, znanstveni časopis, 2008.
22. Perinović Jozić, S. Ulja i masti i površinski aktivne tvari. Interna skripta za vježbe (TPOI). <https://tkojetko.irb.hr> (20.6.2018.)
23. Rollof, A.; Bartels, A. Flora del Geholze : Bestimmung, Eigenshaften und Verwendung. Stuttgart: Ulmer, 2008.
24. Runje, B.: Predavanja iz kolegija Teorija i tehnika mjerenja. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2014.
25. Sedmak, D. Komparativna analiza tokarenja i ortogonalnog okretanja glodanja. Diplomski rad. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2013.
26. Slade, I. Obrada materijala II. 2012.  
[https://zoranpericsplit.weebly.com/uploads/1/2/4/9/12491619/skripta\\_-\\_obrada\\_materijala\\_ii\\_-\\_i\\_dio.compressed.pdf](https://zoranpericsplit.weebly.com/uploads/1/2/4/9/12491619/skripta_-_obrada_materijala_ii_-_i_dio.compressed.pdf) (22.6.2018.)
27. Stumbo, D.A. Surface-texture measurments for quality and production control, Forest Prod. Jour. 10(2):122-124., 1960.
28. Šoljić, J. Površinska obrada podnih obloga uljima. Diplomski rad. Zagreb: Šumarski fakultet, 2014.
29. Živković, V. : Osobna komunikacija. Šumarski fakultet Zagreb, 2018.
30. [https://hr.wikipedia.org/wiki/Hrast\\_lu%C5%BEnjak](https://hr.wikipedia.org/wiki/Hrast_lu%C5%BEnjak)

## POPIS SLIKA

- Slika 1. Hrast lužnjak  
[https://sites.google.com/site/stablahrvatskoj/\\_/rsrc/1457547485949/hrast-luznjak/hrast.jpg](https://sites.google.com/site/stablahrvatskoj/_/rsrc/1457547485949/hrast-luznjak/hrast.jpg)
- Slika 2. Obična bukva <http://www.agroportal.hr>
- Slika 3. Uzorci hrastovine i bukovine
- Slika 4. Dvokomponentni poliuretanski lak (temeljni) komponentna A
- Slika 5. Dvokomponentni poliuretanski lak (temeljni) komponentna B
- Slika 6. Dvokomponentni poliuretanski lak (završni) komponentna A
- Slika 7. Dvokomponentni poliuretanski lak (završni) komponentna B
- Slika 8. Dvokomponentno ulje komponentna A
- Slika 9. Dvokomponentno ulje komponenta B
- Slika 10. Uzorci i spužvica za ručno brušenje uzoraka
- Slika 11. Brusni papir granulacije 240 od proizvođača "Sia"
- Slika 12. Četka za ručno četkanje uzoraka
- Slika 13. Mjerenje količine nanosa uz pomoć digitalne vage
- Slika 14. Nanošenje ulja kistom
- Slika 15. Uzorci za mjerenje debljine filma
- Slika 16. Rotacijska brusilica (P240)
- Slika 17. Rotacijska brusilica (P1200)
- Slika 18. Kompjutor i mikroskop za mjerenje debljine filma

- Slika 19. Njihalo za ispitivanje klizavosti
- Slika 20. Mjerni etalon
- Slika 21. Klatno i pokazivač u početnom položaju
- Slika 22. Ispitivanje klizavosti na suho
- Slika 23. Priprema ispitivanja klizavosti površine prilikom utjecaja vode
- Slika 24. Ispitivanje klizavosti pri utjecaju vode na površinu uzoraka
- Slika 25. Laneno ulje koje smo koristili prilikom ispitivanja klizavosti pri utjecaju na površinu uzorka
- Slika 26. Uzorak na kojem smo ispitivali klizavost pri utjecaju ulja na površinu uzorka
- Slika 27. Priprema uzorka za ispitivanje klizavosti nanošenjem pronto sredstva za čišćenje
- Slika 28. Mehanički kontakt između igle i površine
- Slika 29. Instrument za kontaktno mjerenje hrapavosti površine
- Slika 30. Karakteristične duljine 2D profila hrapavosti (Runje, B.: Predavanja iz kolegija Teorija i tehnika mjerenja. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2014.)
- Slika 31. Grafički prikaz parametra hrapavosti i formula za izračunavanje parametra hrapavosti  $R_a$  (Runje, B.: Predavanja iz kolegija Teorija i tehnika mjerenja. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2014.)
- Slika 32. Grafički prikaz parametra hrapavosti  $R_z$  (Runje, B.: Predavanja iz kolegija Teorija i tehnika mjerenja. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2014.)
- Slika 33. Debljina filma uzorka BU-BO-PU-6
- Slika 34. Debljina filma uzorka H-BL-PU-6
- Slika 35. Debljina filma uzorka H-BO-UČ-5
- Slika 36. Debljina filma uzorka H-UV-5
- Slika 37. Rezultati klizavosti uzoraka bukovine (A) i uzoraka hrastovine (B)
- Slika 38. Rezultati klizavosti navlaženih uzoraka sa sredstvom za čišćenje
- Slika 39. Mjerenje hrapavosti na uzorku bukovina blistača ulje
- Slika 40. Mjerenje hrapavosti na uzorku bukovina bočnica ulje
- Slika 41. Mjerenje hrapavosti na uzorku hrastovina UV-lak
- Slika 42. Mjerenje hrapavosti na uzorku hrastovina bočnica poliuretanski lak
- Slika 43. Mjerenje hrapavosti na uzorku hrastovina blistača poliuretanski lak
- Slika 44. Mjerenje hrapavosti na uzorku hrastovina bočnica ulje
- Slika 45. Mjerenje hrapavosti na uzorku bukovina bočnica poliuretanski lak
- Slika 46. Mjerenje hrapavosti na uzorku hrastovina blistača ulje
- Slika 47. Mjerenje hrapavosti na uzorku bukovina blistača poliuretanski lak
- Slika 48. Utjecaj hrapavosti površine na klizavost suhe površine
- Slika 49. Utjecaj hrapavosti površine na klizavost navlažene površine s vodom
- Slika 50. Utjecaj hrapavosti površine na klizavost navlažene površine s uljem

- Slika 51. Utjecaj hrapavosti površine na klizavost navlažene površine sa sredstvom za čišćenje

## **POPIS TABLICA**

- Tablica 1. Klasifikacija određenih ulja u odnosu na njihov kemijski sastav (Bulian, F.; Graystone, J.A. : Wood coatings: theory and practice. Amsterdam, Elsevier, 2009.)
- Tablica 2. Preporučeni granični vrijednosti filtra (Runje, B.: Predavanja iz kolegija Teorija i tehnika mjerenja. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2014.)
- Tablica 3. Rezultati mjerenja debljine filma ( $\mu\text{m}$ )
- Tablica 4. Rezultati hrapavosti