

# UV zaštitna svojstva poliakrilatnih nanopremaza

---

Serdarušić, Tomislav

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:667622>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-26**



Repository / Repozitorij:

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



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

Zavod za namještaj i drvo u graditeljstvu

DIPLOMSKI STUDIJ  
OBLIKOVANJE PROIZVODA OD DRVA

Tomislav Serdarušić

**UV ZAŠTITNA SVOJSTVA  
POLIAKRILATNIH NANOPREMAZA**

**DIPLOMSKI RAD**

Zagreb, rujan 2023.

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

**UV ZAŠTITNA SVOJSTVA POLIAKRILATNIH**  
**NANOPREMAZA**

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski studij: Oblikovanje proizvoda od drva

Predmet: Površinska obrada proizvoda od drva

Ispitno povjerenstvo: 1. (mentor) izv. prof dr. sc. Josip Miklečić  
2. (član) prof. dr. sc. Vlatka Jirouš-Rajković  
3. (član) izv. prof. dr. sc. Goran Mihulja

Student: Tomislav Serdarušić

JMBAG: 0068232629

Datum odobrenja teme: 5. 5. 2023.

Datum predaje rada: 31. 8. 2023.

Datum obrane rada: 27. 9. 2023

**Zagreb, rujan 2023**

# Temeljna dokumentacijska kartica

Naslov:	UV zaštitna svojstva poliakrilatnih nanopreamaza
Autor:	Tomislav Serdarušić
Adresa autora:	Mile Gojsalić 9, 22300 Knin
Mjesto izrade:	Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave:	Diplomski rad
Mentor:	izv. prof. dr. sc. Josip Miklečić
Izradu rada pomogao:	-
Godina objave:	2023.
Opseg:	39 stranica, 3 tablice, 34 slike
Ključne riječi:	UV svjetlost, nanopremaz, boja, sjaj, tvrdoća, debljina filma
Sažetak:	<p>Drvo kao prirodni materijal je podložno razgradnji pod utjecajem vremenskih uvjeta. Jedan od najznačajnijih čimbenika je UV svjetlost koje svojim djelovanjem kemijski razgrađuje drvo te utječe na promjenu njegovih svojstava kao što su: boja, sjaj, tvrdoća površine. Stoga se drvo zaštićuje raznim premazima da bi se produžio njegov vijek trajanja i da bi duže zadržalo određena svojstva. Kod takvih premaza javlja se potreba za svojstvima koja omogućuju veću otpornost premaza na UV zračenje. Da bi premazi imali takva svojstva dodaju im se apsorbenti u nano veličinama. U ovom radu je ubrzanim izlaganjem ispitano kako vremenski uvjeti utječu na promjenu određenih svojstava poliakrilatnih nanopremaza. Ispitala su se svojstva: boja, sjaj i tvrdoća površine, te debljina filma premaza.</p>

## Basic Documentation Card

Title:	UV protecting properties of polyacrilate nanocoatings
Author:	Tomislav Serdarušić
Address of Author:	Mile Gojsalić 9, 22300 Knin
Thesis Performed at:	Faculty of Forestry and Wood Technology, University of Zagreb
Publication Type:	Master's thesis
Supervisor:	Associated Professor Josip Miklečić, PhD
Preparation Assistant:	-
Publication year:	2023.
Volume:	39 pages, 3 tables, 34 pictures
Key words:	UV light, nanocoating , color, gloss, hardness, film thickness
Abstract:	<p>Wood as a natural material is subject to decomposition under the influence of weather conditions. One of the most significant factors is UV radiation, which by its action chemically decomposes wood and affects changes in its properties such as: color, shine, surface hardness. Therefore, wood is protected with various coatings in order to extend its life and to keep certain properties longer. With such coatings, there is a need for properties that make the coating more resistant to UV radiation. In order for coatings to have such properties, absorbers in nano sizes are added to them. In this paper, accelerated exposure was used to examine how weather conditions affect the change in certain properties of the polyacrylate nanocoating. The properties were tested: color, gloss and hardness of the surface, as well as the thickness of the coating film.</p>

	<b>IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI</b>	<b>OB FŠDT 05 07</b>
		Revizija: 2
		Datum: 29.04.2021.

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

U Zagrebu, 10. 09. 2023. godine

---

*vlastoručni potpis*

Serdarušić Tomislav

# PREDGOVOR

U radu je istražen utjecaj UV svjetlosti na svojstva vodenih poliakrilatnih premaza s dodatkom nanočestica titanijevog dioksida. Nanopremazima površinski su se obraditi uzorci nemodificirane i toplinski modificirane jasenovine koji su zatim ubrzano izloženi UV svjetlosti i vodi. Tijekom ubrzanog izlaganja mjerila se promjena boje i sjaja, a prije i nakon izlaganja mjerila se debljina filma i tvrdoća površine.

Ovim putem se želim zahvaliti djelatnicima Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije koji su na bilo koji način doprinijeli mom studiranju i sticanju znanja.

Posebno se zahvaljujem izv. prof. dr. sc. Josip Miklečić na mentorstvu te pomaganju pri izradi ovoga rada.

## Sadržaj

1. UVOD .....	5
1.1. Trajnost premaza u eksterijeru .....	6
1.2. UV apsorberi u nanoveličinama .....	6
1.3. Ubrzano izlaganje vremenskim uvjetima .....	7
2. CILJ ISTRAŽIVANJA .....	8
3. MATERIJALI I METODE .....	9
3.1. Uzorci drva .....	9
3.2. Uzorci premaznog materijala .....	9
3.3. Priprema uzoraka .....	10
3.4. Ubrzano izlaganje vremenskim uvjetima .....	10
3.5. Mjerenje promjene boje .....	11
3.6. Mjerenje sjaja .....	12
3.7. Mjerenje tvrdoće površine .....	13
3.8. Mjerenje suhe debljine filma .....	13
4. REZULTATI .....	15
4.1. Promjena boje .....	15
4.2. Promjena sjaja .....	23
4.3. Rezultati tvrdoće površine .....	26
4.4. Rezultati debljine filma .....	27
4.5. Izgled površine uzoraka .....	28
5. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK .....	30
LITERATURA .....	36
POPIS TABLICA .....	37
POPIS SLIKA .....	38



# 1. UVOD

Drvo kao prirodni materijal u primjeni podložno je razgradnji pod utjecajem raznih biotskih i abiotskih čimbenika. Veliki utjecaj na razgradnju drva ima UV zračenje i ostali vremenski uvjeti pod kojim se drvo kemijski razgrađuje. Značajan je utjecaj i mehaničkih čimbenika među kojima je čovjek, zbog kojih može doći do mehaničke razgradnje drva. Neke od promjena koje se dešavaju pri razgradnji drva su: promjena boje, promjena sjaja, promjena tvrdoće, promjena čvrstoće, bubrenje i utezanje, pukotine, ogrebotine. Da bi se drvo što bolje iskoristilo u primjeni i kako bi poboljšali njegovu trajnost ono se može modificirati te tretirati raznim sredstvima. Usprkos poboljšanim svojstvima u odnosu na nemodificirano drvo, toplinski modificirano drvo još je uvijek podložno površinskoj razgradnji uslijed djelovanja vanjskih utjecaja i stoga ga je potrebno zaštititi premazima. Takvi premazi sadrže određena svojstva koja omogućuju drvu da vremenski duže zadrži svoja svojstva i manje bude podložno razgradnji.

Poliakrilati (PAK) su sintetski polimeri koji se dobivaju iz estera akrilne kiseline u kojima je alkilni ostatak (R) esterificirani alkohol, a rjeđe alilna ili aciklička skupina. Poliakrilati su dugotrajni materijali, nisu toksični, otporni su na djelovanje kisika, svjetla, kiselina i lužina. Zbog svoje strukture i kemijskih svojstava poliakrilati imaju vrlo veliku primjenu u industriji te svakodnevnom životu kao zaštitni premaz materijala štiteći ga od vanjskih utjecaja (Brkić, 2021., prema: Penzel i dr., 2018). Najvažnija područja uporabe su premazi, veziva i adhezivi. Poliakrilati imaju dobra svojstva filma, pigmentaciju i dobro su obradivi, stoga imaju veliku primjenu u bojama i premazima.

Slijedeći definiciju međunarodne organizacije za standardizaciju (ISO), nanočestice se opisuju kao nano-objekti s najmanje jednom dimenzijom u nanometrijskom mjerilu (manje od 100 nm). Pod ovom denominacijom možemo pronaći različite vrste nanočestica poput micela, liposomi, nanoljuske, kvantne točke, polimeri i dendroni/dendrimeri. Nanočestice se prema podrijetlu dijele u dvije kategorije: prirodne i antropogene (proizvedene od strane ljudi). Antropogene nanočestice se dalje dijele na dvije dodatne kategorije: nenamjerne čestice, poput čestica koje nastaju izgaranjem ugljikovodika (dizel), te željene nanočestice koje su sintetskog podrijetla. Razvoj ove nove klase nanočestica otvorio je nova područja primjene grupirani pod pojmom nanotehnologija. Svojstva ovih čestica su zanimljiva zbog dva glavna parametra. Prvo, visok omjer površine/volumena, što dovodi do nevjerojatnog povećana reaktivnosti čestica. Zatim njihove nanoveličine, koje daju jedinstvene karakteristike. Ova kombinacija daje nanočesticama različite fizikalno-kemijske karakteristike, koje daju jedinstvena svojstva (Aloisi, 2017).

## 1.1. Trajnost premaza u eksterijeru

Kod primjene u eksterijeru na drvo utječu razni biotski i abiotski čimbenici. Drvo izloženo u eksterijeru podložno je nizu fizičkih i kemijskih pojava koje uglavnom nastaju pod utjecajem vlage, sunčeve svjetlosti i temperature. Razgradnja drva bilo kojim biotskim i abiotskim čimbenicima modificira neke od organskih komponenti drva. Komponente koje se razgrađuju svojom koncentracijom određuju svojstva drva kao što su boja, sjaj, miris i ostala mehanička svojstva. Razgradnja drva pod utjecajem vremenskih uvjeta razlikuje se od onih nastalih pod utjecajem biotskih čimbenika kao što su gljive (trulež) i plijesan. Kod primjene u eksterijeru drvo je potrebno zaštititi kako bi što duže bilo otporno prema vanjskim utjecajima i zadržalo svoja svojstva. Isto tako vanjski utjecaji utječu i na premaz koji se koristi za zaštitu drva. Stoga i premaz mora sadržavati određena svojstva kako bi bio trajan i pogodan za zaštitu drva. Odabir završne obrade ovisit će o željenom izgledu i stupnju zaštite. Tako različite vrste premaza daju različite stupnjeve zaštite i izgled s obzirom na svojstva i njihovu kvalitetu, količinu i način nanošenja. Premaze za završnu obradu drvenih proizvoda možemo podijeliti u dvije skupine: 1. upijajuće - one koje prodiru u drvo i ne tvore film na površini drva, a one mogu biti sredstva za odbijanje vode, sredstva za zaštitu od gljiva i insekata, ulja, lazure na bazi otapala; 2. filmotvorne – oni koji tvore film na površini drva a one mogu biti boje, lakovi, lazure za lakove. Trajnost premaza za vanjsku uporabu razmatra se kroz promjenu boje i sjaja, gubitka adhezivne čvrstoće, krtost, kredanje, ljuštenje i mjehuranje, te kroz strukturne promjene u premazu (Miklečić, 2016).

## 1.2. UV apsorberi u nanoveličinama

UV apsorberi su organski ili anorganski bezbojni spojevi s jakom apsorpcijom u području od 280 do 360 nm. U svojoj strukturi imaju kromofore koji vrlo učinkovito apsorbiraju energiju u UV području i pretvaraju je u neškodljivu toplinu koju otpuštaju kao svjetlost rotacijom ili vibracijom veze u atomu. Ovi spojevi imaju zanemarivu apsorpciju u vidljivom dijelu spektra, a time i visoku postojanost na svjetlo (Katalinić, 2019, prema: Hilfiker, 1996). Dodatkom nanočestica metalnih oksida u premaze za zaštitu smanjuje se količina UV zračenja koja dolazi do površine drva, bez značajnog utjecaja na prozirnost premaza. Nanočestice titanijevog dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) i cinkovog oksida ( $\text{ZnO}$ ) najviše se primjenjuju za zaštitu premaza i drva od fotodegradacije. Nanočestice UV apsorbera dodaju se u premaz kao prah ili kao emulzija, a prilikom miješanja s premazom bitna je što ujednačenija dispergiranoš nanočestica u premazu i kompatibilnost emulzije nanočestica sa sastojcima u premazu kao ne bi došlo do smanjenja transparentnosti, povećanja viskoznosti, naglog taloženja nanočestica i velikih nakupina nanočestica u premazu (Miklečić, 2016).

### 1.3. Ubrzano izlaganje vremenskim uvjetima

Ubrzano izlaganje vremenskim uvjetima služi kako bi simulirali uvjete u kojima se proizvod koristi ili će biti korišten te tako ubrzali određena ispitivanja koja bi inače provodili prirodnim putem. Samim time dobivamo brze rezultate jer proizvod izložen izravnom sunčevom svjetlu na otvorenom ima maksimalni intenzitet svjetla samo nekoliko sati svaki dan. Uređaji za ubrzano izlaganje mogu ubrzati rezultate izlaganjem ispitnih uzoraka ekvivalentu podnevne ljetne sunčeve svjetlosti 24 sata dnevno, svaki dan. Posljedično, degradacija uzorka može biti vrlo ubrzana (Link 1). Tome služe različiti uređaji koji su opremljeni sustavom za simuliranje uvjeta. U ovom istraživanju korišten je uređaj Q-SUN XE-2 (slika 1) koji je komora za ispitivanje koja uz pomoć ksenonskog luka s rotirajućim nosačem reproducira štetu uzrokovanu sunčevim svjetlom punog spektra i kišom. U nekoliko dana ili tjedana, Q-SUN Xe-2 tester može reproducirati štetu koja se događa mjesecima ili godinama na otvorenom. Xe-2 tester je sveobuhvatna komora za ispitivanje atmosferilija, otpornost na svjetlost i fotostabilnost. Omogućuje preciznu kontrolu kritičnih ispitnih parametara uključujući spektar sunčeve svjetlosti, zračenje, relativnu vlažnost, temperaturu komore i crne ploče (Link 1).



Slika 1. Uređaj za ubrzano izlaganje vremenskim uvjetima (Link 1)

---

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

U radu je istražen utjecaj UV svjetlosti na svojstva vodenih poliakrilatnih premaza s dodatkom nanočestica titanijevog dioksida. Nanopremazima su površinski obrađeni uzorci nemodificirane i toplinski modificirane jasenovine koji su ubrzano izloženi UV svjetlosti i vodi. Tijekom ubrzanog izlaganja mjerila se promjena boje i sjaja. Također se mjerila tvrdoća i suha debljina filma premaza. Istraživanje se provodilo na nemodificiranom i toplinski modificiranom drvu jasenovine. Cilj istraživanja bio je dobiti rezultate koji će nam otkriti kako UV zračenje utječe na poliakrilatne nanopremaze s različitom količinom nanočestica UV apsorbera te u kojoj mjeri nanopremazi mogu zaštititi površinu nemodificiranog i toplinski modificiranog drva od promjene boje i sjaja.

## 3. MATERIJALI I METODE

### 3.1. Uzorci drva

U ovom radu istraživani su uzorci nemodificirane i toplinski modificirane jasenovine, radijalne teksture i bez vidljivih grešaka (slika 2). Toplinska modifikacija uzoraka jasenovine provedena je pri temperaturi od 190 °C bez prisustva zraka. Uzorci su bili dimenzija 130 mm × 45 mm × 10 mm (L × R × T).



Slika 2. Uzorak nemodificirane (a) i toplinski modificirane (b) jasenovine

### 3.2. Uzorci premaznog materijala

U ovom radu istraživane su vodene emulzije s dodatkom nanočestica titanijevog dioksida ( $\text{TiO}_2$ ). Emulzije su pripravljene postupkom *in situ* emulzijske polimerizacije s udjelom nano  $\text{TiO}_2$  od 0,75 mas.% na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu. Materijali korišteni u emulzijskoj polimerizaciji prikazani su u tablici 1 (Zeljko, 2022).

Tablica 1. Materijali korišteni u emulzijskoj polimerizaciji (Zeljko, 2022)

Monomeri	Metil-metakrilat Butil-akrilat
Nanopunilo	Titanijev dioksid
Dispergijski medij	Demineralizirana voda
Emulgator	Disponil FES 77 (Natrijev dodecil sulfat)
Inicijator	Amonijev persulfat

Nanočestice titanijevog dioksida površinski su modificirane s dvije vrste modifikatora: 2,2'-azobis(2-metilpropionamid) dihidroklorid (AIBA) i 3-aminopropil)trimetoksi silan (AMPTS). Ukupno su pripremljene četiri vrste vodenih emulzija (Tablica 2).

Tablica 2. Pripremljene vodene emulzije

Vrsta emulzije	Oznaka
Emulzija bez nanočestica	PAK
Emulzije s 0,75 % nano TiO <sub>2</sub> bez modifikacije	PAK+0,75%
Emulzije s 0,75 % nano TiO <sub>2</sub> modificiran-AIBA	PAK+0,75%-AIBA
Emulzije s 0,75 % nano TiO <sub>2</sub> modificiran-AMPTS	PAK+0,75%-AMPTS

### 3.3. Priprema uzoraka

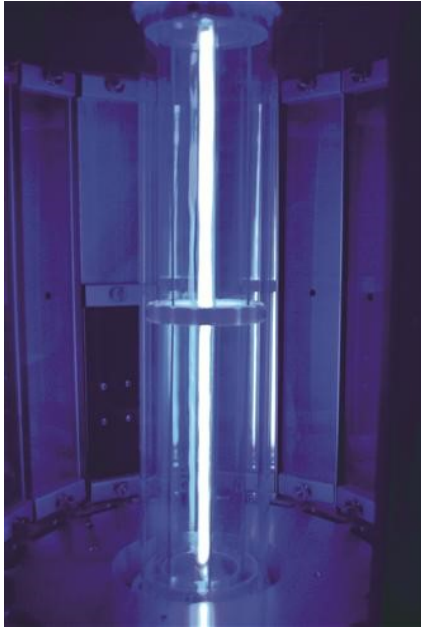
Površina uzoraka drva bila je prije nanošenja emulzija ručno brušena brusnim papirom granulacije P150. Za svaku vrstu emulzije pripremljena su tri nemođificirana i tri toplinski modificirana uzorka. Emulzije su nanošene ručno kistom u tri sloja u količini od 120 g/m<sup>2</sup> po sloju. Nanos se kontrolirao uz pomoć vage. Svaki sloj emulzije sušio se 24 sata pri sobnim uvjetima. Prvi i drugi sloj su se nakon sušenja brusili ručno brusnim papirom granulacije P240 prije nanošenja sljedećeg sloja. Osim uzoraka obrađenih emulzijama, pripremljena su po tri nemođificirana i tri toplinski modificirana uzorka koji su bili samo ručno brušeni bez nanošenja emulzije. Čela svih uzoraka zaštićena su s dva sloja dvokomponentnog epoksidnog premaza kako bi se spriječilo upijanje vode na čelima uzoraka.

### 3.4. Ubrzano izlaganje vremenskim uvjetima

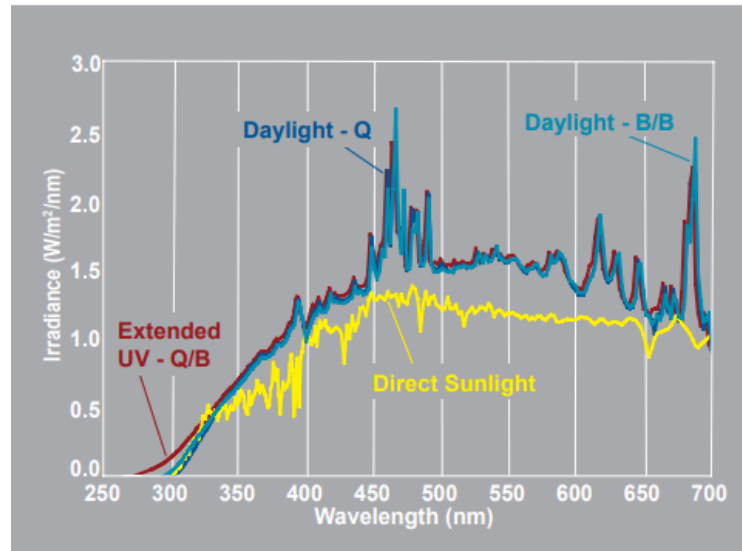
Pripremljeni uzorci su se ubrzano izlagali direktnoj sunčevoj svjetlosti, vodi i vlazi u Q-SUN XE-2 uređaju opremljenim ksenonskom lampom (slika 3) i dnevnim filterom (Daylight-Q) čiji je spektar prikazan na slici 4. Izlaganje uzoraka ukupno je trajalo 360 sati u uvjetima koji su prikazani u tablici 3. Tijekom izlaganja uzorci su rotirali oko ksenonske lampe.

Tablica 3. Uvjeti tijekom ubrzanog izlaganja

Ciklus	Trajanje	Intenzitet zračenja	Temperatura crnog tijela, °C	Temperatura u komori, °C	Relativna vlaga zraka, %
Suhi ciklus	102 min	(0,5±0,02) W/m <sup>2</sup> nm pri 340 nm	63±3	38±3	50±10
Vlažni ciklus (špricanje vodom uz uključenu lampu)	18 min	(0,5±0,02) W/m <sup>2</sup> nm pri 340 nm	-	-	-



Slika 3. Ksenonska lampa



Slika 4. Spektar dnevnog filtera (Link 2)

### 3.5. Mjerenje promjene boje

Boja površine uzoraka mjerila se spektrofotometrom xRite Ci64 (slika 5) na pet mjernih mjesta po uzorku prije izlaganja te nakon 24, 48, 72, 96, 120, 240 i 360 sati izlaganja. Prilikom mjerenja korištene su sljedeće postavke uređaja: mjerna geometrija  $d/8^\circ$ , standardni promatrač  $10^\circ$ , izvor svjetlosti D65 i promjer mjernog otvora 8 mm. Za određivanje ukupne promjene boje ( $\Delta E^*$ ) korišten je CIE  $L^*a^*b^*$  sustav boja (slika 6) u kojemu  $L^*$  označava svjetlinu, dok su  $a^*$  i  $b^*$  koordinate kromatičnosti crveno-zelenoj na odnosno žuto-plavoj osi. Promjena boje izračunata je prema sljedećoj formuli:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

gdje je  $\Delta L^* = L^*_{\text{nakon izlaganja}} - L^*_{\text{prije izlaganja}}$

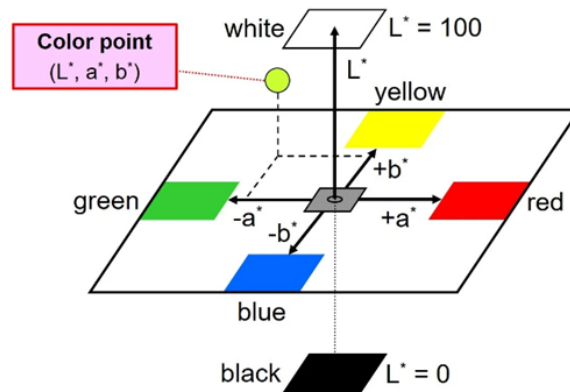
$$\Delta a^* = a^*_{\text{nakon izlaganja}} - a^*_{\text{prije izlaganja}}$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{nakon izlaganja}} - b^*_{\text{prije izlaganja}}$$

Obzirom na predznak promjene pojedine  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  može se zaključiti jeli površina posvijetlila ( $+\Delta L^*$ ) ili potamnila ( $-\Delta L^*$ ), jeli se povećao udio crvenog ( $+\Delta a^*$ ) ili zelenog ( $-\Delta a^*$ ) tona te jeli se povećao udio žutog ( $+\Delta b^*$ ) ili plavog ( $-\Delta b^*$ ) tona.



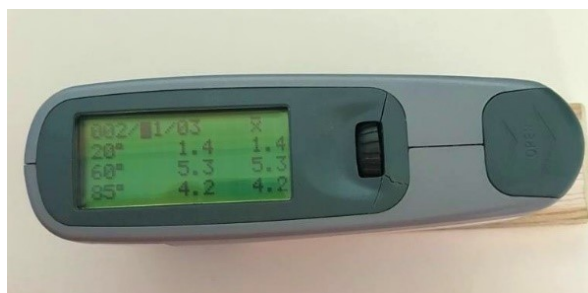
Slika 5. Spektrofotometar



Slika 6. CIE  $L^*a^*b^*$  sustav boja (<https://www.ulprospector.com>)

### 3.6. Mjerenje sjaja

Sjaj površine uzoraka mjeri se jednako kao i boja prije izlaganja te nakon 24, 48, 72, 96, 120, 240 i 360 sati izlaganja. Sjaj se mjerilo uz pomoć reflektometra tvrtke KSJ (slika 7) pod kutom od  $60^\circ$  u smjeru godova na tri mjerna mjesta po uzorku. Prije početka mjerenja uređaj je kalibriran pomoću etalona koji je crno staklo indeksa loma 1,567.

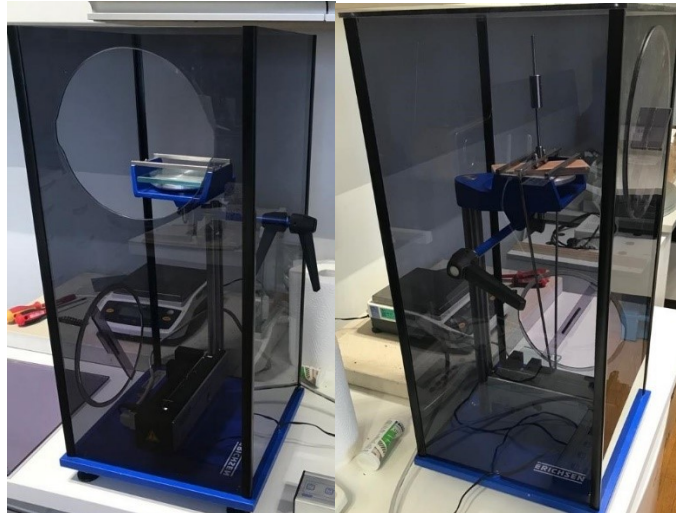


Slika 7. Reflektometar



### 3.7. Mjerenje tvrdoće površine

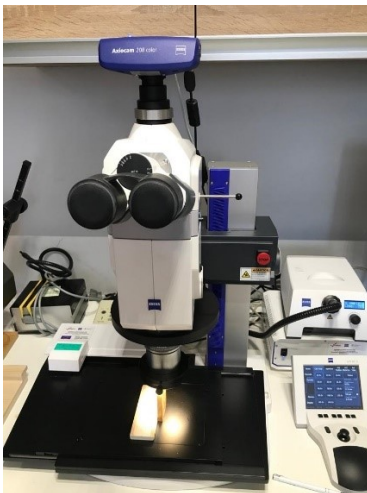
Tvrdoća površinski obrađene površine uzoraka mjerena je prije i nakon 360 sati ubrzanog izlaganja pomoći Königovog njihala (slika 8). Ovom metodom mjerilo se vrijeme prigušenja titraja njihala od  $6^\circ$  na  $3^\circ$ , a samo njihalo je provjereno na staklu debljine 5 mm gdje je vrijeme prigušenja njihala iznosilo 250 s.



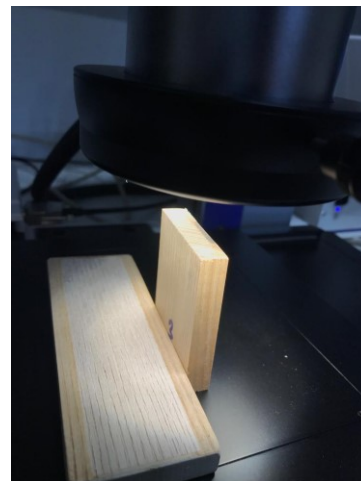
Slika 8. Königovo njihalo

### 3.8. Mjerenje suhe debljine filma

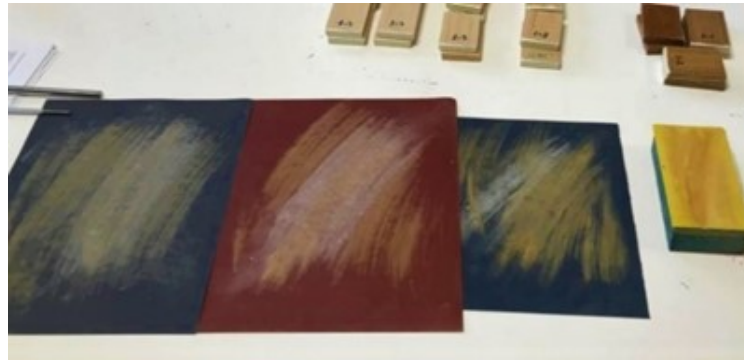
Suha debljina filma mjerila se na svjetlosnom mikroskopu ZEISS AXIO ZOOM V16 pri povećanju od 10.5x (slika 9) na poprečnom presjeku svakoga uzorka (slika 10). Prije mjerenja suhe debljine poprečni presjek uzoraka postepeno je ručno brušen brusnim papirom granulacija P240, P400, P800, P1000 i P1500 (slika 11). Sama debljina filama izmjerena je na računaru (slika 12).



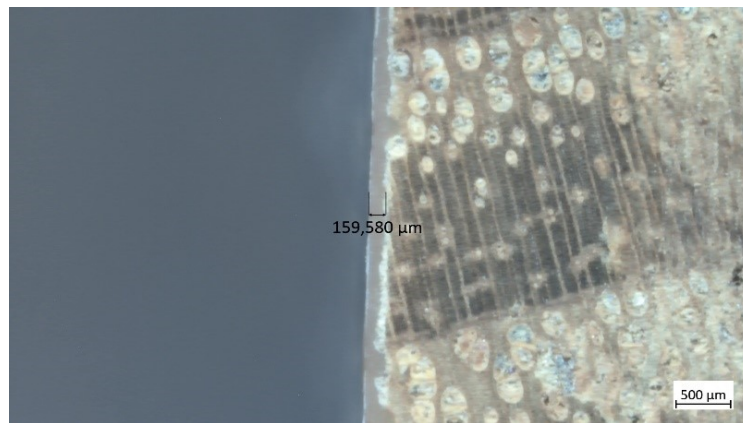
Slika 9. Mikroskop



Slika 10. Mjerenje debljine filma



Slika 11. Priprema uzoraka za mikroskop

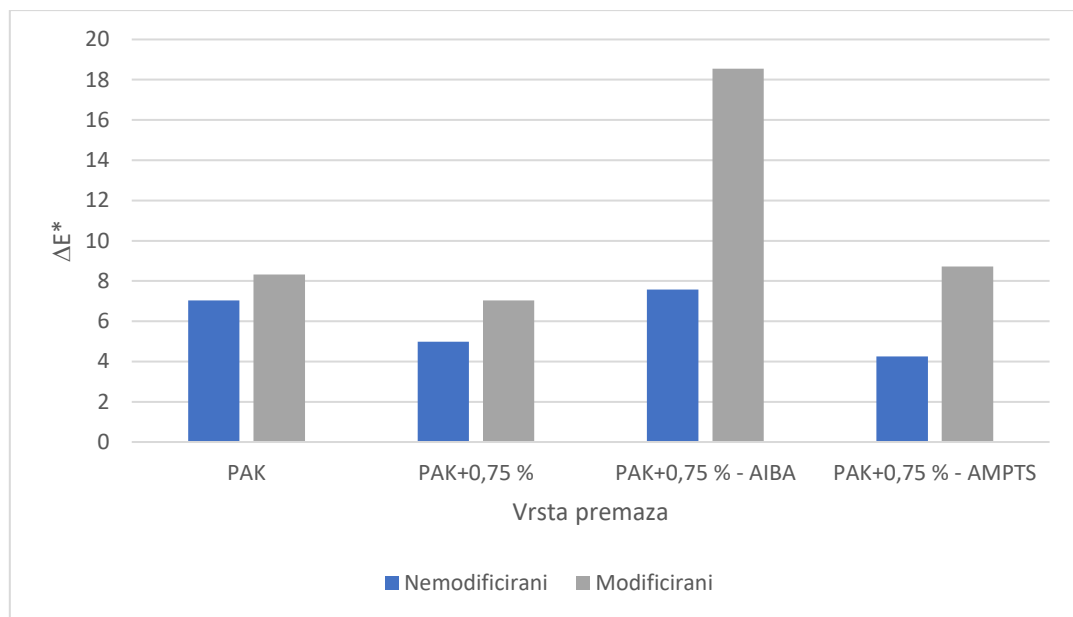


Slika 12. Dobivena slika i rezultat debljine filma

## 4. REZULTATI

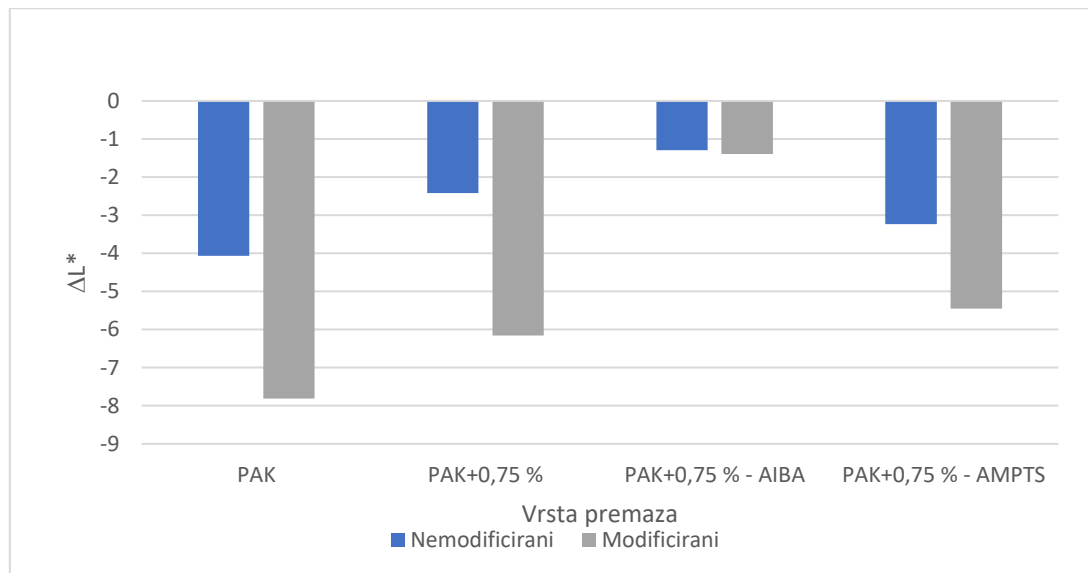
### 4.1. Promjena boje

Boja se mjeri kako bi vidjeli utjecaj UV svjetlosti na promjenu boje, svjetline, udjela crvenog ili zelenog te udjela žutog ili plavog tona na površine drva i premaza. Ukupna promjena boje ( $\Delta E^*$ ) ubrzano izloženih uzoraka prikazana je na slikama 13, 17 i 18. Promjena svjetline ( $\Delta L^*$ ) površine uzorka prikazan je na slikama 14, 19, 20. Udio crvenog ili zelenog tona ( $\Delta a^*$ ) prikazan je na slikama 15, 21, 22. Udio žutog ili plavog tona ( $\Delta b^*$ ) prikazan je na slikama 16, 23, 24.



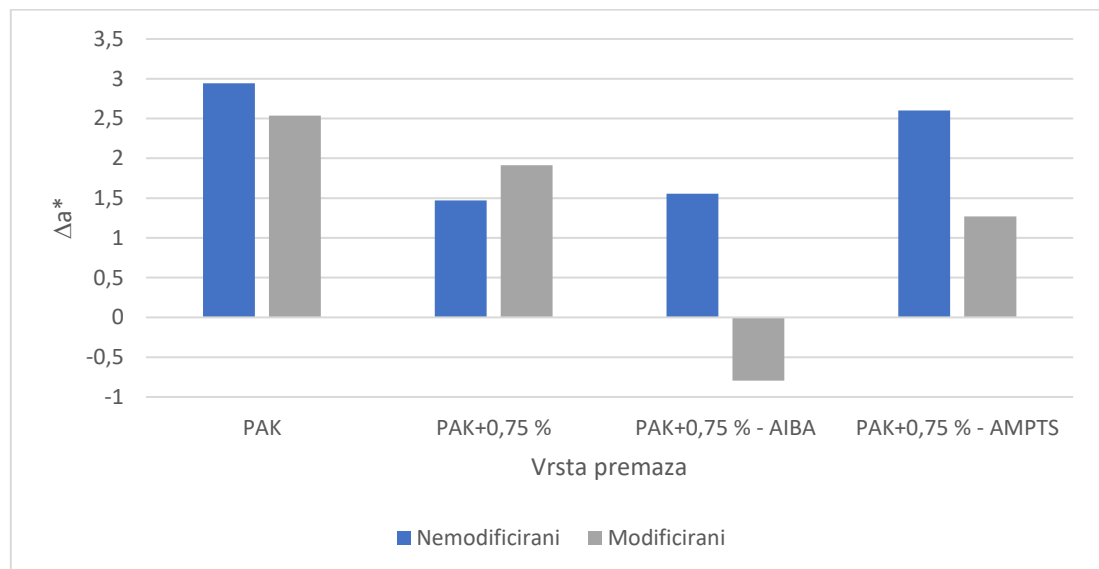
Slika 13. Promjena boje površine uzoraka nakon premazivanja

Slika 13 pokazuje rezultate promjeni boje uzoraka nakon premazivanja. Vidljivo je da su vrijednosti promjene boje toplinski modificiranih uzoraka kod svih vrsta premaza veće nego kod nemodificiranih uzoraka. Uzorak obrađen PAK+0,75%-AIBA premazom pokazuje najveću promjenu boje kod nemodificiranih i modificiranih uzoraka. Uzorak obrađen PAK+0,75% premazom pokazuje najmanju promjenu boje kod modificiranih uzoraka, a kod nemodificiranih najmanju promjenu boje pokazuje uzorak obrađen PAK+0,75%-AMPTS premazom.



Slika 14. Promjena svjetline površine uzoraka nakon premazivanja

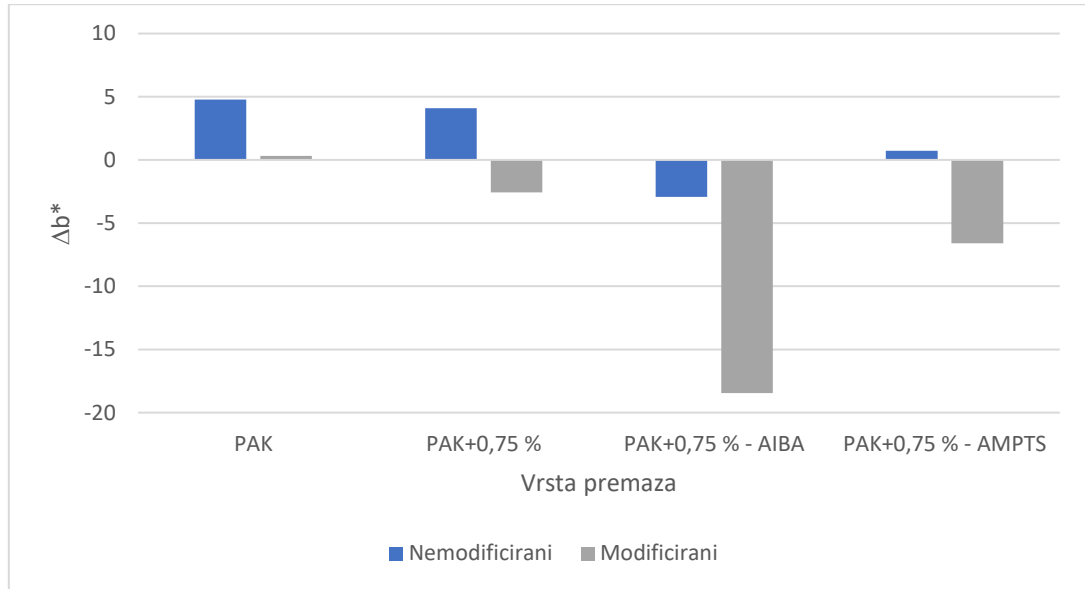
Slika 14 prikazuje rezultate promjene svjetline površine uzoraka nakon premazivanja. Prema prikazanim rezultatima vidljivo je da su sve vrijednosti u minusu što znači da su sve površine uzoraka potamnile u određenoj mjeri. Za sve vrste premaza vrijednosti su manje, kod modificiranih uzoraka, što znači da su potamnili više od nemodificiranih uzoraka. Uzorak obrađen PAK+0,75%-AIBA premazom pokazuje najmanju promjenu svjetline površine kod nemodificiranih i modificiranih uzoraka, a najveću promjenu kod obje vrste uzoraka pokazuje uzorak tretiran PAK premazom.



Slika 15. Promjena koordinate a\* površine uzoraka nakon premazivanja

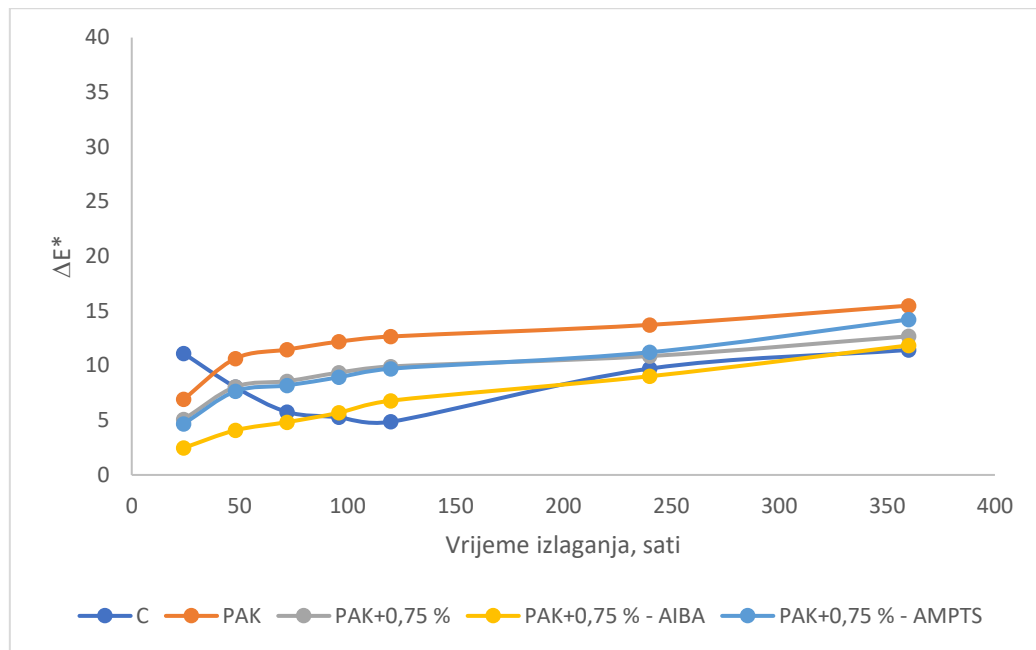
Prema rezultatima na slici 15 vidljiva je promjena udjela crvenog ili zelenog tona boje nakon premazivanja uzoraka. Vrijednosti su veće kod nemodificiranih uzoraka. Osim kod PAK+0,75% premaza koji pokazuje veću vrijednost na modificiranom uzorku. Modificirani uzorak

obrađen PAK+0,75%-AIBA premazom ima vrijednost  $\Delta a^*$  što znači da se povećao udio zelenog tona, a kod svih ostalih uzoraka vrijednosti  $\Delta a^*$  su pozitivne što znači da se povećao udio crvenog tona. Najveću promjenu  $\Delta a^*$  pokazuju uzorci obrađeni PAK premazom na nemodificiranim i modificiranim uzorcima, a najmanju promjenu pokazuju uzorci obrađeni PAK+0,75% premazom na nemodificiranim, te uzorci obrađeni PAK+0,75%- AIBA premazom na modificiranim uzorcima.



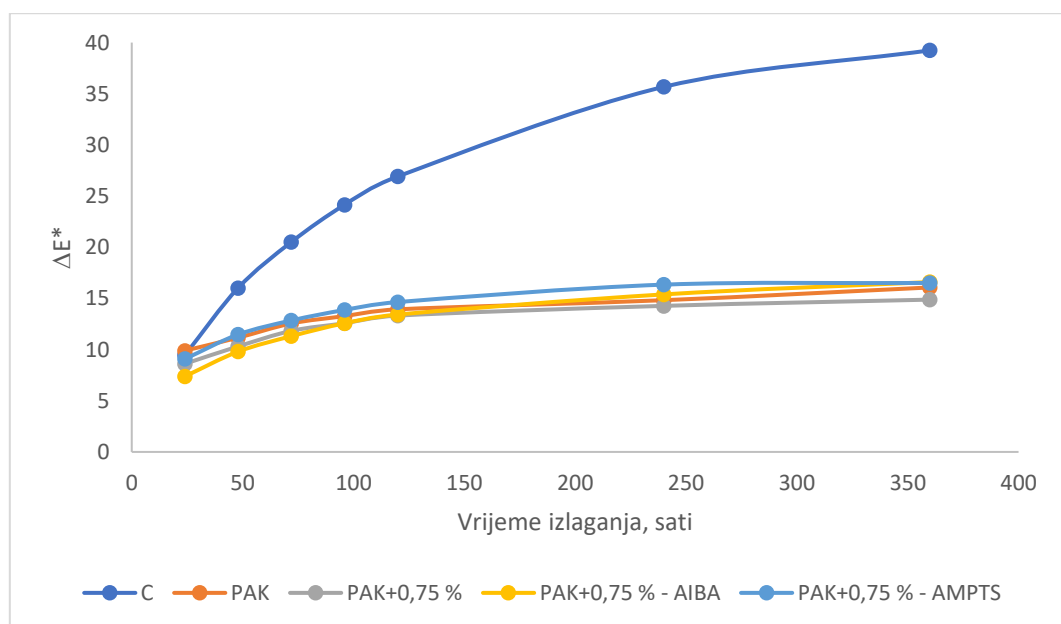
Slika 16. Promjena koordinate  $b^*$  površine uzoraka nakon premazivanja

Prema rezultatima na slici 16 vidljiva je promjena udjela žutog ili plavog tona boje nakon premazivanja uzoraka. Na nemodificiranim uzorcima vrijednosti  $\Delta b^*$  su pozitivne što znači da se povećao udio žutog tona, osim kod PAK+0,75%-AIBA premaza vrijednosti  $\Delta b^*$  su negativne što znači da se povećao udio plavog tona. Na nemodificiranim uzorcima najveću promjenu pokazuje uzorak obrađen PAK premazom, a najmanju uzorak obrađen PAK+0,75%-AMPTS premazom. Na modificiranim uzorcima vrijednosti  $\Delta b^*$  su negativne što znači da se povećao udio plavog tona, osim kod PAK premaza gdje je vrijednost  $\Delta b^*$  pozitivna što znači da se povećao udio žutog tona. Na modificiranim uzorcima najveću promjenu vrijednosti  $\Delta b^*$  pokazuje uzorak obrađen PAK+0,75%-AIBA premazom, a najmanju uzorak obrađen PAK premazom.



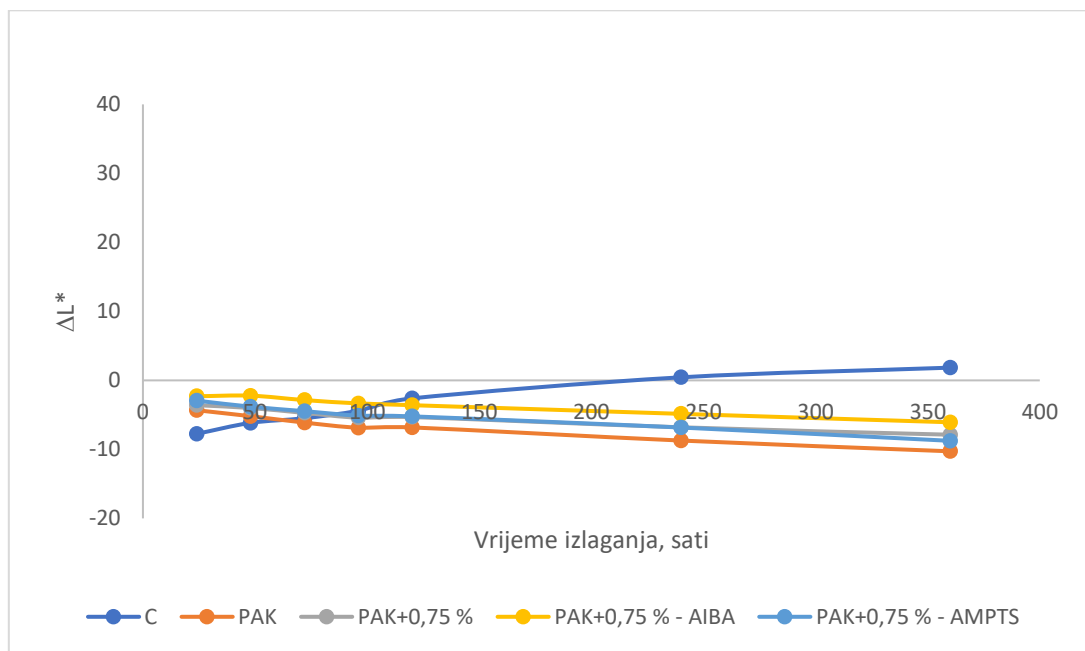
Slika 17. Promjena boje površine nemodificiranih uzoraka tijekom izlaganja

Rezultati prikazani na slici 17 prikazuju vrijednosti promjene boje nemodificiranih uzoraka tijekom ubrzanog izlaganja vremenskim uvjetima. Na svim premazanim uzorcima vrijednosti promjene boje konstantno su u porastu. Na uzorku C koji nije premazan vidljivo je da se njegova vrijednost promjene boje u početku izlaganja smanjuje, a nakon 120 sati je u porastu. Najveću promjenu boje svi uzorci imaju u rasponu izlaganja od 24 do 48 sati. Vrijednosti promjene boje svih uzoraka podjednako osciliraju te je njihov raspon vrijednosti promjene boje podjednak nakon 24 i 360 sati. Na početku i kraju ubrzanog izlaganja najveću promjenu boje pokazuje uzorak obrađen PAK premazom, a najmanju uzorak obrađen PAK+0,75%-AIBA premazom.



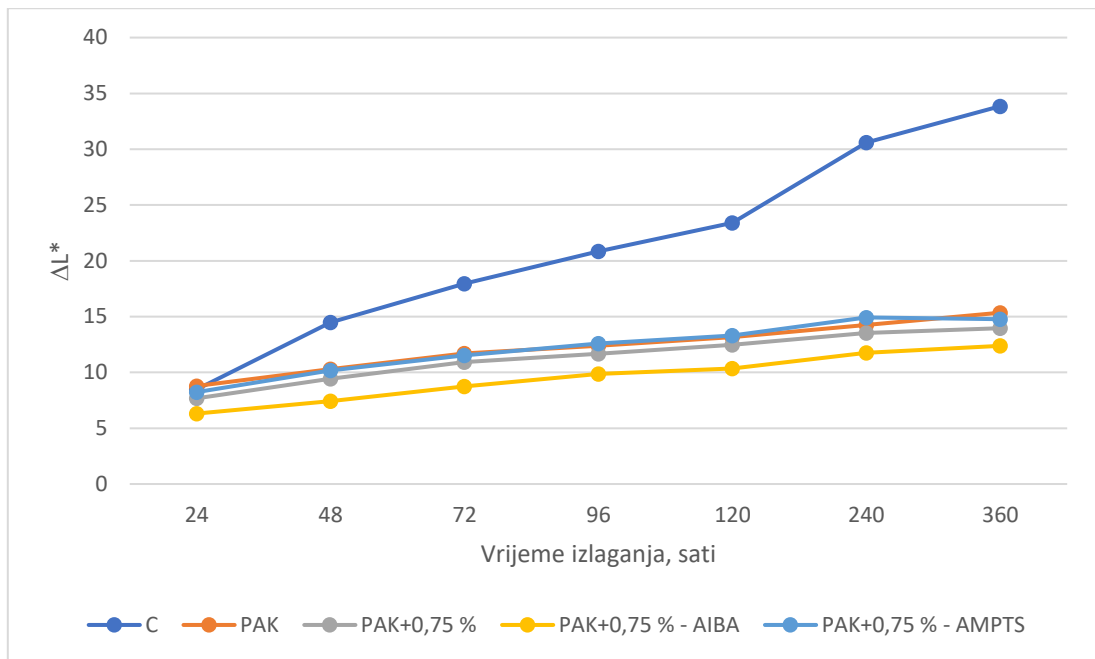
Slika 18. Promjena boje površine modificiranih uzoraka tijekom izlaganja

Rezultati prikazani na slici 18 prikazuju vrijednosti promjene boje modificiranih uzoraka tijekom ubrzanog izlaganja vremenskim uvjetima. Na svim uzorcima vrijednosti promjene boje konstantno su u porastu. Najveća promjena boje vidljiva je na početku izlaganja od 24 do 48 sati gdje se vrijednosti promjene boje između uzoraka više razlikuju, a nakon 72 sata vrijednosti promjene boje se povećavaju za manji iznos. Vrijednosti promjene boje svih uzoraka podjednako osciliraju te je njihov međusobni raspon vrijednosti u kojem se kreću podjednak nakon 24 i 360 sati. Na početku izlaganja najveću promjenu boje ima uzorak obrađen PAK premazom, a najmanju uzorak obrađen PAK+0,75%-AIBA premazom. Na kraju izlaganja najveću promjenu boje ima uzorak obrađen PAK+0,75%-AIBA premazom, a najmanju uzorak obrađen PAK0,75% premazom.



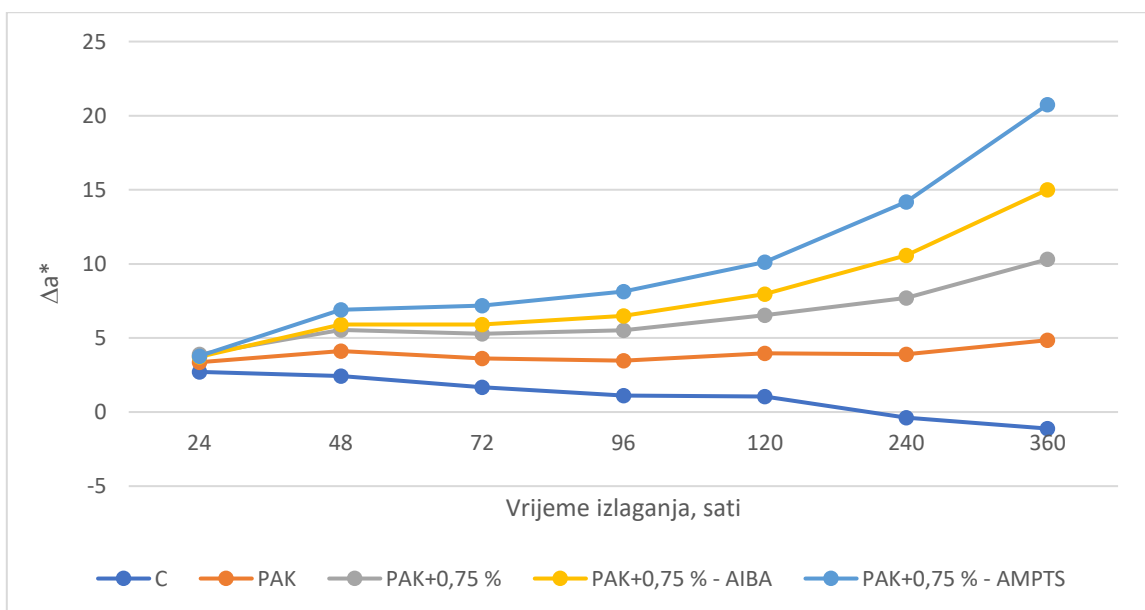
Slika 19. Promjena svjetline površine nemodificiranih uzoraka tijekom izlaganja

Promjenu svjetline površine nemodificiranih uzoraka prikazana je na slici 19. Za sve uzorke vrijednosti su negativne i konstantno se smanjuju tijekom izlaganja, što znači da su površine potamnile. Na početku i na kraju izlaganja najveću promjenu svjetline prikazuje uzorak obrađen PAK premazom, a najmanju uzorak obrađen PAK+0,75%-AIBA premazom. Vrijednosti promjene svjetline svih uzoraka podjednako osciliraju, a njihov raspon nakon 24 sata nešto je manji nego nakon 360 sati.



Slika 20. Promjena svjetline površine modificiranih uzoraka tijekom izlaganja

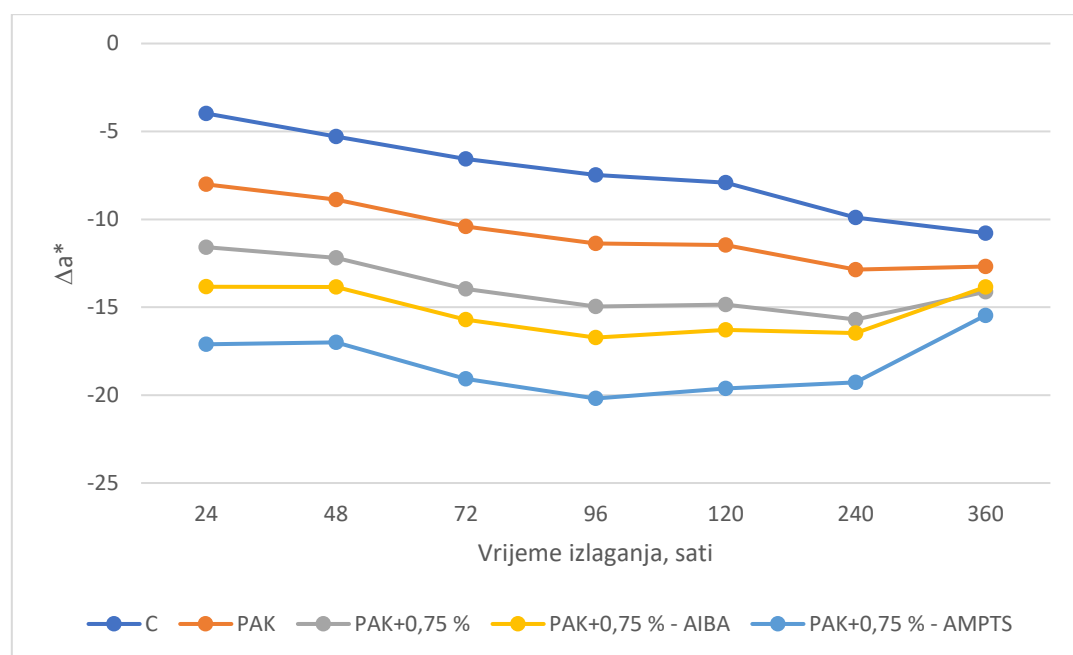
Promjena svjetline površine modificiranih uzoraka prikazana je na slici 20. Za sve uzorke vrijednosti promjene svjetline su pozitivne i konstantno se povećavaju tijekom izlaganja, što znači da su površine posvijetlile. Na početku i na kraju izlaganja najveću promjenu svjetline prikazuje uzorak obrađen PAK premazom, a najmanju uzorak obrađen PAK+0,75%-AIBA preazom. Vrijednosti promjene svjetline svih uzoraka podjednako osciliraju, a njihov raspon je podjednak nakon 24 i 360 sati. Kada usporedimo modificirane s nemodificiranim uzorcima vidimo da su vrijednosti promjene svjetline potpuno suprotne, modificirani uzorci su postali svjetliji, a nemodificirani tamniji.



Slika 21. Promjena koordinate a\* površine nemodificiranih uzoraka tijekom izlaganja

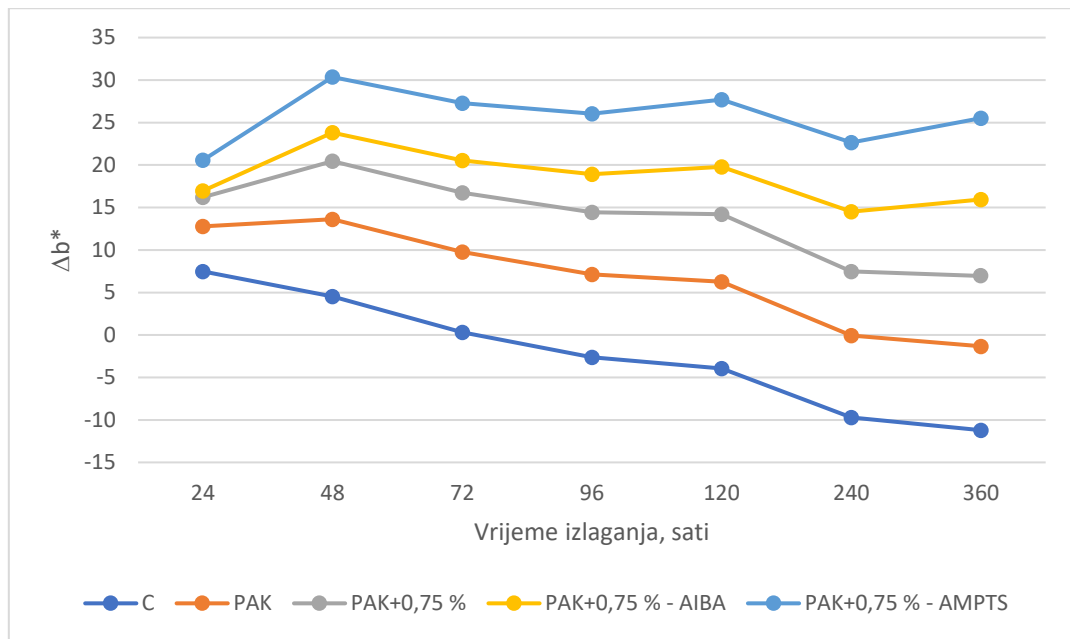


Slika 21 prikazuje rezultate promjene koordinate  $a^*$  nemodificiranih uzoraka, odnosno promjenu udjela crvenog ili zelenog tona. Na uzorcima obrađenim PAK+0,75%-AIBA i PAK+0,75% premazima vrijednosti  $\Delta a^*$  konstantno su u porastu. Na uzorcima obrađenim PAK i PAK+0,75% premazima vrijednosti  $\Delta a^*$  rastu od 24 do 48 sati, a zatim od 48 do 72 sata blago opadaju te nakon 72 sata su konstantno u porastu. Vrijednosti  $\Delta a^*$  svih uzoraka su se povećale što znači da se povećao udio crvenog tona. Raspon vrijednosti  $\Delta a^*$  nakon 24 sata kreće se između 2 i 4, a nakon 360 sati između 4 i 21, što je puno veći raspon nego nakon 24 sata. Najveća promjena vrijednosti  $\Delta a^*$  je od 240 do 360 sati, a najmanja od 48 do 72 sata, za sve uzorke. Na početku i na kraju izlaganja uzorak obrađen PAK+0,75%-AMPTS premazom pokazuje najveću promjenu  $\Delta a^*$ , a uzorak obrađen PAK premazom najmanju.



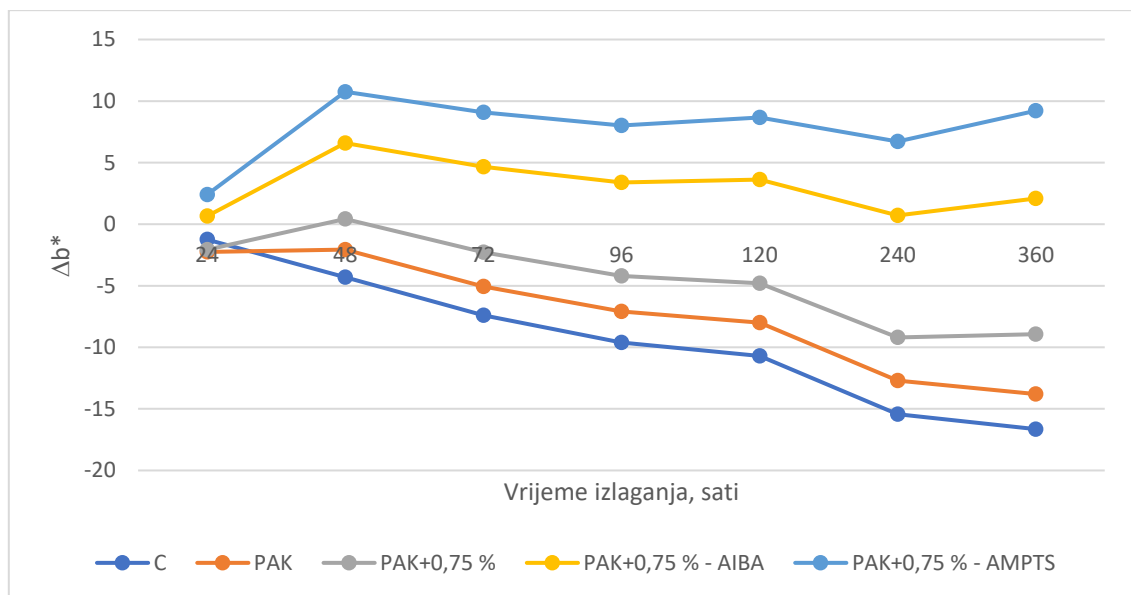
Slika 22. Promjena koordinate  $a^*$  površine modificiranih uzoraka tijekom izlaganja

Slika 22 prikazuje rezultate o promjeni koordinate  $a^*$  modificiranih uzoraka, odnosno promjenu udjela crvenog ili zelenog tona. Vrijednosti  $\Delta a^*$  uzoraka obrađenih PAK i PAK+0,75% premazom su se smanjile što znači da se povećao udio zelenog tona. Vrijednosti  $\Delta a^*$  uzoraka obrađenih PAK+0,75%-AIBA i PAK+0,75%-AMPTS premazima blago su se povećale nakon izlaganja što znači da se smanjio udio zelenog tona. Raspon vrijednosti  $\Delta a^*$  nakon 24 sata izlaganja bio je od -7 do -17, a na kraju izlaganja od -11 do -16. Na početku i na kraju izlaganja uzorak obrađen PAK premazom imao je najmanju promjenu  $\Delta a^*$ , a najveću promjenu  $\Delta a^*$  imao je uzorak obrađen PAK+0,75%-AMPTS premazom. Ako usporedimo rezultate sa slikama 21 i 22 vidimo da je na nemodificiranim uzorcima udio crvenog tona veći, a na modificiranim uzorcima veći je udio zelenog tona.



Slika 23. Promjena koordinate  $b^*$  površine nemodificiranih uzoraka tijekom izlaganja

Slika 23 prikazuje vrijednostima promjene koordinate  $b^*$ , odnosno udjela žutog ili plavog tona tijekom izlaganja na nemodificiranim uzorcima. Na uzorcima obređenim PAK+0,75%-AMPTS premazom vrijednost  $\Delta b^*$  povećala se na kraju izlaganja što pokazuje da se udio žutog tona povećao. NA ostalim uzorcima vrijednost  $\Delta b^*$  na kraju izlaganja je manja od one na početku izlaganja što pokazuje da se udio žutog tona smanjio ili povećao udio plavog tona. Raspon vrijednosti  $\Delta b^*$  nakon 24 sata izlaganja bio je od 7 do 21, a na kraju izlaganja bio je od -1 do 26. Na početku i na kraju izlaganja najveći udio žutog tona pokazuju uzorci obrađeni PAK+0,75%-AMPTS premazom, a najmanji udio žutoga odnosno najveći udio plavog tona pokazuju uzorci obrađeni PAK premazom.

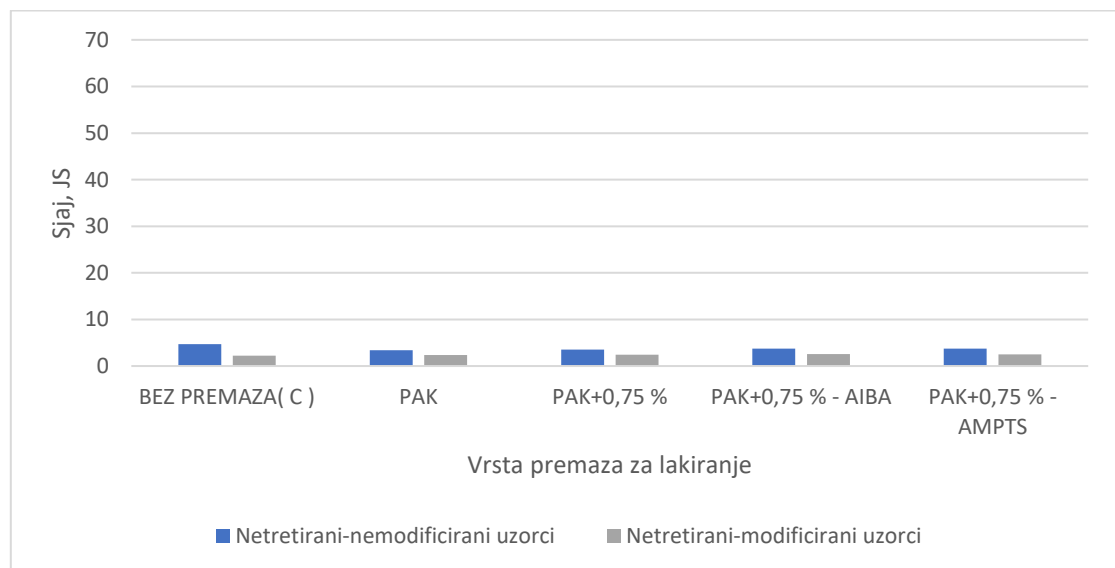


Slika 24. Promjena koordinate  $b^*$  površine modificiranih uzoraka tijekom izlaganja

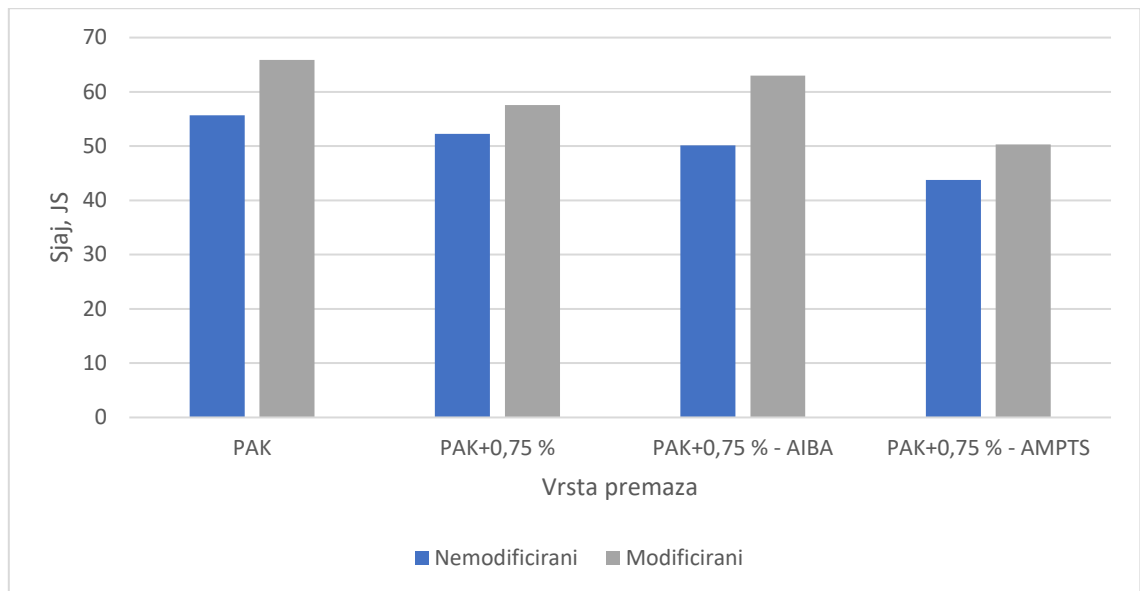
Slika 24 prikazuje vrijednosti promjene koordinate  $b^*$ , odnosno udjela žutog ili plavog tona, tijekom izlaganja na modificiranim uzorcima. Na uzorcima obrađenim PAK+0,75%-AIBA i PAK+0,75%-AMPTS premazima vrijednost  $\Delta b^*$  povećala se na kraju izlaganja što pokazuje da se udio žutog tona povećao. Na uzorcima obrađenim PAK i PAK+0,75% premazom vrijednost  $\Delta b^*$  smanjila se na kraju izlaganja što pokazuje da se udio žutog tona smanjio ili povećao udio plavog tona. Raspon vrijednosti  $\Delta b^*$  nakon 24 sata izlaganja bio je od -3 do 3, a na kraju izlaganja od -14 do 9. Najveću promjenu udjela žutog ili plavog tona uzorci pokazuju u razdoblju od 0 do 24 sata i od 120 do 240 sati, a najmanju promjenu pokazuju u razdoblju izlaganja od 96 do 120 sati. Na početku i na kraju izlaganja najveći udio žutog tona pokazuju uzorci obrađeni PAK+0,75%-AMPTS premazom, a najmanji udio žutoga odnosno najveći udio plavog tona pokazuju uzorci obrađeni PAK premazom.

## 4.2. Promjena sjaja

Cilj mjerenja bio je vidjeti kako vremenski uvjeti utječu na promjenu sjaja površine ovisno o vrsti premaza i modifikaciji drva. Rezultati mjerenja prikazani su na slikama 24, 25, 26 i 27.

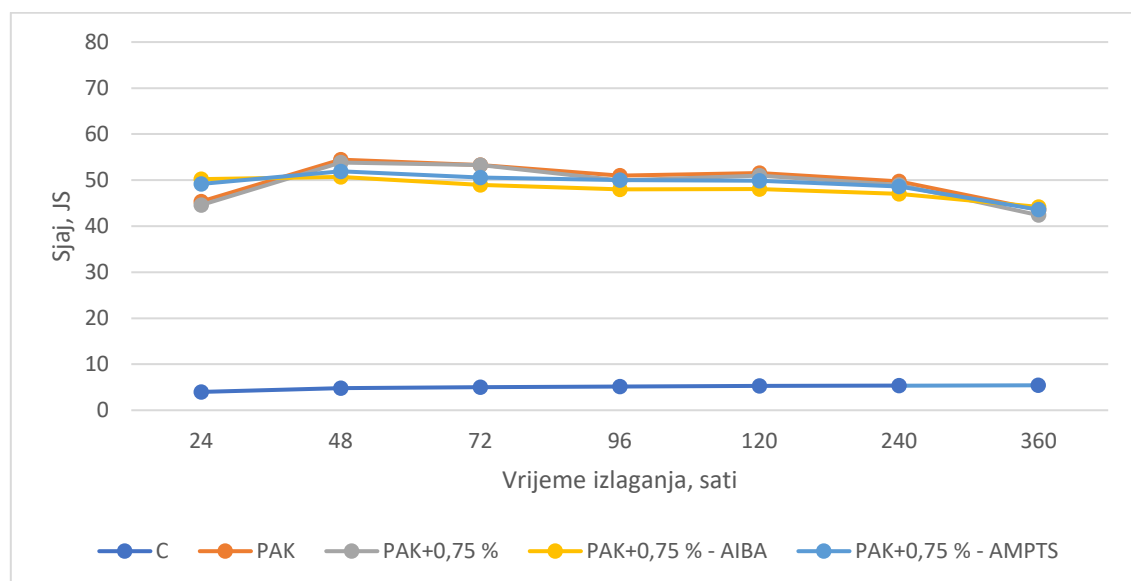


Slika 25. Sjaj površine nemodificiranih i modificiranih prije premazivanja



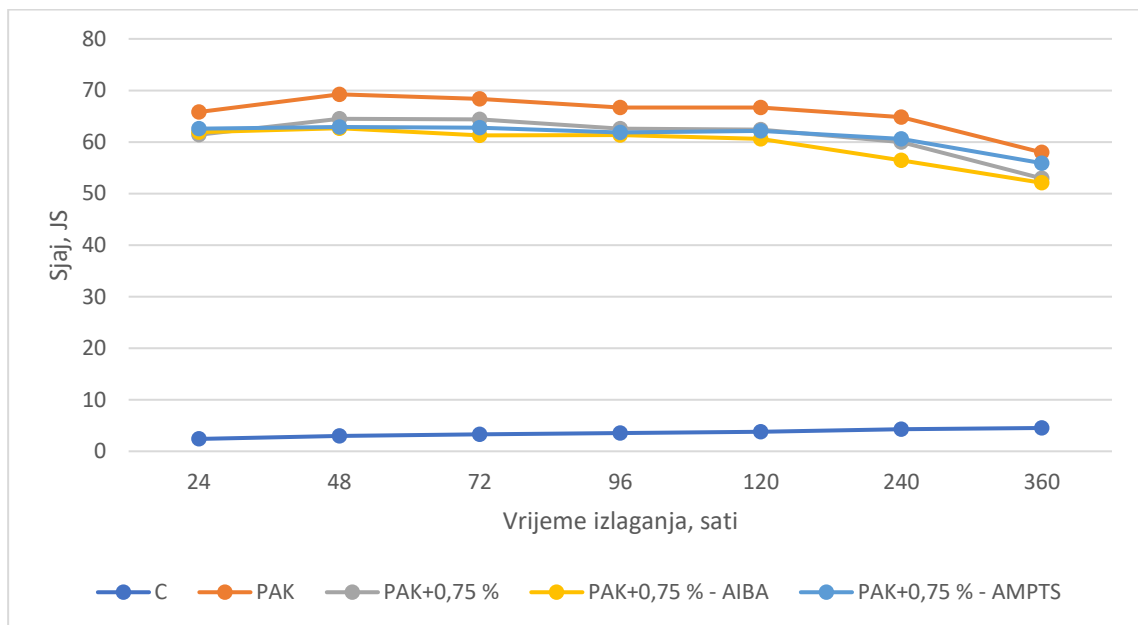
Slika 26. Sjaj površine nemodificiranih i modificiranih nakon premazivanja

Na slici 25 prikazane su vrijednosti sjaja površine uzoraka prije premazivanja. Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti da je površina nemodificiranih uzoraka sjajnije od površine modificiranih uzoraka na 180 °C. Rezultati na slici 26 pokazuju da su vrijednosti sjaja modificiranih uzoraka veće od nemodificiranih uzoraka kod svih vrsta uzoraka nakon premazivanja. Također, usporedbom rezultata na slikama 25 i 26 vidljivo je da se premazima intenzivno povećao sjaj uzoraka. Na slici 26 također je vidljivo da je uzorak obrađen PAK premazom (bez nanočestica) najsjajniji, a uzorak obrađen PAK+0,75%-AMPTS premazom najmanje sjajan.



Slika 27. Sjaj površine nemodificiranih uzoraka tijekom izlaganja

Rezultati na slici 27 pokazuju da se tijekom izlaganja nemodificiranih uzoraka sve vrijednosti sjaja kreću u rasponu od 40 do 60 JS. Nakon 360 sati izlaganja vidljivo je da su vrijednosti sjaja svih uzoraka u padu u odnosu na početne vrijednosti što nam govori da se sjaj površina s vremenom smanjuje pod utjecajem vremenskih uvjeta. Vrijednosti sjaja uzoraka na početku izlaganja više se međusobno razlikuju nego na kraju izlaganja, kada su približno jednake. Najmanje smanjenje sjaja uzorci pokazuju u vremenu izlaganja od 96 do 120 sati, a najveću od 240 do 360 sati. Uzorak obrađen PAK+0,75%-AIBA premazom pokazuje najveću stabilnost sjaja, a nakon završenog izlaganja njegova površina je najsajnija. Uzorci obrađeni PAK i PAK+0,75% premazima imaju veće oscilacije sjaja jer se njihove vrijednosti sjaja kreću u većem rasponu u odnosu na druge uzorke, ali njihove vrijednosti nakon 360 sati izlaganja su približno jednake ostalima. U razdoblju izlaganja od 48 sata do 360 sati najmanju razliku u vrijednosti sjaja ima uzorak obrađen PAK+0,75%-AIBA premazom, a najveću uzorak obrađen PAK premazom.

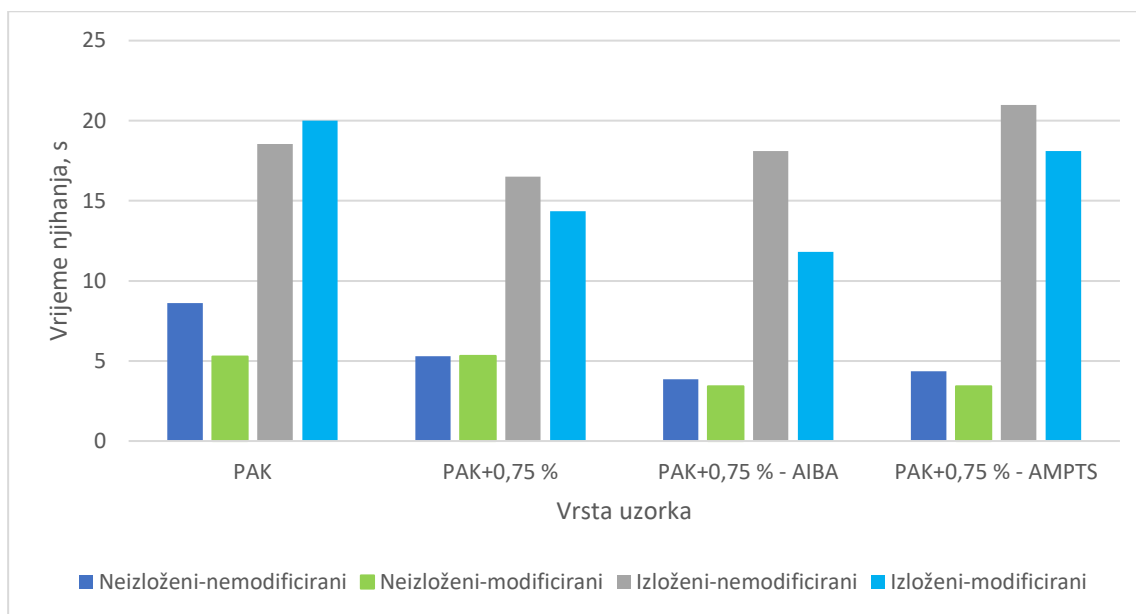


Slika 28. Sjaj površine modificiranih uzoraka tijekom izlaganja

Rezultati na slici 28 pokazuju da se tijekom izlaganja modificiranih uzoraka sve vrijednosti sjaja kreću u rasponu od 50 do 70 JS. Površine modificiranih uzoraka kod svih vrsta premaza konstantno imaju veći sjaj tijekom izlaganja u odnosu na nemodificirane uzorke (slika 27) i u sjaj modificiranih uzoraka nalaze se u manjem rasponu od nemodificiranih uzoraka. Kao i kod nemodificiranih uzoraka u razdoblju izlaganja od 24 do 48 sati možemo vidjeti da se vrijednosti sjaja modificiranih uzoraka blago povećavaju kod svih modificiranih uzoraka. Nakon 48 sati vrijednosti sjaja svih uzoraka su konstantno u padu. Nakon 360 sati izlaganja vidljivo je da su vrijednosti sjaja svih uzoraka u padu u odnosu na početne što nam govori da se sjaj površina s vremenom smanjuje pod utjecajem vremenskih uvjeta. Najmanje smanjenje sjaja modificirani uzorci pokazuju u vremenu izlaganja od 96 do 120 sati, a najveću od 240 do 360 sati. Modificirani uzorak obrađen PAK+0,75%-AIBA premazom pokazuje najveću stabilnost sjaja jer se sve

njegove vrijednosti kreću u najmanjem rasponu. Modificirani uzorak obrađen PAK premazom konstantno od početka do kraja izlaganja ima najveće vrijednosti sjaja.

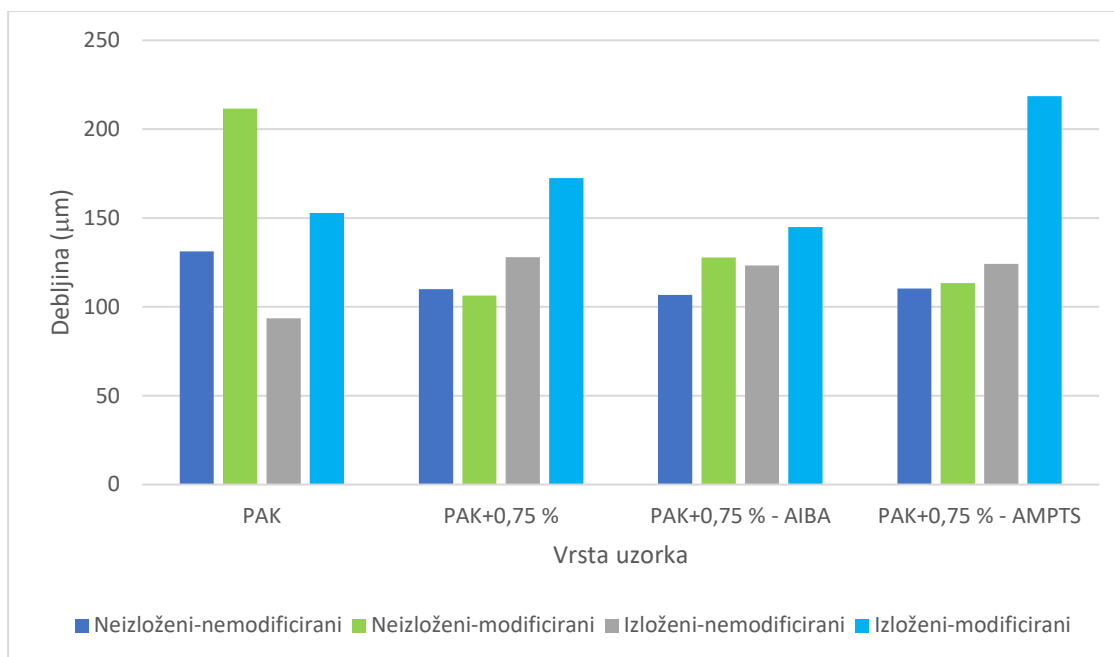
### 4.3. Rezultati tvrdoće površine



Slika 29. Tvrdoća površine prije i nakon izlaganja

Rezultati na slici 29 pokazuju vrijednosti tvrdoće površine premazanih nemodificiranih i modificiranih uzoraka prije i nakon ubrzanog izlaganja. Tvrdoća površine izražena je pomoću vremena njihanja, što je vrijednost vremena veća to je tvrdoća površine veća i obrnuto, što je vrijednost vremena manja to je i tvrdoća površine manja. Kod uzoraka koji nisu bili ubrzano izloženi vidljivo je da nemodificirani uzorci pokazuju nešto veće vrijednosti tvrdoće površine od modificiranih uzoraka. Nakon ubrzanog izlaganja tvrdoća površine nemodificiranih uzoraka u prosjeku je veća od tvrdoće površine modificiranih uzoraka osim na uzorcima obrađenim PAK premazom gdje je tvrdoća površine veća na modificiranim uzorcima. Usporedbom neizloženih i izloženih uzoraka vidljivo je da izloženi uzorci imaju dosta veću tvrdoću površine. Kod izloženih uzoraka najveću tvrdoću površine na nemodificiranim uzorcima pokazuje uzorak obrađen PAK+0,75%-AMPTS premazom, a na modificiranim uzorcima uzorak obrađen PAK premazom. Najmanju tvrdoću površine izloženih nemodificiranih uzoraka pokazuje uzorak obrađen PAK+0,75% premazom, a kod izloženih modificiranih uzoraka uzorak obrađen PAK+0,75%-AIBA premazom. Kod neizloženih uzoraka najveću tvrdoću površine nemodificiranih uzoraka ima uzorak obrađen PAK premazom, a kod neizloženih modificiranih uzoraka uzorak obrađen PAK+0,75% premazom. Najmanju tvrdoću kod neizloženih nemodificiranih uzoraka ima uzorak obrađen PAK+0,75%-AIBA premazom, a kod modificiranih uzoraka uzorak obrađen PAK+0,75%-AIBA i PAK+0,75%-AMPTS premazima.

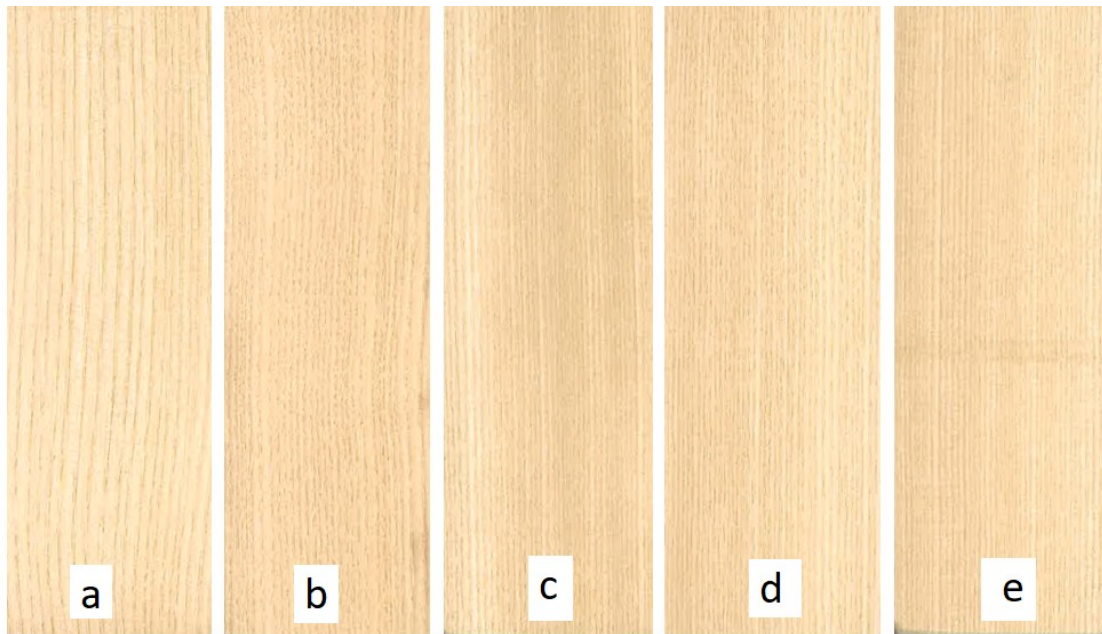
#### 4.4. Rezultati debljine filma



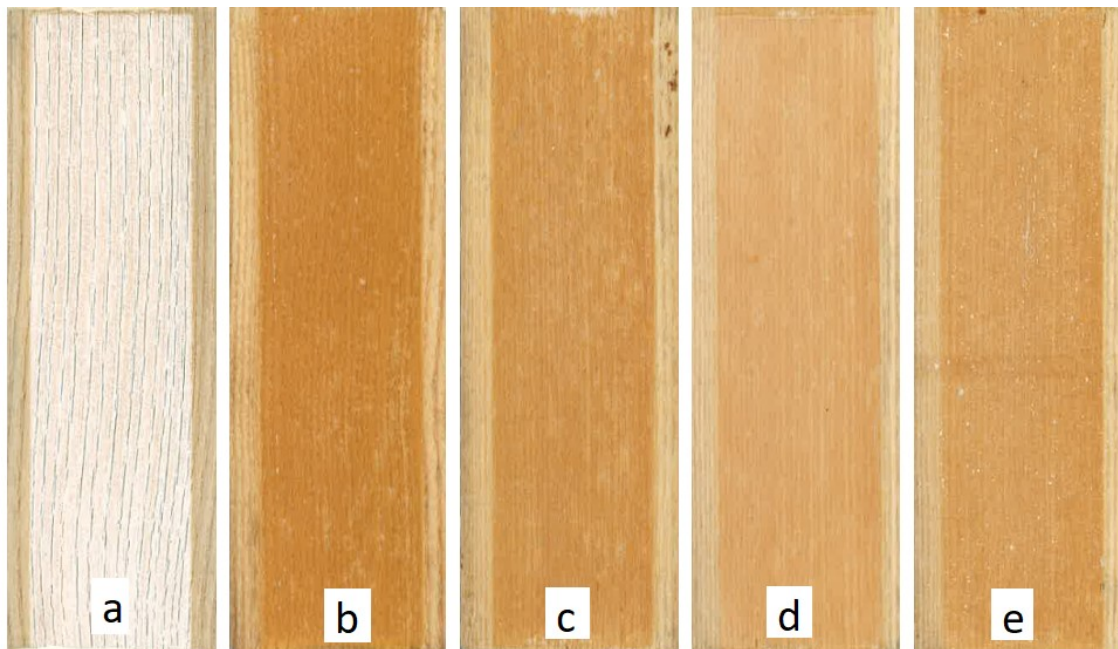
Slika 30. Suha debljina filma premaza prije i nakon izlaganja

Podaci na slici 30 pokazuju vrijednosti suhe debljine filma premaza na nemodificiranim i modificiranim uzorcima prije i nakon ubrzanog izlaganja. Modificirani uzorci u prosjeku imaju veću debljinu premaza od nemodificiranih. Kod uzoraka koji nisu ubrzano izlagani vremenskim uvjetima vidljivo je da modificirani uzorci imaju u prosjeku veću debljinu filma od nemodificiranih uzoraka, osim na uzorcima obrađenim PAK+0,75% premazom gdje je debljina filma veća na nemodificiranim uzorcima. Kod izloženih uzoraka najveću debljinu filma premaza na nemodificiranim uzorcima pokazuje uzorak obrađen PAK+0,75% premazom, a na modificiranim uzorcima uzorak obrađen PAK+0,75%-AMPTS premazom. Nakon izlaganja nemodificiranih uzoraka najmanju debljinu pokazuje uzorak obrađen PAK premazom, a na izloženim modificiranim uzorcima uzorak obrađen PAK+0,75%-AIBA premazom. Nakon izlaganja najveću debljinu filma ima PAK+0,75%-AMPTS premaz na modificiranom uzorku, a najmanju PAK premaz na nemodificiranom uzorku. Kod neizloženih uzoraka najveću debljinu filma premaza na nemodificiranim i modificiranim uzorcima pokazuje PAK premaz. Najmanju debljinu filma premaza na neizloženim i nemodificiranim uzorcima pokazuje PAK+0,75%-AIBA premaz, a na neizloženim modificiranim uzorcima PAK+0,75% premaz. Usporedbom neizloženih uzoraka najveću debljinu filma ima PAK premaz na modificiranom uzorku, a najmanju PAK+0,75% premaz na modificiranom uzorku.

#### 4.5. Izgled površine uzoraka



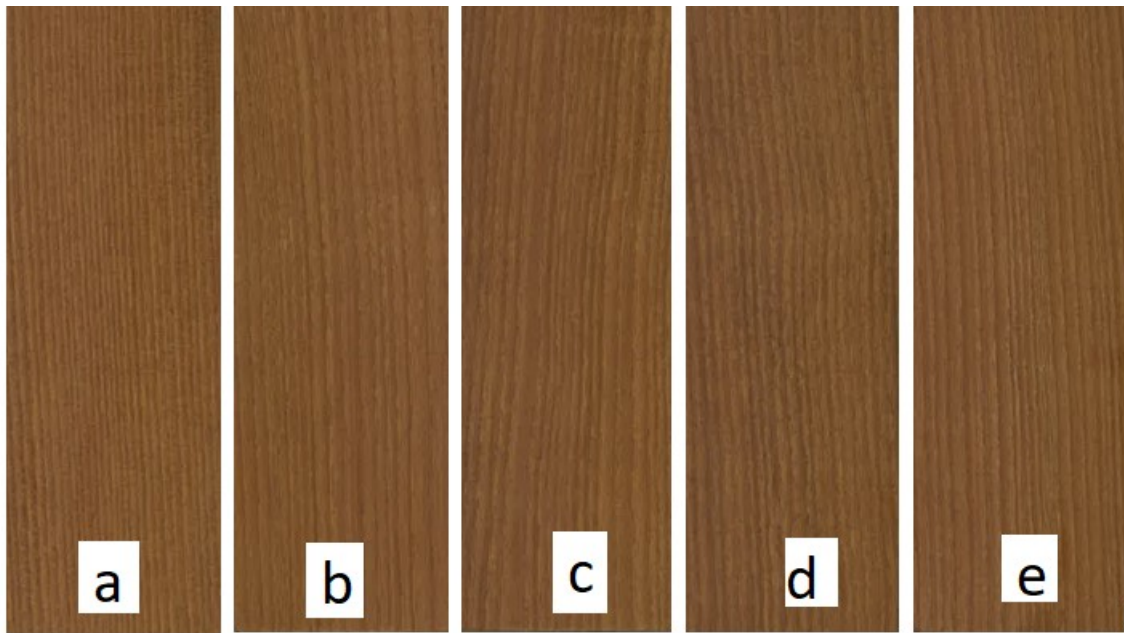
Slika 31. Toplinski nemodificirani uzorci prije lakiranja: a) bez premaza, b) PAK, c) PAK+0,75%, d) PAK+0,75%-AIBA, e) PAK+0,75%-AMPTS



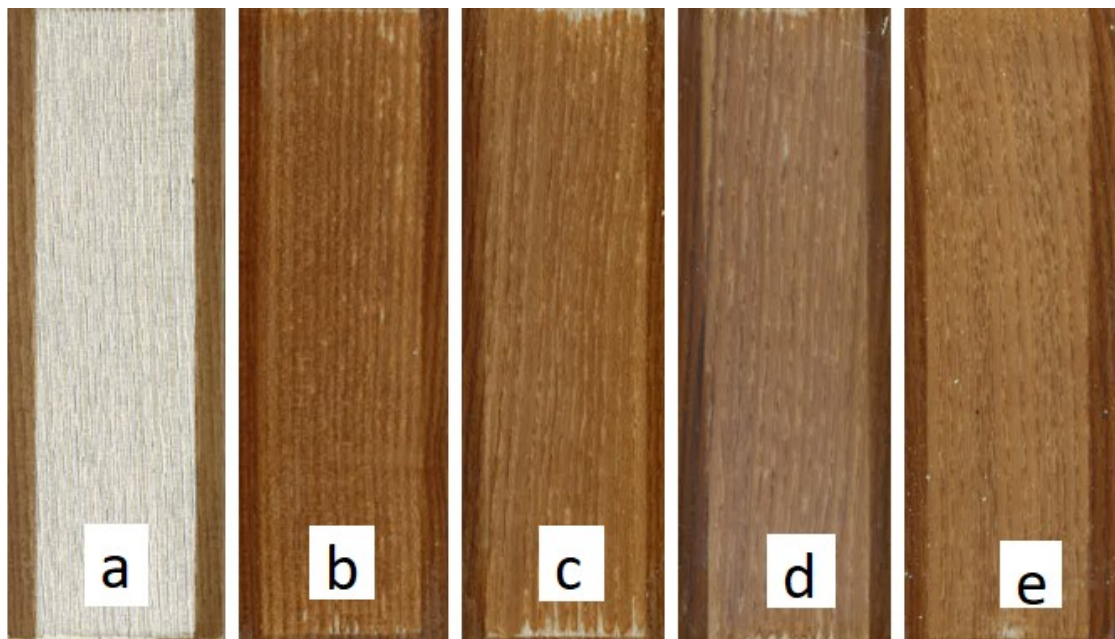
Slika 32. Lakirani, toplinski nemodificirani uzorci nakon izlaganja: a) bez premaza, b) PAK, c) PAK+0,75%, d) PAK+0,75%-AIBA, e) PAK+0,75%-AMPTS

Lakiranjem i izlaganjem uzoraka boja se značajno promijenila što je vidljivo na slikama 31 i 32. Na uzorku a površina je značajno pobijelila te posvijetlila. Uzorci b, c, d i e su nakon lakiranja i izlaganja postali tamniji.





Slika 33. Toplinski modificirani uzorci prije lakiranja: a) bez premaza, b) PAK, c) PAK+0,75%, d) PAK+0,75%-AIBA, e) PAK+0,75%-AMPTS



Slika 34. Lakirani, toplinski modificirani uzorci nakon izlaganja: a) bez premaza, b) PAK, c) PAK+0,75%, d) PAK+0,75%-AIBA, e) PAK+0,75%-AMPTS

Lakiranjem i izlaganjem uzoraka boja se značajno promijenila što je vidljivo na slikama 33 i 34. Na uzorku a površina je značajno pobijelila te posvijetlila. Uzorci b, c, d i e su nakon lakiranja i izlaganja postali svjetliji, a uzorak d je i blago pobijelio.

## 5. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Ovo istraživanje provedeno je kako bi se donio zaključak o UV zaštitnim svojstvima poliakrilatnih nano premaza. proučavala se promjena boje i sjaja te tvrdoće i debljina filma suhog premaza. Zaključci su doneseni na temelju rezultata mjerenja svojstava uzoraka koji su ubrzano izloženi UV svjetlosti i vodi, a sama mjerenja provedena su nakon 24, 48, 72, 96, 120, 240 i 360 sati.

### **Premaz bez nanočestica (PAK)**

Promjena boje premaza bez nanočestica (PAK) se konstantno povećavala tijekom izlaganja, a najveće povećane zabilježeno je između 24 i 48 sati izlaganja (slika 17 i 18). Obradom uzoraka PAK premazom manja promjena boje površine izmjerena je na nemodificiranim uzorcima u odnosu na toplinski modificirane uzorke, dok je nakon ubrzanog izlaganja manja promjena boje izmjerena ne na modificiranim uzorcima nego na nemodificiranim uzorcima (slika 13). PAK premaz nakon lakiranja boju drva čini tamnijom, a na modificiranim uzorcima tamnjenje je nešto veće nego na nemodificiranim uzorcima (slika 14). Nadalje, PAK premaz bolje štiti nemodificirane nego modificirane uzorke od promjene svjetline površine tijekom ubrzanog izlaganja. Nemodificirani uzorci postaju tamniji, a modificirani postaju svjetliji tijekom izlaganja (slika 19 i 20). Nakon premazivanja uzoraka PAK premazom udio crvenog tona je povećan kod nemodificiranih i modificiranih uzoraka s tim da je udio crvenog tona veći na nemodificiranim uzorcima (slika 15). Udio crvenog tona se na nemodificiranim uzorcima smanjio nakon izlaganja, a na modificiranim uzorcima udio crvenog tona se konstantno smanjivao odnosno udio zelenog tona se povećavao tijekom izlaganja (slika 21 i 22). Nakon premazivanja uzroka PAK premazom povećao se udio žutog tona kod obje vrste uzoraka, a na nemodificiranim uzorcima ta je promjena veća (slika 16). Tijekom izlaganja podjednako se smanjivao udio žutog tona, a povećavao udio plavog tona (slika 23 i 24). PAK premaz nakon premazivanja čini površinu uzoraka puno sjajnijom u odnosu na sjaj prije premazivanja, s tim da je promjena sjaja površine veća na modificiranim uzorcima (slika 25 i 26). Sjaj površine uzoraka obrađenih PAK premazom konstantno je veći na modificiranim uzorcima tijekom izlaganja. Nakon izlaganja sjaj površina uzoraka se smanjio, ali nije puno različit od početnih vrijednosti sjaja (slika 27 i 28). Ubrzanim izlaganjem uzoraka obrađenih PAK premazom povećala se tvrdoća površine. Prije izlaganja nemodificirani uzorci obrađeni PAK premazom imali su veću tvrdoću od modificiranih uzoraka obrađenih PAK premazom, dok su nakon izlaganja modificirani uzorci obrađeni PAK premazom imali su veću tvrdoću od nemodificiranih uzoraka obrađenih PAK premazom (slika 29). Prosječna debljina suhog filma premaza veća je kod neizloženih uzoraka u odnosu na one koji su izloženi (slika 30). Usporedbom rezultata može se zaključiti da PAK premaz tvori veći debljinu filma na toplinski modificiranim uzorcima bili oni izloženi ili neizloženi vremenskim uvjetima.

## Premaz s 0,75 % nano TiO<sub>2</sub> bez modifikacije

Promjena boje kod premaza s 0,75 % nano TiO<sub>2</sub> bez modifikacije (PAK+0,75%) nakon premazivanja veća je na modificiranim uzorcima (slika 13). Kod obje vrste uzoraka promjena boje se konstantno povećavala tijekom izlaganja, a povećanje promjene boje bilo je manje na modificiranim uzorcima nego na nemodificiranim uzorcima (slika 17 i 18). PAK+0,75% premaz čini površine uzoraka tamnijim nakon premazivanja i to više modificirane od nemodificiranih uzoraka (slika 14). Tijekom izlaganja nemodificirani uzorci konstantno postaju tamniji, dok modificirani uzorci postaju svjetliji (slika 19 i 20). Prema rezultatima promjene svjetline razlika između uzoraka na početku i na kraju izlaganja veća je kod modificiranog uzoraka, što znači da će PAK+0,75% premaz bolje štiti nemodificirane uzorke od promjene svjetline. PAK+0,75% premaz povećava udio crvenog tona na površini obje vrste uzoraka nakon premazivanja, a na modificiranim uzorcima povećanje crvenog tona je nešto veća nego na nemodificiranim uzorcima (slika 15). Nakon ubrzanog izlaganja na nemodificiranim uzorcima povećao se udio crvenog tona, a na modificiranim uzorcima udio zelenog tona (slika 21 i 22). Prema rezultatima na početku i na kraju izlaganja veća je promjena koordinate a\* na nemodificiranim uzorcima, što nam govori da PAK+0,75% premaz bolje štiti modificirane uzorke od promjene udjela crveno-zelenog tona. Obradom uzoraka PAK+0,75% premazom povećao se udio žutog tona na nemodificiranim uzorcima, a na modificiranim uzorcima povećao se udio plavog tona (slika 16). Promjena udjela žutog ili plavog tona nakon premazivanja veća je na nemodificiranim uzorcima. Nakon izlaganja udio žutog tona se smanjio, a udio plavoga povećao na obje vrste uzorka (slika 23 i 24). Prema rezultatima na početku i kraju vremena izlaganja razlika u udjelu žuto-plavog tona je veća na nemodificiranim uzorcima što znači da će PAK+0,75% premaz bolje štiti modificirane uzorke od promjene udjela žuto-plavog tona. Sjaj površine nakon obrade PAK+0,75% premazom veći je na modificiranim uzorcima od nemodificiranih uzoraka (slika 26). Razlika u sjaju prije i nakon lakiranja veća je na modificiranim uzorcima od nemodificiranih uzoraka. Na kraju izlaganja sjaj uzoraka se smanjio u odnosu na vrijednost prije izlaganja na obje vrste drva, ali ta promjena nije velika (slika 27 i 28). Tvrdoća površine uzoraka obrađenih PAK+0,75% premazom veća je na izloženim nego na neizloženim uzorcima (slika 29). Tvrdoća površine neizloženih uzoraka približno je jednaka na obje vrste uzoraka, a nakon izlaganja tvrdoća površine manja je na modificiranim uzorcima što nam govori da će premaz pod utjecajem UV svjetlosti i vode stvoriti tvrđu površinu na nemodificiranim uzorcima. Kada je u pitanju debljina filma kojeg tvori premaz ona je veća kod uzoraka koji su izloženi vremenskim uvjetima nego kod onih koji nisu (slika 30). Nakon izlaganja prosječna debljina filma je manja na nemodificiranim uzorcima nego na modificiranim uzorcima.

## Premaz s 0,75 % nano TiO<sub>2</sub> modificiran-AIBA

Promjena boje uzoraka obrađenih premazom s 0,75 % nano TiO<sub>2</sub> modificiran-AIBA (PAK+0,75%-AIBA) nakon premazivanja veća je na modificiranim uzorcima nego na nemodificiranim uzorcima (slika 13). Rezultati prikazuju da je promjena boje konstantno rasla na obje vrste uzoraka tijekom izlaganja (slika 17 i 18). Razlika u promjeni boje na početku i na kraju izlaganja veća je na nemodificiranim uzorcima što znači da će premaz bolje štititi toplinski modificirane uzorke od promjene boje. Nakon premazivanja PAK+0,75%-AIBA premazom obje vrste uzoraka su približno jednako potamnile (slika 14). Tijekom izlaganja površina nemodificiranih uzorak konstantno postaje tamnija, a površina modificiranih uzoraka postaje svjetlija (slika 19 i 20). Razlika u svjetlini na početku i na kraju izlaganja je veća kod modificiranih uzoraka što znači da će premaz dati bolju zaštitu od promjene svjetline na nemodificiranom uzorcima. Nakon premazivanja udio crvenog tona se povećao na nemodificiranim uzorcima, a na modificiranim uzorcima povećao se udio zelenog tona (slika 15). Na kraju izlaganja udio crvenog tona se povećao na nemodificiranim uzorcima (slika 21). Na modificiranim uzorcima udio crveno-zelenog tona je približno jednak kao na početku izlaganja uz male oscilacije tijekom izlaganja (slika 22). Udio plavog tona povećao se kod obje vrste uzorka nakon premazivanja, a to povećanje je znatno veće na modificiranim uzorcima (slika 16). Tijekom izlaganja udio žutog ili plavog tona podjednako oscilira u odnosu na početnu vrijednost kod obje vrste uzoraka (slika 23 i 24). Nakon izlaganja udio žutog tona smanjio se na nemodificiranim uzorcima, a povećao na modificiranim uzorcima. Razlika u udjelu žuto-plavog tona na početku i na kraju izlaganja je približno jednaka kod obje vrste uzoraka. Sjaj površine nakon premazivanja povećao se na obje vrste uzoraka i to više na modificiranim uzorcima. Površina prije premazivanja sjajnija je na nemodificiranim uzorcima, a nakon premazivanja sjajnija je površina na modificiranim uzorcima (slika 25 i 26). Tijekom izlaganja sjaj površine se smanjuje konstantno za obje vrste uzoraka (slika 27 i 28). Razlika na početku i na kraju izlaganja nešto je veća kod modificiranih uzoraka. Tvrdća površine znatno je veća na uzorcima koji su izloženi vremenskim uvjetima (slika 29). PAK+0,75%-AIBA premaz stvara tvrđu površinu na nemodificiranim neizloženim i izloženim uzorcima. Debljina filma premaza veća je na uzorcima koji su izloženi vremenskim uvjetima nego na neizloženim uzorcima (slika 30). PAK+0,75%-AIBA premaz stvara deblji film na modificiranim neizloženim i izloženim uzorcima.

## Premazi s 0,75 % nano TiO<sub>2</sub> modificiran-AMPTS

Promjena boje površine uzoraka obrađenih premazom s 0,75 % nano TiO<sub>2</sub> modificiran-AMPTS (PAK+0,75%-AMPTS) nakon premazivanja veća je na modificiranim uzorcima (slika 13). Rezultati pokazuju da promjena boje tokom izlaganja konstantno raste za obje vrste uzoraka (slika 17 i 18). Razlika u promjeni boje na početku i na kraju izlaganja veća je kod nemodificiranih uzoraka što znači da će PAK+0,75%-AMPTS premaz bolje štititi toplinski modificirano drvo od promjene boje. Nakon premazivanja obje vrste uzoraka su potamnile, a ta promjena je veća za modificirane uzorke (slika 14). Tijekom izlaganja površina nemodificiranih uzoraka konstantno postaje svjetlija, a površina modificiranih uzoraka postaje svjetlija (slika 19 i 20). Nakon obrade premaz daje veći udio crvenog kod obje vrste uzoraka, a na nemodificiranim uzorcima udio crvenog tona je veći nego na modificiranim uzorcima (slika 15). Na kraju izlaganja udio crvenog tona konstantno se povećavao na nemodificiranim uzorcima (slika 21). Kod modificiranih uzoraka udio crveno-zelenog tona se povećava i smanjuje, ali na kraju izlaganja udio crvenog tona je veći u odnosu na početku izlaganja (slika 22). Razlika u udjelu crveno-zelenog tona na početku i na kraju izlaganja veća je na nemodificiranim uzorcima u odnosu na modificirane uzorke. Obradom uzoraka PAK+0,75%-AMPTS premazom povećao se udio žutog tona na nemodificiranim, a udio plavoga tona na modificiranim uzorcima (slika 16). Nakon izlaganja udio žutog tona povećao se kod obje vrste uzoraka, a nešto veće povećanje udjela žutog tona imali modificirani uzorci (slika 23 i 24). Sjaj površine nakon premazivanja povećao se na obje vrste uzoraka, a to povećanje bilo je veće na modificiranim uzorcima (slika 26). Tijekom izlaganja sjaj površine se smanjuje konstantno na obje vrste uzoraka (slika 27 i 28). Tvrdća površine znatno je veća na uzorcima koji su izloženi u odnosu na one koji nisu izloženi vremenskim uvjetima (slika 29). PAK+0,75% premaz tvrdi površinu na toplinski nemodificiranim uzorcima u odnosu na modificirane uzorke. Debljina filma premaza veća je kod izloženih uzoraka u odnosu na neizložene. PAK+0,75% premaz stvara deblji film na toplinski modificiranim uzorcima u odnosu na modificirane uzorke (slika 30).

## **Promjena boje**

Prema rezultatima nakon premazivanja drva može se zaključiti da najmanje mijenja boju drva PAK+0,75%-AMPTS premaz za nemodificirano drvo, a najviše mijenja boju drva PAK+0,75%-AIBA premaz na toplinski modificiranom drvu. Nakon izlaganja može se zaključiti da je najviše promijenio boju nemodificirani uzorak obrađen PAK+0,75%-AIBA premazom, a najmanje je promijenio boju nemodificirani uzorak obrađen PAK+0,75% premazom.

## **Promjena svjetline**

Prema rezultatima nakon premazivanja drva može se zaključiti da će najmanju promjenu svjetline dati PAK+0,75%-AIBA premaz na nemodificiranom drvu, a najveću PAK premaz na nemodificiranom uzorku. Nakon izlaganja može se zaključiti da će najmanje promijeniti svjetlinu PAK premaza na toplinski modificiranom drvu, a najmanje PAK+0,75%-AIBA premaz na nemodificiranome drvu.

## **Promjena udjela crveno-zelenog tona**

Prema rezultatima nakon premazivanja drva može se zaključiti da će najmanju promjenu udjela crveno-zelenog tona dati PAK+0,75%-AIBA premaz na modificiranom drvu, a najveću PAK premaz na nemodificiranom uzorku. Nakon izlaganja može se zaključiti da se najveća promjena udjela crveno-zelenog tona događa kod PAK+0,75%-AMPTS premaza na nemodificiranom drvu, a najmanja kod PAK+0,75%-AIBA premaza na modificiranom drvu.

## **Promjena udjela žuto-plavog tona**

Prema rezultatima nakon premazivanja drva može se zaključiti da će najmanju promjenu udjela žuto-plavog dati PAK premaz na nemodificiranom drvu, a najveću PAK+0,75%-AIBA premaz na nemodificiranom uzorku. Nakon izlaganja može se zaključiti da se najveća promjena udjela crveno-zelenog tona događa kod PAK+0,75% premaza na toplinski modificiranom drvu, a najmanja kod PAK premaza na toplinski modificiranom drvu.

## **Promjena sjaja**

Prema rezultatima nakon premazivanja drva može se zaključiti da PAK premaz na toplinski modificiranom drvu daje najsajjniju površinu, a PAK+0,75%-AMPTS premaz na nemodificiranom drvu daje najmanje sjajnu površinu. Nakon izlaganja PAK premaz na toplinski modificiranom drvu daje površinu najvećeg sjaja, a PAK+0,75% premaz daje najmanje sjajnu površinu. Osim toga, nakon izlaganja najmanju promjenu sjaja daje PAK+0,75%-AMPTS premaz na nemodificiranom drvu, a najveću PAK premaz na toplinski modificiranom drvu.

### **Tvrdoća površine**

Može se zaključiti da za uzorke koji nisu izlagani vremenskom utjecaju PAK premaz na nemodificiranom drvu tvori površinu najveće tvrdoće, a i PAK+0,75%-AIBA i PAK+0,75%-AMPTS premaz na nemodificiranom drvu imaju podjednake vrijednosti i tvore površinu najmanje tvrdoće. Za uzorke koji su izloženi UV svjetlosti i vodi PAK+0,75%-AMPTS premaz na nemodificiranom drvu daje površinu najveće tvrdoće, a PAK+0,75%-AIBA premaz na toplinski modificiranom drvu daje površinu najmanje tvrdoće.

### **Debljina filma premaza**

Može se zaključiti da za uzorke koji nisu izlagani vremenskom utjecaju PAK premaz na toplinski modificiranom drvu tvori film najveće debljine, a PAK+0,75%-AIBA premaz na nemodificiranom drvu tvori film najmanje debljine. Za uzorke koji su izloženi UV svjetlosti i vodi PAK+0,75%-AMPTS premaz na toplinski modificiranom drvu tvori film najveće debljine, a PAK premaz na nemodificiranom drvu tvori film najmanje debljine.

## LITERATURA

- 1) Aloisi, A., 2017: Nanoparticles based on different generation adamantane dendrons : design, synthesis and self-assembly studies. Other. Université de Strasbourg, 2017. English. NNT : 2017STRAF062ff.
- 2) Fufa, S. M.; Jelle, B. P.; Hovde, P. J.; Rorvik, P. M., 2012: Coated wooden claddings and the influence of nanoparticles on the weathering performance. Progress in Organic Coatings, 75 (1-2):72-78.
- 3) Katalinić, V., 2019: Utjecaj iona željeza na fluorescentna svojstva stilbenskih i bifenilskog derivata. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet.
- 4) Matija, B., 2021: Utjecaj koncentracije titanijeva dioksida na svojstva poliakrilatnih sustava. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet Kemijskog inženjerstva i tehnologije.
- 5) Miklečić, J., 2016: Postojanost poliakrilatnih nanopremaza na toplinski modificiranom drvu. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
- 6) Penzel, E., Ballard, N., Asua, J. M., 2018: Polyacrylates. IN: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.
- 7) Zeljko, M., 2022: Učinak titanijevog dioksida na UV-zaštitna svojstva poliakrilatnog premaza. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije.
- 8) Hilfiker, R.; Kaufmann, W.; Reinert, G.; Schmidt, E., 1996: Improving sun protection factors of fabrics by applying UVabsorbers. Textiles Research Journal, 66: 61-70

### Linkovi

Link 1: <https://www.q-lab.com/products/q-sun-xenon-arc-test-chambers/q-sun-xe-2-xenon-test-chamber> (Pristupljeno 31. 8. 2023.)

Link 2: <https://www.q-lab.com/documents/public/83922340-0f0e-4652-813c-9efd5b64ce7d.pdf> (Pristupljeno 31. 8. 2023.)

Link 3: <https://www.ulprospector.com/knowledge/10780/pc-the-cielab-lab-system-the-method-to-quantify-colors-of-coatings/> (Pristupljeno 31. 8. 2023.)



## POPIS TABLICA

Tablica 1. Materijali korišteni u emulzijskoj polimerizaciji (Zeljko, 2022)

Tablica 2. Pripremljene vodene emulzije

Tablica 3. Uvjeti tijekom ubrzanog izlaganja

## POPIS SLIKA

- Slika 1. Uređaj za ubrzano izlaganje vremenskim uvjetima (Link 1)
- Slika 2. Uzorak nemodificirane (a) i toplinski modificirane (b) jasenovine
- Slika 3. Ksenonska lampa
- Slika 4. Spektar dnevnog filtera (Link 2)
- Slika 5. Spektrofotometar
- Slika 6. CIE L\*a\*b\* sustav boja (<https://www.ulprospector.com>)
- Slika 7. Reflektometar
- Slika 8. Königovo njihalo
- Slika 9. Mikroskop
- Slika 10. Mjerenje debljine filma
- Slika 11. Priprema uzoraka za mikroskop
- Slika 12. Dobivena slika i rezultat debljine filma
- Slika 13. Promjena boje površine uzoraka nakon premazivanja
- Slika 14. Promjena svjetline površine uzoraka nakon premazivanja
- Slika 15. Promjena koordinate a\* površine uzoraka nakon premazivanja
- Slika 16. Promjena koordinate b\* površine uzoraka nakon premazivanja
- Slika 17. Promjena boje površine nemodificiranih uzoraka tijekom izlaganja
- Slika 18. Promjena boje površine modificiranih uzoraka tijekom izlaganja
- Slika 19. Promjena svjetline površine nemodificiranih uzoraka tijekom izlaganja
- Slika 20. Promjena svjetline površine modificiranih uzoraka tijekom izlaganja
- Slika 21. Promjena koordinate a\* površine nemodificiranih uzoraka tijekom izlaganja
- Slika 22. Promjena koordinate a\* površine modificiranih uzoraka tijekom izlaganja
- Slika 23. Promjena koordinate b\* površine nemodificiranih uzoraka tijekom izlaganja
- Slika 24. Promjena koordinate b\* površine modificiranih uzoraka tijekom izlaganja
- Slika 25. Sjaj površine nemodificiranih i modificiranih prije premazivanja
- Slika 26. Sjaj površine nemodificiranih i modificiranih nakon premazivanja
- Slika 27. Sjaj površine nemodificiranih uzoraka tijekom izlaganja

---

Slika 28. Sjaj površine modificiranih uzoraka tijekom izlaganja

Slika 29. Tvrdća površine prije i nakon izlaganja

Slika 30. Suha debljina filma prije i nakon izlaganja

Slika 31. Toplinski nemodificirani uzorci prije lakiranja: a) bez premaza, b) PAK, c) PAK+0,75%, d) PAK+0,75%-AIBA, e) PAK+0,75%-AMPTS

Slika 32. Lakirani, toplinski nemodificirani uzorci nakon izlaganja: a) bez premaza, b) PAK, c) PAK+0,75%, d) PAK+0,75%-AIBA, e) PAK+0,75%-AMPTS

Slika 33. Toplinski modificirani uzorci prije lakiranja: a) bez premaza, b) PAK, c) PAK+0,75%, d) PAK+0,75%-AIBA, e) PAK+0,75%-AMPTS

Slika 34. Lakirani, toplinski modificirani uzorci nakon izlaganja: a) bez premaza, b) PAK, c) PAK+0,75%, d) PAK+0,75%-AIBA, e) PAK+0,75%-AMPTS