

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Lenart NOČ

**PRIMERJAVA MERJENJA BARVE S
KOLORIMETROM IN Z OPTIČNIM ČITALCEM**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2006

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Lenart NOČ

**PRIMERJAVA MERJENJA BARVE S KOLORIMETROM IN Z
OPTIČNIM ČITALCEM**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**COMPARISON OF COLOUR MEASUREMENTS WITH A
COLORIMETER AND AN OPTICAL READER**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2006

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Eksperimentalno delo je bilo v celoti opravljeno v laboratoriju za površinsko obdelavo Katedre za pohištvo na Oddelku za lesarstvo, Biotehniška fakulteta.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja visokošolske diplomske naloge imenoval izr.prof.dr. Marka Petriča in za recenzentko prof.dr. Lidijo Zadnik Stirn.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Lenart Noč

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDC 630*829.18
KG	površinski premazi/merjenje barve/kolorimeter/optični čitalec
AV	NOČ, Lenart
SA	PETRIČ, Marko (mentor)/ZADNIK STIRN, Lidija (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2006
IN	MERJENJE BARVE S KOLORIMETROM IN Z OPTIČNIM ČITALCEM
TD	Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij)
OP	X, 53 str., 14 pregl., 33 sl., 1 pril., 18 vir.
IJ	sl
Jl	sl/en
AI	S kolorimetrom in z optičnim čitalcem smo spremljali spremembe barv lesnih premazov zaradi naravnega staranja oz. izpostavitve vremenskim vplivom. 9 različnih vrst premazov smo nanесли na vzorce rdečega bora in jih izpostavili vremenskim vplivom. Meritve barve smo izvedli pred, med in po izpostavitvi. Podatke, pridobljene z različnima metodama merjenja (s kolorimetrom in optičnim čitalcem oz. skenerjem), smo medsebojno primerjali. Ugotovili smo, da se vrednosti ΔL^* glede na način merjenja med seboj signifikantno ne razlikujejo. Vsi drugi parametri barv, spremenjenih zaradi izpostavitve vremenu, Δa^* , Δb^* in ΔE^* pa so predvsem pri transparentnih premazih bistveno odvisni od načina merjenja.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Vs

DC UDC 630*829.18

CX surface coating/measurement/colorimeter/optical scanner

AU NOČ, Lenart

AA PETRIČ, Marko (supervisor)/ZADNIK STIRN, Lidija (co-advisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology

PY 2006

TI MEASURING OF COLOUR WITH A COLORIMETER AND AN OPTICAL SCANNER

DT Graduation Thesis (Higher professional studies)

NO X, 53 p., 14 tab., 33 fig., 1 ann., 18 ref.

LA sl

AL sl/en

AB Changes of various wood coating colours due to natural ageing (exposure to weather) were measured with 2 different instruments: a colorimeter and an optical scanner. 9 different types of coating, applied to Scots pine wood samples were exposed to the influence of natural weather. Measurements of colour were carried out before, between and after the exposure. The results obtained using 2 different methods (a colorimeter and an optical scanner) were compared and statistically analysed. The ΔL^* values were found out not to be dependent on the measurement method. On the other hand, all other parameters indicating a change of colour (Δa^* , Δb^* in ΔE^*) due to ageing were significantly influenced by the measurement method, especially at transparent wood coatings.

KAZALO VSEBINE

str.

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	X

1	UVOD	1
2	SPLOŠNI DEL.....	2
2.1	SVETLOBA IN BARVE.....	2
2.2	MERJENJE BARVE	2
2.2.1	Numerično vrednotenje barve po CIE $L^*a^*b^*$ sistemu	3
2.2.2	Barvne razlike po sistemu CIE $L^*a^*b^*$	4
2.2.3	Delovanje optičnega čitalnika oz. skenerja	4
2.2.4	Delovanje kolorimetra.....	5
2.3	ABIOTSKI DEJAVNIKI RAZKROJA LESA	6
2.3.1	Vpliv svetlobe na barvo lesa	6
2.3.2	Zaščita lesa pred UV svetlobo	7
3	MATERIALI IN METODE DELA	8
3.1	MATERIALI.....	8
3.1.1	Les	8
3.1.2	Premazna sredstva.....	8
3.2	METODE	8
3.2.1	Naravno staranje	8
3.2.1.1	Priprava vzorcev	8
3.2.2	Izpostavitve vzorcev vremenskim vplivom.....	9
3.2.3	Merjenje barve s kolorimetrom	11
3.2.4	Merjenje barve z optičnim čitalnikom.....	13
3.2.5	Statistična obdelava izmerjenih vrednosti barve.....	13
4	REZULTATI	14
4.1	MERITVE BARVE.....	14
4.1.1	Merjenje barve s kolorimetrom	14
4.1.2	Merjenje barve z optičnim čitalnikom.....	16
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	18
5.1	RAZPRAVA	18

5.1.1	Primerjava vrednosti L^* in ΔL^*, izmerjenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom.....	18
5.1.2	Primerjava vrednosti a^* in Δa^*, izmerjenih s kolorimetrom in z optičnim čitalcem.....	25
5.1.3	Primerjava vrednosti b^* in Δb^*, izmerjenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom.....	31
5.1.4	Primerjava vrednosti ΔE^* v odvisnosti od načina merjenja	37
5.1.4.1	Merjenje barve s kolorimetrom	37
5.1.4.2	Merjenje barve z optičnim čitalnikom.....	38
5.1.5	Statistična analiza vrednosti ΔE^*	39
5.2	SKLEPI	45
5.2.1	Primerjava vrednosti L^* a^* b^*, izmerjenih s kolorimetrom ali z optičnim čitalnikom.....	45
5.2.2	Primerjava vrednosti ΔL^*, Δa^*, Δb^*, izmerjenih po obeh postopkih.....	45
5.2.3	Primerjava in statistična analiza vrednosti ΔE^*.....	45
6	VIRI IN LITERATURA	46
7	ZAHVALA	
8	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Pregled uporabljenih premazov	8
Preglednica 2: Povprečne vrednosti barvnih koordinat (po 6 meritev na enem vzorcu), izmerjenih s kolorimetrom.	14
Preglednica 3: Povprečne vrednosti barvnih koordinat (po 6 meritev na enem vzorcu), izmerjenih z optičnim čitalnikom.	16
Preglednica 4: Prikaz povprečnih vrednosti L^* izmerjenih z optičnim čitalcem in kolorimetrom pred, med in po izpostavitvi.	18
Preglednica 5: Prikaz povprečnih vrednosti ΔL^* izmerjenih z optičnim čitalcem in kolorimetrom med in po izpostavitvi.....	21
Preglednica 6: Prikaz povprečnih vrednosti a^* izmerjenih z optičnim čitalcem in kolorimetrom pred, med in po izpostavitvi.	25
Preglednica 7: Prikaz povprečnih vrednosti Δa^* izmerjenih z optičnim čitalcem in kolorimetrom med in po izpostavitvi.....	28
Preglednica 8: Prikaz povprečnih vrednosti b^* izmerjenih z optičnim čitalcem in kolorimetrom pred, med in po izpostavitvi.	31
Preglednica 9: Prikaz povprečnih vrednosti Δb^* izmerjenih z optičnim čitalcem in kolorimetrom med in po izpostavitvi.....	34
Preglednica 10: Povprečne vrednosti ΔE^* (po 6 meritev na enem vzorcu), izmerjene s kolorimetrom.	37
Preglednica 11: Povprečne vrednosti ΔE^* (po 6 meritev na enem vzorcu), merjene z optičnim čitalnikom.....	38
Preglednica 12: Povprečne vrednosti ΔE^* pridobljene z optičnim čitalcem in kolorimetrom med in po izpostavitvi.....	39
Preglednica 13: Statistična analiza vrednosti ΔE^* , izmerjenih med izpostavitvijo z optičnim čitalcem (S1-S9) in s kolorimetrom (K1- K9) (Duncan-ov poskus mnogoterih primerjav pri 95 % stopnji zaupanja).....	41
Preglednica 14: Statistična analiza vrednosti ΔE^* , izmerjenih po izpostavitvi z optičnim čitalcem (S1-S9) in kolorimetrom (K1-K9) (Duncan-ov poskus mnogoterih primerjav pri 95 % stopnji zaupanja).	43

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Fizikalne osnove nastanka barve.....	2
Slika 2: CIE $L^*a^*b^*$ sistem.....	3
Slika 3: Shematski prikaz delovanja optičnega čitalca.....	5
Slika 4: Optična zgradba spektrofotometra	6
Slika 5: Vzorec po SIST EN 927–3.....	9
Slika 6: Graf padavin za področje Ljubljane.....	10
Slika 7: Graf temperature za področje Ljubljane.....	10
Slika 8: Vzorčna slika stojala z izpostavljenimi vzorci.....	11
Slika 9: Kolorimeter dr. Lange	12
Slika 10: Šablona.....	12
Slika 11: Grafična primerjava vrednosti L^* , dobljenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom pred izpostavitvijo	19
Slika 12: Grafična primerjava vrednosti L^* , dobljenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom med izpostavitvijo	19
Slika 13: Grafična primerjava vrednosti L^* , dobljenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom po izpostavitvi	20
Slika 14: Grafična primerjava vrednosti ΔL^* , dobljenih s kolorimetrom in optičnim čitalnikom med izpostavitvijo	22
Slika 15: Grafična primerjava vrednosti ΔL^* , dobljenih s kolorimetrom in optičnim čitalnikom, po izpostavitvi	22
Slika 16: Sipanje vrednosti ΔL^* med izpostavitvijo (K: kolorimeter, Č:čitalnik).....	23
Slika 17: Sipanje rezultatov po izpostavitvi za ΔL^* (K: kolorimeter, Č:čitalnik).....	24
Slika 18: Grafična primerjava vrednosti a^* , izmerjenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom pred izpostavitvijo	26
Slika 19: Grafična primerjava vrednosti a^* , izmerjenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom med izpostavitvijo	26

Slika 20: Grafična primerjava vrednosti a^* , izmerjenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom po izpostavitvi	27
Slika 21: Grafična primerjava Δa^* , izmerjenih s kolorimetrom in optičnim čitalnikom med izpostavitvijo	29
Slika 22: Grafična primerjava Δa^* , izmerjenih s kolorimetrom in optičnim čitalnikom po izpostavitvi	29
Slika 23: Sipanje vrednosti Δa^* med izpostavitvijo	30
Slika 24: Sipanje Δa^* rezultatov po končani izpostavitvi	30
Slika 25: Grafična primerjava vrednosti b^* , izmerjenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom, pred izpostavitvijo	32
Slika 26: Grafična primerjava vrednosti b^* , izmerjenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom, med izpostavitvijo	32
Slika 27: Grafična primerjava vrednosti b^* , izmerjenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom, po izpostavitvi	33
Slika 28: Grafična primerjava vrednosti Δb^* , dobljenih s kolorimetrom in optičnim čitalnikom, med izpostavitvijo	35
Slika 29: Grafična primerjava vrednosti Δb^* , dobljenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom po izpostavitvi	35
Slika 30: Sipanje vrednosti Δb^* med izpostavitvijo	36
Slika 31: Sipanje vrednosti Δb^* po končani izpostavitvi	36
Slika 32: Grafična primerjava vrednosti ΔE^* med izpostavitvijo, dobljenih s kolorimetrom in z optičnim čitalcem	40
Slika 33: Grafična primerjava vrednosti ΔE^* , dobljenih po izpostavitvi s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom	40

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Prikaz vpliva vremena po 209 dneh

1 UVOD

Les spremlja človeka že od prazgodovine. Je količinsko ena najpomembnejših surovin navkljub razvoju mnogo novih materialov. Uporaba lesa kot naravne surovine nima negativnih posledic na okolje. Njegove prednosti so predvsem obnovljivost, vsestranska uporabnost, razširjenost in relativno enostavni in čisti postopki pridobivanja, predelave in obdelave. Pri končnih izdelkih nas najbolj prepriča njegova dekorativnost. Leseno pohištvo ima pomembno vlogo v vsakdanjem življenju. Spremlja nas na vsakem koraku: od pisalne mize, za katero delamo, do postelje, kamor se zvečer uležemo.

Naravna barva lesa je lahko glede na vrsto zelo različna. Barvni toni segajo od svetlih, belkastih, rdečkastih, rumenkasto rjavih, vse tja do temnih, črnih tonov. Barvna obstojnost lesa je odvisna od pogojev izpostavitve. Les, izpostavljen svetlobi, še zlasti UV žarkom, je podvržen fotodegradaciji. Sčasoma opazimo spremembo barve, ki se odraža kot porumenitev ali posivitev oziroma razbarvanje površine. Proces imenujemo naravo staranje lesa. Pri umetninah, ki so narejene iz lesa in njihova vrednost s časom narašča, je ta pojav razbarvanja pričakovan. Postaran izgled površine priča o starosti in zgodovini uporabe predmeta. Staro pohištvo je estetsko prijetno in je resnična vez s preteklostjo. Zanimanje za pohištvo oziroma les, ki ima patiniran videz, narašča. Težava nastane, ko želimo poškodovane razbarvane dele zamenjati z novimi, saj se novi deli predvsem barvno ločijo od ostalih. Nastalo razliko skušamo zmanjšati oziroma izničiti z umetnim staranjem.

Barvo lesa lahko merimo na različne načine, najbolj uveljavljena pa je spektroskopska metoda s kolorimetrom. Podatke za izračun barve lesa zajemamo skozi odprtino, katere premer se, odvisno od tipa kolorimetra, giblje med 1 mm in 20 mm. Ker je les zelo heterogen material, moramo na izbrani površini izvesti čim več meritev, da bi dobili povprečno vrednost barve merjene površine. Kot zanimiva možnost za enostavno in hitro merjenje barve pa se ponuja uporaba računalniškega optičnega čitalnika z ustrezno programsko opremo. Z optičnim čitalnikom bi enostavno »poskenirali« površino, ki nas zanima in zabeležili barvne koordinate. Tak postopek v nekaterih raziskovalnih laboratorijih v tujini tudi uporabljajo. Vendar pa je vprašanje, ali so med vrednostmi barve, izmerjenimi po obeh postopkih, statistično pomembne razlike, oz. ali je postopek merjenja barve z optičnim čitalnikom sploh primeren.

Da bi odgovorili na zgoraj omenjeno vprašanje, smo vzorce iz borovega lesa površinsko obdelali z različnimi premazi ter izmerili njihovo barvo s kolorimetrom in optičnim čitalnikom. Vzorce smo nato naravno starali in njihovo barvo merili po različnih časih izpostavitve vremenskim vplivom. Glede na različne načine merjenja smo pričakovali, da se bodo med vrednostmi L^* , a^* in b^* izmerjenimi s kolorimetrom in optičnim čitalcem pojavile statistično značilne razlike. Vendar pa predvidevamo, da statistično značilnih razlik ne bo med vrednostmi barvnih razlik ΔE^* , ki bodo izračunane pri obeh postopkih merjenja.

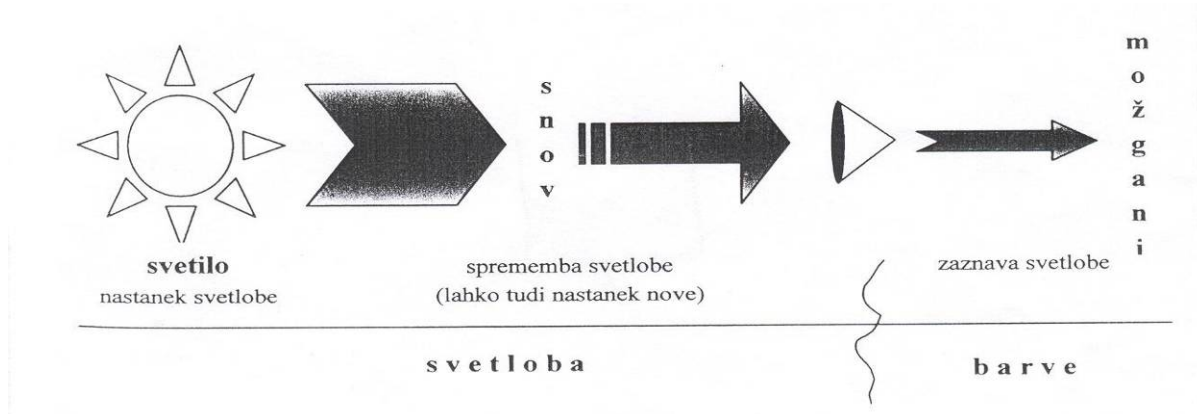
2 SPLOŠNI DEL

2.1 SVETLOBA IN BARVE

Svetloba je oblika energije oziroma elektromagnetno valovanje, ki ga oddajajo nekatera telesa oz. svetila. Vidni del svetlobe je tisti del svetlobe, ki ga zazna človeško oko. To je svetloba z valovno dolžino med 400 nm in 700 nm, za občutljivejše oko tudi med 380 nm in 780 nm. Oko fiziološko razlikuje svetlobne valove različnih valovnih dolžin kot različne barve. Krajši svetlobni valovi dajejo vtis vijoličnih in modrih barv, srednji del svetlobnega spektra daje vtis zelenih in rumenih barv, daljši svetlobni valovi pa vtis rdečih barv.

Ko svetloba pade na površino nekega predmeta ali snovi, se jo del odbije (reflektira), del se vpije (absorbira), del pa lahko skozi predmet oziroma snov tudi prehaja (transmitira). Deleži reflektirane, prepuščene in absorbirane svetlobe so odvisni od lastnosti vpadle svetlobe (valovna dolžina, vpadni kot) in lastnosti snovi. Absolutno črno telo absorbira vso svetlobo, medtem ko absolutno belo telo vso svetlobo odbija. Del absorbirane svetlobe se pretvori v toploto, transmitiran in reflektiran del pa povzročata zaznavo barve predmeta.

Barvna slika nastane oziroma jo zaznajo možgani, ko na očesno mrežnico pade spekter svetlobe, ki ni bela. Ena izmed definicij barve se glasi: "Barva ni fizikalna lastnost objekta oziroma snovi, ampak je subjektivna čutna zaznava, odvisna od vrste svetlobe, od sestave in oblike objekta ter od fiziološke in psihološke sposobnosti opazovalca." (Golob in Golob, 2001). Po nemškem standardu DIN 5033 je barva definirana sledeče: "Barva je tista vidna zaznava določenega dela vidnega polja, ki ga z enim nepremičnim očesom ločimo od istočasno opazovanega mejnega (sosednjega) področja enake površinske strukture." (Legat, 1991).



Slika 1: Fizikalne osnove nastanka barve (Klajnšek Gunde, 1999)

2.2 MERJENJE BARVE

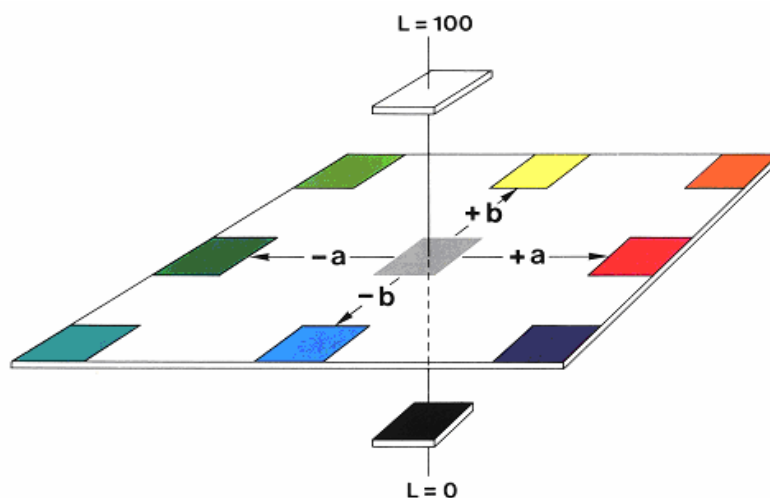
V vsakodnevnem življenju nas obdaja množica barv. Človek z normalnim vidom zazna okoli 10 milijonov barv. Problem pa se pojavi pri prenosu podatkov o barvi nekomu drugemu, saj je dojetje barve subjektivno. Da bi se izognili podobnim težavam, se je v

svetu razvilo več sistemov za objektivno vrednotenje barve. Barvo lahko merimo primerjalno ali s spektrofotometri (kolorimetrično). Vsak sistem ima značilne pristope in rešitve. Vsi pa so bolj ali manj uporabniško naravnani. Nekateri sistemi barvo definirajo le z vizualno opredelitvijo, drugi pa so podprti z meritvami oz. z možnostjo numeričnega vrednotenja barve.

2.2.1 Numerično vrednotenje barve po CIE $L^*a^*b^*$ sistemu

Za zaznavo barve je potreben vir svetlobe, remisija objekta in spektralna občutljivost očesa. Če želimo objektivno vrednotiti barve, moramo poznati teorijo nastanka čutne zaznave barve. Le dobro poznavanje osnov o vidni zaznavi barve omogoča pretvorbo subjektivnega vtisa v objektivno, numerično vrednotenje barve. Leta 1931 je mednarodna organizacija CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*) postavila temelje za numerično vrednotenje barve in barvnih razlik.

Eden izmed sistemov za numerično vrednotenje barve je CIE $L^*a^*b^*$ sistem. Je najbolj izpopolnjen in najpogosteje uporabljen sistem za numerično vrednotenje barve. Leta 1976 je bil definiran kot sistem z enakimi prostorskimi razmiki. Tridimenzionalni barvni prostor je definiran z osjo L^* in barvnima koordinatama a^* in b^* .



Slika 2: CIE $L^*a^*b^*$ sistem (Golob in Golob, 2001)

Sistem CIE $L^*a^*b^*$ predstavlja matematično kombinacijo kartezijskega in cilindričnega koordinatnega sistema. Barva je opredeljena s sledečimi barvnimi vrednostmi (Golob in Golob, 2001):

- L^* pomeni svetlost barve in zavzema vrednosti od 0 (absolutno črno) do 100 (absolutno belo),
- a^* določa lego barve na rdeče-zeleni osi,
- b^* določa lego barve na rumeno-modri osi,

2.2.2 Barvne razlike po sistemu CIE $L^*a^*b^*$

Merjenje barvnih razlik omogoča objektivno identifikacijo odnosa med barvami in kontrolo kakovosti obarvanih izdelkov. Barvno razliko med vzorcema (ΔE^*) lahko izračunamo iz razlik koordinat trirazsežnega barvnega prostora po naslednji enačbi (1):

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad \dots(1)$$

ΔL^* razlika svetlosti,

Δa^* razlika na osi rdeče/zeleno,

Δb^* razlika na osi rumeno/modro.

2.2.3 Delovanje optičnega čitalnika oz. skenerja

Optični čitalnik (skener) pretvori svetlobo, ki se odbije od izbranega objekta (list papirja, fotografija ...) v bitni zapis in ga posreduje računalniku. Obstaja več vrst optičnih čitalnikov, ki se razlikujejo po področju uporabe (priprava za tisk, domača uporaba ...), tehnologiji, kakovosti in ceni. Pri namiznem CCD optičnem čitalniku uporabnik postavi dokument za skeniranje na stekleno ploščo, pod katero je sistem električnih, optičnih in mehanskih delov, ki poskrbijo za digitalizacijo. Dokument navadno pokrijemo s pokrovom, katerega spodnja stran služi kot referenčno belo ozadje.

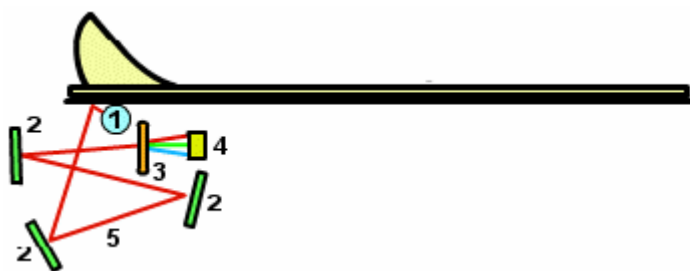
Osrednji element optičnega čitalnika je optična enota, ki jo sestavlja sistem ogledal, leč in filtrov ter vrsta CCD tipal, ki prejet svetlobni tok spremenijo v električno napetost in prek analogno-digitalnega konverterja v numerično vrednost (slika 3). Optična enota je sposobna odčitati po eno vrstico naenkrat in vsako od CCD tipal prebere eno točko v vrstici. Pri barvnem optičnem čitalniku se število CCD elementov potroji, saj za odčitavanje vsake točke potrebujemo tri CCD tipala; vpadna svetloba se razdeli na tri dele in vsak gre skozi barvni filter (rdeč, zelen, moder) ter na svoje CCD tipalo. Poleg optične enote sodi med poglavitne dele tudi fluorescentna svetilka, ki poskrbi za pravilno osvetlitev skeniranega dokumenta. Optična enota in svetilka sta skupaj na vodilu, po katerem ju, vrstico po vrstico, premika koračni motor. Podobno kot pri laserskemu tiskalniku, je tudi tu premik za eno vrstico (pri čitalniku z ločljivostjo 600 pik na palec) komaj 40 μm .

Praktično vsi optični čitalniki, ki so danes na tržišču pa zmorejo interpolirati izmerjene točke in tako za nekajkrat povečati ločljivost. Ta metoda je sicer slabša kot dejansko skeniranje z večjim številom CCD tipal, a kljub temu v večini primerov predstavlja dovolj dober približek. Včasih je bila najpomembnejša karakteristika skenerja bitna globina oziroma število barv, ki jih je sposoben skener zaznati. Dejansko to pomeni ločljivost vzorčenja napetosti na CCD tipalu. Današnji optični čitalniki vsi zmorejo vsaj 24 bitno globino (16,7 milijonov barv), tako da pri tej karakteristiki ni več večjih razlik med njimi. Večja barvna globina je tako kot pretirano velika ločljivost pri interpolaciji bolj marketinški prijem kot zagotovilo za dejansko boljšo digitalizacijo.

(<http://optlab.ijs.si/idrevensek/semlt1.pdf>)

LEGENDA:

- 1 - svetloba
- 2 - ogledalo
- 3 - leča
- 4 - senzor
- 5 - lahka pot



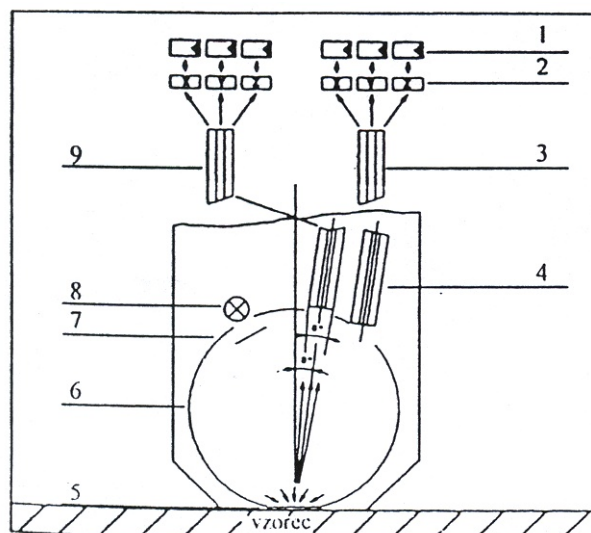
Slika 3: Shematski prikaz delovanja optičnega čitalca (Pajor, 2003)

2.2.4 Delovanje kolorimetra

Barvna diferenčna merilna naprava - kolorimeter, imenovana tudi spektrofotometer, je optični inštrument, ki na podlagi meritev razlike med vpadlo in od vzorca odbito svetlobo določi remisjske vrednosti vzorca v spektralnem območju od 400 do 700 nm (Urbas, 1989).

LEGENDA:

- 1 – fotoreceptor
- 2 – filter D65
- 3 – optično vlakno
- 4 – referenčno optično vlakno
- 5 – odprtina za merjenje
- 6 – Ulbricht – ova krogla
- 7 – zaslonka
- 8 – ksenonova svetilka
- 9 – meritveni kanal



Slika 4: Optična zgradba spektrofotometra (Lange, 2001)

Ulbrichtova krogla skupaj s ksenonsko bliskavico služi za difuzno osvetlitev vzorca. Po DIN 5033 se meri difuzna svetloba, ki se odbija od vzorca pod kotom 8° . Svetloba se preko optičnega vlakna prenese v prenosno merilno enoto za cepitev na točno definiranem barvnem filteru (filter D65). Istočasno meri drugo referenčno optično vlakno svetlobni vir, kakor tudi površino krogle (Matevžič, 1999).

2.3 ABIOTSKI DEJAVNIKI RAZKROJA LESA

Les je pri zunanji uporabi izpostavljen najrazličnejšim abiotским destruktivnim dejavnikom. Različni avtorji (Chang in sod., 1982; Hon in Feist, 1992; Schmid in sod., 2000) ugotavljajo, da so najpomembnejši faktorji neživega okolja, ki povzročajo razpad lesa, naslednji:

- sončno sevanje (ultravijolična svetloba),
- kisik (kisik iz zraka, ozon),
- vlaga (rosa, vlaga, dež, sneg),
- toplota in
- onesnaženo okolje (kisel dež, dušikovi oksidi, različne organske spojine itd.).

UV komponente sončne svetlobe, v kombinaciji z ostalimi dejavniki, povzročajo v celičnih stenah depolimerizacijo lignina in celuloze. Vizualno se te poškodbe odražajo v spremembi barve (rumenenju, rjavenju ali sivenju površine) in povečanju hrapavosti (kosmatosti) površine, močno pa se poslabšajo različne fizikalne, kemične in biološke lastnosti lesa.

2.3.1 Vpliv svetlobe na barvo lesa

Odločilen vpliv na barvo lesa imajo akcesorne sestavine (smole, polifenoli, alkaloidi, anorganske spojine), ki so v celičnih stenah ali na njih. Zaradi prisotnosti fenolnih substanc kot so stilben, lignan in kinon, veliko vrst lesa absorbira svetlobo valovne dolžine daljše od 500 nm. Na barvo lesa ima poseben vpliv debelina celične stene, prav tako pa nanjo

vplivajo tudi fizikalni učinki, zlasti kot, pod katerim svetloba pada na vlakna, vsebnost vode v lesu in hrapavost površine (Ljuljka, 1990).

2.3.2 Zaščita lesa pred UV svetlobo

Les pred škodljivim delovanjem UV svetlobe najbolje zaščitimo z nanosom pokrivnega pigmentiranega premaza, ki vso UV svetlobo absorbira ali odbije, tako da le-ta skozi plast premaza sploh ne more prodreti. Seveda pa UV svetloba lahko povzroča poškodbe in barvne spremembe samega premaznega sistema. Če želimo teksturo lesa ohraniti, izberemo transparenten ali semi-transparenten površinski premaz. V tem primeru je potrebno preprečiti prehod UV žarkov skozi plasti premaza do lesa z naslednjimi dodatki v premazu:

- pigmenti,
- UV absorberji,
- lovilci prostih radikalov,
- antioksidanti.

Odpornost nepremazanega lesa pa lahko izboljšamo tudi s sodobnimi postopki, ki so se razvili v zadnjem obdobju, npr. z modifikacijo lesa ali pa s površinskim graftiranjem (vezavo) UV absorberjev direktno na sestavine lesa (Feist, 1978).

3 MATERIALI IN METODE DELA

3.1 MATERIALI

3.1.1 Les

V diplomski nalogi smo uporabili les rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.), na katerega smo nanesli devet različnih premazov. Vzorce smo za izpostavitve pripravili po standardu SIST EN 927-3 (2001). Uporabili smo borov les brez grč, razpok ali smolnih kanalov, z enakomerno porazdelitvijo vlaken in normalno stopnjo rasti (3 do 8 letnic na 10 mm). Nagnjenost letnic je bila med 0° in 45°. Izbrali smo les brez madežev in vidnih sledi okužbe z lesnimi glivami.

3.1.2 Premazna sredstva

Uporabili smo standardiziran premaz ICP (SIST EN 927-3, 2001) z oznako 1 in nekaj komercialnih ter nekaj posebej pripravljenih premazov. Premazi so se med seboj razlikovali po vrsti veziva, vrsti topila, vsebnosti UV absorberja, prekrivnosti, in barvi. Natančnejši pregled vseh premaznih sredstev je podan v preglednici 1.

Preglednica 1: Pregled uporabljenih premazov

Oznaka premaza	Vezivo	Nanos	Topilo	Barva	Prekrivnost	Dodatki
1	Alkidno	3 krat	Organsko	Rdeče rjava	Poltransparenten	UV abs.
2	Alkidno	4 krat	Organsko	Temno rjava	Poltransparenten	UV abs.
3	Akrilno	3 krat	Voda	Rjava	Poltransparenten	UV abs.
4	Alkidno	2 krat	Organsko	Bela	Prekriven	UV abs.
5	Akrilno	3 krat	Voda	Bela	Prekriven	UV abs.
6	Alkidno	3 krat	Organsko	Brezbarvna	Transparenten	/
7	Akrilno	3 krat	Voda	Brezbarvna	Transparenten	/
8	Alkidno	3 krat	Organsko	Brezbarvna	Transparenten	/
9	Akrilno	3 krat	Voda	Brezbarvna	Transparenten	UV abs.

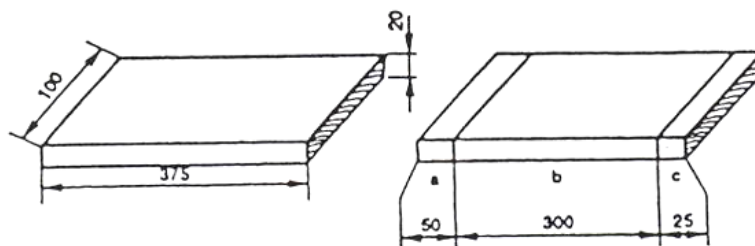
3.2 METODE

3.2.1 Naravno staranje

3.2.1.1 Priprava vzorcev

Pred nanosom premazov smo vzorce kondicionirali pri temperaturi $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ in relativni zračni vlažnosti $(65 \pm 5)\%$ do konstantne mase. Pri istih pogojih je potekalo tudi sušenje premazov.

Vzorce dimenzij $375 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ (slika 5) smo izdelali iz beljave že prej opisanega lesa. Površine so bile samo skobljane, kot je to tudi predpisano v standardu.



Slika 5: Vzorec po SIST EN 927-3 (2001)

Za vsak premaz smo naključno izbrali po 3 vzorce, ki smo jih nato najprej premazali po zgornji, testni površini, nato pa smo premazali še stranske robove. Zadnja oz. spodnja stran in čela vzorca pa so ostali nepremazani. Vsa premazna sredstva smo nanašali s čopičem. Po navodilih proizvajalca smo nanašali po dve, tri ali štiri plasti premaza, kot je navedeno v preglednici 1. Vmesni čas sušenja med dvema nanosoma je bil od 16 do 24 ur.

Po 24 urah od zadnjega nanosa testnega premaza smo vzorce s čel zatesnili. Za to smo uporabili malopropusten dvokomponentni epoksidni premaz bele barve, ki smo ga na eni strani vzorca, poleg čelnih površin, nanesli okoli in okoli vzorca v dolžini 25 mm od čela, na drugi strani pa 50 mm (slika 5). Vse vzorce smo nato ponovno kondicionirali 7 dni pri zgoraj navedenih klimatskih pogojih.

3.2.2 Izpostavitve vzorcev vremenskim vplivom

Vzorce smo izpostavili v Ljubljani na dvorišču Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO). Za Ljubljano so značilne naslednje povprečne letne vremenske vrednosti:

Letna temperatura: 9,8 °C

Relativna vlaga ob 14h: 62,4 %

Trajanje sončnega obsevanja: 1712 h

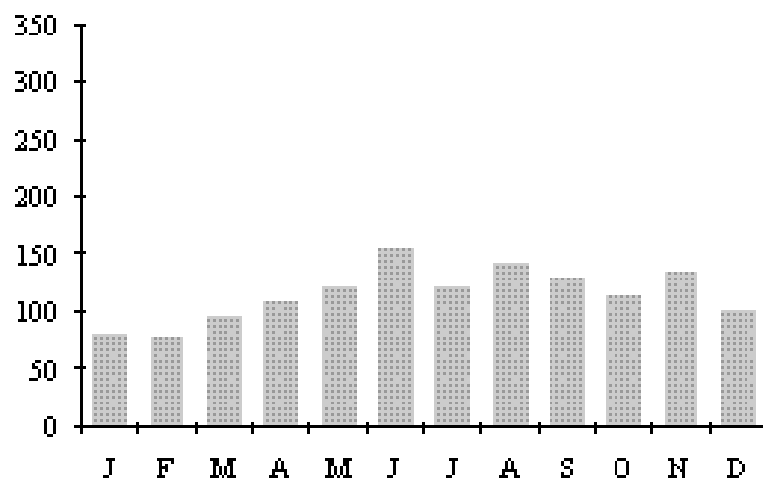
Višina padavin: 1393 mm

Število dni s padavinami: 114,8

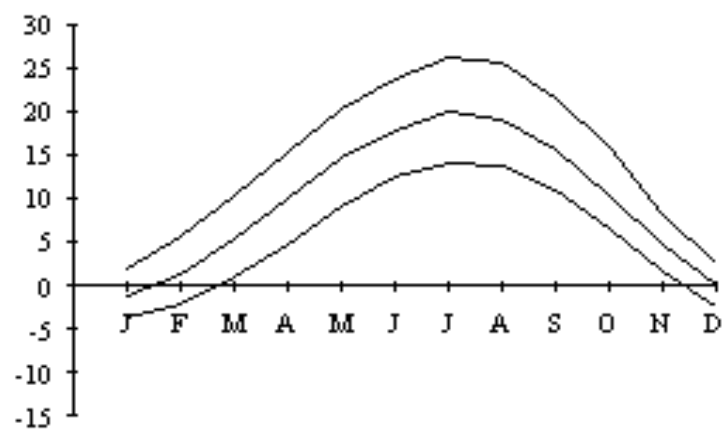
Število dni z meglo: 120

(ARSO, 2005)

Grafični prikaz padavin in temperature za Ljubljano pa je na slikah 6 in 7.



Slika 6: Graf padavin za področje Ljubljane (ARSO, 2005)



Slika 7: Graf temperature za področje Ljubljane (ARSO, 2005)

Pred izpostavitvijo vzorcev klimatskim vplivom smo izmerili barvo. Izpostavitve smo izvedli na posebnih stojalih in sicer tako, da so bili vzorci izpostavljeni pod kotom 45° in usmerjeni proti jugu tako kot je predpisano v standardu SIST EN 927-3 (slika 8). Stojala s preskušanci smo postavili 14. 4. 2004.



Slika 8: Vzorčna slika stojala z izpostavljenimi vzorci (Foto: M. Pavlič)

Po 3 tednih (5.5.2004) in 29 tednih ali 209 dneh (9.11.2004) smo vzorcem po enakem postopku kot pred izpostavitvijo ponovno izmerili sijaj in barvo. Pred vsakim merjenjem smo preskušance oprali z gobo s čisto mlačno vodo, da bi odstranili nečistoče na površini, in jih nato kondicionirali do konstatne mase.

3.2.3 Merjenje barve s kolorimetrom

Merjenje barve smo izvedli po CIE $L^*a^*b^*$ sistemu, z barvno diferenčno merilno napravo Microcolor Data Station, proizvajalca dr. Lange (*$d/8^\circ$ geometrija merjenja, 10° standard observer, D65 standard illuminant, xenon flash lamp source, CIEL $*a^*b^*$ sistem*) (ASTM D 2244-93) (slika 9).



Slika 9: Kolorimeter dr. Lange

Barvo smo merili vsem vzorcem, pri vsakem na šestih mestih. Da bi meritve pred izpostavitvijo in po njej izvajali vedno na istih mestih, smo izdelali posebno šablono (slika 10).



Slika 10: Šablona

3.2.4 Merjenje barve z optičnim čitalnikom

Meritve smo izvedli z optičnim čitalnikom »HP scanyet 2400« z živosrebrovo žarnico. Površino vzorca smo poskenirali in nato sliko celotne površine vzorca obdelali v računalniškem programu Corel DRAW 10 in sicer na način, da smo za celotno sliko dobili povprečne vrednosti L^* , a^* in b^* .

3.2.5 Statistična obdelava izmerjenih vrednosti barve

Za ugotavljanje statistično značilnih razlik med rezultati meritev, dobljenimi s spektrofotometrom in optičnim čitalcem oz. za nadaljnjo računalniško analizo, smo uporabili multifaktorsko analizo ANOVA, ki smo jo izvedli z računalniškim programom Statgraphics Plus, version 4, 1998.

4 REZULTATI

4.1 MERITVE BARVE

4.1.1 Merjenje barve s kolorimetrom

Rezultati merjenja barve s kolorimetrom so prikazani v preglednici 2.

Preglednica 2: Povprečne vrednosti barvnih koordinat (po 6 meritev na enem vzorcu), izmerjenih s kolorimetrom.

Premaz	Vzorec	Pred izpostavitvijo			Med izpostavitvijo			Po izpostavitvi		
		L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
1	1	32,6	29,8	7,4	32,6	30,1	6,8	33,6	27,8	5,7
	2	32,0	29,1	6,9	32,0	29,1	6,9	33,3	26,1	5,2
	3	32,6	32,4	7,7	32,8	31,1	7,4	33,9	28,0	5,5
2	1	31,3	9,9	3,6	31,8	9,6	3,4	33,6	10,6	2,2
	2	31,0	11,6	4,1	31,5	13,3	3,1	33,7	12,5	2,7
	3	31,5	12,1	4,1	32,0	11,3	3,9	33,9	12,5	2,7
3	1	37,0	17,8	13,3	36,3	18,0	11,0	34,4	13,6	6,9
	2	38,1	19,0	14,1	37,7	18,3	12,8	35,5	16,9	8,6
	3	42,7	16,5	20,3	41,1	19,9	16,6	37,7	18,1	12,5
4	1	95,7	0,5	2,4	95,5	0,9	2,0	95,6	1,1	1,9
	2	95,9	0,5	2,2	95,7	1,1	1,8	95,6	1,1	1,8
	3	95,9	0,6	2,6	95,7	1,0	1,8	94,9	1,1	2,3
5	1	95,5	0,6	2,7	94,9	0,9	2,1	93,2	0,8	2,7
	2	95,3	0,5	2,7	94,3	0,7	3,0	93,9	0,8	3,5
	3	95,7	0,5	2,7	95,3	0,8	2,0	94,3	0,8	2,5
6	1	78,8	8,8	33,1	73,0	10,7	33,5	62,5	18,1	40,1
	2	73,9	11,5	36,0	69,6	11,9	34,1	57,3	19,4	38,8
	3	75,1	10,7	36,8	69,9	12,6	35,4	59,2	20,5	40,1
7	1	82,7	6,3	24,6	73,9	10,7	34,1	65,1	14,3	29,3
	2	78,3	7,9	25,0	72,6	10,7	32,4	68,5	11,1	24,0
	3	74,4	11,6	26,0	61,4	14,8	31,7	54,7	15,1	28,1
8	1	74,5	10,4	36,5	71,8	9,6	28,3	62,7	17,1	38,4
	2	72,2	11,9	36,1	70,7	9,7	28,2	60,2	17,4	38,9
	3	76,7	9,1	36,6	75,4	7,7	28,7	64,9	16,3	38,4
9	1	81,0	6,5	28,1	75,9	8,3	23,6	62,4	11,3	25,5
	2	80,2	7,0	26,3	75,0	8,8	22,9	64,5	10,3	25,8
	3	79,6	7,5	26,4	75,6	8,3	22,4	62,3	11,3	25,5

Iz preglednice 2 in slike 2 lahko razberemo, da se zaradi staranja pojavijo razlike v vrednostih barvnih koordinat. Skladno s spreminjanjem L^* premaza 1 in 2 malenkostno posvetlita (s staranjem se koordinata L^* rahlo poveča; glede na sliko 2 zaznamo rahel prehod od črne ($L^*=0$) k beli ($L^*=100$)). Spreminjanje koordinat L^* pri premazih 3, 4, 5, 6, 7, 8 in 9 pa nam pove, da ti premazi s staranjem rahlo potemijo (L^* s staranjem pada, gre torej za prehod od bele proti črni, oziroma temnenje).

Glede na spreminjanje koordinate b^* , so premazi 1, 2, 3 in 4 prešli od rumenega dela osi proti modremu (b^* s staranjem pada). Premazi 6, 7 in 8 pa so prešli od modrega dela k

rumenemu (b^* s staranjem narašča). Izjema sta premaza 5 in 9, kjer zaradi nihanja vrednosti b^* ne moremo govoriti o naraščanju oziroma padanju v eno ali drugo smer.

Koordinata a^* pa pove, da s staranjem premazi 2, 4, 5, 6, 7, 8 in 9 prehajajo od zelene proti rdeči (a^* s staranjem narašča). Premaza 1 in 3 pa prehajata od rdeče k zeleni (a^* s staranjem pada).

4.1.2 Merjenje barve z optičnim čitalnikom

Pri drugem načinu merjenja barve smo uporabili optični čitalnik. Vsi dobljeni rezultati so reprezentirani v preglednici 3.

Preglednica 3: Povprečne vrednosti barvnih koordinat (po 6 meritev na enem vzorcu), izmerjenih z optičnim čitalnikom.

Premaz	Vzorec	Pred izpostavitvijo			Med izpostavitvijo			Po izpostavitvi		
		L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
1	1	32,2	24,1	17,0	31,8	23,6	15,1	31,0	22,2	13,7
	2	31,0	22,7	15,6	30,2	22,2	14,2	29,4	21,3	12,8
	3	32,2	23,6	16,5	30,6	23,1	13,7	30,6	21,3	13,2
2	1	25,5	13,2	8,0	25,9	12,3	7,6	22,4	13,2	9,0
	2	25,5	13,7	8,0	25,5	12,8	7,6	22,7	13,2	9,0
	3	26,3	14,6	9,0	26,3	13,7	8,5	23,1	12,8	9,0
3	1	40,0	8,0	10,9	38,0	8,0	9,9	32,9	8,5	10,9
	2	41,6	8,5	12,8	39,2	8,5	11,3	33,7	9,0	12,3
	3	45,1	8,5	15,6	44,3	8,5	14,2	34,5	8,5	12,3
4	1	99,6	-0,5	0,0	99,6	-0,5	0,0	98,8	-0,5	2,8
	2	99,6	-0,5	0,0	99,6	-0,5	0,0	99,2	-0,9	2,4
	3	99,6	-0,5	0,0	99,6	-0,5	0,0	94,5	-0,9	3,3
5	1	99,6	-0,5	0,0	99,6	-0,5	0,0	93,7	0,9	3,8
	2	99,6	-0,5	0,0	99,6	-0,5	0,0	96,5	0,5	3,8
	3	99,6	-0,5	0,0	99,6	-0,5	0,0	94,1	0,9	3,3
6	1	83,9	5,2	24,1	76,9	6,1	22,7	62,0	10,4	29,3
	2	78,4	7,1	26,0	71,8	7,1	23,1	54,5	11,8	28,3
	3	86,7	2,8	23,1	82,4	5,2	22,7	68,2	9,9	31,7
7	1	90,6	2,4	14,6	81,2	5,7	21,3	69,4	7,1	20,3
	2	85,1	4,7	17,0	78,4	6,6	21,7	69,0	7,1	18,4
	3	88,6	3,3	15,6	77,6	6,6	21,3	64,7	7,6	20,8
8	1	87,1	2,8	22,2	84,3	4,3	17,5	59,6	10,4	28,3
	2	83,1	5,2	23,1	80,0	5,7	18,0	58,4	10,4	27,9
	3	84,3	4,7	23,6	82,4	4,3	17,0	65,1	9,0	27,4
9	1	92,5	0,5	15,6	87,5	3,8	14,2	71,8	5,2	17,5
	2	89,8	2,4	15,6	84,7	4,7	14,6	71,4	5,7	18,0
	3	86,7	3,8	16,5	81,6	5,2	14,2	64,1	6,1	18,0

Tudi pri tem načinu merjenja se pokažejo razlike pri barvnih koordinatah. L^* pri premazih 1, 2, 3, 6, 7, 8 in 9 pada, kar pomeni, da prehaja proti črni oziroma potemni. Pri premazu 4 in 5 pa zaznamo zanemarljivo majhne razlike tako, da ne moremo govoriti o potemnitvi premaza.

Pri premazu 1 in 2 izmerjene vrednosti a^* padajo-prehajajo iz rdeče k zeleni. Pri preostalih premazih kot so 3, 5, 6, 7, 8 in 9 pa vse vrednosti rastejo. Tu lahko govorimo, da so se premazi po končani izpostavitvi posvetlili. Izjema je premaz 4, kateri je bel prekrivni. Tu pa optični čitalnik ni zaznal skoraj nobene spremembe pri koordinati a^* v času izpostavitve.

Koordinata b^* prehaja iz modre proti rumeni in takrat govorimo o posvetlitvi premaza. Pri nas se je to pojavilo pri premazih 3, 4, 5, 6, 7, 8 in 9. Pri prehodu iz rumene proti modri pa

govorimo o potemnitvi premaza. V našem primeru je optični čitalnik to zaznal pri premazu 1 in 2.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

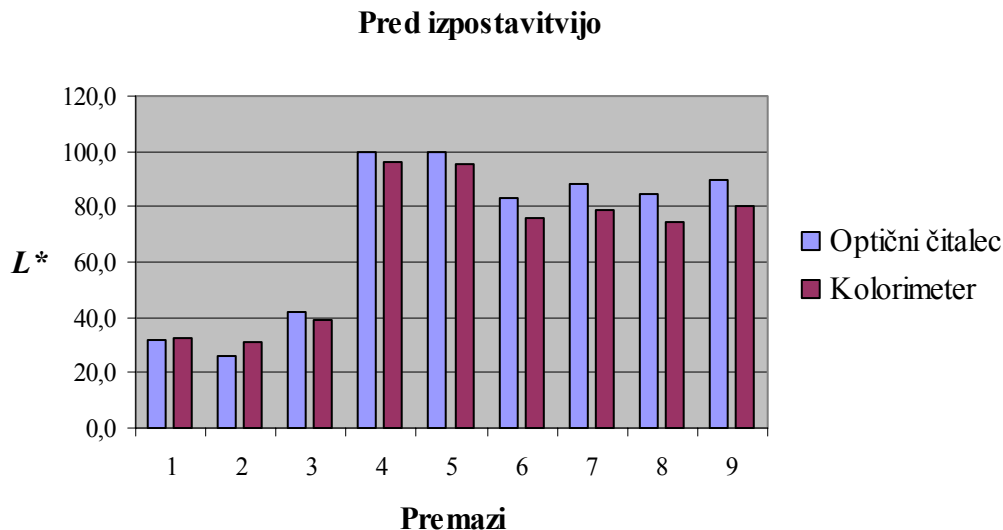
5.1.1 Primerjava vrednosti L^* in ΔL^* , izmerjenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom

Vsi dobljeni rezultati L^* in ΔL^* so prikazani v preglednici 4 in 5.

Preglednica 4: Prikaz povprečnih vrednosti L^* izmerjenih z optičnim čitalcem in kolorimetrom pred, med in po izpostavitvi.

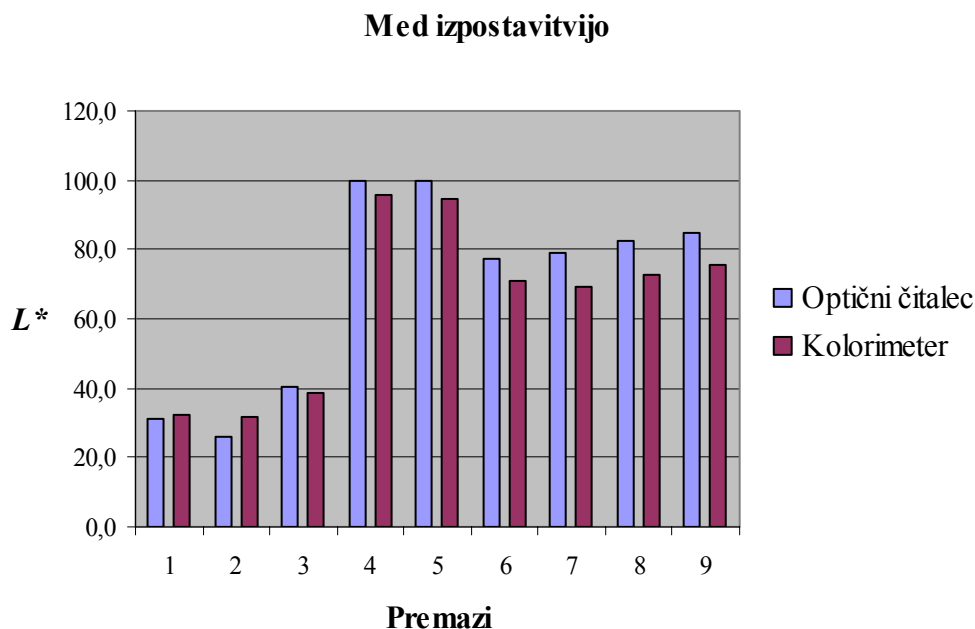
		Optični čitalec	Kolorimeter
	Premazi	L^*	L^*
Pred izpo.	1	31,8	32,4
	2	25,8	31,3
	3	42,2	39,3
	4	99,6	95,8
	5	99,6	95,5
	6	83,0	75,9
	7	88,1	78,5
	8	84,8	74,5
	9	89,7	80,3
Med izpo.	1	30,9	32,5
	2	25,9	31,8
	3	40,5	38,4
	4	99,6	95,6
	5	99,6	94,8
	6	77,0	70,8
	7	79,1	69,3
	8	82,2	72,6
	9	84,6	75,5
Po izpo.	1	30,3	33,6
	2	22,7	33,7
	3	33,7	35,9
	4	97,5	95,4
	5	94,8	93,8
	6	61,6	59,7
	7	67,7	62,8
	8	61,0	62,6
	9	69,1	63,1

Na sliki 11 so grafično prikazani povprečni rezultati meritev L^* , dobljeni z optičnim čitalcem in s kolorimetrom pred izpostavitvijo.



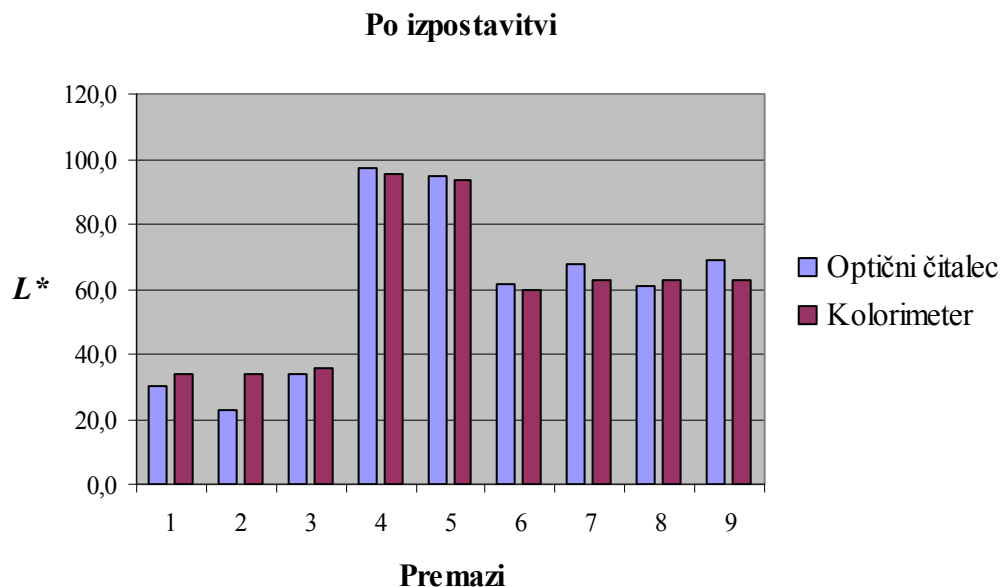
Slika 11: Grafična primerjava vrednosti L^* , dobljenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom pred izpostavitvijo

Na sliki 12 so grafično prikazani povprečni rezultati meritev L^* , dobljeni z optičnim čitalcem in s kolorimetrom med izpostavitvijo.



Slika 12: Grafična primerjava vrednosti L^* , dobljenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom med izpostavitvijo

Na sliki 13 so grafično prikazani povprečni rezultati meritev L^* , dobljeni z optičnim čitalcem in s kolorimetrom po izpostavitvi.



Slika 13: Grafična primerjava vrednosti L^* , dobljenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom po izpostavitvi

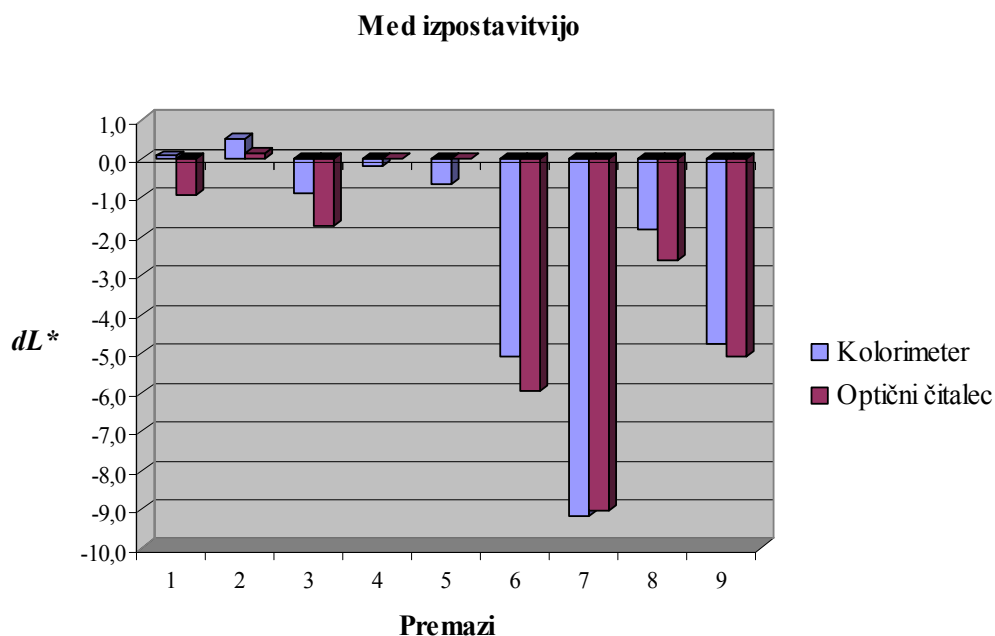
Pri izmerjenih vrednosti L^* (slike 11-13), smo opazili, da so vrednosti, izmerjene pred izpostavitvijo, med njo in po izpostavitvi, tako s kolorimetrom kakor tudi z optičnim čitalnikom, pri istih premazih skoraj enake.

Za ΔL^* smo povprečne vrednosti med izpostavitvijo dobili tako, da smo podatke pridobljene med izpostavitvijo odšteli od podatkov pridobljenih na začetku merjenja. Do ΔL^* po izpostavitvi pa smo prišli tako, da smo rezultate dobljene po končanem merjenju oziroma po 209 dneh odšteli od začetnih rezultatov.

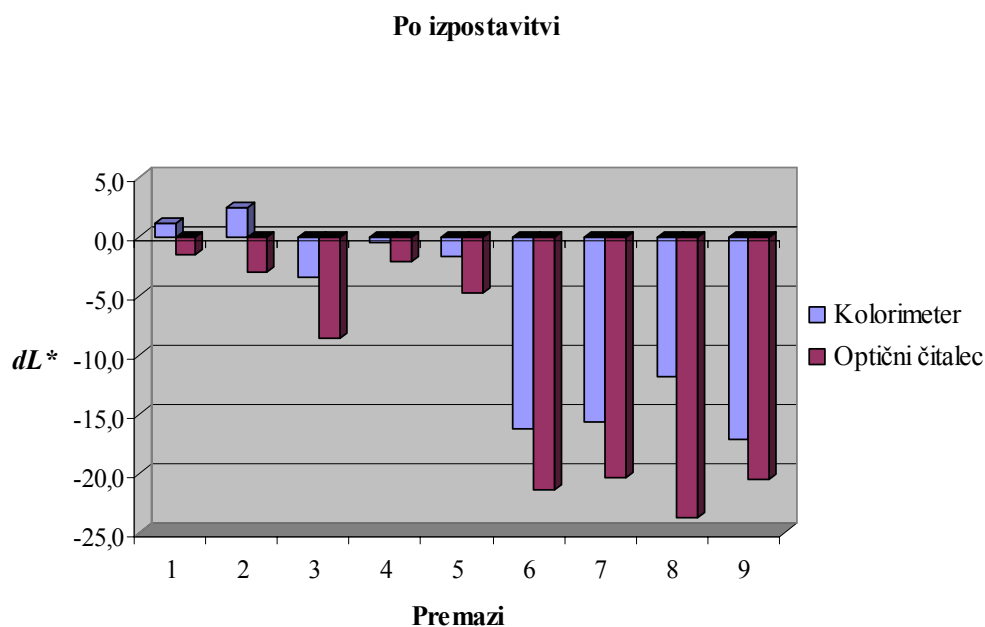
Preglednica 5: Prikaz povprečnih vrednosti ΔL^* izmerjenih z optičnim čitalcem in kolorimetrom med in po izpostavitvi.

		Optični čitalec	Kolorimeter
	Premazi	ΔL^*	ΔL^*
Med izpo.	1	-0,9	0,1
	2	0,1	0,5
	3	-1,7	-0,9
	4	0,0	-0,2
	5	0,0	-0,7
	6	-6,0	-5,1
	7	-9,0	-9,2
	8	-2,6	-1,8
	9	-5,1	-4,8
Po izpo.	1	-1,5	1,2
	2	-3,0	2,5
	3	-8,5	-3,4
	4	-2,1	-0,5
	5	-4,8	-1,7
	6	-21,4	-16,3
	7	-20,4	-15,7
	8	-23,8	-11,9
	9	-20,6	-17,2

Povprečne vrednosti ΔL^* , dobljene s kolorimetrom in optičnim čitalnikom med izpostavitvijo in po njej, so grafično prikazane na slikah 14 in 15.



Slika 14: Grafična primerjava vrednosti ΔL^* , dobljenih s kolorimetrom in optičnim čitalnikom med izpostavitvijo

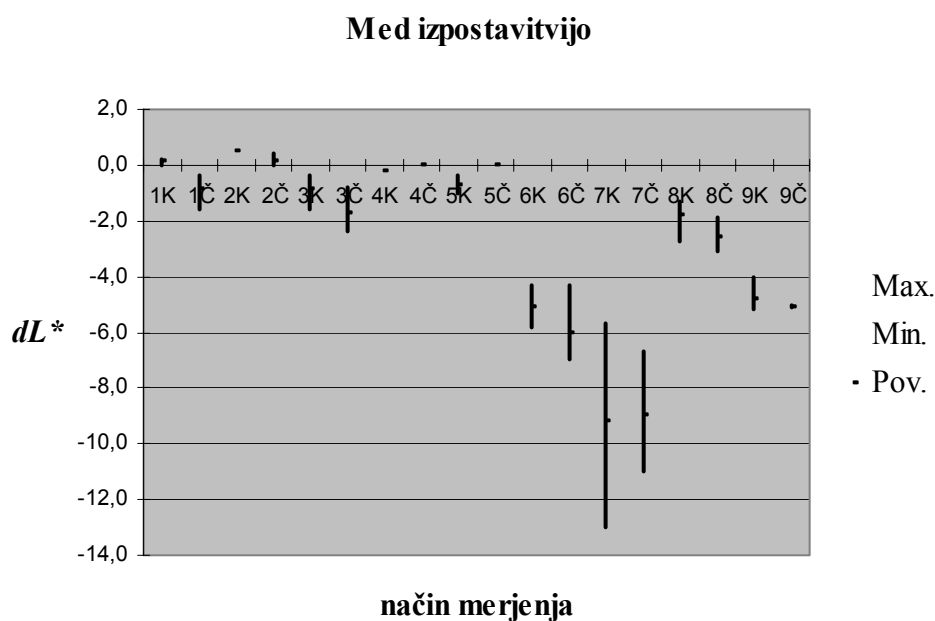


Slika 15: Grafična primerjava vrednosti ΔL^* , dobljenih s kolorimetrom in optičnim čitalnikom, po izpostavitvi

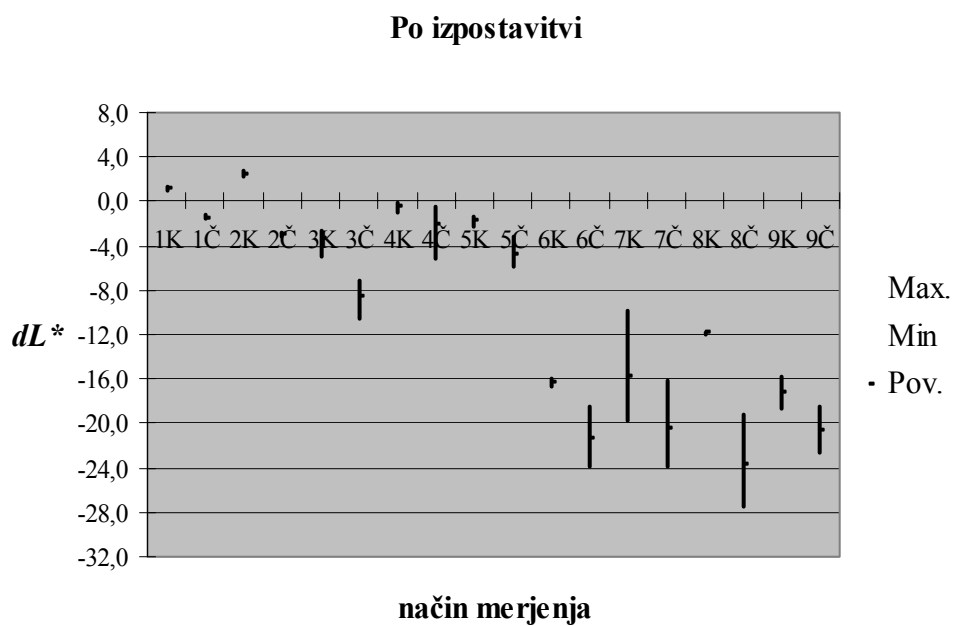
Slike 11-15 pokažejo, da pri premazih 3-9 pri merjenju ΔL^* med izpostavitvijo dobimo s kolorimetrom nekoliko manjše vrednosti kot z optičnim čitalnikom. Po končani izpostavitvi pa pri premazih 1, 2, 3 in 8 dobimo pri meritvi s kolorimetrom višje vrednosti kot pri optičnem čitalniku.

Določili smo sipanje izmerjenih vrednosti. Sipanje vrednosti ΔL^* med izpostavitvijo in po končani izpostavitvi je prikazano na slikah 16 in 17.

Običajno nas pri merjenju barv ne zanimajo absolutne vrednosti kakor tudi ne razlike posameznih komponent (npr. zaradi vpliva vremena) temveč predvsem vrednosti celotnih barvnih sprememb ΔE^* . Zato je bil v naši diplomski nalogi poudarek predvsem na analizi vrednosti ΔE^* , ki smo jih tudi statistično obdelali s programom Statgraphics Plus.



Slika 16: Sipanje vrednosti ΔL^* med izpostavitvijo (K: kolorimeter, Č:čitalnik)

Slika 17: Sipanje rezultatov po izpostavitvi za ΔL^* (K: kolorimeter, Č:čitalnik)

Na slikah 16 in 17 smo prikazali max., min in povprečne vrednosti ΔL^* dobljene med izpostavitvijo in po izpostavitvi.

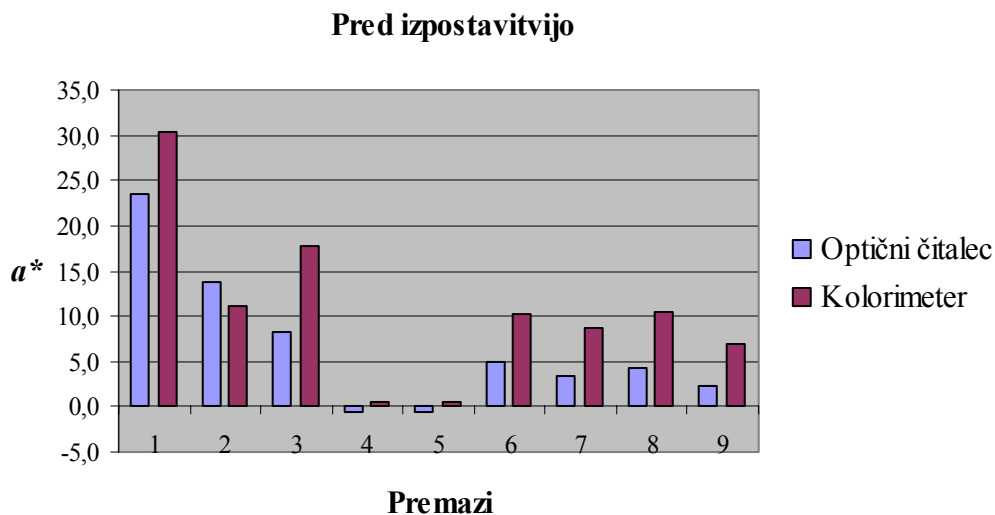
5.1.2 Primerjava vrednosti a^* in Δa^* , izmerjenih s kolorimetrom in z optičnim čitalcem

Za koordinato a^* pridobljeni rezultati so prikazani v preglednici 6.

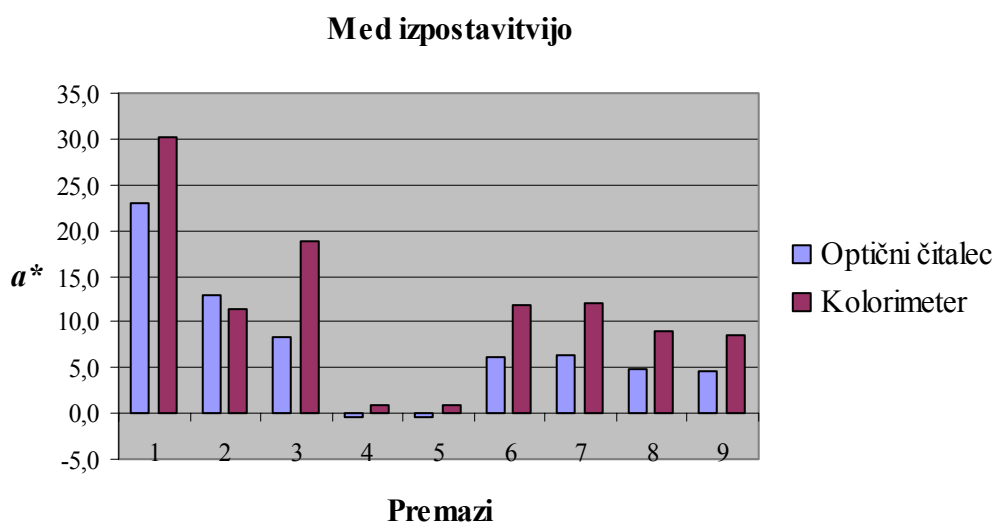
Preglednica 6: Prikaz povprečnih vrednosti a^* izmerjenih z optičnim čitalcem in kolorimetrom pred, med in po izpostavitvi.

		Optični čitalec	Kolorimeter
	Premazi	a^*	a^*
Pred izpo.	1	23,4	30,4
	2	13,8	11,2
	3	8,3	17,8
	4	-0,5	0,5
	5	-0,5	0,5
	6	5,0	10,3
	7	3,5	8,6
	8	4,2	10,5
	9	2,2	7,0
Med izpo.	1	23,0	30,1
	2	12,9	11,4
	3	8,3	18,7
	4	-0,5	1,0
	5	-0,5	0,8
	6	6,1	11,7
	7	6,3	12,1
	8	4,8	9,0
	9	4,6	8,5
Po izpo.	1	21,6	27,3
	2	13,1	11,9
	3	8,7	16,2
	4	-0,2	1,1
	5	0,8	0,8
	6	10,7	19,3
	7	7,3	13,5
	8	9,9	16,9
	9	5,7	28,0

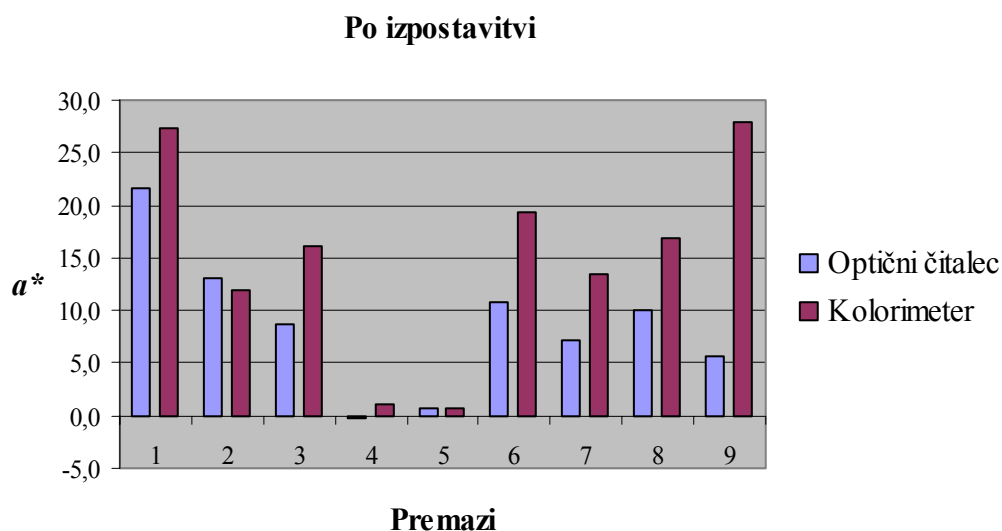
Grafični prikaz dobljenih rezultatov vrednosti a^* pred izpostavitvijo, med in po njej je prikazan na slikah 18, 19 ter 20.



Slika 18: Grafična primerjava vrednosti a^* , izmerjenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom pred izpostavitvijo



Slika 19: Grafična primerjava vrednosti a^* , izmerjenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom med izpostavitvijo



Slika 20: Grafična primerjava vrednosti a^* , izmerjenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom po izpostavitvi

Primerjava povprečnih vrednosti a^* pred izpostavitvijo, med njo in po izpostavitvi, izmerjenih s kolorimetrom in optičnim čitalnikom pokaže, da so razlike glede na način merjenja bistveno večje kot pa je bilo to v primeru vrednosti na črno-beli koordinatni osi, to je pri vrednosti L^* . Izjema sta bila premaza 4 in 5 (bela prekrivna premaza) kjer razlik glede na način merjenja skoraj nismo zaznali.

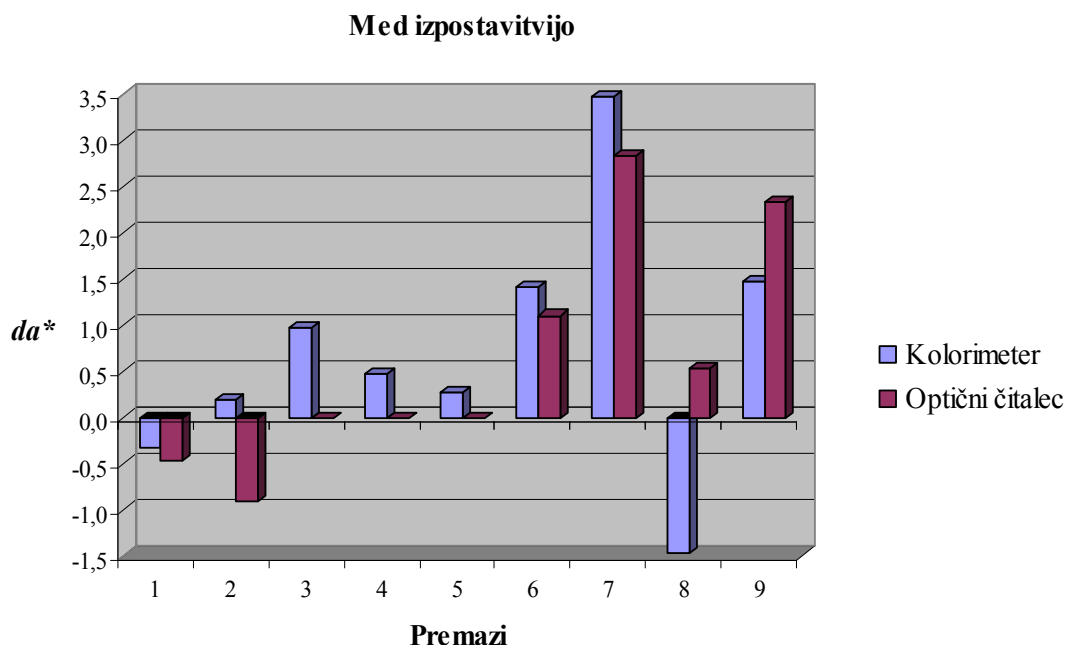
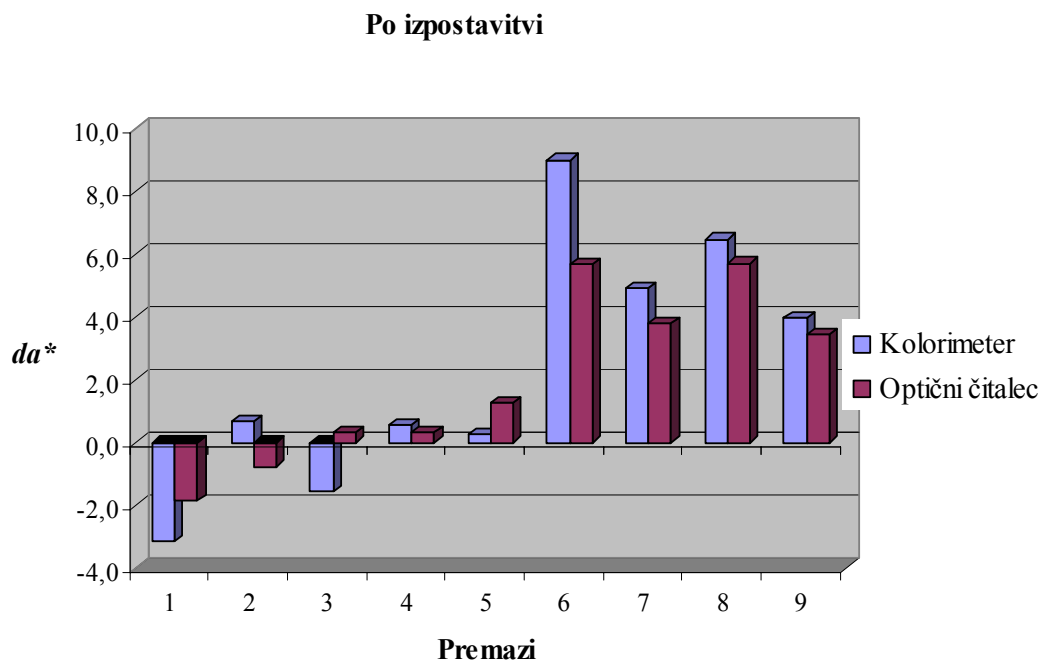
Za Δa^* smo povprečne vrednosti med izpostavitvijo dobili tako, da smo podatke pridobljene med izpostavitvijo odšteli od podatkov pridobljenih na začetku merjenja. Do Δa^* po izpostavitvi pa smo prišli tako, da smo rezultate dobljene po končanem merjenju oziroma po 209 dneh odšteli od začetnih rezultatov.

V preglednici 7 so podani rezultati za Δa^* .

Preglednica 7: Prikaz povprečnih vrednosti Δa^* izmerjenih z optičnim čitalcem in kolorimetrom med in po izpostavitvi.

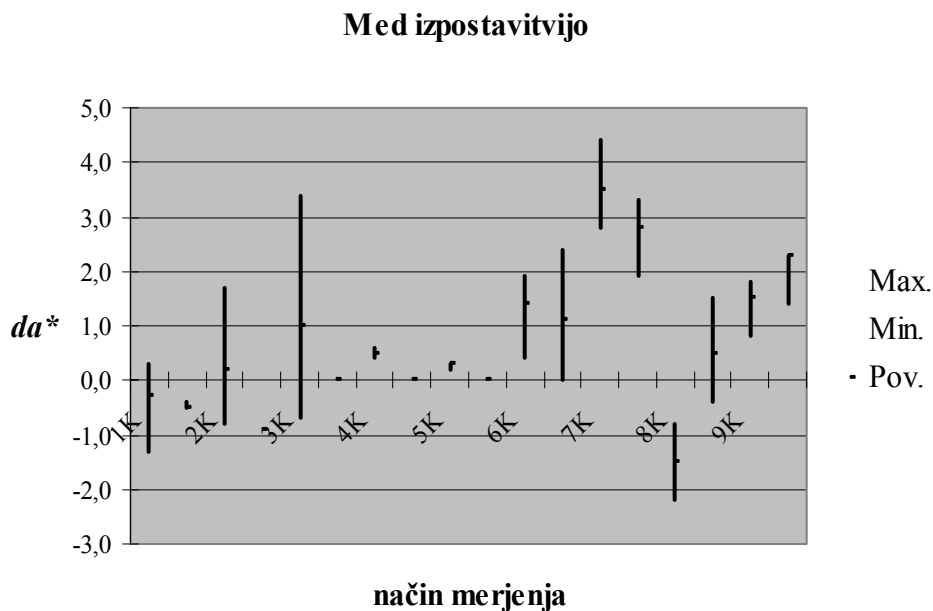
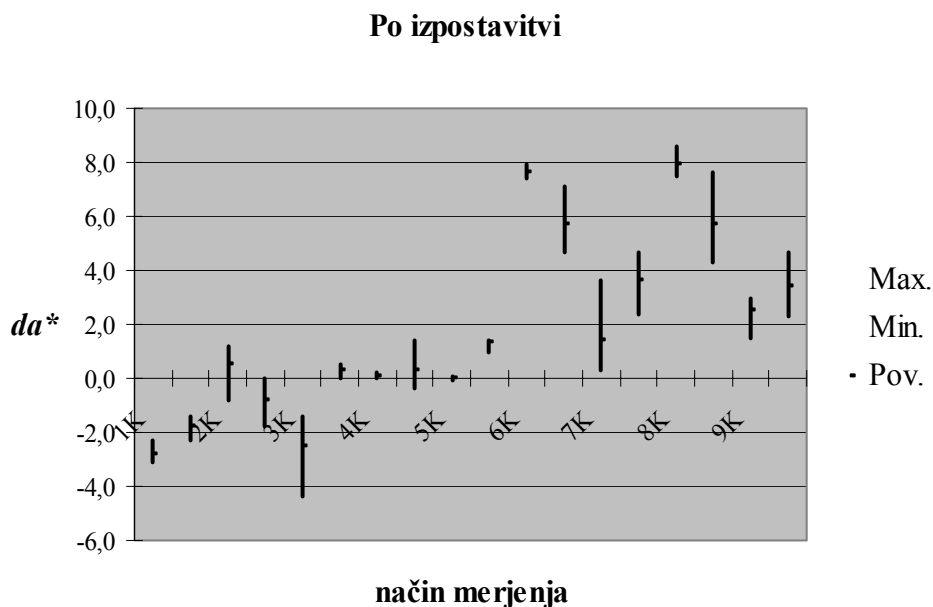
		Optični čitalec	Kolorimeter
	Premazi	Δa^*	Δa^*
Med izpo.	1	-0,5	-0,3
	2	-0,9	0,2
	3	0,0	1,0
	4	0,0	0,5
	5	0,0	0,3
	6	1,1	1,4
	7	2,8	3,5
	8	0,5	-1,5
	9	2,3	1,5
Po izpo.	1	-1,8	-3,1
	2	-0,8	0,7
	3	0,3	-1,6
	4	0,3	0,6
	5	1,3	0,3
	6	5,7	9,0
	7	3,8	4,9
	8	5,7	6,5
	9	3,4	4,0

Povprečne vrednosti Δa^* , dobljene s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom, med izpostavitvijo in po njej, so grafično prikazane na slikah 19 in 20.

Slika 21: Grafična primerjava Δa^* , izmerjenih s kolorimetrom in optičnim čitalnikom med izpostavitvijoSlika 22: Grafična primerjava Δa^* , izmerjenih s kolorimetrom in optičnim čitalnikom po izpostavitvi

Pri določevanju razlik vrednosti a^* (Δa^*) oziroma prehoda barve iz zelenega dela barvne osi v rdečega, je kolorimeter zaznal veliko večje spremembe kot optični čitalec. Te razlike so bile na najbolj opazne na transparentnih (6, 7, 8 in 9) vzorcih po končani izpostavitvi.

Po drugi strani pa so bile razlike med vrednostmi Δa^* pri belih prekrivnih premazih 4 in 5, dobljenimi s kolorimetrom in optičnim čitalnikom, bistveno manjše. Sipanje vrednosti Δa^* med izpostavitvijo in po njej je prikazano na slikah 23 in 24.

Slika 23: Sipanje vrednosti Δa^* med izpostavitvijoSlika 24: Sipanje Δa^* rezultatov po končani izpostavitvi

Na slikah 23 in 24 smo prikazali max., min in povprečne vrednosti Δa^* dobljene med izpostavitvijo in po izpostavitvi.

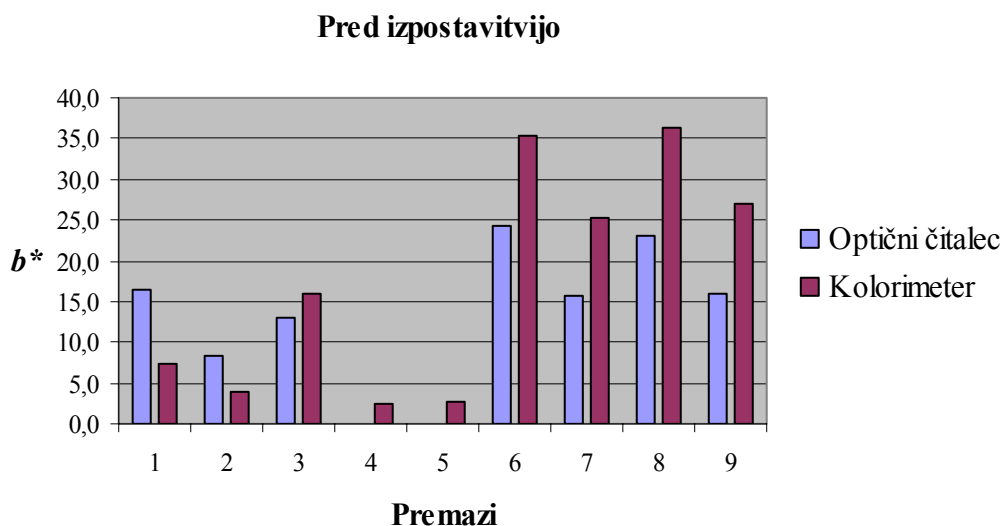
5.1.3 Primerjava vrednosti b^* in Δb^* , izmerjenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom

V preglednici 8 se nahajajo vsi rezultati za koordinato b^* .

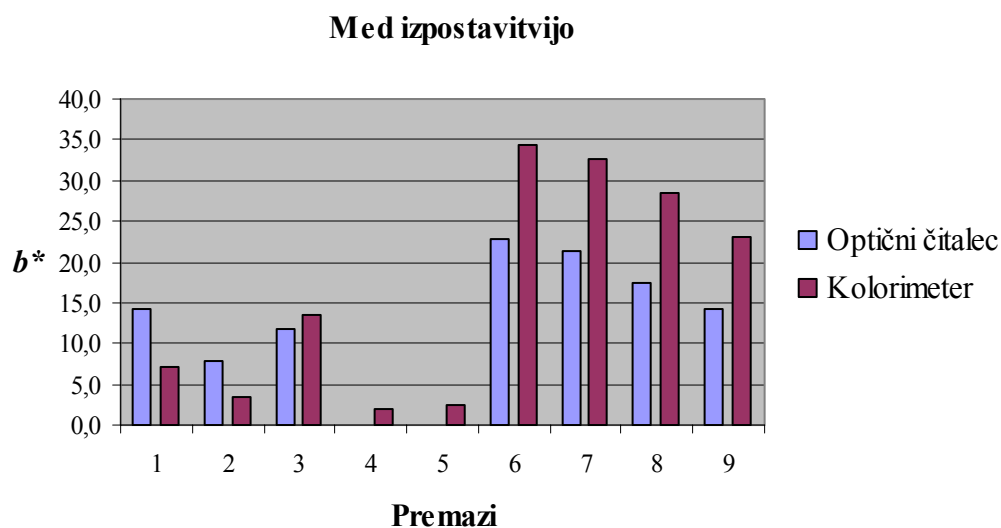
Preglednica 8: Prikaz povprečnih vrednosti b^* izmerjenih z optičnim čitalcem in kolorimetrom pred, med in po izpostavitvi.

		Optični čitalec	Kolorimeter
	Premazi	b^*	b^*
Pred izpo.	1	16,4	7,3
	2	8,3	3,9
	3	13,1	15,9
	4	0,0	2,4
	5	0,0	2,7
	6	24,4	35,3
	7	15,7	25,2
	8	23,0	36,4
	9	15,9	26,9
Med izpo.	1	14,3	7,0
	2	7,9	3,5
	3	11,8	13,5
	4	0,0	1,9
	5	0,0	2,4
	6	22,8	34,3
	7	21,4	32,7
	8	17,5	28,4
	9	14,3	23,0
Po izpo.	1	13,2	5,5
	2	9,0	2,5
	3	11,8	9,3
	4	2,8	2,0
	5	3,6	2,9
	6	29,8	39,7
	7	19,8	27,1
	8	28,1	38,6
	9	17,8	25,6

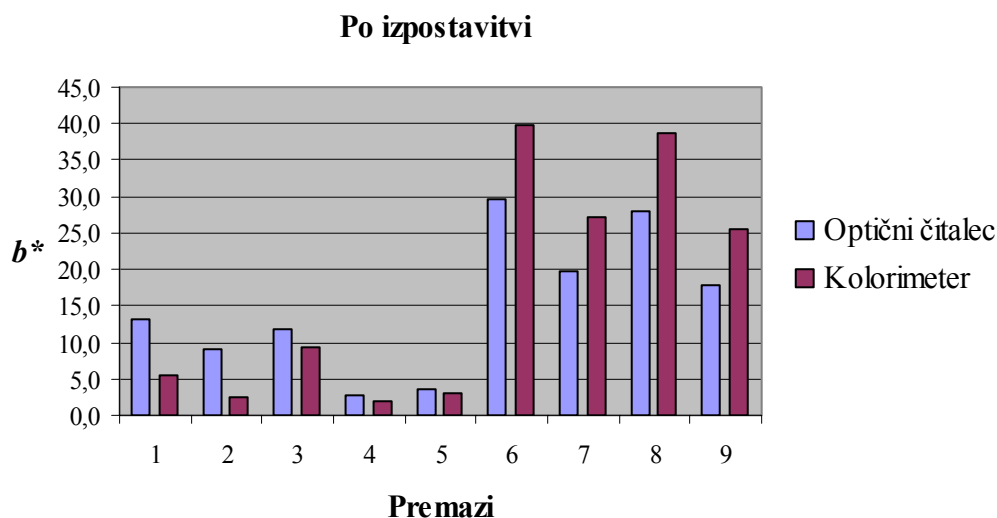
Vrednosti b^* izmerjene pred izpostavitvijo, med njo in po njej, tako s kolorimetrom kakor tudi z optičnim čitalnikom, so prikazane na slikah 25, 26 in 27.



Slika 25: Grafična primerjava vrednosti b^* , izmerjenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom, pred izpostavitvijo



Slika 26: Grafična primerjava vrednosti b^* , izmerjenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom, med izpostavitvijo



Slika 27: Grafična primerjava vrednosti b^* , izmerjenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom, po izpostavitvi

Vrednosti b^* se med seboj glede na postopek merjenja (s kolorimetrom in optičnim čitalnikom) kar precej razlikujejo, tako kot velja tudi za vrednosti a^* in v nasprotju z vrednostmi L^* , kjer sta dala tako kolorimeter kakor tudi skener precej podobne vrednosti. Po razlikah vrednosti b^* glede na način merjenja spet najbolj izstopajo transparentni premazi, zelo majhne pa so razlike pri belih prekrivnih premazih 4 in 5. Vzrok za nastale razlike pri vrednostih a^* in b^* pri enem in drugem načinu merjenja bi lahko bil v tipu žarnice. Pri optičnem čitalniku se uporablja živosrebrova žarnica, pri kolorimetru pa ksenonska žarnica.

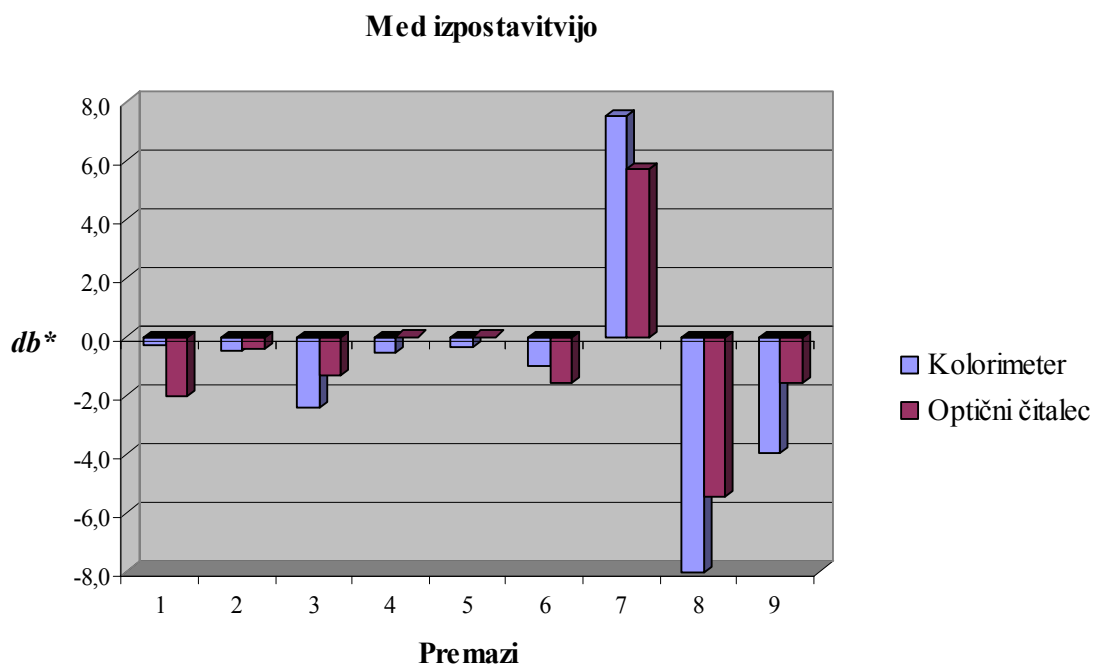
Za Δb^* smo povprečne vrednosti med izpostavitvijo dobili tako, da smo podatke pridobljene med izpostavitvijo odšteli od podatkov pridobljenih na začetku merjenja. Do Δb^* po izpostavitvi pa smo prišli tako, da smo rezultate dobljene po končanem merjenju oziroma po 209 dneh odšteli od začetnih rezultatov.

Podatki za Δb^* so razvidni iz preglednice 9.

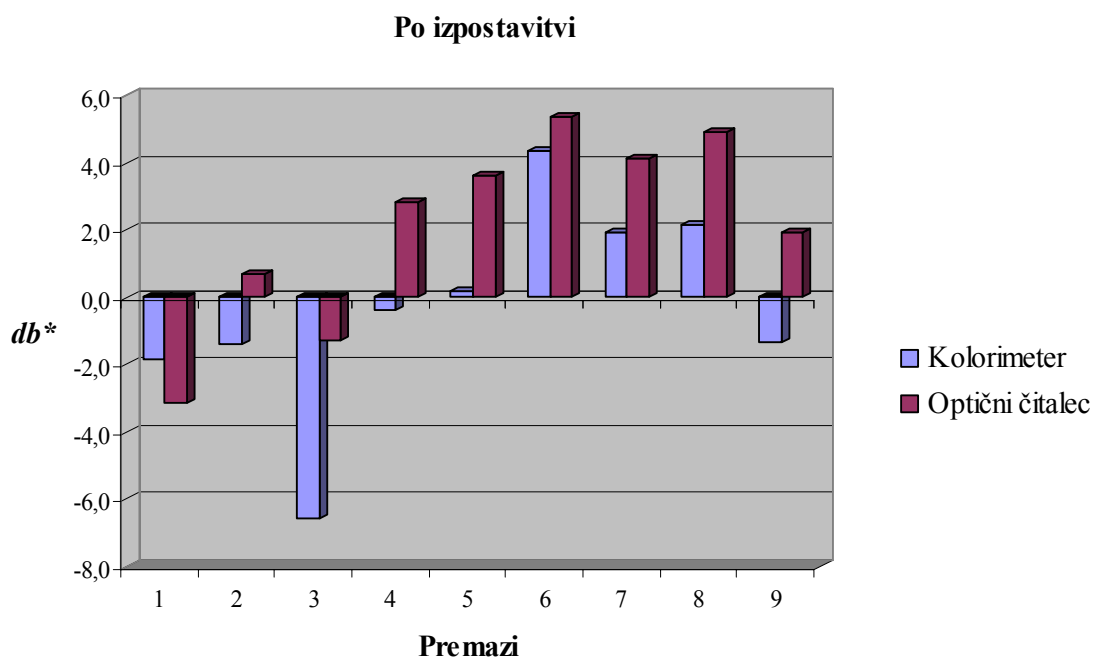
Preglednica 9: Prikaz povprečnih vrednosti Δb^* izmerjenih z optičnim čitalcem in kolorimetrom med in po izpostavitvi.

		Optični čitalec	Kolorimeter
	Premazi	Δb^*	Δb^*
Med izpo.	1	-2,0	-0,3
	2	-0,4	-0,5
	3	-1,3	-2,4
	4	0,0	-0,5
	5	0,0	-0,3
	6	-1,6	-1,0
	7	5,7	7,5
	8	-5,5	-8,0
	9	-1,6	-4,0
Po izpo.	1	-3,1	-1,9
	2	0,7	-1,4
	3	-1,3	-6,6
	4	2,8	-0,4
	5	3,6	0,2
	6	5,4	4,4
	7	4,1	1,9
	8	4,9	2,2
	9	1,9	-1,3

Povprečne vrednosti Δb^* , dobljene s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom, med izpostavitvijo in po njej, so grafično prikazane na slikah 28 in 29.

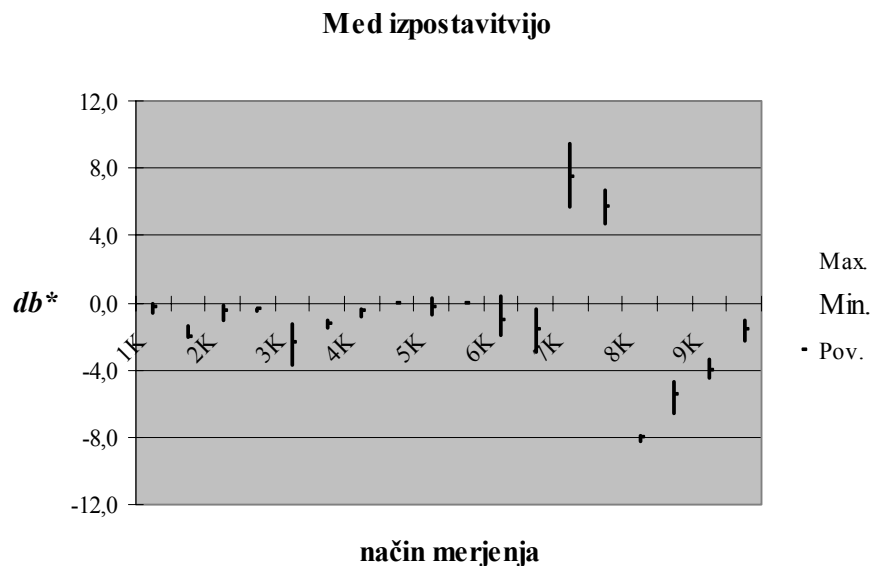
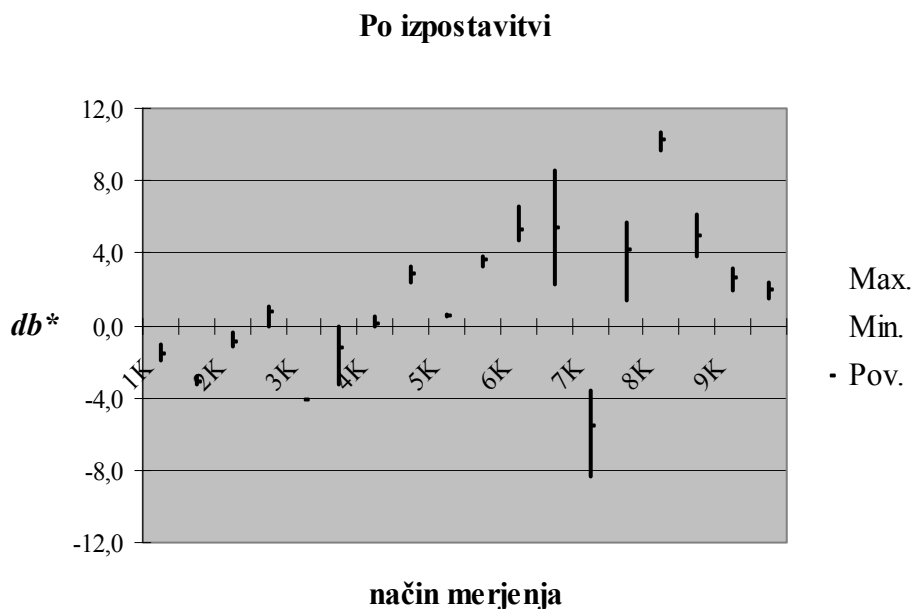


Slika 28: Grafična primerjava vrednosti Δb^* , dobljenih s kolorimetrom in optičnim čitalnikom, med izpostavitvijo



Slika 29: Grafična primerjava vrednosti Δb^* , dobljenih s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom po izpostavitvi

Vrednosti Δb^* pri transparentnih premazih 6, 7, 8 in 9, izmerjene s kolorimetrom so višje od vrednosti, izmerjenih z optičnim čitalnikom. Pri 4. in 5. premazu z optičnim čitalnikom med izpostavitvijo nismo zaznali spremembe vrednosti Δb^* , po izpostavitvi pa smo z optičnim čitalnikom zaznali višje vrednosti kot s kolorimetrom. Sipanje vrednosti Δb^* pa je prikazano na slikah 30 in 31.

Slika 30: Sipanje vrednosti Δb^* med izpostavitvijoSlika 31: Sipanje vrednosti Δb^* po končani izpostavitvi

Na slikah 30 in 31 smo prikazali max., min in povprečne vrednosti Δb^* dobljene med izpostavitvijo in po izpostavitvi.

5.1.4 Primerjava vrednosti ΔE^* v odvisnosti od načina merjenja

5.1.4.1 Merjenje barve s kolorimetrom

ΔE^* izračunamo po (1) na osnovi podatkov kateri so v preglednici 2. Barvne razlike zaradi izpostavitve vzorcev naravnemu staranju, izmerjene s kolorimetrom, so podane v preglednici 10.

Preglednica 10: Povprečne vrednosti ΔE^* (po 6 meritev na enem vzorcu), izmerjene s kolorimetrom.

Premaz	Vzorec	ΔE^*	
		Med izp.	Po izp.
1	1	0,6	3,0
	2	1,9	2,2
	3	2,0	4,2
2	1	1,1	2,1
	2	1,6	2,1
	3	1,0	2,6
3	1	1,6	5,8
	2	2,9	5,4
	3	2,0	7,2
4	1	0,6	0,2
	2	0,5	0,3
	3	1,2	0,9
5	1	1,2	1,6
	2	1,3	0,3
	3	0,9	1,3
6	1	5,7	14,6
	2	4,4	13,7
	3	5,5	14,2
7	1	14,0	9,6
	2	7,4	14,9
	3	14,3	5,5
8	1	8,3	15,7
	2	8,6	14,8
	3	8,0	17,3
9	1	7,3	12,3
	2	6,0	10,4
	3	6,3	13,7

V preglednici 10 lahko med premazi opazimo precejšnje razlike v barvni obstojnosti. Premazi z nižjimi vrednostmi ΔE^* so bolj odporni proti UV žarkom. To so 2., 4. in 5. premaz. Med tem pa so na staranje (UV svetlobo) najmanj obstojni transparentni premazi 6, 7 in 8, saj smo pri njih zaznali najvišje vrednosti ΔE^* , tudi do 17,3.

5.1.4.2 Merjenje barve z optičnim čitalnikom

Barvne razlike, izračunane iz vrednosti, dobljenih z optičnim čitalnikom, so prikazane v preglednici 11.

Preglednica 11: Povprečne vrednosti ΔE^* (po 6 meritev na enem vzorcu), merjene z optičnim čitalnikom.

Premaz	Vzorec	ΔE^*	
		Med izp.	Po izp.
1	1	2,0	2,1
	2	1,7	1,8
	3	3,3	1,9
2	1	1,1	3,9
	2	1,0	3,2
	3	1,0	3,4
3	1	2,2	5,2
	2	2,8	5,6
	3	1,6	10,0
4	1	0,0	2,9
	2	0,0	2,5
	3	0,0	6,2
5	1	0,0	7,2
	2	0,0	5,0
	3	0,0	6,6
6	1	7,2	16,9
	2	7,2	18,7
	3	4,9	17,5
7	1	12,0	11,9
	2	8,4	10,0
	3	12,8	12,9
8	1	5,7	27,6
	2	6,0	24,2
	3	6,9	20,7
9	1	6,2	16,1
	2	5,7	13,8
	3	5,8	17,9

Pri premazih 4 in 5, ki sta bela prekrivna premaza, optični čitalnik med izpostavitvijo ni zaznal barvnih razlik glede na barvo neizpostavljenih premazov. Le-te so opazne samo na koncu izpostavitve. Poleg 4. in 5. premaza, imajo nizke vrednosti ΔE^* tudi premazi 1, 2, in 3, kar pomeni, da so dobro odporni proti UV žarkom. Po drugi strani pa rezultati meritev z optičnim čitalnikom kažejo, da so bili najmanj odporni proti staranju premazi 6, 7 in 8 kot so to pokazale tudi meritve s kolorimetrom. Dodatno pa smo z optičnim čitalnikom zaznali slabo odpornost proti staranju tudi pri premazu 9, kar v primeru merjenja s kolorimetrom (preglednica 10) ni bilo tako izrazito.

5.1.5 Statistična analiza vrednosti ΔE^*

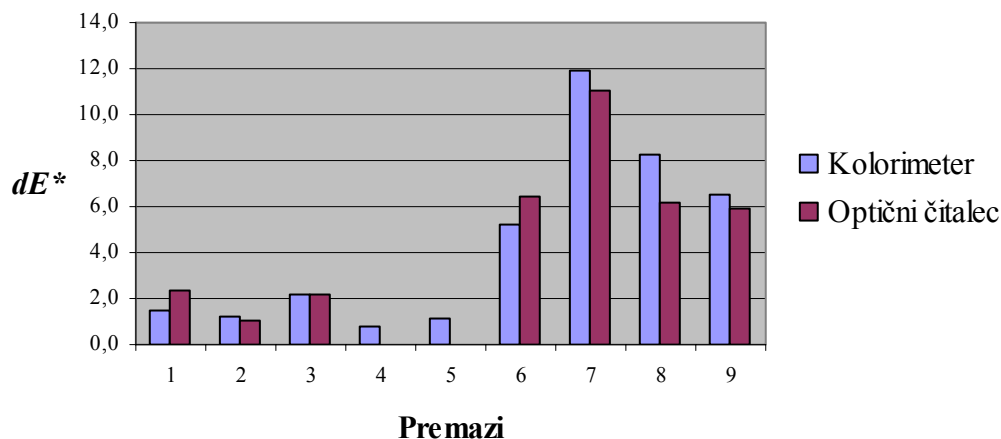
V preglednici 12 so podani rezultati za ΔE^*

Preglednica 12: Povprečne vrednosti ΔE^* pridobljene z optičnim čitalcem in kolorimetrom med in po izpostavitvi.

	Premazi	Optični čitalec	Kolorimeter
		ΔE^*	ΔE^*
Med izpo.	1	2,3	1,5
	2	1,0	1,2
	3	2,2	2,2
	4	0,0	0,8
	5	0,0	1,1
	6	6,4	5,2
	7	11,1	11,9
	8	6,2	8,3
	9	5,9	6,5
Po izpo.	1	1,9	3,1
	2	3,5	2,3
	3	6,9	6,1
	4	3,9	0,5
	5	6,3	1,1
	6	17,7	14,2
	7	11,6	10,0
	8	24,2	15,9
	9	15,9	12,1

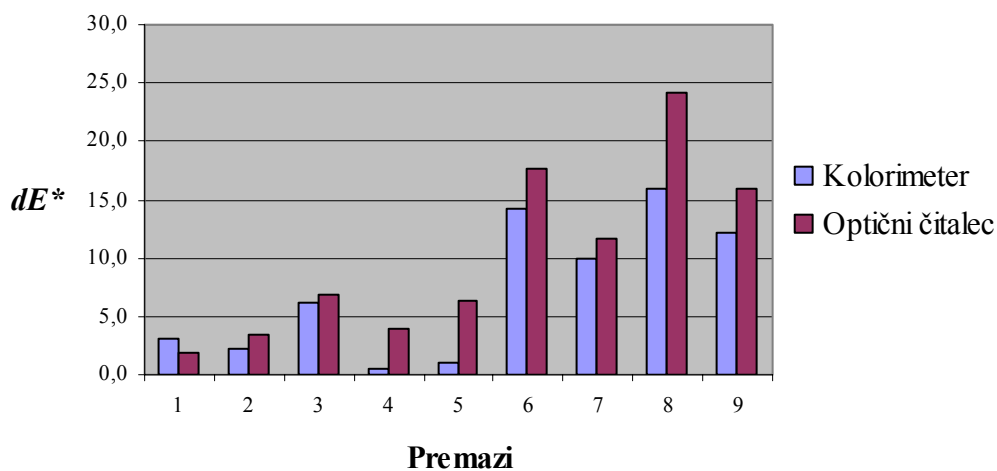
Povprečne vrednosti ΔE^* , dobljene s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom, so grafično prikazane na slikah 32 in 33.

Med izpostavitvijo



Slika 32: Grafična primerjava vrednosti ΔE^* med izpostavitvijo, dobljenih s kolorimetrom in z optičnim čitalcem

Po izpostavitvi



Slika 33: Grafična primerjava vrednosti ΔE^* , dobljenih po izpostavitvi s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom

Rezultate oziroma vrednosti ΔE^* , izmerjene s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom, smo statistično analizirali s t-testom parnih podatkov in z Duncan-ovim testom mnogoterih primerjav pri 95 % stopnji zaupanja (Statgraphics Plus for Windows 4.0). Pri t-testu upoštevamo le razlike med obema podatkomoma v posameznem paru. Pri t-testu ocenjujemo verjetnost, da bi bila razlika v parih nekega vzorca lahko posledica naključja, če je povprečna razlika parnih podatkov v populaciji enaka nič (Adamič, 1989). Tako smo s t-

testom ugotavljali razlike med meritvami ΔE^* s kolorimetrom (preglednica 10) in optičnim čitalnikom (preglednica 11). Rezultati t-testa so pokazali, da pri meritvah ΔE^* med izpostavitvijo ni statistično značilnih razlik med merjenjem s kolorimetrom in optičnim čitalnikom. Medtem ko pa je t-test vrednosti ΔE^* , izmerjenih po izpostavitvi s kolorimetrom in optičnim čitalnikom pokazal statistično značilne razlike. Vzrok za te razlike so premazi 6, 8 in 9. Ko smo te premaze izločili iz statistične analize s t-testom parnih podatkov, statistično značilnih razlik med meritvami ΔE^* s kolorimetrom in optičnim čitalnikom ni bilo.

Analiza vrednosti ΔE^* , izmerjenih z optičnim čitalnikom (S1-S9) in kolorimetrom (K1-K9) med izpostavitvijo, z Duncanovim poskusom mnogoterih primerjav je prikazana v preglednici 13, kjer se nahaja prikaz homogenosti grup. V kolikor se oznaka x za posamezen par z istim premazom (npr. S1-K1, S2-K2, itd.) nahaja v istem stolpcu to pomeni, da med vrednostima ΔE^* za isti premaz, izmerjenima po dveh različnih metodah, ni statistično značilne razlike pri 95 % stopnji zaupanja.

Preglednica 13: Statistična analiza vrednosti ΔE^* , izmerjenih med izpostavitvijo z optičnim čitalcem (S1-S9) in s kolorimetrom (K1- K9) (Duncan-ov poskus mnogoterih primerjav pri 95 % stopnji zaupanja).

Oznaka	ΔE^*	Homogenost grup			
S1	2,3	x			
K1	1,5	x			
S2	1,0	x			
K2	1,2	x			
S3	2,2	x			
K3	2,2	x			
S4	0,0	x			
K4	0,8	x			
S5	0,0	x			
K5	1,1	x			
S6	6,4		x	x	
K6	5,2		x		
S7	11,1				x
K7	11,9				x
S8	6,2		x	x	
K8	8,3			x	
S9	5,9		x		
K9	6,5		x	x	

Tudi z Duncanovim testom smo ugotovili, da med izpostavitvijo tako pri pigmentiranih premazih (premazi 1, 2, 3, 4 in 5) kot pri transparentnih premazih (6, 7, 8 in 9) pri merjenju s kolorimetrom in optičnim čitalnikom ni prišlo do statistično signifikantnih razlik. Statistično pomembne razlike glede na način merjenja se pojavijo kasneje, oziroma po končani izpostavitvi vremenskim vplivom (preglednica 14).

Rezultate vrednosti ΔE^* v preglednici 13 pa lahko analiziramo tudi glede vpliva izpostavitve vremenu na barvo premaza. Ugotovimo lahko, da vremenski vplivi v relativno kratkem času (merjenje »med izpostavitvijo«) niso povzročili statistično pomembnih razlik barve pri premazih 1-5 (poltransparentni ali pa popolnoma prekrivni). To lahko ugotovimo tako iz meritev s kolorimetrom kakor tudi iz meritev z optičnim čitalnikom (seriji K1-K5 in S1-S5). V drugi skupini so premazi 6, 8 in 9, katerih barva se je zaradi izpostavitve vremenu v primerjavi z barvo vzorcev 1-5 pomembno spremenila, znotraj te skupine premazov pa medsebojnih razlik pri vplivu vremena na barvo spet nismo mogli potrditi. V tretjo skupino glede barvnih razlik zaradi vremenskih vplivov pa bi lahko uvrstili premaz 7. Premazi 6-9 so transparentni premazi in pri interpretaciji ugotovljenih barvnih razlik zaradi izpostavitve vremenskim vplivom se moramo zavedati, da so UV žarki verjetno prodrli skozi plast premaza in povzročili barvne spremembe tako premaza samega kakor tudi lesa pod njim. Izmerili pa smo seveda »skupno vrednost« obeh barvnih sprememb. Pri prekrivnih premazih pa smo v nasprotju s tem določali le barvno spremembo premazov.

Analiza vrednosti ΔE^* , izmerjenih po izpostavitvi, z optičnim čitalnikom (S1-S9) in s kolorimetrom (K1-K9), z Duncanovim testom je prikazana v preglednici 14, kjer se nahaja prikaz homogenosti grup. V kolikor se oznaka x nahaja v istem stolpcu, to pomeni, da med vzorcema ni statistično značilne razlike ugotovljene pri 95 % stopnji zaupanja.

Preglednica 14: Statistična analiza vrednosti ΔE^* , izmerjenih po izpostavitvi z optičnim čitalcem (S1-S9) in kolorimetrom (K1-K9) (Duncan-ov poskus mnogoterih primerjav pri 95 % stopnji zaupanja).

Oznaka	ΔE^*	Homogenost grup							
S1	1,9	x							
K1	3,1	x	x						
S2	3,5	x	x						
K2	2,3	x							
S3	6,9			x					
K3	6,1		x	x					
S4	3,9	x	x	x					
K4	0,5	x							
S5	6,3		x	x					
K5	1,1	x							
S6	17,7							x	
K6	14,2					x	x		
S7	11,6				x	x			
K7	10,0				x				
S8	24,2								x
K8	15,9						x	x	
S9	15,9						x	x	
K9	12,1				x	x			

Iz preglednice 14 lahko razberemo, da je v nekaterih primerih po 209 dnevih izpostavitve prišlo do statističnih razlik med vrednostmi ΔE^* , izmerjenih na dva različna načina. Statistične razlike so se pojavile pri transparentnih premazih 6, 8 in 9 ter pri belem prekrivnem premazu 5 (rdeča barva v preglednici 14). Prav tako kot pri merjenju med izpostavitvijo, pa je tudi po koncu izpostavitve iz preglednice 14 jasno razviden različen barvni odziv različnih premazov na izpostavitve vremenu. Spet izstopajo transparentni premazi, pri katerih smo pričakovano v primerjavi s poltransparentnimi in prekrivnimi premazi zabeležili največje spremembe barve, vrednosti ΔE^* .

Morda je do razlik med izmerjenimi vrednostmi ΔE^* glede na način merjenja prišlo zaradi različno velikih površin, ki smo jih zajeli za merjenje s kolorimetrom in z optičnim čitalnikom. Kot smo že omenili, UV svetloba prodre skozi transparenten premaz in povzroča barvne spremembe podlage – lesa. Zaradi velike heterogenosti lesa pa verjetno barvne spremembe niso enake na vseh delih vzorcev.

Dimenzije naših vzorcev so bile $375 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$, skenirali pa smo površino velikosti $300 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$, torej je bila celotna skenirana površina velika 30000 mm^2 oziroma 300 cm^2 . Pri merjenju z optičnim čitalnikom, celotni vzorec položimo na skenirno ploščo in ga poskeniramo in tako zajamemo skoraj celotno površino vzorca (razen dveh trakov ob robovih, kjer so bili med izpostavitvijo vzorci vpeti v stojalo. Po drugi strani pa pri merjenju s kolorimetrom na vzorec položimo šablono, ki določa mesta za izvajanje meritev (po 6 meritev na vzorec).

Premjer odprtine na šabloni za merjenje pri kolorimetru je 20mm. Ploščina zajete površine torej znaša 314 mm^2 . Ker smo meritve opravljali na 6 mestih in iz njih računali povprečne vrednosti, lahko za velikost površine zajema vzamemo 6 kratno vrednost ploščine ene odprtine na šabloni, to je 1884 mm^2 . To pa je le 6,3 % od ploščine, ki smo jo skenirali z optičnim čitalcem. Optični čitalnik je torej zaznal vse barvne spremembe na izpostavljenih vzorcih (razen ožjih pasov ob robovih), kolorimeter pa le spremembe na zelo majhni površini v primerjavi s površino celotnega vzorca. Pri primerjavi razlik pa je potrebno upoštevati tudi dejstvo, da je kolorimeter posebej zgrajen prav za merjenje barve, optični čitalnik pa je originalno namenjen drugačni uporabi in njegove tehnične lastnosti niso prilagojene natančnemu merjenju barve. Če se zaradi tega odločimo za uporabo kolorimetra, bi morali površino za merjenje barve zajeti na čim več mestih vzorca. V tem primeru bi dobili vrednosti, ki so bližje povprečnim vrednostnim barvnih sprememb celotnega vzorca. Zanimivo bi bilo videti, kaj bi v tem primeru pokazala analiza razlik vrednosti ΔE^* kar bi bil lahko tudi predmet nadaljnjih raziskav na področju, ki ga je obravnavala ta diplomska naloga.

5.2 SKLEPI

5.2.1 Primerjava vrednosti L^* , a^* , b^* , izmerjenih s kolorimetrom ali z optičnim čitalnikom

Pri določanju vrednosti L^* nismo ugotovili pomembnih razlik med merjenjem z optičnim čitalnikom in s kolorimetrom. Po drugi strani pa smo pri izmerjenih barvnih vrednostih a^* in b^* glede na način merjenja zaznali občutne razlike.

5.2.2 Primerjava vrednosti ΔL^* , Δa^* , Δb^* , izmerjenih po obeh postopkih

Vrednosti ΔL^* se glede na način merjenja med seboj bistveno ne razlikujejo. Drugače je pri vrednostih Δa^* , kjer smo pri transparentnih premazih opazili zelo velike razlike med vrednostmi, dobljenimi z enim in drugim načinom merjenja. Enako velja tudi za vrednosti Δb^* .

5.2.3 Primerjava in statistična analiza vrednosti ΔE^*

Po krajšem času izpostavitve, torej pri merjenju na sredini izvajanja poskusa, pri istih premazih ni bilo statistično signifikantnih razlik med vrednostmi ΔE^* , dobljenimi po enem ali po drugem postopku. Seveda pa so se pokazali različni vplivi vremena na različne tipe premazov: staranje transparentnih premazov je povzročilo bistveno večje barvne spremembe od staranja pokrivnih, pigmentiranih premazov.

Drugačna slika se je pokazala pri vrednotenju rezultatov po končanem poskusu. V primeru transparentnih premazov 6, 8 in 9 ter belega pigmentiranega premaza 5, sta merjenje s kolorimetrom in optičnim čitalnikom izkazala razlike v vrednostih barvnih sprememb zaradi staranja, to je vrednostih ΔE^* . Predvidevamo, da so se razlike pojavile zaradi različnega tipa žarnic pri uporabljenih instrumentih, predvsem pa zaradi različno velikih površin, s katerih smo zajeli podatke za ugotavljanje barvnih sprememb. Pri kolorimetru je delež analizirane površine od celotne površine vzorca relativno majhen. To pa pomeni, da so pri dobljenih vrednostih prišle do izraza razlike v stopnji poškodb (barvnih sprememb) na različnih delih vzorcev, pri transparentnih premazih pa tudi naravna heterogenost lesnih vzorcev.

Za zaključek pa lahko povemo, da ni prihajalo do razlik pri načinu merjenja barve med izpostavitvijo. Po končanem merjenju pa lahko ugotovimo, da ne bi prihajalo do razlik v načinih merjenja med kolorimetrom in optičnim čitalcem če bi izločili premaze 5, 6, 7, 8 in 9. Ravno pri teh premazi se pojavijo razlike pri postopku merjenja.

6 VIRI IN LITERATURA

1. Adamič Š. 1989. Temelji biostatistike. 2. izdaja. Ljubljana, Medicinska fakulteta Univerze v Ljubljani: 188 str.
2. ARSO 2005. Klimatski podatki – Ljubljana.
http://www.arso.gov.si/podrocja/vreme_in_podnebje/napovedi_in_podatki/ljubljana.html
3. ASTM D 2244-93 Standard Test Method for Calculation of Color Differences From Instrumentally Measured Color Coordinates. 1993: 4 str.
4. Chang S. T., Hon D. N. S., Feist W. C. 1982. Photodegradation and photoprotection of wood surfaces. Wood and Fiber, 14, 2: 104-117
5. DIN 5033. Colorimetry, Standard colorimetric systems. 1992
6. Feist W. C. 1978. Protecting wooden structures. Chemtech, 8, 3: 160-162
7. Golob V., Golob D. 2001. Teorija barvne metrike. V: Interdisciplinarnost barve. Del 1. V znanosti. Maribor, Društvo koloristov Slovenije: 201-229
8. Hon D. N. S., Feist W. C. 1992. Hydroperoxidation in photoirradiated woodsurfaces. Wood and Fiber Science, 24, 4: 448-455
9. Pajor G. 2003. Kako delujeta laserski tiskalnik in optični čitalnik.
<http://optlab.ijs.si/idrevenuek/semlt1.pdf>
10. Klajnšek Gunde M. 1999. Svetloba in barve. V: Numerično vrednotenje barve. Strokovni seminar. Maribor, Društvo koloristov Slovenije: 1-10
11. Lange B. 2001. Color diference measuring instrument.
12. Legat D. 1991. Barvna metrika. V: Zbrano gradivo. Referati in članki: Maribor, Založniška dejavnost TF, oddelek za strojništvo: 137 str.
13. Ljuljka B. 1990. Površinska obrada drva. Zagreb, Šumarski fakultet: 45-63
14. Matevžič E. 1999. Izdelava taninskih lužil na osnovi bakrovih kompleksnih spojin. Visokošolska (uni.) dipl. nal. Ljubljana, BF, Oddelek za lesarstvo: 1-21
15. Schmid S., Webster R.D., Evans P.D. 2000. The Use of ESR Spectroscopy to Assess the photostabilising effects of wood preservatives. The International Research Group on Wood Preservation, Document No: IRG/WP 00-20186: 9 str.

16. SIST EN 927-3. Paints and varnishes – Coating materials and coating systems for exterior wood – Part 3: Natural weathering test. 2001: 21 str.
17. Statgraphics Plus, version 4, 1998.
18. Urbas M. 1989. Kemična sestava kostanja *Castanea sativa* Mill. Diplomaska naloga. Ljubljana, BF, Oddelek za lesarstvo: 98 str.

7 ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, izr.prof.dr. Marku Petriču, mlademu raziskovalcu univ.dipl.inž. les. Miru Tomažiču, asistentu univ.dipl.inž.les. Matjažu Pavliču ter tehničnemu sodelavcu Borutu Kričju za nasvete ter za pomoč pri izdelavi diplomske naloge. Zahvaljujem se recenzentki prof. dr. Lidiji Zadnik Stirn za pomoč pri delu ter za pregled diplomske naloge. Zahvalo izražam tudi mami ki mi je omogočila študij, gospe mag. Rini Klinar ter svojemu dekletu Poloni Smolej.

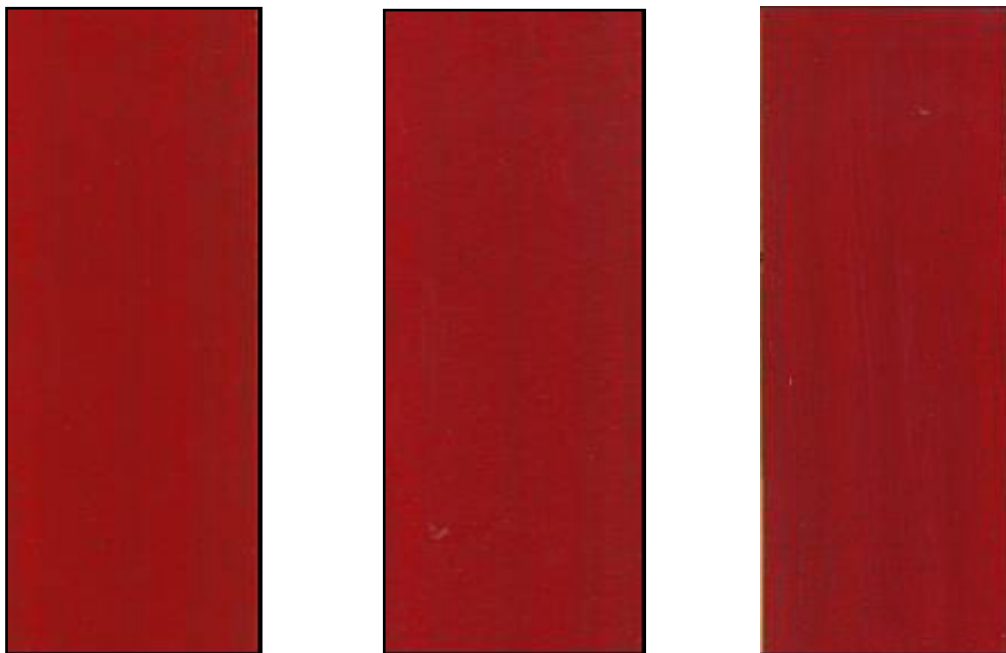
8 PRILOGE

Priloga 1: Prikaz vpliva vremena po 209 dneh

Kontrola

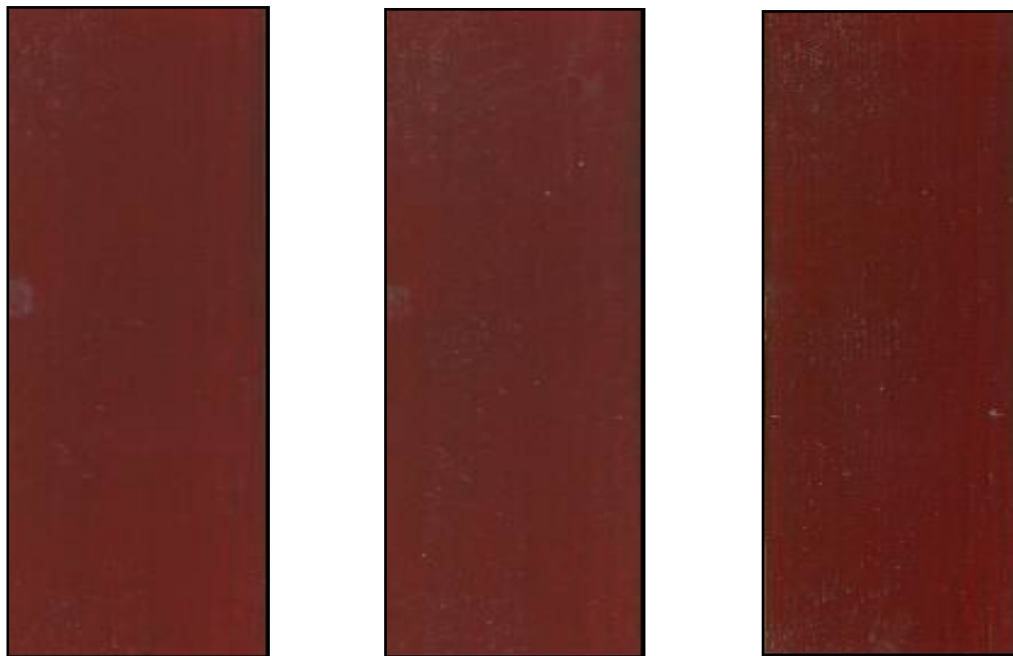


Premaz 1



Priloga 1: nadaljevanje s prejšnje strani

Premaz 2

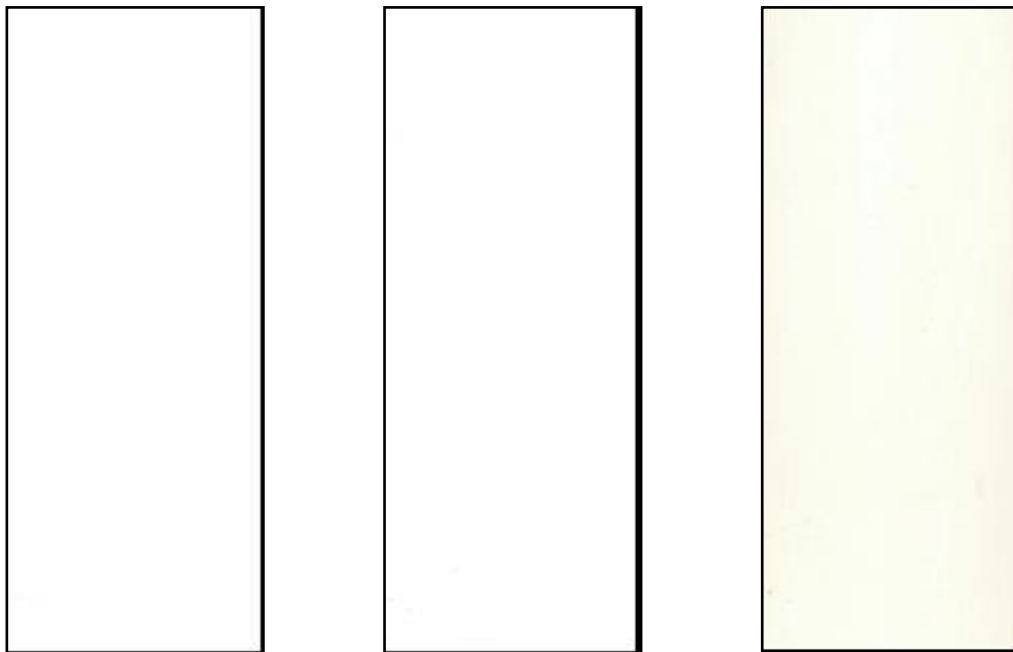


Premaz 3



Priloga 1: nadaljevanje s prejšnje strani

Premaz 4



Premaz 5



Priloga 1: nadaljevanje s prejšnje strani

Premaz 6



Premaz 7



Priloga 1: nadaljevanje s prejšnje strani

Premaz 8



Premaz 9

