

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Boris DEMŠAR

**PRIMERJAVA VREDNOTENJA BARVNIH RAZLIK
LESNIH PREMAZOV S KOLORIMETROM IN Z
VIZUALNIM ZAZNAVANJEM**

DIPLOMSKI PROJEKT

Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2015

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Boris DEMŠAR

**PRIMERJAVA VREDNOTENJA BARVNIH RAZLIK LESNIH
PREMAZOV S KOLORIMETROM IN Z VIZUALNIM
ZAZNAVANJEM**

DIPLOMSKI PROJEKT
Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

**COMPARISON OF EVALUATION COLOR DIFFERENCES OF
WOOD COATINGS WITH COLORIMETER AND VISUAL
PERCEPTION**

B. SC. THESIS
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2015

Diplomski projekt je zaključek Visokošolskega strokovnega študija Tehnologije lesa in vlaknatih kompozitov – 1. stopnja. Delo je bilo izvedeno na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval prof. dr. Marka Petriča, za somentorja asist. dr. Matjaža Pavliča in za recenzentko doc. dr. Manjo Kitek Kuzman.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora: 23.10.2015

Podpisan izjavljam, da je naloga rezultat lasnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Boris Demšar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dv1
DK	UDK 674.07
KG	lesni premazi/UV obsevanje/barvna razlika/vizualno zaznavanje/numerično vrednotenje
AV	DEMŠAR, Boris
SA	PETRIČ, Marko (mentor)/PAVLIČ, Matjaž (somentor)/KITEK KUZMAN, Manja (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2015
IN	PRIMERJAVA VREDNOTENJA BARVNIH RAZLIK LESNIH PREMAZOV S KOLORIMETROM IN Z VIZUALNIM ZAZNAVANJEM
TD	Diplomski projekt (Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja)
OP	VIII, 39 str., 15 pregl., 19 sl., 15 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Ugotavljali smo razlike med občutljivostjo vizualnega zaznavanja barvnih razlik in numeričnega vrednotenja, na barvno različnih vzorcih. Pripravili smo 12 različnih parov površinskih sistemov- en vzorec od vsakega para smo shranili, drugega pa obsevali z UV svetlobo, da bi povečali razliko med barvama obeh vzorcev v paru. Vzorci so se med seboj razlikovali po vrsti in namembnosti podlage, premaznem sistemu, teksturi podlage ter dimenziji. Po vsakem obsevanju z UV svetlobo smo med seboj primerjali barvi vzorcev posameznega para. Anketirali smo vedno isti letnik študentov- ti so na anketnih lističih označili, kolikšna je barvna razlika, če je le-ta opazna. Po vsakem obsevanju pa smo barvo izmerili tudi s kolorimetrom, ter nato izračunali barvne razlike. Večinoma so anketiranci zaznali razliko barve le v primerih, ko je numerično vrednotena razlika barve ΔE^* imela vrednosti v območju med 0,5 in 1,0. V nekaterih primerih so anketiranci spremembo barve komaj zaznali šele pri vrednostih ΔE^* nad 3,0. To kaže, da sta zmožnost čutnega zaznavanja barvnih razlik in s kolorimetrom izmerjenih vrednosti ΔE^* med seboj le šibko povezani, saj na čutno zaznavo barvne razlike vplivajo različne lastnosti površine, kot sta npr. sijaj in tekstura.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dv1

DC UDC 674.07

CX wood coatings/UV light/colour difference/visual perception/numerical determination

AU DEMŠAR, Boris

AA PETRIČ, Marko (supervisor)/PAVLIČ, Matjaž (co-advisor)/KITEK KUZMAN, Manja (reviewer)

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

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

PY 2015

TY COMPARISON OF COLOUR DIFFERENCES EVALUATION OF WOOD COATINGS DONE WITH COLORIMETER AND BY VISUAL PERCEPTION

DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)

NO VIII, 39 p., 15 tab., 19 fig., 14 ref.

LA sl

Al sl/en

AB We evaluated distinctions between visual perception of colour differences and numerically determined colour differences in terms of the CIELAB ΔE^* values. 12 pairs of different surface system samples were prepared; a sample of each pair was kept in a dark, dry place and the other one exposed to UV light to increase the difference between colours of both samples in a pair. The samples varied in texture, dimensions, coating, substrate type and application purpose. A class of students evaluated colour differences after every exposure to UV light. The colours of all the samples were measured also with a colorimeter. In general, the respondents noticed the colour difference at the values of ΔE^* between 0.5 and 1.0. However, in some cases, the respondents only hardly noticed the colour difference at the ΔE^* values even above 3.0. This indicates that the ability of visual perception of a colour difference and the ΔE^* value determined with a colorimeter, are only weakly related. This is probably because the visual perception of difference between colours is influenced by various surface properties like ,for instance, gloss and texture.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	2
1.2 CILJI NALOGE	2
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 SPLOŠNI DEL	3
2.1 SVETLOBA IN ZAZNAVANJE SVETLOBE	3
2.2 ZVEZA MED ČUTNIM ZAZNAVANJEM IN VREDNOSTJO ΔE^*	4
2.3 BARVNE RAZLIKE PO FORMULI CIELAB	5
2.4 PREGLED OBJAV	6
3 MATERIAL IN METODE	7
3.1 MATERIALI	7
3.2 METODE DELA	9
3.2.1 Merjenje barve	9
3.2.2 CIELAB sistem	10
3.2.3 Merilec sijaja	11
3.2.4 Anketni listi	12
3.2.5 Priprava in testiranje vzorcev	13
4 REZULTATI IN RAZPRAVA	14
4.1 REZULTATI BARVNIH RAZLIK IN ANKET	15
4.1.1 Par 1-2	15
4.1.2 Par 3-4	17
4.1.3 Par 5-6	18
4.1.4 Par 7-8	19
4.1.5 Par 9-10	20
4.1.6 Par 11-12	22
4.1.7 Par 13-14	24
4.1.8 Par 15-16	25

4.1.9	Par 17-18	26
4.1.10	Par 19-20	28
4.1.11	Par 21-22	30
4.1.12	Par 23-24	32
4.2	REZULTATI MERJENJA SIJAJA POVRŠINE	34
4.3	ANALIZA VPLIVA LASTNOSTI OBDELANIH POVRŠIN NA ZAZNAVO BARVE	35
5	SKLEPI	37
6	VIRI	38
ZAHVALA		

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Opis vzorcev: podlaga, premazni sistem, namembnost površine	8
Preglednica 2: Tabela za odčitanje lastnosti površine premaza	11
Preglednica 3: Par 1-2 - rezultati barvnih razlik in anket	16
Preglednica 4: Par 3-4 - rezultati barvnih razlik in anket	17
Preglednica 5: Par 5-6 - rezultati barvnih razlik in anket	18
Preglednica 6: Par 7-8 - rezultati barvnih razlik in anket	19
Preglednica 7: Par 9-10 - rezultati barvnih razlik in anket	21
Preglednica 8: Par 11-12 - rezultati barvnih razlik in anket	23
Preglednica 9: Par 13-14 - rezultati barvnih razlik in anket	24
Preglednica 10: Par 15-16 - rezultati barvnih razlik in anket	25
Preglednica 11: Par 17-18 - rezultati barvnih razlik in anket	27
Preglednica 12: Par 19-20 - rezultati barvnih razlik in anket	29
Preglednica 13: Par 21-22 - rezultati barvnih razlik in anket	31
Preglednica 14: Par 23-24 - rezultati barvnih razlik in anket	33
Preglednica 15: Vrednosti sijaja površine	34

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Vidni del elektromagnetnega spektra	3
Slika 2: Barvna razlika v CIELAB sistemu	5
Slika 3: Kolorimeter X-Rite SP 62	9
Slika 4: CIELAB sistem	10
Slika 5: Merilec sijaja X-Rite AcuGloss TRI	11
Slika 6: Anketni list	12
Slika 7: Par 1-2 – primerjava shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca	15
Slika 8: Par 3-4 – primerjava shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca	17
Slika 9: Par 5-6 – primerjava shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca	18
Slika 10: Par 7-8 – primerjava shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca	19
Slika 11: Par 9-10 – primerjava shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca	20
Slika 12: Par 11-12 – primerjava shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca	22
Slika 13: Par 13-14 – primerjava shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca	24
Slika 14: Par 15-16 – primerjava shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca	25
Slika 15: Par 17-18 – primerjava shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca	26
Slika 16: Par 19-20 – primerjava shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca	28
Slika 17: Par 21-22 – primerjava shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca	30
Slika 18: Par 23-24 – primerjava shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca	32
Slika 19: Primerjava med paroma 5-6 (zgoraj) in 13-14 (spodaj)	36

1 UVOD

Les nas spremlja na vsakem koraku v življenju. Iz lesa je stol, na katerem sedim, ko pišem diplomsko nalogo, iz lesa je miza, na kateri pišem diplomsko nalogo, iz lesa je omara, v kateri imam zložene svoje obleke, iz lesa je postelja, v kateri spim in še bi lahko našteval. Z ozirom na ta dejstva lahko rečemo, da leseni izdelki v našem življenju igrajo veliko vlogo.

Zato moramo biti pri nakupu lesenih izdelkov poleg barve, oblike, uporabnosti, kvalitete ter materiala pozorni tudi na površinski sistem oz. na to, kolikšna bo njegova barvna obstojnost. Namreč, les kot naraven material, je med svojo uporabo podvržen številnim vplivom in eden izmed teh vplivov je tudi UV svetloba, ki negativno vpliva na les. UV svetloba prodre v les in ga kemično in fizikalno fotodegradira oz. povzroči tudi spremembo barve. Obstojnost barve pa ima v pohištveni industriji zelo velik pomen.

Les je naravni polimerni kompozitni material, pri katerem se s staranjem spreminjajo lastnosti podlage in površinskega sistema. Posledica teh sprememb je tudi spreminjanje barve. Barva s časom potemni, posvetli, posivi, teh sprememb pa si ljudje ne želimo in na nas delujejo negativno. Barvna obstojnost poleg barve, oblike, uporabnosti, kvalitete in materiala določa ceno pohištva.

Barvna obstojnost je odvisna od podlage, premaznega sistema ter v veliki meri od vplivov, ki delujejo nanj. Zato morajo proizvajalci lesenih pohištvenih izdelkov nameniti veliko pozornosti izbiri pravih oz. kvalitetnih premaznih sistemov ter pravilni izbiri oz. pripravi podlage.

Pri svoji diplomski nalogi sem proučeval, pri kakšnih vrednostih izmerjene in izračunane barvne razlike naše oko še zazna barvno spremembo. Raziskava je potekala na dvanajstih parih vzorcev, ki so se razlikovali po podlagi, premaznemu sistemu, namembnosti in sijaju površine. Pri vizualnem ocenjevanju vzorcev je sodelovala skupina triindvajsetih študentov, ki je dobila anketne liste in nato za vsak primerjalni par napisala, če opazi barvno razliko.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Vizualno zaznavanje barvnih sprememb je omejeno s čutnim dožemanjem človeka in je odvisno od barvne pestrosti in barvne raznolikosti teksture podlage.

Primerjava z izmerjenimi in izračunanimi vrednostmi barvnih razlik ΔE^* bi bila temelj za bodoče raziskave obstojnosti barvnega tona površinskih sistemov.

1.2 CILJI NALOGE

Pripravili smo več površinskih sistemov. Pri tem smo polovico površinskih sistemov shranili, pol površinskih sistemov pa smo izpostavili UV svetlobi. Po izpostavitvi smo med seboj primerjali shranjene in izpostavljene površinske sisteme. Barvo površinskih sistemov smo numerično izmerili s kolorimetrom, dali pa smo jih tudi v vpogled anketirancem, ki so vizualno ocenili barvne razlike, s ciljem primerjave izmerjenih vrednosti in čutnega zaznavanja. Dodatno smo z merilcem sijaja izmerili še sijaj površine teh površinskih sistemov.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

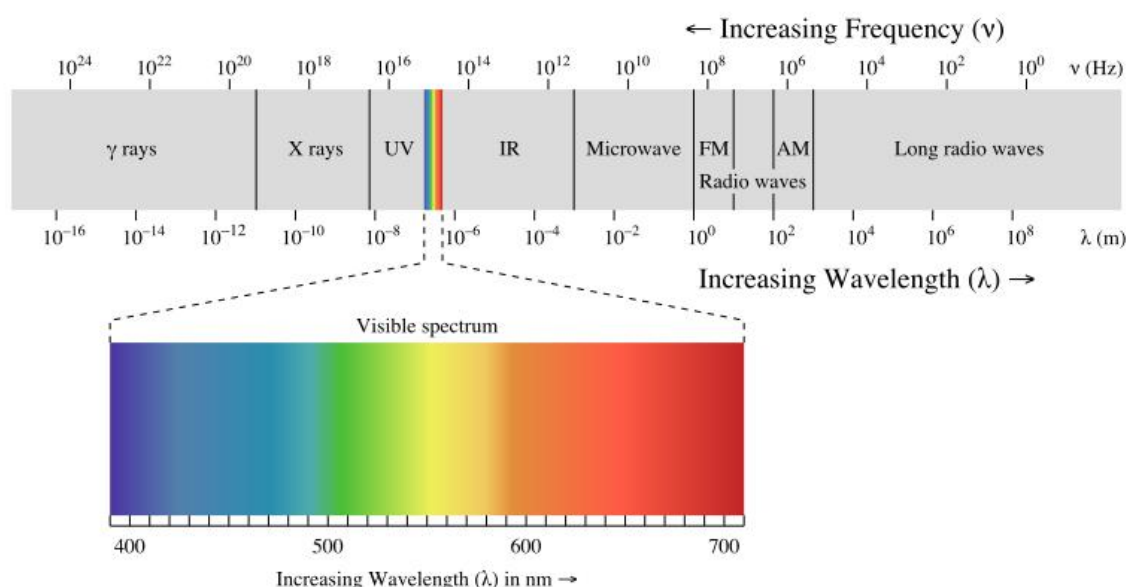
Pri homogenih materialih po standardu BS EN 15187:2006 ne sme biti več kot $\Delta E^* = 0,5$ odstopanja, kajti vrednosti ΔE^* , ki so višje od 0,5, človeško oko že zazna.

2 SPLOŠNI DEL

2.1 SVETLOBA IN ZAZNAVANJE SVETLOBE

Svetloba je elektromagnetno sevanje z valovnimi dolžinami od približno 380 nm - 400 nm do približno 780 nm - 760 nm, ki so vidne za človeško oko. V očesu imamo fotoreceptorje, ki zaznavajo svetlobo in električni dražljaji se prek očesnega živca prenesejo v možgane. Možgani te dražljaje prepoznajo kot sliko. Vidni spekter elektromagnetnega valovanja (Slika 1) prikazuje, da krajše svetlobne valove zaznamo kot vijolično in modro barvo, srednje dolge svetlobne valove zaznamo kot zeleno in rumeno barvo, dolge svetlobne valove pa zaznamo kot rdečo barvo. Vidni spekter človeškega očesa se nahaja med ultravijolično svetlobo, ki ima krajšo valovno dolžino in med infrardečo svetlobo, ki ima daljšo valovno dolžino.

Območje vijolične barve je od 380 nm do 450 nm, modre barve od 450 nm do 495 nm, zelene barve od 495 nm do 570 nm, rumene barve od 570 nm do 590 nm, oranžne barve od 590 do 620 nm in rdeče barve od 620 do 780 nm valovne dolžine.



Slika 1: Vidni del elektromagnetnega spektra (Light, Wikipedia, 2015)

Človeško oko zazna svetlobo s fotoreceptorji. Teh ima 125 milijonov, ločijo pa se na paličnice, ki jih je 120 milijonov in na čepnice, ki jih je 5 milijonov. Paličnice so zelo občutljive na svetlobo in delujejo, kadar je osvetljenost slaba, čepnice pa so manj občutljive na svetlobo in so odgovorne za zaznavanje barve (Križančič Bombek, 2013).

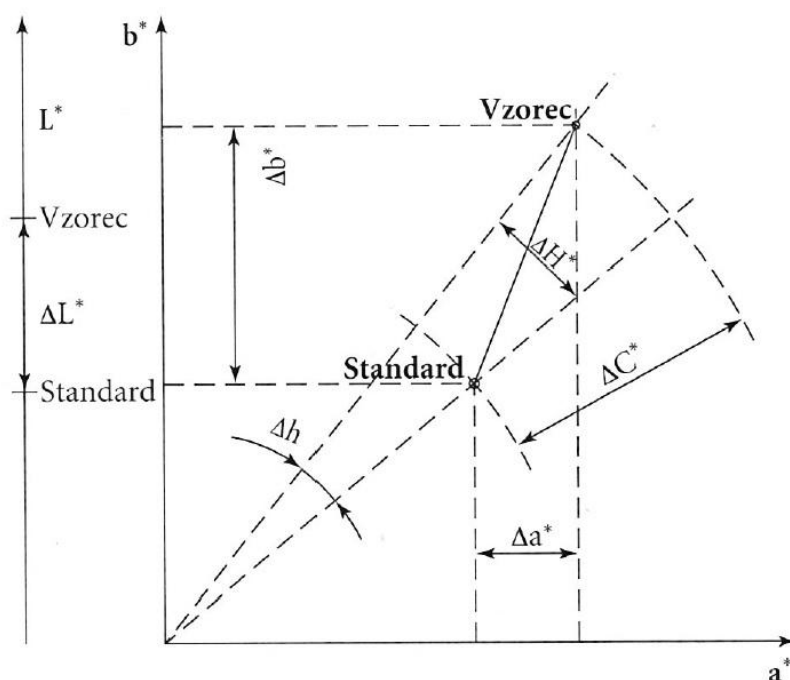
Svetloba prek različnih valovnih dolžin vzbuja različne fotoreceptorje v človeškem očesu. Človeško oko ima fotoreceptorje za tri osnovne barve aditivnega sestavljanja barv: rdečo, zeleno in modro barvo. Od tod izhaja barvni model RGB. Kratica RGB je sestavljena iz začetnic imen osnovnih barv. Z mešanjem rdeče, zelene in modre barve možgani registrirajo določeno barvo (Guid, 2011).

2.2 ZVEZA MED ČUTNIM ZAZNAVANJEM IN VREDNOSTJO ΔE^*

Vsako človeško oko zazna barvo drugače, zaradi fiziološkega stanja očesa in psihološkega stanja človeka. Ocenjevanje barvnih razlik s človeškim očesom je zaradi teh dveh dejavnikov subjektivno, zato se za določanje barvnih razlik poslužujemo bolj tehničnih metod. Ena teh metod je merjenje barvnih razlik s kolorimetrom. Z njim je ocenjevanje barvnih razlik veliko bolj natančno in seveda objektivno. V kombinaciji s čutnim zaznavanjem in z merjenjem barvnih razlik s kolorimetrom se posledično določa, kakšne barvne razlike ΔE^* so še dovoljene. Upoštevati pa moramo, da dopustna vrednost barvne razlike ΔE^* ni pri vseh vzorcih enaka, saj je le-ta odvisna od podlage oz. premaznega sistema.

2.3 BARVNE RAZLIKE PO FORMULI CIELAB

CIE (*International Commission on Illumination* (ang.) oz. *Commission Internationale de l'Eclairage* (fr.)) je leta 1976 predlagala v splošno uporabo v svetovnem merilu sistem CIELAB in s tem želela poenotiti vrednotenje barvnih razlik. Na sliki 2 je prikazan koordinatni sistem in povezave med barvnimi vrednostmi primerjalnih vzorcev. Barvne razlike med dvema vzorcema v sistemu CIELAB lahko izračunamo iz razlik koordinat v vseh treh smereh barvnega prostora (Golob in sod., 2001)



Slika 2: Barvna razlika v CIELAB sistemu (Golob in sod., 2001)

Enačba za izračun barvne razlike ΔE^* (Pavlič in sod., 2008)

$$\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{0,5}$$

L^* - določa svetlost barve in zavzema vrednost od 0 (absolutno črno) do 100 (absolutno belo),

a^* - določa lego barve na rdeče(+)-zeleni(-) osi,

b^* - določa lego barve na rumeno(+)-modri(-) osi

Pomanjkljivost CIELAB sistema je v tem, da se izračunane barvne razlike ne ujemajo popolnoma z vidno zaznavo. Velikostni red odstopanja vizualne ocene od izračunane barvne razlike je odvisen od barve vzorcev, npr. razliko dveh močno rumenih vzorcev z $\Delta E^* = 5$ zaznamo enako kot razliko dveh sivih vzorcev z $\Delta E^* = 2$. Odstopanja so izrazita v področju temnih barv (Božič in sod., 2001).

2.4 PREGLED OBJAV

Problemi, ki se pojavljajo pri merjenju barve lesa ali transparentno površinsko obdelanega lesa, izhajajo iz velike barvne nehomogenosti podlage. Pomislimo samo na razlike med barvo ranega in kasnega lesa! Da bi bilo numerično vrednotenje barve nehomogenih površin čim bolj objektivno, moramo izvesti čim več meritev, se pri tem izogibati nereprezentativnim predelom in seveda uporabiti instrument s čim večjo merilno odprtino (Pavlič in sod. 2008).

Podjetje IKEA od svojih proizvajalcev zahteva, da barvna razlika med izdelki in barvnimi vzorci ni večja od 0,5. IKEA da svojim proizvajalcem barvne vzorce, s katerimi proizvajalci lahko tekom proizvodnje preverjajo, če je barvna razlika izdelkov še dopustna. Barvni vzorci morajo biti shranjeni v temnem prostoru s sobno temperaturo, zaščiteni pred prahom, umazanijo in tekočinami. Če se poškodujejo jih je treba zamenjati.

Vizualno primerjanje dveh vzorcev mora potekati v senci pri dnevni svetlobi ali v opazovalni sobi pri svetlobi D65 z barvno temperaturo 6500K in barvnim indeksom $RA > 92$. Opazovana vzorca se opazujeta maksimalno 30 sekund, na razdalji 50 cm, pod kotom 45° , potek vlaken morata imeti v isti smeri, med seboj pa morata biti oddaljena od 2 do 3 centimetre (Tokarski in sod., 2014).

Johnson in Fairchild (2003) trdita, da do sedaj še ni enačbe, po kateri bi se natančno ocenila percepcija barvne razlike. V ta namen so vpeljali enačbo CIEDE2000, ki izvira iz številnih zbirk podatkov. Dokazano je bilo, da so bili rezultati, ki so bili izračunani z enačbo CIEDE pri preprostih vzorcih dokaj natančni oz. bolj natančni kot po drugih metodah.

Hauptmann in sod. (2011) so v raziskavi primerjali dve različni metodi za merjenje barvnih razlik. Med seboj so primerjali enačbi za izračun barvnih razlik CIELAB in CIEDE2000. Enačba CIELAB (ISO 11664-4) izhaja iz leta 1979 in je pogosta metoda za merjenje barve, enačba CIEDE2000 (ISO/CIE 11664-6) pa iz leta 2001.

Strokovnjaki so raziskave opravili na nehomogenih hrastovih vzorcih, ki so jih površinsko obdelali z lužilom in izpostavili UV svetlobi. Raziskava je pokazala, da po enačbi CIEDE2000 dobimo realnejše rezultate kot po enačbi CIELAB.

Umetno pospešeno staranje je proces, s katerim pospešimo predvsem delovanje abiotičnih dejavnikov in z njim v nekaj dneh dobimo take rezultate kot jih bi sicer v večletni izpostavitvi v naravi. Z umetnim pospešenim staranjem torej lahko na hitrejši način ugotovimo, kako se bodo nekatere lastnosti lesa spremenile v nekaj letih. Mihevc (1987) trdi, da principi metod umetnega pospešenega staranja temeljijo na kratkotrajnih izpostavitvah, pri katerih pride do velikih razlik v vlažnosti, temperaturi in sevanju. To privede do sprememb lastnosti premaza in zaščitenega lesa.

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIALI

Za vzorce smo uporabili 12 parov različnih površinskih sistemov. Med seboj so se pari vzorcev razlikovali po vrsti podlage (vrsti lesa oz. kompozita), namembnosti podlage (interier/eksterier), premaznem sistemu, teksturi podlage in dimenziji. Pari vzorcev, ki so bili namenjeni za uporabo v interieru, so bili pripravljeni tako, da smo en vzorec prežagali na dva manjša, enako velika preskušanca. Pare vzorcev za eksterier pa smo sestavili tako, da sta bila v posameznem paru preskušanca, ki sta bila zelo podobnega izgleda, a izdelana od dveh različnih proizvajalcev. Natančnejši opis vzorcev je podan v preglednici 1, kjer so navedeni vrsta podlage, premazni sistem ter namembnosti površine. Pari so v nadaljevanju predstavljeni z oznakami 1-2, 3-4, 5-6, itd.

Preglednica 1: Opis vzorcev: podlaga, premazni sistem, namembnost površine

Številka para	Opis površinskega sistema		Namembnost površine
	Podlaga	Premazni sistem	
1-2	Mahagonij – masivni les	Polmat poltransparentni rjavo pigmentirani lazurni premazni sistem	Eksterier
3-4	Vlaknena plošča	Visokosijajni prekrivni belo pigmentirani premazni sistem	Interier
5-6	Vlaknena plošča, eksota – furnir	Rjavo sivo luženje, polmat transparentni nepigmentirani premazni sistem	Interier
7-8	Iverna plošča, bukev – polmat dekorativna folija	-	Interier
9-10	Smreka – masivni les	Polmat poltransparentni rjavo pigmentirani lazurni premazni sistem	Interier
11-12	Vlaknena plošča, eksota – fineline furnir	Sivo luženje, polmat transparentni nepigmentirani premazni sistem	Interier
13-14	Vlaknena plošča, eksota – furnir	Temno rjavo luženje, polmat transparentni nepigmentirani premazni sistem	Interier
15-16	Vlaknena plošča, eksota – fineline furnir	Polmat transparentni nepigmentirani premazni sistem	Interier
17-18	Smreka – masivni les	Polmat prekrivni temno zeleno pigmentirani lazurni premazni sistem	Eksterier
19-20	Mahagonij – masivni les	Polmat prekrivni temno zeleno pigmentirani lazurni premazni sistem	Eksterier
21-22	Smreka – masivni les (mat)	-	-
23-24	Oreh – masivni les	Oljena površina (mat)	Interier

3.2 METODE DELA

3.2.1 Merjenje barve

Za numerično vrednotenje barv in barvnih razlik se uporablja kolorimeter oz. spektrofotometer. Uporablja se za merjenje barve na kakršnikoli ravni površini.

Na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin na Biotehniški fakulteti v Ljubljani smo uporabljali kolorimeter X-Rite SP 62. Kolorimeter je prikazan na sliki 3. Z njim smo z vzorcev odčitavali vrednosti L^* , a^* in b^* , nato pa po enačbi izračunali barvno razliko.



Slika 3: Kolorimeter X-Rite SP 62 (foto: Matjaž Pavlič)

Tehnične lastnosti X-Rite SP 62:

- geometrija merjenja: $d/8^\circ$
- velikost merilne odprtine: $D=20\text{ mm}$
- svetilo: plinsko polnjena volframova žarnica
- možnost uporabe različnih standardiziranih svetlob: C, D50, D65, D75, A, F2, F7, F11 in F12

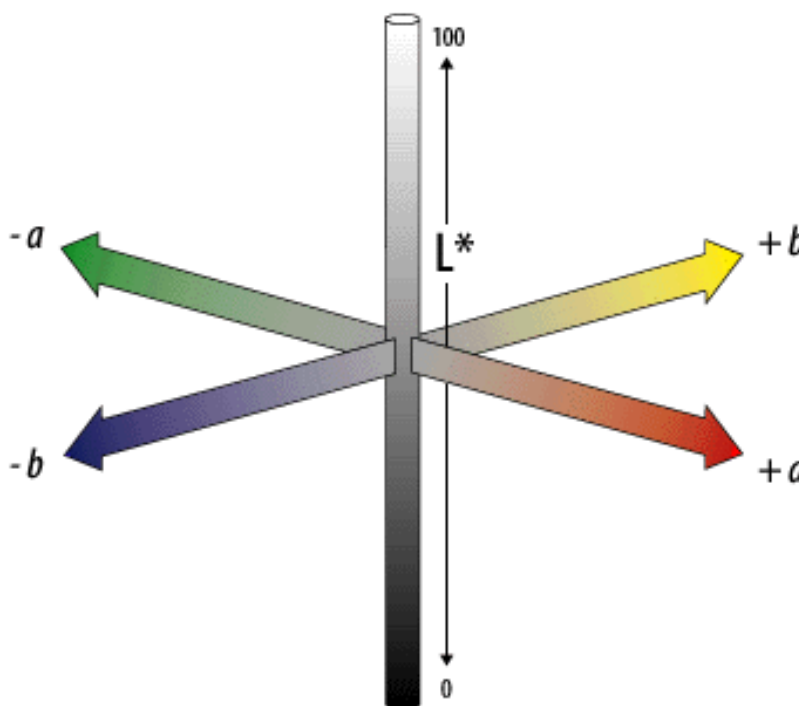
3.2.2 CIELAB sistem

CIELAB sistem je sistem za numerično vrednotenje barve, ki izhaja iz leta 1976 in je najbolj uporabljen in izpopolnjen sistem za vrednotenje barve. Predstavlja matematično kombinacijo kartezijskega in cilindričnega koordinatnega sistema.

Barva je opredeljena z naslednjimi vrednostmi:

- L^* ... določa svetlost barve in zavzema vrednost od 0 (absolutno črno) do 100 (absolutno belo)
- a^* ... določa lego barve na rdeče (+) – zeleni (-) osi
- b^* ... določa lego barve na rumeno (+) – modri (-) osi
- C^* ... predstavlja kromo oz. delež čiste barvne komponente v neki barvi (Golob in sod., 2001)

Na sliki 4 je za lažjo predstavo prikazan CIELAB sistem v koordinatnem sistemu



Slika 4: CIELAB sistem (Golob in sod., 2001)

3.2.3 Merilec sijaja

Z merilcem sijaja smo merili sijaj po standardu SIST EN ISO 2813:1999. Sijaj je odboj svetlobe od opazovanega predmeta različnih valovnih dolžin v vidnem spektru človeškega očesa. Za merjenje sijaja smo uporabljali X-Rite AcuGloss TRI, ki je prikazan na sliki 5. Pred začetkom merjenja smo najprej morali umeriti napravo s črno ploščico, ki je priložena instrumentu. Sijaj smo merili le na shranjenih vzorcih. Na vsakem od teh vzorcev smo opravili po 10 meritev, izračunali povprečje teh desetih meritev in na koncu po tabeli odčitali sijaj površine. Pozorni smo morali biti na to, da je bil kot vpadne svetlobe naravn na 60° in da je merjenje potekalo v vzdolžni smeri glede na potek vlaken vzorca.



Slika 5: Merilec sijaja X-Rite AcuGloss TRI

V preglednici 2 so prikazane vrednosti sijaja in kakšna je lastnost površine premaza pri določeni vrednosti.

Preglednica 2: Tabela za odčitanje lastnosti površine premaza (MPI Gloss Level Standards, 2015)

Vrednost	Lastnost površine premaza
<5	Mat
10-35	Polmat
36-70	Polsijajen
71-85	Sijajen
>86	Visokosijajen

3.2.4 Anketni listi

Poleg vrednotenja barvnih razlik s kolorimetrom smo opravljali tudi vrednotenje barvnih razlik s človeškim očesom. Naredili smo anketne liste (slika 6), na katerih je bilo vprašanje, če se opazi barvna razlika med obema vzorcema v paru. Vrednotenje je potekalo po vsaki izpostavitvi vzorcev UV svetlobi, v njej pa smo sodelovali jaz ter vedno isti letnik študentov. Pri ocenjevanju barvnih razlik z očesom nas je sodelovalo 23.

**ALI VIDITE RAZLIKO V BARVI MED
PRIMERJANIMA VZORCEMA?**

Primerjalni par		NE	DA		
			Komaj opazna razlika	Zmerna razlika	Velika razlika
1	2				
3	4				
5	6				
7	8				
9	10				
11	12				
13	14				
15	16				
19	20				
21	22				
23	24				

Ime in priimek: _____

Slika 6: Anketni list

3.2.5 Priprava in testiranje vzorcev

Polovico površinskih sistemov smo shranili v temen prostor, v katerem so bili konstantni klimatski pogoji (temperatura (23 ± 2) °C, relativna zračna vlažnost (50 ± 5) %), drugo polovico površinskih sistemov pa smo dali v komoro, kjer jih je obsevala UV svetloba. Obsevanje z UV svetlobo smo izvedli zato, da bi povečali barvne razlike med vzorcema v posameznem paru, vse do tedaj, ko je večina opazovalcev zaznala več kot očitne barvne razlike med primerjanima vzorcema v paru. Ni pa bil namen obsevanja z UV svetlobo proučevanje vpliva le-te na barvo, oz. barvno spremembo posameznih vzorcev. Vse delo je potekalo na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin na Biotehniški fakulteti v Ljubljani.

Vzorci so bili oštevilčeni s številkami od 1 do 24. Pari so bili oštevilčeni s številkami 1 in 2, 3 in 4, 5 in 6 in tako dalje vse do zadnjega para, katera sta bila oštevilčena s številkami 23 in 24. Vzorce, označene z lihimi številkami smo shranili v temnem prostoru, vzorce s sodimi številkami pa smo izpostavili UV svetlobi. Obsevanje z UV svetlobo je potekalo v posebni komori, v kateri je bila UV žarnica.

Vzorce smo UV svetlobi izpostavili trikrat. Prvič so bili izpostavljeni 1 dan (24 ur), drugič 5 dni (120 ur), tretjič pa 2 dneva (48 ur). Tako so bili vzorci skupno izpostavljeni 8 dni oz. 192 ur, razen če je prišlo do prevelikih barvnih razlik. Pare s prevelikimi barvnimi razlikami smo zaradi nesmiselnosti nadaljnjih meritev izločili.

Po vsaki izpostavitvi vzorcev smo na vseh, izpostavljenih in shranjenih vzorcih, izvedli meritve s kolorimetrom. Z njim smo na vsakem vzorcu desetkrat odčitali koordinate L^* , a^* in b^* , nato pa po enačbi izračunali barvno razliko ΔE^* .

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

V nadaljevanju so podani rezultati izračunanih vrednosti barvnih razlik ΔE med posameznima vzorcema znotraj vsakega para ter rezultati anket. V preglednicah 3 – 14 so z zeleno barvo označena polja z odgovori, za katere se je odločilo največ anketirancev. Potrebno je tudi opozoriti, da smo pri vseh parih, sestavljenih iz istih vzorcev (vzorci za interier, pred izpostavitvijo enega vzorca iz para UV svetlobi) opazili barvne razlike. To je moč razložiti le z nehomogenostjo podlage v primeru transparentnih ali poltransparentnih premazov (podlaga je bila vidna) in/ali eksperimentalnih napak pri merjenju..

4.1 REZULTATI BARVNIH RAZLIK IN ANKET

4.1.1 Par 1-2

Na sliki 7 sta mahagonijeva vzorca. Premazana sta bila s polmat poltransparentnim rjavo pigmentiranim lazurnim premaznim sistemom. Levi vzorec je bil shranjen, desni vzorec pa je slikan po 8-dnevni izpostavitvi UV svetlobi.



Slika 7: Par 1-2 – izgled shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca po 4. primerjavi

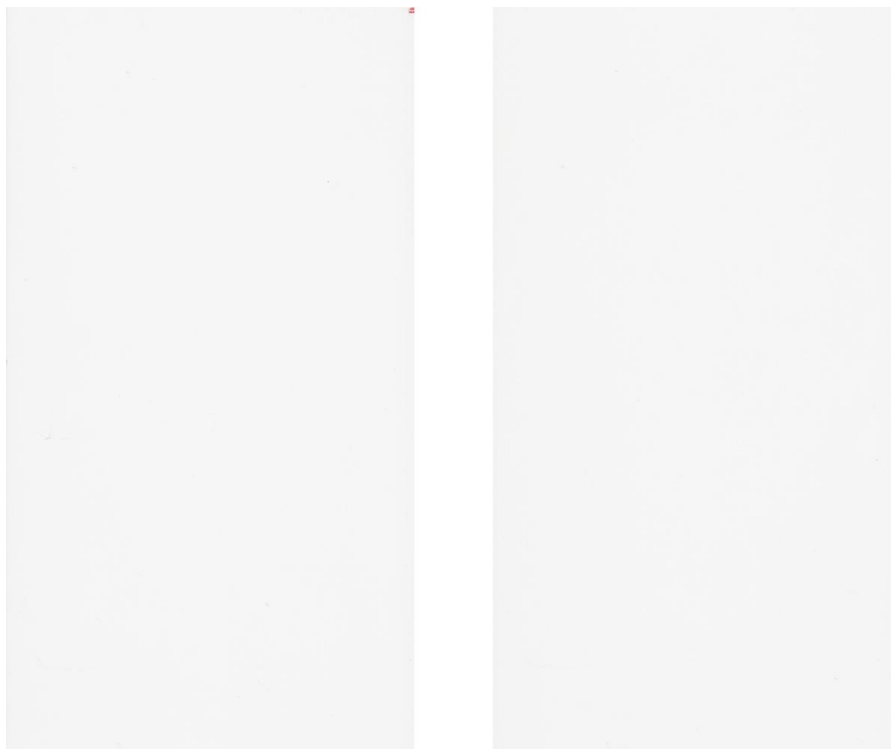
Pri primerjavi para 1-2 večina opazovalcev ni opazila razlike. V preglednici 3 je v zeleno obarvanem polju odgovor, ki je dobil največ glasov oz. odstotek opazovalcev, ki se je odločil za ta odgovor. Vidimo, da je barvna razlika varirala od 0,33 do 0,83 in da je po vsakem opazovanju prevladoval odgovor, da se barvna razlika ne opazi. Zanimivo je, da 61,9% opazovalcev ni videlo razlike pri barvni razliki 0,33, pri še večji barvni razliki 0,83 pa kar 81,8% opazovalcev ni videlo razlike. Ta rezultat potrjuje besede Božiča in sod. iz leta 2001, ki pravijo, da se v CIELAB sistemu izračunane barvne razlike ne ujemajo vedno z vidno zaznavo.

Preglednica 3: Par 1-2 - rezultati barvnih razlik in anket

Primerjava	Obsevanje	ΔE	Razlika			
			NE	DA-komaj	DA-zmerna	DA-velika
1.	0 dni	0,33	61,9%	38,1%	0,0%	0,0%
2.	1 dan	0,42	86,4%	13,6%	0,0%	0,0%
3.	6 dni	0,67	63,6%	36,4%	0,0%	0,0%
4.	8 dni	0,83	81,8%	18,2%	0,0%	0,0%

4.1.2 Par 3-4

Na sliki 8 sta primerjalna vzorca, pri katerih je bila minimalna barvna razlika. Vzorca sta bila iz vlaknene plošče, premazana z visokosijajnim prekrivnim belo pigmentiranim premaznim sistemom.



Slika 8: Par 3-4 – izgled shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca po 4. primerjavi

Barvna razlika pri paru 3-4 je bila minimalna. Gibala se je od 0,18 do 0,41. Po vseh treh izpostavitvah večina opazovalcev ni opazila spremembe. Več kot 90% opazovalcev ni opazilo razlike, ko je bila barvna razlika med 0,18 in 0,34. Po zadnji izpostavitvi pa pri barvni razliki 0,41, le še 59,1% oz. 13 opazovalcev ni opazilo razlike. V preglednici 4 torej vidimo, da barvna razlika ni bila opazna ali pa da je bila komaj opazna.

Preglednica 4: Par 3-4 - rezultati barvnih razlik in anket

Primerjava	Obsevanje	ΔE	Razlika			
			NE	DA-komaj	DA-zmerna	DA-velika
1.	0 dni	0,18	95,2%	4,8%	0,0%	0,0%
2.	1 dan	0,10	90,9%	9,1%	0,0%	0,0%
3.	6 dni	0,34	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%
4.	8 dni	0,41	59,1%	40,9%	0,0%	0,0%

4.1.3 Par 5-6

Par 5-6, ki je na sliki 9, je bil narejen iz vlaknene plošče, ki je bila furnirana z »eksotičnim« furnirjem. Bil je rjavosivo lužen, premazan s polmat transparentnim nepigmentiranim premaznim sistemom.



Slika 9: Par 5-6 – izgled shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca po 4. primerjavi

Pri paru 5-6 je prišlo do večjih barvnih razlik. Pri prvi primerjavi je bila barvna razlika 0,91, katere 81% opazovalcev ni opazilo. Po enodnevem obsevanju je barvna razlika narasla na 0,93 in to razliko je z odgovorom »komaj« videlo 59,1% opazovalcev. Po še petdnevem in dvodnevem obsevanju je razlika narasla na 3,16 oz. 3,37. Barvno razliko po osem dnevnem obsevanju je razločno opazilo kar 90,9% opazovalcev, kar je dobro vidno na sliki 9.

Preglednica 5: Par 5-6 - rezultati barvnih razlik in anket

Primerjava	Obsevanje	ΔE	Razlika			
			NE	DA-komaj	DA-zmerna	DA-velika
1.	0 dni	0,91	81,0%	19,0%	0,0%	0,0%
2.	1 dan	0,93	40,9%	59,1%	0,0%	0,0%
3.	6 dni	3,16	0,0%	4,5%	40,9%	54,6%
4.	8 dni	3,37	0,0%	0,0%	9,1%	90,9%

4.1.4 Par 7-8

Par 7-8 je bil iz iverne plošče, obdane s polmat dekorativno folijo, s teksturo bukve. Prikazan je na sliki 10.



Slika 10: Par 7-8 – izgled shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca po 4. primerjavi

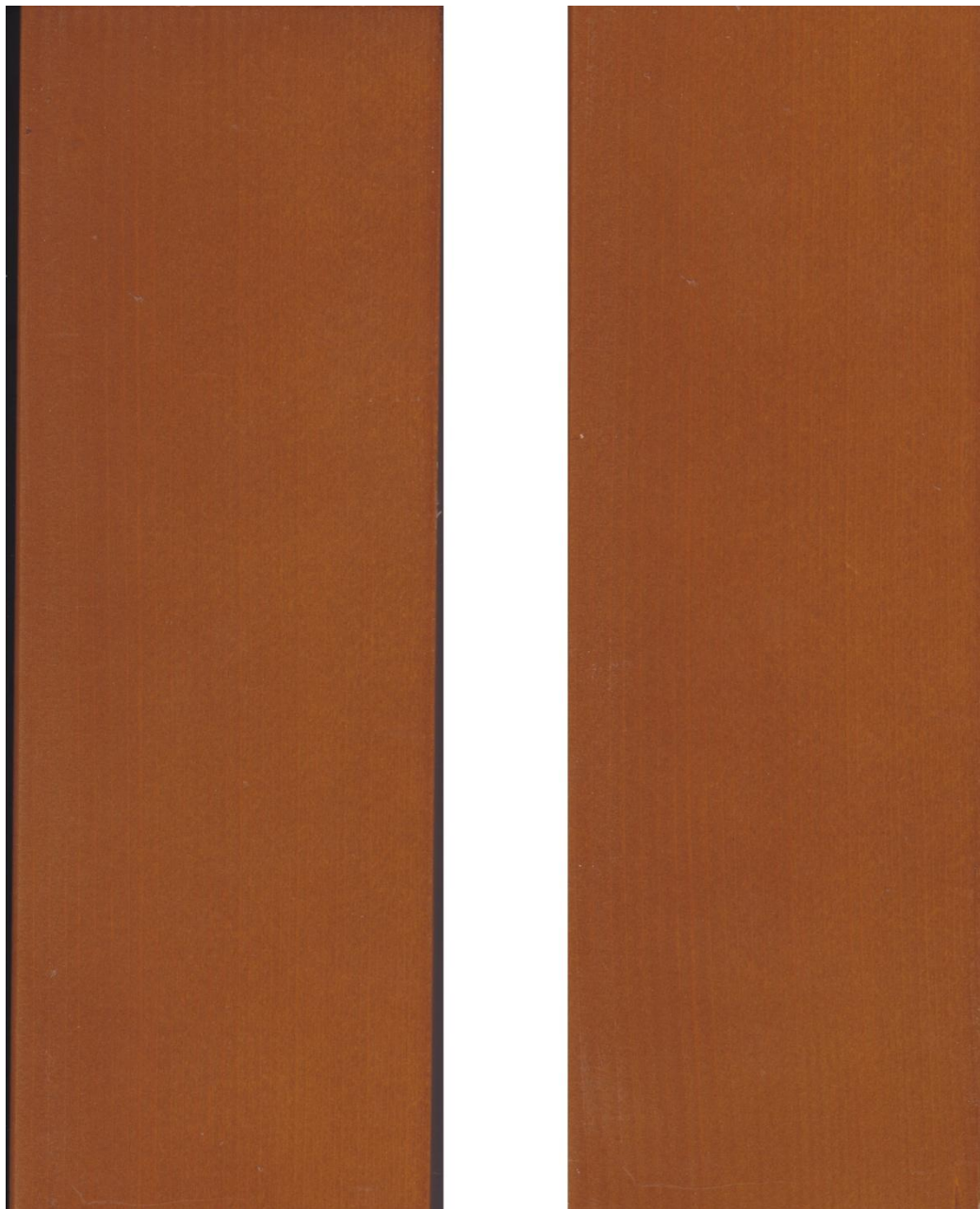
Iz preglednice 6 je razvidno, da je bila barvna razlika pri paru 7-8 že na začetku 1,38. Odgovor večine (52,4% opazovalcev) je bil, da komaj opazijo razliko, 42,9% opazovalcev pa je obkrožilo, da ne vidijo razlike. Po enodnevem obsevanju sem izračunal, da se je barvna razlika zmanjšala na 1,10. Po tem obsevanju je bil odgovor večine (63,6% opazovalcev), da razlike ne opazi, 36,4 % opazovalcev pa je komaj opazilo razliko. Po naslednjem, petdnevem obsevanju je barvna razlika narasla na 2,28 in tedaj je spet prevladoval 63,6-odstotni odgovor, da se komaj opazi razliko. Po zadnjem, dvodnevem obsevanju je še vedno prevladoval odgovor, da 54,5% opazovalcev komaj vidi razliko, vendar pa je že 27,3% opazovalcev zmerno videlo razliko.

Preglednica 6: Par 7-8 - rezultati barvnih razlik in anket

Primerjava	Obsevanje	ΔE	Razlika			
			NE	DA-komaj	DA-zmerna	DA-velika
1.	0 dni	1,38	42,9%	52,4%	4,7%	0,0%
2.	1 dan	1,10	63,6%	36,4%	0,0%	0,0%
3.	6 dni	2,28	18,2%	63,6%	9,1%	9,1%
4.	8 dni	2,80	9,1%	54,5%	27,3%	9,1%

4.1.5 Par 9-10

Na sliki 11 je par 9-10, ki je bil iz masivnega lesa smreke, premazan s polmat poltransparentnim rjavo pigmentiranim lazurnim premaznim sistemom.



Slika 11: Par 9-10 – izgled shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca po 4. primerjavi

Pri primerjavi para 9-10 je prišlo do zanimivih rezultatov. Iz preglednice 7 vidimo, da je bila začetna barvna razlika 0,63. Zmerno jo je opazilo 66,6% opazovalcev, 23,8% opazovalcev pa je komaj opazilo razliko. Po enodnevnem obsevanju se je barvna razlika zmanjšala na 0,54 in razliko je zmerno videlo le še 13,7% opazovalcev, 40,9% je komaj opazilo razliko, 40,9% opazovalcev pa sploh ni videlo razlike. Pri prvem opazovanju le 4,8% ni opazilo barvne razlike med paroma. Po tretjem, petdnevnem opazovanju, ko se je izmerjena oz. izračunana barvna razlika zmanjšala na 0,43 pa večina opazovalcev (54,5%) ni več opazila razlike. Vsi ostali opazovalci (45,5%) so komaj opazili razliko. Po zadnjem, dvodnevnem obsevanju, je barvna razlika minimalno padla – z 0,43 na 0,42 – večinski odgovor je bil še vedno, da se barvna razlika ne opazi, ostali pa so odgovorili, da se barvna razlika komaj oz. zmerno opazi.

Preglednica 7: Par 9-10 - rezultati barvnih razlik in anket

Primerjava	Obsevanje	ΔE	Razlika			
			NE	DA-komaj	DA-zmerna	DA-velika
1.	0 dni	0,63	4,8%	23,8%	66,6%	4,8%
2.	1 dan	0,54	40,9%	40,9%	13,7%	4,5%
3.	6 dni	0,43	54,5%	45,5%	0,0%	0,0%
4.	8 dni	0,42	50,0%	36,4%	13,6%	0,0%

4.1.6 Par 11-12

Na sliki 12 je močno vidna barvna razlika para 11-12. Vzorca sta bila iz vlaknene plošče, oplemenitene z »eksotičnim« fineline furnirjem. Bila sta sivo lužena ter premazana s polmat transparentnim nepigmentiranim premaznim sistemom.



Slika 12: Par 11-12 – izgled shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca po 3. primerjavi

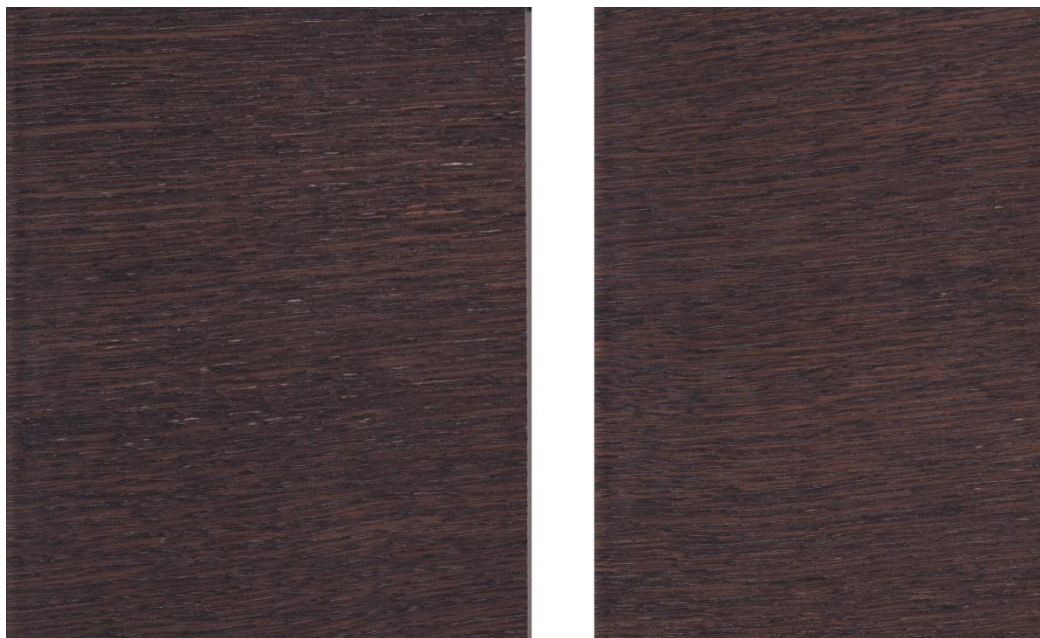
Par 11-12 je že pred začetkom obsevanja imel barvno razliko 1,01. Tretjina opazovalcev ni opazila razlike, dve tretjini opazovalcev pa jo je opazilo – od tega je 47,6% komajda zaznalo razliko, 19,1% opazovalcev pa je obkrožilo, da je opazilo zmerno razliko. Po prvem obsevanju se je razlika precej povečala, in sicer na 2,95. Vsi opazovalci so opazili razliko. Največ opazovalcev (72,7%) je opazilo veliko razliko, ostali pa zmerno oz. majhno razliko. Po drugem obsevanju se je barvna razlika zelo močno povečala – na 8,28. Vsi opazovalci so opazili veliko razliko, zato para 11-12 tretjič nismo obsevali zaradi nesmiselnosti nadaljnjega merjenja barvne razlike. Zato v preglednici 8 ni četrte primerjave. Par 11-12 smo nadomestili z novim parom 23-24.

Preglednica 8: Par 11-12 - rezultati barvnih razlik in anket

Primerjava	Obsevanje	ΔE	Razlika			
			NE	DA-komaj	DA-zmerna	DA-velika
1.	0 dni	1,01	33,3%	47,6%	19,1%	0,0%
2.	1 dan	2,95	0,0%	9,1%	18,2%	72,7%
3.	6 dni	8,28	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%

4.1.7 Par 13-14

Par 13-14, ki je na sliki 13, je bil iz vlaknene plošče, ki je bila furnirana z »eksotičnim« furnirjem. Vzorca sta bila temno rjavo lužena in premazana s polmat transparentnim nepigmentiranim premaznim sistemom.



Slika 13: Par 13-14 – izgled shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca po 4. primerjavi

Par 13-14 je imel pred začetkom obsevanja barvno razliko 0,61. V preglednici 9 vidimo, da je največ opazovalcev komaj oz. zmerno opazilo razliko, tretjina pa razlike ni opazila. V nadaljevanju, ko smo vzorec obsevali, se je barvna razlika spreminjala od 0,65 do 0,45. Izmerjena barvna razlika je bila na začetku večja kot na koncu. Tako je tekom obsevanja večina opazovalcev komaj opazila razliko.

Preglednica 9: Par 13-14 - rezultati barvnih razlik in anket

Primerjava	Obsevanje	ΔE	Razlika			
			NE	DA-komaj	DA-zmerna	DA-velika
1.	0 dni	0,61	33,3%	28,6%	28,6%	9,5%
2.	1 dan	0,65	13,6%	68,2%	18,2%	0,0%
3.	6 dni	0,56	22,7%	63,6%	9,1%	4,5%
4.	8 dni	0,45	18,2%	68,2%	9,1%	4,5%

4.1.8 Par 15-16

Na sliki 14 se dobro vidi barvna razlika para 15-16. Vzorca sta bila iz vlaknene plošče, oplemenitene z »eksotičnim« fineline furnirjem. Premazana sta bila s polmat transparentnim nepigmentiranim premaznim sistemom.



Slika 14: Par 15-16 – izgled shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca po 4. primerjavi

Pri prvem opazovanju dobra polovica opazovalcev ni opazila barvne razlike, ki je znašala 0,72. Po enodnevnem obsevanju se je barvna razlika povečala na 1,17. Vsi opazovalci so opazili razliko. 63,6% jo je videlo kot zmerno razliko. Iz preglednice 10 vidimo, da se je po drugem in tretjem obsevanju barvna razlika precej povečala – na 2,22 oz. na 3,20. Po teh dveh opazovanjih je večina videla veliko razliko.

Preglednica 10: Par 15-16 - rezultati barvnih razlik in anket

Primerjava	Obsevanje	ΔE	Razlika			
			NE	DA-komaj	DA-zmerna	DA-velika
1.	0 dni	0,72	57,1%	38,1%	4,8%	0,0%
2.	1 dan	1,17	0,0%	9,1%	63,6%	27,3%
3.	6 dni	2,22	0,0%	4,5%	40,9%	54,5%
4.	8 dni	3,20	0,0%	4,5%	27,3%	68,2%

4.1.9 Par 17-18

Na sliki 15 se zelo močno opazi barvna razlika para 17-18. Vzorca sta bila iz masivnega lesa smreke, premazana s polmat prekrivnim temno zelenim pigmentiranim lazurnim premaznim sistemom.



Slika 15: Par 17-18 – izgled shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca po 1. primerjavi

Iz preglednice 11 je razvidno, da para 17-18 sploh nismo obsevali. Izločili smo ga po prvem opazovanju, saj je imel barvno razliko 2,03 in je velika večina opazovalcev (76,2%) jasno videla razliko. Zaradi nesmiselnosti nadaljnjega merjenja smo par izločili.

Preglednica 11: Par 17-18 - rezultati barvnih razlik in anket

Primerjava	Obsevanje	ΔE	Razlika			
			NE	DA-komaj	DA-zmerna	DA-velika
1.	0 dni	2,03	0,0%	0,0%	23,8%	76,2%

4.1.10 Par 19-20

Na sliki 16 se malce opazi barvna razlika – desni oz. izpostavljen vzorec je za odtenek temnejši kot levi oz. shranjen vzorec. Vzorca sta bila iz mahagonija, premazana s polmat prekrivnim temno zelenim pigmentiranim lazurnim premaznim sistemom.



Slika 16: Par 19-20 – izgled shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca po 4. primerjavi

Iz preglednice 12 je razvidno, da je pri vseh primerjavah prevladal odgovor opazovalcev, da se barvna razlika zmerno opazi. Pri prvi primerjavi, torej pred prvim obsevanjem je bila izmerjena barvna razlika najmanjša in je znašala 0,56. Kasneje je barvna razlika narasla do 0,65. Pri tem je zanimivo, da so opazovalci največjo barvno razliko opazili pri prvi primerjavi – torej, ko je bila izmerjena barvna razlika najmanjša – 0,56.

Preglednica 12: Par 19-20 - rezultati barvnih razlik in anket

Primerjava	Obsevanje	ΔE	Razlika			
			NE	DA-komaj	DA-zmerna	DA-velika
1.	0 dni	0,56	4,8%	9,6%	80,9%	4,8%
2.	1 dan	0,58	0,0%	45,5%	54,5%	0,0%
3.	6 dni	0,62	4,5%	40,9%	50,0%	4,5%
4.	8 dni	0,65	9,1%	27,3%	50,0%	13,6%

4.1.11 Par 21-22

Vzorca para 21-22 sta bila iz lesa smrekovine. Premazana nista bila z nobenim premaznim sistemom. Na sliki 17 se opazi očitna barvna razlika. Vzorec, ki smo ga obsevali je potemnel.



Slika 17: Par 21-22 – izgled shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca po 3. primerjavi

Pri paru 21-22 je 85,7% opazovalcev že pred prvim obsevanjem opazilo barvno razliko. Znašala je 3,00. Po enodnevnem obsevanju je barvna razlika narasla na 5,27 in takrat ni bilo več opazovalca, ki ne bi opazil razlike. Po še petdnevnem obsevanju pa smo izmerili ogromno barvno razliko 12,60. Po tem obsevanju smo par 21-22 izločili zaradi prevelike barvne razlike.

Preglednica 13: Par 21-22 - rezultati barvnih razlik in anket

Primerjava	Obsevanje	ΔE	Razlika			
			NE	DA-komaj	DA-zmerna	DA-velika
1.	0 dni	3,00	14,3%	61,9%	19,0%	4,8%
2.	1 dan	5,27	0,0%	40,9%	36,4%	9,1%
3.	6 dni	12,60	0,0%	0,0%	9,1%	90,9%

4.1.12 Par 23-24

Na sliki 18 je jasno vidna barvna razlika para 23-24, ki je bil iz masivnega lesa oreha. Površina je bila oljena.



Slika 18: Par 23-24 – izgled shranjenega (levo) in izpostavljenega (desno) vzorca po 2. primerjavi

Par 23-24 je nadomestil par 17-18, ki smo ga že pred začetkom obsevanja izločili zaradi prevelike barvne razlike. Kot vidimo v preglednici 14, smo za par 23-24 imeli le dve primerjavi, ker smo nato ta par izločili zaradi prevelike barvne razlike. Pred obsevanjem je barvna razlika znašala 3,36, katero je 40,9% opazovalcev komaj opazilo, 36,4% pa je razliko opazilo kot zmerno. Po enodnevnem obsevanju je barvna razlika narasla na 7,98. Vsi opazovalci so opazili veliko barvno razliko, razen enega, ki je barvno razliko ocenil kot zmerno. Zatem smo zaradi nesmiselnosti nadaljnjega merjenja par 23-24 izločili.

Preglednica 14: Par 23-24 - rezultati barvnih razlik in anket

Primerjava	Obsevanje	ΔE	Razlika			
			NE	DA-komaj	DA-zmerna	DA-velika
1.	0 dni	3,36	4,5%	40,9%	36,4%	9,1%
2.	1 dan	7,98	0,0%	0,0%	4,5%	95,5%

4.2 REZULTATI MERJENJA SIJAJA POVRŠINE

V preglednici 15 so vrednosti sijaja površine. Sijaj smo merili le na shranjenih vzorcih. Sijajno površino je imel le en vzorec. To je bil vzorec 3 iz vlaknene plošče, ki je bil premazan z visokosijajnim prekrivnim belim pigmentiranim premaznim sistemom. Vzorec 23 je imel mat površino, vsi ostali vzorci pa polmat površino.

Preglednica 15: Vrednosti sijaja površine

Št. vzorca	Sijaj površine
1	12,1 – Polmat
3	84,6 – Sijajen
5	26,7 – Polmat
7	16,3 – Polmat
9	15,8 – Polmat
11	32,9 – Polmat
13	13,9 – Polmat
15	31,3 – Polmat
17	27,7 – Polmat
19	15,7 – Polmat
21	6,3 – Polmat
23	4,9 - Mat

4.3 ANALIZA VPLIVA LASTNOSTI OBDELANIH POVRŠIN NA ZAZNAVO BARVE

Vzorci v diplomski nalogi so bili treh različnih sijajev površin, in sicer: 1 vzorec sijajne površine, 10 vzorcev polmat površine ter 1 vzorec mat površine.

Prva ugotovitev je bila, da se barvne razlike, če so le-te prisotne, po opaznosti stopnjujejo tako, da se najprej oziroma najbolj opazijo pri sijajni površini, nato pri polmat površini, najmanj oziroma najkasneje pa se opazijo pri mat površinah. Pri paru 3-4, ki je imel sijajno površino, je že pri minimalni izmerjeni barvni razliki 0,41, kar 59% anketiranih odgovorilo, da se opazi razliko. Pri ostalih vzorcih, ki so imeli mat ali polmat površine, anketiranci pri tako majhni izmerjeni barvni razliki (0,41) niso opazili razlike.

Če primerjamo par 17-18 (masivni les – smreka) in par 19-20 (masivni les – mahagonij), katera sta oba iz masivnega lesa ter oba prekrita z istim premaznim sistemom (polmat prekriven temno zeleno pigmentiran lazurni premazni sistem), ugotovimo, da se barvna razlika prej opazi na paru 17-18, torej na vzorcu iz masivnega lesa smreke.

Podobno zgodba je, če primerjamo par 1-2 (masivni les – mahagonij) in par 9-10 (masivni les – smreka). Oba sta prekrita z istim premaznim sistemom (polmat poltransparenten rjavo pigmentiran premazni sistem). Barvna razlika se je prej opazila na paru 9-10 (masivni les-smreka), medtem, ko se je na paru 1-2 (masivni les – mahagonij) razlika komaj opazila.

Če ti dve ugotovitvi združimo, lahko zaključimo, da se barvne razlike prej opazijo na masivnem lesu smreke kot na masivnem lesu mahagonija, čeprav sta bili obe podlagi premazani s pokrivnim pigmentiranim premaznim sistemom. Verjetno do razlike v zaznavanju barvnih razlik pride zaradi različne anatomske zgradbe obeh vrst lesa oz. različne teksture površin.

Po primerjavi izmerjenih in izračunanih rezultatov parov 5-6 in 13-14 ne moremo potrditi kakšnih nedvoumnih zaključkov. V tem primeru so bili vzorci obeh parov iz vlaknene plošče, obdelane z eksotično vrsto furnirja – vendar sta bila para obdelana z različnima vrstama eksotičnega furnirja. Na sliki 19 vidimo razliko v homogenosti teksture med paroma 5-6 in 13-14. Par 5-6, ki je na sliki 19 zgoraj, je imel bolj nehomogeno teksturo kot par 13-14, ki je na sliki spodaj. Oba para sta bila premazana s polmat transparentnim nepigmentiranim premaznim sistemom, razlika je bila le ta, da je bil par 5-6 lužen z rjavosivim lužilom, par 13-14 pa temno rjavim lužilom. Izmerjena barvna razlika para 4-5 je tekom UV obsevanja naraščala, kar se je potrdilo tudi pri opazovanju z očesom. Pri prvi primerjavi je bila barvna razlika 0,91, pri zadnji, četrti primerjavi pa je narasla na 3,37. To barvno razliko je opazilo kar 90,9% opazovalcev.

Pri primerjavi para 13-14 je bila začetna razlika le 0,61, vendar jo je komaj oz. zmerno opazilo več kot pol opazovalcev. Zanimivo, če primerjamo s parom 5-6, ki je imel začetno barvno razliko 0,91 in te barvne razlike ni opazilo kar 81% opazovalcev. Vzrok za to bi bil lahko v sijaju površine. Oba para sta imela polmat površino, vendar je imel par 5-6 višjo vrednost sijaja površine. V nadaljevanju se je barvna razlika para 13-14 zmanjšala do 0,45 in večina oz. dve tretjini opazovalcev je le še komaj opazilo razliko.



Slika 19: primerjava med paroma 5-6 (zgoraj) in 13-14 (spodaj)

5 SKLEPI

Večinoma so anketiranci zaznali razliko barve v primerih, ko je numerično vrednotena razlika barve ΔE^* imela vrednosti v območju med 0,5 in 1,0. Vendar pa so v nekaterih primerih anketiranci spremembo barve komaj zaznali šele pri vrednostih ΔE^* nad 3,0.

To kaže na to, da sta zmožnost čutnega zaznavanja barvnih razlik in s kolorimetrom izmerjene vrednosti ΔE^* med seboj le šibko povezani, saj na čutno zaznavo barvne razlike vplivajo različne lastnosti površin, kot sta npr. tekstura in sijaj. Barvne razlike, če so le-te prisotne, se po opaznosti stopnjujejo tako, da se najprej opazijo pri sijajni površini, nato pri polmat površini, in najmanj pri mat površinah.

K vrednosti ΔE^* prispevajo vrednosti ΔL^* , Δa^* in Δb^* , zato bi bilo potrebno analizirati tudi povezavo med spremembami posameznih barvnih parametrov L^* (svetlost), a^* (barva na rdeče-zeleni barvni osi) in b^* (barva na modro rumeni osi) in čutno zaznavo barve z očesom.

6 VIRI

Božič D., Golob D., Golob V. 2001. Interdisciplinarnost barve. 1. del: V znanosti. Maribor. Društvo koloristov Slovenije: 384 str.

BS EN 15187:2006. Assessment of the effect of light exposure: 14 str.

Guid N. 2011. Računalniška grafika. Maribor, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko: 8-8

Hauptmann M., Pleschberger H., Mai C., Follrich J., Hansmann C. 2011. The potential of Color measurements with the CIEDE2000 equation in wood science.
<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00107-011-0575-6#page-1>
(Pridobljeno maj, 2015)

ISO 11664-4:2008. Colorimetry – Part 4: CIE 1976 L*a*b* Colour space: 8 str.

ISO/CIE 11664-6:2014. Colorimetry – Part 6: CIEDE2000 Colour-difference formula: 9 str.

Johnson G. M., Fairchild M. D. 2003. A top down description S-CIELAB and CIEDE2000.
https://www.cis.rit.edu/people/faculty/johnson/pub/ciede_scielab.pdf (Pridobljeno maj, 2015)

Križančič Bombek L. 2013. Vid: mrežnica, fotoreceptorji in fototransdukcija. Medicinski razgledi, 52: 441-455

Light. 2015. Wikipedia.
<https://en.wikipedia.org/wiki/Light> (Pridobljeno maj, 2015)

Mihevc V. 1987. Kontrolne metode lepljenja in površinske obdelave lesa. Ljubljana, BDO BF, VTOZD za lesarstvo: 174-175

MPI Gloss Level Standards. 2015. The Master Painters Institute.
http://www.mpi.net/mpitraining/level1/standards/MPI_Gloss_Levels.asp
(Pridobljeno avgust, 2015)

Pavlič M., Kričej B., Petrič M. 2008. Spektrofotometer. Les, 60, 1. 22-23

SIST EN ISO 2813:1999: Paints and vanishes – Determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20°, 60° and 85°

Tokarski P., Nussbaum R. 2014. IKEA of Sweden. Surface coatings and coverings – general requirements

ZAHVALA

Zahvaljujem se prof. dr. Marku Petriču, asist. dr. Matjažu Pavliču ter strokovnemu sodelavcu Borutu Kričju. Zahvaljujem se tudi recenzentki doc. dr. Manji Kitek Kuzman za pregled diplomskega projekta. Velika zahvala gre tudi družini in prijateljem, ki so me spodbujali, da sem dokončal študij lesarstva.

