

Kombiniranje biljnog transfer tiska i zračne čipke u izradi sjenila lampe

Padavić, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Textile Technology / Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:201:360061>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-25**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Textile Technology University of Zagreb - Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
ZAVOD ZA TEKSTILNU KEMIJU I EKOLOGIJU**

**DIPLOMSKI RAD
KOMBINIRANJE BILJNOG TRANSFER TISKA I
ZRAČNE ČIPKE U IZRADI SJENILA LAMPE**

Izv. prof. dr. sc. Ana Sutlović

Ivana Padavić, 0117225664

Zagreb, rujan, 2020.

Naziv zavoda: Zavod za tekstilnu kemiju i ekologiju

Broj stranica: 45

Broj tablica: 4

Broj slika: 55

Članovi povjerenstva:

1. Izv. prof. art. Koraljka Kovač Dugandžić, predsjednica
2. Izv. prof. dr. sc. Ana Sutlović, članica
3. Prof. dr. sc. Martinia Ira Glogar, članica
4. Doc. art. Lea Popinjač, vanjski suradnik, zamjenica članice

Datum predaje rada:.

Datum obrane rada:

SAŽETAK

Istraživanjem u okviru ovog rada pod naslovom *Kombiniranje biljnog transfer tiska i zračne čipke u izradi sjenila lampe*, u teoretskom dijelu opisano je objektivno vrednovanje boja, svojstva proteinskih i celuloznih vlakana, procesi bojadisanja prirodnim biljnim bojilima, dobivanje bojila iz biljaka i bojadisanje tkanina tijekom povijesti te biljni transfer tisak. Eksperimentalni dio obuhvaća izradu nacerta lampe, izbor i pripremu materijala i biljaka te praćenje procesnih parametra uz djelovanje metalnih soli na biljni transfer tisak. Rezultati se vrednuju spektrofotometrijskim određivanjem parametara boje, ispitivanjem postojanosti obojenja na pranje i svjetlo te izradom sjenila lampe, izborom biljnog transfer tiska u kombinaciji sa zračnom čipkom. Očekuje se postizanje rezultata širokih mogućnosti za izradu unikatnih uzoraka, a time i jedinstvenih sjenila lampi.

Ključne riječi: *biljna bojila, biljni transfer tiska, sjenilo lampe, zračna čipka,*

SUMMARY

By researching, in the frame of this theasis under the title *Combination of herbal transfer print and air lace in the making of lamp shades*, in theoretical part of the theasis is described objective evaluation of colours, properties of protein and cellulose fibers, processes of dyeing with natural herbal dyes, acquiring dyes from the plants and fabrici dyeing during the history as well as the herbal transfer print. Experimental part of the theasis includes the making of the lamp draft, the selection and preperation of materials and plants, as well as monitoring the process parameters along with the impact of metal salts on the herbal transfer print. The results are evaluated by spectrophometric assessment of colour parameters, testing the stability of coloring on wash and light, as well as the making of lamp shades, chosing the herbal transfer print in combination with the air lace. The achieved results are expected to be those of broad possibilities for the making of unique patterns, and thus, the making of unique lamp shades.

Key words: *herbal dyes, herbal transfer print, lamp shades, air lace*

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORETSKI DIO	3
2.1. Osnovno o bojama	3
2.1.1. Objektivno vrednovanje boja	4
2.1.2. Razlika u boji na temelju CIELAB sustava	6
2.2. Struktura vlakana	8
2.2.1. Proteinska vlakana	8
2.2.1.1. Svila	9
2.2.2. Celulozna vlakana	10
2.2.2.1. Pamuk	12
2.3. Proces bojadisanja prirodnim biljnim bojilima	13
2.4. Kisela, metalkompleksna, supstativna i redukcijaska bojila	14
2.5. Prirodna biljna bojila i bojadisanje vlakana u prošlosti	17
2.5.1. Plava boja	18
2.5.2. Crvena boja	19
2.5.3. Žuta boja	20
2.6. Proces tiska – biljni transfer tisk	21
3. EKSPERIMENTALNI RAD	25
3.1. Izrada nacrt lamp	25
3.2. Izbor biljaka za biljni transfer tisk	25
3.3. Izbor tekstilnog supstrata	26
3.4. Kemikalije	26
3.5. Metoda biljnog transfer tiska	26
3.6. Obrada tkanine biljnim transfer tiskom	27
3.7. Određivanje postojanosti obojenja na pranje i svjetlo	31
3.8. Spektrofotometrijska analiza obojenja	31
4. REZULTATI I RASPRAVA	33
4.1. Analiza dobivenih uzoraka biljnog transfer tiska	33
4.2. Određivanja parametara boje	36
4.3. Određivanje postojanosti obojenja	38
4.4. Izrada lamp sa sjenilom	39
4.5. Gotov proizvod	41
5. ZAKLJUČAK	43
6. LITERATURA	44

1. UVOD

Kao nastavak na završni rad pod nazivom *Kombiniranje tradicionalne shibori tehnike i pigmentnog tiska u realizaciji tkanine za sjenila lampe*, (I. Padavić, 2018.) pojavljuje se ideja o kombiniranju biljnog transfer tiska i zračne čipke u izradi sjenila lampe. Poveznica ovih dviju tehnika je nepredvidivost, neponovljivost i unikatnost dobivenih uzoraka na tkanini. Prototip jedne takve lampe nastao je u samim začetima istraživanja zračne čipke (Sl. 1.).



Sl. 1. Ivana Padavić - prototip sjenila lampe u tehnici zračna čipka [1]

Istraživanjem spomenute tematike pojavljuju se umjetnici koji se bave navedenim tehnikama. Jedna od njih je Liya Mirzaeva, australska umjetnica, koja ručno izrađuje odjeću od kvalitetne organske, prirodne tkanine od celuloznih vlakana, obojane prirodnim putem, bojama lokalnog bilja i biljnim transfer tiskom [2]. Njezine kreacije mogu se pronaći pod umjetničkim imenom Liya Mira, a karakterizira ih asimetričnost uzoraka, akromatskih boja, koje se kreću u raznim nijansama sive boje (Sl. 2.).



Sl. 2. Liya Mira - biljni transfer tisak [3]

Svojim radom privlači pozornost i Katy Hays, umjetnica s Floride, koja se također bavi biljnim transfer tiskom. Otvorila je Eco – print radionicu i online tečajeve na svojoj stranici Katy Hays Design, gdje dijeli svoje iskustvo s polaznicima tečaja, a najljepši dio biljnog transfer tiska smatra element iznenađenja [4]. Za razliku od Liye Mire, Katy Hays se u svojim kreacijama bazira pretežito na prirodne tkanine od proteinskih vlakana, odnosno svilu i često spaja više nasumičnih i različitih uzoraka u skladne kompozicije bogate bojama dobivenim biljnim transfer tiskom (Sl. 3.).



Sl. 3. Katy Hays - biljni transfer tisk [5]

Zanimljiva je i engleska umjetnica tekstila Marian Jazmik, velika zaljubljenica prirode, fotografije i tekstila. Njezini radovi inspirirani su prirodom, njezinim oblicima i teksturama, kojima se u svojim radovima najviše posvećuje, a zanimljivi su kao inspiracija za realizaciju zračne čipke u području dizajna tekstila (Sl. 4.) [6].



Sl. 4. Marin Jazmik: *On the edge* (lijevo) i *Reclamation* (desno) [7]

2. TEORETSKI DIO

2.1. Osnovno o bojama

Dio spektra elektromagnetskih valova čije se valne duljine kreću od 380 nm do 750 nm čini vidljivi dio svjetla [8]. Određeni raspon valnih duljina predstavlja određenu boju. Ljubičasta ima najkraću valnu duljinu koja se kreće se od 380 nm do 450 nm, zatim slijedi plava od 450 nm do 495 nm pa zelena od 495 nm do 570 nm, slijedi žuta koja ima najmanji raspon, a valna duljina je od 570 nm do 590 nm te narančasta valne duljinu od 590 nm do 620 nm. Najdulju valnu duljinu i najveći raspon ima crvena koja se kreće od 620 nm do 750 nm (Sl. 5.)



Sl. 5. Vidljivi dio svjetla [9]

Za doživljavanje boje potreban je izvor svjetlosti, osjet vida promatrača te predmet koji se promatra. Izvor svjetlosti osvjetljava predmet. Predmet je zapravo optički filter koji funkcionira na način da dio svjetlosti transmitira, odnosno propušta, dio apsorbira, a dio reflektira. Čovjekovo oko fotoreceptorima prihvaća reflektirano svjetlo od predmeta, taj svjetlosni signal se zatim pretvara u živčani impuls, koji se putem živaca prenosi u mozak i tek tu se stvara osjet boje. U koliko predmet apsorbira svu svjetlost, odnosno nema refleksije, čovjek ima doživljaj crne boje, a u koliko dolazi do potpune refleksije, doživljaj je bijela boja. Uslijed djelomične apsorpcije i refleksije na određenim valnim duljinama, dolazi do osjeta boje. Iako se radi o istom predmetu i o istom izvoru svjetlosti, ovisno o osjetu vida promatrača, koji se razlikuje od čovjeka do čovjeka, doživljaj boje nije identičan pa zbog toga proizlazi slijedeća definicija boje. Boja je isključivo psihofizički osjet induciran svjetlom, odnosno osjet koji u oku izaziva svjetlost emitirana iz nekog izvora svjetlosti i reflektirana s neke obojane površine [8]. Da bi se boje međusobno razlikovale David Katz izdvojio je tri elementa: ton boje (H) prema engl. hue, zasićenost ili kromatičnost boje (C) prema engl. chroma i svjetlinu boje (L) prema engl. lightness [8]. Ta tri razlikovna elementa boje nazvao je psihološkim atributima boje ili dimenzijama boje [8]. Ton boje određuje se prema dominantnoj valnoj duljini (crvena, zelena, plava...). Zasićenost boje neovisna je o tonu boje i kreće se linearno od neutralne

akromatske točke do čiste boje [8]. Miješanjem boje s akromatskom bojom, svjetlina se ne mijenja već samo zasićenost i to se naziva saturacija (S) (Sl. 6.) [8].



Sl. 6. Promjena zasićenosti crvene boje s udjelom akromatske [10]

Akromatske boje nemaju ton i zasićenost već samo svjetlinu koja se kreće od apsolutno crnog preko sivog do apsolutno bijelog (Sl. 7.) Svjetlina je karakteristika boje koja opisuje sličnost boje s nizom akromatskih boja, od crne preko sive do bijele (Sl. 8.) [8].



Sl. 7. Akromatske boje [11]

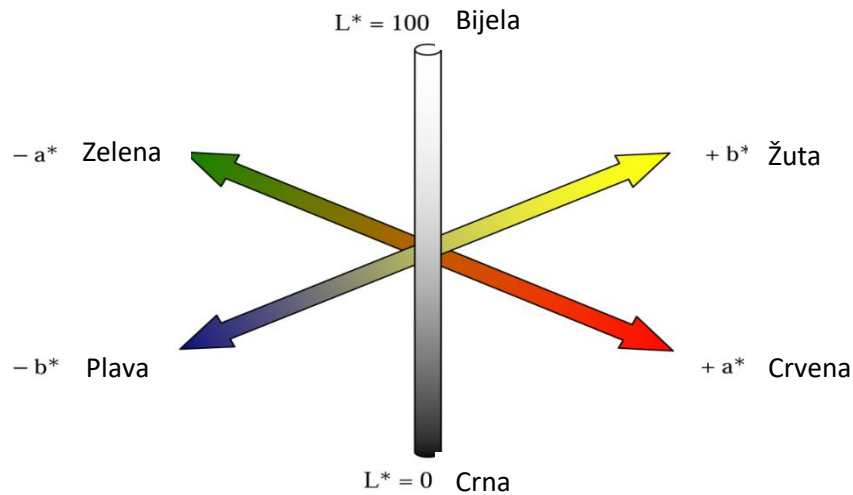


Sl. 8. Promjena svjetline plave boje [1]

2.1.1. Objektivno vrednovanje boja

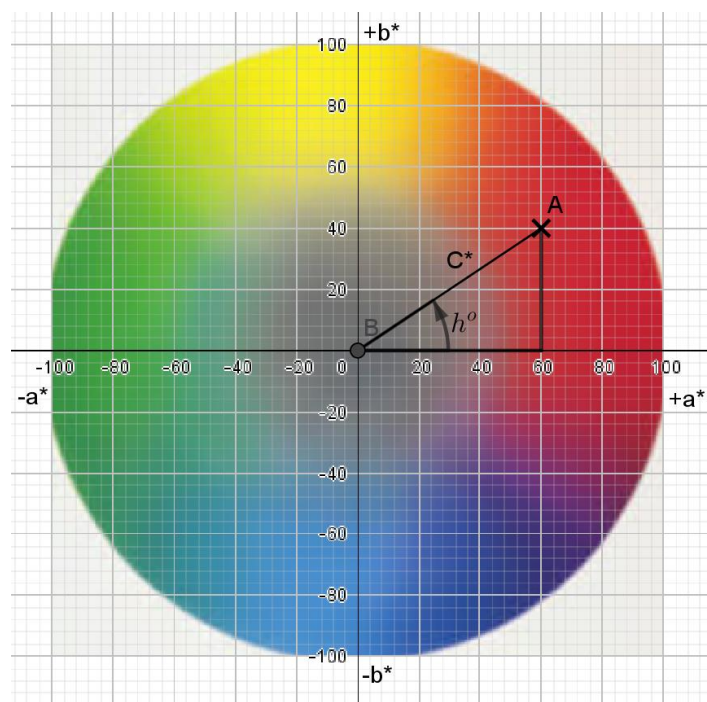
Za objektivno vrednovanje boja potrebno je definirati brojčane parametre koji bi isključili subjektivni, psihofizički osjet boje pojedinca, a da bi se to postiglo, potrebno je najprije definirati neke početne, standardne uvjete. 1931. internacionalna komisija za rasvjetu CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) definira standardne izvore svjetlosti, a 1964. definira i standardnog promatrača. Standardni izvori svjetlosti su A-svjetlost Volframove sijalice temperature boje 2856 K, B-simulirano dnevno svjetlo, C-svjetlost Volframove sijalice propušteno kroz plavi filter, D65-standardizirano svjetlo koje odgovara prosječnom dnevnom svjetlu, temperature boje 6500 K, fluorescentni izvori svjetlosti F2, F7, F11 [8]. Standardni promatrač, uz kut promatranja od 10° , je čovjek koji dobro vidi i nema deformacije u prepoznavanju boja [8]. Budući da se u oku nalaze tri podražajna receptora, za plavu, zelenu i crvenu boju, CIE je definirala brojčane vrijednosti X (za crvenu), Y (za zelenu) i Z (za plavu) boju, poznate pod nazivom tristimulus vrijednosti, odnosno standardne vrijednosti boje svjetla. Tristimulus vrijednosti, X, Y, Z predstavljaju ukupnu količinu reflektirane energije svjetla iz vidljivog dijela spektra, u granicama valnih duljina od 360 nm do 740 nm i baza su za daljnje mjerenje boja te stvaranje matematičkih modela, kojima se može brojčano vrednovati boja. Sustav za brojčano vrednovanje boja, poznat pod nazivom CIELAB, standardiziran 1976. od strane CIE, smatra se najprihvatljivijim sustavom za objektivno, brojčano vrednovanje boja [8]. Psihološkim atributima boje, koje je uveo David Katz i nazvao ih dimenzijama boje, CIELAB teorija temeljena na komplementarnosti boja, pridružuje brojčane vrijednosti na

slijedeći način. CIELAB uvodi dvije kromatske osi a^* (crveno-zelena) i b^* (žuto-plavo), međusobno okomite koje određuju dvodimenzionalni sustav za određivanje tona (h°) i zasićenosti (C^*). Treća dimenzija, svjetlina (L^*), očitava se na akromatskoj osi L^* (crno-bijelo), koja je postavljena okomito na ravninu određenu osima a^* i b^* te prolazi njihovim sjecištem (Sl. 9.). Svjetlina na osi L^* kreće se od 0 za apsolutno crno do 100 za apsolutno bijelo [8].



Sl. 9. Trodimenzionalni CIEL*a*b* sustav vrednovanja boja [12]

Ton (h°) i zasićenost (C^*) izračunavaju se i prikazuju na temelju izmjerenih koordinata a^* i b^* u tzv. krugu boja kojem je središte u sjecištu koordinatnih osi a^* i b^* (Sl. 10).



Sl. 10. Krug boja [1,8]

Ton boje (h°) određen je središnjim kutom u krugu boja. Svakom tonu pripada određeni središnji kut koji se kreće od 0° do 360° . Na početnoj vrijednosti od 0° je crvena boja koja ima najveću valnu duljinu, a zatim se suprotno od kazaljke na satu tonovi mijenjaju prema smanjivanju valne duljine. Slijedi narančasta, žuta, zelena, plava i ljubičasta. Žuta boja je na 90° , zelena na 180° i plava na 270° . Zasićenost boje (C^*) određena je udaljenošću od središta kruga. Što je udaljenost od središta veća, to je boja zasićenija, odnosno ima veći udio čiste boje, a što je bliže središtu, to je zasićenost manja [8]. Akromatske boje nisu vidljive u krugu boja jer su smještene u samom središtu kruga. Akromatskoj boji nije pridružen niti jedan središnji kut, udaljenost od središta je jednaka nuli, tako da je u tom slučaju $a^*=0$ i $b^*=0$, a mjeri se samo L^* [8].

Koordinate L^* , a^* i b^* računaju se na temelju tristimulus vrijednosti X , Y , Z za standardnog promatrača pod kutom od 10° uz izvor svjetlosti D_{65} i standardiziranih vrijednosti $X_n=94.81$, $Y_n=100.00$, i $Z_n=107.30$ prema slijedećim formulama [8]:

$$L^*=116(Y/Y_n)^{1/3}-16 \quad (1)$$

$$a^*=500[(X/X_n)^{1/3}-(Y/Y_n)^{1/3}] \quad (2)$$

$$b^*=200[(Y/Y_n)^{1/3}-(Z/Z_n)^{1/3}] \quad (3)$$

pri čemu je: $+a^*$ crveno, $-a^*$ zeleno, $+b^*$ žuto i $-b^*$ plavo.

Kut (h°) računa se prema pravilima trigonometrije, gdje treba voditi brigu o predznacima a^* i b^* , odnosno o kvadrantu u kojem se nalazi određena boja. Boja s koordinatama $(+,+)$ je u prvom kvadrantu, $(-,+)$ je u drugom kvadrantu, $(-,-)$ je u trećem kvadrantu i $(+,-)$ je u četvrtom kvadrantu [8].

$$h^\circ=\arctg(b^*/a^*) \quad (4)$$

Zasićenost (C^*) ne ovisi o tonu (h°), a računa se prema Pitagorinom poučku, gdje a^* i b^* predstavljaju duljine kateta, a C^* duljinu hipotenuze [8].

$$C^*=(a^{*2}+b^{*2})^{1/2} \quad (5)$$

2.1.2. Razlika u boji na temelju CIELAB sustava

Jedan od čimbenika određivanja kvalitete proizvoda je brojčana vrijednost razlike u boji. Ukupna razlika u boji između ispitanog uzorka i standarda označava se ΔE [8].

Prema CIEL^{*}a^{*}b^{*} teoriji, ukupna razlika u boji računa se po formuli [8]:

$$\Delta E^*_{ab}=[(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (6)$$

pri čemu je:

$$\Delta L^* = L^*_{\text{uzorka}} - L^*_{\text{standarda}}$$

$$\Delta a^* = a^*_{\text{uzorka}} - a^*_{\text{standarda}}$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{uzorka}} - b^*_{\text{standarda}}$$

Pri tumačenju dobivenih vrijednosti, $+\Delta L^*$ znači da je uzorak svjetliji od standarda dok $-\Delta L^*$ znači da je uzorak tamniji od standarda, $+\Delta a^*$ znači da je uzorak crveniji ili manje zeleniji od standarda, dok $-\Delta a^*$ znači da je uzorak zeleniji, odnosno manje crveniji, $+\Delta b^*$ znači da je uzorak žući, a manje plaviji od standarda, dok $-\Delta b^*$ znači da je uzorak plaviji, a manje žući od standarda [8].

Ukupna razlika u boji može se izračunati i na temelju razlike u tonu i zasićenosti prema slijedećoj formuli [8]

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*)^2 + (\Delta H^*)^2]^{1/2} \quad (7)$$

pri čemu je:

$$\Delta C^* = C^*_{\text{uzorka}} - C^*_{\text{standarda}}$$

$$\Delta H^* = C^* \cdot \Delta h^0 \cdot (\pi/180^\circ), \text{ tj.} \quad (8)$$

$$\Delta H^* = 2 \sin(\Delta h^*/2) \cdot (C_u - C_s)^{1/2}$$

Pri tumačenju dobivene razlike ΔH^* , najprije se određuje ton boje. Ako je ton boje crven, onda $+\Delta H^*$ znači više žuti, a $-\Delta H^*$ više plavo. Za žuti ton, $+\Delta H^*$ znači više zeleno, a $-\Delta H^*$ više crveno. Kod zelenog tona, $+\Delta H^*$ znači više plavo, a $-\Delta H^*$ više žuto, dok za plavi ton, $+\Delta H^*$ znači više zeleno, a $-\Delta H^*$ više crveno [8].

Pri određivanju ukupne razlike ΔE^* u boji vrijedi slijedeći kriterij [8]:

Ako je $\Delta E^* < 0.2$, razlika u boji se ne vidi.

Ako je $0.2 \leq \Delta E^* < 1$, razlike se primjećuju.

Ako je $1 \leq \Delta E^* < 3$, razlike se vide.

Ako je $3 \leq \Delta E^* < 6$, razlike su naglašenije.

Ako je $\Delta E^* \geq 6$, odstupanja su očigledna.

Budući da ukupna razlika u boji (ΔE^*), ne daje potpunu informaciju o razlikama u boji, poželjno je znati sve pojedinačne parametre razlike u boji, ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔC^* i ΔH^* , kako bi se dobila što realnija ocjena postojanosti boje.

2.2. Struktura vlakna

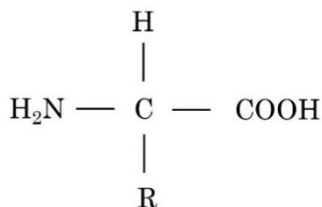
Struktura tvari u kojoj su atomi i molekule u prostoru raspoređeni s maksimalnom pravilnošću zove se kristal, dok se potpuna nesređenost naziva amorfna struktura. U vlaknima postoje elementi i kristalne i amorfne strukture pa se za vlakna kaže da su kristalaste strukture [13]. Udio kristalnih i amorfni područja u raznim vrstama vlakana je različit. Za bojadisanje vlakana najvažnije je amorfno područje jer se upravo u tom području događaju sve reakcije između bojila i vlakna (Sl. 11.) [14].



Sl. 11. Struktura vlakna [1,14]

2.2.1. Proteinska vlakana

Vuna, dlake raznih životinja te svila spadaju u životinjska ili proteinska vlakna. Naziv proteinska vlakna proizlazi iz činjenice da je protein temeljna građevna tvar živih bića. Proteini proteinskih vlakana građeni su od aminokiselina koje se pojednostavljeno mogu prikazati formulom (Sl. 12.), gdje su na ugljikov atom vezane dvije funkcionalne skupine, amino skupina (-NH₂) i karboksilna skupina (-COOH), dok -R predstavlja organski ostatak i on je za svaku aminokiselinu različit te po njemu aminokiselina dobiva naziv [13]. Takav položaj funkcionalnih skupina u molekuli zove se α -položaj pa se i ta skupina aminokiselina naziva α -aminokiseline.



Sl. 12. Opća formula α -aminokiseline [1,13]

Najjednostavnija aminokiselina ima kao organski ostatak -R vodikov atom (-H) pa njezina formula glasi H₂N-CH₂-COOH i naziva se glicin [13]. Protein od kojih je

sagrađeno vuneno vlakno zove se keratin, a čine ga čak 24 aminokiseline [13]. Najveći udio u keratinu ima aminokiselina sa hidroksilnom skupinom zvana serin, a odmah za njom je glicin. Temeljni protein svile je fibroin, kojeg grade 18 aminokiselina [18], a najveći udio ima glicin.

Keratin i fibroin su osjetljivi na alkalije i povišenu temperaturu. Jače alkalije u kombinaciji sa povišenom temperaturom potpuno razaraju proteine. Proteini su osjetljivi i na djelovanje oksidansa tako da i njih treba primjenjivati s oprezom ili ih izbjegavati. Prema razrijeđenim kiselinama imaju veću otpornost, ali koncentrirane anorganske kiseline ih potpuno razaraju. Organska otapala dobro podnose tako da se mogu čistiti u kemijskoj čistionici. Proteinska vlakna dobro upijaju vlagu i zadržavaju vodu, lako vežu na sebe bojila pa su pogodna za provedbu raznih tehnika bojanja i drugih oblika oplemenjivanja. Fibroin ima veći udio kristalnih područja nego keratin [13].

2.2.1.1. Svila



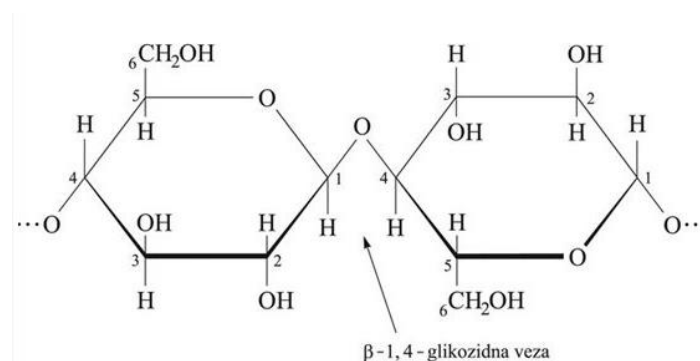
Sl. 13. Razvojni ciklus dudovog svilca [15]

Budući da se u ovom radu pokusi vrše na prirodnoj svili, opisane su vrste i proizvodnja svile. Svila je prirodno proteinsko vlakno pretežito građeno od proteina zvanog fibroin pa se zato naziva još i fibroinsko vlakno [13]. Postoji više vrsta prirodne svile. Najkvalitetnijom se smatra svila dudovog svilca i naziva se plemenita svila. Dudov svilac (lat. *Bombyx mori*) je bjelkasti leptir iz porodice prelacica ili svilaca (lat. *Bombycidae*) kojeg ljudi uzgajaju upravo zbog proizvodnje svile. Ostale vrste prirodne svile nazivaju se divlje svile jer ih proizvode prelici koje žive u divljini [13]. Preduvjet za uzgoj dudovog svilca je uzgoj stabla bijelog duda, čijim se lišćem dudov svilac hrani. Uzgoj dudovog svilca započinje u rano proljeće, kada se oplodjena jajašca dudovog svilca stavljaju u inkubator, nakon tri dana izlegu se gusjenice, koje se zatim neprestano hrane mladim lišćem duda. U periodu od tridesetak dana, gusjenice se četiri puta presvlače u trajanju od jednog dana. Nakon tridesetak dana, kada gusjenice dovoljno narastu, počinju lučiti fibroinske niti obavijene sericinom, koji ima ulogu ljepila, te počinju plesti čahuru u koju se zatvaraju. Izrada čahure traje oko tri dana i gusjenica tada proizvede do 4000 m niti [13]. Unutar

čahure gusjenica se preobražava u leptira, postiže spolnu zrelost, razbija čahuru i traži partnera za parenje. Ženka zatim polaže jajašca, jajašca se stavljaju u inkubator i ciklus se nastavlja (Sl. 13.). Dio gusjenica u čahurama se ostavlja za razmnožavanje, a veći se dio gusjenica, još dok su u čahurama, usmrte namakanjem čahura u vodu. Čahure se zatim suše i započinje postupak odmatanja niti svile. Takva svila naziva se sirova svila ili grež svila [13]. Sirova svila je gruba zbog sericina, i kao takva se dalje prerađuje. Da bi svila dobila sjaj, glatkoću i mekoću, vrši se degumiranje, odnosno uklanjanje sericina. Degumiranje se vrši pranjem svile u sapunskim otopinama povišene temperature. Ovisno o stupnju uklanjanja sericina, dobiva se određena vrsta svile. Ako je uklonjeno vrlo malo sericina dobiva se gruba svila bez sjaja koja se naziva ekri [13]. Ako je degumiranjem masa sirove svile smanjena do 12%, što znači da je uklonjeno oko 50% ukupnog sericina, dobiva se nešto manje gruba svila, ali i dalje bez sjaja. Takva svila se zove saple [13]. U koliko je sericin u potpunosti uklonjen, što se utvrđuje gubitkom od 29% ukupne mase sirove svile, dobiva se tanka, mekana i sjajna svila koja se naziva kvite [13]. Upravo zbog te mekoće, sjaja i ugone na koži, plemenita svila je vrlo cijenjena i skupa. Divlje svile proizvode se od osamdesetak vrsta drugih divljih prelaca koji obitavaju u šumama Kine, Indije, Japana te dijelu Afrike. Divlja svila je nešto grublja, manje sjajna i jeftinija je.

2.2.2. Celulozna vlakana

Sva vlakna nastala od biljaka zovu se celulozna vlakna jer je celuloza temeljna građevna tvar biljaka. Celuloza je polisaharid koji se u biljci stvara polimerizacijom β -D-glukoze, koja je posljedica fotosinteze. Po kemijskom sastavu, sagrađena je od ugljika (C), vodika (H) i kisika (O), a prema udjelu svakog od elemenata ima formulu $(C_6H_{10}O_5)_n$, gdje n predstavlja broj ponavljanja glukoznih ostataka. Dva glukozna ostataka povezana β -1,4 glikozidnom vezom čine celobiozu (Sl. 14.).



Sl. 14. Celobioza [16]

Vidi se da je $-CH_2OH$ skupina u svakom slijedećem glukoznom ostatku u lancu zakrenuta za 180° u odnosu na prethodni. Prema tome, celulozu čini lanac celobioza [13].

Prirodna celulozna vlakna dobivaju se od velikog broja biljaka. Udio celuloze u vlaknu razlikuje se, ovisno o vrsti biljke od koje je proizvedeno [14].

Prirodna celulozna vlakna su:

- Sjemenska vlakna, od kojih je najpoznatije pamučno vlakno, koja se dobiva od raznih vrsta pamuka.
- Kapokova vlakna, koja se dobivaju iz plodova tropske biljke kapok kojih ima nekoliko vrsta.
- Stablična vlakna, koja se dobivaju od stabljika biljaka, a među najpoznatijim predstavnicima su vlakna od lana, konoplje, koprive, jute i ramije.
- Tvrda vlakna koja se dobivaju iz listova raznih vrsta biljaka iz roda agava, najpoznatije su sisal, kantala, heneken, tampiko i manila, a ima ih još oko 200 do 300 vrsta.
- Kokosova vlakno koja se dobivaju iz ploda kokosovih palmi.
- Vlakna od nekih vrsta trava od kojih je najpoznatija esparto trava koja se uzgaja u Španjolskoj [13].

Za tekstilije od celuloznih vlakana provodi se tzv. proces mercerizacije kojim se povećavaju amorfnost područja vlakana, a time i veća apsorpcija vode, bolje primanje bojila, te sjaj i čvrstoća. Mercerizacija podrazumijeva obradu celuloznih tekstilija 23%-tnom Na-lužinom u strogo kontroliranim uvjetima [13]. Proces je dobio naziv po J. Merceru koji je 1850. taj proces proveo na pamuku.

Celuloza je netopiva u vodi. Otporna je na djelovanje lužina, pa su zato celulozne tkanine pogodne za pranje i iskuhavanje u alkalnom mediju. Jake i koncentrirane lužine uz povišenu temperaturu razaraju celulozu. Celuloza je osjetljivija na djelovanje kiselina. Koncentrirane anorganske kiseline razaraju celulozu već pri sobnoj temperaturi, a razrijeđene anorganske i organske kiseline oštećuju je pri povišenim temperaturama. Celuloza je otporna na oksidacije pa se u alkalnom mediju može izbjeći uz pažljivo doziranje oksidansa i odabir temperature [13].

2.2.2.1. Pamuk



Sl. 15. *Gossypium hirsutum* [17]

Pamuk je najraširenije tekstilno vlakno danas. Pamuk se dobiva od istoimene biljke koja je najčešće grmolika, a naraste od 1m do 2 m visine. Danas se najveća uzgajališta pamuka nalaze u SAD-u, Kini, Indiji, Pakistanu, Uzbekistanu i Turskoj. Postoji oko 40 vrsta pamuka, ali samo četiri vrste su izdvojene kao pogodne za proizvodnju vlakana. *Gossypium hirsutum* (Sl. 15.) je najrašireniji pamuk, zauzima čak 85% ukupne proizvodnje pamuka, daje vlakna srednje

duljine od 19-32mm i finoće 2.2dtex. Tu spada američki pamuk Upland [13]. *Gossypium barbadense* je najkvalitetniji pamuk koji daje čvršća i dulja vlakna, srednje duljine od 34-38 mm, a finoća se kreće od 1-1.3dtex. Tu spadaju egipatski pamuci Maco i Giza, američki Sea Island te južnoamerički Prima [13]. *Gossypium herbaceum* je indijska vrsta pamuka, ne daje kvalitetna vlakna, vlakna su kratka, gruba i nisu čvrsta [13]. *Gossypium arboreum* daje vrlo slabu kvalitetu vlakana tako da nije pogodan za izradu tekstila [13].

Proizvodnja pamuka započinje sa sjetvom. Biljka naraste do 2 m visine, ima listiće, cvate samo jedan dan, cvjetići otpadnu i na tom mjestu formira se plod u obliku čahure sa sjemenkama, a iz sjemenki onda rastu vlakna. Kada vlakna dozriju, slijedi berba, a zatim se vrši egreniranje. Egreniranje je postupak odvajanja vlakna od sjemenke. Udio vlakana je samo 33%, a čak 65% otpada na sjemenke koje se dalje prerađuju u stočnu hranu, dok je 2% otpadnih vlakana [13]. Pamuk se uzgaja na velikim plantažama i da bi se zaštitio od raznih štetočina i bolesti, tretira se raznim insekticidima i pesticidima, a kako bi prinos bio što veći, rabe se i razna sredstva za regulaciju rasta te umjetna gnojiva. Time se onečišćuje okoliš, upitno je i djelovanje tako dobivenog pamuka na zdravlje čovjeka pa se stoga danas inzistira na uzgoju eko-pamuka. Uzgoj eko-pamuka podrazumijeva strogu kontrolu uzgoja, bez umjetnih gnojiva i regulatora rasta te bez sintetskih pesticida, herbicida i insekticida, kako bi se zaštitio i okoliš i kako uzgojena vlakna ne bi bila opasana po zdravlje čovjeka.

Prema izvoru [13], ocjenjivanju kvalitete pamuka uključuje čistoću, boju, duljinu vlakna, finoću, zrelost, čvrstoću, gustoću te sposobnost upijanja vlage. Pod čistoćom se

podrazumijeva količina ostataka sjemenki, lišća, zemlje i ostalih onečišćenja nastalih tijekom berbe. Ručno bran pamuk je puno čišći od strojno branog pamuka. Najkvalitetniji pamuk je bijele boje, a odstupanje od bjeline znači i slabiju kvalitetu. Prema duljini, pamučna vlakna se smatraju kratkim vlaknima, a za izradu pređe ne smiju biti kraća od 12.5 mm. Poželjno je da su prije pređe vlakna sortirana, tako da su ujednačene duljine. Pamučna vlakna pripadaju skupini finih vlakana. Finoća pamuka ispituje se pomoću mikronera, tako što se mjeri otpor strujanja zraka kroz uzorak. Što je pamuk finiji, to je vrijednost mikronera manja. Budući da pamučna vlakna nejednoliko dozrijevaju, važno je da u uzorku bude što veći postotak zrelih vlakana jer se ona lakše prerađuju u pređu. Što se tiče čvrstoće, pamučna vlakna spadaju u srednje čvrsta vlakna i zanimljivo je da su u mokrom stanju čvršća nego u suhom. Pamučna vlakna su dosta higroskopna. Gustoća vlakna kreće se od 1.53 do 1.55 g/cm³ i zato pripadaju skupini srednje gustih vlakana. Pamučno vlakno lako gori, osjetljivo je na gljivice, plijesni i bakterije, a pri izlaganju UV zrakama u duljem vremenskom periodu, gubi čvrstoću.

2.3. Proces bojadisanja celuloznih i proteinskih vlakana prirodnim biljnim bojilima

Osnovni princip bojadisanja celuloznih i proteinskih vlakna prirodnim biljnim bojilima, pojednostavljeno se može opisati u tri koraka. Prvi korak je ekstrakcija bojila iz biljke, drugi korak je iscrpljenje bojila na vlakno i treći korak je fiksiranje bojila na vlaknu. Proces bojadisanja je zapravo vrlo složen, a ovisi o vrsti bojila, vrsti vlakana i procesnim parametrima: temperaturi, pH i dodacima kao što su elektrolit, pH regulator, dispergator, urea i ostala pomoćna sredstva. Sve reakcije između bojila i vlakna odvijaju se u amorfnom području vlakna [14]. Temperatura je osnovni parametar koja utječe na strukturne promjene unutar vlakna, povećavajući amorfnu dio i bolju topivost bojila te brže gibanje molekula bojila, što pridonosi bržoj adsorpciji bojila [14]. pH aktivira funkcionalne skupine u vlaknu i osigurava vezu bojila i vlakna. Za celulozna vlakna pH je najčešće alkalna (pH=7-10.5), a ovisno o bojilu, alkalitet se podešava najčešće sa natrijevim karbonatom (Na₂CO₃) ili natrijevim hidroksidom (NaOH) [14]. Za proteinska, vlakna pH je najčešće kiseo (pH=3-6), a kiselost se podešava sa octenom kiselinom (CH₃COOH), ili mravljom kiselinom (HCOOH) [14]. Dodaci ovise o vrsti bojila i vlakna, to su sredstva za kvašenje, dispergatori, egalizatori, elektroliti i dr. Elektroliti kao natrij klorid (NaCl) i natrij sulfat (Na₂SO₄), koji mijenjaju naboj celuloznog vlakna, tzv. ξ-potencijal te utječu na iscrpljenje bojila na vlakno i difuziju u vlakno, nasuprot, kod

proteinskih vlakana djeluju kao retarderi usporavajući proces difuzije bojila u vlakno te na taj način osiguravaju veće iscrpljenje bojila i jednoličnost obojenja. Veza između bojila i vlakna ostvaruje se kovalentnim vezama, ionskim vezama, vodikovim vezama ili fizičkim silama privlačenja, tzv. Van der Waalsovima. Ukoliko se veza između bojila i vlakna odvija vodikovim vezama zajedno sa Van der Waalsovima, onda se govori o supstantivnoj vezi. Postojanost obojenja ovisi o kemijskoj strukturi bojila i jakosti veze između bojila i supstrata.

2.4. Kisela, metalkompleksna, supstativna i redukcijaska bojila

Bojila su spojevi, najčešći organski, koji imaju sposobnost obojiti tekstilni supstrat stvarajući s njim kemijsku vezu ili se vežu za supstrat trajnim fizičkim vezama [14].

Godine 1876. Witt postavlja prvu teoriju obojenosti pod nazivom *Teorija kromofora i auksokroma*. Prema toj teoriji, kromofor i auksokrom zajedno čine molekulu bojila, koja se naziva kromogen. Kromofori su nezasićena skupine kao što su nitro (-NO₂), azo (-N=N-) i karbonilne skupine (C=O) i oni su potencijalni nositelji obojenosti [14]. Auksokromi su amino (-NH₂), hidroksidne (-OH), sulfo (-SO₃H) ili karboksilne (-COOH) skupine i zaslužni su za topivost bojila u vodi, za stvaranje veza bojila i vlakna te za podton [14].

U ovom radu opisane su samo neke vrste bojila prema primjenskim svojstvima, koja se temelje na topivosti i afinitetu prema vrsti tekstilnog vlakna a to su: kisela bojila, metalkompleksna bojila (kiselomočilska i stabilna metalkompleksna bojila 1:1 i 1:2), supstativna ili direktna bojila i redukcijaska bojila. Izbor ovih bojila proizlazi iz saznanja da prirodna biljna bojila najčešće pripadaju ovim skupinama bojila i rabe se u bojadisanju celuloznih i proteinskih vlakana.

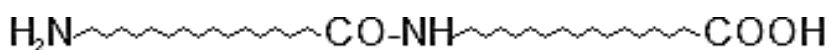
Kisela bojila su topiva u vodi i pri otapanju stvaraju obojeni anion. Naziv kisela bojila dolazi zbog bojadisanja u kiselim kupeljima uz dodatak mineralnih ili organskih kiselina. Imaju direktni afinitet prema proteinskim vlaknima pa se rabe za bojadisanje vune i svile. Osnovni princip bojadisanja proteinskih vlakana kiselim bojilima je stvaranje ionske veze s amino skupinama. Veze kiselog bojila i proteinskog vlakna mogu biti ionske, ionske+vodikove i dipolne (Van der Waalsove+ionske). Kisela bojila se dijele u tri skupine: 1-leveling bojila koja se primjenjuju u jako kiselom (pH=2-4), 2-miling bojila koja se primjenjuju u izoelektričnom području (pH 4-6) i 3-supermiling bojila koja se primjenjuju u neutralnom području (pH 6-7). Stupanj iscrpljenja i jednoličnost (egalnost)

ovise o pH, temperaturi, elektrolitu i veličini kupelji za bojadisanje. Ova bojila daju žive tonove, široku paletu boja i relativno jednostavan je postupak bojadisanja [14].

Kiselo-močilska bojila imaju svojstvo da sa metalnim oksidima ili hidroksidima stvaraju obojene komplekse. Kompleks bojila sa metalom nastaje u vlaknu tijekom procesa bojadisanja. Kao močila su prikladne soli različitih metala čiji su oksidi slabo topivi u vodi, a to mogu biti soli aluminija, kroma, željeza, bakra, kositra i nikla. Vlakna se najprije moče sa metalnim solima, a zatim se obrađuju u vodenoj otopini biljnog ekstrakta ili obratno, najprije se vlakna obrađuju bojilom, a onda se naknadno vrši močenje obojenog materijala sa otopinom metalnih soli. Od prirodnih biljnih bojila u ovoj skupini može se izdvojiti alizarin koji se najčešće dobivao iz biljke broć (lat. *Rubia tinctorum*).

Stabilna metalkompleksna bojila imaju svojstvo da se obojeni kompleks stvara u tijeku sinteze samog bojila. Stabilni obojeni metalkompleksi su po kemijskom sastavu slični kiselo-močilskim bojilima, a razlikuju se dvije vrste: kisela metalkompleksna bojila (1:1) kod kojih se jedna molekula bojila veže s jednim atomom metala i neutralna metalkompleksna bojila (1:2), gdje se dvije molekule bojila vežu na jedan atom metala. Kisela metalkompleksna bojila (1:1) bojadišu u jako kiselom (pH 3-4) uz dodatak sumporne kiseline, imaju dobro iscrpljenje i srednju postojanost. Neutralna metalkompleksna bojila (1:2) bojadišu u neutralnoj i slabo kiseloj kupelji (pH 5.5-7). Od prirodnih biljnih bojila u ovu skupinu spadaju flavonoidna bojila, među kojima su žuti tonovi najzastupljeniji i najčešće se koriste za bojanje proteinskih vlakana.

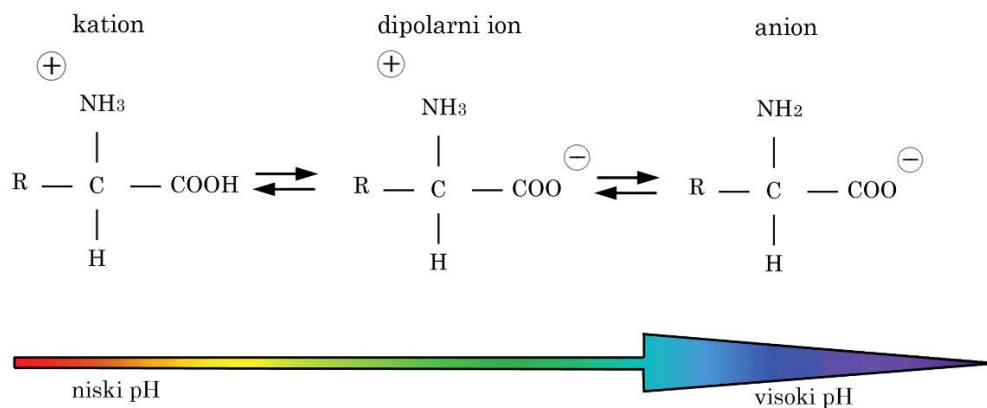
Važno je napomenuti da proteinska vlakna zbog amorfnog karaktera mijenjaju svoj naboj promjenom pH kupelji u kojoj se vrši bojadisanje. Budući da proteinska vlakna nastaju povezivanjem većeg broja molekula raznih α -aminokiselina peptidnim (-CONH-) vezama, te su sve te aminokiseline amfoliti jer sadrže karboksilnu skupinu (-COOH-) i amino skupinu (-NH₂) opća, skraćena formula proteinskog vlakna može se zapisati na slijedeći način (Sl. 16.) [14].



Sl. 16. Skraćena formula proteinskog vlakna [1,14]

Karakteristično za amfolit je da se u kupelji pH od 4.5 do 4.9 stvara dipolarni ili dvojni ion, odnosno ion koji ima pozitivan (NH₃⁺) i negativan (COOH⁻) naboj na različitim mjestima iste molekule, ali je istovremeno električki neutralan [18]. Tada se koriste neutralna stabilna metal kompleksna bojila 1:2 (Sl. 17.).

Prilikom dodatka kiseline u kupelj tako da je pH manji od 4.5, dolazi do disocijacije i reakcije amino skupine i vodika, gdje proteinsko vlakno postaje pozitivnog naboja, odnosno kationskog karaktera i tada se koriste anionska, kisela bojila ili stabilna metalkompleksna bojila 1:1, koja disocijacijom postižu negativan naboj te se lako spajaju s vlaknom (Sl. 17.). Dodatkom lužine u kupelj dolazi do disocijacije i reakcije karboksilne (-COOH) i hidroksilne (-OH) skupine te se uz izdvajanje molekule vode, stvara negativni, anionski karakter proteinskog vlakna, radi čega se koriste kationska bojila (Sl. 17.) [14,18].



Sl. 17. Promjena naboja proteinskog vlakna prema promjeni pH [1,18]

Direktna ili supstativna bojila topiva su u vodi, predstavnici su anionskih bojila, vežu se direktno na celulozna vlakna, veza bojila i vlakna je supstativna, bojadisanje se odvija u vodenoj kupelji uz dodatak elektrolita u neutralnom ili blago alkalnom mediju (pH 7-9). Kao alkalija se najčešće koristi soda (Na_2CO_3), koja osim regulacije pH, doprinosi boljem otapanju bojila te regulira brzinu adsorpcije bojila. Pomoćna sredstva koja se mogu koristiti su sekvesanti, egalizatori i kvasila. Direktna bojila imaju veliki stupanj iskorištenja, ali malu postojanost prema mokroj obradi pa je potrebna naknadna obrada fiksatorima ili metalnim solima. Od metalnih soli, najčešće se koristi CuSO_4 [14]. Najznačajniji predstavnik supstativnih prirodnih biljnih bojila je žuta boja koja se dobiva se iz biljke kurkume (lat. *Curcuma longa*) i šafranike (lat. *Carthamus tinctorius*) [19].

Redukcijska bojila sadrže karbonilne skupine (C=O). Prema samom nazivu bojila, osnovni princip bojenja temelji se na redukciji netopivog obojenog pigmenta. Budući da su redukcijska bojila netopiva u vodi, potrebno je dodati alkalije kojima se postiže topivost obojenog pigmenta, koji se zatim iscrpljuje na vlakno, a njegovom reoksidacijom u vlaknu ponovo se vraća u netopivi pigmentni oblik. U praksi se za otapanje redukcijskih bojila najčešće rabi natrijev ditionit $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ (hidrosulfit) [14]. Nakon bojadisanja

supstrata redukcijskim bojilima potrebno je supstrat obraditi u sapunskoj otopini radi uklanjanja nevezanog bojila i radi oživljavanja boja. Najznačajnija redukcijska prirodna biljna bojila su indigoidna bojila, od kojih se dobiva plava boja, a najpoznatiji predstavnici biljaka od kojih se dobivala plava boja su pravi indigo (lat. *Indigo tinctoria*) te vrbovnik (lat. *Isatis tinctoria*).

2.5. Prirodna biljna bojila i bojadisanje vlakana u prošlosti

Ljudi su od davnina eksperimentirali sa listovima, cvjetovima, korama, plodovima i korijenjem biljaka, pri bojadisanju pratili su postojanost boje, bavili su se regulacijom procesnih parametara iako nisu imali naprave kojima bi to precizno mjerili i nisu znali opisati kemijske reakcije koje se pri tome događaju. Svoja iskustva prenosili su usmenom predajom ili zapisivali. Najstariji zapisan recept za dobivanje bojila iz biljaka, datira iz 300. godine, a među biljkama se spominju: krvavica (lat. *Alkanna tinctoria*), šafran (lat. *Crocus sativus*), šafranika (lat. *Carthamus tinctorius*), broć (lat. *Rubia tinctorum*) i vrbovnik (lat. *Isatis tinctoria*) [20]. Iako se u ovom receptu ne spominju, vrlo značajne biljke za dobivanje bojila bile su još: pravi indigo (lat. *Indigo tinctoria*), brazilsko drvo (lat. *Caesalpinia echinata*) i kurkuma (lat. *Curcuma longa*). Od tkanina rabila su se od celuloznih vlakana pamuk, lan i konoplja te od proteinskih vlakana svila i vuna.

Bojadisanje prirodnih vlakana i proizvodnja biljnih bojila bili su u prošlosti vrlo unosni poslovi. U procesu bojadisanja, rabio se lug od pepela, ustajali urin, alaun, ocat, sok limuna, sakupljale su se fekalije ljudi i životinja, životinjska krv i iznutrice, a mnogi postupci bojadisanja bili su tajna. Ustajali urin i fekalije (pH regulatori), skupljali su u velikim posudama na javnim mjestima i odvozili u postrojenja za bojadisanje tkanina i proizvodnju bojila, koja su zbog vrlo jakog smrada koji se iz njih širio, bila smještena na rubovima grada. Urin se dugo zadržao na tržištu kao vrlo važno sredstvo u procesu bojadisanja tkanina, tako da je u Engleskoj u 18. stoljeću grad Newcastle-upon-Tyne bio glavno skupljalište urina, koji se onda odvezio u ostale dijelove Engleske [20].

Polovicom 19. stoljeća, pojavom prvih sintetskih bojila, proizvodnja prirodnih bojila naglo opada, a zamjenjuje ih puno jeftinija proizvodnja čitave palete sintetskih bojila, koja su se s vremenom sve više usavršila. Prirodna bojila danas su ponovo aktualizirana iz ekoloških razloga te zbog brige za zdravlje čovjeka [20].

2.5.1. Plava boja



Sl. 18 *Indigo tinctoria* [21]

Za proizvodnju plave boje najčešće se u prošlosti spominju dvije biljke, pravi indigo (lat. *Indigo tinctoria*) i vrbovnik (lat. *Isatis tinctoria*). Indigo se može dobiti iz raznih vrsta biljaka iz porodice tropskih indigofera među kojima je u povijesti bio najznačajniji pravi indigo. Pravi indigo raste u tropskim područjima Azije i Amerike. To je grmolika biljka iz porodice grahorica. Može narasti u visinu od 1 do 3 m. Listići su u parovima raspoređeni u dva simetrična niza, a jedan listić na vrhu grančice nema para. Cvjetovi su ružičasti, a plodovi su mahune (Sl. 18.).

Smatra se da su plavu boju iz indiga prvi proizveli Indijci. Boja se dobiva tako da se svježi listovi indiga stave u vodu i puste da smjesa fermentira, zatim se otopina procijedi i miješa se sa lugom od pepela, formiraju su se kugle koje se suše i zatim usitnjavaju u prah, indigo [20]. Budući da indigo nije topiv u vodi, vodi se dodaje ustajali urin koji reducira netopivi indigo u topivu tvar, tzv. bijeli indigo, zbog kojeg onda otopina postaje žuto-zelena. Kada se tkanina uroni u tu otopinu, ona je u početku žuto-zelena, zatim se izvadi iz otopine te na zraku oksidira i postaje plava. Budući da indigo stvara vrlo lužnatu otopinu, pogodan je za bojanje celuloznih vlakana.

Za dobivanje plave boje rabila se i biljka vrbovnik (Sl. 19.). Vrbovnik je bio vrlo značajan i rasprostranjen na europskom tlu jer mu pogoduje umjeren klimatski pojas. Vrbovnik je zeljasta biljka, visine od 25 do 140 cm, ima izduljene listove, a u vrijeme cvatnje ima male žute cvjetove [20]. U slijedećem ulomku opisano je kako se u prošlosti dobivalo bojilo iz vrbovnika te kako se njime bojila tkanina [20].

Ubrani listovi gnječili su se i sušili na suncu oko 14 dana. Zatim su se tako osušeni i zgnječeni listovi uranjali u ustajali urin u plitkim drvenim posudama. Smjesa urina i listova stajala je na suncu do fermentacije. Kada je nestalo smrada, fermentacija je bila završena, a alkohol kao rezultat fermentacije, omogućio je oslobađanje bojila iz biljke. Smjesa se dalje mogla odmah upotrebljavati za bojanje ili se oblikovala u kugle koje su se sušile na suncu i pohranjivale u spremišta. Za bojanje tkanina, proces



Sl. 19. *Isatis tinctoria* [22]

fermentacije morao se ponoviti tako da se dobivena smjesa prve fermentacije zajedno sa soli stavljala u urin te se tako dobivena smjesa nekoliko dana gazila do nove fermentacije. Kada se pojavila plijesan, otopina je bila spremna za bojanje tkanina. Tkanine su se namakale 24 sata, a zatim ispirale urinom i tek sušenjem na zraku poprimile su plavu boju. Otopina vrbovnika je blaga lužina pa je pogodna i za bojanje vune [19].

2.5.2. Crvena boja



Sl. 20. *Rubia tinctorum* [23]

Glavni predstavnik za dobivanje crvene boje bila je biljka broć (lat. *Rubia tinctorum*) (Sl. 20.) i brazilsko drvo (lat. *Caesalpinia echineta*). U hrvatskom podneblju spominju se još divlji broć (lat. *Rubia peregrina*), ruj (lat. *Rhus coriaria* i *Rhus cotinus*), divlja jabuka (*Malus silvestris*), mravinac (lat. *Origanum vulgare*), krvavica dlakava (lat. *Alkanna tinctoria*), ivanjsko cvijeće (lat. *Galium rubioides*) i šumske broćike (lat. *Asperula tinctoria*) [20].

Broć je zeljasta biljka, visine oko 1 metar, trajnica je, ima kružno pozicionirane skupine od četiri do šest listića, u vrijeme cvatnje ima male žute cvjetice, a kasnije daje plodove u obliku malih crnih bobica. Korijen broća, kao glavna sirovina za dobivanje boje, može biti dulji od metra, i obično se melje u prah. Od toga praha dobiva se crvena boja alizarin, a raznim receptima bojadisanja, dobije se cijela paleta crvenih tonova. Broć je pogodan za bojadisanje proteinskih vlakana. U slijedećem ulomku opisan je postupak bojadisanja vune. Postupak bojadisanja sastojao se u namakanju vune u kiseloj mlakoj kupki koja se priprema tako da se u mlaku vodu dodaje stipsa. Kupelj mora biti na toplom mjestu, a u njoj se vuna drži tri do četiri dana kako bi se zakiselila. Zatim se tako zakiseljena vuna suši. Kada se vuna osuši, zagrije se voda, vuna se uranja u toplu vodu, posipa se sa broćevim prahom i nakon sat vremena, vuneno vlakno je crveno. U koliko se želi dobiti jača ili slabija crvena boja, stavlja se više ili manje praha i dulje se ili kraće vrijeme vuna drži u otopini bojila [20].

Brazilsko drvo raste u Južnoj Americi. Crvena boja dobiva se od piljevine samoga drveta. Kada piljevina stoji u vodi, počinje se izlučivati crvena boja. U koliko se ta otopina miješa sa lugom od pepela, dobiva se ljubičasta boja, a u koliko se miješa sa stipsom dobiva se narančasta boja. Eksploatacija tog drveta je bila toliko velika da mu je prijetilo izumiranje pa je danas ta vrsta drveta zaštićena biljna vrsta [20].

2.5.3. Žuta boja

Šafran (lat. *Crocus sativus*) (Sl. 21.), šafranika (lat. *Carthamus tinctorius*) (Sl. 22.) i kurkuma (lat. *Curcuma longa*) (Sl. 23.), su najčešće spominjane biljke od kojih se u prošlosti dobivala žuta boja, a u hrvatskom podneblju spominju se još srpac (lat. *Serratula tinctoria*), žutika (lat. *Berberis vulgaris*), trušlika (lat. *Rhamnus frangula*), žutica (lat. *Genista tinctoria*), kadulja (lat. *Salvia officinalis*), zanovjet (lat. *Cytisus tinctorius*), zatim, kora ploda mogranja, kora breze, šljive i divlje jabuke te lišće duda i vinove loze [20].

Šafran pripada porodici irisa, biljka se razvija iz lukovice, niska je rasta i ima ljubičaste cvjetove. Uzgaja se diljem Azije, Afrike i Europe, a danas je najveći proizvođač šafrana Iran. Žuti pigment nalazi se u njuški tučka biljke. Jedan šafran ima tri tučka, tako da je potrebna ogromna količina šafrana da bi se dobila manja količina bojila. Žuta boja šafrana je zbog toga bila u prošlosti izuzetno skupa, a vrijednost bojila u gramima bila je podjednaka vrijednosti zlata. Ono što je značajno za žuto bojilo šafrana je da je bojadisanje bilo jednostavno, a boja vrlo postojana i kvalitetna [20].

Žuta bojila šafranike i kurkume bila su zamjena za žuto bojilo šafrana. Kod šafranike se za dobivanje bojila koristio cvijet, a kod kurkume korijen. Za razliku od šafrana, ova bojila su bila daleko jeftinija, ali i daleko slabije kvalitete. Rabila su se za bojadisanje odjeće, boja je bila slabo postojana. Boja šafranike rabila se i kao podloga za dobivanje zelene boje, tako da se tkanina najprije obojila žutom bojom šafranike, a zatim plavom bojom vrbovnika ili indiga [20].



Sl. 21. *Crocus sativus* [24]



Sl. 22. *Charthamus tinctorius* [25]



Slika 23. *Curcuma longa* [26]

2.6. Procesi tiska – biljni transfer tisak

Bojila iz biljaka rabila su se u prošlosti za jednolično bojadisanje vlakana ili za površinsko uzorkovanje tkanina, odnosno tisak. Tisak je vrlo sličan procesu bojadisanja vlakna samo što se adsorpcija bojila na vlakno ne događa u kupelji s bojilom, gdje se bojilo iz kupelji adsorbira na površini tekstilnog supstrata, već se adsorpcija bojila postiže direktno na vlaknu, samo na određenim, željenim mjestima. Ostale faze bojadisanja i tiska su iste, a to su difuzija bojila u vlakno te naknadna obrada radi što bolje postojanosti. Princip biljnog transfer tiska može se prema tome najbolje usporediti sa tiskom, samo što se na željenom mjestu ne otiskuje bojilo, nego se polaže biljka koja otpušta vlastiti pigment. Rezultati biljnog transfer tiska nisu jednolična obojenja, niti ujednačeni uzorci, već raznobojni, nepredvidivi i neponovljivi uzorci koje diktira biljka.

Postoji više postupaka biljnog transfer tiska. Biljni transfer tisak može se postići hladnim ili vrućim postupkom te djelovanjem sunčeve svjetlosti. Tkanina ne smije biti sintetička, poželjno je da se prije tretiranja tkanine biljkama, provede proces iskuhavanja kako bi se tkanina omekšala i očistila od raznih tvorničkih nečistoća i impregnacija [27].

Vrući biljni transfer tisak sastoji se u tome da se biljke poslože na tkaninu, zajedno se uviju i omotaju čvrsto koncem, te se kuhaju oko 6 do 8 sati. Nakon kuhanja se suše i tek potpuno osušene se odvajaju od tkanine (Sl. 24.) [27].



Sl. 24. Rezultati biljnog transfer tiska kuhanjem [27]

Hladni biljni transfer tisak sastoji se u tome da se biljke poslože na tkaninu, prekriju pergamentnim papirom i snažno udaraju čekićem (Sl. 24. i Sl. 25.) [27].



Sl. 25. Biljni transfer tisak čekićem [27]



Sl. 26. Rezultat biljnog transfer tiska čekićem [27]

Biljni transfer tisak može se postići izlaganjem tkanine sa biljkom sunčevoj svjetlosti. Najbolji efekti postižu se na svili. Na tkaninu se stavlja biljka i učvrsti pleksiglasom te se izloži sunčevoj svjetlosti nekoliko dana. Biljka se uklanja, tkanina se pere pod tekućom vodom, mokra tkanina se zatim izravna, biljka se ponovo vraća na već vidljive obrise i zajedno se suše. Nakon sušenja biljka se uklanja, a na mjestu biljke ostaje svijetli obris biljke (Sl. 27.) [27].



Sl. 27. Rezultati biljnog transfer tiska izlaganjem sunčevoj svjetlosti [27]

Biljni transfer tisak može se postići vrućim postupkom pomoću blagih kiselih ili lužnatih otopina te otopina metalnih soli. Tkanina se namače u kiselu ili lužnatu otopinu, izravna se, biljka se namače u otopinu metalnih soli i slaže po tkanini, zajedno se namotaju na drveni valjak, dobro učvrste koncem i kuhaju 2 sata u vodi ili na pari. Proces se može vršiti i tako da se tkanina namače u otopinu metalnih soli, a zatim se na nju slažu biljke koje se moče u kiseljoj ili lužnatoj otopini. Može se raditi i kombinacija tako da se jedna tkanina namače u kiseljoj ili lužnatoj otopini, druga se namače u otopinu metalnih soli, a između njih se slažu biljke. Mnogobrojni rezultati biljnog transfer tiska različitih vrsta

biljaka gorskog podneblja na žutici i svili, postupkom namakanja tkanine u alkoholni ocat, a biljaka u otopinu vode i octa u kojoj su nekoliko dana stajali hrđavi čavli, daju nezasićene nijanse plave, ljubičaste, zelene i narančaste boje te tamnije i svjetlije nijanse sive boje (Sl. 28. i Sl. 29.).



Sl. 28. Metoda kombiniranja octa, vode i hrđavih čavala za postizanje biljnog transfer tiska [1]



Sl. 29. Akromatske boje dobivene biljnim transfer tiskom [1]

Tkanina i biljke se ne moraju namatati na drveni valjak i kuhati već se mogu pritiskati glačalom na najvišoj temperaturi preko papira za pečenje, kako se tkanina ne bi zapalila zbog dugotrajnog vrućeg pritiska, (Sl. 30.)



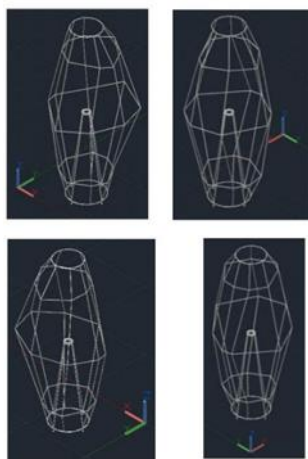
Sl. 30. Biljni transfer tiskom pritiskom uz visoku temperaturu [1]

Nakon obrade tkanine biljnim transfer tiskom, tkanina se pere blagim sredstvom za pranje, na temperaturi do 30°C, pri sušenju se ne izlaže izravno suncu, a pri glačanju je poželjno suho glačanje, bez pare.

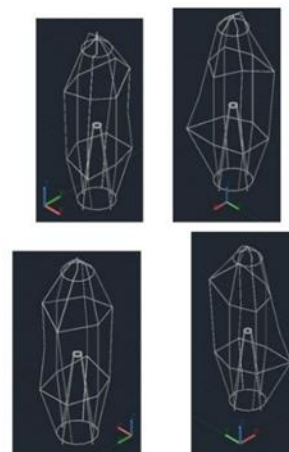
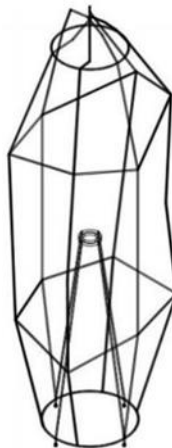
3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Izrada nacрта lampe

Nacrti lampi (Sl. 31. i Sl. 32.) napravljeni su u programu AutoCad. Izabran je željezni žičani model. Žice promjera 5 mm spajane su postupkom zavarivanja stvarajući zanimljive nepravilne oblike. Visine lampi su 120 cm i 130 cm, a pozicija osvjetljenja predviđena je na polovici visine, u središtu konstrukcije.



Sl. 31. 3D nacrt prve lampe [1]



Sl. 32. 3D nacrt druge lampe [1]

3.2. Izbor biljaka za biljni transfer tisak

Budući da je eksperiment proveden na području gorskog kraja, koji zbog dugih i oštih zima ima relativno kratak period vegetacijske aktivnosti, izvršeno je testiranje biljaka gorskog podneblja, kako bi se odredio izbor biljke za izradu sjenila lampe. Testiranje je provedeno u proljeće na mladim listovima: breze, jabuke, trešnje, jagode, oraha, javora, divlje ruže, na iglicama smreke, listovima i cvjetovima djeteline, listovima i cvjetovima jasmína, listovima i cvjetovima duhovske ruže te na nekoliko vrsta trava. Budući da je divlja ruža (lat. *Rosa canina*.) (Sl. 33.) vrlo rasprostranjena u gorskim krajevima, otporna je i ima dugi životni vijek, a ujedno daje izvrsne rezultate u postizanju sivih nijansi, za biljni transfer tisak izabrani su listovi divlje ruže. Divlja ruža raste u obliku grma. Listići su joj mali, hrapavi i zeleni, a stabljika je prekrivena bodljama. Cvate u proljeće, ružičastim cvjetovima, koji u jesen daju crvene plodove poznate pod nazivom šipak. Kako eksperimentom ne bi bilo obuhvaćeno samo lišće, na jednom uzorku izvršen je eksperiment s laticama duhovske ruže (lat. *Rosa centifolia*) (Sl. 34.). Duhovska ruža, poznata još pod nazivom provansalska ruža ili stoliska, raste u obliku grma, ima male

listiće, stabljika je prekrivena bodljama, cvate u proljeće s puno mirisnih cvjetova, a naziv je dobila po tome što cvijet ima veliki broj latica.



Sl. 33. Divlja ruža (lat. *Rosa canina*) [28]



Sl. 34. Duhovska ruža (lat. *Rosa centifolia*) [29]

3.3. Izbor tekstilnog supstrata

Izabrane su dvije vrste tekstilnog supstrata od prirodnih vlakana. Od celuloznih vlakana izabrana je žutica, sirovo pamučno platno, koje se u sinergiji s biljkama savršeno uklapa u priču biljnog transfer tiska, a ujedno daje odlične rezultate u postizanju zagasitih sivih nijansi. Od proteinskih vlakana izabrana je prirodna svila koja zbog svojeg visokog afiniteta prema bojilima ne zahtjeva nužnu obradu metalima, a doprinosi dojmu elegancije i prozračnosti.

3.4. Kemikalije

U radu su korištene sljedeće kemikalije:

- pH regulatori: Natrij karbonat (Na_2CO_3), octena kiselina (CH_3COOH), oksalna kiselina ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$), proizvođač (Kemika, Zagreb)
- močila: Kalij aluminij sulfat 12 hidrat ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \times 12\text{H}_2\text{O}$), bakar sulfat 5 hidrat ($\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$) i željezo sulfat 7 hidrat ($\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$), proizvođač (Kemika, Zagreb)

3.5. Metoda biljnog transfer tiska

U postupku obrade tkanine biljnim transfer tiskom izabrana je vruća metoda, kuhanje na pari uz prethodnu obradu tekstilnog supstrata kiselim i lužnatim otopinama te močenjem biljaka u otopine metalnih soli aluminija, bakra i željeza.

3.6. Obrada tkanine biljnim transfer tiskom

Za biljni transfer tisak pripremljen je tekstilni supstrat, biljke, pribor i kemikalije.

Postupak 1.

Tekstilni supstrat: prirodna svila

Biljke: svježi listovi divlje ruže (lat. *Rosa Canina*) i latice duhovske ruže (lat. *Rosa centifolia*).

Pribor: posude za kvašenje tekstilnog supstrata i bilja, drveni valjci, konac, škare, posuda za parenje i plamenik.

Kemikalije: voda, pH regulatori: Na_2CO_3 , CH_3COOH i $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$, močilo $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$

Opis postupka:

1. Priprema otopina pH regulatora prema željenoj koncentraciji Na_2CO_3 (pH=8), CH_3COOH (pH=5), i $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ (pH=3-4),
2. Priprema močila: $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ (5 g/l)
3. Tekstilni supstrat namakan je 10 min u jednoj od otopina pH regulatora, dobro je ocijeđen, stavljen na ravnu površinu te izravnat.
4. Listovi divlje ruže te latice duhovske ruže poslagane su na polovicu pripremljenog tekstilnog supstrata (Sl. 35.) i preklopljene drugom polovicom tekstilnog supstrata (Sl. 36.), a na jedan od tekstilnih supstrata posloženi su listovi divlje ruže močenih u otopini metalnih soli.



Sl. 35. Polaganje biljaka na tekstilni supstrat [1]



Sl. 36. Preklopljeni tekstilni supstrat spreman za namatanje [1]

5. Tekstilnih supstrat, zajedno sa biljkama, čvrsto je namotan na drveni valjak i dodatno učvršćen koncem (Sl. 37.).



Sl. 37. Preklopljeni tekstilni supstrati sa biljem namotani i pričvršćeni na drveni valjak [1]

6. Namotani par tekstilnog supstrata paren je na vodenoj pari 2 sata, u poklopljenoj posudi pri 100°C (Sl. 38.).



Sl. 38. Kuhanje na pari [1]

7. Nakon parenja, uklanja se konac, odmata se tekstilni supstrat, uklanja se bilje, a dobiveni tekstilni supstrat se suši tako da nije izložen direktno sunčevoj svjetlosti.

Postupak 2.

Tekstilni supstrat: Žutica

Biljke: svježi listovi divlje ruže (lat. *Rosa Canina*)

Pribor: posude za namakanje bilja i kvašenje tekstilnog supstrata, drveni valjci, konac, škare, posuda za parenje i plamenik,

Kemikalije: voda, pH regulatori: Na_2CO_3 , CH_3COOH , $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$, močila metalnih soli: $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \times 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ i $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$

Opis postupka:

1. Priprema otopina pH regulatora prema željenoj koncentraciji

Na_2CO_3 (pH=8), CH_3COOH (pH=5) i $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ (pH=3-4)

2. Priprema močila metalnih soli:

$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \times 12\text{H}_2\text{O}$ (18 g/l), $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ (18 g/l) i $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ (5 g/l)

3. Tekstilni supstrati su u parovima (po dva) namakani 10 min u jednoj od otopina pH regulatora, dobro ocijeđeni, stavljeni na ravnu površinu i izravnati.
4. Listovi divlje ruže namakani su u jedno od močila metalnih soli, poslagani na jedan pripremljeni tekstilni supstrat (Sl. 39.), a zatim se prekriveni drugim tekstilnim supstratom (Sl. 40.).



Sl. 39. Polaganje biljaka na tekstilni supstrat [1]



Sl. 40. Parovi tekstilnih supstrata spremni za namatanje [1]

5. Par tekstilnih supstrata, sa biljkama između njih, čvrsto su namotani na drveni valjak i dodatno učvršćeni koncem (Sl. 41.).



Sl. 41. Parovi tekstilnih supstrata sa biljem namotani i pričvršćeni na drveni valjak [1]

6. Namotani par tekstilnog supstrata paren je na vodenoj pari 2 sata, u poklopljenoj posudi pri 100°C (Sl. 42.).



Sl. 42. Kuhanje na pari [1]

7. Nakon parenja, uklonjen je konac, tekstilni supstrat je odmotan, bilje je uklonjeno, a dobiveni tekstilni supstrat sušen je tako da nije izložen sunčevoj svjetlosti.

Navedenim postupcima, 1. i 2., dobiveno je sveukupno 14 uzoraka biljnog transfer tiska koji su numerirani rednim brojevima (Tablica 1.).

Tablica 1. Dobiveni uzorci biljnog transfer tiska

Red. br. uzorka	Tekstilni supstrat	Biljka	pH regulator	Močila metalnih soli
1.	svila	listovi divlje ruže	Na ₂ CO ₃	FeSO ₄ x 7H ₂ O
2.	svila	listovi divlje ruže	Na ₂ CO ₃	-
3.	svila	listovi divlje ruže	C ₂ H ₂ O ₄	-
4.	svila	listovi divlje ruže	CH ₃ COOH	-
5.	svila	latice duhovske ruže	C ₂ H ₂ O ₄	-
6.	žutica	listovi divlje ruže	CH ₃ COOH	KAl(SO ₄) ₂ x 12H ₂ O
7.	žutica	listovi divlje ruže	CH ₃ COOH	CuSO ₄ x 5H ₂ O
8.	žutica	listovi divlje ruže	CH ₃ COOH	FeSO ₄ x 7H ₂ O
9.	žutica	listovi divlje ruže	C ₂ H ₂ O ₄	KAl(SO ₄) ₂ x 12H ₂ O
10.	žutica	listovi divlje ruže	C ₂ H ₂ O ₄	CuSO ₄ x 5H ₂ O
11.	žutica	listovi divlje ruže	C ₂ H ₂ O ₄	FeSO ₄ x 7H ₂ O
12.	žutica	listovi divlje ruže	Na ₂ CO ₃	KAl(SO ₄) ₂ x 12H ₂ O
13.	žutica	listovi divlje ruže	Na ₂ CO ₃	CuSO ₄ x 5H ₂ O
14.	žutica	listovi divlje ruže	Na ₂ CO ₃	FeSO ₄ x 7H ₂ O

3.7. Određivanje postojanosti obojenja na pranje i svjetlo

Uzorcima je ispitana postojanost obojenja na pranje. Ispitivanje je provedeno u aparatu Polycolor, Mathis (Sl. 43.), prema normi HR EN ISO 105 - C06: 2010: Tekstil - Ispitivanja postojanosti obojenja – Dio C06: Postojanost obojenja na kućno i komercijalno pranje. Pranje je provedeno sa 0,5 g/l neionskog tenzida Kemopon 30 (CHT Bezema) uz omjer kupelji 1:30 na 30 ± 2 °C i pH 6 u vremenu od 30 minuta.

Ispitivanje postojanosti obojenja na Sunčevu svjetlost provedeno je izlaganjem obojadisanih uzoraka djelovanju sunčevih zraka u realnim uvjetima u svijetloj prostoriji s prozorima na sjeveru i zapadu u razdoblju od 60 dana.



Sl. 43. Polycolor, Mathis [14]

3.8. Spektrofotometrijska analiza obojenja

Obojadisanim uzorcima, prije i nakon pranja tj. prije i nakon izlaganja svjetlu spektrofotometrijski su određeni koloristički parametri (L^* , a^* , b^* , C^* , h). Mjerenje je provedeno sa remisijskim spektrofotometrom DataColor Spectra Flash 600 PLUS-CT (Sl. 44.), geometrija mjerenja $d/8^\circ$, D65, veličina mjernog otvora 6,6 mm.

Analiza postojanosti obojenja na pranje i svjetlo prikazana je kao vrijednost ukupne razlike u boji (dE_{CIE76}) dobivene usporedbom uzoraka prije i nakon pranja te prije i nakon izlaganja svjetlu. Vrijednosti razlike u boji izračunate su korištenjem jednadžbe (8), pri čemu su uzorci prije pranja uzeti kao referentni.

$$dE_{CIE76} = ((dL^*)^2 + (dC^*)^2 + (dh)^2)^{1/2} \quad (8)$$

gdje je: dL^* razlika u vrijednosti svjetline, dC^* razlika u vrijednosti kromatičnosti i dh razlika u vrijednosti tona uzoraka prije i nakon pranja.

Budući da se ne radi o jednoličnom obojenju, parametri boje određuju se na svakom uzorku na točno određenoj poziciji prije pranja i nakon pranja, odnosno na točno određenoj poziciji prije izlaganja i nakon izlaganja svjetlosti. Osim toga mjerenje je

provedeno korištenjem računalnog programa DataColor ColorTools i naredbe „measuring unitl tolerance“ koja podrazumijeva broj mjerenja i prihvaćanje rezultata uz zadovoljenje uvjeta $dE < 0,1$.








Sl. 44. Spektrofotometar DataColor Spectra Flash 600 PLUS-CT [14]










4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Analiza dobivenih uzoraka biljnog transfer tiska na svili i žutici

Tablica 2. Uzorci na svili dobiveni postupkom 1.

Red. br.uzorka	pH regulator i biljka	Slike uzoraka
1.	Na_2CO_3 (pH=8) + $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ (5g/L) <i>Listovi divlje ruže</i>	
2.	Na_2CO_3 (pH=8) <i>Listovi divlje ruže</i>	
3.	$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ (pH=4-5) <i>Listovi divlje ruže</i>	
4.	CH_3COOH (pH =5) <i>Listovi divlje ruže</i>	
5.	$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ (pH=4-5) <i>Latice duhovske ruže</i>	

Tablica 3. Uzorci na žutici dobiveni postupkom 2

pH regulatori/ metalne soli	CH_3COOH (pH=5)	$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ (pH =4)	Na_2CO_3 (pH =8)
$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \times 12\text{H}_2\text{O}$	 6. uzorak	 9. uzorak	 12. uzorak
$\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$	 7. uzorak	 10. uzorak	 13. uzorak
$\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	 8. uzorak	 11. uzorak	 14. uzorak

Poželjan pH i u 1. i u 2. postupku podrazumijeva blago kisele i blago lužnate otopine, pri čemu se optimalni pH kiselih otopina kreće od 4 do 5, a lužnatih oko 8.

U tablici 1. prikazano je pet uzoraka biljnog transfer tiska na svili. 1. uzorak pokazuje da je za postizanje najtamnijih i najjačih kontura potrebno biljku močiti u otopinu željeznih soli. U lužnatoj otopini dobiva se dvostruki, kontrastni efekt, izrazito zeleno i izrazito tamno, što se vidi na uzorku 2. Uzorci 3. i 4. pokazuju da listovi divlje ruže na svili, u kiseljoj otopini, bez metalnih soli, daju žive, svijetle, žuto-zelene tonove, uvjerljivo, živu

sliku lista. 5. uzorak prikazuje biljni transfer tisak latica duhovske ruže, koji nema jasne konture te daje dojam akvarela. Zbog prozirnosti svilene tkanine omogućeno je preklapanje kontura te stvaranje 3D efekta na tkanini, a sjajna površina svile daje dodatni intenzitet boje te metalik efekt.

U tablici 2. prikazani su rezultati opisani postupkom 2. Vidi se da za postizanje svijetlih tonova na žutici najbolje rezultate daju aluminijske soli te podrazumijevaju nježne tonove prirodne, zelene boje lista. Za postizanje srednjih tonova najbolje su bakrene soli, uz raspon nijansi od blago narančaste do tamno smeđe boje, a za tamne tonove odlične rezultate daju željezne soli, koje daju nijanse tamno plave, ljubičaste i sive boje. Treba napomenuti da otopine metalnih soli moraju biti zasićene kako bi se postigao zadovoljavajući rezultat na žutici, budući da ona nema prirodan afinitet prema adsorpciji bojila na vlakno.

Zanimljivo je da su otisci značajno drugačiji ovisno o načinu polaganja lista na tekstil. Ukoliko se list okrene licem prema tkanini dobiva se jasna kontura lista bez intenzivno obojane površine (Sl. 45.). List okrenut naličjem prema tkanini daje jasne konture, ali i jače obojenje površine uz vidljive točkice nastale oslobađanjem pigmenta kroz pore lista (Sl. 46). Kombinacijom lica i naličja lista dobivaju se različiti otisci (Sl. 47.)



Sl. 45. List okrenut licem prema tkanini [1]



Sl. 46. List okrenut naličjem prema tkanini [1]




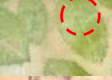












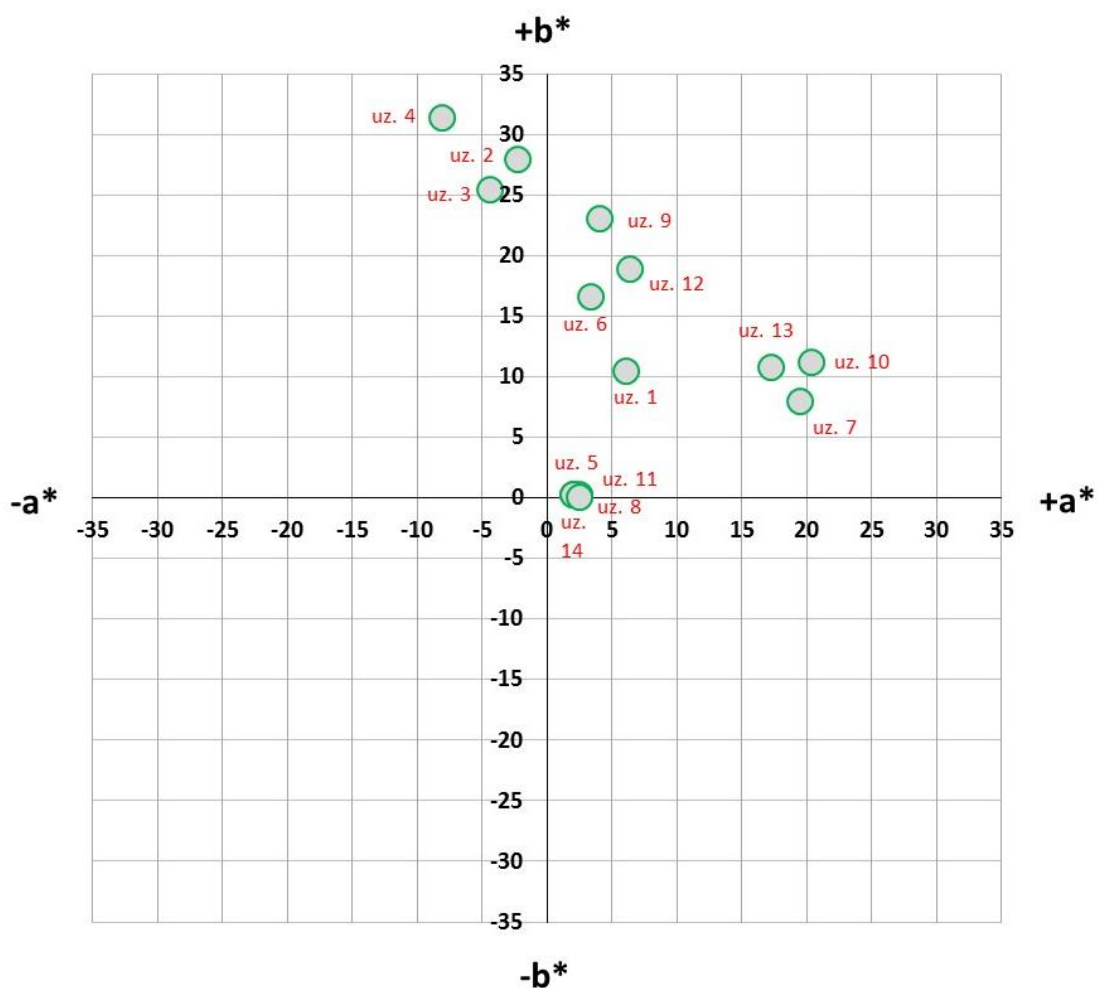
Sl. 47. Otisci lica i naličja lista [1]

4.2. Određivanje parametara boje

U tablici 4. i na sl. 48. prikazani su koloristički parametri uzoraka prije pranja tj. izlaganja Sunčevu svjetlu. Obzirom na nejednoličnost obojenja mjerenje je provedeno unutar označenog mjesta korištenjem računalnog programa DataColor ColorTools i naredbe „measuring unitl tolerance“ koja podrazumijeva broj mjerenja i prihvaćanje rezultata uz zadovoljenje uvjeta $dE < 0,1$.

Tablica 4. Parametri boje biljnog transfer tiska prije pranja, tj. izlaganja Sunčevu svjetlu

UZORCI		L*	a*	b*	C*	h°
1.		50,29	6,07	10,49	12,12	59,94
2.		69,19	-2,22	27,91	28,00	94,55
3.		74,32	-4,42	25,39	25,77	99,88
4.		72,83	-8,07	31,39	32,41	104,42
5.		43,49	2,45	0,23	22,46	5,36
6.		72,26	3,34	16,55	16,88	78,59
7.		25,15	19,43	7,96	21,00	22,27
8.		18,28	2,04	0,22	1,69	6,28
9.		73,38	4,02	23,04	23,39	80,10
10.		30,69	20,38	11,16	23,24	28,69
11.		14,05	2,02	0,31	2,05	8,96
12.		60,08	6,41	18,89	19,95	71,26
13.		39,84	17,24	10,80	20,34	32,06
14.		29,38	2,50	0,10	2,50	2,29



Sl. 48. Prikaz uzoraka u a*/b* grafikonu [1,14]

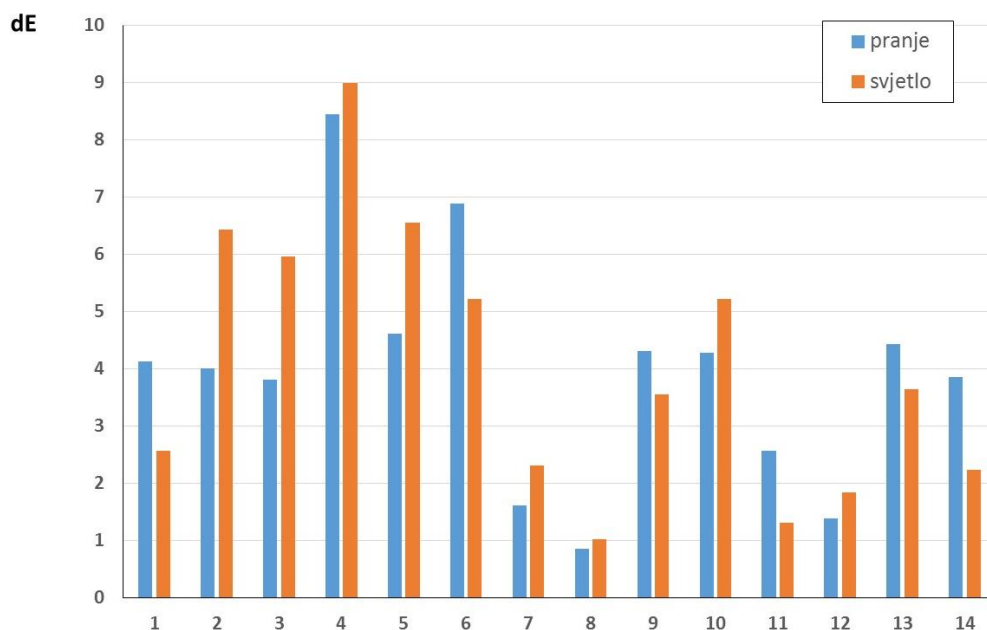
Najveću kromatičnost (25-33) i svjetlinu (69-75) imaju uzorci na svili, uzorci 2., 3. i 4., dobiveni bez djelovanja metalnih soli, tonovi su im žuto-zeleni, što pokazuju brojčane vrijednosti tonova, koji su nešto veći od 90°. Uzorak 1., kod kojeg su listovi tretirani močilom $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, pokazuje značajan pad kromatičnosti (12), sniženje svjetline (50) i tona (60°), ton postaje žuto-narančast, a zbog vrlo niske kromatičnosti subjektivni doživljaj je siva nijansa. Latice duhovske ruže, uzorak 5., ima puno tamnije obojenje od listova divlje ruže, crveni ton (5.36°), a zbog nešto niže kromatičnosti (22.46) i svjetline (43.49), subjektivan doživljaj je siva nijansa.

Uzorci na žutici, uzorci 6., 9. i 12., kod kojih su listovi tretirani močilom $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \times 12\text{H}_2\text{O}$, su svijetli (60-70), imaju žuti ton (70°-80°) i ujednačenu kromatičnost (16 do 20). Porastom pH uočeno je smanjenje i tona i svjetline. Uzorci 7., 10. i 13., kod kojih su listovi tretirani močilom $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$, imaju narančasto-crveni ton (22°-32°), nešto veći raspon svjetline (25-40) i ujednačenu kromatičnost (20-24). Porastom pH uočeno je povećanje i tona i svjetline. Uzorci 8., 11. i 14., kod kojih su listovi tretirani močilom

FeSO₄ x 7H₂O, imaju crveni ton (2°-9°), nisku svjetlinu (14-30) i vrlo malu kromatičnost (1.7-2.5) tako da je subjektivni doživljaj tamna, crna boja. Porastom pH uočeno je smanjenje tona i povećanje svjetline.

4.3. Određivanje postojanosti obojenja

Na slici (Sl. 49.) prikazana je vrijednost ukupne razlike u boji dE, dobivena usporedbom kolorističkih parametara uzoraka prije i nakon pranja u blagom, neutralnom detergentu tj. prije i nakon izlaganja svjetlu u periodu od 60 dana



Sl. 49. Ukupna razlika u boji nakon pranja i izlaganja svjetlu [1,14]

Rezultati na svili:

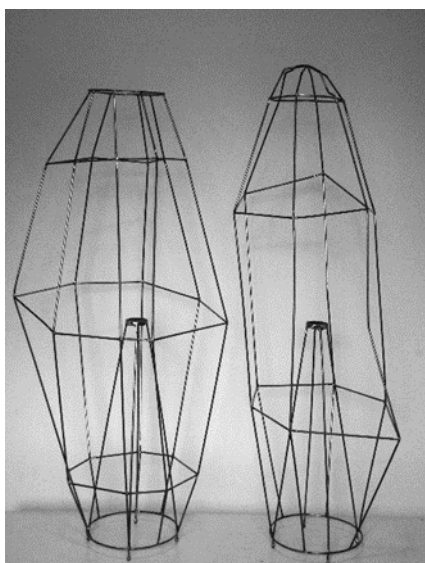
Prvih pet uzoraka prikazuju ukupne razlike u boji biljnog transfer tiska na svili, prije i nakon pranja, tj. prije i nakon izlaganja svjetlu. Svi uzorci pokazuju slabu postojanost na svjetlost ($dE \geq 6$), osim prvog uzorka, kod kojeg se vidi pozitivan utjecaj močila FeSO₄ x 7H₂O na postojanost obojenja biljnog transfer tiska na svili ($1 \leq dE < 3$). Postojanost obojenja biljnog transfer tiska na pranje je nešto bolja, ali još uvijek je razlika u boji naglašena. Najslabija postojanost obojenja biljnog transfer tiska na svili dogodila se kod tretiranja svile lužnatom otopinom Na₂CO₃.

Rezultati na žutici:

Uzorci od 6. do 14. prikazuju ukupnu razliku u boji biljnog transfer tiska, prije i nakon pranja, tj. prije i nakon izlaganja svjetlu, na žutici. Najmanja ukupna razlika u boji, odnosno najbolja postojanost ($dE < 1$), i na pranje i na svjetlo, dobivena je na uzorku 8. (žutica tretirana octenom kiselinom, a biljke močilom $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$). Uzorci 6., 9. i 12. pokazuju da biljke tretirane močilom $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \times 12\text{H}_2\text{O}$ daju najbolju postojanost biljnog transfer tiska, i na pranje i na svjetlo, na žutici tretiranoj otopinom Na_2CO_3 ($1 \leq dE < 3$). Pozitivan utjecaj močila $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ vidi se jedino kod žutice tretirane octenom kiselinom, gdje je $1 < dE < 3$.

4.4. Izrada lampe sa sjenilom

Metalne konstrukcije (Sl. 50.) obrađene su temeljnom bojom radi zaštite od korozije, a zatim pokrивnom bojom radi estetske komponente (Sl. 51.) te su instalirana grla sa žaruljama i sklopkama.



Sl. 50. Metalne konstrukcije lampi [1]



Sl. 51. Metalne konstrukcije obrađene temeljnom i pokrивnom bojom (crna i bijela) [1]

Izbor materijala, biljaka i metode biljnog transfer tiska za izradu sjenila lampi, prema provedenom eksperimentu, sužen je na postupak 2., uzorak 8. (žutica tretirana octenom kiselinom, a biljke močilom $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$). jer je u toj kombinaciji postignuta najmanja ukupna razlika u boji, i nakon pranja, i nakon izlaganja svjetlu, odnosno postignuta je najbolja postojanost biljnog transfer tiska, a ujedno su postignute i željene nijanse sive boje. Osim listova divlje ruže, upotrijebljen je i list javora, a za postizanje raznih nijansi vršene su male promjenama pH octene kiseline, promjene zasićenosti močila $\text{FeSO}_4 \times$

7H₂O, te promjene u vremenu kuhanja na pari. Dobiveni uzorci na žutici obrađeni su nadalje zračnom čipkom (Sl. 52. i Sl.53.), spajani šivanjem i pričvršćeni na metalne konstrukcije lampi.



Sl. 52. Uzorci zračne čipke za bijelu lampu [1]



Sl. 53. Uzorci zračne čipke za crnu lampu [1]

4.5. Gotov proizvod

Gotov proizvod ima isključivo funkciju dekoracije interijera, aktivira emocije radosti i oduševljenja, stvaranjem topline i harmonije prostora. Pretežito ručna izvedba, u kojoj se pazi na svaki detalj, te unikatne tekstilne kreacije od prirodnih materijala, čine dekorativne lampe neiscrpnim izvorom ideja za oplemenjivanje privatnog ili poslovnog prostora. Upravo zato je proizvod usmjeren prvenstveno dizajnerima interijera te ljudima koji imaju razvijenu svijest o važnosti ulaganja u sklad i toplinu prostora u kojem se boravi, koji imaju naviku pratiti kulturna događanja, cijene umijeće dizajna i umjetnost te nastoje oplemeniti privatni ili poslovni prostor ispreplitanjem unikatnosti, kvalitete, funkcionalnosti i ljepote.

Tržne sile i trendovi ukazuju i na sveprisutniji individualizam, traženje određenog životnog stila, koji zahtjeva individualni pristup kupcu sa specifičnim zahtjevima, a kojeg svijet masovne serijske proizvodnje ne može zadovoljiti, tako da se dekorativne lampe mogu izrađivati i po želji kupaca. Pri pružanju usluge, u razgovoru s naručiteljem utvrđuje se osnovni koncept, izrađuje se skica dekorativne lampe, vrši se izbor materijala i na temelju prihvaćene ponude kreće se u realizaciju.

Veličine lampi mogu biti različite, ovisno o interijeru kojem su namijenjene. Visoke lampe namjenje su dekoraciji i stvaranju ugođaja u velikim prostorima poput predvorja hotela, prostranih restorana, dvorana za svečana događanja i sl., a manje dekorativne lampe namijenjene su za privatne, manje prostore poput dnevnog boravka, lođe ili spavaće sobe.

Tržišni trendovi ujedno ukazuju da je dizajn jedan od sektora kreativnih i kulturnih industrija koje u 21. stoljeću zauzimaju vrlo značajan segment gospodarskog razvoja svake zemlje i svakako je trenutno na uzlaznoj putanji, što pretpostavlja sve veću potražnju za dizajnerskim proizvodima i uslugama tako da gotov proizvod sigurno ima svog kupca na tržištu.

Na slikama su prikazani gotovi proizvodi implementirani u realan privatni prostor, lampa u bijeloj verziji metalne konstrukcije (Sl. 54.) i u crnoj verziji metalne konstrukcije (Sl. 55.) sa realizacijom sjenila lampe kombinacijom biljnog transfer tiska i zračne čipke.



Sl. 54. Kombinacija biljnog transfer tiska i zračne čipke pri izradi sjenila lampe – bijela [1]



Sl. 55. Kombinacija biljnog transfer tiska i zračne čipke pri izradi sjenila lampe – crna [1]

5. ZAKLJUČAK

Za biljni transfer tisaak ne postoji mogućnost dobivanja identičnih obojenja. Vrlo malim promjenama procesnih parametara i vrlo malim promjenama u načinu rada, dobivaju se bitno različita obojenja, od jasnih kontura lista do prijelaza boja bez jasnih granica, od vrlo tamnih do vrlo svijetlih nijansi, pojave kontrasta i slično. Otisci ovise o podneblju u kojem biljka raste, o fazi razvoja biljke te o godišnjem dobu ili dobu dana kada je biljka ubrana. Javorov list ubran u rano proljeće daje odlične rezultate u biljnom transfer tisku, dok u ljetnim mjesecima, uz isti načini rada daje značajno slabije rezultate. Ista vrsta suhe i svježije biljke također daje bitno različite rezultate. Uzorak nadalje ovisi o vrsti tkanine, o načinu i jačini pričvršćivanja biljke na tkaninu, duljini i načinu izlaganja visokoj temperaturi (fiksiranju), načinu sušenja, vrsti materijala na koji se tkanina namata, o pH regulatorima kojima se tkanina obrađuje prije djelovanja biljke, o sastavu vode iz vodovodne mreže kojom se tkanina pere ili namače (tvrdoći vode), metalnim solima kojima se tretira biljka itd.

Nemoguće je kontrolirati sve elemente koji utječu na krajnji rezultat. Upravo ta nepredvidivost i faktor iznenađenja čine biljni transfer tisaak zanimljivim, potiče na razmišljanje i uočavanje uzročno posljedičnih veza i zapravo je neiscrpan izvor ideja i za znanstveno-istraživačko područje i za područje dizajna. Ovaj rad ujedno pokazuje važnost suradnje i povezanosti znanstveno-istraživačkog područja i svijeta dizajna, kako bi se osigurala kvaliteta i garancija gotovog proizvoda.

Kombinacijom zračne čipke i biljnog transfer tiska na žutici dobiveni su prekrasni uzorci za sjenila lampi, koji imaju dobru postojanost na pranje i svjetlo, mogu se spajati na beskonačno mnogo načina, stvarajući prekrasne teksture, koje onda uljepšavaju interijere i privlače poglede promatrača, bilo da su osvijetljene ili ne. Osim na metalne konstrukcije, mogu se aplicirati i na drvene konstrukcije ili druge prirodne materijale.

6. LITERATURA

- [1] Rad autorice Ivane Padavić
- [2] <https://www.liya.com.au/about.html> - pristupljeno 8. 4. 2020.
- [3] <https://www.liya.com.au/> - pristupljeno 8. 4. 2020.
- [4] <https://blog.folkschool.org/2015/06/30/in-the-studio-eco-printing-with-kathy-hays/> - pristupljeno 9. 4. 2020.
- [5] <http://kathyhaysdesigns.blogspot.com/2014/05/> - pristupljeno 9. 4. 2020.
- [6] <https://marianjazmik.co.uk/about/> - pristupljeno 9. 4. 2020.
- [7] <https://marianjazmik.co.uk/> - pristupljeno 9. 4. 2020.
- [8] Đurđica Parac – Osterman, *Osnove o boji i sustavu vrednovanja*, Denona d.d., Zagreb, 2013.
- [9] https://en.wikipedia.org/wiki/File:Linear_visible_spectrum.svg - pristupljeno 24. 6. 2020.
- [10] http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/OSNOVE%20O%20BOJI.pdf - pristupljeno 26. 6. 2020.
- [11] <https://www.skolskiportal.hr/media/clanci/2020/02/300%20LIKOVNI%20MI%20VOLIMO%20%20%5B65.%5D770.jpg> - pristupljeno 24. 6. 2020.
- [12] https://www.researchgate.net/figure/Three-dimensional-CIELAB-color-space-adapted-from-Li-et-al-2005-96_fig3_26547925 - pristupljeno 26. 6. 2020.
- [13] Ružica Čunko, Maja Andrassy, *Vlakna*, Zrinski d.d., Zagreb, 2005.
- [14] Bilješke sa predavanja iz kolegija Procesi bojadisanja i tiska, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno –tehnološki fakultet, izv. prof. Ana Sutlović, ak. god. 2017./2018.
- [15] <https://www.clipart.email/make-a-clipart/?image=1669771> - pristupljeno 2. 5. 2020.
- [16] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=49216> - pristupljeno 2. 5. 2020.
- [17] <https://www.dreamstime.com/watercolor-illustration-boho-cotton-balls-watercolor-illustration-boho-cotton-balls-white-background-hand-painted-floral-image144268096> – pristupljeno
- [18] <https://glossary.periodni.com/rjecnik.php?hr=karboksilna+skupina>
- [19] Mary Schoeser, *Svijet tekstila*, Golden-marketing-Tehnička knjiga, Zagreb, 2009.
- [20] Mirjana Randić, *Kako obojiti svijet. Moć boja*, Etnografski muzej, Zagreb, 2009.
- [21] <http://www.asiantextilestudies.com/indigo.html> - pristupljeno 13. 5. 2020.
- [22] <https://www.alamy.com/woad-isatis-tinctoria-handcoloured-copperplate-engraving-after-an-illustration-by-richard-duppa-from-his-the-classes-and-orders-of-the-linnaean-system-of-botany-longman-hurst-london-1816-image211159086.html> - pristupljeno 13. 5. 2020.

- [23] <https://www.pinterest.com/pin/751890100268561741/> - pristupljeno 14. 5. 2020.
- [24] <https://www.pinterest.com/pin/442197257164646771/> - pristupljeno 20. 5. 2020.
- [25] <https://www.pinterest.com/pin/432486370453330982/> - pristupljeno 20. 5. 2020.
- [26] <http://vintageprintable.swivelchairmedia.com/botanical/botanical-saturated-color/>
– pristupljeno 18. 5. 2020.
- [27] <https://handmadebase.com/hr/imprints-of-plants-on-accessories-in-the-interior-detailed-workshops-with-photos-on-making-an-eco-print/> - pristupljeno 20. 5. 2020.
- [28] <https://www.pinterest.com/pin/196328864991933713/> - pristupljeno 30. 6. 2020.
- [29] <https://www.pinterest.com/pin/833940055981095440/> - pristupljeno 30. 6. 2020.