

Promjena boje hrastovih furnira vodenim moćilima

Vuzem, Mihaela

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:595001>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-07**



Repository / Repozitorij:

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



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

Zavod za namještaj i drvne proizvode

**DIPLOMSKI STUDIJ
OBLIKOVANJE PROIZVODA OD DRVA**

Mihaela Vuzem

**Promjena boje hrastovih furnira vodenim
moćilima**

Diplomski rad

Zagreb, 2023.

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

Zavod za namještaj i drvo u graditeljstvu

**Promjena boje hrastovih furnira vodenim
močilima**

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij:	Oblikovanje proizvoda od drva
Predmet:	Površinska obrada drva
Ispitno povjerenstvo:	1. izv. prof. dr. sc. Josip Miklečić 2. prof. dr. sc. Vlatka Jirouš-Rajković 3. izv. prof. dr. sc. Danijela Domljan
Student:	Mihaela Vuzem
JMBAG:	0068226266
Datum odobrenja teme:	29. 4. 2023.
Datum predaje rada:	6. 9. 2023.
Datum obrane rada:	27. 9. 2023.

Zagreb, rujan 2022.

Dokumentacijska kartica

Naslov	Promjena boje hrastovih furnira vodenim močilima
Autor	Mihaela Vuzem
Adresa autora	Prudnjaci 14a, Bestovje
Mjesto izrade	Zagreb
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	izv. prof. dr. sc. Josip Miklečić
Izradu rada pomogao	
Godina objave	2023.
Obujam	49 stranice; 50 slika; 11 navoda literature; 5 web izvora
Ključne riječi	furnir, anilinsko vodeno močilo, reaktivno močilo, pozitivno vodeno močilo, promjena boje
Sažetak	Drvo bjeljike često je neiskoristivo u drvnoj industriji zbog veličine provodnog staničja i razlici istoga u odnosu na provodno staničje srži. Isto obojenje furnirskih listova izrađenih iz bjeljike to jest srži gotovo je nemoguće postići. Kada bi postojala mogućnost obojenja furnirskih listova različitog staničja istim močilom to bi u prvom redu označavalo mogućnost veće iskoristivosti sirovine prilikom izrade furnira. Upravo je to bio cilj ovog diplomskog rada, postizanje ujednačene boje na uzorcima furnirskih listova između staničja srži i bjeljike.

Documentation card

Title	Coloring of oak wood veneers with dyes
Author	Mihaela Vuzem
Author's address	Prudnjaci 14a, Bestovje
Place of manufacture	Zagreb
Type of publication	Graduation thesis
Mentor	izv. prof. dr. sc. Josip Miklečić
Creation of the work helped	
Year of publication	2023.
Scope	49 pages; 50 pictures; 11 references to literature; 5 web sources
Key words	veneer, aniline water stain, reactive stain, positive water stain, color change
Summary	Sapwood is often unusable in the wood industry due to the size of the conducting cell and the difference of the same in relation to the conducting cell core. The same coloring of veneer sheets made from sapwood, i.e., heartwood, is almost impossible to achieve. If there was a possibility of coloring veneer sheets of different cells with the same solution, this would first of all mean the possibility of greater utilization of the raw material when making veneers. This was exactly the goal of this thesis, achieving a uniform color on veneer sheet samples between the cellular core and the sapwood.

Zagreb, 2023.

	IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI	OB FŠDT 05 07
		Revizija: 2
		Datum: 29.04.2021.

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

U Zagrebu, 22.9.2023. godine

vlastoručni potpis

Mihaela Vuzem

Sadržaj

1.	UVOD.....	1
2.	PREGLED LITERATURE.....	2
2.1.1.	Povijest močenja drva.....	2
2.2.	Utjecaj anatomije drva na močenje.....	4
2.3.	Močenje drva i močila u drvnoj industriji.....	6
2.3.1.	Močenje furnira.....	8
2.3.2.	Anilinska vodena močila.....	9
2.3.3.	Reaktivna močila.....	10
2.3.4.	Pozitivna močila.....	11
2.4.	Boja i mjerenje boje.....	13
2.5.	Dosadašnja istraživanja.....	15
3.	CILJ ISTRAŽIVANJA.....	17
4.	MATERIJALI.....	18
4.1.	Uzorci.....	18
4.2.	Močila.....	19
4.3.	Oprema za ispitivanje.....	22
5.	METODE I POSTUPAK ISPITIVANJA.....	23
6.	REZULTATI I RASPRAVA.....	26
7.	ZAKLJUČAK.....	41
8.	LITERATURA.....	42

1. UVOD

Drvo je uz kamen najstariji građevni materijal koji čovjek koristi, a to ostaje i danas usprkos sve učestalijeg korištenja novonastalih dostupnih materijala. Nezaobilazan je materijal u proizvodnji namještaja zbog svojih estetskih, fizičkih i mehaničkih svojstava. Izgled drva tj. njegova vanjska ili estetska svojstva, definirana su bojom, teksturom, sjajem i finoćom drva. Pod pojmom boja drva, podrazumijeva se prirodni ton boje mehanički obrađene površine prosušenog drva. S obzirom na boju osrženog dijela drva drvo se klasificira na jedričave i bakuljave vrste drva. Jedričave vrste drva su one kod kojih je drvo srži tamnije obojeno od drva bijeli, dok je kod bakuljavih vrsta drvo srži i bijeli jednake boje. Kod jedričavih vrsta drva, pod pojmom boja drva, misli se na prirodni ton boje srži.

Svaka drvenu masu predviđena za proizvodnju namještaja nakon mehaničke obrade potrebno je površinski obraditi kako bi željena estetska svojstva drva došla do izražaja. Površinska obrada je skup različitih postupaka kojima se površini završnog proizvoda mijenjaju ili poboljšavaju estetska i tehnička svojstva kako bi ona čim bolje pogodovala upotrebi drva kao materijala u namijenjenom području primjene.

Prilikom korištenja jedričavih vrsta drva, do problema u racionalnom iskorištenju ovakve sirovine dolazi upravo zbog značajne razlike u boji bijeli i srži. Tako značajna razlika u boji često je vizualno nepogodna te se javlja potreba za odvajanjem elemenata nastalih iz srži tj. bijeli sirovine. Unutar ovog diplomskog rada istraživala se mogućnost ujednačenja razlike u boji između drva bjeljike i drva srži na uzorcima hrastovog furnira. Upotrijebljena su tri različita močila i dvije temperature vodene kupke. Cilj istraživanja bio je postići što veću ujednačenost boje srži i bjeljike korištenjem različitih močila.

2. PREGLED LITERATURE

2.1.1. Povijest močenja drva

Drvo je jedan od prvih materijala kojima se čovjek služi od davnina te se zbog toga pojavljuje i potreba da taj materijal ukrasi, ali i zaštiti od vanjskih utjecaja i prirodnog procesa starenja. Ukrašeno drvo pojavljuje se još u doba starih civilizacija poput Egipta gdje nastaju umjetnički izrezbareni predmeti oslikani ilustracijama te zaštićeni prevlakama. U Kini se za navedenu svrhu često koristio vosak s pigmentima dok se u Indiji pojavljuje šelak. Prirodna ulja i smole jedni su od prvih materijala korištenih za površinsko obrađivanje drva. Još u rano doba ljudske povijesti bili su poznati prirodni pigmenti kao što su željezni oksidi ili zemlja, a najstariji nalazi mogućeg korištenja boje u estetske svrhe i ukrašavanja tijela u ritualne svrhe stari su oko 200.000 godina te su pronađeni na lokalitetu Twin Rivers u Zambiji. Bojila za bojenje biljnih i životinjskih vlakana pojavljuju se prije 5.000 godina, što je moguće zaključiti s obzirom na arheološke nalaze iz Mezopotamije, Sirije i Egipta. O uporabi određenih biljaka i životinja za dobivanje boje govore i zapisi antičkih pisaca Polinija, Herodota i Konstantina Porfirogeneta (Benko i sur., 2009).

Većina pigmenta korištenih u slikarstvu prije industrijske revolucije bila je tehnički ograničena pa su se većinski koristili pigmenti zemljanog, mineralnog podrijetla i biološkog podrijetla (Slika 1). Najstariji tekst s uputama za pripremu organskih bojila iz 300. godine spominje organske materijale poput šafrana, šafranike, kermesa, rubie i vrbovnika koji su se koristili u njihovoj pripremi. Osim biljaka, za dobivanje bojila koristili su se i životinje poput puževa i kukaca, a osobito su cijenjene bile dvije vrste morskih puževa (*Murex brandaris* i *Murex trunculus*) pomoću kojih se pripremala skupocjena purpurna boja (Slika 2). Godine 1371. osnovan je Venecijanski ceh bojadisaša koji je 1429. godine napisao priručnik s uputama za pripremu i korištenje različitih sredstava za bojenje (Benko i sur., 2009).



Slika 1. Močenje tkanine prirodnim pigmentima

(Izvor: <https://www.emmasartofnature.co.uk/history-of-eco-dyeing/>)



Slika 2. Purpurne boje dobivene bojom iz morskih puževa

(Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Tyrian_purple)

Pojedini pigmenti bili su iznimno skupocjeni i nedostupni te se pojavljuje potreba za jeftinijim i pristupačnijim varijantama. U potrazi za jeftinijim plavim pigmentom 1704. godine uspješno je sintetizirana tamnoplava boja poznatija pod nazivom berlinska plava ili pruska plava (Slika 3), a otkrio ju je Heinrich Diesbach. Ova se boja osim u slikarstvu koristila i za modrotisak (Randić, 2009.). Početkom 19 stoljeća na tržištu se pojavljuju i druge varijante sintetičkih plavih boja na osnovi kobaltnih i aluminijskih oksida, ali i druge mineralne boje poput smaragdno zelene na osnovi arsena i cinober crvene na osnovi žive koje su ujedno bile i veoma otrovne. Polovicom 19. stoljeća uporaba prirodnih boja postaje sve rjeđa nakon što su sintetizirane tvari za proizvodnju tekstilnih boja. 1856. godine William Henry Perkin slučajno je otkrio purpurnu boju nazvanu movein u pokušaju da iz katrana kamenog ugljena sintetizira kinin koja postaje prva anilinska boja (Slika 4). Francuski kemičar François Verguin dvije godine kasnije otkriva još jednu katransku boju – magentu ili fuksin (Benko i sur., 2009).



Slika 3. Sintetizirana pruska plava boja

(Izvor: <https://www.widewalls.ch/magazine/blue-art-pigments>)



Slika 4. Purpurna movein boja

(Izvor: <https://researchoutreach.org/articles/mystery-victorian-purple-dye/>)

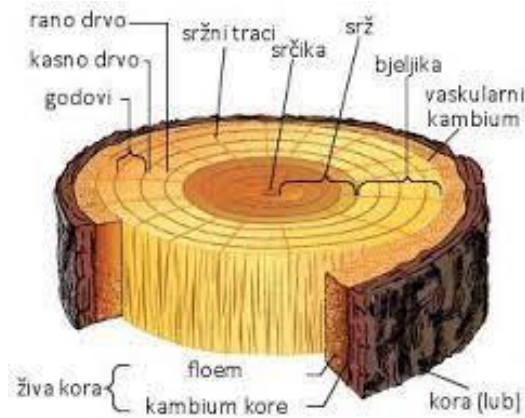
Ova otkrića dovode do naglog zamaha u istraživanju novih boja te u Engleskoj i Francuskoj nastaju prve umjetne, anilinske boje koje su bile življe i izražajnije od do tada korištenih boja, ali su ujedno bile i nepostojane te su lako blijedile i brzo se ispirale. Zbog toga se prirodne boje nastavljaju koristiti dok im se istovremeno tražila postojana sintetička alternativa. Njemački kemičari Carl Graebe i Carl Liebermann 1868. godine sintetizirali su postojanu crvenu boju alizarin, koja je imala isti sastav kao i boje dobivene iz korijena broća, a 1880. godine Bayer uspješno sintetizira indigo. Uspješna sintezacija dviju najvažnijih prirodnih boja – alizarina i indiga, dovodi do popularizacije kemičara i naglog razvoja industrije umjetnih bojila. Kopal lakovi se na tržištu prvi puta pojavljuju 1913. godine, dok do pojave nitroceluloznih premaza dolazi nakon Prvog svjetskog rata, a tridesetih godina 20. stoljeća pojavljuju se i alkidne, karbamidne te melaminske smole. Počinju se primjenjivati poliuretanski, poliesterski, kiselootvrđavajući, epoksidni, polikrilatni premazi, vodeni premazi s visokim udjelom suhe tvari te UV-premazi. Razdoblje nakon Drugog svjetskog rata okarakterizirano je razvojem kemijski očvršćivajućih premaza te istraživanjem i razvojem tehnika nanošenja i sušenja. Period od 1950. – 1958. godine veže se uz početak nalijeivanja kao i uz automatizaciju procesa površinske obrade, dok se 1968. i 1969. godine u procesu sušenja uvodi UV zračenje (Benko i sur., 2009).

Razvoj površinske obrade proizvoda od drva i namještaja zavisi o više čimbenika zbog specifičnosti drva kao materijala. Drvo je kao podloga za površinsku obradu imalo vlastiti razvoj kroz povijest te je na tržištu izbačeno mnoštvo novih proizvoda od koji je najbitnije spomenuti drvene ploče. Mogućnost poboljšanja negativnih svojstava masivnog drva uvjetovala je pojavu i upotrebu furnira, furnirskih ploča, stolarskih ploča, iverica, ploča vlaknatica i MDF ploča. Razvojem novih podloga za površinsku obradu pojavljuje se potreba za specifičnim postupcima nanošenja premaznih materijala s obzirom na površinu na koju se nanose. Površinska obrada jedna je od ključnih tehnologija u proizvodnji namještaja i proizvoda od drva jer uvelike određuje finalnu kvalitetu proizvoda. Smanjenje troškova površinske obrade u sveukupnim troškovima proizvodnje postignuto je mehanizacijom i automatizacijom procesa što je ujedno značilo i kraj ručne obrade. Iako je na taj način smanjeno vrijeme površinske obrade i popratni troškovi, dolazi i do relativnog smanjenja kvalitete. U šezdesetim godinama troškovi površinske obrade iznosili su 40 % od ukupnih troškova. Razvojem tehnologije navedeni su se troškovi postepeno smanjivali pa su tako iznosili 1957. godine 20 %, 1974. godine 10 %, dok se danas kreću od 4 do 6 % od ukupnih troškova proizvodnje. Funkcija postupka površinske obrade oduvijek je bila ista, da drvo kao prirodni materijal zaštiti od vanjskih faktora okoline koji mogu biti štetni te da drvo kao proizvod učini estetski ugodnijim za korištenje unutar čovjekovog životnog prostora. Dok funkcija površinske obrade ostaje ista, mijenjaju se podloge, materijali za površinsku obradu i njihov način nanošenja (Benko i sur., 2009).

2.2. Utjecaj anatomije drva na močenje

Upotrebljivost drva kao podloge za površinsku obradu uvelike ovisi o strukturi drva kao materijala na makroskopskoj i mikroskopskoj razini. Da bi se drvo moglo karakterizirati kao podloga potrebno je razumijevanje i poznavanje njegovih svojstava. Svojstva drva koja ga razlikuju od drugih materijala su njegova heterogenost, anizotropnost, poroznost, higroskopnost i podložnost degradaciji uslijed djelovanja klimatskih utjecaja (Jaić, Živanović–Trbojević, 2000).

Makroskopska građa drva (Slika 5) podrazumijeva postojanje različitih zona unutar drva to jest zona bjeljike i srži. Drvo srži u stablu ima primarno mehaničku to jest potpornu ulogu. To znači da je drvo srži po svojem karakteru nepropusno i često obojeno zbog prisustva akcesornih tvari. Količina tih tvari određuje trajnost srži i daje joj boju. Bjeljika je s druge strane provodno staničje. Obično je svjetlije boje, jako propusna, ali i slabo trajna. Navedene razlike između staničja srži i bjeljike rezultiraju smanjenom prirodnom propusnošću srži za tekućine i plinove te smanjenom reaktivnošću koja je bitna za sve procese obrade drva (Jaić, Živanović–Trbojević, 2000).

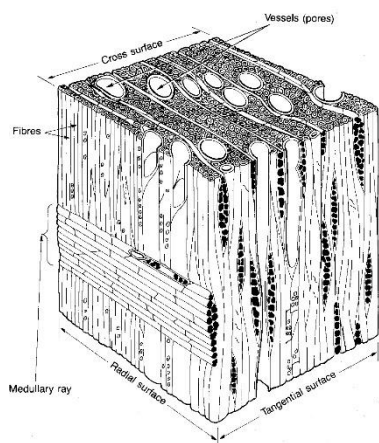


Slika 5. Makroskopska građa drva

(Izvor: https://arhiva-2021.loomen.carnet.hr/pluginfile.php/2778503/mod_resource/content/5/GODOVI.pdf)

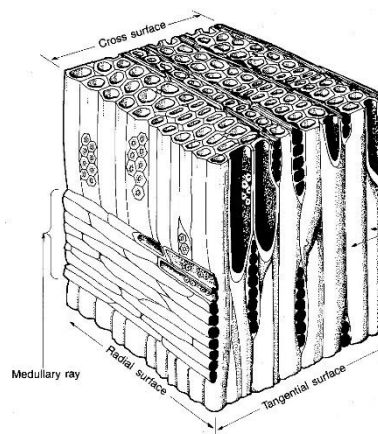
Mikroskopska građa drva (Slika 6 i 7) podrazumijeva raspored i organizaciju različitih stanica drva. S obzirom na mikroskopsku građu, raspored stanica drva razlikuje se između drva četinjača i listača. Drvo listača je sastavljeno od relativno kratkih stanica malog ili pak velikog promjera. Promjer i raspored provodnog staničja daje specifičnu strukturu pojedinim vrstama drva s obzirom na to drvo listača može biti prstenastoporozno ili difuznoporozno. Drvo s velikim promjerima provodnog staničja nije posebno pogodno za površinsku obradu jer se premaz nanesen na površinu slabo razmazuje i ne ispunjava velike šupljine dok je drvo listača bez velikih pora za površinsku obradu najpogodnije. Drvo četinjača s druge strane sastavljeno je iz dužih stanica malog promjera te ne sadrži pore. Ova ga obilježja čine pogodnijim za površinsku obradu od listača zbog ujednačenije i mnogo finije teksture (Jaić, Živanović–Trbojević, 2000).

Ekstraktivne tvari koje se nalaze u drvu u malim količinama mogu imati vrlo značajnu ulogu u određivanju mnogih svojstava kao što su : miris, boja, postojanost na svjetlost, zapaljivost, higroskopsnost, gustoća, čvrstoća, otpornost na gljivice i insekte i propusnost. One često mijenjaju površinska svojstva drva što utječe na adheziju i površinsku obradu. Vodotopivi ekstraktivi migriraju na površinu drva zajedno s vodom tijekom procesa sušenja, a potom i tijekom procesa mehaničke obrade drva te tamo ostaju kao krutine nakon isparavanja (Jaić, Živanović–Trbojević, 2000).



Slika 6. Mikroskopska građa listača

(Izvor: <http://www.buyqldtimber.com.au/news-3/Hardwood-vs-Softwood-Timber.aspx>)



Slika 7. Mikroskopska građa četinjača

(Izvor: <http://www.buyqldtimber.com.au/news-3/Hardwood-vs-Softwood-Timber.aspx>)

2.3. Močenje drva i močila u drvnoj industriji

Močenje drva je pojam koji se koristi za površinsku obradu prilikom koje je cilj promijeniti prirodnu boju drva bez pokrivanja njegove teksture. Ovisno o proizvodu o kojem se radi i rezultatima koji se žele postići ciljevi močenja mogu biti sljedeći:

- Promjena boje drva
- Naglašavanje prirodne boje drva
- Naglašavanje teksture drva
- Izjednačavanje prirodne boje drva
- Imitiranje vrsta drva veće vrijednosti

Močilo se upotrebljava za postizanje promjene boje drva, a obojenje površine postiže se prahom, tekućinom ili plinom. Pojam močenje i močilo potječe od postupka u kojem se površina drva treba namočiti ili natopiti tvarima koje ulaze u šupljine stanica i oblažu stjenke česticama boje te na taj način površini mijenjaju boju. Kemijska močila su pak ona koja u stjenkama kemijskim promjenama izazivaju promjenu boje (Jirouš Rajković, 2019).

Sam proces močenja je kompleksan proces koji se sastoji od niza fizikalnih i kemijskih procesa čiji je rezultat promjena prirodne boje drva u željeni ton. Budući da je drvo vlaknaste građe za objašnjenje močenja drva mogu se primijeniti teorije koje su primjenjive za močenje vlaknatih materijala. U pravilu postoje tri vrste vezanja močila na vlakno, a to su fizička adsorpcija, mehaničko vezanje i kemijska reakcija. Fizička adsorpcija je proces pri kojem čestice močila adsorbiraju na vanjsku površinu vlakna, a nakon toga difundiraju u njihovu unutrašnjost i tamo ostaju. Adsorpcija je u početku snažna i ravnoteža se postiže nakon određenog vremena.

Difuzija močila uzrokovana je njegovom visokom koncentracijom na površini. Tako nastaje gradijent koncentracije uslijed kojeg dolazi do difuzije močila u dublja područja ispod površine brzinom koja je proporcionalna gradijentu. Mehaničko vezanje močila nastaje pri pigmentom bojenju drva gdje se bojilo pomoću veziva mehanički pričvrsti na vlakno. Do kemijske reakcije dolazi pri korištenju kemijskih močila kada se reaktivna grupa močila kemijski veže s hidroksilnim grupama celuloze (Ljuljka, 1989).

Močila je moguće podijeliti prema vrsti otapala na vodena i otapalna te prema tvarima koje daju obojenje na močila s bojilima, pigmentna močila i kombinirana močila. Pod pojmom bojila podrazumijevaju se kemijski spojevi koji daju obojenje nekom drugom materijalu putem stvaranja kemijske veze ili vezanjem stalnim fizičkim silama. Bojila apsorbiraju svjetlost u vidljivom dijelu spektra te ih zbog toga promatrač doživljava kao obojene. U pravilu su to organske tvari koje su topive u mediju u kojem se primjenjuju ili im se prilikom postupka nanošenja barem privremeno razara kristalna struktura. To se razaranje postiže apsorpcijom, mehaničkim vezanjem te kovalentnim ili ionskim vezama koje bojila ostvaruju s površinom koja se želi obojiti. U drvnoj industriji većinom se primjenjuju organska i sintetička bojila. Bojila prodiru dublje u drvo i daju mu jednoličnije obojenje, više ističu njegovu strukturu i njihovom je upotrebom moguće postići više različitih tonova. Nedostaci bojila su njihova neprikladnost za veće površine, otežano ravnomjerno nanošenje i neotpornost na sunčevu svjetlost. Močila s bojilima kupuju se kao pripremljena močila ili kao prah koji se otapa u vodi, ulju ili alkoholu (Ljuljka, 1989).

Pojam pigmenti podrazumijeva anorganska ili organska sredstva za močenje koja su za razliku od bojila netopiva u mediju u kojem se apliciraju. Izgled površine mijenjaju selektivnom apsorpcijom ili raspršivanjem svjetlosti, a tijekom cijelog postupka močenja zadržavaju svoju kristalnu strukturu. Pigmenti imaju bolju postojanost na svjetlu i kemijsku otpornost od bojila, ali su manje transparentni te mogu više sakriti teksturu od bojila. Zbog toga su se razvili pripravci pigmenta koji imaju visoku transparentnost i postojanost na svjetlost i u pravilu se u drvnoj industriji primjenjuju isključivo pigmentirani pripravci. Čestice pigmenta znatno su veće od čestica bojila pa zbog toga pigmentirana močila ne prodiru u drvo nego se većinski zadržavaju na površini te često prigušuju izgled drva. Dok je s bojilima moguće postići širok spektar tonova, pigmentirana močila imaju manje bogat odabir tonova, a obojenje koje se postiže nije tako duboko poput onog postignutom močilima s bojilima. Prednosti pigmentiranih močila u odnosu na močila s bojilima su njihovo lakše nanošenje, naglašavanje teksture kod krupno poroznih vrsta drva i otpornost na svjetlost. Kupuju se u obliku tekućina ili gelova te mogu biti vodena, uljna ili otapalna (Ljuljka, 1989).

2.3.1. Močenje furnira

Pojam furnir odnosi se na take listove drva debljine od 0,6 do 2,0 mm. Smatra se da sam furnir ima sve karakteristike masivnog drva. Ipak prilikom površinske obrade furnira treba uzeti u obzir da na furnirske listove prilikom izrade djeluju različiti vanjski čimbenici koji mogu na neki način razlikovati furnir po njegovim svojstvima od masivnog drva. Prilikom procesa sljepljivanja furnir je izložen djelovanju visoke temperature i tlaka što može izmijeniti njegovu površinu. Drvna vlakna se gnječe, a visoka temperatura može prouzrokovati promjene kemijskog sastava površine u smislu povećanog taloženja ekstraktivnih tvari i određene promjene osnovnih komponenti. Može doći do omekšavanja hemiceluloze i lignina što za posljedicu može imati neočekivane kemijske reakcije tih komponenti s močilima koja se nanose na površinu furnira. Do neočekivane reakcije može doći i prilikom migracije ekstraktivnih tvari na površinu furnira uslijed njegovog gnječenja i izloženosti visokim temperaturama. Bilo kakve nepravilnosti kod sljepljivanja furnira dovode do prodiranja ljepila na površinu furnira što može imati značajan utjecaj na smanjenje adhezije premaza. Iako se furnir prije površinske obrade brusi kao i masivno drvo, navedeni ekstremni uvjeti kojima je furnir izložen prilikom proizvodnje čine ga delikatnim materijalom za primjenu močila (Jaić, Živanović–Trbojević, 2000).

Najveća prepreku u močenju furnira predstavljaju ekstraktivne tvari koje se talože na listovima furnira zbog procesa njihove izrade. Ekstraktivne tvari na površini mogu dovesti do različitih problema prilikom površinske obrade, kao što je nepoželjno obojenje drva što je posebice slučaj za tamnije vrste drva bogate fenolnim supstancama. Može doći i do promjene pH vrijednosti površine što direktno utječe na adhezivna svojstva. Ekstraktivi na površini mogu blokirati mjesta reakcija na površini i spriječiti kvašenje te tako smanjiti adheziju. Njihova oksidacija doprinosi povećanju kiselosti drva i potpomaže degradaciji drva. Najčešća greška izazvana pojavom ekstraktiva na površini je promjena obojenja premaza, a mogu utjecati i na povećanje vremena otvrdnjivanja premaza. Zbog male debljine listova furnira postoji mogućnost zadržavanja ekstraktivnih tvari na površini nakon brušenja koje mogu negativno utjecati na močenje (Jaić, Živanović–Trbojević, 2000).

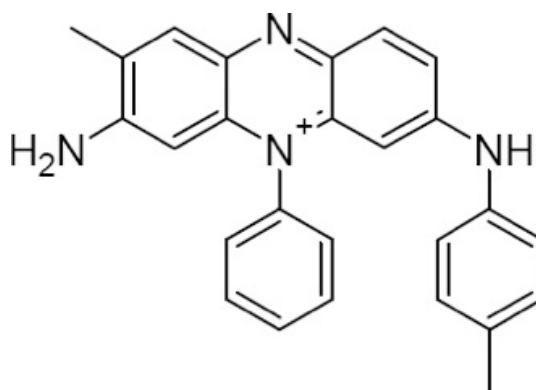
Gnječenje i mehaničko oštećenje staničja do kojeg dolazi prilikom izrade furnira također mogu imati negativni utjecaj na daljnju površinsku obradu. Upotrebom visokog tlaka stanični prostori u koje močilo može penetrirati dodatno se smanjuju. Time se smanjuje propusnost furnira za tekućine i plinove. Iako su debljine furnira male teško je postići penetraciju močila kroz njihovu debljinu što dodatno ukazuje na smanjenu propusnost furnira u usporedbi s masivnim drvom (Jaić, Živanović–Trbojević, 2000).

Najuspješnija močenja furnira su ona izvedena na tankim listovima (0,6 ili 0,7 mm) jer se povećanjem debljine furnira otežava prodiranje sredstava za močenje u drvena vlakna. Jačina adsorpcije i prodiranja molekula močila koje penetriraju u strukturu drva kritični su čimbenici za dubinu i kvalitetu močenja (Wei i sur., 2008). Međutim, u smjeru okomito na vlakanca dostupan je samo ograničeni broj kanala za prodiranje močila. Nedostatak prostora za penetraciju močila u površinu furnira glavni je razlog zbog kojeg se konvencionalnim metodama može samo tanki furniri. Primijenjene su mnoge metode močenja furnira kao što je močenje uranjanjem pod vakuumom, močenje koje kombinira vakuumsko močenje i močenje pod tlakom. Međutim rezultati su pokazali mnoge nedostatke primijenjenih metoda. Močilo nije penetriralo kroz cijelu debljinu furnira, lako su se oštetili prilikom procesa močenja ili su se zakrivili nakon močenja i sušenja (Chang i sur., 2009).

2.3.2. Anilinska vodena močila

Anilin je organski spoj kemijske formule $C_6H_5NH_2$, a sastoji se od fenolne skupine ($-C_6H_5$) koja je vezana na amino skupinu ($-NH_2$). Anilin je prvi put izoliran 1826. godine destruktivnom destilacijom indiga, biljke koja se u prošlosti koristila za proizvodnju plave boje, a 1826. godine izoliran je i iz katrana ugljena. Nekoliko različitih znanstvenika nakon toga uspješno izvodi anilin različitim procesima, a 1841. godine C. J. Fritzsche nazvao je ovu uljnu ljubičastu supstancu anilin prema nazivu jedne od biljaka korištene za proizvodnju indigo boje (lat. *Indigofera anil*). Godine 1855. dokazano je da su uljne supstance dobivene različitim postupcima identične te ih se naziva jednim imenom anilin ili fenilamin (http://www.pysanky.info/Chemistry/Aniline_Dyes.html).

Prvo anilinsko močilo nazvano mauvein (slika 8) otkriveno je slučajno 1856. godine, a otkrio ga je 18-godišnji student kemije William Henry Perkin dok je radio s anilinom (bistra, uljasta, otrovna tekućina) u pokušaju da iz katrana kamenog ugljena sintetizira kinin. Kinin se u to vrijeme koristio za izradu lijeka protiv malarije, a anilin je bio skup laboratorijski spoj, ali nakon ovog otkrića počinje ga se proizvoditi u masivnim količinama. Jaka ljubičasta boja koju je kemičar proizveo u svom radu s anilinom bila je ujedno i prva uspješno sintetizirana boja. Sintetičke boje izvedene iz katrana ugljena nakon ovog otkrića postaju poznate kao anilinske boje. Iako anilinska močila najčešće pronalaze uporabu u tekstilnoj industriji moguće ih je primjenjivati na svim vlaknastim materijalima pa tako i na drvu (http://www.pysanky.info/Chemistry/Aniline_Dyes.html).



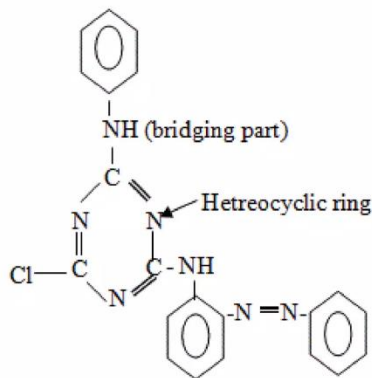
Slika 8. *Kemijska struktura anilinskog močila mauvein*

(Izvor: http://www.pysanky.info/Chemistry/Aniline_Dyes.html)

Anilinska močila su s obzirom na tvari koja im daju obojenje močila s bojilima. Dolaze u obliku praha i pripremaju se otapanjem u vodi, alkoholu ili naftnim otapalima ovisno o formulaciji praha. U kemijskom smislu anilinska močila su kisela močila što znači da su otopine koje nastaju otapanjem praha u otapalu u pravilu kisela. Anilinska močila obično se prodaju kao natrijeve soli koje otapanjem u vodi tvore aktivni amin, a većina njih sadržava fenilnu skupinu i veže se s vodom za hidroksilne skupine pomoću vodikovih veza. Bojila topiva u vodi se koriste najčešće jer nude maksimalnu čistoću i postojanost te su najjednostavnija za korištenje. Najveća prednost anilinskih močila u usporedbi s ostalim močilima na tržištu je njihova dobra pokrivenost bez prigušavanja teksture drva. Anilinska močila dolaze u raznim tonovima u rasponu od nježnih do primarnih boja i cijene se zbog svoje jasnoće i zasićenosti. Ne ostavljaju pigmentaciju na površini drva i daju ravnomjernije obojenje površini na koju se nanose u odnosu na ostala vodena močila. (https://www.allthescience.org/what-is-aniline-dye.htm?expand_article=1).

2.3.3. Reaktivna močila

Reaktivna močila s obzirom na tvari koja im daju obojenje svrstavaju se u močila s bojilima. Kemijski gledano ona se sastoje od kromofornog dijela i reaktivne skupine koja je vezana na njega (slika 9), a reaktivni dio kemijski se veže s OH-skupinama u drvu. Reaktivna močila iskorištavaju prednosti prirodnih spojeva u drvu kako bi stvorili novo obojenje. Ne oslanjaju se na pigmente već se koriste pažljivo odabrani kemijski spojevi koji u reakciji s taninima, ekstraktima šećera ili celulozom u drvu mijenjaju boju površine. Prilikom upotrebe reaktivnih močila važno je voditi računa o smjeru vlaknaca u drvu koje se obrađuje. Stupanj reakcije ovisi o tome koliko se reaktivnog močila nanese i upije u drvo. Ovisno o strukturi drva neka područja apsorbiraju više od drugih te se reaktivna močila zbog toga koriste kada se želi naglasiti prirodna tekstura drva (<https://monarchplank.com/blogs/news/blog-post-2>).



Slika 9. Kemijska struktura reaktivnog močila

(Izvor: <https://www.slideshare.net/muhammadmudassir35/reactive-dyes-82658451>)

Reaktivna močila prvi puta se na tržištu pojavljuju 1956. godine nakon što su ih u 1954. godini otkrili britanski kemičari Rattee i Stephens. Kromoforna grupa je u pravilu najznačajnija za nastajanje boje dok reaktivna grupa omogućava reakciju močila s hidroksilnom skupinom u vodi i celulozi. U procesu prihvaćanja močila za drvo hidroksilni ioni ulaze u celulozu i dolazi do ionizacije celuloze te se uspostavlja ravnotežna reakcija. Za postizanje visoke otpornosti na djelovanje vode koje se očekuje od reaktivnog močila, sva hidrolizirana i nefiksirana boja mora se ukloniti ispiranjem (<https://www.slideshare.net/muhammadmudassir35/reactive-dyes-82658451>).

Reaktivna bojila su topiva u vodi i jednostavna za upotrebu, imaju visoku postojanost na svjetlost i otpornost na ispiranje. Povoljne su i dostupne su u velikom rasponu nijansi. Najčešće se mogu kupiti u obliku praha, ali moguće ih je pronaći i u tekućem obliku ili kao pastu. Reaktivna močila se smatraju najtrajnijim močilima zbog stvaranja kovalentnih veza s celulozom u procesu fiksiranja za površinu (<https://www.slideshare.net/muhammadmudassir35/reactive-dyes-82658451>).

2.3.4. Pozitivna močila

Pozitivna močila dobila su svoj naziv zbog pozitivne slike teksture drva koja nastaje upotrebom ovog močila. U procesu močenja veće stanice ranog drva upijaju više močila i postaju tamnije dok stanice kasnog drva upijaju manje močila te imaju svjetlije obojenje. Ovakav rezultat močenja naziva se negativna slika teksture jer je kasno drvo svjetlije od ranog dok je na neobrađenom drvu kasno drvo tamnije. Postizanje pozitivne teksture drva (kasno drvo tamnije, rano drvo svjetlije) moguće je samo kemijskim močilima i specijalnim močilima kojima se može postići pozitivna slika teksture. Na slici 10 prikazana je pozitivna (lijevo) odnosno negativna (desno) slika teksture. Upotrebom pozitivnih močila dolazi do kemijske reakcije između drva i močila, a boja ne ovisi o količini upijene boje (Jirouš Rajković, 2019).



Slika 10. Pozitivna i negativna slika teksture

(Izvor: Jirouš Rajković, 2019)

Pozitivna močila zamijenila su kemijska močila koja su se nekad koristila za dobivanje pozitivne slike teksture daju obojenje drvu kemijskim putem. Pri tome se kemijskim tvarima djeluje na tanine i nerazvijene pigmente boja u drvu. Kemijske tvari koje reagiraju s taninom u drvu najčešće su lužine ili soli metala. Ukoliko drvo ne sadrži tanine, na površinu je potrebno prije močenja nanijeti predmočilo odnosno otopinu tanina, pirgalne kiseline ili pirokatehina. Nakon toga nanosi se močilo za koje se najčešće primjenjuju mikromati, kromati i soli metala. Prilikom korištenja kemijskih močila dobivamo pozitivnu sliku teksture jer dolazi do kemijske reakcije između tanina ili nerazvijenih pigmenata u drvu i lužina odnosno kovinskih soli. Prilikom kemijske reakcije nastaju nove tvari koje se talože na površini drva te na taj način daju drvu novo obojenje. Prilikom upotrebe kemijskih močila potrebno je obratiti pažnju na kemijski sastav drva. S obzirom na kemijske tvari koje mogu reagirati s močilima razlikujemo vrste drva koje sadrže tanin (hrast, kesten, bagrem), vrste drva koje sadrže nerazvijene pigmente to jest tvari koje pod djelovanjem kemikalija mogu mijenjati boju (trešnja), vrste drva koje sadrže i tanine i nerazvijene pigmente (orah, mahagonij) te vrste drva koje ne sadrže ni tanine niti nerazvijene pigmente (Jirouš Rajković, 2019).

Nakon močenja kemijskim močilima boja ne nastaje odmah već je potrebno određeno vrijeme da bi se razvilo obojenje. Taj vremenski period ponekad traje od 3 do 4 tjedna. Zbog toga se ta močila danas više gotovo i ne koriste, a zamjenjuju ih pozitivna močila. (Jirouš – Rajković, 2019). Pozitivna močila u svom sastavu sadrže reaktivna bojila koja kemijskom reakcijom sa sastojcima drva daju obojenje drvu. Ona reagiraju s ligninom u staničnim stijenjkama i upotrebljavaju se najčešće kod obrade četinjača bogatih ligninom (Jirouš Rajković, 2019).

2.4. Boja i mjerenje boje

Riječ boja možemo promatrati na dva načina. Boja je subjektivan psihofizički doživljaj koji opisujemo riječima poput plavo, crveno ili žuto. U svakodnevnom govoru pod pojmom boja često se podrazumijeva supstanca ili materijal koje nekom objektu daju obojenje. Pojam boje nije jednoznačan što dodatno doprinosi potrebi da se taj pojam brojčano izrazi te da se postave jasne granice definicije tog pojma. Iako nema jednostavnog odgovora, boju je moguće opisati kao psihički doživljaj koji nastaje kao posljedica fizičkog stimulansa. Osjet boje uzrokuje elektromagnetsko zračenje valnih duljina od 380 do 760 nm koje registrira ljudsko oko. Osjet boje ili drugim riječima stimulus, je određen ukupnom količinom energije koju ljudsko oko prima u nekoj jedinici vremena tijekom zračenja te njenom spektralnom raspodjelom (Biffi, 1985).

Kako bi se brojčano izrazila razlika između dviju boja potrebno je vizualnu procjenu promatrača pretvoriti u numeričke vrijednosti koje će dati jasnu sliku o točnim parametrima obojenja nekog objekta. Zbog toga se javlja potreba za mjerenjem i određivanjem boje, a to dolazi do izražaja i u drvnoj industriji bilo da je riječ o prirodnoj boji drva ili o površinski obrađenom drvu. (Biffi, 1985). Za određivanje spektralne raspodjele osjeta boje ili stimulusa koriste se uobičajeni spektrofotometrijski postupci. Tim se postupkom određuje spektralna reflektancija za obojena neprozirna tijela tj. spektralna transmitacija za obojena prozirna tijela. Kod čvrstih tijela kod kojih se dio svjetlosti apsorbira spektrofotometrijskim postupcima se utvrđuje spektralna remitancija. Dvije se boje jednake reflektancije, transmitacije ili remitancije, pod istim uvjetima promatranja, doživljavaju kao jednake. Drugim riječima, usporedbom dvaju osjeta boja razlike se mogu pojaviti samo u njihovoj svjetlini, tonu i zasićenosti. Svaka je boja određena trima parametrima ili koordinatama koje boju određuju kao trodimenzionalnu veličinu, a nazivaju se psihofizičke karakteristike boje, ton boje, svjetlina boje i zasićenost boje (Biffi, 1985).

Ton boje (slika 11) je doživljaj promatrača uzrokovan svjetlom iz različitih dijelova spektra. U svakodnevnom govoru riječ boja vrlo je često istoznačna tonu boje (crveno, žuto, zeleno itd.) Najkraće valne duljine vidljive svjetlosti (oko 400 nm) ljudsko oko doživljava kao ljubičasti ton, do 490 nm ton postepeno prelazi u plavi, do 500 nm ton boje doživljava se kao zeleni, od 530 do 570 nm ton prelazi u žuti, zatim narančasti (580 – 620 nm) te konačno, najveće valne duljine vidljive svjetlosti (620 – 760 nm) doživljavaju se kao crveni ton. Nastale boje uzrokovane su monokromatskim spektralnim zračenjem i nazivaju se spektralne boje (Biffi, 1985.).

Svjetlina boje posljedica je toga što ljudsko oko ne registrira iste količine energije iz različitih dijelova spektra kao jednake. Dio ukupnog toka zračenja koji doživljavamo kao svjetlinu naziva se svjetlosni tok, a svjetlost neke površine definirana je tokom svjetlosti koja se s nje remitira to jest reflektira. Ljudsko oko najveću osjetljivost ima u zelenom području spektra to jest pri 550 nm (Biffi, 1985).

Zasićenost boje (z) ili čistoća boje daje informaciju o tome približava li se neka boja sivoj ili pak kromatski čistoj boji. Samo spektrale boje su potpuno zasićene. Zasićenost se smanjuje i promatranjem dvaju boja u isto vrijeme, a manja je što je veća udaljenost promatranih boja u krugu boja. Dvije boje koje međusobnim miješanjem se mijenjaju obojeni ton već novonastala boja ima manju zasićenost nazivaju se komplementarnim bojama (plava – žuta, crvena - zelena). Njihovim miješanjem u određenom odnosu dobivaju se boja s potpunim odsustvom obojenog tona to jest bijela, siva ili crna boja. Te se boje jednim imenom nazivaju akromatske boje i njihova je zasićenost nula te su određene samo svjetlinom. Akromatska boja sa svjetlinom nula naziva se crna, a sa maksimalnom svjetlinom bijela (Biffi, 1985).



Slika 11. Krug obojenih tonova

(Izvor: M. Biffi, 1985.)

Na viđenje i doživljaj boja uvelike utječe svjetlosni izvor pod kojim promatramo neki objekt. Zbog toga se prilikom mjerenja boje u kolorometriji koriste standardni svjetlosni izvori koji odgovaraju srednjoj dnevnoj svjetlosti (D56) i svjetlosti žarulje (A). Standardne svjetlosti upotrebljavaju se kako bi se prilikom osjenjivanja i vrednovanja boje moglo doći do jedinstvenog zaključka. Kada svjetlosno zračenje padne na neki predmet većina zračenja prodire u površinu promatranog predmeta. Ovisno o valnoj duljini djelomično se apsorbira, a djelomično reflektira u svim pravcima. Ovaj odnos refleksije i apsorpcije promatraču izaziva doživljaj boje nekog predmeta. Tijelo koje ukupnu količinu zračenja reflektira i ništa ne apsorbira ima bijelu boju. Ukoliko pak tijelo ukupno zračenje apsorbira, a ništa ne reflektira ono ima crnu boju. Tijelo koje reflektira neki konstantni dio od ukupnog vidljivog spektra dok ostatak apsorbira ima sivu boju. Ako je tijelo obojeno tada se od ukupnog upadajućeg bijelog svjetla pojedine zone apsorbiraju jače od drugih (Jaić, Živanović–Trbojević, 2000).

Za mjerenje boje najčešće se u praksi koristi CIELAB – sustav boja koji je preporučen od VIE 1976. godine. Taj sistem ispravlja neke od nedostataka koje su imali prijašnji modeli. Unutar CIELAB sustava brojevi L^* , a^* i b^* koriste se kao koordinate u prostoru boja. Osi a (crveni – zeleni ton boje) i b (žuti – plavi ton boje) tvore ravninu obojenih tonova, a u ishodištu koordinatnog sustava nalaze se akromatske boje. L^* os je okomita na osi a^* i b^* te predodređuje svjetlinu boje. Ima vrijednost nula za idealno crno i 100 za idealno bijelo. Kako bi se došlo do informaciji o promjeni ili razlici boje nekog objekta koriste se ove tri brojčane vrijednosti na sljedećim relacijama:

$$\Delta L^* = \Delta L_1^* - \Delta L_0^*$$

$$\Delta a^* = \Delta a_1^* - \Delta a_0^*$$

$$\Delta b^* = \Delta b_1^* - \Delta b_0^*$$

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$

Gdje je ΔL^* promjena u svjetlini boja, Δa^* promjena tona boje na relaciji crveno – zeleno, Δb^* promjena tona boje na relaciji žuto – plavo, a ΔE^* označava ukupnu promjenu ili razliku boje dvaju promatranih objekata (Jaić, Živanović–Trbojević, 2000).

2.5. Dosadašnja istraživanja

Hu i sur. (2015) istraživali su učinke diklorotriazin reaktivnog močila na tretiranje javorovog furnira. Utvrdili su da korišteno reaktivno močilo ima dobru sposobnost močenja javorovog furnira, a kao najoptimalnije parametre naveli su: temperatura ispitivanja 55 °C, koncentracija močila 3 %, količina pomoćnog sredstva za močenje 40 g/l, vrijeme močenja 3 sata, količina fiksatora 15 g/l, vrijeme fiksiranja 75 min te omjer volumena furnira i močila 1 : 40.

Wang i sur. (2018) istraživali su učinak tretiranja furnira drva topole reaktivnim močilom. Rezultati su pokazali da je močenje uz pomoć ultrazvuka poboljšalo dekorativna svojstva furnira drva topole. Kao optimalne parametre za postizanje najboljih rezultata navode 50 °C za temperaturu ispitivanja, koncentracija močila od 0,5 %, ultrazvučna snaga od 160 W, vrijeme močenja 120 minuta, količina pomoćnog sredstva za močenje 40 g/l i količina fiksatora 25 g/l.

Pavlič i Petrič (2020) istraživali su povezanost vizualne percepcije boje i razlike u boji te instrumentalne procjene boje na drvenim površinama. Utvrdili su da na vizualnu procjenu u boji utječe mnogo čimbenika te da ta procjena ne ovisi samo o stvarnim razlikama u boji.

Nadalje, utvrđeno je da postoji dobra korelacija između vizualne i instrumentalne procjene razlika u boji kada se koriste vrijednosti izračunate CIEL*a*b* formulom. Za finalne drvene površine razlika u boji ΔE^* od 0,5 može se smatrati vrijednošću koja označava početak vidljivosti razlike u boji. Interval za vidljivost razlike u boji proteže se sve do vrijednosti ΔE^* od 2,0. Nakon prelaženja ove vrijednosti dvije se boje smatraju različitim bojama. Istraživanje je također pokazalo da postoji određena tolerancija u percepciji promjene boje koja se povećava ako je sustav premaza transparentniji i struktura drva vidljiva.

3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Prilikom izrade furnirskih listova bitno je obratiti pozornost na buduću uporabu furnira koji se proizvodi. Poznato je da drvo bjeljike i srži zbog svoje anatomske uloge u deblu nema jednaka mehanička, estetska, fizička ili kemijska svojstva. Upravo zbog toga drvo bjeljike često je neupotrebljivo, a to je slučaj i kod izrade furnira. To je posebice bitno ukoliko je furnir namijenjen za oplemenjivanje ploča od kojih se izrađuje namještaj ili drugih proizvoda gdje je furnir vizualno izložen. Zbog veličine provodnog staničja u bjeljici i razlici istoga u odnosu na provodno staničje srži, pokazalo se gotovo nemoguće postići isto obojenje furnirskih listova izrađenih iz bijeli to jest srži. Isto je moguće logički zaključiti i bez provođenja praktične provjere tog problema. Staničje u bjeljici je provodnog karaktera te je zbog toga adsorpcija močila ili bojila koji se koriste znatno veća nego što je to slučaj u drvu srži čije je staničje ponajprije u potpornoj ulozi u stablu. Kako je adsorpcija u drvu bjeljike veća od onog u drvu srži, dolazi do intenzivnijeg obojenja bjeljike. Ukoliko se želi postići ista nijansa močenog furnira izrađenih iz ovih dvaju staničja potrebno je koristiti različita močila, različite tehnike nanošenja ili pak drugačije količine istog močila. Kada bi postojala mogućnost obojenja furnirskih listova srži i bjeljike istim močilom to bi u prvom redu označavalo mogućnost veće iskoristivosti sirovine prilikom izrade furnira. Potreba za odvajanjem srži i bjeljike bi se značajno smanjila ili nestala, a drvo bjeljike više ne bi bilo neupotrebljivo.

Upravo to je bio cilj istraživanja unutar ovog diplomskog rada; dobivanje jednoličnog obojenja uzoraka bjeljike i srži na listovima hrastovog furnira upotrebom jednog močila. Kao polazna točka uzimaju se već provedena istraživanja koja su opisana u prethodnom poglavlju, a metode i uzorci prilagođeni su mogućnostima za istraživanje na Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije.

4. MATERIJALI

Istraživanje se provodilo na uzorcima hrastovog furnira upotrebom tri vrste močila i dvije temperature tretmana u trajanju od tri sata. Detaljni opis uzoraka za ispitivanje, močila i opreme koja je korištena tijekom ispitivanja nalazi se u daljnjim poglavljima, dok se metoda ispitivanja podobnije opisuje u poglavlju 5.

4.1. Uzorci

Uzorci na kojima se vršilo ispitivanje bili su listovi hrastovog furnira dimenzija 100 mm × 200 mm × 0,6 mm. Furnir prije ispitivanja nije bio brušen niti mu je površina bila obrađivana na bilo koji način. Listovi su podijeljeni u tri grupe uzoraka;

- listovi od čiste bjeljike
- listovi od kombinacije bjeljike i srži
- listovi od čiste srži (tekstura blistače i bočnice)

Prije početka ispitivanja uzorci su sortirani i dodijeljene su im oznake kako bi bilo moguće njihovo praćenje tijekom procesa ispitivanja. Ispitivanje se provodilo na dvije temperature kupke (30 °C i 80 °C) u vremenu od 3 sata za svaku temperaturu ispitivanja. Uzorci hrastovog furnira prije močenja i nakon označavanja prikazani su na slici 12, a slika 13 prikazuje proces skeniranja uzoraka prije ispitivanja.



Slika 12. Uzorci hrastovog furnira prije skeniranja



Slika 13. Proces skeniranja uzoraka

4.2. Močila

Za potrebe ovog istraživanja korištene su tri vrste močila:

- Anilinsko vodeno močilo u prahu
- Reaktivno močilo u prahu
- Pozitivno vodeno močilo

Svakim močilom obradila su se po dva uzorka iz svake skupine uzoraka, to jest po dva uzorka bjeljike, dva uzorka kombinacije bjeljike i srži te po dva uzorka srži (jedan uzorak srži bila je teksture blistače, a drugi tekstura bočnice). Stoga, svaka skupina uzoraka koji su se močili istim močilom sadržavala je šest uzoraka. Ukupno je pripremljena 1 litra svakog močila, kako bi omjer površine furnira koji se istovremeno moče i močila bio 1:12.

Anilinska bojila se lako otapaju u vodi i često se koriste za direktno bojanje prirodnih vlakana biljnog ili životinjskog podrijetla. Njihova primjena najčešća je u tekstilnoj industriji. Ova bojila daju svijetle bogate boje, ali su također osjetljive na sunce i relativno brzo blijede. Anilinska bojila u užem smislu su naziv za bojila proizvedena od anilina. Na tržištu je moguće pronaći već pripravljena anilinska močila te močila u obliku praha koji se razrjeđuje najčešće u vodi ili alkoholu. Za anilinska vodena močila u prahu preporučuje se njihovo otapanje u toploj vodi uz postepeno dodavanje praha u vodu. Otopinu je potrebno miješati tijekom dodavanja praha, a zatim povremeno promiješati u vremenskom periodu 10 do 15 minuta kako bi se osiguralo topljenje praha u otapalu. Prije upotrebe močilo se mora ohladiti.

Vodeno anilinsko močilo je bila 3 % -tna vodena otopina, dakle u 1 l tople vode otopljeno je 30 g bojila u prahu (15 g žutog i 15 g crvenog bojila). Prah je postepeno dodavan u vodu uz konstantno miješanje. Nakon dodavanja predviđene količine praha otopina je konstantno miješana 10 minuta te je ostavljena da se ohladi prije upotrebe. Na slici 14 i 15 prikazana su močila u prahu kao i pripremljeno močilo nakon otapanja u vodi.



Slika 14. Anilinsko vodeno močilo u prahu



Slika 15. Pripremljeno vodeno močilo

Reaktivno vodeno močilo proizvođača Jacquard je set od 4 močila u prahu koja se najčešće koriste za tekstil. Močila su predviđena za vlakna koja reagiraju na hladnu vodu i koriste se za močenje uranjanjem, zračnim kistom, sito-tiskom, štrcanjem i gradacijsko močenje. Obojenje se odvija močenjem celuloznih i nekih životinjskih vlakana. Za postizanje ravnomjernog obojenja vlakno koje se moči treba se slobodno kretati u kupki. Dodavanje više vode od specificiranog rezultira razrjeđenjem močila i smanjenjem njegovog intenziteta. Nijanse korištene u ovom istraživanju su Fuchsia i Lemon Yellow. Prije dodavanja močila u prahu, u otapalo (vodu) potrebno je dodati fiksator (natrijev karbonat). Kako bi otopine močila bile ujednačene koristio se isti omjer praha za razrjeđivanje u vodi kao i kod anilinskog vodenog močila.

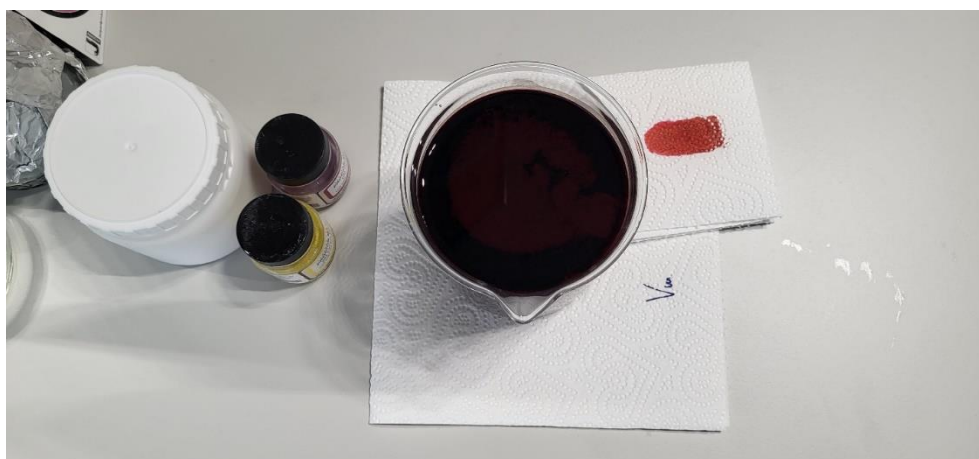
Za pripremu reaktivnog močila prije otapanja otopljeno je u 1 L vode 6,25 g fiksatora. Pripravljeno reaktivno močilo također je bilo 3 % - tna vodena otopina, 30 g bojila u prahu (15 g žutog i 15 g crvenog bojila) dodalo se u 1 litru tople vode. Na slikama 16, 17 i 18 prikazana su reaktivna bojila u prahu, fiksator i pripremljeno močilo.



Slika 16. Reaktivno močilo u prahu

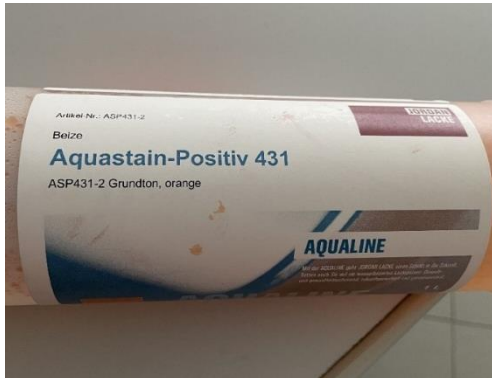


Slika 17. Fiksator za reaktivno močilo



Slika 18. Pripremljeno vodeno močilo

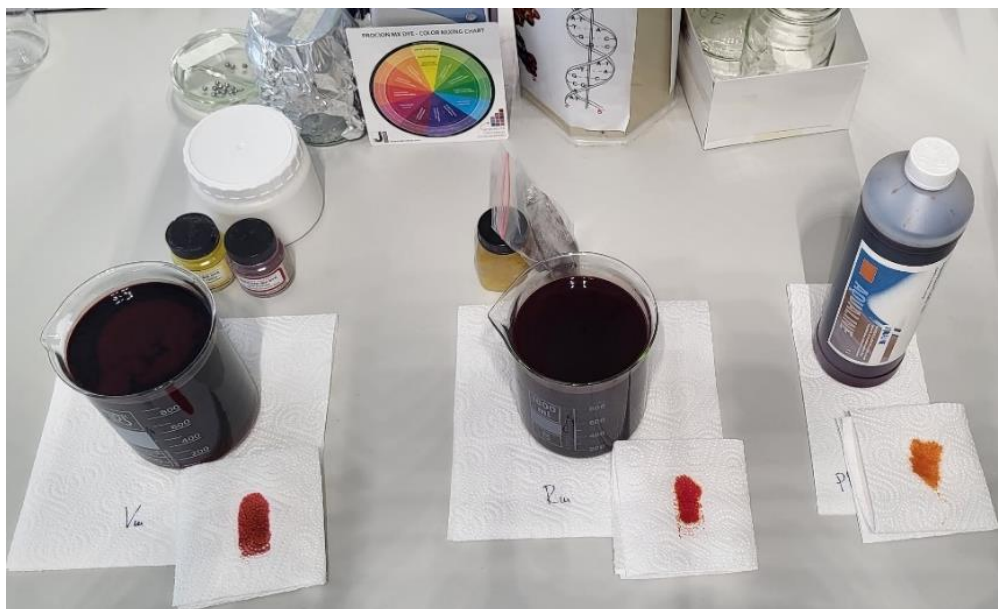
Pozitivno vodeno močilo nije bilo potrebno pripremati već se koristilo gotovo kupljeno močilo Aquastain - Positiv 431 proizvođača Aqualine koje je prikazano na slikama 19 i 20. Ovo močilo je na bazi vode i stvara pozitivnu sliku na drvu. Prije upotrebe, močilo je bilo potrebno dobro protresti kako bi se izbjegle razlike u obojenju prilikom nanošenja močila. Sušenje je dozvoljeno povišenjem temperature ili kretanjem zraka, ali uslijed toga može doći do promjene obojenja. Optimalno vrijeme sušenja je 4 – 5 sati. Efikasnost močila ovisi o vrsti drva, teksturi drva, drvnoj masi i načinu nanošenja močila. Na slici 21 prikazana su sva tri močila koja su se koristila u ispitivanju.



Slika 19. Pozitivno vodeno močilo, ambalaža



Slika 20. Pozitivno vodeno močilo



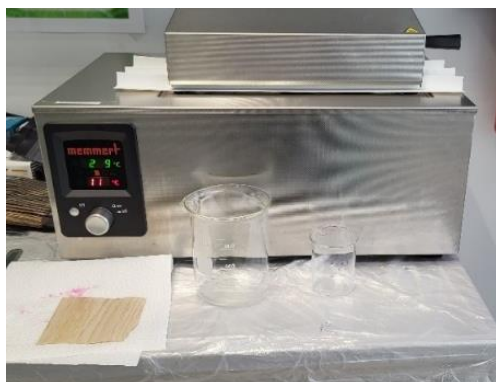
Slika 21. Korištena močila i njihove nijanse

4.3. Oprema za ispitivanje

Za mjerenje boje uzoraka prije i nakon procesa močenja koristio se spektrofotometar koji je prikazan na slici 22. Postavke uređaja su bile sljedeće: mjerna geometrija $d/8^\circ$, standardni promatrač 10° , izvor svjetlosti D65 i promjer mjernog otvora 8 mm. Za potapanje uzoraka hrastovih furnira korištena je vodena kupelj prikazana na slikama 23 i 24.



Slika 22. Spektrofotometar



Slika 23. Vodena kupelj (otvorena)



Slika 24. Vodena kupelj (zatvorena)

Potrošni materijal koji se koristi tijekom ispitivanja su plastične vrećice u koje se smještaju uzorci i močilo, plastični „L“ nosači korišteni za pričvršćivanje vrećica s uzorcima i papirnati ručnici za uklanjanje viška močila.

5. METODE I POSTUPAK ISPITIVANJA

Prije početka ispitivanja uzorci su bili razvrstani s obzirom na njihovu anatomsku građu te su im dodijeljene oznake za raspoznavanje. Nakon označavanja i razvrstavanja svim uzorcima je izmjerena boja korištenjem spektrofotometra. Na uzorcima čiste bjeljike i čiste srži obavljeno je po pet mjerenja po uzorku, a na uzorcima koji su sadržavali bjeljiku i srž obavljeno je po 10 mjerenja po uzorku (pet mjerenja na dijelu gdje je bjeljika, pet mjerenja na dijelu gdje je srž). Iz dobivenih podataka izračunata je promjena boje prema sljedećoj formuli:

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

Gdje je

- ΔL^* - promjena u svjetlini boja
- Δa^* - promjena tona boje na relaciji crveno – zeleno
- Δb^* - promjena tona boje na relaciji žuto – plavo, a
- ΔE^* - ukupna promjena ili razlika boje dvaju promatranih objekata

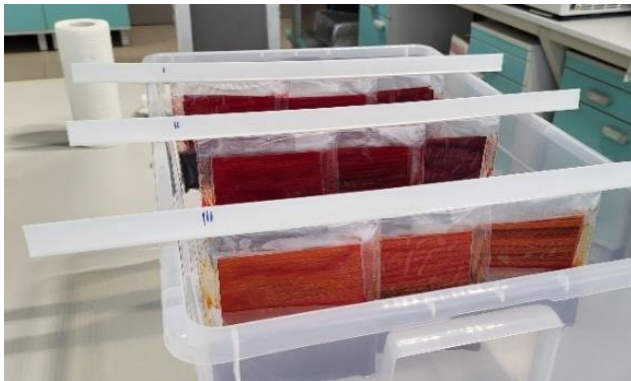
Sljedeći korak bio je priprema močila. Za tretiranje jednim močilom predviđena su sveukupno 6 uzoraka. Odabrana su po dva uzorka iz svake skupine uzoraka (dva uzorka čiste bjeljike, dva uzorka kombinacije bjeljike i srži i dva uzorka čiste srži). Ispitivanje se provodilo na dvije temperature vodene kupke (30 °C i 80 °C).

Svaki uzorak furnira stavljen je u jednu plastičnu vrećicu u koju je zatim dodano močilo. Uzorci pripremljeni za tretman na temperaturi od 30 °C smješteni su u vrećicu tako da je smjer godova bio vodoravan u odnosu na smjer potapanja, a uzorci pripremljeni za tretman na 80 °C imali su smjer godova okomit u odnosu na smjer potapanja. U svaku vrećicu s uzorkom dodano je 50 ml močila nakon čega se vrećica pričvrstila za plastični „L“ profil. Plastične vrećice s uzorcima i močilom nakon toga su potopljene u vodenu kupku temperature 30 °C tj. 80 °C u trajanju od 3 sata. Na slici 25 prikazani su uzorci smješteni u vrećice s močilom i potopljeni u vodenu kupku.

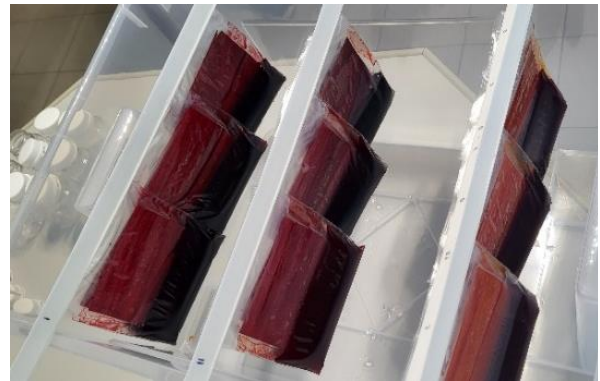


Slika 25. Vrećice s uzorcima potopljenim u vodenu kupku

Nakon 3 sata, uronjeni uzorci su izvađeni iz vodene kupelji i vrećica te su se sušili na zraku omotani upijajućim papirom. Na slikama 26 i 27 prikazani su uzorci izvađeni iz vodene kupelji nakon 3 sata na temperaturi od 30 odnosno 80 °C.



Slika 26. Uzorci nakon 3 sata (30 °C)



Slika 27. Uzorci nakon 3 sata (80 °C)

Nakon 24 sata sušenja na zraku, uzorcima se ponovno mjerila boja na isti način kao i prije močenja te su takvi uzorci skenirani. Uzorci direktno izvađeni iz plastičnih vrećica i ostavljeni na sušenju 24 sata prikazani su na slikama 28 i 29. Nakon 24 sata uzorci nisu bili potpuno suhi, pa ih je bilo potrebno sušiti još šest dana za nastavak ispitivanja. Proces skeniranja i mjerenja boje na uzorcima se ponovio nakon što su uzorci bili u potpunosti suhi, nakon 7 dana.



Slika 28. Uzorci izvađeni iz kupke



Slika 29. Uzorci ostavljeni na sušenje

Nakon što su uzorci bili potpuno suhi, isprani su vodom kako bi se uklonio višak močila koji nije bio apsorbiran u list furnira tijekom procesa močenja. Potom su uzorci ostavljeni na zraku da se ponovno osuše nakon čega su ponovno skenirani i izmjerena im je boja. Ispiranje uzoraka i potpuno osušeni uzorci prikazani su na slikama 30 i 31. Opisani postupak uranjanja, sušenja i ispiranja te ponovnog sušenja obavljao se na uzorcima predviđenim za tretiranje na 30 °C i 80 °C.



Slika 30. Ispiranje uzoraka



Slika 31. Potpuno osušeni uzorci

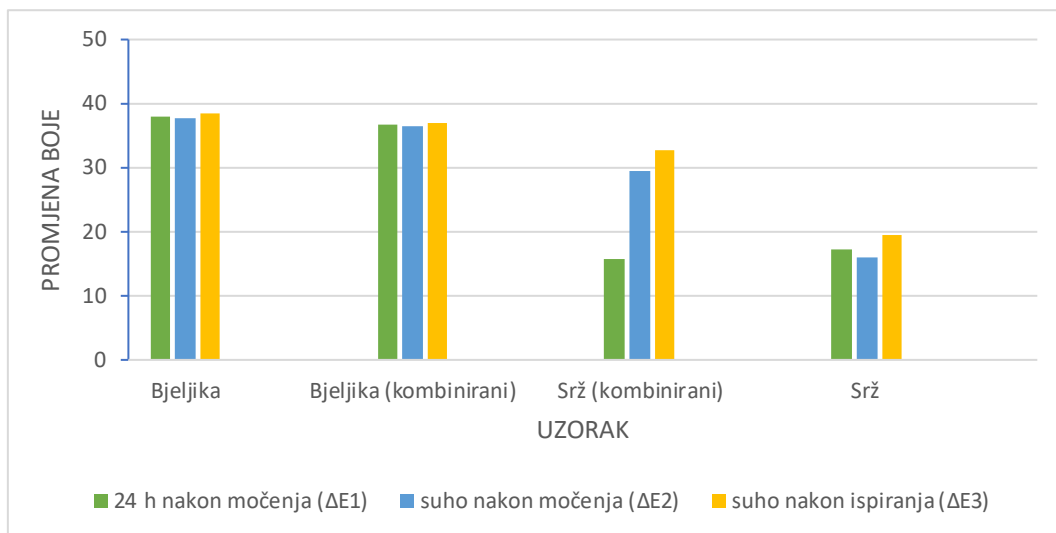
Opisani postupak uranjanja, sušenja i ispiranja te ponovnog sušenja obavljao se na uzorcima predviđenim za uranjanje na 30 °C i 80 °C. Uzorci tretirani na 30 °C s anilinskim vodenim močilom imali su šareno obojenu površinu, pa je zbog toga bio ponovljen taj tretman s novim setom uzoraka.

6. REZULTATI I RASPRAVA

Međusobno su uspoređene vrijednosti za rezultate mjerenja boje prije početka ispitivanja i tijekom tri faze ispitivanja gdje je uzorcima mjerena boja (24 sata nakon močenja, suho nakon močenja, suho nakon ispiranja). Sljedeće vrijednosti promjene boje su uspoređene i prikazane grafički:

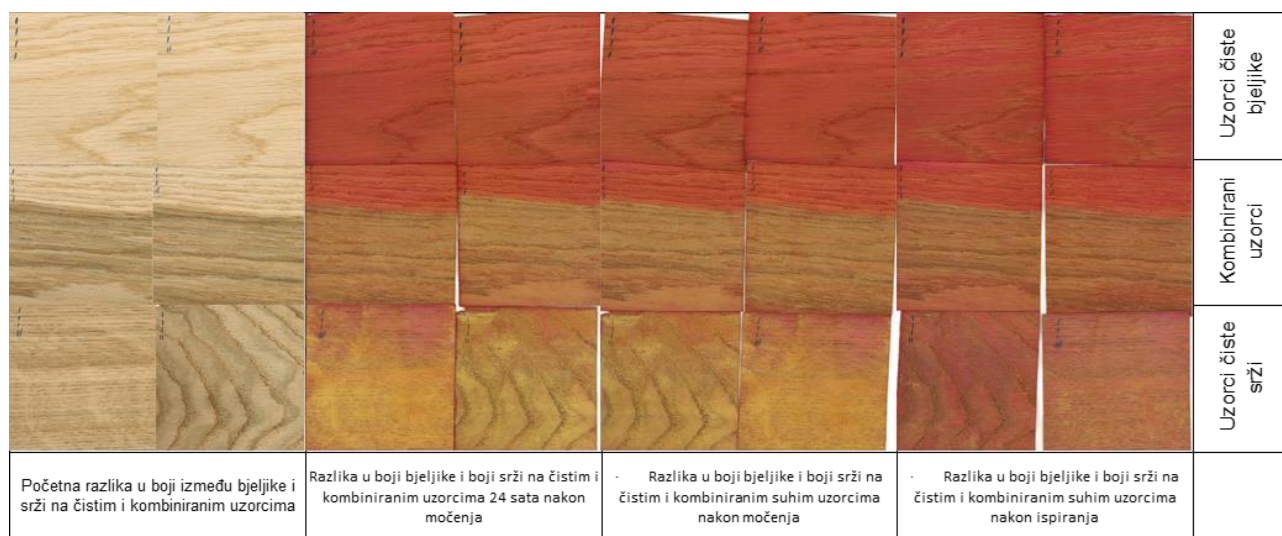
- Promjena boje između uzoraka prije močenja i uzoraka 24 sata nakon močenja - ΔE_1^*
- Promjena boje između uzoraka prije močenja i potpuno suhих uzoraka nakon močenja - ΔE_2^*
- Promjena boje između uzoraka prije močenja i potpuno suhих uzoraka nakon ispiranja - ΔE_3^*

Usporedbom navedenih vrijednosti dobivene su informacije o tome koliko se razlikuje promjena boje močenog furnira u pojedinim fazama ispitivanja u odnosu na izmjerene vrijednosti boje uzoraka prije močenja. Promatranjem podataka o tome koja je promjena boje na uzorcima najznačajnija s obzirom na početno stanje uzoraka dobivamo sliku o penetraciji močila u drvo u različitim fazama ispitivanja. Za izradu grafova koristile su se srednje vrijednosti svih podataka koji su bili sakupljeni prilikom mjerenja boje.

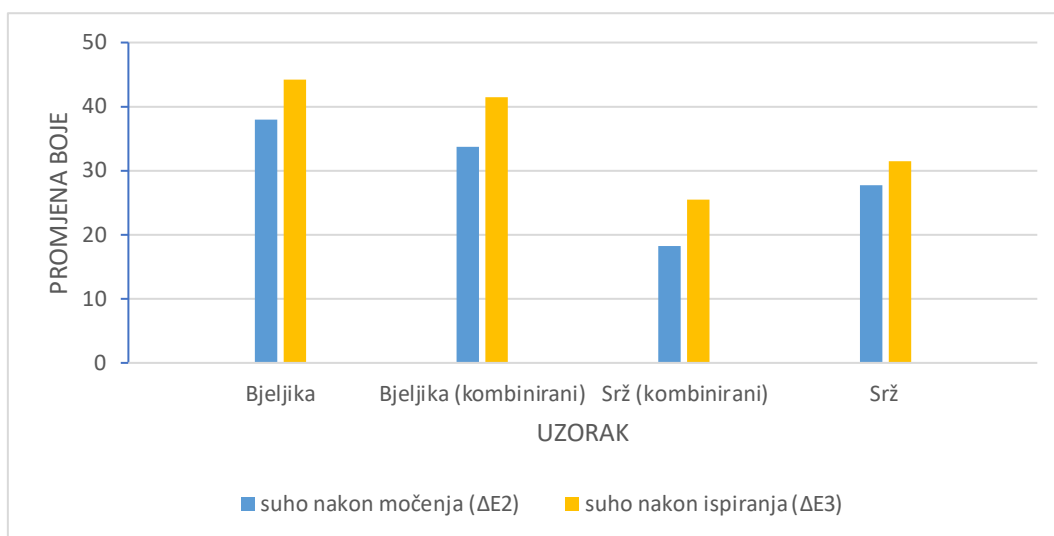


Slika 32. Rezultati promjene boje uzoraka obrađenih anilinskim vodenim močilom na 30 °C

Slika 32 prikazuje usporedbu promjene boje uzoraka u tri faze (24 sata nakon sušenja, suho nakon močenja, suho nakon ispiranja). Najveća promjena boje na svim uzorcima bila je promjena boje suhih uzoraka nakon ispiranja (ΔE_3). Na uzorcima s bjeljikom vidljiva je manja razlika u promjeni boje između pojedine faze mjerenja u odnosu na uzorke sa srži. Na slici 33 vidljivo je šareno obojenje uzoraka močenih anilinskim vodenim močilom, pogotovo na uzorcima čiste srži. Močilo korišteno za ispitivanje bilo je pripravljeno rastapanjem bojila u prahu u vodi sobne temperature. Čestice bojila se zbog toga možda nisu otopile u vodi te se močilo ponovno pripremlilo, ali u vodi povišene temperature kao što je opisano u poglavlju 4. Postupak močenja anilinskim vodenim močilom ponovio se na novom setu uzoraka.



Slika 33. Površinski neobrađeni i uzorci obrađeni anilinskim vodenim močilom pri 30 °C

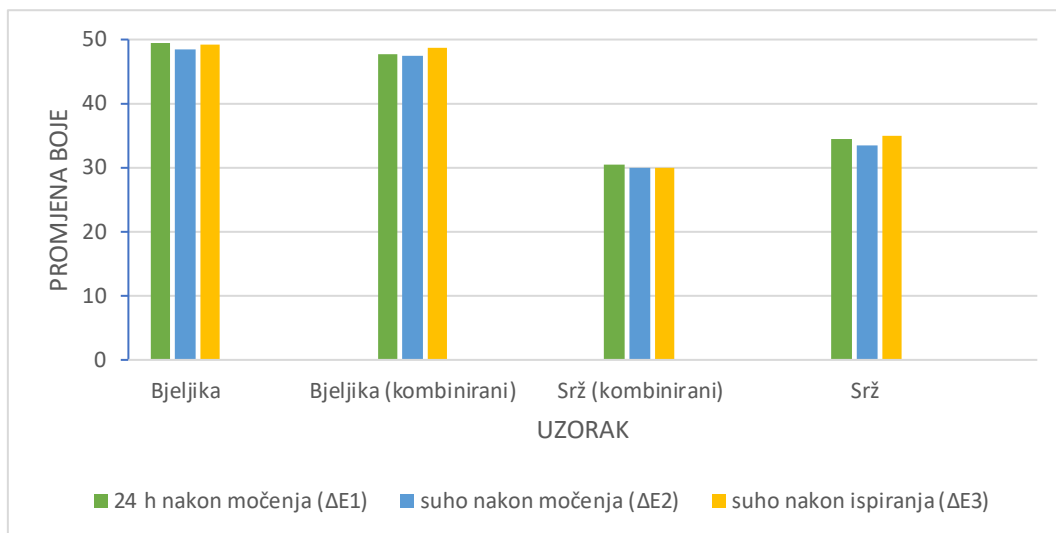


Slika 34. Rezultati promjene boje uzoraka obrađenih anilinskim vodenim močilom na 30 °C – ponovljeno

Rezultati ponovljenog ispitivanja anilinskim vodenim močilom prikazani su na slici 34 gdje je uspoređena razlika u promjeni boje potpuno suhих uzoraka nakon močenja (ΔE_2) i suhих uzoraka nakon ispiranja (ΔE_3). Svi uzorci pokazali su da je najveća promjena boje nastupila na potpuno suhim uzorcima nakon ispiranja. Rezultati su pokazali da šareno obojenje uzoraka nije posljedica pripreve močila. Na slici 35 vidljivo je da je šareno obojenje na uzorcima ponovno prisutno. Razlike između promjena boje ujednačenije su između bjeljike i srži nego što je to bio slučaj pri prvom pokušaju močenja. Kod drugog pokušaja močenja razlika maksimalne i minimalne vrijednosti promjene u boji je veća, ali nema značajne razlike između bjeljike i srži. Iz toga se može zaključiti da je otapanje anilinskog močila u vodi povišene temperature imalo pozitivan učinak na apsorpciju močila u drvena vlakna.

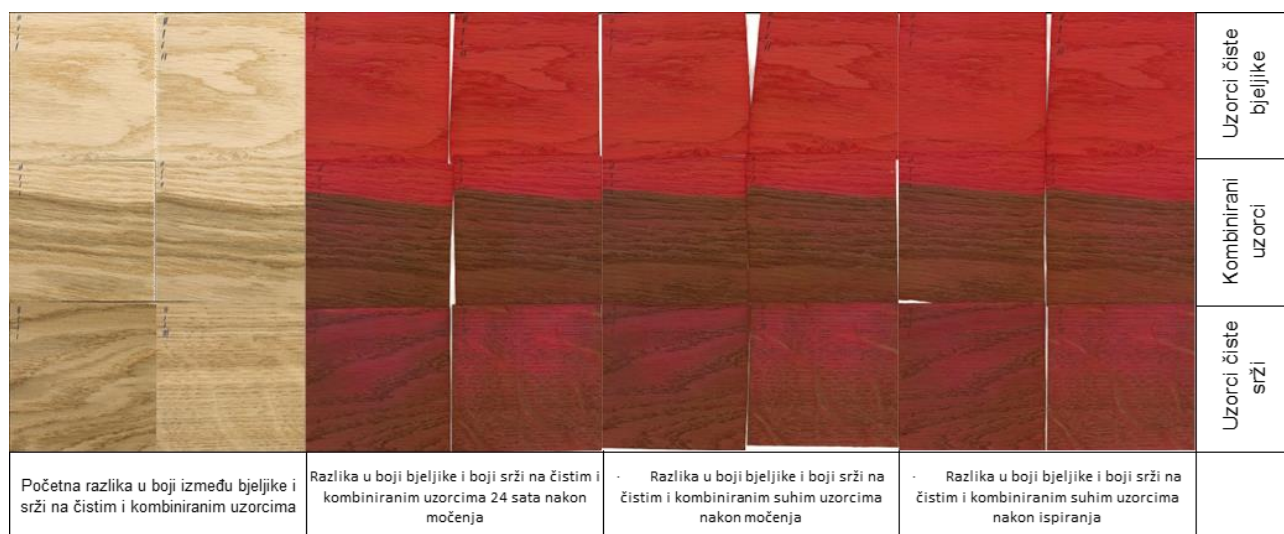


Slika 35. Površinski neobrađeni i uzorci obrađeni anilinskim vodenim močilom pri 30 °C - Ponovljeno

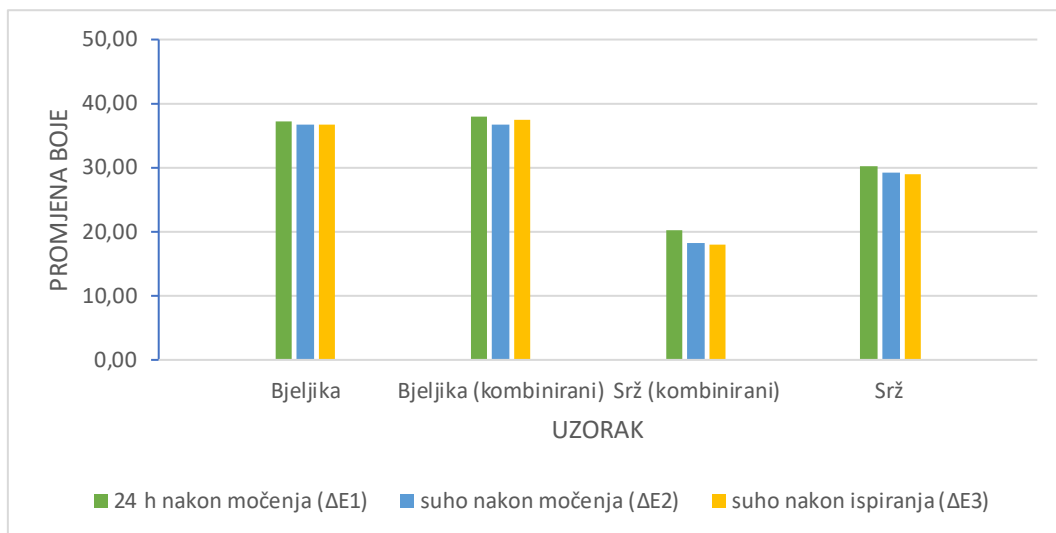


Slika 36. Rezultati promjene boje uzoraka obrađenih reaktivnim močilom na 30 °C

Vrijednosti promjene boje uzoraka obrađenih reaktivnim močilom (slika 36) veće su od uzoraka obrađenih anilinskim močilom. To ukazuje na intenzivnije obojenje hrastovog furnira reaktivnim močilom. Promjene boje u tri razmatrane faze puno su ujednačenije nego što je to bio slučaj kod uzoraka obrađenih anilinskim močilom. Iako su promjene boje ujednačene na svim uzorcima u pojedinim fazama, promjene boje na srži su znatno manje od promjene boje na bjeljici. Staničje srži ima tamniju prirodnu boju od bjeljike pa je zato obojenje slabije izraženo. Također, bjeljika je provodno staničje u drvu što znači da se močilo lakše apsorbira u pore koje su otvorene za razliku od srži gdje su pore drva zapunjene kako bi ispunjavale potpornu ulogu u drvu. Zbog toga je obojenje jače izraženije na bjeljici nego na srži. Na slici 37 prikazani su uzorci obrađeni reaktivnim močilom pri 30 °C.



Slika 37. Površinski neobrađeni i uzorci obrađeni reaktivnim močilom pri 30 °C



Slika 38. Rezultati promjene boje uzoraka obrađenih pozitivnim vodenim močilom na 30 °C

Na slici 38 prikazani su rezultati promjene boje uzoraka obrađenih pozitivnim vodenim močilom na temperaturi od 30 °C. Rezultati su veoma slični rezultatima ispitivanja reaktivnim močilom, ali su vrijednosti promjene boje puno manje. Reaktivno močilo je prilikom mjerenja dalo najveće rezultate promjene boje što je osim brojčano izraženo i vizualno. Pozitivno močilo dalo je ujednačene iznose promjene boje i ponovno se ponavlja obrazac većih promjena boja na bjeljici nego na srži. Najizraženija promjena boje na uzorcima ispitivanim pozitivnim močilom bila je 24 sata nakon močenja (ΔE_1). Vrlo mala razlika u promjeni boje nakon sušenja te nakon ispiranja i sušenja ukazuje na dobru apsorpciju pozitivnog močila prilikom procesa sušenja. Na slici 39 prikazani su uzorci obrađeni pozitivnim močilom pri 30 °C.

				Uzorci čiste bjeljike
				Kombinirani uzorci
				Uzorci čiste srži
Početna razlika u boji između bjeljike i srži na čistim i kombiniranim uzorcima	Razlika u boji bjeljike i boji srži na čistim i kombiniranim uzorcima 24 sata nakon močenja	Razlika u boji bjeljike i boji srži na čistim i kombiniranim suhim uzorcima nakon močenja	Razlika u boji bjeljike i boji srži na čistim i kombiniranim suhim uzorcima nakon ispiranja	

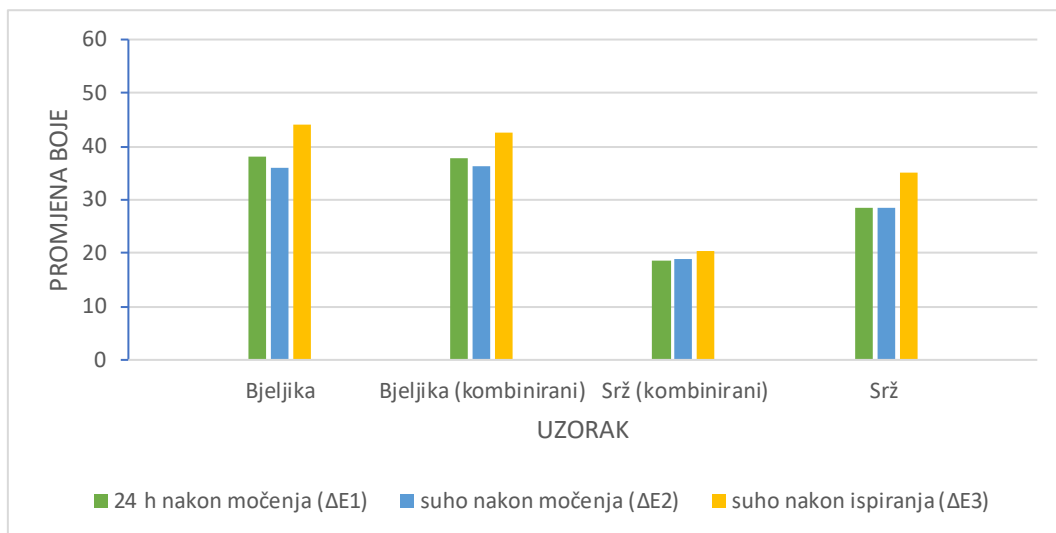
Slika 39. Površinski neobrađeni i uzorci obrađeni pozitivnim vodenim močilom pri 30 °C

S obzirom na rezultate ispitivanja odabranim močilima na temperaturi od 30 °C, pozitivno vodeno močilo pokazalo je najbolje rezultate. Na slici 39 vidljivo je da je razlika u boji između bjeljike i srži na čistim uzorcima veoma mala. Na kombiniranim uzorcima ta je razlika ipak vidljiva i puno izraženija nego na čistim uzorcima, ali je i dalje manja od one na kombiniranim uzorcima močenim anilinskim i reaktivnim močilom.

Reaktivno močilo prema vizualnoj procjeni kao i prema izmjerenim vrijednostima, pokazalo se neupotrebljivim za postizanje ujednačenja tona srži i bjeljike. Obojenje koje je postignuto je izrazito intenzivno na bjeljici, a postoje svjetla mrljasta obojenja na uzorcima srži (čistim i kombiniranim) što je vidljivo na slici 37. Srž je bogatija taninima i ekstraktivnim tvarima od bjeljike koja u drvu ima provodnu ulogu, a reaktivna močila kemijske spojeve formiraju s taninima i ekstraktivnim tvarima u drvu (poglavlje 2.3..3). Mjesta svjetlijeg obojenja na srži su područja na koja je močilo reagiralo drugačije, a to se može objasniti prisustvom tanina ili ekstraktiva s kojima močilo reagira i daje drugačije obojenje.

Anilinsko vodeno močilo dalo je „šarolike“ rezultate. Na slici 33 koja prikazuje prvi pokušaj ispitivanja anilinskim močilom, vidljivo da je močilo u potpunosti neupotrebljivo za postizanje ujednačenja boje. Postoji značajna razlika u tonu boje srži i bjeljike, ta je razlika toliko vizualno izražena da su uzorci srži ispitivani anilinskim močilom poprimili žuti ton, dok su uzorci bjeljike poprimili crveni ton. Drugi pokušaj ispitivanja dao je bolje rezultate (slika 35), ali i dalje su nezadovoljavajući.

Svi grafički prikazi rezultata također, pokazuju da su vrijednosti promjena boje na srži manje za kombinirane nego za uzorke čiste srži. Razlog tome je veća koncentracija tanina i ostalih ekstraktivnih tvari u drvu s kojima kemijski reagiraju reaktivno i pozitivno močilo. Anilinsko močilo daje slične rezultate prilikom ponavljanja ispitivanja, a u prvom pokušaju na srži kombiniranih uzoraka dolazi do najvećih varijacija u promjeni boje s obzirom na ostale uzorke. Veća koncentracija tanina u čistim uzorcima srži daje i objašnjenje na pitanje zašto su čisti uzorci ispitivani močilima po svojem tonu slični dok je na kombiniranim uzorcima kontrast boje između bjeljike i srži jasnije izražen.

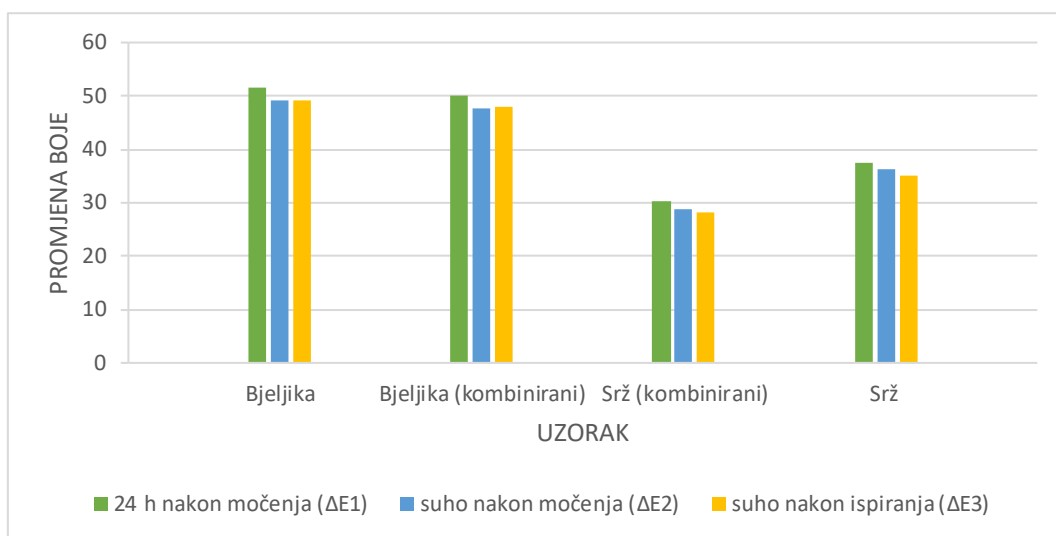


Slika 40. Rezultati promjene boje uzoraka obrađenih anilinskim vodenim močilom na 80 °C

Slika 40 prikazuje rezultate ispitivanja anilinskim vodenim močilom na temperaturi od 80 °C. Vrijednosti promjene boje su slične onima pri ispitivanju na 30 °C, ali međusobna varijabilnost promatranih promjena boje je smanjena. Rezultati su pokazali da je najizraženija promjena boje u usporedbi s početnom bojom uzoraka ona izmjerena na suhim uzorcima nakon ispiranja (ΔE_3). Rezultati ispitivanja anilinskim močilom ukazuju i na njihovu neadekvatnost za međusobno miješanje različitih nijansi močila u prahu. Močilo crvenog tona očito bolje penetrira u površinu što se očituje u izraženijem crvenom tonu nakon ispiranja na svim uzorcima koji su ispitivani anilinskim močilom bez obzira na temperaturu (slika 41).



Slika 41. Površinski neobrađeni i uzorci obrađeni anilinskim vodenim močilom pri 80 °C

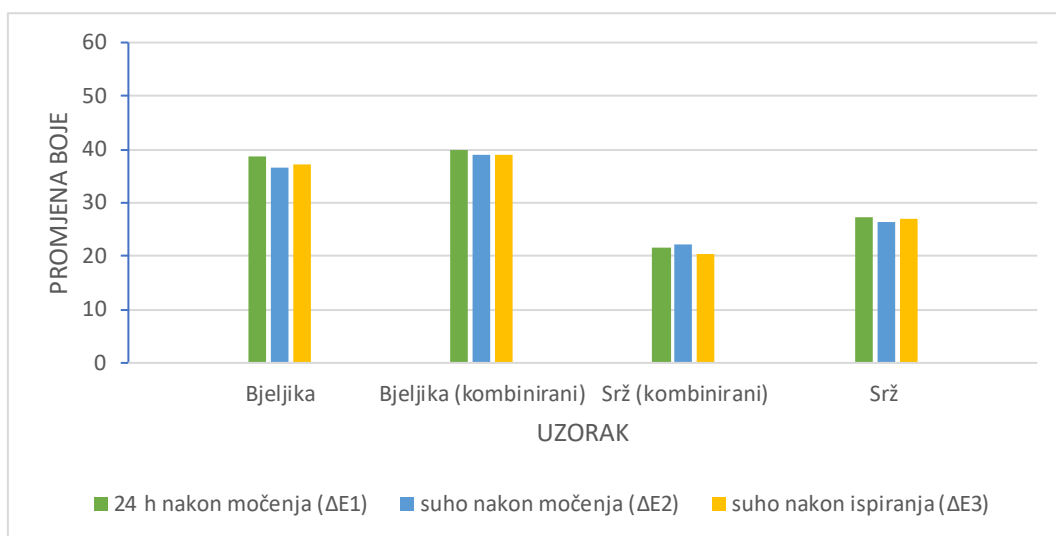


Slika 42. Rezultati promjene boje uzoraka obrađenih reaktivnim močilom na 80 °C

Rezultati močenja reaktivnim močilom na 80 °C (slika 42) jako su slični rezultata močenja na 30 °C. Najznačajnija promjena boje uslijedila je 24 sata nakon močenja (ΔE_1). Uzorci bjeljike pokazuju da se promjena boje smanjuje kada su uzorci potpuno suhi i ne mijenja se značajno nakon ispiranja. Ispiranje uzoraka ima veći utjecaj na promjenu boje kod uzoraka srži gdje se ona postepeno smanjuje. Ovakvi rezultati ukazuju na lošu apsorpciju i penetraciju reaktivnog močila u površinu drva jer se ispiranjem uzoraka smanjuje intenzitet obojenja. To je posebice slučaj za uzorke srži, što je razumljivo jer srž nema provodnu ulogu. Ipak, vizualno ne postoji značajna razlika između uzoraka koji su ispitivani reaktivnim močilom na 30 °C i uzoraka ispitivanih na 80 °C. Na slici 43 prikazani su uzorci obrađeni reaktivnim močilom na 80 °C.

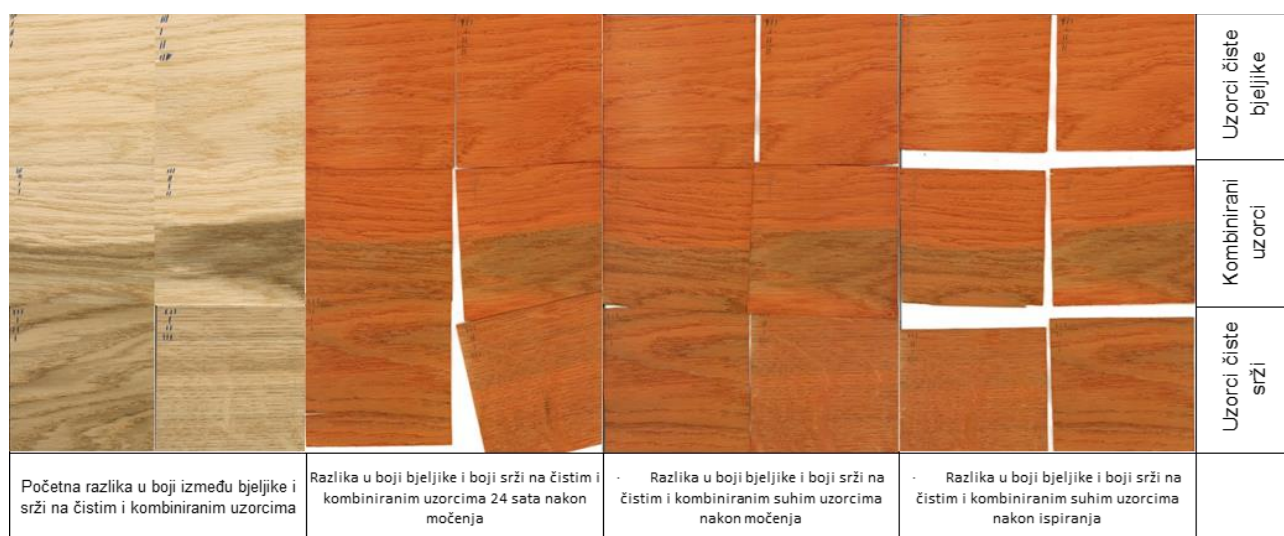


Slika 43. Površinski neobrađeni i uzorci obrađeni reaktivnim močilom na 80 °C



Slika 44. Rezultati promjene boje uzoraka obrađenih pozitivnim vodenim močilom na 80 °C

Na većini uzoraka obrađenih pozitivnim vodenim močilom na 80 °C (slika 44) najznačajnija promjena boje izmjerena je 24 sata nakon močenja. Rezultati su gotovo identični rezultatima dobivenim ispitivanjem na 30 °C. Vizualno se čini da prilikom ispitivanja pozitivnim močilom na 80 °C uzorci poprimaju intenzivnije obojenje, a to je posebice slučaj za uzorke bjeljike. Na 30 °C obojenje čistih uzoraka srži i bjeljike bilo je veoma slično dok je kontrast u boji tih dvaju staničja bio istaknutiji na kombiniranim uzorcima. Na 80 °C je vidljivo je nejednoliko obojenje i na čistim uzorcima srži i bjeljike što je suprotno očekivanjima. Pretpostavka je bila da će se povećanjem temperature kontrast dodatno smanjiti, a ne povećati. Na slici 45 prikazani su uzorci obrađeni pozitivnim močilom na 80 °C.



Slika 45. Površinski neobrađeni i uzorci obrađeni ispitivani pozitivnim vodenim močilom pri 80 °C

Pozitivno vodeno močilo ponovno je dalo najbolje rezultate od svih močila kojim su uzorci bili ispitivani. Iako je pozitivno močilo dalo lošije rezultate pri 80 °C nego pri 30 °C, u usporedbi s ostalim močilima imalo je najbolje rezultate. Pozitivno močilo ne reagira s taninom već s ligninom u staničnim stijenkama drva što rezultira pozitivnom slikom teksture. Postoji mogućnost povećane reaktivnosti pozitivnog močila i lignina pri višim temperaturama što bi objasnilo ovakvu reakciju.

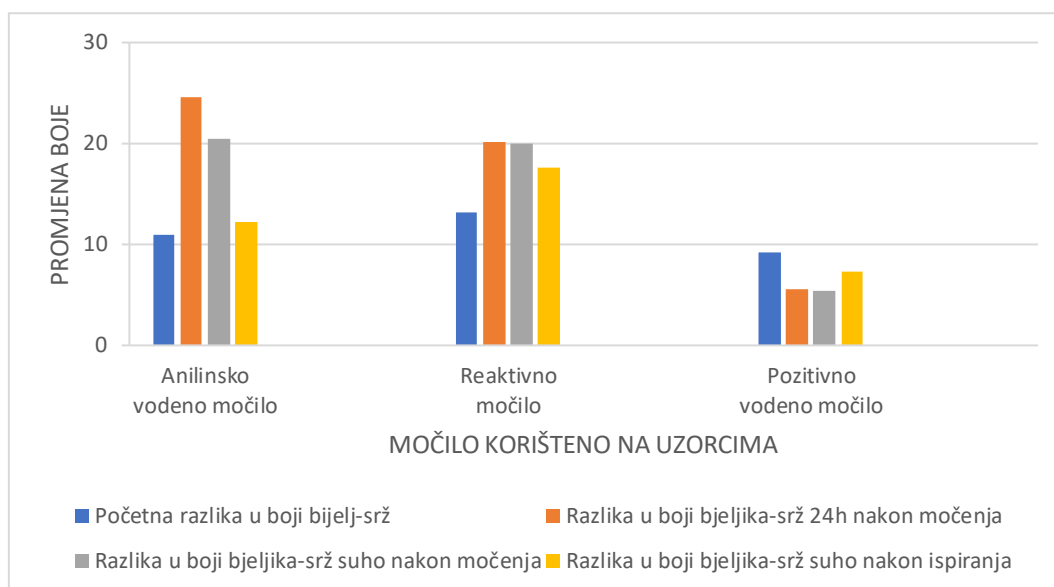
Reaktivno močilo povećanjem temperature na 80 °C daje bolje rezultate nego pri 30 °C. Drvni traci na uzorcima srži iznimno su naglašeni, a pozitivna tekstura drva srži je preizražena u usporedbi s bjeljikom. Ipak, mrljasta svjetlija obojenja na srži nisu prisutna na uzorcima ispitivanim pri 80 °C. Kod močenja na 30 °C (slika 27) vidljivo je da na uzorcima bjeljike postoje djelomična obojenja žute nijanse dok se na višoj temperaturi postiže jednolično obojenje. Nedostatak ovog močila je prenaplašena pozitivna slika teksture drva srži u usporedbi s drvom bjeljike. Reaktivno močilo pokazalo se ponovno neupotrebljivim za ujednačavanje boje, ali kontrast boje srži i bjeljike nije pojačan kao što se pretpostavljalo već je postignuto jednoličnije obojenje.

Anilinskim vodenim močilom ponovno su dobiveni varijabilni rezultati na 80 °C i teško je pronaći neki konstantni obrazac. Na nekim uzorcima razlika boje i srži iznimno je ujednačena dok je na drugim uzorcima iste grupacije iznimno naglašena. Kod ovog močila najizraženiji je utjecaj povišene temperature na rezultate ispitivanja. Na čistim uzorcima bjeljike i na kombiniranim uzorcima postignuta je ujednačena boja, a neujednačenost boje na čistim uzorcima srži, iako prisutna, nije toliko značajna.

Cilj ovog istraživanja bio je postići što veću ujednačenost boje srži i bjeljike nakon močenja, a kako bi se dobila informacija o razlici između boje bjeljike i boje srži proučena je razlika u boji između bjeljike i srži u pojedinim fazama ispitivanja:

- Početna razlika u boji između bjeljike i srži na čistim i kombiniranim uzorcima
- Razlika u boji bjeljike i boji srži na čistim i kombiniranim uzorcima 24 sata nakon močenja
- Razlika u boji bjeljike i boji srži na čistim i kombiniranim suhim uzorcima nakon močenja
- Razlika u boji bjeljike i boji srži na čistim i kombiniranim suhim uzorcima nakon ispiranja

Kod uzoraka čiste bjeljike i čiste srži uspoređivane su njihove međusobne vrijednosti, a kod kombiniranih uzoraka uspoređivana je boja na dijelu uzorka gdje je bjeljika i boja na djelu uzorka gdje je srž. Za izradu grafova korištene su srednje vrijednosti svih provedenih mjerenja.

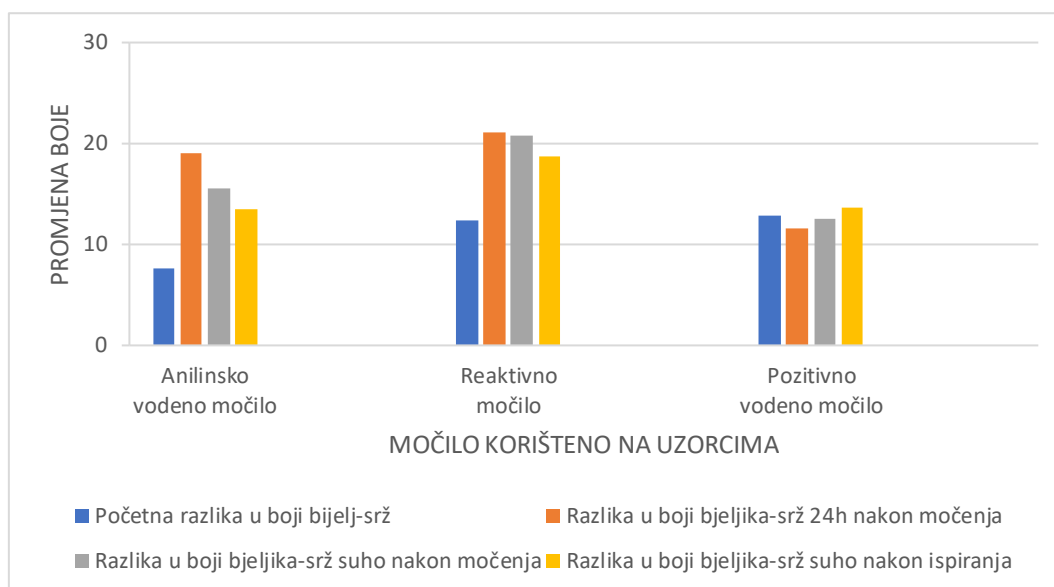


Slika 46. Rezultati promjene boje bjeljike i srži čistih uzoraka ispitivanih na 30 °C

Na slici 46 vidljivo je da su najmanje razlike u boji između bjeljike i srži bile kod pozitivnog vodenog močila gdje su sve razlike u boji bjeljike i srži bile manje od njihove početne razlike. Močenjem se smanjila razlika u boji kao i sušenjem močila, ali se ispiranjem ta razlika povećava. Pozitivno močilo najbolje rezultate na čistim uzorcima postiglo je nakon potpunog sušenja močila, a najlošije rezultate u vidu ujednačenja boje postiglo je nakon ispiranja.

Najlošije rezultate na čistim uzorcima imalo je reaktivno močilo kod kojeg su sve razlike u boji nakon močenja veće od početne razlike u boji između bjeljike i srži. Iz grafa je vidljivo da se močenjem naglašava razlika između boje srži i bjeljike. Sušenjem močila ta se razlika ublažava i doseže svoj minimum nakon ispiranja.

Anilinsko vodeno močilo ponovno je imalo jako varijabilne rezultate, ali se razlika boje između srži i bjeljike nakon ispiranja približila početnoj razlici što pokazuje na bolje rezultate od reaktivnog močila. Močenjem anilinskim vodenim močilom razlika u boji između srži i bjeljike se drastično povećava ali sušenjem močila se smanjila. Nakon ispiranja razlika između boje srži i bjeljike je gotovo jednaka početnoj razlici, ali i dalje veća od početne.



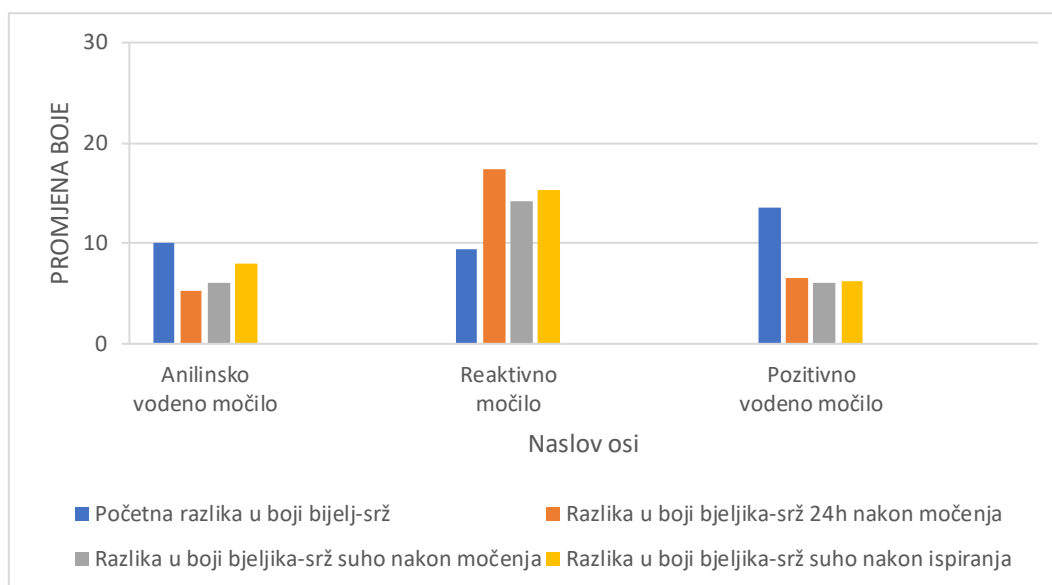
Slika 47. Rezultati promjene boje bjeljike i srži kombiniranih uzoraka ispitivanih na 30 °C

Slika 47 pokazuje da su rezultati močenja na kombiniranim uzorcima gotovo isti onima na čistim uzorcima. Najmanje razlike u boji između bjeljike i srži bile su kod pozitivnog vodenog močila, ali je početna razlika u boji srži i bjeljike na kombiniranim uzorcima veća je od početne razlike čistih uzoraka pa su i ostale razlike veće.

Pozitivno vodeno močilo najbolje rezultate na kombiniranim uzorcima postiglo je 24 sata nakon močenja, a najlošije rezultate ujednačenja boje srži i bjeljike nakon ispiranja. Iz grafa je vidljivo da se močenjem smanjuje razlika u boji između srži i bjeljike, sušenjem uzoraka razlika u boji se povećava i doseže maksimalnu vrijednost nakon ispiranja. Na temelju toga možemo zaključiti da su čisti uzorci dali bolje rezultate u vidu ujednačenja boje.

Reaktivno močilo i za kombinirane uzorke imalo je najlošije rezultate. Razlika između boje srži i bjeljike povećava se močenjem, smanjuje se sušenjem močila i opada ispiranjem uzoraka, ali čak i nakon ispiranja razlika u boji između srži i bjeljike je i dalje značajno veća od početne.

Anilinsko vodeno močilo dalo je nešto bolje rezultate od reaktivnog močila na kombiniranim uzorcima, ali i dalje nezadovoljavajuće. Varijabilnost je jako izražena pa se tako močenjem uzoraka razlika u boji srži i bjeljike s obzirom na početnu drastično povećava, sušenjem močila se smanjuje i ima svoj minimum nakon ispiranja uzoraka. Nakon ispiranja uzoraka ispitivanih anilinskim močilom razlika između boje srži i bjeljike pokazala se manjom od reaktivnog močila, ali značajno većom od pozitivnog močila.



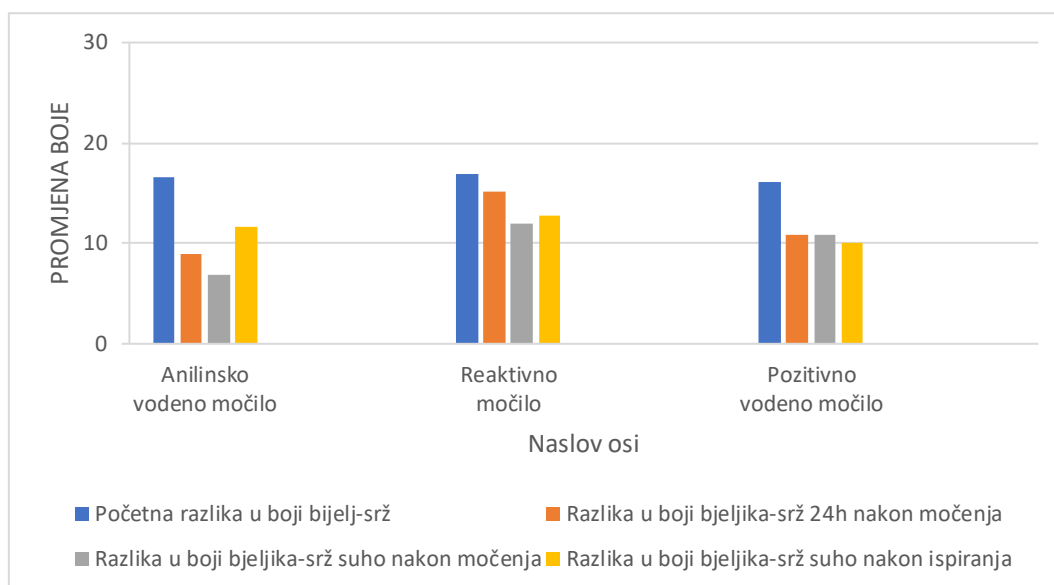
Slika 48. Rezultati promjene boje bjeljike i srži čistih uzoraka ispitivanih na 80 °C

Slika 48 prikazuje rezultate promjene boje bjeljike i srži čistih uzoraka ispitivanih na 80 °C. U usporedbi s ispitivanjem na temperaturi od 30 °C, rezultati na povišenoj temperaturi od 80 °C pokazuju povoljne rezultate za sva močila osim za reaktivno močilo.

Pozitivno vodeno močilo ima značajno bolje rezultate od svih ostalih korištenih močila. Dokaz tome je značajno smanjenje razlike između boje srži i bjeljike s obzirom na početnu razliku boje tijekom svih faza ispitivanja. Iz grafa je vidljivo da se močenjem razlika u boji drastično smanjuje, dodatno opada sušenjem močila i lagano se pojačava nakon ispiranja uzoraka.

Reaktivno močilo imalo je najlošije rezultate. Rezultati pokazuju da povišenje temperature ispitivanja na 80 °C nema značajni utjecaj na ujednačenje boje srži i bjeljike na uzorcima. Močenjem se razlika u boji dodatno ističe, opada sušenjem močila, ali ponovno raste nakon ispiranja uzoraka.

Anilinsko vodeno močilo reagiralo je najbolje na povišenje temperature ispitivanja na 80 °C. Iz grafa je vidljivo da se močenjem razlika između boje srži i bjeljike značajno smanjuje i doseže vrijednost manju od one koju je imalo pozitivno močilo. Sušenjem močila se razlika povećava i nastavlja rast ispiranjem uzoraka. Zbog toga ima lošije rezultate od pozitivnog vodenog močila koje ne pokazuje značajne varijacije u promatranim razlikama u boji srži i bjeljike.



Slika 49. Rezultati promjene boje bjeljike i srži kombiniranih uzoraka ispitivanih na 80 °C

Usporedbom slike 47 i 49 vidljivo je da je povišenje temperature ispitivanja na 80 °C za kombinirane uzorke imalo jako pozitivne rezultate. Sva močila osim pozitivnog vodenog močila su na temperaturi ispitivanja od 80 °C imala bolje rezultate na kombiniranim uzorcima nego na čistim uzorcima. Na slici 50 nalazi se prikaz svih uzoraka na kojima je bilo vršeno ispitivanje, u svim fazama ispitivanja kako bi se prikazala njihova međusobna razlika.

Pozitivno vodeno močilo pokazalo je bolje rezultate na čistim uzorcima. Močenjem uzoraka pozitivnim močilom razlika između boje srži i bjeljike se značajno smanjila, povećala se sušenjem močila te nakon ispiranja uzoraka, razlika u boji doseže svoj minimum. Brojčano su rezultati na čistim uzorcima pokazali manju vrijednost razlike u boji srži i bjeljike nego što je to bio slučaj na kombiniranim uzorcima.

Reaktivno močilo pokazalo je znatno bolje rezultate na kombiniranim nego na čistim uzorcima, ali bitno je napomenuti da je početna razlika u boji čistih uzoraka bila gotovo duplo manja od početne razlike u boji srži i bjeljike kombiniranih uzoraka. Ipak, močenjem se smanjuje kontrast između boje srži i bjeljike na uzorcima, nastavlja se smanjivati sušenjem močila i blago raste nakon ispiranja uzoraka.

Anilinsko vodeno močilo dalo je nešto bolje rezultate na čistim uzorcima jer je početna razlika u boji srži i bjeljike kombiniranih uzoraka bila gotovo duplo veća nego kod čistih uzoraka. Zbog toga su i ostale razlike u boji bile veće. Na kombiniranim uzorcima močenjem se smanjuje razlika između boje srži i bjeljike, nastavlja se smanjivati sušenjem močila, ali značajno raste ispiranjem uzoraka.

MOČILO	VRSTA UZORAKA	TEMPERATURA ISPITIVANJA 30 °C				TEMPERATURA ISPITIVANJA 80 °C			
		PRIJE MOČENJA	24 h NAKON MOČENJA	SUHO NAKON MOČENJA	SUHO NAKON ISPIRANJA	PRIJE MOČENJA	25 h NAKON MOČENJA	SUHO NAKON MOČENJA	SUHO NAKON ISPIRANJA
ANILINSKO VODENO MOČILO	UZORCI ČISTE BJELJIKE								
	KOMBINIRANI UZORCI								
	UZORCI ČISTE SRŽI								
REAKTIVNO MOČILO	UZORCI ČISTE BJELJIKE								
	KOMBINIRANI UZORCI								
	UZORCI ČISTE SRŽI								
POZITIVNO VODENO MOČILO	UZORCI ČISTE BJELJIKE								
	KOMBINIRANI UZORCI								
	UZORCI ČISTE SRŽI								
FAZA ISPITIVANJA	PRIJE MOČENJA	24 h NAKON MOČENJA	SUHO NAKON MOČENJA	SUHO NAKON ISPIRANJA	PRIJE MOČENJA	25 h NAKON MOČENJA	SUHO NAKON MOČENJA	SUHO NAKON ISPIRANJA	

Slika 50. Prikaz svih uzoraka u svim fazama ispitivanja

7. ZAKLJUČAK

Anilinsko močilo dalo je varijabilne rezultate pri obje temperature ispitivanja. Najbolje rezultate pri temperaturi ispitivanja od 30 °C je postiglo na kombiniranim uzorcima, a na temperaturi od 80 °C na čistim uzorcima bjeljike i srži. S obzirom na ostala močila korištena u ispitivanju, pokazalo se da anilinsko močilo ima najveću reakciju na povećanje temperature ispitivanja što rezultira poboljšanjem u vidu ujednačenja boje srži i bjeljike. Najveća promjena boje za sve uzorke obrađene anilinskim vodenim močilom na svim temperaturama ispitivanja s obzirom na početno stanje izmjerena je na suhim uzorcima nakon ispiranja. Otapanje žutog i crvenog bojila u vodi prilikom pripreme močila ne daje homogeno močilo što rezultira varijabilnim rezultatima jer se crveno močilo bolje apsorbira u pore drva dok žuto ostaje na površini i uklanja se ispiranjem. Na uzorcima srži varijabilnost rezultata je najizraženija. Povećanje temperature imalo je pozitivan efekt na varijabilnost rezultata.

Reaktivno močilo imalo je najlošije rezultate u vidu ujednačenja boje srži i bjeljike na obje temperature ispitivanja. Najbolje rezultate na temperaturi ispitivanja od 30 °C postiglo je na kombiniranim uzorcima, a na temperaturi od 80 °C rezultati su bili nešto bolji na čistim uzorcima. Povišenje temperature ispitivanja nije imalo značajan utjecaj na rezultate ispitivanja reaktivnim močilom. Za razliku od anilinskog močila, rezultati dobiveni ispitivanjem reaktivnim močilom su stabilni. Reaktivno močilo ima se veže s drvom od anilinskog što se očituje u manjoj promjeni boje uzoraka nakon ispiranja. Povećanjem temperature smanjuje se razlika u promjeni boje bjeljike i srži nakon ispiranja uzoraka.

Pozitivno močilo ima najbolje rezultate pri obje temperature ispitivanja i postignuti su nešto bolji rezultati na čistim nego na kombiniranim uzorcima. Povećanjem temperature ispitivanja, ujednačenje boje je blago poboljšano. Rezultati ispitivanja pozitivnim močilom pokazali su da se ono najbolje veže za drvo. To je vidljivo u najmanjim izmjerenim promjenama boje na uzorcima nakon ispiranja. Pri temperaturi ispitivanja od 30 °C rezultati su pokazali da je vezivanje močila za drvo nešto lošija na srži nego na bjeljici. Rezultati ispitivanja na temperaturi ispitivanja od 80 °C pokazali su da je vezivanje močila za drvo lošije na kombiniranim uzorcima.

Pozitivno močilo dalo je najbolje rezultate u vidu ujednačenja boje srži i bjeljike prilikom ispitivanja na obje temperature, a taj bi se efekt mogao dodatno pospješiti produženjem vremena ispitivanja. Anilinsko močilo pokazalo je najveću i najpovoljniju reakciju na povišenje temperature ispitivanja. Produženjem vremena ispitivanja moguće je da bi ujednačenje boje srži i bjeljike na uzorcima ispitivanim anilinskim močilom dali veoma pozitivne rezultate. Reaktivno močilo pokazalo se potpuno neupotrebljivo za postizanje ujednačenosti boje srži i bjeljike.

8. LITERATURA

1. Benko, A., Glogor, M. I., Randić, M., Kapović, M., Simončić, K. N., Živković, M., 2009: Moć boja, kako su boje osvojile svijet, Etnografski muzej. Zagreb
2. Bilffi, M., 1985: Određivanje boja. Drvna industrija, 36 (9-10): 277-227
3. Chang, D. L., Liu, N., Hu, W. H., Huang, W. H., Zhang Y. L., Xie, Q., Li, F. H., 2009: Deep dyeing technology for woods from three fast-growing tree species, Journal of Northeast Forestry University, 22.
4. Hu, J., Fan, W., Luo, B., Guo, H., Li, L., 2016: Assessment of the dyeing properties of maple veneer treated by dichlorotriazine reactive dye based on fuzzy comprehensive evaluation. Wood Research, 61 (5): 719-732.
5. Jaić, M., Živanović – Trbojević, R., 2000: Površinska obrada drveta. Jaić, M., Beograd
6. Jirouš Rajković, V., 2022: Močenje (bojenje) drva, https://moodle.srce.hr/2022-2023/pluginfile.php/7337803/mod_resource/content/6/MO%C4%8CENJE%20%28BOJENJE%29%20DRVA%202021.pdf (pristupljeno: 19.9.2023.)
7. Jirouš Rajković, V., 2019: Materijali za močenje (bajcanje) drva, <https://moodle.srce.hr/2019-2020/course/view.php?id=52738> (pristupljeno: 19.9.2023.)
8. Ljuljka, B., 1989: Površinska obrada drva. Sveučilišna naklada d.o.o., Zagreb
9. Pavlič, M., Petrič, M., 2020: Comparison of visual and instrumental assessment of colour differences on finished wooden surfaces. Drvna industrija, 71 (2): 201-207. <https://doi.org/10.5552/drvind.2020.1954>
10. Wang, X., Yu, Z., Zhang, Y., Qi, C., Chang, W., 2018: Evaluation of ultrasonic – assisted dyeing properties of fast growing poplar wood treated by reactive dye based on grey system theory analysis. Journal of Wood Science, 64: 861-87. <https://doi.org/10.1007/s10086-018-1768-y>
11. Wei, S., Wang, D., Gu, J., 2008: Permeability and adsorption of acid dyes in birch wood, Journal of Northeast Forestry University, 36 (3): 45-48.

WEB IZVORI:

1. „Aniline dyes“, <https://www.woodmagazine.com/materials-guide/finishes/aniline-dyes>, (pristupljeno: 19.9.2023.)
2. „Dyeing, the chemistry of pysankarstvo“, <http://www.pysanky.info/Chemistry/Dyes.html>, (19.9.2023.)
3. „Reactive stains“, 2018., <https://monarchplank.com/blogs/news/blog-post-2>, (19.9.2023.)
4. Archer, B., 2023: „What is aniline dye“, https://www.allthescience.org/what-is-aniline-dye.htm?expand_article=1 (pristupljeno: 19.9.2023.)
5. Mudassir, M., 2017: „Reactive dyes“ <https://www.slideshare.net/muhammadmudassir35/reactive-dyes-82658451>, (19.9.2029)

POPIS SLIKA

Slika 1. Močenje tkanine prirodnim pigmentima	2
Slika 2. Purpurne boje dobivene bojom iz morskih puževa	2
Slika 3. Sintetizirana pruska plava boja	3
Slika 4. Purpurna movein boja	3
Slika 5. Makroskopska građa drva	5
Slika 6. Mikroskopska građa listača	6
Slika 7. Mikroskopska građa četinjača	6
Slika 8. Kemijska struktura anilinskog močila mauvein	10
Slika 9. Kemijska struktura reaktivnog močila	11
Slika 10. Pozitivna i negativna slika teksture	12
Slika 11. Krug obojenih tonova	14
Slika 12. Uzorci hrastovog furnira prije skeniranja	18
Slika 13. Proces skeniranja uzoraka	18
Slika 14. Anilinsko vodeno močilo u prahu	19
Slika 15. Pripremljeno vodeno močilo	19
Slika 16. Reaktivno močilo u prahu	20
Slika 17. Fiksator za reaktivno močilo	20
Slika 18. Pripremljeno vodeno močilo	20
Slika 19. Pozitivno vodeno močilo, ambalaža	21
Slika 20. Pozitivno vodeno močilo	21
Slika 21. Korištena močila i njihove nijanse	21
Slika 22. Spektrofotometar	22
Slika 23. Vodena kupelj (otvorena)	22
Slika 24. Vodena kupelj (zatvorena)	22
Slika 25. Vrećice s uzorcima potopljenim u vodenu kupku	23
Slika 26. Uzorci nakon 3 sata (30 °C)	24
Slika 27. Uzorci nakon 3 sata (80 °C)	24
Slika 28. Uzorci izvađeni iz kupke	24
Slika 29. Uzorci ostavljeni na sušenje	24
Slika 30. Ispiranje uzoraka	25
Slika 31. Potpuno osušeni uzorci	25
Slika 32. Rezultati promjene boje uzoraka obrađenih anilinskim vodenim močilom na 30 °C	27
Slika 33. Površinski neobrađeni i uzorci obrađeni anilinskim vodenim močilom pri 30 °C	27
Slika 34. Rezultati promjene boje uzoraka obrađenih anilinskim vodenim močilom na 30 °C – ponovljeno	28
Slika 35. Površinski neobrađeni i uzorci obrađeni anilinskim vodenim močilom pri 30 °C - Ponovljeno	28
Slika 36. Rezultati promjene boje uzoraka obrađenih reaktivnim močilom na 30 °C	29
Slika 37. Površinski neobrađeni i uzorci obrađeni reaktivnim močilom pri 30 °C	29
Slika 38. Rezultati promjene boje uzoraka obrađenih pozitivnim vodenim močilom na 30 °C	30
Slika 39. Površinski neobrađeni i uzorci obrađeni pozitivnim vodenim močilom pri 30 °C	30
Slika 40. Rezultati promjene boje uzoraka obrađenih anilinskim vodenim močilom na 80 °C	32
Slika 41. Površinski neobrađeni i uzorci obrađeni anilinskim vodenim močilom pri 80 °C	32
Slika 42. Rezultati promjene boje uzoraka obrađenih reaktivnim močilom na 80 °C	33
Slika 43. Površinski neobrađeni i uzorci obrađeni reaktivnim močilom na 80 °C	33

Slika 44. Rezultati promjene boje uzoraka obrađenih pozitivnim vodenim močilom na 80 °C	34
Slika 45. Površinski neobrađeni i uzorci obrađen ispitivani pozitivnim vodenim močilom pri 80 °C	34
Slika 46. Rezultati promjene boje bjeljike i srži čistih uzoraka ispitivanih na 30 °C	36
Slika 47. Rezultati promjene boje bjeljike i srži kombiniranih uzoraka ispitivanih na 30 °C	37
Slika 48. Rezultati promjene boje bjeljike i srži čistih uzoraka ispitivanih na 80 °C	38
Slika 49. Rezultati promjene boje bjeljike i srži kombiniranih uzoraka ispitivanih na 80 °C	39