

Utjecaj sastava kupelji za pranje na svojstva osjetljivih tekstilija

Burić, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:201:490826>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Utjecaj sastava kupelji za pranje na svojstva osjetljivih tekstilija

Ana Burić

Zagreb, rujan 2019.

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

DIPLOMSKI RAD

Utjecaj sastava kupelji za pranje na svojstva osjetljivih tekstilija

Prof. dr. sc. Tanja Pušić

Ana Burić, 10746

Zagreb, rujan 2019.

DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Institucija: **Sveučilište u Zagrebu Tekstilno – tehnološki fakultet,**

Zavod za tekstilnu kemiju i ekologiju

Broj stranica: **68**

Broj tablica: **57**

Broj slika: **38**

Broj formula: **9**

Broj literaturnih izvora: **18**

Članovi povjerenstva:

1. Izv. prof. dr. sc. **Martinia Glogar**, predsjednica
2. Prof. dr. sc. **Tanja Pušić**, članica
3. Prof. dr. sc. **Branka Vojnović**, članica
4. Doc. dr. sc. **Tihana Dekanić**, zamjenik člana

Sažetak

U ovom diplomskom radu je istražen utjecaj sastava kupelji za pranje na svojstva osjetljivih tekstilija kroz varijaciju sirovinskog sastava tekstilija. Varijacija kupelji je načinjena kroz izbor četiri sredstva za pranje: tri tekuća deterdženta za pranje osjetljivog rublja i vodu. Tekstilni materijali su obuhvatili dva vunena pletiva crnog tona boje, plavu pamučnu tkaninu i crvenu tkaninu od mješavine lana i svile. Provedena je analiza deterdženata s ciljem određivanja ukupne površinski aktivne tvari, udjela anionske i neionski površinski aktivne tvari, te pH vrijednosti. Analizirani deterdženti u preporučenim koncentracijama su primijenjeni u pranju na 30 °C kroz 10 ciklusa. Sekundarni učinak tekućih deterdženata u pranju je uspoređen s vodom kroz analizu rezidua u vodenom ekstraktu opranih materijala, mjerenje spektralnih karakteristika i analizu površine opranih u odnosu na neoprane. Rezultati su potvrdili da je ukupna razlika u boji (dE) opranih materijala u odnosu na neprani parametar na temelju kojeg je moguće načiniti razliku unutar ispitivane serije tekućih deterdženata kroz 10 ciklusa pranja na 30 °C. Usporedba ocjena postojanosti obojenja ne daje značajnije razlike unutar serije ispitivanih deterdženata, što implicira da ovaj kriterij nije u potpunosti prihvatljiv za komparativnu ocjenu sredstava za pranje. Sadržaj neionske i anionske površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu materijala opranih sredstvima za pranje je različit. Identificirani sadržaj neionske površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu svih materijala je ispod granične vrijednosti prema sustavu kvalitete RAL-GZ 992. Sadržaj anionske površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu materijala je ovisan o vrsti materijala i sredstvu za pranje.

Gljučne riječi: tekstil, deterdžent, pranje, sekundarni učinak

Abstract

The impact of the wash bath composition on the properties of sensitive textiles was investigated through the variation of the material composition. The variation of the bath was made through the selection of four washing agents: three liquid detergents for sensitive laundry and water. The textile materials included two woolen black knit fabrics, a blue cotton fabric and a red fabric made of a mixture of flax and silk. A detergent analysis was carried out to determine the surface active substance, proportion of anionic and nonionic surfactants and the pH value. The analyzed detergents at the recommended concentrations were applied in washing at 30 °C for 10 cycles. The secondary effect of liquid detergents in washing was compared to water through the analysis of residuals in the aqueous extract of the washed materials, the measurement of spectral characteristics and the analysis of the surface washed in comparison to unwashed one. The results confirmed that the total difference in color (dE) of the washed materials compared to the unwashed is good parameter for the difference within the series of liquid detergents tested through 10 washing cycles at 30 °C. The comparison of the fastness grades does not give any significant differences within the series of detergents tested, which implies that this criterion is not fully acceptable for the comparative assessment of the washing agents. The content of nonionic and anionic surfactants in the aqueous extract of washed materials is different. The identified content of the nonionic surfactant in the aqueous extract of all materials is below the limit value according to the RAL-GZ 992 quality system. The content of the anionic surfactant in the aqueous extract of the material is dependent on the type of material and the washing agent.

Key words: textiles, detergent, washing, secondary effect

Sadržaj

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. TEORIJSKI DIO | 2 |
| 2.1. Pranje | 2 |
| 2.1.1. Deterdženti | 4 |
| 2.2. Solubilizacija čestica bojila | 12 |
| 3. EKSPERIMENTALNI DIO | 19 |
| 3.1. Materijali | 19 |
| 3.2. Sredstva za pranje | 20 |
| 3.2.1. Perwoll | 20 |
| 3.2.2. Meri Merino | 21 |
| 3.2.3. Oldopal L | 21 |
| 3.3. Postupci | 22 |
| 3.3.1. Pranje | 22 |
| 3.4. Metode | 23 |
| 3.4.1. Određivanje pH otopine deterdženta | 23 |
| 3.4.2. Određivanje sadržaja ukupne površinski aktivne tvari (PAT) u deterdžentu | 23 |
| 3.4.3. Određivanje tvrdoće vode | 24 |
| 3.4.4. Hidrofilnost materijala prije i nakon pranja | 25 |
| 3.4.5. Spektralne karakteristike materijala prije i nakon pranja | 25 |
| 3.4.6. Površinska karakterizacija tekstilnih materijala digitalnim mikroskopom | 27 |
| 3.4.7. Određivanje pH vodenog ekstrakta tekstilnog materijala prije i nakon pranja | 27 |
| 3.4.8. Određivanje površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu tekstilnog materijala | 28 |
| 4. REZULTATI | 34 |
| 4.1. Određivanje pH vrijednosti | 34 |
| 4.2. Određivanje ukupne površinski aktivne tvari (PAT) u deterdžentu | 35 |
| 4.3. Hidrofilnost | 37 |
| 4.4. Mjerenja spektralnih karakteristika | 38 |
| 4.5. Površina uzoraka materijala snimljena digitalnim mikroskopom | 49 |
| 4.6. Analiza vodenog ekstrakta | 52 |
| 4.6.1. pH vodenog ekstrakta materijala | 52 |
| 4.6.2. Obojenost vodenog ekstrakta | 54 |
| 4.6.3. Obojenost kupelji – postupak pranja | 55 |
| 4.6.4. Rezultati određivanja sadržaja anionskih i neionskih površinski aktivnih tvari u vodenom ekstraktu | 56 |
| 6. LITERATURA | 62 |

1. UVOD

Tekući i praškasti deterdženti za strojno i ručno pranje tekstilija na različitim temperaturama moraju zadovoljiti mnogobrojne zahtjeve, pri čemu se sastav navedenih deterdženata prilagođava uvjetima pranja i vrsti tekstilija. U ovom diplomskom radu je istražen utjecaj sastava kupelji za pranje na svojstva osjetljivih tekstilija kroz varijaciju sirovinskog sastava tekstilija i kupelji. Varijacija kupelji je načinjena kroz izbor četiri sredstva za pranje: tri tekuća deterdženta za pranje osjetljivog rublja i vodu. Tekstilni materijali su obuhvatili dva vunena pletiva crnog tona boje, plavu pamučnu tkaninu i crvenu tkaninu od mješavine lana i svile. Provedena je analiza deterdženata s ciljem određivanja ukupne površinski aktivne tvari, udjela anionske i neionski površinski aktivne tvari, te pH vrijednosti. Analizirani deterdženti u preporučenim koncentracijama su primijenjeni u pranju na 30 °C kroz 10 ciklusa. Sekundarni učinak tekućih deterdženata u pranju je uspoređen s vodom kroz analizu rezidua u vodenom ekstraktu opranih materijala, mjerenje spektralnih karakteristika i analizu površine opranih materijala u odnosu na neoprane.

Provedena analiza deterdženata je ukazala na razlike *pH otopine deterdženata: Perwoll (pH 9) > Meri Merino (pH 8.2) > Oldopal (7.8) > voda (pH 7.0)* i *udjela ukupne površinski aktivne tvari: Meri Merino (24.14 %) > Oldopal (16.06 %) > Perwoll (12.30 %)*.

Ukupna razlika u boji (dE) opranih materijala u odnosu na neprani je parametar na temelju kojeg je moguće načiniti razliku unutar ispitivane serije tekućih deterdženata kroz 10 ciklusa pranja na 30 °C. Usporedba ocjena postojanosti obojenja ne daje značajnije razlike unutar serije ispitivanih deterdženata, što implicira da ovaj kriterij nije u potpunosti prihvatljiv za komparativnu ocjenu analiziranih sredstava za pranje. Sadržaj neionske i anionske površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu materijala opranih sredstvima za pranje je različit. Sadržaj neionske površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu svih materijala je ispod granične vrijednosti prema sustavu kvalitete RAL-GZ 992, dok sadržaj anionske površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu materijala prelazi graničnu vrijednost kod većine opranih materijala. Najbolja svojstva prema ovom kriteriju je pokazao deterdžent Oldopal.

Zaključno, dobiveni rezultati se odnose isključivo na primijenjene tekstilne materijale i uzorke deterdženata istražene u navedenim uvjetima pranja i ne mogu biti osnova za kategorizaciju analiziranih u odnosu na ostale komercijalno dostupne brendirane proizvode, koji nisu bili predmet ove analize.

2. TEORIJSKI DIO

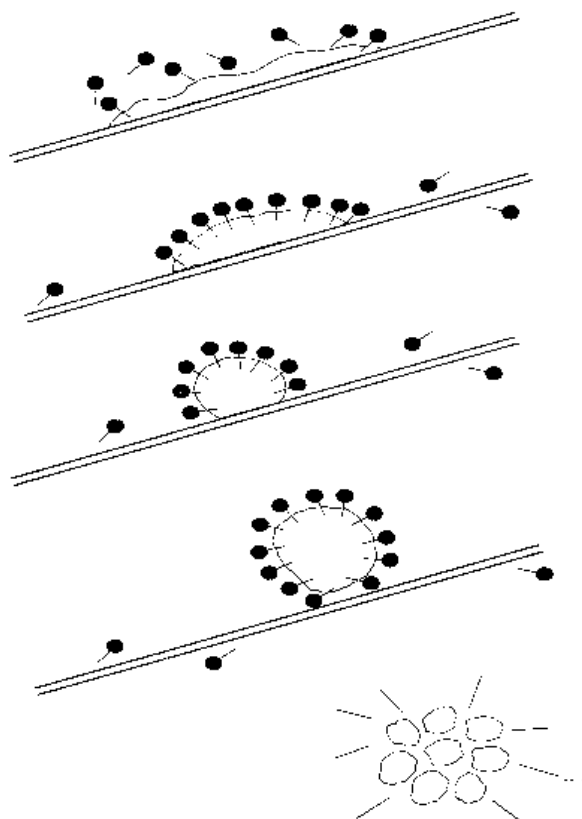
2.1. Pranje

Postupak pranja podrazumijeva održavanje tekstilija s ciljem da im se što dulje sačuvaju funkcionalna svojstva (apretura, površina, ton boje, tisak, bjelina, sjaj, autentičnost aplikacija, dimenzije, prošivenost te ostale specifičnosti). Provode se brojna istraživanja kako bi se pronašli ekološki povoljni postupci i sredstva koja mogu osigurati trajnost i funkcionalnost tekstilija u njezi. Istraživanja obuhvaćaju i sredstva za uklanjanje prljavština s tekstilija uz zahtjev na minimalne promjene njihovih svojstava. Na tekstu je zastupljen veliki broj prljavština, a moć uklanjanja se veže uz brojne parametre: sirovinski sastav, konstrukcijske karakteristike tekstilija, vrstu apreture, vlažnost, vrijeme odležavanja i vrstu zaprljanja. Prljavštine se na tekstil mogu vezati na različite načine: između pojedinačnih niti pređe, između vlakana u pređi, unutar pora i na površini vlakana, slika 1.



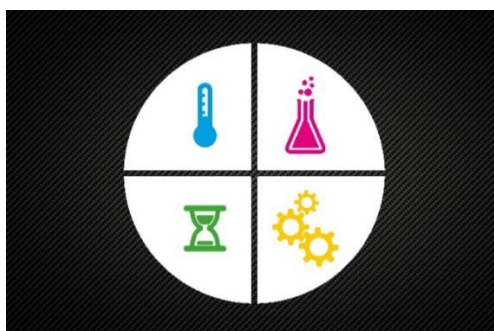
Slika 1: Način vezivanja prljavština na tekstilno vlakno: a) na površini; b) u šupljinama vlakna; c) u međuprostorima; d) između niti [1]

Prljavštine se razlikuju po fizikalno-kemijskom sastavu, topivosti, izvoru, podrijetlu, homogenosti i/ili heterogenosti. Vodotopive prljavštine uklanjaju se otapanjem, masnoće emulgiranjem, a krute netopive prljavštine se dispergiraju. Ključnu ulogu u uklanjanju prljavština imaju površinski aktivne tvari, koje se hidrofobnim ili hidrofilnim dijelom orijentiraju ovisno o prirodi prljavština, slika 2.



Slika 2: Djelovanje površinski aktivne tvari na uklanjanje prljavštine [1]

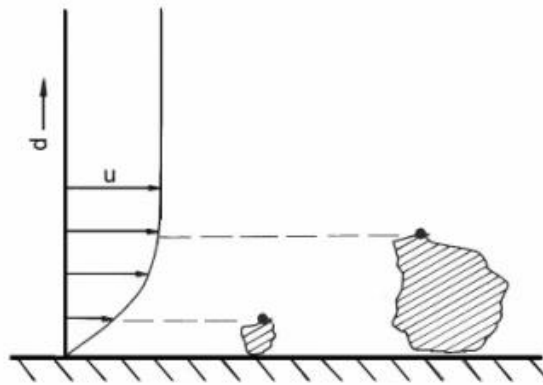
Obojeni pigmenti razaraju se oksidacijskim putem i prelaze u nebojane ili topive spojeve dok se bjelančevine i drugi spojevi hidrolitički razgrađuju i prelaze u topive produkte pod utjecajem enzima. Postoji mogućnost da se dio skinutih prljavština ponovno veže na druga mjesta na vlakno čime bi moglo doći do posivljenja tekstilija. Stoga deterdžent treba te prljavštine zadržati emulgirane, dispergirane ili molekularno dispergirane u kupelji, a to se postiže djelovanjem površinski aktivnih tvari, bildera i drugih sastojaka. Kemija, mehanika, temperatura i vrijeme su bitni čimbenici za osiguravanje učinka u pranju, koji su , čiju je kružnu interakciju osmislio kemičar dr. Herbert Sinner 1959. godine, slika 3.



Slika 3: Sinnerov krug pranja [2]

Suvremeni uvjeti pranja uključuju niske temperature s obzirom na značajan udio sintetskih tekstilija, težnju da se na taj način izbjegavaju nabori materijala u pranju, štediti energija i vrijeme. Pranje na niskim temperaturama je moguće provesti sredstvima koja imaju veći udio površinski aktivnih tvari različite ionogenosti, dodavanjem multienzimatskih kompleksa, te primjenom aktivatora za bijeljenje u formulacijama deterdženata. U opisanim uvjetima pranja se mijenja Sinnerov krug, u kojem je značajno povećan udio kemije.

Voda ima važnu ulogu u pranju i služi kao otapalo za vodotopive prljavštine i većinu sastojaka deterdženata. Netopivi sastojci deterdženta i netopive prljavštine su u vodi dispergirane. Voda prenosi toplinsku energiju i služi kao prenosilac kinetičke energije. Zbog pokretanja i strujanja vode, čestica prljavštine ukoliko je dovoljno velika, se može odvojiti od površine vlakna i otplaviti u kupelj. Što je veća udaljenost od površine vlakna raste jačina strujanja i uz površinu gotovo da niti nema strujanja, a ako je čestica prljavštine manja od graničnih vrijednosti, ostat će vezana na površini, slika 4.



Slika 4: Strujanje vode pokreće veliku česticu; d -udaljenost od površine vlakna; u -jakost strujanja [3]

2.1.1. Deterdženti

Deterdženti za strojno i ručno pranje tekstilija na različitim temperaturama moraju zadovoljiti mnogobrojne zahtjeve: otkloniti različite vrste prljavština, biti primjenjivi za različite vrste materijala, ne ostavljati taloge nakon pranja na dijelovima stroja za pranje i inkrustacije na tekstilu, slabo ili nikako se pjeniti, biti ekološki povoljni, neopasni za zdravlje, ugodnog mirisa, besprijekorno zrnatog ili praškastog oblika ako nisu tekući deterdženti, svrsishodnog pakiranja, dobre postojanosti na odležavanje te moraju biti učinkoviti u različitim uvjetima pranja [3]. Kako bi se zadovoljili svi nabrojani zahtjevi, deterdženti su sastavljeni od više

komponenti od kojih svaka zasebno ili u kombinaciji s drugim ima svoju zadaću u pranju. Površinski aktivne tvari, bilderi, nosioci prljavštine, kemijska i optička bjelila, aktivatori bijeljenja, enzimi, mirisi, stabilizatori, zaštitnici od korozije, antimikrobna sredstva i regulatori pjene su važni sastojci deterdženata.

Neke komponente sastoje se od više podvrsta čime se želi postići kvalitetniji učinak, s obzirom na skidanje različitih prljavština, dva ili više površinski aktivnih tvari djeluju jedan na drugog te samim time uklanjaju širu paletu prljavština. Kod kombinacija optičkih bjelila kod kojih je jedno od njih za celulozna vlakna, a drugo za vunu ili poliamid, dobiva se bolja bjelina na različitim tekstilnim materijalima. Manji broj komponenata sadrže deterdženti za specijalno pranje. Kod njih su jače izražene komponente koje su pogodne za uklanjanje specijalnih prljavština ili za određenu vrstu vlakana (za pranje šarenog, obojenog rublja) ili deterdženti koji smanjuju ili sprječavaju prijelaz bojila s obojenih mjesta na neobojena [3].

Površinski aktivne tvari su glavni sastojci deterdženata za pranje rublja i u pravilu su vodotopive površinsko aktivne tvari koje imaju sposobnost pranja, kvašenja, emulgiranja i dispergiranja. Njihov naziv potječe od latinske riječi *tensio* što znači napinjem, a stariji naziv za površinski aktivne tvari bio je detergenti koja također potječe od latinske riječi *detergere* što znači razmutiti. Otapanjem u vodi već u najmanjim koncentracijama znatno snižavaju površinsku napetost vode u odnosu na zrak ili neku drugu graničnu površinu. Sastoje se od hidrofilnog dijela - "glave" kojeg čine pozitivne, negativne ili neutralne grupe i hidrofobnog dijela - "repa" kojeg čini dugi alkil ili alkil arilni lanac. Ovisno o naboju hidrofilnog dijela molekule mogu biti anionski, kationski, neionski ili amfoterni. Anionski površinski aktivne tvari disocijacijom u vodi daju negativno nabijene ione, kationski površinski aktivne tvari disocijacijom u vodi daju pozitivno nabijene ione, neionski površinski aktivne tvari ne disociraju u vodi, a njihova topljivost potječe od skupina koje imaju visoki afinitet prema vodi dok amfoterni površinski aktivne tvari mogu sadržavati jednu ili više funkcionalnih skupina koje ovisno o sredini vodene otopine mogu disocirati tako da daju osobine anionskih ili kationskih površinski aktivnih tvara. Kod izbora površinski aktivnih tvari je neophodno uz tehnološka svojstva paziti i na njihova ekološka i toksikološka svojstva. Povećanjem koncentracije dolazi do nastajanja malih agregata, micela, koji u uskom području koncentracije pri tzv. kritičnoj koncentraciji prelaze u veće agregate. Karakteristično koncentracijsko područje u kojem pri određenoj temperaturi dolazi do naglih promjena svojstava otopina za svaku površinski aktivnu tvar naziva se kritična micelarna koncentracija (cmc). Micele mogu biti različitih oblika koji ovise o više faktora, a to su: kemijska građa

površinski aktivnih tvari, otapalo, prisutnost elektrolita i temperatura i drugi uvjeti. Svaka pojedina vrsta micela može postojati u uvjetima koji su povoljni za tu vrstu dok u određenim uvjetima mogu prelaziti iz jednog oblika u drugi zbog dinamičke ravnoteže. Vrijednosti za kritičnu micelarnu koncentraciju ovise o površinski aktivnoj skupini, duljini lanca, otapalu, prisutnosti soli i temperaturi. Vrijednost cmc opada s rastućim brojem C atoma u hidrofobnom dijelu molekule površinski aktivnih tvari. Utjecaj soli na cmc također je veoma važan, potvrđeno je da soli povećavaju sklonost nakupljanja površinski aktivnih sredstava u micela te samim time snižuju vrijednost kritične micelarne koncentracije.

Neionske površinski aktivne tvari ne disociraju u vodi, ne daju nikakav naboj u vodenim otopinama i pokazuju specifična svojstva po kojima se razlikuju od ionskih površinski aktivnih tvari: nemaju elektrostatskih međudjelovanja, ponašanje prema elektrolitima je specifično, imaju sposobnost uspostavljanja povoljne hidrofobno/hidrofilne ravnoteže i anomalije u topivosti. Udio neionskih površinski aktivnih tvari stalno raste u cjelokupnoj proizvodnji zbog vrlo povoljnih svojstava pranja, posebno na sintetskim vlaknima i pri nižim temperaturama pranja. Dobra svojstva pranja uzrokovana su niskim cmc, dobrim učinkom pranja i inhibiranjem posivljenja na sintetskim vlaknima [3]. Alkilpoliglukozidi (APG) koji se dobivaju iz viših masnih kiselina i škroba i imaju sve veću primjenu. Biološki su lako razgradljivi i lako se ispiru, te se također odlikuju dobrom moći pranja. Smanjuju stupanj iritabilnosti anionskih površinski aktivnih tvari prisutnih u formulaciji i izuzetno su blagi za kožu. Primjenjuju se za pranje tekstila tako što se dodaju u specijalne deterdžente za blago pranje osjetljivih i obojenih tekstilnih materijala, koji ne sadrže u sebi kemijska, a ponekad niti optička bjelila.

Kationske površinski aktivne tvari zbog pozitivnog naboja nisu pogodni za pranje rublja jer neutraliziraju negativni naboj čestica prljavštine i tekstilnog vlakna. Dugolančasti kationski površinski aktivne tvari imaju visoku moć adsorpcije na većinu tekstilnih vlakana, koja se događa vrlo brzo već kod niskih koncentracija u kupeljima. Njihovom adsorpcijom ili kemisorpcijom dolazi do nastajanja novih svojstava materijala kao što su hidrofobnost, mekoća, antistatičnost, nekoroziivnost i mikrobicidnost. Zbog tih navedenih svojstava mogu upotrebljavati kao omekšivači, dezinficijensi, reagensi za flotaciju, agensi za sprečavanje lijepljenja, inhibitori korozije, tekstilna pomoćna sredstva.

Amfoterne površinski aktivne tvari koje sadrže elektropozitivni i elektronegativni naboj nazivaju se betainima, a ovisno o pH vrijednosti reagiraju kao kationske ili anionske površinski aktivne tvari. Oni nemaju veliko tehničko značenje, a upotrebljavaju se tamo gdje

se želi upotrijebiti kationska površinski aktivna tvar, ali je zbog smetnje za stabilitet kupelji njihova upotreba nije opravdana. U alkalnom području pokazuju anionsku reakciju, a u kiselom se ponašaju kao kationska površinski aktivna tvari. Najveću primjenu amfoterne površinski aktivne tvari imaju u higijeni kose i tijela, ali i u nekim drugim područjima gdje su nezamjenjivi zbog svojih izvrsnih svojstava: blagost prema koži uz smanjenje iritabilnosti i bolje kompatibilnosti s anionskim površinski aktivnim tvarima kroz stabilnost pjene, te kiseli i alkalni medij.

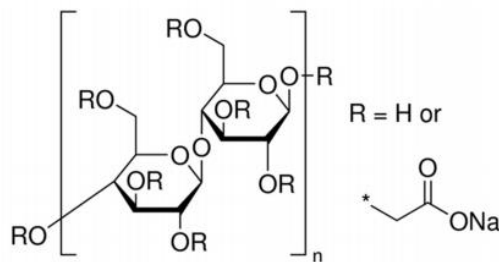
Bilderi su značajni sastojci deterdženata, nazivaju se često pojačivači i regulatori pranja, ali oni istovremeno i omekšavaju vodu i određuju pH kupelji za pranje.

Veliki dio prljavština može se ukloniti u pranju samo djelomično pod utjecajem površinski aktivnih tvari i bildera i nakon pranja ostaju mrlje koje se mogu ukloniti kemijskim bijeljenjem gdje se razaraju obojeni kromofori. Postignuti rezultat ovisi o vrsti i koncentraciji bjelila, vremenu obrade, temperature pranja i o vrsti prljavštine.

Aktivatori bijeljenja koriste se za postizanje učinka izbjeljivanja na nižim temperaturama pranja od 60°C. Tekući deterdženti ne sadrže bjelila.

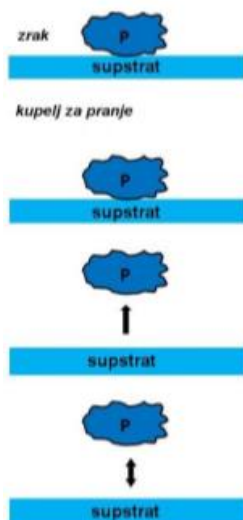
Optička bjelila imaju dvostruku svrhu u deterdžentima, a to su da povećaju bjelinu u pranju i da nadoknade dio optičkih bjelila na vlaknu koji su prethodno nanoseni u postupcima oplemenjivanja tekstila koja se gube tijekom pranja i nošenja. Također moraju prekriti sivi ton do kojeg dolazi u pranju u perilicama zbog prijelaza najfinijih prljavština sa zaprljanih mjesta na čišća unatoč djelovanju površinski aktivnih tvari, bildera i nosilaca prljavštine (*Soil redeposition*). U pranju mijenjaju nijansu obojenja pa zbog toga neki smatraju da *color* deterdženti ne bi trebali sadržavati optička bjelila.

U kupelji za pranje prljavštine skinute s tekstilija ostaju dispergirane i emulgirane i stoga je važno da se tokom pranja ne istalože na drugim mjestima do čega može doći ukoliko je sastav deterdženta neprikladan. Zbog toga se kroz više ciklusa pranja prljavština može nataložiti po cijeloj površini tekstilije što dovodi do posivljenja koje se kasnije teško uklanja pogotovo ako su čestice veoma male. Iz tog razloga se dodaju nosači prljavština ili inhibitori posivljenja koji mogu spriječiti posivljenje uz odgovarajuće površinski aktivne tvare i bildere. Nosilac prljavštine mora biti kemijski srodan vlaknu koje se pere kako bi bio efikasan. Najpoznatiji nosač prljavštine je karboksimetilceluloza (CMC) koja je djelotvorna za sprječavanje posivljenja celuloznih materijala.



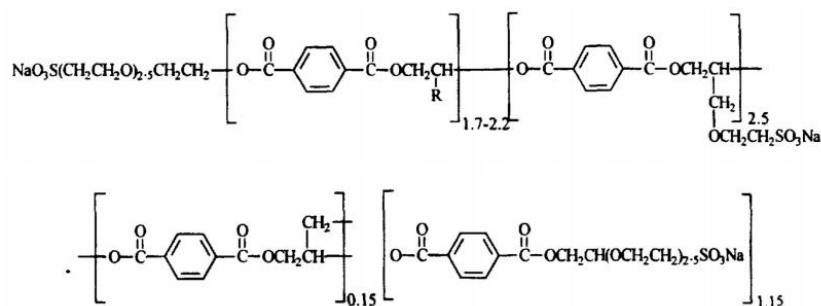
Slika 5: Natrijeva karboksimetilceluloza (Na -CMC)

Djeluje tako da se prljavštine skinute s vlakna ne mogu ponovno direktno vezati na vlakno zbog ciljane adsorpcije nosioca prljavštine na površinu vlakna. U prvoj fazi se uklanjaju prljavštine dok se u drugoj fazi kida veza nosilac prljavštine – vlakno, slika 6.



Slika 6: Prikaz uklanjanja prljavštine sa supstrata

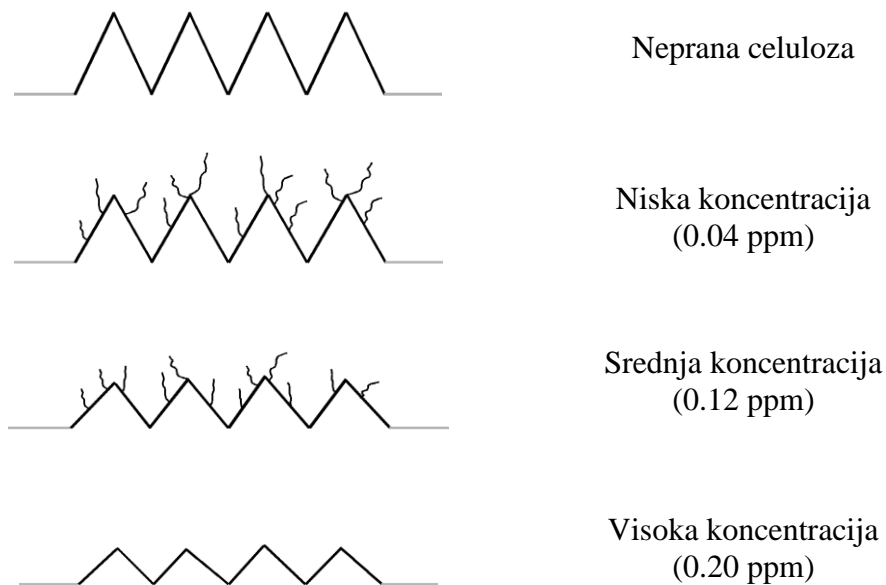
CMC se slabo veže na sintetska vlakna pa se uz nju u deterdžente dodaju hidrofilni oligomeri poliestera. Ta specijalna vrsta polimera dodaje se praškastim i tekućim deterdžentima kako bi pomogli u uklanjanju masnih mrlja s normalnom količinom deterdženta. Ta posebna vrsta specijalnih polimera se skraćeno naziva SRP (*Soil Release Polymers*), a posebno je djelotvorna kod sprečavanja nastajanja i uklanjanja masnih mrlja s poliesterskih vlakana, slika 7.



Slika 7: Specijalni polimeri, SRP

SRP se za vrijeme pranja adsorbiraju na površinu vlakana gdje stvaraju hidrofilni film kojim se ne dozvoljava preseljenje prljavština skinutih s prljavih mjesta na čista (*Soil Redeposition*). Biokatalitički efekti u pranju se postižu enzimima, pri čemu enzim celulaza (*Celluclean*) selektivno djeluje na amorfnu područja koja se sastoje od malih brežuljkastih područja u matriksu ravnih kristalnih područja celuloze, slika 8. Topografske analize u svrhu mjerenja

nanotopografije i promjena uvjetovanih uporabom enzima celulaze su potvrdile da djelovanje niskih koncentracija nije dostatno, slika 8.



Slika 8: Utjecaj različite koncentracije celulaze na mikro-strukturu pamučne pređe [4]

Razlog tome je što enzimatski efekt nije potpun i stoga svi stršeci fibrili nisu uklonjeni. Više koncentracije enzima celulaze poliraju površinu i povećavaju učinak čišćenja. Uloga enzima celulaza ugrađenog u formulaciju deterdženta u pranju je višestruka:

- djeluje kao omekšivač,
- uklanja krajeve vlakana, pa time i neke mrlje,
- osvježava tonove boje, slika 9.

T-shirt oprana s Celluclean
Svježina, izražen kontrast



T-shirt oprana bez Celluclean gubi
svjetlinu i kontrast



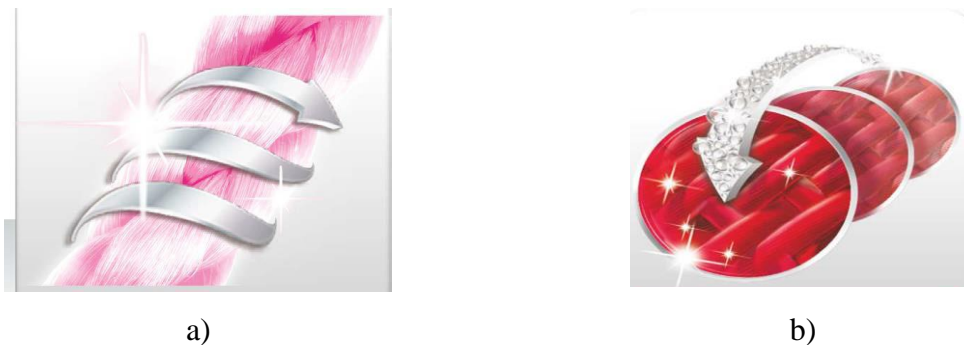
Slika 9: Osvježanje tona boje u pranju

Na tržištu se mogu naći hrvatski i inozemni deterdženti koji naglašavaju njihovu moć u očuvanju tona boje, koja se pojačava djelovanjem celulaze u pranju tekstilija, slika 10.



Slika 10: Neki tekući komercijalno dostupni *color* deterdženti na hrvatskom tržištu

Čuvanje tona boje kao i svježinu tona moguće je postići kroz različite mehanizme, pasivnom zaštitom - obavijanjem vlakana, slika 11a i aktivnom zaštitom - djelovanjem celulaza na površinu, slika 11 b [5].



Slika 11: Mehanizmi očuvanja tona boje: a) pasivna zaštita; b) celulaze - aktivna zaštita [5]

2.2. Solubilizacija čestica bojila

Na tržištu postoji veliki udio tekstilija koji nije postojano obojadisan pa dolazi do desorpcije udjela slabo fiksiranih čestica bojila s površine tekstila u kupelj za pranje tijekom procesa.

Nepostojano obojadisani materijali mogu obojiti zajedno prane bijele dijelove materijala ili se bijela podloga tiskanih materijala oboji prenošenjem bojila. Udio desorbiranog bojila mora se stabilizirati u vodenom mediju kako bi se spriječio ponovni prelazak na tekstil. Osnovna stabilizacija bojila u vodenoj kupelji i sprječavanje prelaženja bojila na materijal postiže se površinski aktivnim tvarima, a dodatni efekti specijalnim polimerima i vodonetopljivim sastojcima deterdženata [6].

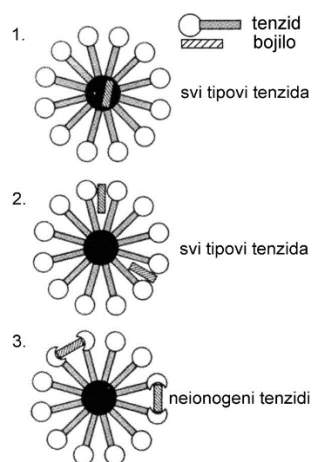
Mehanizmi stabilizacije bojila u kupelji za pranje su:

- *međusobna djelovanja površinski aktivne tvari/bojilo,*
- *međusobna djelovanja površinski aktivne tvari/polimer/bojilo,*
- *međusobna djelovanja s vodonetopljivim sastojcima deterdženta.*

U tom fenomenu bitnu ulogu imaju površinski aktivne tvari koje mogu zadržati bojilo solubizacijom ili dispergiranjem pigmenata. Kako bi solubizacija bila uspješna, koncentracija površinski aktivne tvari mora biti veća od kritične micelarne koncentracije zato jer se čestice teško topljivih bojila zadržavaju u micelama. Mnoga bojila teško se otapaju u vodi, prihvaćaju se u molekularnom obliku u hidrofobnim dijelovima površinski aktivnih tvari i stabilno se otope, a taj proces se naziva solubilizacijom.

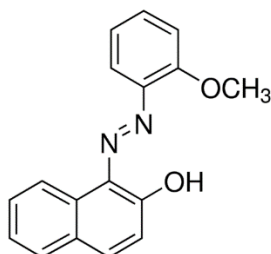
Solubilizaciji ispod kritične micelarne koncentracije može prethoditi reakcija između molekula površinski aktivnih tvari s molekulama bojila pri čemu se tvore soli netopljive u vodi, koje zbog depozicije oboje tekstilni materijal opran u istoj kupelji. Način solubilizacije ovisi o međusobnom djelovanju površinski aktivnih tvari i tvari koja se solubilizira.

Povećanjem molekularne mase solubilizanta u pravilu se znatno smanjuje solubilizirana količina tvari. Mogućnosti ugradnje molekula bojila u micelu prikazane su na slici 12.



Slika 12: Shematski prikaz moguće ugradnje molekula bojila u okrugle micelle [3]

Ugradnja molekula bojila se može provoditi na graničnoj površini micela i otapala, između hidrofilnih glava na unutarnjem ili vanjskom dijelu micela. U tablici 1 pokazano je ponašanje solubilizacije homolognog niza dodecilpoliglikoletera naspram bojila Sudan Red G pri 30 °C koje je dobro topljivo u ulju. Sudan Red G je azo bojilo koje se koristi za plastične i druge materijale, kožu, tkanine, masti, ulja, voskove, polistiren, celulozu i sintetske lakove [7].



Slika 13: Struktura bojila Sudan Red G

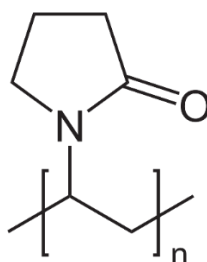
Tablica 1: Solubilizacija (S) bojila Sudan Red G u dodecilpoliglikol eterima pri temperaturi 30°C

| Površinski aktivna tvar | S (mg/l) |
|----------------------------------|----------|
| $C_{12}H_{25}(OCH_2CH_2)_4OH$ | 3.4 |
| $C_{12}H_{25}(OCH_2CH_2)_5OH$ | 2.65 |
| $C_{12}H_{25}(OCH_2CH_2)_7OH$ | 2.3 |
| $C_{12}H_{25}(OCH_2CH_2)_9OH$ | 2.5 |
| $C_{12}H_{25}(OCH_2CH_2)_{12}OH$ | 2.76 |

Iz tablice 1 je vidljivo da je solubilizacija minimalna kod 7 etoksi skupina u molekuli što se može objasniti povećanom hidrofilnošću molekule koja uzrokuje pomicanje kritične

koncentracije za tvorbu micela prema većim koncentracijama površinski aktivnih tvari. Površinski aktivne tvari s više etoksi skupina u otopini zadane koncentracije površinski aktivne tvari tvore manje micela iznad kritične koncentracije nego površinski aktivne tvari s manjim brojem etoksi skupina. Povećanje broja etoksi skupina u molekuli iznad 7 uzrokuje povećanje količine solubilizata iako se hidrofилnost molekule površinski aktivne tvari povećava, broj micela se i dalje smanjuje što se može promatrati samo u vezi sa specijalnom strukturom solubilizata Sudan Red G i duljinom lanca polietilenglikola.

Masa micela neionskih površinski aktivnih tvari povećava se povećanjem temperature što je ustanovljeno na temelju različitih mjerenja. To povećanje je posebno izraženo neposredno ispod točke zamućenja gdje nastaju velike micelle s visokim stupnjevima asocijacije. Područja bogata površinski aktivnim tvarima se toliko povećaju kod točke zamućenja da se zamućenje prethodno bistre vode može vizualno promatrati. Najpovoljniji uvjeti za stabilizaciju bojila kod proizvoda u pranju su na temperaturi neposredno ispod točke zamućenja. Solubilizacija ima važnu ulogu i kod odstranjivanja uljnih nečistoća s tekstila tijekom procesa pranja s neionskim površinski aktivnim tvarima. Najbolji efekt s uljnim nečistoćama može se promatrati analogno s opisanim pojavama solubilizacije u području točke zamućenja. Vrijeme je ograničeno kod pranja i zbog toga kinetika ima značajnu ulogu kao i kod ispiranja masnih nečistoća. Uz solubilizaciju, dispergiranje pigmentnih bojila površinski aktivnim tvarima također poboljšava stabilizaciju disperzije bojila. Stabilizirajuće djelovanje površinski aktivne tvari na bojila u procesu pranja povećavaju specijalni organski polimerni spojevi kao što su polivinilpirolidon, slika 14 i poliglikoleter.

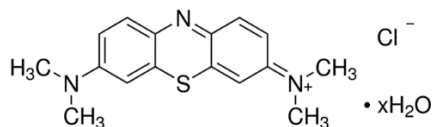


Slika 14: Polivinilpirolidon, PVP

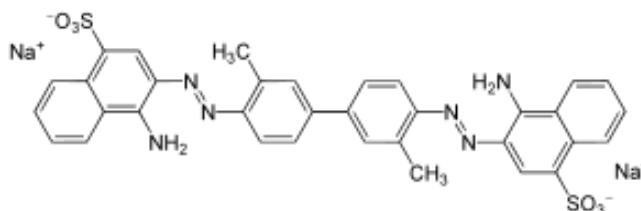
Polimernim tvarima je zajedničko da mogu imati uzajamno djelovanje i s bojilima i s površinski aktivnim tvarima. [6]

Suvremeni deterdženti često sadrže netopljive sastojke u vodi kao što je to zeolit A ili slojeviti silikati. Njihovu djelotvornost određuju kapacitet i kinetika izmjene iona. Međusobna djelovanja nisu uočena u procesima pranja, ali je dokazano pokusnim ispitivanjima da se bojila adsorptivno vežu na natrijeve alumosilikate. Adsorpcija ovisi o površinskim svojstvima

adsorbenasa i o vrsti otopljenih molekula bojila. Sposobnost adsorpcije zeolita A prikazana je za dva različito nabijena bojila, Metilen plavo i Benzopurpurin 4B, slike 15 - 17.

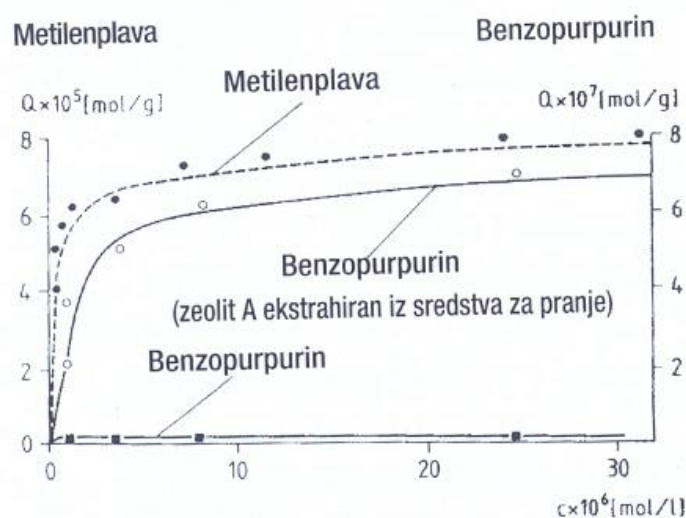


Slika 15: Metilen plavo [8]



Slika 16: Benzopurpurin 4B [9]

Kationska bojila kao npr. Metilen plava se snažno vežu na zeolit A zbog svog negativnog površinskog naboja, koji je u vodi visok, za razliku od anionskih površinski aktivnih tvari, koji se ne adsorbiraju na zeolit A, slika 17.

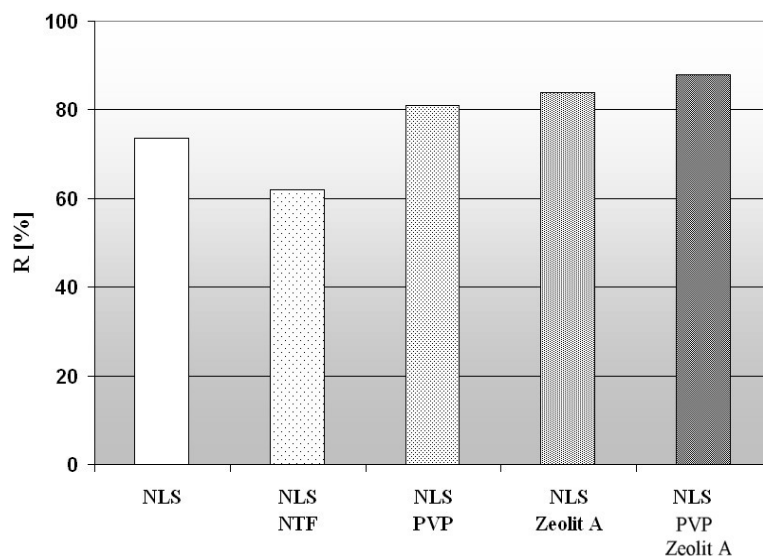


Slika 17: Adsorpcija bojila na zeolit A [6]

U procesu prskanja kroz sapnice i sušenja u proizvodnji deterdženata dolazi do laganog hidrofobiranja površine zeolita pri čemu se pigmentu netopljivom u vodi daje afinitet prema negativno nabijenim bojilima. Natrijev alumosilikat i slojeviti silikati mogu hetero koagulacijom odstraniti koloidne pigmente bojila iz vodene faze, npr. suspenzija čađe u vodi gdje se u prisutnosti kod prikladnog natrijevog alumosilikata zamućenje suspenzije čađe brzo

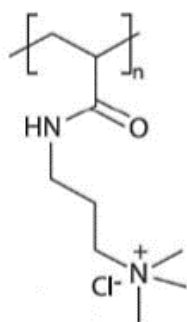
smanjuje. Suspenzija u ispitivanom vremenu ostaje gotovo stabilna kad nema vodonetopljivog izmjenjivača iona.

Bolji rezultati postižu se primjenom specijalnih polimera, kao što su polivinilpirolidon (PVP), poliglikoleter ili specijalne bjelančevine. Zbog različitih vrsta bojila i velikog broja tekstilnih vlakana, međusobni afiniteti mogu biti tako različiti da se sustavi u pranju mogu jako razlikovati. Vrlo važnu ulogu imaju bilderi pri čemu zeoliti daju dobre efekte. Kod kombinacije površinski aktivne tvar – polivinilpirolidon - zeolit postiže se najbolji efekt kod kojih se prijelaz bojila na bijelu tkaninu i ne zapaža, slika 18.



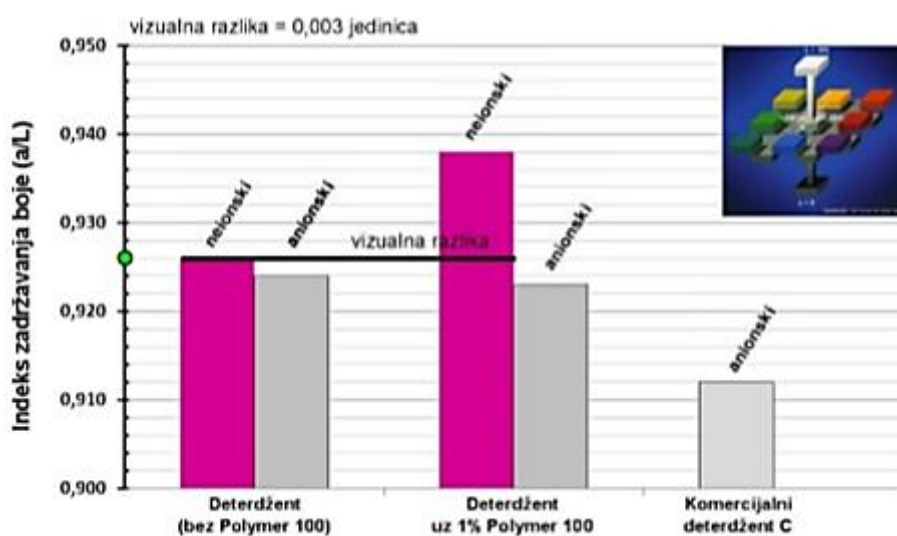
Slika 18: Remisija svjetla s bijele tkanine oprane u istoj kupelji s pamukom obojadisanim C.I. Direct Red 95; uvjeti pokusa: tvrdoća vode 0 °DH, temperatura pranja: 90 °C, vrijeme pranja: 15 min, omjer obojadisane prema bijeloj tkanini: 1:1, koncentracija natrijevog dodecilsulfata (NLS): 0,5 g/l, koncentracija natrijevog trifosfata (NTF): 3 g/l, koncentracija polivinilpirolidona (PVP): 0,3 g/l, koncentracija “zeolita A”: 0,5g/l [10]

Polimer novije generacije, poliakrilamidopropil trimetilamonijev klorid ili Polymer 100, slika 19, inhibira prijelaz obojenja, odnosno sprječava prijelaz kompleksnih bojila i posivljenje. Uz to, poboljšava djelovanje celulaza na način da hidrolizira kuglice, te poboljšava briljantnost.



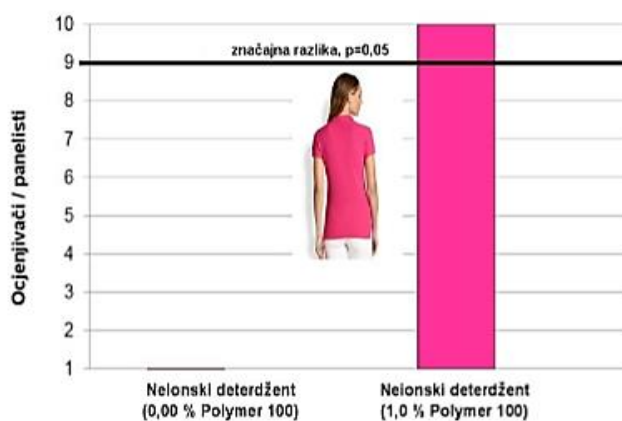
Slika 19: Polymer 100

Na slici 20 je prikazan indeks zadržavanja boje u kupelji za pranje različitog sastava.

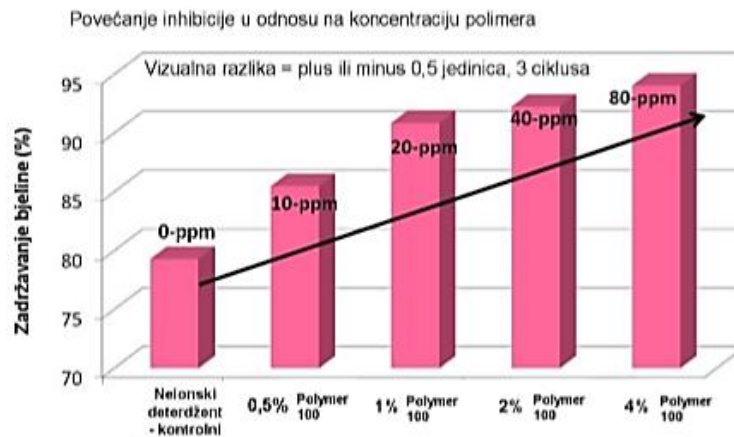


Slika 20: Indeks zadržavanja boje (a/L) [11]

Vidljivo je da najbolji stupanj zadržavanja boje osigurava nelonska površinski aktivna tvar u kombinaciji s Polimerom A. Ova sinergija se ne ostvaruje u kombinaciji anionske površinski aktivne tvari i Polimera A, slika 20.



Slika 21: Usporedba deterdženta na bazi neionskih površinski aktivnih tvari bez i uz dodatak Polymera100 [11]



Slika 22: Trend povećanja inhibicije prijelaza obojenja u ovisnosti o koncentraciji Polimera 100 u kupelji za pranje deterdžentom na bazi neionskih površinski aktivnih tvari [11]

U novijoj stručnoj literaturi je navedeno da je tvrtka Ecolab razvila inovativna rješenja kroz tehnologiju *Turbo Color Protect* koja djeluje kroz 3 razine:

- sprečavanje i/ili usporavanje posivljenja tekstila - izvrsna učinkovitost suspenzije u uvjetima pranja rublja s visokim stupnjem zaprljanja,
- zaustavljanje mrlja od polikvaternija - specifični ostaci kozmetičkih proizvoda i proizvoda za osobnu higijenu koji se ne mogu ukloniti, nova Ecolab tehnologija štiti tekstil i sprečava pojavu mrlja od polikvata [12],
- zaustavljanje prijelaza bojila - zaštita bjeline bijelih pamučnih tekstilija ili mješavine s poliesterom kao i prijenosa bojila u kupelji za pranje bojadisanog tekstila.

Prednosti novorazvijene tehnologije su duži vijek trajanja tekstila, smanjeni troškovi zamjene tekstila i povećanje produktivnosti radi smanjenja ponavljanja ciklusa pranja (*re-wash*) [13].

3.EKSPERIMENTALNI DIO





3.1. Materijali

Utjecaj sastava kupelji za pranje na svojstva osjetljivih tekstilija je istražen na četiri materijala: dva vunena pletiva, pamučnu tkaninu i tkaninu od mješavine lana i svila. U radu su korištene oznake materijala prikazane u tablici 2, a njihove karakteristike u tablici 3.

Tablica 2: Legenda oznaka materijala

| Oznaka | Materijal |
|--------|-------------------------------|
| VP1 | Vuneno pletivo 1 |
| VP2 | Vuneno pletivo 2 |
| PTP | Pamučna tkanina |
| MLS | Tkanina u mješavini lan/svila |

Tablica 3: Karakteristike materijala

| Opis | | Pletivo | Pletivo | Tkanina | Tkanina |
|--|----------------------------|---|---|--|---|
| Oznaka | | VP1 | VP2 | PTP | MLS |
| Sirovinski sastav [%] | | | | | |
| Vuna | | 100 | 100 | - | - |
| Pamuk | | - | - | 100 | - |
| Svila | | - | - | - | N/A |
| Lan | | - | - | - | N/A |
| Površinska masa [g/m ²] | | 285.4 | 195.7 | 228.8 | 125.6 |
| Gustoća | Osnova [cm ⁻¹] | - | - | 24 | 72 |
| | Potka [cm ⁻¹] | - | - | 13 | 36 |
| | Redovi [cm ⁻¹] | 20 | 21 | - | - |
| | Nizovi [cm ⁻¹] | 18 | 18 | - | - |
| Ton boje | | Crn | Crn | Plav | Crven |
| Mikroskopska slika uzorka, povećanje 50x | |  |  |  |  |

U radu su korištena tri tekuća deterdženta za pranje osjetljivog rublja (Perwoll, Meri Merino, Oldopal) i voda, kao četvrto sredstvo koja je ujedno korištena za pripremu kupelji. U kupeljima navedenih sredstava su stavljanje gotovo podjednake količine materijala, tablica 4.

Tablica 4: Masa uzoraka priređenih za pranje u kupeljima navedenih sredstava

| Deterdžent | VP1 | VP2 | PTP | MLS |
|-------------|------|------|------|------|
| Perwoll | 5.48 | 5.20 | 5.49 | 5.35 |
| Meri Merino | 5.47 | 5.25 | 5.48 | 5.25 |

| | | | | |
|---------|------|------|------|------|
| Oldopal | 5.46 | 5.29 | 5.49 | 5.33 |
| Voda | 5.52 | 5.29 | 5.50 | 5.29 |

3.2. Sredstva za pranje

U radu su korištena tri tekuća deterdženta za specijalno pranje, od kojih su dva u skupini color deterdženata za široku potrošnju, a jedan za profesionalnu njegu. Oznake ovih deterdženata i njihov puni naziv su prikazani u tablici 5.

Tablica 5: Legenda oznaka sredstava za pranje

| Oznaka | Opis |
|-------------|-------------------------------|
| Perwoll | Perwoll Renew Advanced effect |
| Meri Merino | Meri Merino 4D zaštita |
| Oldopal | Oldopal L |
| Voda | Vodovodna voda |

3.2.1. Perwoll

Perwoll Renew Advanced effect je tekući deterdžent za široku potrošnju koji je namijenjen za pranje tamnih tonova osjetljivih tekstilija čiji je uvoznik Henkel Croatia d.o.o., a proizvođač Henkel Central Eastern Europe Operations GmbH, Njemačka. Na pakiranju ovog proizvoda su naznačene njegove specifičnosti:

- *black & fiber*
- *color brilliance*
- *helps to strengthen fibers*
- *for all darks;*
- *Fibrex-technology.*

kao i sastav:

- 5 – 15 % anionske površinski aktivne tvari
- < 5 % neionske površinski aktivne tvari, sapun
- enzimi
- mirisi – *benzisothiazolinone, methylisothiazolinone*

Preporučeno doziranje ovog deterdženta ovisi o stupnju zaprljanja i tvrdoći, što je uobičajeno u primjeni deterdženata, tablica 6.

Tablica 6: Preporučeno doziranje deterdženta Perwoll u pranju 2 – 3 kg rublja na 20 °C do 60 °C

| | Slabo zaprljanje | Srednje zaprljanje | Jako zaprljanje |
|--------------|------------------|--------------------|-----------------|
| Tvrdoća vode | Doziranje (ml) | | |
| • meka voda | 60 | 90 | 120 |

| | | | |
|--------------------------|----|-----|-----|
| • srednje tvrda voda | | | |
| • tvrda, jako tvrda voda | 75 | 105 | 135 |

3.2.2. Meri Merino

Meri Merino je tekući deterdžent specijaliziran za strojno i ručno pranje crnog i tamnog rublja, kojeg proizvodi Labud. Prema specifikaciji čuva boje, održava elastičnost, obnavlja vlakna te ima dugotrajni učinak nove formule, zahvaljujući kojoj je rublje poput novog nakon 25 ciklusa pranja.

Sastojci:

- < 5% sapun, fosfonat, neionska površinski aktivna tvar
- 5 – 15% anionska površinski aktivna tvar
- Protektor boje
- Miris

Tablica 7: Preporučeno doziranje deterdženta Meri Merino u pranju 2 – 5 kg rublja na temperaturi 30 °C do 60 °C

| | Slabo zaprljanje | Srednje zaprljanje | Jako zaprljanje | Ručno pranje 5 l vode |
|--------------------------|------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|
| Tvrdoća vode | Doziranje (ml) | | | |
| • meka voda | 60 | 90 | 120 | 40 |
| • srednje tvrda voda | | | | |
| • tvrda, jako tvrda voda | 75 | 105 | 135 | |

3.2.3. Oldopal L

Oldopal L je koncentrirani tekući blagi deterdžent prikladan za pranje svih osjetljivih, perivih tekstilija, koje proizvodi tvrtka Büfa iz Njemačke. Žućkasta tekućina ne sadrži optička bjelila i sredstva za bijeljenje. Osvježava boju, sprečava redepoziciju i daje ugodan, osvježavajući miris opranim tekstilijama. Efikasan je na temperaturi do 60°C. Biorazgradivost je viša od 90% (ispitivano po standardu EN ISO 9888/1999). Sastav deterdženta prikazan je u tablici 7.

Tablica 8: Sastav deterdženta Oldopal L

| Sastojak | Udio (%) |
|----------------------------|-----------|
| Etoksilirani masni alkohol | 10.0-25.0 |
| Alkilbenzensulfonat | 2.5-10 |
| Polipropilenglikol | 2.5-10 |
| Voda | do 100 |

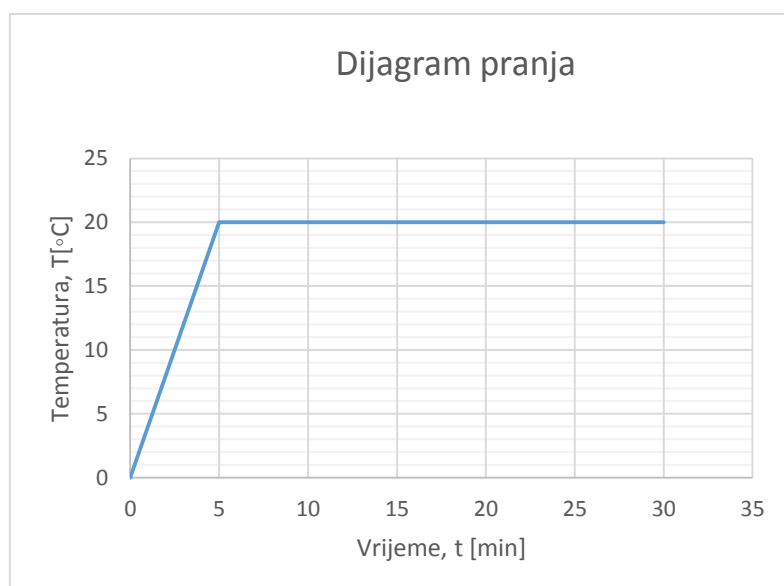
Tablica 9: Preporučeno doziranje deterdženta Oldopal za pranje na temperaturi 30 °C do 60 °C

| | Normalno zaprljanje | Jače zaprljanje |
|---|---------------------|-----------------|
| Tvrdoća vode | Doziranje (ml) | |
| <ul style="list-style-type: none"> • meka voda • srednje tvrda voda | 10 – 20 | 30 |
| <ul style="list-style-type: none"> • tvrda, jako tvrda voda | 20 - 30 | 40 |

3.3. Postupci

3.3.1. Pranje

Postupak pranja tekstilnih materijala kroz 10 ciklusa provoden je u aparatu Mathis, slika 24, u kupelji tri odabrana tekuća deterdženta i vodovodnoj vodi. Omjer kuplji je 1:20, vrijeme pranja je 20 minuta pri temperaturi od 30 °C, slika 23.



Slika 23: Dijagram pranja



a.

b.

Slika 24: Uređaj za obradu uzoraka Turbomat, P 4502, Mathis, Švicarska: a. izgled; b. unutarnji dio

3.4. Metode

3.4.1. Određivanje pH otopine deterženta

Koncentracija vodikovih iona u otopinama određuje se mjerenjem elektromotorne sile u ćeliji između indikatorske (radne) i referentne elektrode. Kao radna elektroda koristi se staklena elektroda, a kao referentna obično se koristi zasićena kalomel elektroda, slika 25.



Slika 25: pH metar, Metrel

U radu je potrebno provesti prethodno baždarenje pH metra pomoću 2 standardne puferske otopine čije su pH vrijednosti približne pH vrijednosti ispitivanog.

3.4.2. Određivanje sadržaja ukupne površinski aktivne tvari (PAT) u deterdžentu

Za izračunavanja površinski aktivnih tvari (PAT) u deterdžentima korištene su sljedeće jednadžbe:

$$\text{suhi_ostatak} = \frac{m_1 \cdot 100}{m_0} \quad [\%] \quad (1)$$

gdje su:

m_0 - masa uzorka za ispitivanje u gramima

m_1 - masa suhog ostatka u gramima nakon ekstrakcije etanolom

$$\text{sadržaj_NaOH} = \frac{V \cdot 0,0040 \cdot 100}{m_0} = \frac{V \cdot 0,4}{m_0} \quad [\%] \quad (2)$$

gdje su:

V - utrošeni volumen standardne volumetrijske otopine HCl u ml

m_0 - masa uzorka za ispitivanje u gramima

0,0040 - masa NaOH u gramima, koja odgovara 1 ml standardne volumetrijske otopine HCl

Od sadržaja suhog ostatka nakon ekstrakcije etanolom oduzme se sadržaj NaOH i dobije se ukupna površinsko aktivna tvar nakon korekcije:

$$\text{Ukupna_površinsko_aktivna_tvar} (\%) = \text{suhi ostatak} (\%) - \text{NaOH} (\%) \quad (3)$$

ili

$$\text{Ukupna_površinsko_aktivna_tvar} (\%) = (\text{PAT} + \text{NaOH}) (\%) - \text{NaOH} (\%) \quad (4)$$

3.4.3. Određivanje tvrdoće vode

U Erlenmeyer tikvicu otpipetirati 100 ml ispitivanog uzorka vode, dodati 2 ml pufera i par kristalića indikatora *Eriokrom crno T*. Titrirati otopinom kompleksona do promjene obojenja iz roze u plavo.

Račun:

$M_{\text{CaO}} = 56 \text{ g/mol}$

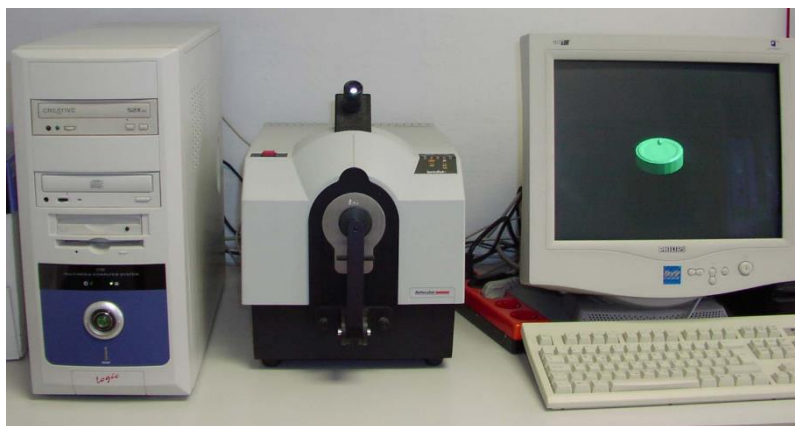
$$^{\circ}dH = vK_{III} \times cK_{III} \times 56 \quad (5)$$

3.4.4. Hidrofilnost materijala prije i nakon pranja

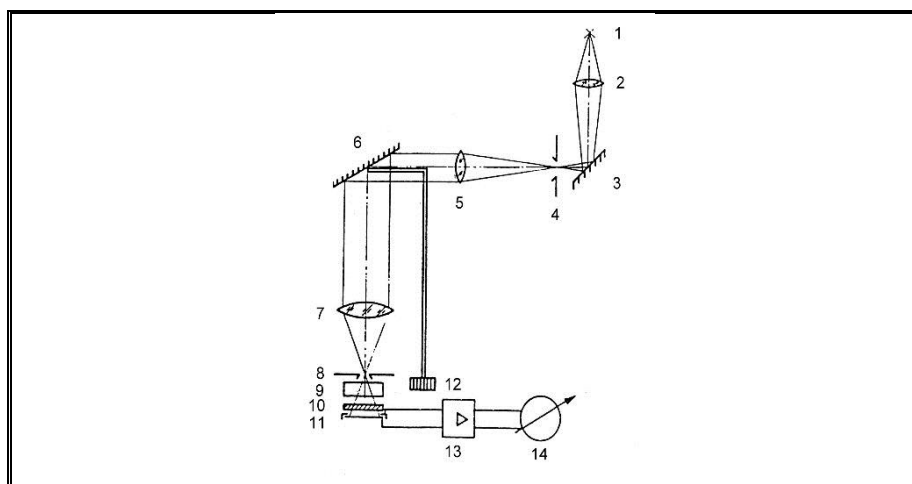
Analizirana je hidrofilnost svih ispitivanih materijala kapanjem destilirane vode na površinu materijala s visine 10 cm do prodora kapljice u strukturu materijala.

3.4.5. Spektralne karakteristike materijala prije i nakon pranja

Spektralne karakteristike materijala su mjerene na spektrofotometru Datacolor SF300, slike 26 i 27, uz podršku računalnog programa DataMatch i programskom opremom za metriku boja [14].



Slika 26: Spektrofotometar SPECTRAFLASH SF 300



| | |
|---------------------------|--|
| 1 – izvor zračenja | 10 – filter (za fluorometrijska mjerenja – pikrinska kiselina na staklu) |
| 2 – kondenzator | 11 – selenski fotoelement |
| 3 – zrcalo | 12 – vijak za podešavanje valne duljine |
| 4 – ulazni procjep | 13 – tranzitorsko pojačalo |
| 5 – kolimatorski objektiv | 14 - instrument za pokazivanje |
| 6 – rešetke za refleksiju | |
| 7 – kolimatorski objektiv | |
| 8 – izlazni procjep | |
| 9 – uzorak za mjerenje | |

Slika 27: Shema spektrofotometra Spectraflash SF, tt. Datacolor

Mjerenje spektralnih karakteristika provedeno je na remisijskom spektrofotometru Spectraflash SF 3890, tt. Datacolor. Remisijskim spektrofotometrom se mjeri bjelina bijelih uzoraka, koordinate kromatičnosti obojenih uzoraka i promjena tona obojenja. Računalno vođen remisijski spektrofotometar namijenjen mjerenju boje sa plošnih površina (tekstil, papir, plastika, drvo, metal, itd.), mjerenju bjeline i fluorescentnih obojenja i računalnom receptiranju. Sastoji se od uređaja koji je spojen za računalo gdje se dobivaju sve potrebne informacije u vezi određivanja svjetline i tona kao što na neobrađenim tako i usporedno s time na obrađenim materijalima. Pri mjerenju remisije vrši se kalibracija s bijelim, crnim i zelenim standardom u određenim uvjetima, tablica 10. Uređaj ima dvije veličine mjernog otvora: R=0,65 cm; R=2,2 cm. Na osnovu mjerenja razlike između upadne i od uzorka odbijene svjetlosti određuje se vrijednost remisije, tj. remisone krivulje u spektralnom području od 360 do 700 nm. Uzorak se postavlja i učvršćuje posebnim držačem na mjerni otvor instrumenta. Osvjetljava se iz izvora svjetlosti, ugrađenog u instrument. Instrument mjeri valne duljine reflektiranog i apsorbiranog dijela upadne svjetlosti. Mjerni podaci pohranjuju se u računalnu bazu podataka, iz koje se pomoću specijaliziranog računalnog programa DataMatch izračunavaju daljnji parametri potrebni za definiranje boje, bjeline ili potrebni za provođenje postupka računalnog receptiranja.

Tablica 10: Uvjeti kalibracije i mjerenja

| | |
|----------------------------------|---|
| Parametar : | Spektralne karakteristike (prije i nakon pranja) |
| Udio UV komponente | 75% |
| Kut: | 10° |
| Otvor: | LAV (2.2 cm) |
| Bljesak izvora (<i>flash</i>): | 4 |
| Spekularna komponenta : | Isključena (<i>excluded</i>) |

Na temelju spektralnih karakteristika se izračunava ukupna razlika u boji, ΔE^* , prema jednadžbama 6 i 7:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (6)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*)^2 + (\Delta H^*)^2} \quad (7)$$

gdje je:

Δa^* - razlika na osi crveno/zeleno ($\Delta a^* = a^*_{\text{uzorak}} - a^*_{\text{standard}}$)

Δb^* - razlika na osi žuto/plavo ($\Delta b^* = b^*_{\text{uzorak}} - b^*_{\text{standard}}$)

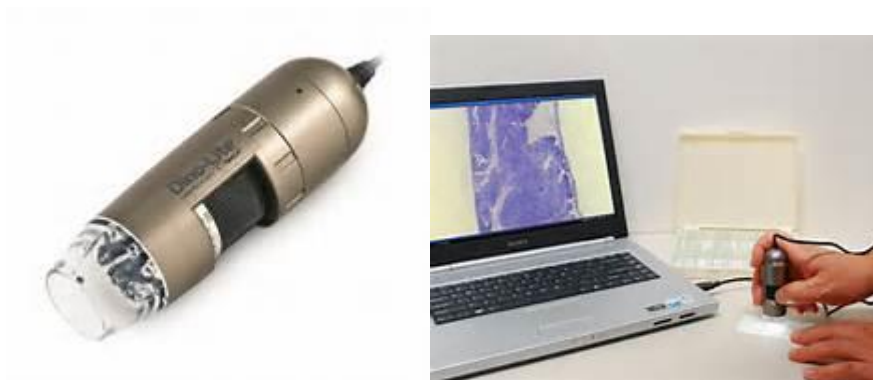
ΔL^* - razlika u svjetlini ($\Delta L^* = L^*_{\text{uzorak}} - L^*_{\text{standard}}$)

ΔC^* - razlika u zasićenju ($\Delta C^* = C^*_{\text{uzorak}} - C^*_{\text{standard}}$)

ΔH^* - razlika u tonu

3.4.6. Površinska karakterizacija tekstilnih materijala digitalnim mikroskopom

Dino - Lite, tip Premier je specijalni digitalni mikroskop koji služi za karakterizaciju površine uzoraka u dva različita povećanja. Dobivene slike su kristalno jasne, visoke rezolucije i vrhunske kvalitete. Dino-Lite uređaj radi na principu povezanosti sa računalom gdje se preko *Dino-Capture* softvera slike projiciraju direktno na računalo. Pomoću uređaja Dino-Lite-a možemo identificirati promjene na površini svakog obrađenog materijala u odnosu na početni. Odabirom odgovarajućeg povećanja slike površine uzoraka su detaljnije (veće povećanje – bolje uočavanje eventualno sitnijih nedostataka, manje povećanje – jasnija cjelokupna slika površine uzorka).



Slika 28: Dino - Lite

3.4.7. Određivanje pH vodenog ekstrakta tekstilnog materijala prije i nakon pranja

U svrhu postizanja optimalnih učinaka u pranju je potrebno postići zadovoljavajući stupanj neutralizacije. Stoga je tekstilije nakon pranja potrebno neutralizirati kiselinom, pri čemu se najčešće koristi octena, mravlja ili limunska kiselina. Optimalan pH vodenog ekstrakta

opranog materijala prema sustavu RAL-GZ 992 bi trebao biti od 6.5 do 8.3 pri čemu je potrebno imati u vidu da se tekstilnom materijalu nakon glačanja podigne pH za oko 0.5 pH jedinica.

U svrhu određivanja pH vodenog ekstrakta ispitivanih materijala prije i nakon pranja, masa 5 g je uložena u staklenu tikvicu i prelivena je sa 100 ml destilirane vode. Zatvorene tikvice s uzorcima u vremenu 120 minuta pri brzini 5 su tretirane na mješalici, slika 29.



Slika 29: Mješalica, Heidolph i upute za rad

3.4.8. Određivanje površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu tekstilnog materijala

Analiziran je vodeni ekstrakt opranih materijala s ciljem određivanjem količine anionskih i neionskih površinski aktivnih tvari, odnosno sadržaj organskih rezidua – neisprane površinski aktivne tvari na materijalu.

Neionski površinski aktivna tvar analizirana je potencimetrijski primjenom titranda - natrijevtetrafenil borat (NaTFB).

Otopine:

- Natrijevtetrafenil borat, NaTFB, standardna otopina, $c = 0.001 \text{ mol/l}$
- Barijev klorid, BaCl_2 , $c = 0.1 \text{ mol/l}$
- Metanol, 5 %
- Destilirana voda

Pribor i uređaji:

Auto-titrator 736 GP Titrino (Methrom), slika 30

NIO elektroda (Methrom)

Referentna Ag/AgCl elektroda (Methrom)

Čašica, 150 ml

Pipeta 10 ml

Magnetski mješač



Slika 30: Auto-titrator

Postupak:

Potrebno je odvagati točno $2 \text{ g} \pm 0.01 \text{ g}$ uzorka, uložiti u bočice i dodati 100 ml destilirane vode. Bočice se stave na mješalicu i mućkaju 30 minuta (brzina 5).

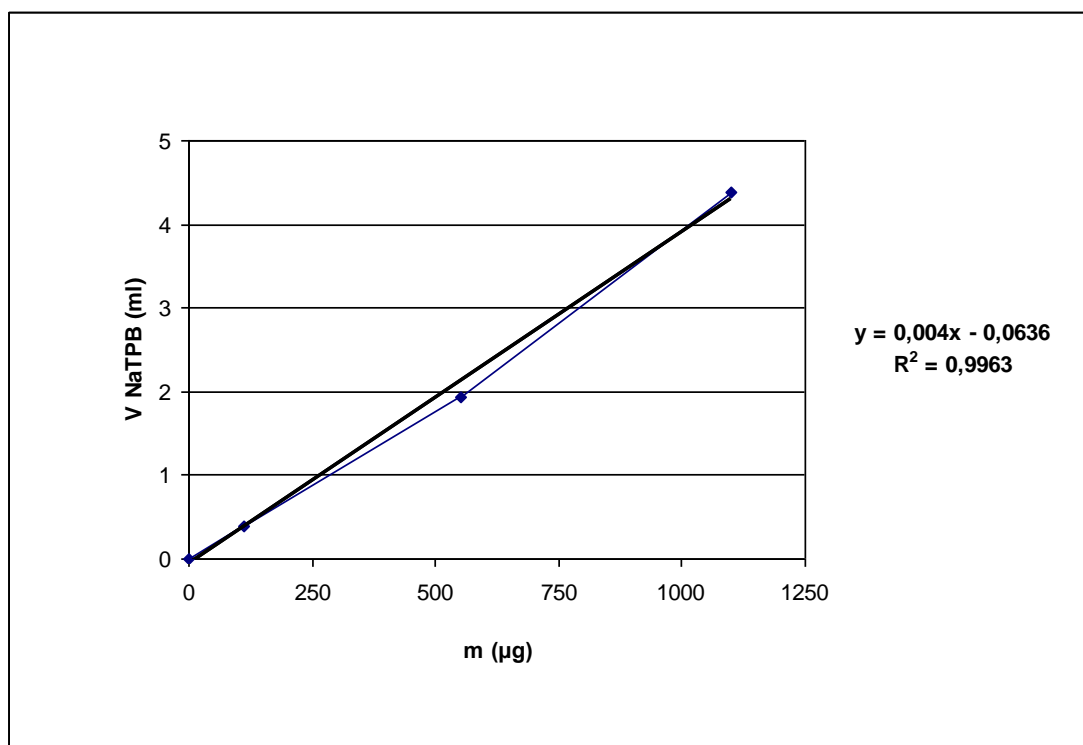
Nakon proteklog vremena iz otopine se izvoji 50 ml alikvota (odmjerna tikvica od 50 ml) i prenese u čašicu od 150 ml, doda 5 ml metanola, stavi mješać i započne titracija na način da se u prvih 10 sekundi miješanja dodaje 10 ml BaCl_2 . Po završetku titracije očita se volumen NaTFB -a (V).

Izračunavanje:

Za izračun sadržaja neionski površinski aktivne tvari je potrebno načiniti kalibracijsku krivulju preko matične otopine (MO) Tritona X-100 (MO, $\gamma=0.11012 \text{ g}/100 \text{ ml}$), $M= 646.87 \text{ g/mol}$, tablica 11 i slika 31.

Tablica 11: Podaci za izradu kalibracijske krivulje Tritona X-100

| Alikvot MO [ml] | m (μg) | V NaTFB (ml) |
|-----------------|---------------------|-----------------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0.1 | 110.12 | 0.4 |
| 0.5 | 550.6 | 1.941 |
| 1.0 | 1100.12 | 4.384 |



Slika 31: Kalibracijska krivulja otopine Tritona X-100

Sadržaj neionski površinski aktivne tvari u otopini (X) se izračuna iz jednadžbe kalibracijskog pravca:

$$X = (Y + 0.0636) / 0.004 \quad (8)$$

$$X = (V + 0.0636) / 0.004$$

X – sadržaj neionskog površinski aktivna tvara u alikvotu

V – volumen NaTFB

Anionski površinski aktivna tvar analizira se potencijometrijski uz titrand - kationski površinski aktivna tvar, Hyamine 1622.

Otopine:

- Hyamine 1622, standardna otopina, $c = 0.004 \text{ mol/l}$
- Pufer pH 3 – citrat/HCl
- Metanol, 5 %
- Destilirana voda

Pribor i uređaji:

Auto-titrator 736 GP Titrino (Methrom), slika 30

ION- selektivna elektroda (Methrom)

Referentna Ag/AgCl elektroda (Methrom)

Čašica, 150 ml

Pipeta 10 ml

Magnetski mješač

Postupak:

Odvagati točno $2 \text{ g} \pm 0.01 \text{ g}$ uzorka, uložiti u bočice i dodati 100 ml destilirane vode. Bočice staviti na mješalicu i mućkati 30 minuta (brzina 5).

Nakon proteklog vremena iz otopine se odmjeri 50 ml alikvota (odmjerna tikvica od 50 ml) i prenese u čašicu od 150 ml, doda 5 ml metanola, 5 ml pufera pH 3 i stavi mješač.

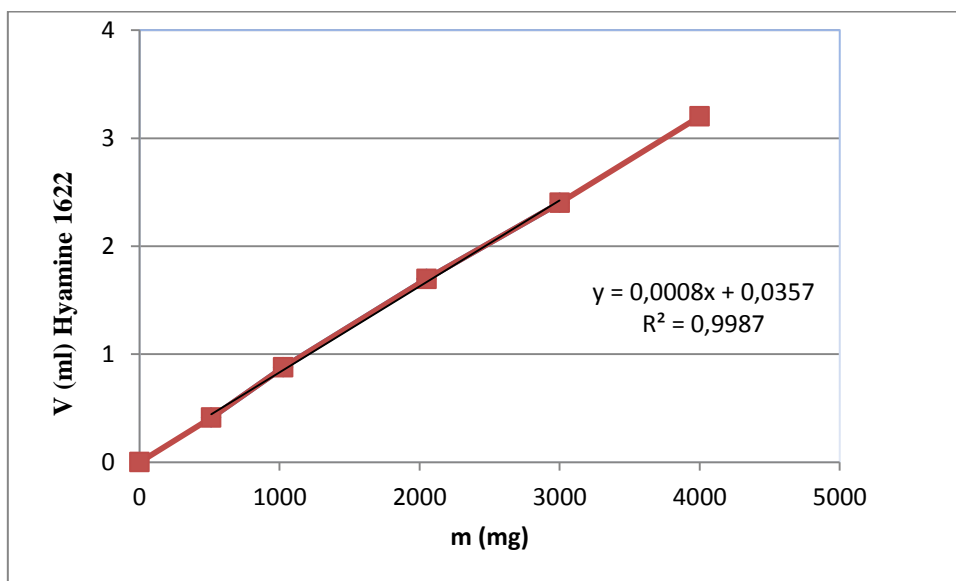
Po završetku titracije očita se volumen Hyamine-a 1622 (V).

Izračunavanje:

Za izračun sadržaja anionski površinski aktivne tvari je potrebno načiniti kalibracijsku krivulju preko matične otopine (MO) natrijevog lauril sulfata, NLS-a (MO, $\gamma=0.10251 \text{ g}/100 \text{ ml}$), $M=288.38 \text{ g}/\text{mol}$, tablica 12 i slika 32.

Tablica 12: Podaci za izradu kalibracijske krivulje NLS-a

| Alikvot [ml] | MO | m (μg) NLS | $V_{\text{Hyamine1622}}$ (ml) |
|--------------|----|-------------------------|-------------------------------|
| 0 | | 0 | 0 |
| 0.5 | | 512.55 | 0.412 |
| 1 | | 1025.1 | 0.878 |
| 2 | | 2050.2 | 1.697 |
| 3 | | 3000 | 2.401 |
| 4 | | 4000 | 3.201 |



Slika 32: Kalibracijska krivulja otopine NLS-a

Sadržaj anionski površinski aktivne tvari u otopini (X) se izračuna iz jednadžbe kalibracijskog pravca,

$$X = (Y - 0.001)/0.0008 \quad (9)$$

$$X = (V - 0.001) / 0.0008$$

X – sadržaj anionskog površinski aktivna tvara u alikvotu

V – volumen Hyamine 1622

4. REZULTATI I RASPRAVA

Tekući deterdženti Perwoll *renew Advanced Effect* i Meri Merino 4D zaštita su proizvodi za široku potrošnju, a ujedno su predstavnici brenda Perwoll i Meri Merino. Pri tome je važno istaknuti činjenicu da su u istraživanju odabrani proizvodi iz najnovije serije specijanih formulacija za pranje osjetljivih tekstilija tamnijeg tona. Prema specifikaciji „Perwoll *renew Advanced Effect* formula s posebnom *Fibrex* tehnologijom aktivno održava odjeću čineći ju ponovo lijepom i nakon nekoliko pranja. Perwoll formula za njegu ne samo da pere odjeću, već brine za boje i vlakna. Poboljšava intenzitet boje, zaglađuje čak i oštra vlakna za bolju refleksiju svjetla i pomaže ojačati vlakna kako bi zadržala svoj oblik“.

Meri Merino 4D je tekući deterdžent specijaliziran za strojno i ručno pranje crnog i tamnog rublja. Prema specifikaciji „čuva boje, održava elastičnost, obnavlja vlakna te ima dugotrajni učinak – nove formule, rublje je poput novog nakon 25 pranja“.

Tekući deterdžent **Oldopal L** je profesionalni koncentrirani blagi deterdžent prikladan za pranje svih osjetljivih, perivih tekstilija. „žućkasta tekućina ne sadrži optička bjelila i sredstva za bijeljenje. Prema specifikaciji osvježava boju, sprečava redepoziciju i daje ugodan, osvježavajući miris opranim tekstilijama“.

Četvrto sredstvo za pranje je **tvrda voda**, na čijem uzorku je obzirom na važnost kvalitete vode u procesu pranja, a primarno njene tvrdoće, provedena kompleksometrijska titracija. Analiza je ukazala da je tvrdoća vode u vrijeme provedbe pranja iznosila 22.1 °DH.

Neovisno o sastavu tekućih deterdženata koji je u skladu s postojećim propisima naveden na ambalaži proizvoda, u radu je ispitan ukupan sadržaj površinski aktivne tvari i sadržaj ukupne površinski aktivne tvari nakon korekcije, te pH otopine za pranje. U tablicama 13 - 20 su prikazani navedeni parametri kvalitete deterdženata.

4.1. Određivanje pH vrijednosti

Tablica 13: Određivanje pH vrijednosti otopine deterdženta

| Deterdžent | Masa [g] | pH vrijednost | T[°C] |
|-------------|----------|---------------|-------|
| Perwoll | 1.006 | 9.0 | 22.2 |
| Meri Merino | 1.018 | 8.2 | |
| Oldopal L | 1.005 | 7.8 | |
| Voda | - | 7.0 | |

Iz rezultata pH vrijednosti otopina tekućih deterdženata i vode od koje su otopine priređene je vidljivo da najviši pH ima deterdžent Perwoll. Izmjerena vrijednost pH 9 ukazuje da je otopina alkalna, pri čemu je potrebno naglasiti da ova vrijednost odstupa od uvriježene pH vrijednosti tekućih deterdženata (pH 8.5). Deterdžent Meri Merino ima nižu pH vrijednost (pH 8.2) od Perwolla i ona se uklapa u prethodnu istaknutu pH vrijednost tekućih deterdženata. Najnižu pH vrijednost ima deterdžent Oldopal (pH 7.8), koja ga može svrstati u deterdžente za pranje vunениh tekstilija, kojima pogoduje pH vrijednost kupelji ≥ 5.5 , a tvrda voda ima pH 7.0.

4.2. Određivanje ukupne površinski aktivne tvari (PAT) u deterdžentu

Ukupna površinski aktivna tvar (PAT) je važan parametar za kvalitetu deterdženta, ali prema dostupnoj i korištenoj literaturi u teoretskom dijelu ovog rada nije ključni parametar kvalitete. Poznato je da se proces pranja odvija u skladu sa Sinnerovim krugom, gdje je kemija (deterdžent) samo jedan čimbenik procesa. Ukupna površinski aktivna tvar sva tri deterdženta u tri analizirane probe je izražena dvojako: % PAT i % PAT nakon korekcije, tablice 14 – 19, a prosječne vrijednosti površinski aktivne tvari u analiziranim deterdžentima su prikazane u tablici 21.

Tablica 14: Maseni udio površinsko aktivne tvari u deterdžentu **Perwoll**

| Proba | m_0 [g] | m_1 tikvice [g] | m_2 tikvice [g] | m_1 [g] | PAT (%) |
|----------------------|-----------|-------------------|-------------------|-----------|---------|
| 1 | 3.0081 | 149.8750 | 150.2831 | 0.4081 | 13.57 |
| 2 | 3.0342 | 138.7640 | 139.1271 | 0.3631 | 11.97 |
| 3 | 3.2877 | 140.1150 | 140.4885 | 0.3735 | 11.36 |
| Prosječna vrijednost | | | | | 12.30 |

Tablica 15: Maseni udio površinsko aktivne tvari u deterdžentu **Perwoll** nakon korekcije

| Proba | V_{NaOH} [ml] | sadržaj NaOH [%] | PAT [%] nakon korekcije |
|----------------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| 1 | 0.4 | 0.05 | 13.52 |
| 2 | 0.4 | 0.05 | 11.92 |
| 3 | 0.3 | 0.04 | 11.32 |
| Prosječna vrijednost | | | 12.25 |

Tablica 16: Maseni udio površinsko aktivne tvari u deterdžentu **Oldopal L**

| Proba | m_0 [g] | m_1 tikvice [g] | m_2 tikvice [g] | m_1 [g] | PAT (%) |
|----------------------|-----------|-------------------|-------------------|-----------|---------|
| 1 | 2.9965 | 140.5725 | 141.3038 | 0.7313 | 22.24 |
| 2 | 3.0461 | 159.3964 | 160.1618 | 0.7654 | 25.13 |
| 3 | 3.0176 | 146.4891 | 147.2450 | 0.7559 | 25.05 |
| Prosječna vrijednost | | | | | 24.14 |

Tablica 17: Maseni udio površinsko aktivne tvari u deterdžentu **Oldopal L** nakon korekcije

| Proba | V _{NaOH} [ml] | sadržaj NaOH [%] | PAT [%] nakon korekcije |
|----------------------|------------------------|------------------|-------------------------|
| 1 | 0 | 0 | 22.24 |
| 2 | 0 | 0 | 25.13 |
| 3 | 0 | 0 | 25.05 |
| Prosječna vrijednost | 0 | 0 | 24.14 |

Tablica 18: Maseni udio površinsko aktivne tvari u deterdžentu **Meri Merino**

| Proba | m ₀ [g] | m ₁ tikvice [g] | m ₂ tikvice [g] | m ₁ [g] | PAT (%) |
|----------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|---------|
| 1 | 3.0525 | 132.5007 | 132.9885 | 0.4878 | 15.98 |
| 2 | 3.0721 | 158.1961 | 158.6815 | 0.4854 | 15.80 |
| 3 | 3.0747 | 137.7959 | 138.3003 | 0.5044 | 16.40 |
| Prosječna vrijednost | | | | | 16.06 |

Tablica 19: Maseni udio površinsko aktivne tvari u deterdžentu **Meri Merino** nakon korekcije

| Proba | V _{NaOH} [ml] | sadržaj NaOH [%] | PAT [%] nakon korekcije |
|----------------------|------------------------|------------------|-------------------------|
| 1 | 0.3 | 0.04 | 15.94 |
| 2 | 0.2 | 0.03 | 15.77 |
| 3 | 0.1 | 0.01 | 16.39 |
| Prosječna vrijednost | 0.2 | 0.03 | 16.03 |

Prosječne vrijednosti površinski aktivne tvari ispitivanih deterdženata prije i nakon korekcije prikazane su u tablici 20.

Tablica 20: Prosječne vrijednosti PAT ispitivanih deterdženata prije i nakon korekcije

| Deterdžent | PAT [%] | PAT [%] nakon korekcije |
|-------------|---------|-------------------------|
| Perwoll | 12.30 | 12.25 |
| Meri Merino | 24.14 | 24.14 |
| Oldopal | 16.06 | 16.03 |

Iz dobivenih rezultata PAT-a izlazi da najveći sadržaj posjeduje deterdžent Meri Merino. Redosljed deterdženata po udjelu PAT bi izgledao ovako:

$$\text{Meri Merino (24.14 \%)} > \text{Oldopal (16.06 \%)} > \text{Perwoll (12.30 \%)}$$

Na temelju podataka koji su izvučeni s deklaracije deterdženata i prikazani u njihovom opisu u eksperimentalnom dijelu ovog rada je vidljivo da svi navedeni proizvodi sadrže anionske i neionske površinski aktivne tvari, a samo deterdženti Perwoll i Meri Merino sadrže još i sapune. Udio deklariranih neionski površinski aktivnih tvari u deterdžentima Perwoll i Meri











Merino je manji od 5 %, a udio anionskih površinski aktivnih tvari u udjelu od 5 – 15 %. Deterdžent za profesionalne namjene Oldopal ima manji udio anionski površinski aktivnih tvari (2,5 - 10 %), a neionski površinski aktivne tvari ima 10-25 %.

Unatoč navedenim razlikama u udjelu površinski aktivne tvari kroz analizu i usporedbu nije moguće predvidjeti ponašanje pojedinih deterdženata u pranju, odnosno njihovu kvalitetu i učinkovitost, kako je to u više navrata istaknuto u teoretskom dijelu ovog rada [3].

4.3. Hidrofilnost

Ispitana je hidrofilnost materijala prije i nakon pranja odabranim sredstvima metodom prodora kapi. U toj analizi je utvrđeno da je hidrofilnost tkanine od pamuka (PTP) i tkanine u mješavini lan/svila (MLS) različita od vunениh pletiva (VP1 i VP2). Vunena pletiva su pokazala lošiji stupanj hidrofilnosti u odnosu na tkanine, pa su ovi materijali izdvojeni u tablici 21.

Tablica 21: Hidrofilnost izgled kapi na vunениm pletivima VP1 i VP2 prije i nakon 10 ciklusa pranja u kupeljima sredstava

| Sredstvo za pranje | VP1 | VP2 |
|--------------------|---|--|
| Neprani |  |  |
| Perwoll |  |  |
| Meri Merino |  |  |
| Oldopal |  |  |
| Voda |  |  |

Rezultati ispitivanja su potvrdili da su tkanine od pamuka (PTP) i mješavine lan/svila (MLS) prije i nakon pranja pokazale različit stupanj hidrofilnosti. Potpuni prodor kapi vode u nepranu **pamučnu tkaninu** je nastupio nakon 8 s, a u opranu trenutno. Prodor kapi vode u nepranu tkaninu **lan/svila** je nastupio nakon 155 s. Kod ove tkanine oprane deterdžentima prodor je bio trenutno, dok je nakon pranja u vodi iznosio 6 s. Pletiva od **vune** (VP1 i VP2) ispitana prije i nakon pranja su pokazala slabu hidrofilnost, koja se očitovala u vremenskoj stabilnosti vodene kapi na površini, tablica 21. Rezolucija slika nije visoka, ali unatoč tome je

vidljiva črvsto lokalizirana kap vode na površini nepranih i opranih pletiva. Razlog tome je hidrofobaniji karakter vunenih tekstilija u odnosu na pamuk i mješavinu lan/svila.

4.4. Mjerenja spektralnih karakteristika

Spektralne karakteristike tekstilnih materijala, vunenih pletiva crnog tona, pamučne tkanine plavog tona i tkanine u mješavini lan/svila crvenog tona su analizirane kroz razlike opranih u odnosu na neprane materijale: u svjetlini (dL^*), u zasićenosti (dC^*), u tonu (dH^*), ukupnoj razlici u boji (dE) i ocjenama postojanosti obojenja na pranje prema ISO i AATCC skali.

Ove razlike kao pojedinačna mjerenja su prikazane tablično i grafički pri čemu se načinio prikaz prema vrsti materijala s lica i naličja. Dat je tablični prikaz razlike spektralnih karakteristika vunenog pletiva crnog tona (VP1) opranog deterdžentima Perwoll (tablica 22), deterdžentom Meri Merino (tablica 23), deterdžentom Oldopal (tablica 24) i vodom (tablica 25). Slika 33 daje usporedbu ukupne razlike u boji (dE) crnog vunenog pletiva (VP1) opranog u tekućim deterdžentima kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani materijal VP1.

Tablica 22: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja **VP1** opranog deterdžentom **Perwoll** kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani VP1 i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC)

| Položaj mjerenja | Broj mjerenja | dE | dL* | dC* | dH* | ISO | AATCC |
|------------------|---------------------------|-------|--------|-------|--------|-----|-------|
| Lice | 1 | 0.307 | -0.187 | 0.149 | -0.192 | 5 | 5 |
| | 2 | 0.383 | -0.185 | 0.184 | -0.281 | 5 | 5 |
| | 3 | 0.359 | -0.212 | 0.165 | -0.239 | 5 | 5 |
| | Srednja vrijednost | 0.350 | -0.195 | 0.166 | -0.237 | 5 | 5 |
| Naličje | 1 | 1.453 | -1.443 | 0.101 | -0.136 | 4 | 4 |
| | 2 | 0.212 | -0.149 | 0.077 | -0.128 | 5 | 5 |
| | 3 | 0.622 | -0.579 | 0.111 | -0.198 | 4-5 | 4-5 |
| | Srednja vrijednost | 0.762 | -0.724 | 0.096 | -0.154 | 4-5 | 4-5 |

Tablica 23: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja **VP1** opranog deterdžentom **Meri Merino** kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani VP1 i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC)

| Položaj mjerenja | Broj mjerenja | dE | dL* | dC* | dH* | ISO | AATCC |
|------------------|---------------------------|-------|--------|-------|--------|-----|-------|
| Lice | 1 | 0.223 | 0.028 | 0.163 | -0.150 | 5 | 5 |
| | 2 | 0.417 | 0.391 | 0.115 | -0.090 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 0.240 | -0.176 | 0.146 | 0.073 | 5 | 5 |
| | Srednja vrijednost | 0.293 | 0.081 | 0.141 | -0.167 | 5 | 5 |
| Naličje | 1 | 0.327 | -0.315 | 0.069 | -0.050 | 5 | 5 |
| | 2 | 0.497 | -0.409 | 0.159 | -0.232 | 4-5 | 4-5 |

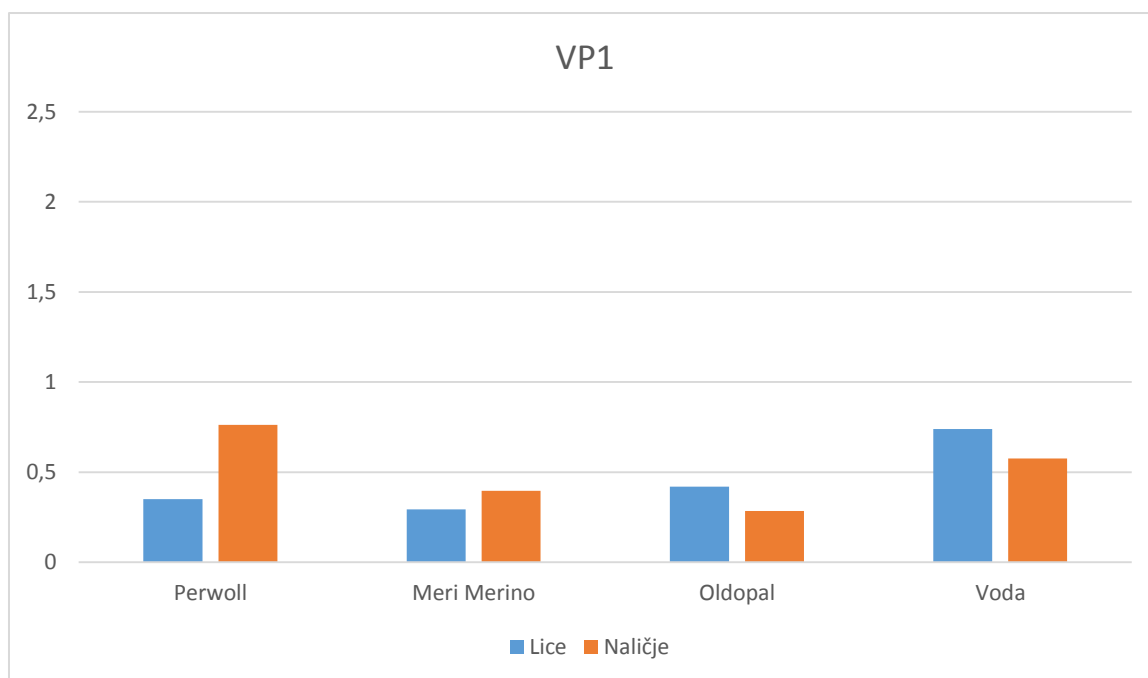
| | | | | | | | |
|--|---------------------------|-------|--------|-------|--------|---|---|
| | 3 | 0.363 | -0.334 | 0.083 | -0.114 | 5 | 5 |
| | Srednja vrijednost | 0.396 | -0.353 | 0.104 | -0.132 | 5 | 5 |

Tablica 24: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja **VP1** opranog deterdžentom **Oldopal** kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani VP1 i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC)

| Položaj mjerenja | Broj mjerenja | dE | dL* | dC* | dH* | ISO | AATCC |
|------------------|---------------------------|-------|--------|--------|--------|-----|-------|
| Lice | 1 | 0.336 | -0.333 | 0.020 | -0.042 | 5 | 5 |
| | 2 | 0.456 | 0.295 | 0.203 | -0.283 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 0.467 | -0.445 | 0.037 | -0.138 | 4-5 | 4-5 |
| | Srednja vrijednost | 0.420 | -0.161 | 0.087 | -0.154 | 4-5 | 4-5 |
| Naličje | 1 | 0.348 | -0.314 | -0.010 | -0.150 | 5 | 5 |
| | 2 | 0.290 | -0.250 | 0.042 | -0.143 | 5 | 5 |
| | 3 | 0.214 | -0.105 | 0.121 | -0.142 | 5 | 5 |
| | Srednja vrijednost | 0.284 | -0.223 | 0.051 | -0.145 | 5 | 5 |

Tablica 25: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja **VP1** opranog **vodom** kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani VP1 i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC)

| Položaj mjerenja | Broj mjerenja | dE | dL* | dC* | dH* | ISO | AATCC |
|------------------|---------------------------|-------|--------|--------|--------|-----|-------|
| Lice | 1 | 1.085 | -1.053 | 0.078 | -0.247 | 4-5 | 4-5 |
| | 2 | 0.686 | -0.663 | 0.073 | -0.160 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 0.448 | -0.383 | 0.122 | -0.187 | 4-5 | 4-5 |
| | Srednja vrijednost | 0.740 | -0.701 | 0.091 | -0.198 | 4-5 | 4-5 |
| Naličje | 1 | 0.575 | -0.508 | 0.073 | -0.259 | 4-5 | 4-5 |
| | 2 | 0.596 | -0.560 | 0.090 | -0.183 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 0.557 | -0.528 | -0.010 | -0.178 | 4-5 | 4-5 |
| | Srednja vrijednost | 0.576 | -0.532 | 0.051 | -0.207 | 4-5 | 4-5 |



Slika 33: Usporedba ukupne razlike u boji (dE) crnog vunenog pletiva (VP1) opranog u tekućim deterdžentima i vodi kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani materijal

Analiza spektralnih promjena, ukupna razlika u boji (dE) vunenog pletiva crnog tona opranog u kupljima deterdženata Perwoll, Meri Merino, Oldopal i vodi kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani je prikazana na slici 33. Na slici stupičastog prikaza je usporedba lica i naličja VP1 materijala. Važno je istaknuti da su ukupne razlike u boji (dE) svih materijala manje od 1, što se može smatrati zadovoljavajućim rezultatima nakon provedenih 10 ciklusa pranja. Međutim, obrazloženje pojedinih razlika unutar analiziranih deterdženata i vode postoje i potrebno ih je razjasniti.

Usporedbom visine stupaca lica VP1 se vidi da su najmanje razlike nastale u pranju Meri Merinom i Oldopalom, a najveće u pranju vodom. Usporedbom visine stupaca naličja VP1 se vidi da je najmanja visina stupca za Oldopal, a najveća za Perwoll. Razlika visine stupića lica i naličja VP1 opranih deterdžentima Meri Merino i Oldopal nije značajna. Međutim, ove razlike su veće za deterdžent Perwoll pa ih je teško rastumačiti, a jedino moguće tumačenje se može pripisati eksperimentalnoj pogrešci.

Prikaz razlika spektralnih karakteristika vunenog pletiva crnog tona (VP2) opranog ispitivanim sredstvima je prikazan u tablicama 26-29, pri čemu Perwoll (tablica 26), Meri Merino (tablica 27), Oldopal (tablica 28) i voda (tablica 29). Slika 34 daje usporedbu ukupne razlike u boji (dE) crnog vunenog pletiva (VP2) opranog u tekućim deterdžentima i vodi kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani materijal VP2.

Tablica 26: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja **VP2** opranog deterdžentom **Perwoll** kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani VP2 i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC)

| Položaj mjerenja | Broj mjerenja | dE | dL* | dC* | dH* | ISO | AATCC |
|------------------|---------------------------|-------|--------|-------|--------|-----|-------|
| Lice | 1 | 0.419 | -0.396 | 0.098 | -0.098 | 4-5 | 4-5 |
| | 2 | 0.887 | -0.879 | 0.111 | 0.055 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 0.572 | -0.573 | 0.058 | -0.084 | 4-5 | 4-5 |
| | Srednja vrijednost | 0.626 | -0.616 | 0.089 | -0.042 | 4-5 | 4-5 |
| Naličje | 1 | 0.727 | -0.720 | 0.092 | 0.022 | 4-5 | 4-5 |
| | 2 | 1.192 | -1.189 | 0.081 | -0.043 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 0.926 | -0.918 | 0.126 | 0.004 | 4-5 | 4-5 |
| | Srednja vrijednost | 0.948 | -0.942 | 0.099 | 0.006 | 4-5 | 4-5 |

Tablica 27: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja **VP2** opranog deterdžentom **Meri Merino** kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani VP2 i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC)

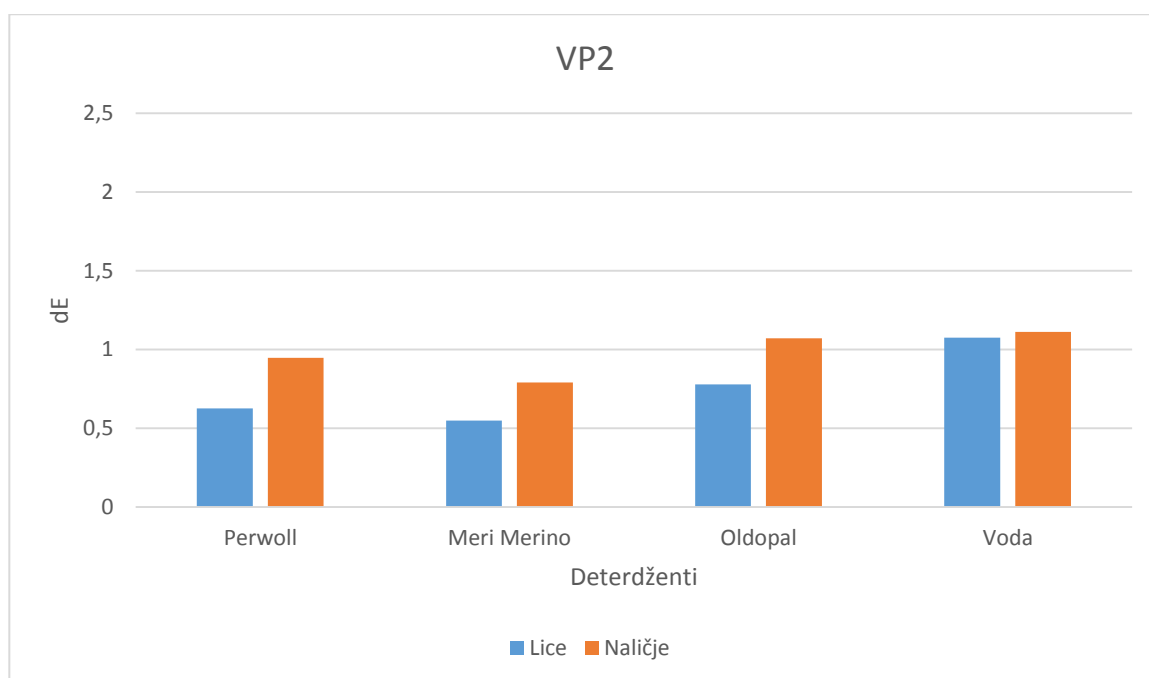
| Položaj mjerenja | Broj mjerenja | dE | dL* | dC* | dH* | ISO | AATCC |
|------------------|---------------------------|-------|--------|-------|--------|-----|-------|
| Lice | 1 | 0.745 | -0.731 | 0.142 | 0.027 | 4-5 | 4-5 |
| | 2 | 0.548 | -0.526 | 0.148 | -0.041 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 0.354 | -0.330 | 0.121 | -0.045 | 5 | 5 |
| | Srednja vrijednost | 0.549 | -0.529 | 0.137 | -0.019 | 4-5 | 4-5 |
| Naličje | 1 | 0.851 | -0.828 | 0.182 | 0.078 | 4-5 | 4-5 |
| | 2 | 0.478 | -0.388 | 0.239 | 0.145 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 1.045 | -1.035 | 0.141 | 0.032 | 4-5 | 4-5 |
| | Srednja vrijednost | 0.791 | -0.750 | 0.187 | 0.085 | 4-5 | 4-5 |

Tablica 28: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja **VP2** opranog deterdžentom **Oldopal** kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani VP2 i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC)

| Položaj mjerenja | Broj mjerenja | dE | dL* | dC* | dH* | ISO | AATCC |
|------------------|---------------------------|-------|--------|-------|--------|-----|-------|
| Lice | 1 | 0.766 | -0.749 | 0.018 | -0.158 | 4-5 | 4-5 |
| | 2 | 0.794 | -0.786 | 0.079 | -0.077 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 0.773 | -0.767 | 0.037 | -0.085 | 4-5 | 4-5 |
| | Srednja vrijednost | 0.778 | -0.767 | 0.045 | -0.107 | 4-5 | 4-5 |
| Naličje | 1 | 1.029 | -1.021 | 0.127 | -0.023 | 4-5 | 4-5 |
| | 2 | 0.973 | -0.947 | 0.090 | 0.206 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 1.215 | -1.212 | 0.088 | 0.021 | 4-5 | 4-5 |
| | Srednja vrijednost | 1.072 | -1.060 | 0.102 | 0.068 | 4-5 | 4-5 |

Tablica 29: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja **VP2** opranog **vodom** kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani VP2 i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC)

| Položaj mjerjenja | Broj mjerjenja | dE | dL* | dC* | dH* | ISO | AATCC |
|-------------------|---------------------------|-------|--------|--------|--------|-----|-------|
| Lice | 1 | 0.985 | -0.978 | -0.063 | -0.102 | 4-5 | 4-5 |
| | 2 | 0.956 | -0.945 | -0.059 | -0.132 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 1.288 | -1.284 | -0.055 | -0.091 | 4 | 4 |
| | Srednja vrijednost | 1.076 | -1.069 | -0.059 | -0.108 | 4 | 4 |
| Naličje | 1 | 1.533 | -1.532 | -0.036 | -0.028 | 4 | 4 |
| | 2 | 0.729 | -0.723 | -0.094 | -0.005 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 1.074 | -1.064 | 0.091 | -0.101 | 4-5 | 4-5 |
| | Srednja vrijednost | 1.112 | -1.106 | -0.013 | 0.045 | 4 | 4 |



Slika 34: Usporedba ukupne razlike u boji (dE) crnog vunenog pletiva (VP2) opranog u tekućim deterdžentima i vodi kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani materijal

Ukupne razlike u boji (dE) crnog vunenog pletiva (VP2) opranog u tekućim deterdžentima i vodi kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani materijal, slika 34 su veće u odnosu na veličinu dE crnog vunenog pletiva (VP1), slika 33. Unutar pojedinih tekućih deterdženata, najmanje promjene u boji materijala VP2 s lica i naličja su nastale pranjem deterdžentom Meri Merino, a najveće pranjem Oldopalom. Analizom stupića na slici 34 je vidljivo da su promjene naličja opranog VP2 svim deterdžentima i vodom veće u odnosu na lice VP2.

Voda ima najveći utjecaj na VP2 u odnosu na deterdžente, što je i očekivano s obzirom da ispitivani deterdženti namijenjeni pranju obojenih tekstilija posjeduju polimer, koji sprečava

migraciju čestica bojila s materijala. Dodatno, deterdženti posjeduju i viši alkalitet u odnosu na vodu, koji u sinergiji s površinski aktivnim tvarima i polimerom djeluje na očuvanje tona boje materijala kao protektor u pranju.

Prikaz razlika spektralnih karakteristika pamučne tkanine plavog tona (PTP) opranog ispitivanim sredstvima je prikazan u tablicama 30-33, pri čemu Perwoll (tablica 30), Meri Merino (tablica 31), Oldopal (tablica 32) i voda (tablica 33). Slika 35 daje usporedbu ukupne razlike u boji (dE) pamučne tkanine plavog tona (PTP) opranog u tekućim deterdžentima i vodi kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani materijal PTP.

Tablica 30: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja **PTP** opranog deterdžentom **Perwoll** kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani PTP i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC)

| Položaj mjerenja | Broj mjerenja | dE | dL* | dC* | dH* | ISO | AATCC |
|------------------|---------------------------|-------|--------|-------|--------|-----|-------|
| Lice | 1 | 0.581 | -0.388 | 0.421 | 0.098 | 4-5 | 4-5 |
| | 2 | 0.558 | -0.481 | 0.272 | 0.079 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 0.741 | -0.612 | 0.409 | 0.090 | 4-5 | 4-5 |
| | Srednja vrijednost | 0.627 | -0.494 | 0.367 | 0.089 | 4-5 | 4-5 |
| Naličje | 1 | 0.544 | 0.279 | 0.459 | -0.038 | 4-5 | 4-5 |
| | 2 | 0.338 | -0.163 | 0.284 | 0.083 | 5 | 5 |
| | 3 | 0.679 | -0.658 | 0.146 | 0.077 | 4-5 | 4-5 |
| | Srednja vrijednost | 0.520 | -0.181 | 0.296 | 0.041 | 5 | 5 |

Tablica 31: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja **PTP** opranog deterdžentom **Meri Merino** kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani PTP i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC)

| Položaj mjerenja | Broj mjerenja | dE | dL* | dC* | dH* | ISO | AATCC |
|------------------|---------------------------|-------|--------|-------|-------|-----|-------|
| Lice | 1 | 0.788 | -0.738 | 0.228 | 0.159 | 4-5 | 4-5 |
| | 2 | 1.190 | -1.166 | 0.203 | 0.127 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 0.413 | -0.222 | 0.323 | 0.133 | 4-5 | 4-5 |
| | Srednja vrijednost | 0.797 | -0.709 | 0.251 | 0.140 | 4-5 | 4-5 |
| Naličje | 1 | 0.389 | -0.270 | 0.271 | 0.070 | 5 | 5 |
| | 2 | 0.453 | -0.401 | 0.159 | 0.079 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 0.353 | -0.053 | 0.348 | 0.011 | 5 | 5 |
| | Srednja vrijednost | 0.398 | -0.241 | 0.260 | 0.053 | 5 | 5 |

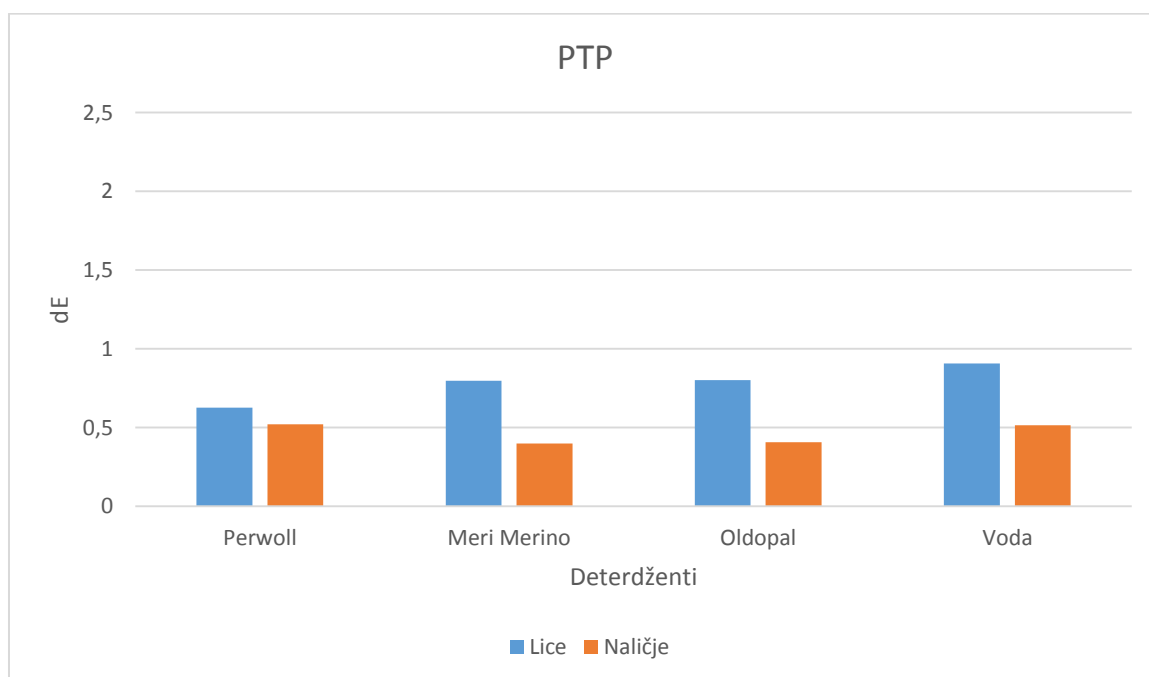
Tablica 32: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja **PTP** opranog deterdžentom **Oldopal** kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani PTP i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC)

| Položaj | Broj | dE | dL* | dC* | dH* | ISO | AATCC |
|---------|------|----|-----|-----|-----|-----|-------|
|---------|------|----|-----|-----|-----|-----|-------|

| mjerenja | mjerenja | | | | | | |
|----------|---------------------------|-------|--------|-------|-------|-----|-----|
| Lice | 1 | 0.728 | -0.557 | 0.445 | 0.148 | 4-5 | 4-5 |
| | 2 | 0.797 | -0.662 | 0.413 | 0.166 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 0.881 | -0.779 | 0.366 | 0.192 | 4-5 | 4-5 |
| | Srednja vrijednost | 0.802 | -0.666 | 0.408 | 0.506 | 4-5 | 4-5 |
| Naličje | 1 | 0.417 | -0.050 | 0.413 | 0.027 | 4-5 | 4-5 |
| | 2 | 0.485 | -0.397 | 0.276 | 0.040 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 0.322 | -0.247 | 0.199 | 0.057 | 5 | 5 |
| | Srednja vrijednost | 0.408 | -0.231 | 0.296 | 0.041 | 5 | 5 |

Tablica 33: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja **PTP** opranog vodom kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani PTP i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC)

| Položaj mjerenja | Broj mjerenja | dE | dL* | dC* | dH* | ISO | AATCC |
|------------------|---------------------------|-------|--------|-------|--------|-----|-------|
| Lice | 1 | 1.054 | -1.014 | 0.208 | 0.198 | 4-5 | 4-5 |
| | 2 | 0.749 | -0.697 | 0.225 | 0.154 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 0.920 | -0.881 | 0.213 | 0.158 | 4-5 | 4-5 |
| | Srednja vrijednost | 0.908 | -0.864 | 0.215 | 0.170 | 4-5 | 4-5 |
| Naličje | 1 | 0.561 | -0.533 | 0.160 | 0.071 | 4-5 | 4-5 |
| | 2 | 0.306 | -0.189 | 0.225 | 0.086 | 5 | 5 |
| | 3 | 0.675 | 0.598 | 0.312 | -0.024 | 4-5 | 4-5 |
| | Srednja vrijednost | 0.514 | 0.440 | 0.232 | 0.044 | 5 | 5 |



Slika 35: Usporedba ukupne razlike u boji (dE) plave pamučne tkanine (PTP) oprane u tekućim deterdžentima i vodi kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani materijal

Utjecaj sastava kupelji na ukupnu razliku u boji plave pamučne tkanine, PTP, prikazan na slici 35 je različit u odnosu na prethodno prikazane promjene materijala VP1 i VP2. Najbolja zaštita plavog tona lica i naličja pamučne tkanine je postignuta u pranju deterdžentom Perwoll, a gotovo istovjetan stupanj zaštite tona PTP je postignut u pranju deterdžentima Meri Merino i Oldopal. Za razliku od materijala VP1 i VP2 promjene na materijalu PTP su veće na licu nego na naličju. Kao i u prethodnim materijalima najveći utjecaj na promjenu ukupne razlike u boji ima voda. Ovaj podatak ukazuje da postojanost plavog obojenja pamučne tkanine nije dostatna jer dolazi do migracije čestica bojila u vodi.

Prikaz razlika spektralnih karakteristika crvene tkanine mješavine lan/svila (MLS) oprane ispitivanim sredstvima je prikazan u tablicama 34 - 37, pri čemu Perwoll (tablica 34), Meri Merino (tablica 35), Oldopal (tablica 36) i voda (tablica 37). Slika 36 daje usporedbu ukupne razlike u boji (dE) crvene tkanine mješavine lan/svila (MLS) oprane u tekućim deterdžentima i vodi kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani materijal MLS.

Tablica 34: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja **MLS** opranog deterdžentom **Perwoll** kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani MLS i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC)

| Položaj mjerenja | Broj mjerenja | dE | dL* | dC* | dH* | ISO | AATCC |
|------------------|---------------------------|-------|--------|--------|--------|-----|-------|
| Lice | 1 | 1.315 | 0.774 | 0.926 | -0.523 | 4-5 | 4 |
| | 2 | 0.698 | -0.039 | 0.256 | -0.649 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 0.780 | 0.132 | 0.556 | -0.531 | 4-5 | 4-5 |
| | Srednja vrijednost | 0.931 | 0.289 | 0.579 | -0.568 | 4-5 | 4 |
| Naličje | 1 | 2.137 | -1.949 | -0.448 | -0.755 | 4 | 3-4 |
| | 2 | 1.737 | -1.512 | -0.310 | -0.796 | 4 | 4 |
| | 3 | 1.628 | -1.356 | -0.402 | -0.807 | 4 | 4 |
| | Srednja vrijednost | 1.834 | -1.606 | -0.387 | -0.786 | 4 | 4 |

Tablica 35: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja **MLS** opranog deterdžentom **Meri Merino** kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani MLS i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC)

| Položaj mjerenja | Broj mjerenja | dE | dL* | dC* | dH* | ISO | AATCC |
|------------------|---------------|-------|-------|-------|--------|-----|-------|
| Lice | 1 | 1.331 | 0.631 | 0.633 | -0.986 | 4-5 | 4 |
| | 2 | 1.046 | 0.257 | 0.434 | -0.917 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 1.088 | 0.490 | 0.492 | -0.838 | 4-5 | 4-5 |

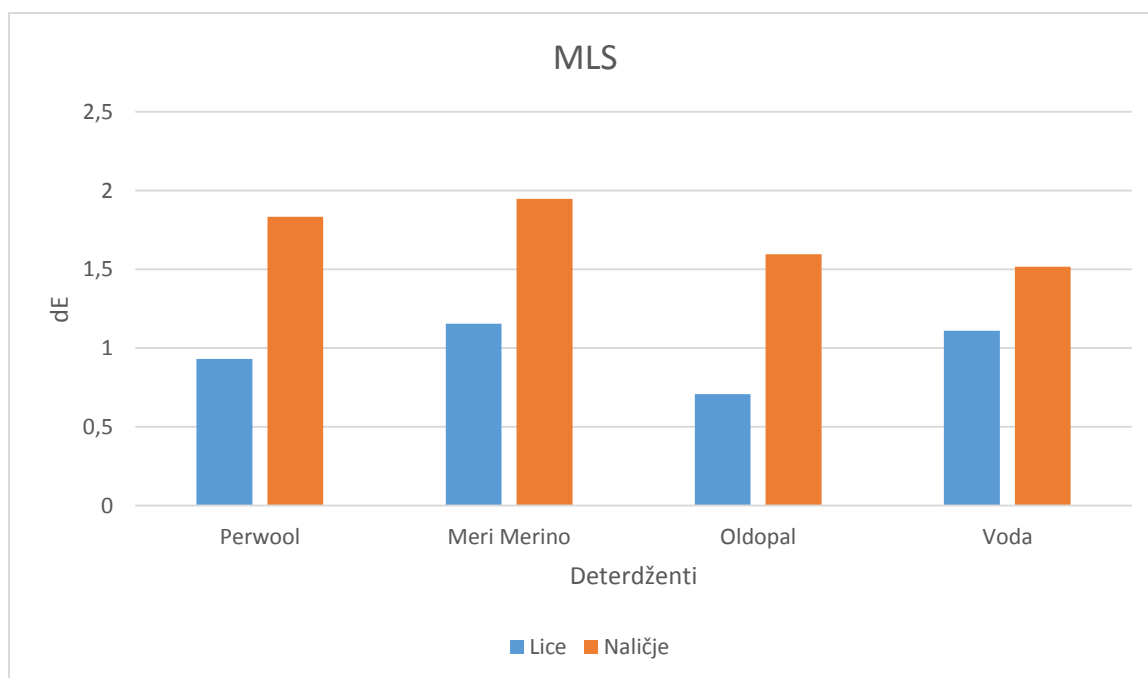
| | | | | | | | |
|---------|---------------------------|-------|--------|--------|--------|-----|---|
| | Srednja vrijednost | 1.155 | 0.459 | 0.520 | -0.914 | 4-5 | 4 |
| Naličje | 1 | 1.870 | -1.344 | -0.433 | -1.226 | 4 | 4 |
| | 2 | 2.038 | -1.637 | -0.503 | -1.105 | 4 | 4 |
| | 3 | 1.935 | -1.508 | -0.348 | -1.162 | 4 | 4 |
| | Srednja vrijednost | 1.948 | -1.496 | -0.428 | -1.164 | 4 | 4 |

Tablica 36: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja **MLS** opranog deterđžentom **Oldopal** kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani MLS i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC)

| Položaj mjerenja | Broj mjerenja | dE | dL* | dC* | dH* | ISO | AATCC |
|------------------|---------------------------|-------|--------|--------|--------|-----|-------|
| Lice | 1 | 0.656 | -0.065 | 0.572 | -0.314 | 4-5 | 4-5 |
| | 2 | 0.690 | -0.259 | 0.553 | -0.322 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 0.779 | -0.078 | 0.748 | -0.201 | 4-5 | 4-5 |
| | Srednja vrijednost | 0.708 | -0.134 | 0.624 | -0.279 | 4-5 | 4-5 |
| Naličje | 1 | 1.564 | -1.499 | -0.229 | -0.385 | 4 | 4 |
| | 2 | 1.684 | -1.616 | 0.422 | -0.215 | 4 | 4 |
| | 3 | 1.537 | -1.460 | 0.075 | -0.475 | 4 | 4 |
| | Srednja vrijednost | 1.595 | -1.525 | 0.089 | -0.358 | 4 | 4 |

Tablica 37: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja **MLS** opranog **vodom** kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani MLS i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC)

| Položaj mjerenja | Broj mjerenja | dE | dL* | dC* | dH* | ISO | AATCC |
|------------------|---------------------------|-------|--------|-------|--------|-----|-------|
| Lice | 1 | 1.239 | 0.129 | 1.226 | -0.118 | 4-5 | 4-5 |
| | 2 | 1.075 | 0.160 | 1.055 | -0.129 | 4-5 | 4-5 |
| | 3 | 1.019 | -0.299 | 0.968 | -0.117 | 4-5 | 4-5 |
| | Srednja vrijednost | 1.111 | -0.003 | 1.083 | -0.121 | 4-5 | 4-5 |
| Naličje | 1 | 1.521 | -1.447 | 0.172 | -0.437 | 4 | 4 |
| | 2 | 1.288 | -1.153 | 0.401 | -0.410 | 4-5 | 4 |
| | 3 | 1.743 | -1.670 | 0.430 | -0.257 | 4 | 4 |
| | Srednja vrijednost | 1.517 | -1.423 | 0.334 | -0.368 | 4 | 4 |



Slika 36: Usporedba ukupne razlike u boji (dE) crvene tkanine mješavine lan/svila (MLS) opranog u tekućim deterdžentima i vodi kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani materijal

Usporedba ukupne razlike u boji (dE) crvene tkanine u mješavini lan/svila (MLS) oprane u tekućim deterdžentima i vodi kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani materijal MLS je prikazana na slici 36. Nastale promjene materijala MLS u pranju svim sredstvima su gotovo dvostruko veće u odnosu na materijale VP1, VP2 i PTP. Razlog tome može biti „egzotična“ mješavina lan/svila kao i crveni ton boje MLS tkanine. Za pretpostaviti je da je za bojadisanje ove mješavine korišteno kiselo bojilo, koje iziskuje neutralan ili blago kiseli medij kupelji za pranje. Unutar serije ispitivanih deterdženata najmanji utjecaj na promjene spektralnih karakteristika ima deterdžent Oldopal, koji u primijenjenoj koncentraciji ima najniži alkalitet, pH 7.8. Osim najniže pH vrijednosti ovaj deterdžent sadrži polivinilpirolidon, PVP, koji je poznat kao polimer - protektor tonova boje kao i povećan udio neionske površinski aktivne tvari u odnosu na anionsku površinski aktivnu tvar. Ovaj rezultat je usklađen s teorijskim spoznajama o sinergiji polimera s neionski površinski aktivnim tvarima.

Tablica 38: Razlike u spektralnim karakteristikama lica tekstilnih materijala opranih sredstvima za pranje kroz 10 ciklusa u odnosu na neprane tekstilne materijale

| Uzorak | Karakteristike | Perwool | Meri | Oldopal | Voda |
|--------|----------------|---------|--------|---------|--------|
| VP1 | dE | 0.350 | 0.293 | 0.420 | 0.740 |
| | dL* | -0.195 | 0.081 | -0.161 | -0.701 |
| | dC* | 0.166 | 0.141 | 0.087 | 0.091 |
| | dH* | -0.237 | -0.167 | -0.154 | -0.198 |
| VP2 | dE | 0.626 | 0.549 | 0.778 | 1.076 |
| | dL* | -0.616 | -0.529 | -0.767 | -1.069 |
| | dC* | 0.089 | 0.137 | 0.045 | -0.059 |

| | | | | | |
|-----|-----|--------|--------|--------|--------|
| | dH* | -0.042 | -0.019 | -0.107 | -0.108 |
| PTP | dE | 0.627 | 0.797 | 0.802 | 0.908 |
| | dL* | -0.494 | -0.709 | -0.666 | -0.864 |
| | dC* | 0.367 | 0.251 | 0.408 | 0.215 |
| | dH* | 0.089 | 0.140 | 0.506 | 0.170 |
| MLS | dE | 0.931 | 1.155 | 0.708 | 1.111 |
| | dL* | 0.289 | 0.459 | -0.134 | -0.003 |
| | dC* | 0.579 | 0.520 | 0.624 | 1.083 |
| | dH* | -0.568 | -0.914 | -0.279 | -0.121 |

Tablica 39: Razlike u spektralnim karakteristikama naličja tekstilnih materijala opranih sredstvima za pranje kroz 10 ciklusa u odnosu na neprane tekstilne materijale

| Uzorak | Karakteristike | Perwoll | Meri | Oldopal | Voda |
|--------|----------------|---------|--------|---------|--------|
| VP1 | dE | 0.762 | 0.396 | 0.284 | 0.576 |
| | dL* | -0.724 | -0.353 | -0.223 | -0.532 |
| | dC* | 0.096 | 0.104 | 0.051 | 0.051 |
| | dH* | -0.154 | -0.132 | -0.145 | -0.207 |
| VP2 | dE | 0.948 | 0.791 | 1.072 | 1.112 |
| | dL* | -0.942 | -0.750 | -1.060 | -1.106 |
| | dC* | 0.099 | 0.187 | 0.102 | -0.013 |
| | dH* | 0.006 | 0.085 | 0.068 | 0.045 |
| PTP | dE | 0.520 | 0.398 | 0.408 | 0.514 |
| | dL* | -0.181 | -0.241 | -0.231 | 0.440 |
| | dC* | 0.296 | 0.260 | 0.296 | 0.232 |
| | dH* | 0.041 | 0.053 | 0.041 | 0.044 |
| MLS | dE | 1.834 | 1.948 | 1.595 | 1.517 |
| | dL* | -1.606 | -1.496 | -1.525 | -1.423 |
| | dC* | -0.387 | -0.428 | 0.089 | 0.334 |
| | dH* | -0.786 | -1.164 | -0.358 | -0.368 |

Tablica 40: Ocjene postojanosti (ISO, AATCC) obojenja lica tekstilnih materijala opranih sredstvima za pranje kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani tekstilni materijal

| Lice | ISO ocjena promjene obojenja opranih uzoraka u odnosu na neoprane | | | |
|--------|---|------|---------|------|
| Uzorak | Perwoll | Meri | Oldopal | Voda |
| VP1 | 5 | 5 | 4-5 | 4-5 |
| VP2 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4 |
| PTP | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| MLS | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |

Tablica 41: Ocjene postojanosti (ISO, AATCC) obojenja naličja tekstilnih materijala opranih sredstvima za pranje kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani tekstilni materijal

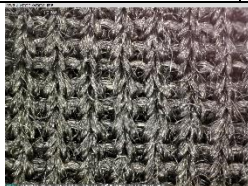


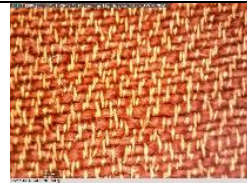


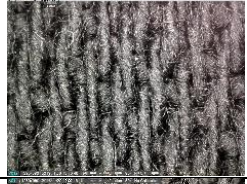
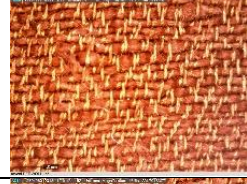




| Naličje | ISO ocjena promjene obojenja opranih uzoraka u odnosu na neoprane | | | |
|---------|---|------|---------|------|
| Uzorak | Perwoll | Meri | Oldopal | Voda |
| VP1 | 4-5 | 5 | 5 | 4-5 |
| VP2 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4 |
| PTP | 4-5 | 5 | 4-5 | 4-5 |
| MLS | 4 | 4 | 4 | 4 |



Ocjene postojanosti (ISO, AATCC) obojenja ispitivanih materijala (VP1, VP2, PTP i MLS) s lica i naličja na pranje pri 30 °C prikazane su u tablicama 40 i 41. Ocjene postojanosti svih materijala opranih u vodi ukazuju da postojanost obojenja u mokrom nije izvrsna, što pokazuje da u procesu bojadisanja ispitivanih materijala nije u potpunosti fiksirano bojilo. Usporedba prikazanih ocjena ne daje značajnije razlike unutar serije ispitivanih deterdženata, što implicira da ovaj kriterij unutar provedenih ispitivanja nije u potpunosti prikladan kao kriterij ukupne razlike u boji (dE) za komparativnu ocjenu sredstava za pranje - praćenje utjecaja sastava kupelji tekućih deterdženata na promjenu tona tekstilnih materijala.

4.5. Površina uzoraka materijala snimljena digitalnim mikroskopom

Poznato je da se svojstva tekstilija mijenjaju u pranju, a intenzitet promjena ovisi o brojnim čimbenicima koji se vežu za konstrukcijske karakteristike tekstilija, njihov sirovinski sastav, stupanj oplemenjivanja i uvjete pranja definirane Sinnerovim krugom. U ovom radu je načinjena karakterizacija površine materijala, koja se gotovo redovito mijenja u njezi, a intenzitet promjena je vezan za prethodno spomenute čimbenike. Površina ispitivanih materijala (lice i naličje) prije i nakon 10 ciklusa pranja je analizirana digitalnim mikroskopom, pri čemu su korištena dva povećanja: 50x i 200x, tablice 42 - 45.

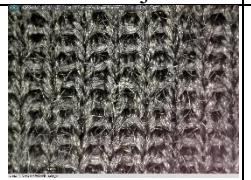
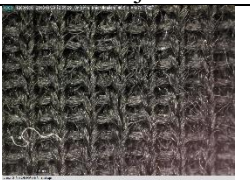


















Tablica 42: Mikroskopske slike površine tekstilnih materijala (lice) prije i nakon 10 ciklusa pranja uz povećanje 50X

| | Povećanje: 50x | | | |
|------------|---|---|--|---|
| Deterdžent | VP1 - lice | VP2 - lice | PTP - lice | MLS - lice |
| Neprani |  |  |  |  |
| Perwoll |  |  |  |  |
| Meri |  |  |  |  |

| | | | | |
|---------|---|---|--|---|
| Oldopal |  |  |  |  |
| Voda |  |  |  |  |


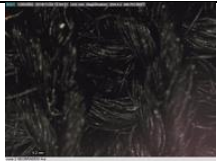

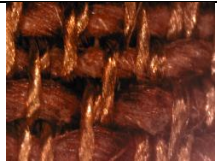




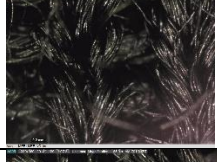

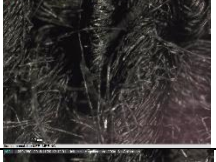
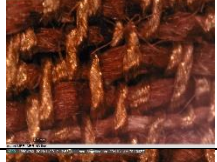

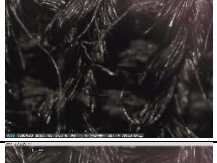






Mikroskopske slike površine tekstilnih materijala (**lice**) prije i nakon 10 ciklusa pranja uz povećanje 50x prikazane u tablici 42 ne pokazuju značajno velike promjene površine materijala opranih sredstvima za pranje (Perwoll, Meri Merino, Oldopal), ali se ipak na licu uočavaju stršeća vlakanca, a posebno nakon 10 ciklusa pranja vodom. Unutar ispitivane serije tekstilnih materijala najveća razlika se može vidjeti na VP1 i PTP. Rozlog tome može biti deblja struktura, koju potvrđuje i veća površinska masa ovih materijala.

Tablica 43: Mikroskopske slike površine tekstilnih materijala (**naličje**) prije i nakon 10 ciklusa pranja uz povećanje 50X



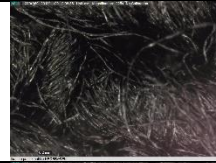


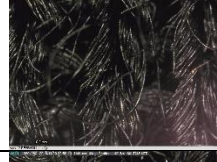

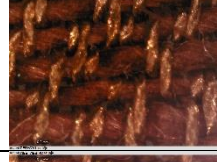




| | Povećanje: 50x | | | |
|------------|---|---|--|---|
| Deterdžent | VP1 - naličje | VP2 - naličje | PTP - naličje | MLS - naličje |
| Neprani |  |  |  |  |
| Perwoll |  |  |  |  |
| Meri |  |  |  |  |
| Oldopal |  |  |  |  |
| Voda |  |  |  |  |

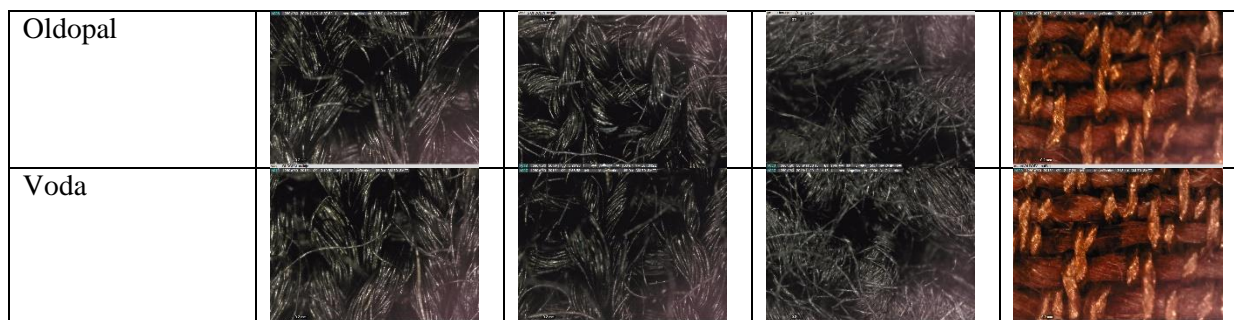
Mikroskopske analize naličja ispitivanih tkanina (VP1, VP2, PTP i MLS) prikazane u tablici 43 ukazuju na nešto veći stupanj promjene, posebice kod VP1 i PTP u odnosu na lice opranih materijala.

Tablica 44: Mikroskopske slike površine tekstilnih materijala (lice) prije i nakon 10 ciklusa pranja uz povećanje 200X

| | Povećanje: 200x | | | |
|------------|---|---|--|---|
| Deterdžent | VP1 - lice | VP2 - lice | PTP - lice | MLS - lice |
| Neprani |  |  |  |  |
| Perwoll |  |  |  |  |
| Meri |  |  |  |  |
| Oldopal |  |  |  |  |
| Voda |  |  |  |  |

Tablica 45: Mikroskopske slike površine tekstilnih materijala (naličje) prije i nakon 10 ciklusa pranja uz povećanje 200X

| | Povećanje: 200x | | | |
|------------|---|---|--|---|
| Deterdžent | VP1 - naličje | VP2 - naličje | PTP - naličje | MLS - naličje |
| Neprani |  |  |  |  |
| Perwoll |  |  |  |  |
| Meri |  |  |  |  |



Mikroskopske analize površine lica i naličja opranih materijala snimljene uz povećanje 200x jasnije pokazuju utjecaj 10 ciklusa pranja tekućim sredstvima na stanje površine, tablica 44 i 45. Najmanja razlika u površini materijala (lice/naličje) nakon 10 ciklusa pranja svim sredstvima je nastala na tkanini MLS. Razlog tome može biti izrazito fina pređa (svila), kao i visoka gustoća, posebice osnovinih niti pređe (72 niti/cm) u odnosu na tkaninu PTP koja je izrađena od grube pređe, te pletiva VP1 i VP2 koje karakterizira znatno manja gustoća.

4.6. Analiza vodenog ekstrakta

4.6.1. pH vodenog ekstrakta materijala

Kontrola ispiranja i neutralizacije je važan kriterij u kontroli kvalitete procesa pranja, pri čemu je važno odrediti pH vrijednost opranog rublja. Ukoliko je rublje nedovoljno isprano i neutralizirano, može doći do iritacija tijekom nošenja. Organske kiseline, octena, mravlja i limunska [3, 15, 16], najčešće se koriste u posljednjem postupku ispiranja s ciljem podešavanja pH vrijednosti rublja. Preporuka prema sustavu RAL-GZ 992 je da pH opranog rublja treba biti u granicama od 6,5 do 8,3 [15, 17, 18]. Iz rezultata pH vrijednosti otopina tekućih deterdženata i vode u tablici 13 je potvrđeno da najviši pH ima otopina deterdženta Perwoll. Deterdžent Meri Merino ima nižu pH vrijednost (pH 8.2) od Perwolla (pH 9), a deterdžent Oldopal ima najnižu pH vrijednost, pH 7.8, dok voda ima pH 7.0. U tablicama 46 – 49 su prikazane pH vrijednosti vodenog ekstrakta ispitivanih materijala nakon 10 ciklusa pranja u otopinama deterdženata i u vodi.

Tablica 46: Rezultati pH vodenog ekstrakta za **VP1**

| Materijal | Sredstvo | pH | T (°C) |
|-----------|-------------|-----|--------|
| VP1 | Perwoll | 7.2 | 22.2 |
| | Meri Merino | 8.2 | |
| | Oldopal | 7.2 | |
| | Voda | 8.5 | |
| Voda | - | 7.0 | 22.2 |

U tablici 46 je vidljivo da otapalo za analizu vodenog ekstrakta, tvrda voda ima pH 7.0. Usporedba pH vrijednosti vodenog ekstrakta pletiva VP1 nakon 10 ciklusa pranja sredstvima u tablici 46 potvrđuje različite pH vrijednosti vodenog ekstrakta materijala VP1. Najvišu pH vrijednost (pH 8.5) ima VP1 opran u vodi. Ova vrijednost je visoka s obzirom na činjenicu da je materijal kroz 10 ciklusa tretiran u vodi, a da i dalje ispušta alkalne supstance, najvjerojatnije bojilo. Vodeni ekstrakt VP1 nakon pranja Perwollom i Oldopalom ima podjednaku pH vrijednost, pH 7.2. Ova vrijednost koja je za 0.2 pH jedinice viša od pH vode ukazuje da je postupak ispiranja potpun. Visok pH ima vodeni ekstrakt VP1 nakon pranja deterdžentom Meri Merino, što ukazuje da 4 ciklusa ispiranja nisu dostatna za neutralizaciju zaostalih alkalija na VP1.

Tablica 47: Rezultati pH vodenog ekstrakta za **VP2**

| Materijal | Sredstvo | pH | T (°C) |
|-----------|-------------|-----|--------|
| VP2 | Perwoll | 7.3 | 22.2 |
| | Meri Merino | 7.4 | |
| | Oldopal | 7.4 | |
| | Voda | 8.6 | |
| Voda | - | 7.0 | 22.2 |

Analiza vodenog ekstrakta VP2 nakon 10 ciklusa pranja deterdžentima Perwoll, Meri Merino i Oldopl je potvrdila gotovo istie vrijednosti (pH 7.3 i pH 7.4), dok je pH vodenog ekstrakta VP2 opranog u vodi alkaln (pH 8.6), tablica 47. Na temelju usporedbe ovih rezultata i rezultata u tablici 46 se može zaključiti da je VP2 znatno bolje ispran nego VP1. S obzirom da je proces pranja i ispiranja materijala VP1 i VP2 potpuno jednak, ova razlika se može tumačiti konstrukcijom pletiva i razlikom u površinskim masama (VP1-285.4 g/m²; VP2 – 195.7 g/m²).

Tablica 48: Rezultati pH vodenog ekstrakta za **PTP**

| Materijal | Sredstvo | pH | T (°C) |
|-----------|-------------|-----|--------|
| PTP | Perwoll | 9.3 | 22.2 |
| | Meri Merino | 8.8 | |
| | Oldopal | 9.4 | |
| | Voda | 9.1 | |
| Voda | - | 7.0 | 22.2 |

Vodeni ekstrakti PTP nakon 10 ciklusa pranja svim sredstavima za pranje prikazani u tablici 48 ukazuju na slab učinak ispiranja zaostalih alkalija. Međutim, pH vodenog ekstrakta PTP opranog u vodi ukazuje na moguću migraciju ili alkalne rezidue nepoznatog podrijetla koje su prisutne u materijalu PTP. Njegova površinska masa je također visoka i iznosi 228.8 g/m², što može biti dodatan razlog teškoćama u ispiranju PTP.

Tablica 49: Rezultati pH vodenog ekstrakta za MLS

| Materijal | Sredstvo | pH | T (°C) |
|-----------|-------------|-----|--------|
| MLS | Perwoll | 8.0 | 22.2 |
| | Meri Merino | 7.7 | |
| | Oldopal | 8.3 | |
| | Voda | 8.4 | |
| Voda | - | 7.0 | 22.2 |

Rezultati pH vodenog ekstrakta tkanine MLS prikazani u tablici 49 se razlikuju od prethodno opisanih pH vrijednosti VP1, VP2 i PTP. Najpovoljniji pH vodenog ekstrakta tkanine MLS je dobiven na uzorku opranom deterdžentom Meri Merino (pH 7.7). Ostale pH vrijednosti vodenog ekstrakta MLS opranog s Perwollom (pH 8.0), Oldopalom (pH 8.3) i vodom (8.4) potvrđuju alkalni ekstrakt i nedostatan učinak ispiranja.

4.6.2. Obojenost vodenog ekstrakta

Vizualno je ocijenjena obojenost kupelji, neposredno nakon ulaganja neopranih materijala VP1, VP2, PTP i MLS u tikvicu i nakon obrade mućkanjem tijekom 1 h, slike 37 i 38.



Slika 37: Materijali u tikvicama prije mućkanja u vodi



1

2

3

4

Slika 38: Vodeni ekstrakt i materijala nakon mućkanja u vodi: 1. VP1; 2. VP2; 3. PTP; 4. MLS

Tablica 50: Obojenost vodenog ekstrakta nakon obrade materijala određene mase u 100 ml vode

| Materijal | Masa [g] | Obojenost | Ton boje |
|-----------|----------|-----------|-----------|
| VP1 | 5.01188 | - | - |
| VP2 | 5.01257 | - | - |
| PTP | 5.00615 | + | žućkast |
| MLS | 5.00845 | + | crvenkast |

U tablici 50 su prikazane karakteristike vodenog ekstrakta neopranih VP1, VP2, PTP i MLS: obojenost i ton boje. Rezultati pokazuju da su vodeni ekstrakti tkanina PTP i MLS obojeni, dok su od VP1 i VP2 neobojeni. Ton boje vodenog ekstrakta PTP je žućkast, dok je ton boje MLS crvenkast, što je i očekivano s obzirom na crveni ton boje ovog uzoraka. U skladu s dobivenim rezultatima se može potvrditi da bojila nisu u potpunosti fiksirana i da se može u pranju očekivati njihova migracija kao i sposobnost ugrađenih polimera da to spriječe.

4.6.3. Obojenost kupelji – postupak pranja

Obojenost kupelji nakon pojedinačno provedenog (1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9. i 10.) pranja tekstilnih materijala tekućim deterdžentima i vodom unutar serije od 10 ciklusa je također vizualno ocijenjena, a rezultati su prikazani u tablici 51.

Tablica 51: Rezultati obojenosti kupelji nakon pojedinačno provedenih ciklusa pranja

| Sredstvo | Uzorak | Ciklusi pranja | | | | | | | | | |
|-------------|--------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Perwoll | VP1 | | | | | | | | | | |
| | VP2 | | | | | | | | | | |
| | PTP | Smeđa | Smeđa | Smeđa | Siva | | | | | | |
| | MLS | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena |
| Meri Merino | VP1 | | | | | | | | | | |
| | VP2 | | | | | | | | | | |
| | PTP | Smeđa | Smeđa | Smeđa | Siva | | | | | | |
| | MLS | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena |
| Oldopal | VP1 | | | | | | | | | | |
| | VP2 | | | | | | | | | | |
| | PTP | Smeđa | Smeđa | Smeđa | Smeđa | Smeđa | Smeđa | Smeđa | Smeđa | | |
| | MLS | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena | Crvena |
| Voda | VP1 | | | | | | | | | | |
| | VP2 | | | | | | | | | | |
| | PTP | Smeđa | Smeđa | Smeđa | Smeđa | Smeđa | Smeđa | Smeđa | Smeđa | Smeđa | |
| | MLS | | | | | | | | | | |

Pregledom rezultata koji se odnose na procjenu obojenosti kupelji nakon pojedinačno provedenih pranja se vide razlike između pojedinih sredstava, a koji se odnose na pojedine vrste materijala.

Kupelj nakon pranja pletiva crnog tona VP1 i VP2 svim sredstvima od 1. do 10. pojedinačnog ciklusa nije obojena, što pokazuje da nema migracije bojila s pletiva. Obojenje je postojano zahvaljujući kvaliteti tehnološki provedenog procesa bojadisanja, u ovom slučaju pređe od koje su kasnije načinjena pletiva. Analizom rezultata je razvidno da su kupelji nakon pranja tkanine PTP svim sredstvima obojene, iako unutar pojedinih sredstava i broja ciklusa postoje razlike. Perwoll i Meri Merino su utjecale na migraciju bojila kroz 4 ciklusa, a nakon 5. ciklusa kupelj od pranja ovim sredstvima je bila bezbojna. Kupelj od pranja PTP tkanine sredstvom Oldopal i vodom je bila obojena. Kupelj od pranja PTP Oldopalom je bila smeđkasto obojena kroz 8 ciklusa, a nakon pranja vodom nakon 9 ciklusa. S obzirom na ovo stanje se može zaključiti da tamno plava boja PTP tkanine nije fiksirana u tehnološkom postupku bojadisanja.

Kupelj od pranja mješavine lan/svila (MLS) u pranju svim deterdžentima je bila obojena, pri čemu je ton boje MLS vizualno ocijenjen kao crvenkast, Perwollom (nakon 1. – 8. ciklusa), Meri Merinom (nakon 1. – 8. ciklusa) i Oldopalom (nakon 1. – 9. ciklusa), a kupelj nakon pranja vodom je ocijenjena kao bezbojna. Unatoč sastavu formulacija deterdženata, obrazloženje za obojenost kupelji može biti njihov alkalitet, koji je mogao utjecati na migraciju bojila u pranju, dok voda nije utjecala na migraciju bojila u pranju. Poznato je da je za pranje svilenih tekstilija povoljniji niži pH.

4.6.4. Rezultati određivanja sadržaja anionskih i neionskih površinski aktivnih tvari u vodenom ekstraktu

Nakon višestrukih ciklusa pranja i ispiranja je potrebno provesti analizu prisutnih organskih rezidua na opranom tekstilu – površinski aktivnih tvari, od kojih se s obzirom na sastav deterdženata najčešće obuhvaćaju anionske i neionske površinski aktivne tvari. Granične vrijednosti površinski aktivnih tvari na tekstilu nakon višestrukih ciklusa pranja i ispiranja propisuje kontrolni sustav RAL-GZ 992 [18]. Granična vrijednost za neionske površinski aktivne tvari iznosi 400 µg/g, a za anionske površinski aktivne tvari 200 µg/g.

S obzirom na temu diplomskog rada koja ima zadatak ispitati utjecaj sastav kupelji na odabrane materijale, ispitan je sadržaj neionske i anionske površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu materijala opranog sredstvima za pranje, tablica 52 - 54.

Neionski površinski aktivna tvar

Tablica 52: Sadržaj neionski površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu materijala opranog Perwollom

| Perwoll | V _{NATPB} [ml] | U [mV] | [$\mu\text{g/g}$] |
|---------------------|-------------------------|--------|---------------------|
| VP1 | 4.413 | -56 | 223.3 |
| VP2 | - | - | - |
| PTP | - | - | - |
| MLS | - | - | - |
| Granična vrijednost | 400.0 $\mu\text{g/g}$ | | |

Vodeni ekstrakt vunenog pletiva VP1 nakon pranja Perwollom je sadržavao 223.3 $\mu\text{g/g}$ neionske površinski aktivne tvari, tablica 52. Ova količina nije zanemariva, ali je ipak ispod granične vrijednosti, 400.0 $\mu\text{g/g}$. Vodeni ekstrakt ostalih materijala VP2, PTP i MLS nije sadržavao neionski površinski aktivne tvari.

Tablica 53: Sadržaj neionski površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu materijala opranog Meri Merinom

| Meri Merino | V _{NATPB} [ml] | U [mV] | [$\mu\text{g/g}$] |
|---------------------|-------------------------|--------|---------------------|
| VP1 | 2.163 | 8 | 111.1 |
| VP2 | 0.575 | -298 | 31.8 |
| PTP | - | - | - |
| MLS | - | - | - |
| Granična vrijednost | 400.0 $\mu\text{g/g}$ | | |

Vodeni ekstrakt vunenog pletiva VP1 nakon pranja Meri Merinom je sadržavao 111.1 $\mu\text{g/g}$ neionske površinski aktivne tvari, što je gotovo dvostruko manje od VP1 nakon pranja s Perwollom, tablica 53. Vodeni ekstrakt VP2 opranog Meri Merinom je također sadržavao nisku količinu od 31.8 $\mu\text{g/g}$. Ove količine nisu zanemarive, ali je ipak ispod granične vrijednosti, 400.0 $\mu\text{g/g}$. Vodeni ekstrakt tkanina PTP i MLS nije sadržavao neionski površinski aktivne tvari.

Tablica 54: Sadržaj neionski površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu materijala opranog Oldopalom

| Oldopal | V _{NATPB} [ml] | U [mV] | [$\mu\text{g/g}$] |
|---------------------|-------------------------|--------|---------------------|
| VP1 | - | - | - |
| VP2 | - | - | - |
| PTP | - | - | - |
| MLS | - | - | - |
| Granična vrijednost | 400.0 $\mu\text{g/g}$ | | |

Vodeni ekstrakt materijala VP1, VP2, PTP i MLS nakon pranja Oldopalom nije sadržavao neionski površinski aktivne tvari. Unatoč činjenici da Oldopal sadrži znatno viši udio neionski površinski aktivne tvari u odnosu na Perwoll i Meri Merino, učinak ispiranja je izvrstan.

Anionski površinski aktivna tvar

Tablica 55: Sadržaj anionski površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu materijala opranog Perwollom

| Perwoll | v _{Hyamine} [ml] | U [mV] | [μg/g] |
|---------------------|---------------------------|--------|--------|
| VP1 | 1.548 | 195 | 385.8 |
| VP2 | 1.350 | 185 | 336.4 |
| PTP | 0.410 | 174 | 102.1 |
| MLS | 1.698 | 217 | 423.5 |
| Granična vrijednost | 200.0 μg/g | | |

Vodeni ekstrakt materijala VP1, VP2, PTP i MLS nakon pranja Perwollom je sadržavao anionski površinski aktivne tvari, tablica 55. Količine su različite na svim materijalima, a redoslijed slijedi niz:

$$\text{MLS} > \text{VP1} > \text{VP2} > \text{PTP}.$$

Vodeni ekstrakt MLS opranog Perwollom sadrži 423.5 μg/g, što je više od granične vrijednosti 400 μg/g.

Tablica 56: Sadržaj anionski površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu materijala opranog Meri Merinom

| Meri Merino | v _{Hyamine} [ml] | U [mV] | [μg/g] |
|---------------------|---------------------------|--------|--------|
| VP1 | 2.463 | 206 | 614.0 |
| VP2 | 2.304 | 200 | 574.3 |
| PTP | 0.925 | 217 | 187.8 |
| MLS | 1.347 | 141 | 335.9 |
| Granična vrijednost | 200.0 μg/g | | |

Vodeni ekstrakt materijala VP1, VP2, PTP i MLS nakon pranja Meri Merinom je sadržavao anionski površinski aktivne tvari, tablica 56. Količine su različite na svim materijalima, a redoslijed slijedi niz:

$$\text{VP1} > \text{VP2} > \text{MLS} > \text{PTP}.$$

Vodeni ekstrakt VP1 i VP2 opranog Meri Merinom sadrži visoke količine anionski površinski aktivne tvari, od čega VP1 614.0 μg/g, a VP2 574.3 μg/g, što je znatno više od granične vrijednosti 400 μg/g. Meri Merino je imao najveći sadržaj PAT, te je stoga za očekivati više vrijednosti u odnosu na Perwoll i Oldopal. U svakom slučaju ovako povišena količina anionske površinski aktivne tvari iziskuje dodatne cikluse ispiranja.

Tablica 57: Sadržaj anionski površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu materijala opranog Oldopalom

| Oldopal | V Hyamine [ml] | U [mV] | [$\mu\text{g/g}$] |
|---------------------|-----------------------|--------|---------------------|
| VP1 | 0.597 | 227 | 148.65 |
| VP2 | 0.614 | 220 | 152.87 |
| PTP | 0.268 | 213 | 66.67 |
| MLS | 0.723 | 234 | 180.20 |
| Granična vrijednost | 200.0 $\mu\text{g/g}$ | | |

Vodeni ekstrakt materijala VP1, VP2, PTP i MLS nakon pranja Oldopalom je također sadržavao anionski površinski aktivne tvari, tablica 57. Količine su različite na svim materijalima, a redoslijed slijedi niz:

$$\text{MLS} > \text{VP1} > \text{VP2} > \text{PTP}.$$

Vodeni ekstrakti svih materijala opranih Oldopalom sadrže količine anionski površinski aktivne tvari ispod granične vrijednosti 400 $\mu\text{g/g}$. Razlog bolje kvalitete vodenog ekstrakta može biti povećan udio neionski površinski aktivne tvari u Oldopalu, koji je poboljšao učinak ispiranja anionski površinski aktivne tvari u odnosu na Perwoll i Meri Merino.

5. ZAKLJUČCI

U ovom diplomskom radu je istražen utjecaj sastava kupelji za pranje na svojstva osjetljivih tekstilija kroz varijaciju sirovinskog sastava tekstilija i kupelji. Tekstilni materijali su obuhvatili dva vunena pletiva crnog tona boje (VP1 i VP2), plavu pamučnu tkaninu (PTP) i crvenu tkaninu od mješavine lana i svile (MLS). Varijacija kupelji je načinjena kroz izbor četiri sredstva za pranje: tri tekuća deterdženta za pranje osjetljivog rublja (Perwoll, Meri Merino i Oldopal) i vodu. Analizirani deterdženti u preporučenim koncentracijama su primijenjeni u pranju na 30 °C kroz 10 ciklusa.

Provedena analiza deterdženata je ukazala na razlike u nekim svojstvima deterdženata:

pH otopine deterdženta:

Perwoll (pH 9.0) > Meri Merino (pH 8.2) > Oldopal (7.8) > Voda (pH 7.0).

Udio ukupne površinski aktivne tvari:

Meri Merino (24.14 %) > Oldopal (16.06 %) > Perwoll (12.30 %).

Ukupna razlika u boji (dE) opranih materijala u odnosu na neprani je parametar na temelju kojeg je također moguće načiniti razliku unutar ispitivane serije tekućih deterdženata kroz 10 ciklusa pranja na 30 °C.

| Materijal | Perwoll | Meri Merino | Oldopal | Voda |
|-----------|---------|-------------|---------|------|
| VP1 | 2° | 1° | 3° | 4° |
| VP2 | 2° | 1° | 3° | 4° |
| PTP | 1° | 2° | 3° | 4° |
| MLS | 2° | 4° | 1° | 3° |

1° - najpovoljnija opcija; 4° - najnepovoljnija opcija

Usporedba ocjena postojanosti obojenja ne daje značajnije razlike unutar serije ispitivanih deterdženata, što implicira da ovaj kriterij nije u potpunosti prihvatljiv za postavljeni koncept istraživanja sekundarnog učinka u pranju - komparativnu ocjenu sredstava za pranje.

Sadržaj neionske i anionske površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu materijala opranih sredstvima za pranje kroz 10 ciklusa je različit.

Sadržaj neionske površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu svih materijala je ispod granične vrijednosti prema sustavu kvalitete RAL-GZ 992.

| | |
|---------------------|---|
| Tekstilni materijal | Neionska površinski aktivna tvar [µg/g] |
|---------------------|---|

| | Perwoll | Meri Merino | Oldopal |
|---------------------|--------------|-------------|---------|
| VP1 | 223.3 | 111.1 | - |
| VP2 | - | 31.8 | - |
| PTP | - | - | - |
| MLS | - | - | - |
| Granična vrijednost | 400.0 [µg/g] | | |

Sadržaj anionske površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu je ovisan o vrsti materijala i sredstvu za pranje, a kod većine materijala prelazi graničnu vrijednost prema sustavu kvalitete RAL-GZ 992.

| Tekstilni materijal | Anionska površinski aktivna tvar [µg/g] | | |
|---------------------|---|-------------|---------|
| | Perwoll | Meri Merino | Oldopal |
| VP1 | 385.8 | 614.0 | 148.65 |
| VP2 | 336.4 | 574.3 | 152.87 |
| PTP | 102.1 | 187.8 | 66.67 |
| MLS | 423.5 | 335.9 | 180.20 |
| Granična vrijednost | 200.0 [µg/g] | | |

Prema ovom kriteriju najbolje sredstvo za sve materijale je Oldopal. Sadržaj anionske površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu VP1, VP2 i MLS opranim Perwollom i Meri Merinom je znatno viši od granične vrijednosti, dok je koncentracija anionske površinski aktivne tvari u PTP ekstraktu nakon pranja svim sredstvima ispod granične vrijednosti.

Zaključno, ovi rezultati se odnose isključivo na primijenjene tekstilne materijale i korištene uzorke deterdženata u navedenim uvjetima pranja i ne mogu biti osnova za kategorizaciju proizvoda iz brendova Perwoll, Meri Merino i Oldopal u odnosu na ostale komercijalno dostupne, koji nisu korišteni u ovoj analizi.

6. LITERATURA

- [1] Šoštar-Turk, S., Fijan, S.: Nega tekstilij in oblačil, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor 2000.
- [2] Dostupno na: <http://www.cidlines.com/en-INT/circle-sinner-optimal-results>, pristupljeno 20.06.2019.
- [3] Soljačić, I., T. Pušić: Njega tekstila – Čišćenje u vodenom mediju, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, 2005.
- [4] Calvimontes, A., M. Stamm, V. Dutschk: Effect of cellulase enzyme on cellulose nanotopography, Book of Proceedings 44th International Detergency Conference, Düsseldorf, 2009, dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/277326499_IDC_Dusseldorf_ACalvimontes
- [5] Stehr, R.: Re-new The Step to Intensive Colors, Book of Proceedings 46 International Detergency Confence, Düsseldorf, 2013, 62-77
- [6] Schwuger, M.J., W.von Rybinski: Zadržavanje prelaženja bojila u pranju tekstila, Tekstil 51 (2002.) 12, 561-569
- [7] Dostupno na:
https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/51602?lang=en®ion=HR&cm_sp=Insite--prodRecCold_xviews--prodRecCold3-3
- [8] Dostupno na: <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/m9140>
- [9] Dostupno na: <https://de.wikipedia.org/wiki/Benzopurpurin>
- [10] Smulders E.: Laundry Detergents, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim 2002.
- [11] T. Crutcher et al: Novel Color Wash Fastness – Polymer Science for Color Maintenance in Laundry Detergents, 62 SEPAWA Congress, and European Detergent Conference, October 14-16 2015, Fulda, Germany
- [12] A. Lange i sur.: Mrlje od polikvaternih spojeva u proizvodima za njegu, Mrlje od polikvaternih spojeva u proizvodima za njegu, Tekstil 64 (2015.), 7-8, 269-271
- [13] Anonimus: Whiteness Protection & Anti-Color Transfer Technology, Detergo 67 (2019) 2, 35
- [14] ASTM E1347 – 06 Standard Test Method for Color and Color-Difference Measurement by Tristimulus Colorimetry, (2015)

[15] I. Soljačić, T. Pušić: Utjecaj neutralizacije i sušenja na učinke pranja, Tekstil 57 (2008) 8, 414-417

[16] HRN ISO 3071: Reakcija vodenog ekstrakta T. Pušić, I. Soljačić: Kontrola kvalitete pranja prema RAL-GZ 992, Tekstil 57 (2008) 6, 296-302

[17] T. Pušić i sur: Tehnološka unapređenja u industrijskim praonicama rublja, Godišnjak Akademije tehničkih znanosti Hrvatske 2016., Zagreb, 2017., 279-289

[18] RAL-GZ 992: Sachegemäße Waschepflege Gütezeichnung RAL-GZ 992 [Proper Linen Care, Quality Assurance RAL-GZ 992]. RAL, Deutsches Institut für Gütezeichnung und Kennzeichnung e. V., Sankt Augustin 2001.

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1: Način vezivanja prljavština na tekstilno vlakno: a) na površini; b) u šupljinama vlakna; c) u međuprostorima; d) između niti [1]..... | 2 |
| Slika 2: Djelovanje površinski aktivne tvari na uklanjanje prljavštine [1]..... | 3 |
| Slika 3: Sinnerov krug pranja [2] | 3 |
| Slika 4: Strujanje vode pokreće veliku česticu; <i>d</i> -udaljenost od površine vlakna; <i>u</i> -jakost strujanja [3] | 4 |
| Slika 5: Natrijeva karboksimetilceluloza (Na -CMC) | 8 |
| Slika 6: Prikaz uklanjanja prljavštine sa supstrata..... | 9 |
| Slika 7: Specijalni polimeri, SRP | 9 |
| Slika 8: Utjecaj različite koncentracije celulaze na mikro-strukturu pamučne pređe [4]..... | 10 |
| Slika 9: Osvježenje tona boje u pranju | 11 |
| Slika 10: Tekući <i>color</i> deterdženti | 11 |
| Slika 11: Mehanizmi očuvanja tona boje: a) pasivna zaštita; b) celulaze - aktivna zaštita [5] | 12 |
| Slika 12: Shematski prikaz moguće ugradnje molekula bojila u okrugle micelle [3] | 13 |
| Slika 13: Struktura bojila Sudan Red G | 13 |
| Slika 14: Polivinilpirolidon, PVP | 14 |
| Slika 15: Metilen plavo [8]..... | 15 |
| Slika 16: Benzopurpurin 4B [9] | 15 |
| Slika 17: Adsorpcija bojila na zeolit A [6]..... | 15 |
| Slika 18: Remisija svjetla s bijele tkanine oprane u istoj kupelji s pamukom obojadicama C.I. Direct Red 95; uvjeti pokusa: tvrdoća vode 0 °DH, temperatura pranja: 90 °C, vrijeme pranja: 15 min, omjer obojadisane prema bijeloj tkanini: 1:1, koncentracija natrijevog dodecilsulfata (NLS): 0,5 g/l, koncentracija natrijevog trifosfata (NTF): 3 g/l, koncentracija polivinilpirolidona (PVP): 0,3 g/l, koncentracija “zeolita A”: 0,5g/l [10] | 16 |
| Slika 19: Polymer 100 | 17 |
| Slika 20: Indeks zadržavanja boje (a/L) [11] | 17 |
| Slika 21: Usporedba deterdženta na bazi neionskih površinski aktivnih tvari bez i uz dodatak Polymera100 [11] | 18 |
| Slika 22: Trend povećanja inhibicije prijelaza obojenja u ovisnosti o koncentraciji Polimera 100 u kupelji za pranje deterdžentom na bazi neionskih površinski aktivnih tvari [11] | 18 |
| Slika 23: Dijagram pranja..... | 23 |
| Slika 24: Uređaj za obradu uzoraka Turbomat, P 4502, Mathis, Švicarska: a. izgled; b. unutarnji dio | 23 |
| Slika 25: pH metar, Metrel | 23 |
| Slika 26: Spektrofotometar SPECTRAFLASH SF 300 | 25 |
| Slika 27: Shema spektrofotometra Spectraflash SF, tt. Datacolor | 26 |
| Slika 28: Dino - Lite | 27 |
| Slika 29: Mješalica, Heidolph i upute za rad..... | 28 |

| | |
|---|----|
| Slika 30: Auto-titrator | 29 |
| Slika 31: Kalibracijska krivulja otopine Tritona X-100 | 31 |
| Slika 32: Kalibracijska krivulja otopine NLS-a | 33 |
| Slika 33: Usporedba ukupne razlike u boji (dE) crnog vunenog pletiva (VP1) opranog u tekućim deterdžentima i vodi kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani materijal | 40 |
| Slika 34: Usporedba ukupne razlike u boji (dE) crnog vunenog pletiva (VP2) opranog u tekućim deterdžentima i vodi kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani materijal | 42 |
| Slika 35: Usporedba ukupne razlike u boji (dE) plave pamučne tkanine (PTP) oprane u tekućim deterdžentima i vodi kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani materijal | 45 |
| Slika 36: Usporedba ukupne razlike u boji (dE) crvene tkanine mješavine lan/svila (MLS) opranog u tekućim deterdžentima i vodi kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani materijal..... | 47 |
| Slika 37: Materijali u tikvicama prije mućkanja u vodi | 54 |
| Slika 38: Vodeni ekstrakt i materijala nakon mućkanja u vodi: 1. VP1; 2. VP2; 3. PTP; 4. MLS | 55 |

POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 1: Solubilizacija (S) bojila Sudan Red G u dodecylpoliglikol eterima pri temperaturi 30°C.... | 13 |
| Tablica 2: Legenda oznaka materijala | 19 |
| Tablica 3: Karakteristike materijala | 19 |
| Tablica 4: Masa uzoraka priređenih za pranje u kupeljima navedenih sredstava..... | 19 |
| Tablica 5: Legenda oznaka sredstava za pranje..... | 20 |
| Tablica 6: Preporučeno doziranje deterdženta Perwoll u pranju 2 – 3 kg rublja na 20 °C do 60 °C | 20 |
| Tablica 7: Preporučeno doziranje deterdženta Meri Merino u pranju 2 – 5 kg rublja na temperaturi 30 °C do 60 °C | 21 |
| Tablica 8: Sastav deterdženta Oldopal L..... | 21 |
| Tablica 9: Preporučeno doziranje deterdženta Oldopal za pranje na temperaturi 30 °C do 60 °C..... | 22 |
| Tablica 10: Uvjeti kalibracije i mjerenja | 26 |
| Tablica 11: Podaci za izradu kalibracijske krivulje Tritona X-100..... | 30 |
| Tablica 12: Podaci za izradu kalibracijske krivulje NLS-a | 32 |
| Tablica 13: Određivanje pH vrijednosti otopine deterdženta..... | 34 |
| Tablica 14: Maseni udio površinsko aktivne tvari u deterdžentu Perwoll..... | 35 |
| Tablica 15: Maseni udio površinsko aktivne tvari u deterdžentu Perwoll nakon korekcije | 35 |
| Tablica 16: Maseni udio površinsko aktivne tvari u deterdžentu Oldopal L..... | 35 |
| Tablica 17: Maseni udio površinsko aktivne tvari u deterdžentu Oldopal L nakon korekcije | 36 |
| Tablica 18: Maseni udio površinsko aktivne tvari u deterdžentu Meri Merino | 36 |
| Tablica 19: Maseni udio površinsko aktivne tvari u deterdžentu Meri Merino nakon korekcije..... | 36 |
| Tablica 20: Prosječne vrijednosti PAT ispitivanih deterdženata prije i nakon korekcije..... | 36 |
| Tablica 21: Hidrofilnost izgled kapi na vunanim pletivima VP1 i VP2 prije i nakon 10 ciklusa pranja u kupeljima sredstava | 37 |
| Tablica 22: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja VP1 opranog deterdžentom Perwoll kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani VP1 i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC) | 38 |
| Tablica 23: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja VP1 opranog deterdžentom Meri Merino kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani VP1 i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC) | 38 |
| Tablica 24: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja VP1 opranog deterdžentom Oldopal kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani VP1 i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC) | 39 |
| Tablica 25: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja VP1 opranog vodom kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani VP1 i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC)..... | 39 |
| Tablica 26: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja VP2 opranog deterdžentom Perwoll kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani VP2 i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC) | 41 |
| Tablica 27: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja VP2 opranog deterdžentom Meri Merino kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani VP2 i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC) | 41 |

| | |
|--|----|
| Tablica 28: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja VP2 opranog deterdžentom Oldopal kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani VP2 i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC) | 41 |
| Tablica 29: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja VP2 opranog vodom..... | 42 |
| kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani VP2 i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC) | 42 |
| Tablica 30: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja PTP opranog deterdžentom Perwoll kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani PTP i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC) | 43 |
| Tablica 31: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja PTP opranog deterdžentom Meri Merino kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani PTP i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC)..... | 43 |
| Tablica 32: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja PTP opranog deterdžentom Oldopal kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani PTP i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC) | 43 |
| Tablica 33: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja PTP opranog vodom kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani PTP i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC)..... | 44 |
| Tablica 34: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja MLS opranog deterdžentom Perwoll kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani MLS i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC) | 45 |
| Tablica 35: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja MLS opranog deterdžentom Meri Merino kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani MLS i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC) | 45 |
| Tablica 36: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja MLS opranog deterdžentom Oldopal kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani MLS i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC) | 46 |
| Tablica 37: Razlike u spektralnim karakteristikama lica i naličja MLS opranog vodom | 46 |
| kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani MLS i ocjena postojanosti obojenja (ISO, AATCC) | 46 |
| Tablica 38: Razlike u spektralnim karakteristikama lica tekstilnih materijala opranih sredstvima za pranje kroz 10 ciklusa u odnosu na neprane tekstilne materijale | 47 |
| Tablica 39: Razlike u spektralnim karakteristikama naličja tekstilnih materijala opranih sredstvima za pranje kroz 10 ciklusa u odnosu na neprane tekstilne materijale | 48 |
| Tablica 40: Ocjene postojanosti (ISO, AATCC) obojenja lica tekstilnih materijala opranih sredstvima za pranje kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani tekstilni materijal..... | 48 |
| Tablica 41: Ocjene postojanosti (ISO, AATCC) obojenja naličja tekstilnih materijala opranih sredstvima za pranje kroz 10 ciklusa u odnosu na neprani tekstilni materijal..... | 48 |
| Tablica 42: Mikroskopske slike površine tekstilnih materijala (lice) prije i nakon 10 ciklusa pranja uz povećanje 50X..... | 49 |
| Tablica 43: Mikroskopske slike površine tekstilnih materijala (naličje) prije i nakon 10 ciklusa pranja uz povećanje 50X | 50 |
| Tablica 44: Mikroskopske slike površine tekstilnih materijala (lice) prije i nakon 10 ciklusa pranja uz povećanje 200X..... | 51 |
| Tablica 45: Mikroskopske slike površine tekstilnih materijala (naličje) prije i nakon 10 ciklusa pranja uz povećanje 200X | 51 |
| Tablica 46: Rezultati pH vodenog ekstrakta za VP1..... | 52 |

| | |
|---|----|
| Tablica 47: Rezultati pH vodenog ekstrakta za VP2..... | 53 |
| Tablica 48: Rezultati pH vodenog ekstrakta za PTP..... | 53 |
| Tablica 49: Rezultati pH vodenog ekstrakta za MLS..... | 54 |
| Tablica 50: Obojenost vodenog ekstrakta nakon obrade materijala određene mase u 100 ml vode | 55 |
| Tablica 51: Rezultati obojenosti kupelji nakon pojedinačno provedenih ciklusa pranja | 55 |
| Tablica 52: Sadržaj neionski površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu materijala opranog Perwollom | 57 |
| Tablica 53: Sadržaj neionski površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu materijala opranog Meri Merinom..... | 57 |
| Tablica 54: Sadržaj neionski površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu materijala opranog Oldopalom..... | 57 |
| Tablica 55: Sadržaj anionski površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu materijala opranog Perwollom | 58 |
| Tablica 56: Sadržaj anionski površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu materijala opranog Meri Merinom..... | 58 |
| Tablica 57: Sadržaj anionski površinski aktivne tvari u vodenom ekstraktu materijala opranog Oldopalom..... | 59 |