

## Promjene sorpcijskih svojstava uslijed višestrukih procesa pranja

Ivana Čorak<sup>1</sup>, mag. ing. techn. text.

Izv. prof. dr. sc. Anita Tarbuk<sup>1</sup>, dipl. ing.

Josip Marković<sup>1,2</sup>, mag. ing. techn. text.

Katia Grgić<sup>1</sup>, dipl. ing.

<sup>1</sup>Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet  
Zagreb, Hrvatska

<sup>2</sup>„DM Tekstil krojački obrt” Ozalj, Hrvatska

e-pošta: [anita.tarbuk@tf.unizg.hr](mailto:anita.tarbuk@tf.unizg.hr)

Prispjelo: 30. 6. 2021.

UDK 677.016:677.017.632  
Izvorni znanstveni rad

*Istražene su promjene sorpcijskih svojstava bijele pamučne tkanine koja se koristi u bolničkom okružju za posteljno rublje. U tu svrhu, komercijalna pamučna tkanina podvrgnuta je višestrukim ciklusima pranja u industrijskoj perilici Wascator FOM71 CLS (Electrolux) prema HRN EN ISO 15797:2018. Postupak „pranja bijelog i osjetljivog obojenog materijala – peroksioteno bijeljenje“ provedeno je na 75 °C uz standardni deterdžent s optičkim bjelilom (WFK 88060-A1) uz dodatak Proxitane 523, peroksiotenu kiselinu – mješavina 5 % octene kiseline i 20 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, kao bjelila uzastopno do 15.-og ciklusa. Na uzorcima tkanina prije i nakon 1., 5., 10. i 15. ciklusa pranja određen je kontaktni kut na goniometru DSA30S tvrtke KRÜSS. Istražena su sorpcijska svojstva prema normiranim metodama: upijanjem kapi prema AATCC TM 79-2018; mjerenjem brzine porasta stupca vode u vertikalno i horizontalno položen uzorak prema AATCC TM 197-2018 i AATCC TM 198-2020 te je ispitana sposobnost upravljanja vlagom prema AATCC TM 195-2017 na uređaju Moisture Management Tester (MMT), tvrtke SDL Atlas. Promjene sorpcijskih svojstava analizirane su uz promjenu mehaničkih svojstava. Pokazalo se da višestrukim ciklusima pranja dolazi do skidanja dorade što omogućava veće bubrenje, ali i do trošenja (oštećenja) tkanine, pa je iz oba navedena razloga pamučna tkanina pokazala veću apsorptivnost. Postignuti rezultati ukazuju na mogućnost primjene odabrane tkanine u bolničkom okružju.*

**Ključne riječi:** pranje, sorpcijska svojstva, kontaktni kut, sposobnost upravljanja vlagom

### 1. Uvod

Jedna od najvažnijih sirovina za izradu tekstilija je pamuk, odnosno pamučno vlakno koje ima najveću i najširu upotrebu u raznim područjima, a između ostalog i za bolnički tekstil [1].

Tekstilije se podvrgavaju višestrukim ciklusima pranja. Pranje je kompleksni postupak uklanjanja nečistoća i zaprljanja u vodenom mediju čiji je učinak rezultat mehaničkog rada, kemije, temperature i vremena (tzv. Sinnerov krug) [2].

U postupku pranja sudjeluje pet elemenata: perilica ili stroj za industrijsko pranje (tip perlice, program i mehanika pranja), tekstilija (sirovinski sastav, dimenzije, karakteristike pređe, obojenje, tisak), voda (tvrdoća, sadržaj teških metala, količina), sredstvo

za pranje ili deterdžent (aktivne, organske i anorganske komponente) te vrsta i stupanj prljavštine. Za tekstil je osim estetike vrlo važna i higijena tekstilije zbog čega je potrebno paziti na sastav deterdženta, sredstva za bijeljenje i dezinfekciju uz odgovarajuću temperaturu. Ukoliko ne dođe do pravilne dezinfekcije tekstilije koja na sebi sadrži brojne nečistoće i mikroorganizme, one mogu postati prijenosnici infekcija [2-7].

Najvažniju ulogu u procesu pranja ima voda jer služi kao otapalo za vodotopljive nečistoće i sastojke deterdženta te za dispergiranje netopljivih sastojaka deterdženta i netopljivih nečistoća. Pokretanjem vode koje je uzrokovano mehaničkim i toplinskim utjecajem dolazi do odvajanja čestica nečistoće koje otpadnu u kupelj. Također, povišenjem temperature dolazi do boljeg učinka pranja iako previsoke temperature mogu imati i suprotan učinak. Radi toga temperaturu treba odabrati u skladu s vrstom tekstilija i zaprljanja, uzimajući u obzir energetska učinkovitost. Vrijeme i mehanika također postižu bolje učinke što su dulji odnosno veći, međutim i kod njih postoje određena ograničenja te je potrebno optimizirati proces [2, 8-12].

Brojne komponente u sastavu deterdženta djeluju sinergijski u procesu pranja. Najčešća sredstva za kemijsko bijeljenje u formulacijama deterdženata su perborat i perkarbonat, a u novije vrijeme u industrijski proces se dodaje peroctena kiselina. Peroxiocetna ili peroctena kiselina, PAA, je sredstvo za kemijsko bijeljenje te dezinfekcijsko sredstvo s baktericidnim, fungicidnim, virucidnim i sporicidnim učinkom, a dobiva se iz octene kiseline i vodikova peroksida. Prilikom reakcije s obojenim tvarima nastaju bezbojni epoksidi [6].

Aktivna tvar za bijeljenje je peracetatni anion. Raspad PAA

ubrzavaju vrijednost pH viša od 9 i visoka temperatura pa se stoga bijeli pri vrijednosti pH < 8. U kiselom je PAA stabilna i jako sporo se raspada, no neka istraživanja su pokazala da se može bijeliti pri vrijednosti pH 5-6 uz kratko vrijeme kako ne bi došlo do kiselinskog oštećenja. Prednost PAA u odnosu na vodikov peroksid je niža vrijednost pH (pH 7-8) i temperatura na 60 °C (40-80 °C). PAA se tijekom procesa pranja razgrađuje na kisik i octenu kiselinu koji neutraliziraju kupelj za pranje te su potpuno biorazgradivi. Ekološki je najpovoljnija te ne oštećuje pamučna vlakna, ali je relativno skupa zbog čega se u industriji upotrebljava u malim količinama [2-14].

U sastavu deterdženta se nalaze i optička bjelila koja u procesu pranja povećavaju bjelinu izgublenu tijekom pranja i uporabe te prikrivaju sivi ton koji nastaje prljavštinom čestica prljavštine sa zaprljanih mjesta na čista mjesta za vrijeme procesa pranja [2, 15-17].

Višestrukim ciklusima pranja dolazi do promjene sorpcijskih svojstava tekstilija. Prolaz vlage kroz tekstiliju odvija se u obliku pare i u kapljevitom obliku. Kapljevita vlaga se prenosi kroz tekstiliju kvašenjem i prodorom kapljevine u tankom sloju kroz tekstiliju, dok se vodena para prenosi: apsorpcijom, desorpcijom, difuzijom, prolazom kroz slojeve tekstilije, prisilnom konvekcijom, migracijom duž površine vlakana te prolazom kroz slojeve tekstilije. Kvašenje površine može se opisati kontaktnim kutom ( $\theta$ ), tj. kutom kvašenja do kojeg dolazi kada se molekule kapljevine adhezijski vežu na krutu površinu, ali ne reagiraju u dodiru s njom. Kut tvori tangenta kapi s površinom materijala. Svojstva transporta kapljevite vlage u više dimenzija, koja se naziva svojstvima upravljanja vlagom, značajno utječu na ljudsku percepciju osjećaja vlage. Uređaj za ispitivanje sposobnosti upravljanja

vlagom (engl. *Moisture Management Tester*, MMT) razvijen je za procjenu svojstava upravljanja vlagom kroz tekstil. Primjenjuje se za kvantitativno mjerenje prijenosa kapljevine u jednom koraku u tekstiliji u više smjerova, gdje se kapljevita vlaga širi na obje površine tekstilije i prenosi s jedne strane površine na drugu [18-24]. Hidrofobnost ili hidrofilnost tekstilija može se kvalitativno i kvantitativno odrediti, primjerice ispitivanjem upijanja kapi, mjerenjem porasta stupca vode u horizontalno ili vertikalno položen uzorak tekstila. Uređaj za ispitivanje sposobnosti upravljanja vlagom i gonioetar su instrumenti za mjerenje sorpcijskih svojstava tekstilije, primjerice brzine širenja vlage i kontaktnog kuta [18]. U ovom radu različitim metodama je ispitana promjena sorpcijskih svojstava bijele pamučne tkanine koja se koristi u bolničkom okruženju nakon višestrukih ciklusa pranja.

## 2. Materijal i metode

### 2.1. Materijal

U ovom radu je korištena optički bijeljena sanforizirana pamučna tkanina u platno vezu namijenjena za bolničko posteljno rublje tvrtke „DM Tekstil krojački obrt“ Ozalj. Svojstva tkanine deklarirana od strane dobavljača navedena su u tab.1.

### 2.2. Postupak pranja

Bijela pamučna tkanina podvrgnuta je višestrukim ciklusima pranja u industrijskoj perilici, Wascator FOM71 CLS prema HRN EN ISO 15797:2018 *Tekstil – Postupci industrijskog pranja i oplemenjivanja za ispitivanje radne odjeće* (ISO 15797:2017). Postupak pranja bijelog postelnog rublja – peroksiocetno bijeljenje (engl. *Washing procedures for white workwear and/or sensitive coloured trimmings – Peracetic*

**Tab.1** Deklarirana svojstva bijele tkanine od strane dobavljača

Naziv artikla:	Sanforizirano vez platno
Zemlja podrijetla:	Pakistan
Sirovinski sastav:	100 % pamuk
Boja:	Bijela
Vez:	Platno
Površinska masa, kondicionirano [g/m <sup>2</sup> ]:	176
Finoća pređe [tex; Nm]:	Osnova: 35 tex x 1; Nm 29/1 Potka: 35 tex x 1; Nm 29/1
Gustoća [niti/cm]:	Osnova: 24,5 Potka: 21,5
Prekidna sila [N]:	Osnova: 641 Potka: 549
Prekidno istezanje [%]:	Osnova: 13,5 Potka: 22,3
Dimenzijske promjene pri pranju na 95 °C:	Nakon 1. pranja Po dužini: -3,5 %; Po širini: -0,5 %;
	Nakon 5. pranja Po dužini: -5,0 %; Po širini: -0,5 %;

**Tab.2** Sastav deterdženta prema ISO 15797:2002 (6.1.1.)

Sastojak	Maseni udio [%]
Na-dodecylbensulfonat (anionski tenzid)	0,425
Neionski tenzid (C13/15 7EO)	6,0
Natrijev citrat dihidrat (bilder)	5,0
Na-hidroksietandifosfonat, HEDP-Na (bilder i inhibitor korozije)	1,0
Metasilikat bezvodni	42,3
Polimer (polimaleinska kiselina), nosilac prljavštine	2,0
Regulator pjene (ester fosfatne kiseline)	3,0
Soli (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ), punila	39,5
Optičko bjelilo	0,3
Ostali dodaci: miris, voda	0,475
	100

*acid bleach*) provedeno je standardnim deterdžentom s optičkim bjelilom (WFK 88060-A1) uz dodatak Proxitane 523, Ivero, (peroksiotene kiseline – mješavine 5 % octene kiseline i 20 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), kao bjelila na temperaturi od 75 °C. Sastav deterdženta naveden je u tab.2.

Provedeno je 15 ciklusa pranja bijele pamučne tkanine; mase su podešene sukladno normi. Između ciklusa pranja, tkanine su sušene na zraku. Postupak pranja prikazan je u tab.3.

### 2.3. Metode ispitivanja

Mjerne metode korištene za ispitivanje sorpcijskih svojstava prije i nakon 15 ciklusa pranja bijele

pamučne tkanine za posteljno rublje su:

- Upijanje kapi prema AATCC TM 79-2018, tzv. *drop test* (engl. *Absorbency of Textiles*);
- Mjerenje brzine porasta stupca vode u vertikalno položen uzorak prema AATCC TM 197-2018 (engl. *Vertical Wicking of Textiles*);
- Mjerenje brzine prodora vode u horizontalno položen uzorak prema AATCC TM 198-2020 (engl. *Horizontal Wicking of Textiles*);
- Ispitivanje sposobnosti upravljanja vlagom prema AATCC TM 195-2017 (engl. *Liquid Moisture Management Properties of Textile Fabrics*) na uređaju Moisture Management

**Tab.3** Postupak pranja bijelih i/ili obojenih osjetljivih tekstilija – Perocteno bjelilo prema ISO 15797:2002

	Pamuk
Omjer punjenja	1:12
Pokretanje u kupelji	normalno
Omjer kupelji	1:4
Deterdženti i aditivi	4 g/l deterdženta 2 g/l PAA
Temperatura	75 ± 2 °C
Vrijeme gl. pranja	20 min
Hlađenje	ne
Ispust	1 min
Cijedenje 100 o/min	1 min
Omjer kupelji	1:5
Vrijeme ispiranja 1	3 min
Ispust	1 min
Cijedenje 100 o/min	1 min
Omjer kupelji	1:5
Vrijeme ispiranja 2	3 min
Ispust	1 min
Cijedenje 100 o/min	1 min
Omjer kupelji	1:5
Vrijeme ispiranja 3	3 min
Ispust	1 min
Završno cijedenje 350 o/min	6 min

Tester M290 (MMT), tvrtke SDL Atlas;

- Određivanje kontaktnog kuta na goniometru DSA30S tvrtke KRÜSS.

**Upijanje kapi** (AATCC TM 79-2018) je mjerna metoda prema kojoj je mjereno vrijeme upijanja kapi destilirane vode u pamučnu tkaninu. Jedna kap destilirane vode pušta se iz birete koja je 10 mm udaljena od pamučne tkanine veličine 200 x 200 mm koja je napeta ispod birete. Puštenu kap potrebno je promatrati te mjeriti vrijeme kapi 60 s. Ukoliko se kap odmah upije, vrijeme upijanja je 0 s, a ukoliko je vrijeme upijanja duže od 60 s, rezultat se bilježi kao „60+ s“. Mjerenje je potrebno ponoviti na 5 mjesta te srednju vrijednost uzeti kao rezultat.

**Mjerenje brzine porasta stupca vode u vertikalno položen uzorak** izmjereno je prema AATCC TM 197-2018. Tri uzorka dimenzija 165 x 25 mm izrezana su po

osnovi te su označena na način da se prva linija povuče na 5 mm visine, druga na 20 mm iznad nje, a treća na 150 mm iznad nje. U Petrijevu zdjelicu u koju uranjamo uzorak potrebno je uliti destiliranu vodu te uzorak spustiti u nju na način da 5 mm uzorka bude urošnjeno u destiliranu vodu. Zaporni sat se pokreće čim je uzorak uroñjen te se prati porast stupca vode. Mjerenje je završeno ukoliko u 5 min stupac vode ne dosegne 20 mm ili ako u 30 min ne dosegne 150 mm. Nakon 30 min zapisuje se vrijeme i visina vodenog stupca.

**Mjerenje brzine prodora vode u horizontalno položen uzorak** izmjereno je prema AATCC TM 198-2020. Uzorak veličine 200 x 200 mm se zategne pomoću prstena i položi na veliku staklenu čašu 2 l. Prethodno se na sredini uzorka nacrtava krug promjera 100 mm. Uzorak se položi ispod birete na udaljenosti od 10 mm od površine uzorka. Iz birete se ispusti 1 ml destilirane vode te se prati migracija na tekstilu. Ispitivanje treba završiti ukoliko voda prestane migrirati i ne dosegne krug za 5 min. U tom slučaju se zapisuje vrijeme i udaljenost koju je voda dosegla na uzorku. Ukoliko voda dosegne krug prije isteka vremena, zapisuje se navedeno vrijeme. Potrebno je izvršiti 5 mjerenja, a rezultat se iskazuje kao srednja vrijednost.

**Ispitivanje sposobnosti upravljanja vlagom** izvršeno je prema AATCC TM 195-2017 na MMT uređaju. Ova metoda ispitivanja namijenjena je mjerenju, vrednovanju i klasifikaciji svojstava upravljanja kapljevatom vlagom ispitivane tekstilije. Rezultati dobiveni ovom metodom zasnovani su na vodootpornosti, vodoodbojnosti i apsorptivnosti ispitivanih tekstilija u ovisnosti o geometrijskoj strukturi, makro i mikro strukturi tekstilije te kapilarnosti vlakana i pređe. Uzorak plošne tekstilije veličine 80 x 80 mm se postavlja na donje koncentrične

**Tab.4** Glavni tipovi tekstilija i opis njihovih svojstava

Tip tekstilije	Svojstvo
Vodonepropusna tekstilija (engl. <i>Water Proof Fabric</i> )	- Vrlo spora apsorpcija - Sporo razlijevanje - Nema jednosmjernog prijenosa, nema prodora vlage
Vodoodbojna tekstilija (engl. <i>Water Repellent Fabric</i> )	- Nema kvašenja - Nema apsorpcije - Nema razlijevanja - Slabi jednosmjerni prijenos bez djelovanja vanjske sile
Sporo apsorbirajuća i sporo sušuća tekstilija (engl. <i>Slow Absorbing and Slow Drying Fabric</i> )	- Spora apsorpcija - Sporo razlijevanje - Slabi jednosmjerni prijenos
Brzo apsorbirajuća i sporo sušuća tekstilija (engl. <i>Fast Absorbing and Slow Drying Fabric</i> )	- Srednje do brzo kvašenje - Srednja do brza apsorpcija - Malo područje razlijevanja - Sporo razlijevanje - Slabi jednosmjerni prijenos
Brzo apsorbirajuća i brzo sušuća tekstilija (engl. <i>Fast Absorbing and Quick Drying Fabric</i> )	- Srednje do brzo kvašenje - Srednja do brza apsorpcija - Veliko područje razlijevanja - Brzo razlijevanje - Slabi jednosmjerni prijenos
Tekstilija sa sposobnošću prodiranja vode (engl. <i>Water Penetration Fabric</i> )	- Malo područje razlijevanja - Izvrstan jednosmjerni prijenos
Tekstilija sa sposobnošću upravljanja vlagom (engl. <i>Moisture Management Fabric</i> )	- Srednje do brzo kvašenje - Srednja do brza apsorpcija - Veliko područje razlijevanja po donjoj površini - Brzo razlijevanje po donjoj površini - Dobar do izvrstan jednosmjerni prijenos

senzore naličjem okrenutim prema gornjim koncentričnim sensorima. Spuštanjem gornje glave na kojoj se nalaze senzori na naličje uzorka dolazi do dodira gornjih senzora s materijalom. Otopina natrijeva klorida (0,22 ml) se ispušta na naličje te se 120 s prati širenje otopine po uzorku. Otopina se prenosi na materijal u tri smjera i to širenje prema van na gornju površinu (naličje), prenošenje kroz tekstiliju, od gornje do donje površine te širenje prema van na donju površinu (lice). Glavni tipovi tekstilija i opis njihovih svojstava su prikazani u tab.4. Rezultati 5 uzastopnih mjerenja mogu se prikazati tablično prikazom srednje vrijednosti i koeficijenta varijacije (CV) ili pomoću *Finger Printa* koji se formira s obzirom na izmjerene rezultate. *Finger Print* sažeto

prikazuje svojstva upravljanja kapljevatom vlagom ispitivanih tekstilija. Mjerne vrijednosti koje su prikazane tablično su:

- vrijeme kvašenja (engl. *Wetting Time*, WT) gornje (engl. *top surface*, T) i donje površine (engl. *bottom surface*, B),
- prirast apsorpcije gornje i donje površine (engl. *Absorption Rate*, AR),
- maksimalni promjer kvašenja gornje i donje površine (engl. *Maximum Wetted Radius*, MWR),
- brzina razlijevanja na gornjoj i donjoj površini (engl. *Spreading Speed*, SS),
- akumulativna sposobnost jednosmjernog prijenosa (engl. *Accumulative One-way Transport Capability*, R),

– ukupna sposobnost upravljanja (kapljevitom) vlagom (engl. *Overall (liquid) Moisture Management Capability*, OMMC).

**Kontaktни kut** je izmjeren na goniometru Drop Shape Analyzer – DSA30S tvrtke KRÜSS prema HRN EN ISO 19403-6:2020 *Boje i lakovi – Kvašenje – 6. dio: Mjerenje dinamičkog kontaktnog kuta*. Standardna konfiguracija instrumenta DSA30 je dizajnirana za poluautomatska mjerenja kontaktnog kuta, uključujući mjerenja dinamičkog kontaktnog kuta i određivanja slobodne površinske energije. Instrument je idealan za pouzdano mjerenje postupka kvašenja [25]. Mjerenje kontaktnog kuta se provodi tako da se uzorak položi na stolić kojeg snima kamera izravno priključena na zaslon računala. Iгла u kojoj se nalazi destilirana voda spušta se prema uzorku dok ne dođe unutar područja koje je vidljivo na ekranu. Prije doziranja kapljevine, iglu je potrebno ručno kalibrirati. Prije početka mjerenja tekstiliju treba položiti na stolić na način da se na zaslonu prikaže ravna površina kako bi se što ispravnije postavila bazna linija, odnosno linija koja označava dodir kapljice s tekstilijom. Destilirana voda koja se u obliku kapljice spušta na tekstiliju je volumena 10  $\mu$ l. Proces mjerenja počinje automatski i izravno nakon doziranja kapljevine dok se podaci snimaju neposredno nakon što kap dotakne površinu tekstilije.

**Mehanička svojstva.** Promjena plošne mase tkanine u pranju izračunata je gravimetrijski prema HRN ISO 3801:2003 *Tekstil – Tkanine – Određivanje mase po jedinici duljine i mase po jedinici površine*:

$$\Delta m = \frac{m_0 - m}{m_0} \cdot 100 \quad (1)$$

gdje je  $\Delta m$  promjena plošne mase [%],  $m_0$  plošna masa početne tkanine [ $\text{g}/\text{m}^2$ ], a  $m$  plošna masa tkanine nakon pranja [ $\text{g}/\text{m}^2$ ].

Broj niti osnove i potke proveden je prema ASTM D3775-07 *Standard Test Method for Warp (End) and Filling (Pick) Count of Woven Fabrics* [ $\text{br}/\text{cm} \equiv \text{cm}^{-1}$ ].

Mehaničko oštećenje tkanine u pranju ( $U_m$ ) izračunato je prema HRN ISO 4312:2001 *Površinski aktivne tvari - Procjena određenih učinaka pranja - Metode analize i ispitivanja za čistu kontrolnu pamučnu tkaninu*:

$$U_m = \frac{F_0 - F}{F_0} \cdot 100 \quad (2)$$

gdje je  $U_m$  mehaničko oštećenje [%],  $F_0$  prekidna sila početne tkanine [N], a  $F$  prekidna sila tkanine nakon pranja [N]. Prekidna sila određena na Tensolab Strength Tester (Mesdan, Italija) prema HRN EN ISO 13934-1:2013 *Tekstil - Vlačna svojstva plošnog tekstila - 1. dio: Određivanje maksimalne sile i istezanja pri maksimalnoj sili metodom trake* uz razmak stezaljki 100 mm, brzinu istezanja 100 mm/min i predopterećenje 2 N.

### 3. Rezultati s raspravom

U ovom radu je ispitana promjena sorpcijskih svojstava bijele pamučne tkanine nakon višestrukih ciklusa pranja ( $W$ ). Sorpcijska svojstva su ispitana normiranim metodama.

Rezultati upijanja kapi prema AATCC TM 79-2018 prikazani su u tab.5. Iz prikazanih rezultata je vidljivo da neoprana pamučna tkanina ima najduže vrijeme upijanja kapi, 60+ s te se može zaključiti da je hidrofobna. Prema metodi upijanja kapi, bijela pamučna tkanina nakon 1. ciklusa pranja upije kap nakon 10 s dok nakon 5., 10. i 15. ciklusa pranja ima minimalno vrijeme upijanja kapi, 0 s, što znači

da je ciklusima pranja postala hidrofilna. Za pretpostaviti je da je na bijeloj tkanini bila prisutna dorada koja ju je činila hidrofobnom. Pranjem se uklonilo doradno sredstvo i tkanina je postala hidrofilna. Osim upijanja kapi, kvantitativne metode određivanja brzine porasta stupca vode su mjerenje brzine porasta stupca vode u vertikalno položen uzorak i mjerenje brzine prodora vode u horizontalno položen uzorak koji isto ovise o subjektivnoj procjeni porasta stupca vode. Kod mjerenja brzine porasta stupca vode u vertikalno položen uzorak, uzorak je vertikalno položen te na njega djeluje gravitacijska sila dok kod horizontalno položenog uzorka gravitacijska sila nema utjecaj. Valja istaknuti kako na porast stupca vode kod oba mjerenja utječu kapilarne sile.

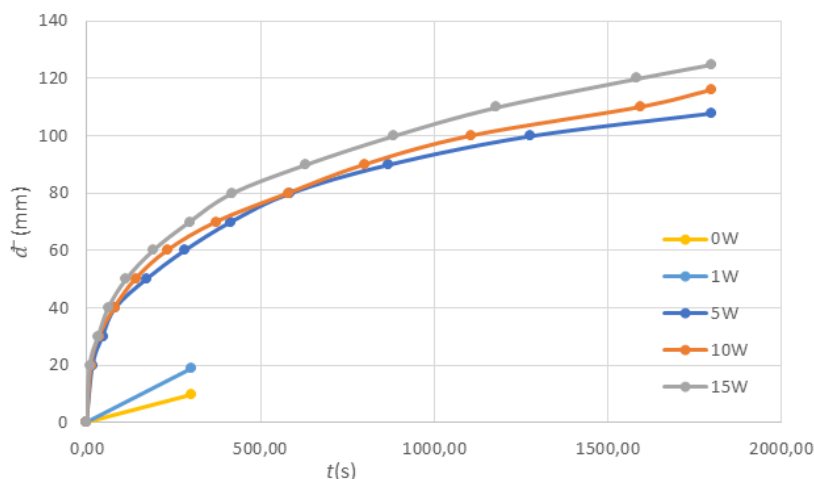
Rezultati mjerenja brzine porasta stupca vode u vertikalno položen uzorak su prikazani u tab.6 u kojoj su iskazane sljedeće vrijednosti: srednja udaljenost prodora kapljevine  $d$  [mm], srednje vrijeme prodiranja kapljevine  $t$  [s] te srednja brzina kapilarne apsorptivnosti  $\bar{W}$  [mm/s]. Grafički prikaz udaljenosti prodora kapljevine u ovisnosti o vremenu prikazan je na sl.1.

Iz rezultata prikazanih u tab.6 vidljivo je da je porast stupca vode veći s povećanjem ciklusa pranja. Neoprana tkanina ima najmanji porast stupca vode, svega 10 mm u 5 min. Tkanina je nakon prvog ciklusa pranja dostigla 19 mm udaljenosti u 5 min što je ipak nešto više u odnosu na neoprano tkaninu. Tkanine nakon 5., 10. i 15. pranja imaju veći porast stupca vode koji iznosi 108 mm, 116 mm te 125 mm u 30 min.

Iz krivulja na sl.1 jasno je vidljivo da se apsorptivnost povećava sa

**Tab.5** Upijanje kapi iskazano kao vrijeme prodora kapi  $t$  [s] u pamučnu tkaninu

Uzorak	$t$ [s]				
	0W	1W	5W	10W	15W
	60+	10	0	0	0



Sl.1 Porast stupca vode u vertikalno položen uzorak bijele pamučne tkanine

Tab.6 Brzina porasta stupca vode u vertikalno položen uzorak iskazan kao vrijeme brzine porasta stupca vode,  $t$  [s], u vertikalno položen uzorak, udaljenost koju je voda dosegla na uzorku,  $d$  [mm], te srednja brzina kapilarne apsorptivnosti,  $\bar{W}$  [mm/s]

Uzorak	$\bar{d}$ [mm]	$\bar{t}$ [s]	$\bar{W}$ [mm/s]
0W	10	300,00	0,033
1W	19	300,00	0,063
5W	20	17,28	1,157
	30	45,95	0,653
	40	82,53	0,485
	50	171,48	0,292
	60	281,90	0,213
	70	415,19	0,169
	80	586,20	0,136
	90	869,46	0,104
	100	1277,14	0,078
	108	1800,00	0,060
10W	20	12,93	1,547
	30	35,49	0,845
	40	79,87	0,501
	50	140,35	0,356
	60	231,98	0,259
	70	373,83	0,187
	80	581,00	0,138
	90	801,68	0,112
	100	1106,34	0,090
	110	1592,57	0,069
15W	116	1800,00	0,064
	20	9,35	2,139
	30	33,42	0,898
	40	62,75	0,637
	50	113,79	0,439
	60	191,38	0,314
	70	296,30	0,236
	80	419,44	0,191
	90	631,34	0,143
	100	883,66	0,113
110	1179,42	0,093	
120	1582,27	0,076	
125	1800,00	0,069	

svakim ciklusom pranja te da je nakon 15 ciklusa pranja brzina prodora kapljevine najveća.

U tab.7 prikazani su rezultati mjerenja brzine prodora vode u horizontalno položen uzorak iskazani brzinom prodora vode,  $t$  (s), te udaljenosti vode na uzorku,  $d$  (mm). Rezultati prikazuju da na neopranoj tkanini nema pomaka vode unutar 300 s. Porastom broja ciklusa pranja, dolazi do porasta prodora vode. Nakon 1. ciklusa pranja unutar 300 s postignuto je 33 mm. Daljnjim ciklusima pranja (5., 10. i 15. pranje) vidljivo je da se postiže maksimalna udaljenost od 100 mm kod sve tri tkanine u gotovo istom vremenskom razdoblju.

Kvantitativni parametri pomoću kojih se određuje sposobnost upravljanja vlagom izmjereni su na MMT-u prema AATCC TM 195-2017. Rezultati mjerenja ispitivanja sposobnosti upravljanja vlagom na neopranoj pamučnoj tkanini prikazani su u tab.8. Rezultati mjerenja na opranoj pamučnoj bijeloj tkanini u višestrukim ciklusima pranja su vidljivi u tab.9 i 10. Oznake u tab.8-10 su sljedeće: koeficijent varijacije (CV); gornja (T) i donja (B) površina; vrijeme kvašenja (WT); prirast apsorpcije (AR); maksimalni promjer kvašenja (MWR); brzina razlijevanja (SS); akumulativna sposobnost jednosmjernog prijenosa (R); ukupna sposobnost upravljanja (kapljevitom) vlagom (OMMC).

Vremensko razdoblje kvašenja gornje i donje površine tkanine izraženo je vremenom kvašenja koje se može usporediti s metodom upijanja kapi. Iz tab.8-10 je vidljivo da neoprana tkanina ima najveće vrijeme kvašenja dok se porastom broja ciklusa pranja vrijeme kvašenja smanjuje što je dokaz da je tkanina postala hidrofilnija. Navedeni rezultati su usporedivi s upijanjem kapi, ali su ovom metodom kvantificirani i

**Tab.7** Brzine prodora vode,  $t$  [s], u horizontalno položen uzorak bijele pamučne tkanine te udaljenost koju je voda dosegla na uzorku,  $d$  [mm]

Uzorak									
0W		1W		5W		10W		15W	
$t$	$d$	$t$	$d$	$t$	$d$	$t$	$d$	$t$	$d$
[s]	[mm]	[s]	[mm]	[s]	[mm]	[s]	[mm]	[s]	[mm]
300	0	300	33	102,33	100	102,67	100	102,67	100

**Tab.8** Sposobnost upravljanja vlagom neoprane pamučne tkanini prema AATCC TM 195-2017 na MMT-u

Uzorak		0W	
		Srednja vrijednost, $\bar{x}$	CV
WT [s]	T	120,0	0,0
	B	6,9452	0,1084
AR [%/s]	T	0,0	0,0
	B	60,5968	0,0937
MWR [mm]	T	0,0	0,0
	B	5,0	0,0
SS [mm/s]	T	0,0	0,0
	B	0,707	0,1001
R [%]		927,8558	0,0513
OMMC		0,6405	0,0246
Tip		<i>Tkanina sa sposobnošću prodiranja vode</i>	

**Tab.9** Sposobnost upravljanja vlagom pamučnih tkanina opranih kroz 1. i 5. ciklusa prema AATCC TM 195-2017 na MMT-u

Uzorak		1W		5W	
		$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV
WT [s]	T	36,879	1,1895	3,0326	0,1302
	B	6,2152	0,3565	3,1822	0,1081
AR [%/s]	T	14,3856	0,6332	71,9953	0,0117
	B	48,704	0,5403	65,2284	0,0178
MWR [mm]	T	10,0	0,5	24,0	0,0932
	B	10,0	0,5	22,0	0,1245
SS [mm/s]	T	0,6375	0,7417	4,6789	0,0597
	B	0,964	0,2566	4,4008	0,0498
R [%]		635,522	0,3457	-5,2238	2,7913
OMMC		0,6137	0,1248	0,4532	0,038
Tip		<i>Tkanina sa sposobnošću prodiranja vode</i>		<i>Tkanina sa sposobnošću brze apsorpcije i brzog sušenja</i>	

**Tab.10** Sposobnost upravljanja vlagom pamučnih tkanina opranih kroz 10. i 15. ciklusa prema AATCC TM 195-2017 na MMT-u

Uzorak		10W		15W	
		$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV
WT [s]	T	2,995	0,0384	2,939	0,0364
	B	3,1262	0,0268	3,1262	0,0453
AR [%/s]	T	69,2941	0,0075	68,8861	0,0142
	B	63,4546	0,0096	62,0989	0,0209
MWR [mm]	T	23,0	0,1191	24,0	0,0932
	B	23,0	0,1191	25,0	0,0
SS [mm/s]	T	4,4284	0,0492	4,6405	0,0369
	B	4,2738	0,0428	4,5074	0,033
R [%]		5,2284	2,1868	3,2305	3,2394
OMMC		0,4596	0,0308	0,4539	0,0311
Tip		<i>Tkanina sa sposobnošću brze apsorpcije i brzog sušenja</i>		<i>Tkanina sa sposobnošću brze apsorpcije i brzog sušenja</i>	

egzaktno izmjereni što golim okom nije moguće odrediti takvom preciznošću.

Iz maksimalnog polumjera kvašenja vidljivo je da na neopranoj tkanini nije došlo do kvašenja tkanine što je znak hidrofobnosti, dok je već s prvim ciklusom pranja polumjer veličine 10 mm. Daljnjim pranjem (5., 10. i 15. ciklusa) dolazi do većeg polumjera kvašenja koji je podjednak za sva tri ciklusa pranja te iznosi 24 mm, odnosno za 10. pranje 23 mm.

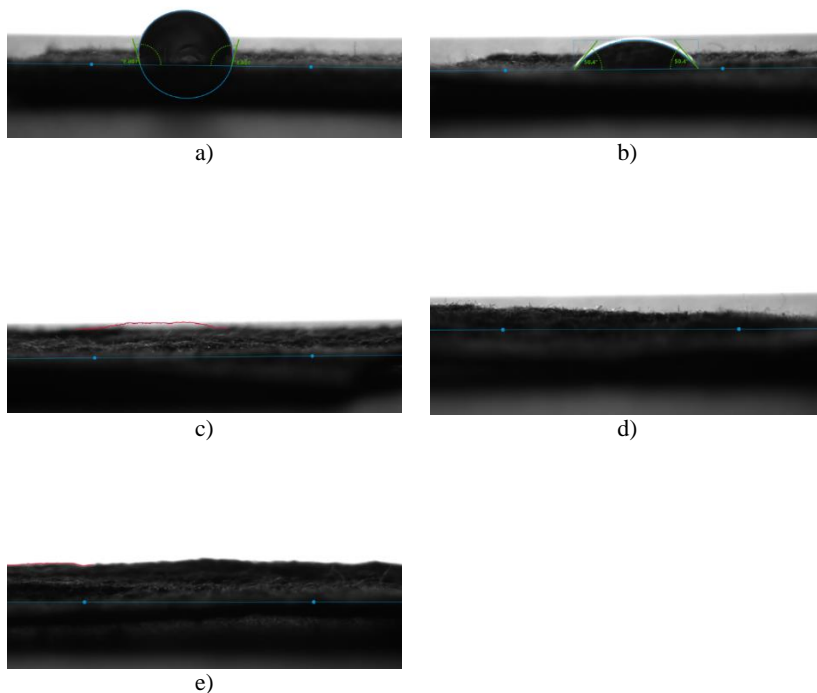
Ukupna sposobnost upravljanja (kapljevitom) vlagom predstavlja indeks ukupne sposobnosti tkanine za prijenos kapljevite vlage. Indeks se dobiva izračunavanjem brzine apsorpcije na donjoj površini, najveće brzine širenja vlage na donjoj površini i sposobnosti jednosmjernog prijenosa kapljevine. Vidljivo je da porastom broja ciklusa pranja također dolazi i do smanjenja ukupne sposobnosti upravljanja vlagom što se podudara i s prethodno navedenim mjerenjima.

Neoprana pamučna tkanina je okarakterizirana kao „tkanina sa sposobnošću prodiranja vode“ što znači da ima malo područje razlijevanja i izvrstan jednosmjernan prijenos. Ista karakterizacija je navedena i za tkaninu nakon prvog ciklusa pranja. Povećanjem ciklusa pranja tkanina je okarakterizirana kao „tkanina sa sposobnošću brze apsorpcije i brzog sušenja“, a nju karakterizira srednje do brzo kvašenje, srednja do brza apsorpcija, veliko područje razlijevanja, brzo razlijevanje, slabi jednosmjernan prijenos.

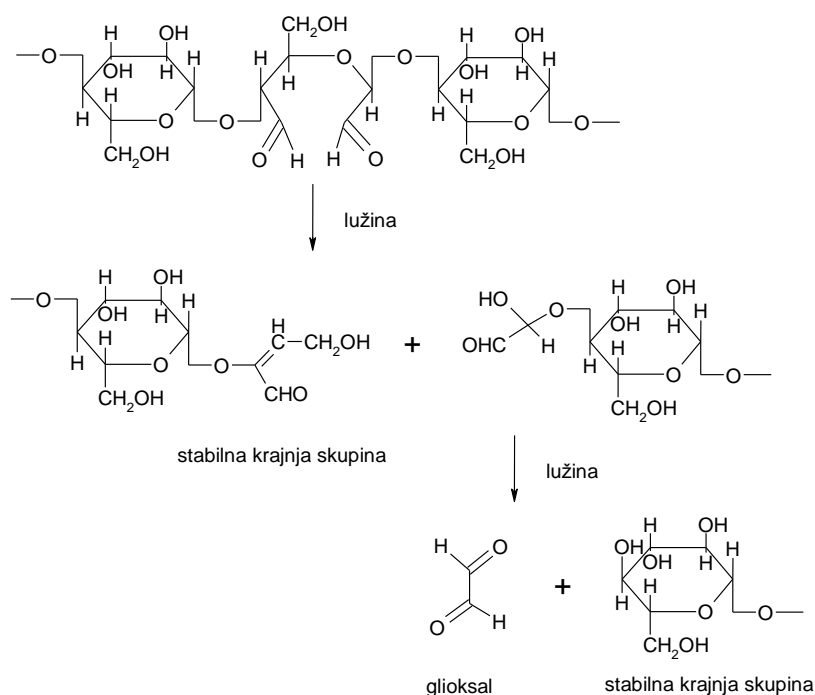
Kontaktni kut iskazan kao srednja vrijednost kontaktnog kuta kapljice odmah nakon prvog kontakta s pamučnom tkaninom, CA (m) [°C] prikazan je u tab.11 te na sl.2. Vidljivo je da na neopranoj pamučnoj tkanini kontakti kut ima najveću vrijednost dok se nakon 1. ciklusa pranja vrijednost kuta značajno smanjila.

**Tab.11** Kontaktni kut iskazan kao srednja vrijednost kontaktnog kuta kapljice odmah nakon prvog kontakta s pamučnom tkaninom, CA (m) [°C]

CA (m) [°C]				
0W	1W	5W	10W	15W
105,67	50,35	0	0	0



**SI.2** Snimka zaslona DSA30S prilikom određivanja kontaktnog kuta na bijeloj pamučnoj tkanini: a) neoprana tkanina, b) 1. ciklus pranja, c) 5. ciklus pranja, d) 10. ciklus pranja, e) 15. ciklus pranja



**SI.3** Alkalna hidroliza oksiceluloze

Kontaktni kut nakon 5., 10. i 15. pranja nije bilo moguće izmjeriti jer je došlo do upijanja kapi neposredno nakon kontakta kapljavine s tkaninom. Razlog većoj apsorpciji vode i vlage u višestrukim ciklusima pranja može biti dvojak: 1. bubrenje, 2. oštećenje celuloze pamuka. Pamučna vlakna bubre u vodi do 40 % volumena, najčešće radijalno, dok uzdužno bubre svega 1-2 %. Ovo izrazito anizotropno ponašanje bubrenja objašnjava se nemogućnošću prodiranja vode u kristalnu mikrofibrilarnu strukturu celuloze, već se bubrenje u vlaknima javlja samo između mikrofibrila. U kemijskom bijeljenju osim razgradnje pigmentata može doći i do djelomične oksidacije celuloze pa su osim hidroksilnih skupina (–OH) moguće i karboksilne skupine (–COOH), a ponekad oksidacija sekundarnih alkohola uzrokuje nastanak aldehidnih i keto skupina [26, 27]. Aldehidne skupine posebice su osjetljive na lužine (sl.3) pa tijekom pranja u alkalnom mediju može doći do alkalne hidrolize, odnosno razgradnje celuloze pamuka, što se očituje kemijskim i mehaničkim oštećenjem pamučne tkanine [17, 26].

Iz tog razloga istražene su promjene mehaničkih svojstava tkanine uslijed višestrukih ciklusa pranja. U tab.12 prikazani su rezultati gustoće niti, a u tab.13 rezultati mjerenja plošne mase pamučne tkanine prije i nakon višestrukih ciklusa pranja te promjene u plošnoj masi izračunate prema (1). U tab.14 prikazani su rezultati mjerenja prekidne sile i mehaničko oštećenje ( $U_m$ ) pamučne tkanine prije i nakon višestrukih ciklusa pranja izračunato prema (2). Iz tab.12-14 je vidljivo da najprije dolazi do skupljanja tkanine te su broj niti, plošna masa i prekidna sila veće. Razlog ovakvog ponašanja je skupljanje tkanine uzrokovano bubrenjem celuloznih materijala u uvjetima pranja. Broj niti po jedinici duljine povećavao se u svim smjerovima (tab.12), pove-



**Tab.12** Gustoća niti pamučne tkanine prije i nakon višestrukih ciklusa pranja

Uzorak	$N_o$ [cm <sup>-1</sup> ]	CV [%]	$N_p$ [cm <sup>-1</sup> ]	CV [%]
0W	26,00	4,45	22,00	0,00
1W	26,67	3,85	22,00	0,00
5W	29,33	2,56	22,67	2,33
10W	29,33	3,03	22,67	2,67
15W	29,33	2,67	23,33	3,02

$N_o$  – broj niti osnove [cm<sup>-1</sup>];  $N_p$  – broj niti potke [cm<sup>-1</sup>]; CV - koeficijent varijacije

**Tab.13** Plošna masa i promjene plošne mase pamučne tkanine prije i nakon višestrukih ciklusa pranja

Uzorak	$m$ [g/m <sup>2</sup> ]	CV [%]	$\Delta m$ [%]
0W	177,98	0,01	-0,00
1W	187,95	1,31	-5,60
5W	188,88	2,05	-6,12
10W	200,66	0,23	-12,74
15W	200,27	0,51	-12,52

$m$  - plošna masa [N]; CV - koeficijent varijacije;  $\Delta m$  - promjena plošne mase [%]

**Tab. 14** Prekidna sila osnove i mehaničko oštećenje pamučne tkanine prije i nakon višestrukih ciklusa pranja

Uzorak	$F_o$ [N]	CV [%]	$U_m$ [%]
0W	553	8,124	0
1W	615	2,642	-10,08
5W	655	5,744	-15,57
10W	622	3,646	-11,09
15W	542	7,445	2,03

$F_o$  - srednja vrijednost prekidne sile po osnovi [N]; CV - koeficijent varijacije;  $U_m$  - mehaničko oštećenje [%]

čavajući masu po jedinici površine. S porastom broja ciklusa pranja tkanina se i dalje skuplja te je plošna masa sve veća (tab.13), no nakon 10. ciklusa postiže maksimalnu masu. Rezultati prekidne sile ( $F$ ) prikazani u tab.14 ukazuju na poboljšanje mehaničkih svojstava. Zbog skupljanja tkanine, broj niti se povećao u uzorku za ispitivanje, što je rezultiralo višim vrijednostima prekidne sile. Do 10. ciklusa pranja, s povećanjem mase, povećavala se prekidna sila. Međutim, nakon 15. ciklusa pranja, prekidna sila se smanjila zbog povećanja mase kao mogućeg utjecaja oksidacijskog sredstva. Radi toga se uočeni pad prekidne sile može pripisati mehaničkom oštećenju pamučne tkanine u višestrukim ciklusima pranja čime pojačano bubrenje i veći broj dostupnih skupina rezultira većom apsorpcijom vlage i vode.

Istraživanja kumulativnih učinaka pranja na svojstva pamučnih tka-

nina i njihovih mješavina [17] pokazala su da pranje uzrokuje promjene na pamuku uslijed visokog bubrenja u alkalnom mediju, utjecaja sredstava za bijeljenje i mehanike te da je oštećena (višestruko oprana) tkanina mnogo sklonija prljanju od neoštećene. Iz rezultata dobivenih na MMT-u vidljivo je da je tkanina okarakterizirana kao „tkanina sa sposobnošću brze apsorpcije i brzog sušenja“ što ukazuje pomak naboja prema pozitivnom, a samim time je sklonija prljanju.

### 3. Zaključak

U ovom radu su istražena sorpcijska svojstva bijele pamučne sanforizirane tkanine nakon višestrukih ciklusa pranja. Rezultati mjerenja sorpcijskih svojstava različitim normiranim metodama su dali vrlo slične rezultate.

Početna pamučna tkanina pokazuje hidrofobna svojstva te je na MMT-u okarakterizirana kao „tkanina sa sposobnošću prodiranja vode“. To znači da ima voodbojna svojstva, ali propušta kapljevitu vlagu – „diše“. Ovo potvrđuju sve metode: na površini se formira jasna kapljica uz mogućnost mjerenja kontaktnog kuta, nema upijanja kapi, nema prodora kapljevine niti u vertikalno, niti u horizontalno položen uzorak tkanine.

Pranjem dolazi do povećanja hidrofilnosti pamučne tkanine. Nakon prvog ciklusa pranja dolazi do smanjenja kontaktnog kuta koji je manji, ali još uvijek mjerljiv. Uočava se mali prodor vodenog stupca u horizontalno i vertikalno položen uzorak tkanine. Iz rezultata MMT-a vidljivo je da se radijus kvašenja povećao na 10 mm, no tkanina i dalje ima istu karakterizaciju „tkanina sa sposobnošću prodiranja vode“.

Višestrukim ciklusima pranja tkanina je postala hidrofilna. Sa svakim ciklusom pranja došlo je do promjena sorpcijskih svojstava. Nakon 5. ciklusa pranja došlo je do značajnijeg porasta apsorpcije, a s daljnjim ciklusima navedeni porast stagnira. Brzina prodora vidljiva je kod svih metoda, a posebice kod mjerenja kontaktnog kuta koji se nije mogao niti izmjeriti. Ove tkanine okarakterizirane su kao „tkanina sa sposobnošću brze apsorpcije i brzog sušenja“.

Zaključno, ispitivana neoprana pamučna tkanina oplemenjena je dodatnim sredstvima zbog čega pokazuje voodbojnost. Višestrukim ciklusima pranja dolazi do skidanja dorade što omogućava veće bubrenje, a pokazalo se da dolazi i do trošenja (oštećenja) tkanine, pa je iz oba navedena razloga pamučna tkanina pokazala veću apsorptivnost. Postignuti rezultati ukazuju na mogućnost primjene odabrane tkanine u bolni-

čkom okružju, no za potpunu potvrdu je li došlo do oštećenja u oksidativnom bijeljenju u višestrukim ciklusima pranja trebalo bi istražiti sekundarne učinke u pranju uključujući i kemijsko oštećenje tkanine.

## Zahvala



### Rad

*doktorandice Ivane Čorak sufinanciran je iz „Projekta razvoja karijera mladih istraživača – izobrazba novih doktora znanosti“ Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ-DOK-2018-09-4254).*

*Mišljenja, nalazi i zaključci ili preporuke navedene u ovom materijalu isključiva su odgovornost autora i ne odražavaju nužno stajališta Hrvatske zaklade za znanost. Rad je sufinancirala HRZZ projektom UIP-2017-05-8780 „Bolničke zaštitne tekstilije“.*

*Dio rezultata prikazanih u radu proizašao je iz projektnog zadatka „Metode karakterizacije sorpcijskih svojstava pamučne tkanine“ izrađenog u okviru doktorskog studija „Tekstilna znanost i tehnologija“ Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta u akad. god. 2020./2021. prihvaćenog 10. 5. 2021. od strane Vijeća doktorskog studija „Tekstilna znanost i tehnologija“ na Tekstilno-tehnološkom fakultetu.*

## Literatura:

- [1] Čunko R., M. Andrassy: Vlakna, Zrinski d.d. Čakovec, Zagreb 2005.
- [2] Soljačić I., T. Pušić: Njega tekstila, Čišćenje u vodenim medijima, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, 2005.
- [3] Kitis M.: Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review, Environment International 30 (2004) 1, 2004, 47-55
- [4] Hickman W. S.: Peracetic acid and its use in fibre bleaching, Rev. Prog. Color. 32 (2002), 13-27
- [5] Forte Tavčer P.: Impregnation and Exhaustion Bleaching of Cotton with Peracetic Acid, Textile Research Journal 80 (2010) 1, 3-11
- [6] Forte-Tavčer P., P. Križman: Bijeljenje pamuka za sanitetske proizvode s perocetnom kiselinom, Tekstil 52 (2003) 7, 309-315
- [7] Forte-Tavčer P. i sur.: Obrada pamuka pektinazama i perocetnom kiselinom, Tekstil 53 (2004) 3, 110-118
- [8] Roessler A., X. Jin: State of the art technologies and new electrochemical methods for the reduction of vat dyes, Dyes Pigment. 59 (2003) 3, 223-235
- [9] Pušić T.: Ekološki profil procesa pranja, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Dan otvorenih vrata Znanstveno-istraživačkog centra za tekstil, 25. rujna 2019.
- [10] Pušić T.: Higijensko pranje, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Poticanje društvenog poduzetništva, Probudi kreativnost – izlaganje, GDCK Vrbovec, 2019. Dostupno na: <https://gdck-vrbovec.hr/probudi-kreativnost/>
- [11] Pušić T., B. Iskerka, B. Vojnović: Istraživanje jednog broja pamučne tkanine nakon pranja, Tekstil 63 (2014.) 1-2, 41-48
- [12] Lovreškov V.: Utjecaj aditiva u deterdžentu na svojstva opranih materijala, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, 2019. <https://repozitorij.ttf.unizg.hr/islandora/object/ttf%3A556/datastream/PDF/view>
- [13] Papić S.: Deterdženti, Interna skripta, 2015. Sveučilište u Zagrebu Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, [https://www.fkit.unizg.hr/\\_download/repository/DETERDZENTI.pdf](https://www.fkit.unizg.hr/_download/repository/DETERDZENTI.pdf)
- [14] Pušić T., K. Grgić, I. Soljačić: Peracetic acid effectiveness in laundering of cotton fabrics, Engineering Power, Bulletin of the Croat. Academy of Eng. 11 (2016) 1, 2-5
- [15] Tarbuk A., T. Pušić, T. Dekanić: Postupci proizvodnje, uzorkovanja i analize deterdženata, Tekstil 62 (2013.) 7-8, 319-328
- [16] Pušić T., I. Soljačić: Changes in shade and ultraviolet protection of pastel dyed cotton fabrics during laundering with fluorescent compounds, Colourage 56 (2009) 1, 43-48
- [17] Pušić T., I. Soljačić, T. Dekanić: Cumulative effects of washing on properties of cotton fabrics and their blends, H&PC Today 9 (2014) 7/8, 26-33
- [18] Dekanić T. i sur.: Određivanje sposobnosti upravljanja vlagom vodoodbojne pamučne tkanine kondenzirane pri niskoj temperaturi, Tekstil 67 (2018) 7-8, 176-188
- [19] Grancarić A. M., A. Tarbuk, E. Chibowski: Slobodna površinska energija tekstila, Tekstil 57 (2008.) 1-2, 28-39
- [20] Hubbe A. M., J. D. Gardner, W. Shen: Contact angles and wettability of cellulosis surfaces: A review of proposed mechanisms and test strategies, BioResources 10 (2015) 4, 8657-8749
- [21] Mazloompour M., N. Ansari, N. Hemmatinejad: Wetting behaviour of raw and water-repellent cotton fabrics using wetting kinetic measurements, Indian Journal of

- Fibre and Textile Research 32 (2007), 93-98
- [22] Wiener J., P. Dejlova: Wicking and wetting in textiles, Autex Research Journal 3 (2003), 64-71
- [23] Mayur B. et al.: Moisture management properties of textiles and its evaluation, Current Trends in Fashion Technology & Textile Engineering 3 (2018) 3, 50-55
- [24] Junyan H. et al.: Moisture Management Tester: A method to characterize fabric liquid moisture management properties, Textile Research Journal 75 (2005) 1, 57-62
- [25] KRÜSS: DSA30. Dostupno na: <https://www.kruss-scientific.com/products/drop-shape/dsa30/drop-shape-analyzer-dsa30s/>, pristupljeno: 3-2021.
- [26] Bishop D. P.: Physical and chemical effects of domestic laundering processes, In: Carr C.M. (eds) Chemistry of the Textiles Industry, Springer, Dordrecht. (1995) [https://doi.org/10.1007/978-94-011-0595-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-011-0595-8_4)
- [27] Stana-Kleinschek K., S. Strand, V. Ribitsch: Surface Characterization and Adsorption Abilities of Cellulose Fibers, Polymer Engineering and Science 39 (1999) 8, 1412-1424.

## SUMMARY

### Changes in sorption properties due to multiple washing processes

Ivana Čorak<sup>1</sup>, Anita Tarbuk<sup>1</sup>, Josip Marković<sup>1,2</sup>, Katia Grgić<sup>1</sup>

The change in the sorption properties of white cotton fabric used for bed linen in the hospital environment was investigated. For this purpose, the commercially available cotton fabric was subjected to multiple washing cycles in a Wascator FOM71 CLS industrial washing machine (Electrolux) in accordance with HRN EN ISO 15797:2018. The procedure "Washing of white and delicate coloured material - Peroxyacetic bleach" was carried out at 75 °C with a standard detergent with optical bleach (WFK 88060-A1) with the addition of Proxitane 523, peroxyacetic acid - a mixture of 5 % acetic acid and 20 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, as a bleaching agent successively until the 15<sup>th</sup> washing cycle. The contact angle was determined on the fabric samples before and after the 1<sup>st</sup>, 5<sup>th</sup>, 10<sup>th</sup> and 15<sup>th</sup> washing cycle using a KRÜSS DSA30S goniometer. The sorption properties were investigated using standardized methods: by Absorbency of Textiles (so-called *Drop test*) according to AATCC TM 79-2018; by Vertical and Horizontal Wicking of Textiles according to AATCC TM 197-2018 and AATCC TM 198-2020, and the Moisture Management Capability according to AATCC TM 195-2017 was tested using the Moisture Management Tester (MMT) device, SDL Atlas. The changes in sorption properties were analysed together with the changes in mechanical properties. It has been shown that with multiple washing cycles the finishing agent is removed, which allows greater swelling, but also depletion (damage) of the fabric, so that for these two reasons the cotton fabric had a higher absorbency. The results obtained indicate the possibility of using the selected fabric in a hospital environment.

**Keywords:** washing, sorption properties, contact angle, moisture management capability.

<sup>1</sup> University of Zagreb Faculty of Textile Technology, Zagreb, Croatia

<sup>2</sup> "DM TEKSTIL KROJAČKI OBRT" Ozalj, Croatia

e-mail: [anita.tarbuk@tff.unizg.hr](mailto:anita.tarbuk@tff.unizg.hr)

Received June 30, 2021

## ZUSAMMENFASSUNG

### Veränderungen der Sorptionseigenschaften durch mehrfache Waschvorgänge

Untersucht wurde die Veränderung der Sorptionseigenschaften von weißem Baumwollgewebe, das als Bettwäsche in Krankenhäusern verwendet wird. Zu diesem Zweck wurde das handelsübliche Baumwollgewebe in einer Wascator FOM71 CLS Industriewaschmaschine (Electrolux) gemäß HRN EN ISO 15797:2018 mehreren Waschgängen unterzogen. Das Verfahren "Waschen von weißem und empfindlichem Farbmateriale - Bleichen mit Peressigsäure" wurde bei 75 °C mit einem Standardwaschmittel mit optischer Bleiche (WFK 88060-A1) unter Zugabe von Proxitan 523, Peressigsäure - einer Mischung aus 5 % Essigsäure und 20 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> als Bleichmittel, nacheinander bis zum 15. Zyklus durchgeführt. Der Kontaktwinkel wurde an den Warenproben vor und nach dem 1., 5., 10. und 15. Waschgang mit einem KRÜSS DSA30S Goniometer bestimmt. Die Sorptionseigenschaften wurden mit standardisierten Methoden durch Absorptionsfähigkeit von Textilien (sog. Drop-Test) nach AATCC TM 79-2018 untersucht; durch vertikalen und horizontalen Feuchtigkeitstransport von Textilien gemäß AATCC TM 197-2018 und AATCC TM 198-2020, und die Feuchtigkeitsmanagementfähigkeit gemäß AATCC TM 195-2017 wurde mit dem Feuchtigkeitsmanagement-Tester (MMT) SDL Atlas getestet. Die Veränderungen der Sorptionseigenschaften wurden zusammen mit den Veränderungen der mechanischen Eigenschaften analysiert. Es hat sich gezeigt, dass das Ausrüstungsmittel bei mehreren Wäschen entfernt wird, was eine stärkere Quellung, aber auch eine Beschädigung des Gewebes verursacht, so dass das Baumwollgewebe aus diesen beiden Gründen eine höhere Absorptionsfähigkeit aufweist. Die erzielten Ergebnisse weisen auf die Möglichkeit hin, den ausgewählten Stoff in einer Krankenhausumgebung zu verwenden.