

dr. Sabina Fijan¹, univ. dipl. inž.

red. prof. dr. Sonja Šostar-Turk¹, univ. dipl. inž.

izr. prof. dr. Tanja Pušić², univ. dipl. inž.

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Katedra za tekstilne materiale in oblikovanje, Smetanova ulica, 17, SI-2000 Maribor; sabina.fijan@uni-mb.si

² Univerza v Zagrebu, Tekstilno-tehnološka fakulteta, Prilaz baruna Filipovića 30, 10000 Zagreb, Hrvaška

Primerjava primarnih učinkov pranja pri uporabi različnih postopkov pranja bolnišničnih tekstilij

S primarnimi učinki pranja tekstilij ugotavljamo čistilno moč pranja oz. sposobnost odstranjevanja madežev po enem ciklu pranja. Primarne in sekundarne učinke pranja (mehanske in fizikalno-kemijske modifikacije površine vlaken) uporabljamo za ugotavljanje kakovosti postopka pranja, vendar le kot pogoj za higieno bolnišničnih tekstilij. Osnovni namen pranja bolnišničnih tekstilij je vrnitev umazanih, okuženih tekstilij v čisto, sveže in razkuženo stanje brez pretiranih poškodb na tekstilijah za nadaljnjo uporabo. Izbrali smo pet najpogosteje uporabljenih programov pranja bolnišničnih tekstilij (programi pranja pižam, tekstilij s sumom okuženosti, brisač, operacijskih tekstilij in tetrapodlog) in ugotavljali primarne učinke pranja s EMPA-tkanino, artikel 103 z osmimi standardnimi madeži (beljen bombaž, saje/olje, kri, kakav, kri/mleko/saje, žveplovo barvilo, surov bombaž, rdeče vino). Ugotovili smo, da je kakovost pranja primerna v vseh preverjenih postopkih pranja.

***Ključne besede:** primarni učinki pranja, bolnišnične tekstilije, kakovostni parametri*

Comparison of Primary Laundering Effects on Hospital Textiles by Using Various Laundering Procedures

Primary laundering effects are used to determine the cleaning power of washing or the effectiveness of removing soils after one washing cycle. The primary and secondary laundering effects (mechanical and physical-chemical modifications on the fibre surface) are used to determine the quality of laundering, however, only as a precondition for hygiene of laundry textiles. The basic purpose of washing hospital textiles is to return dirty, infected textiles to a clean, fresh and disinfected state without excessive damage on the textiles for further use. Five most commonly used programs for washing hospital textiles were chosen (program for pyjamas, textiles under suspicion of being contaminated, towels, surgical textiles and under-linen) and the primary washing effects determined by using the EMPA-cloth, article 103 with eight standard soils (bleached cotton, soot/oil, blood, cocoa, blood/milk/soot, sulphur dye, raw cotton, red vine). It was found out that the washing quality was adequate in all chosen laundering procedures.

***Keywords:** primary laundering effects, hospital textiles, quality parameters*

UDK 677.07 : 615.4 : 648

1.0 UVOD

V pralnicah se ne moremo izogniti obstoju mikroorganizmov v nečistem delu, saj zaradi različnih tekstilij vstopi v proces pranja veliko mikroorganizmov različ-

nega izvora, od fekalnih mikroorganizmov iz posteljnine do okuženih tekstilij z različnih oddelkov bolnišnic, ki lahko vsebujejo različne vrste patogenih bakterij, gliv in virusov. Poleg tega je na takšnih tekstilijah veliko trdovratnih madežev (npr. kri, blato, urin,

razkužila itd.), zato je zelo pomembno, da je pranje v pralnicah dovolj učinkovito, da uniči vse patogene in potencialno patogene mikroorganizme, sočasno pa ne povzroči prevelikih poškodb na tekstilijah zaradi velikega dodatka razkuževalnih in belilnih sredstev. Ne nazadnje pa mora proces pranja vrniti tekstilije v estetskem, čistem in osveženem stanju. Glede razkuževalnega učinka postopkov pranja je bilo izvedenih veliko objavljenih raziskav. [1-7] V teh raziskavah je bilo ugotovljeno, da je za zagotavljanje higiene bolnišničnih tekstilij sicer najpomembnejša razkuževalna učinkovitost postopka pranja, vendar je zelo pomembno tudi zagotavljanje zadostnih higienskih pogojev pri nadaljnji obdelavi tekstilij (sortiranje, zlaganje, likanje, pakiranje). Veliko dela pri nadaljnji obdelavi tekstilij poteka ročno in je v primeru neprimerne higiene delovnih površin, skladiščnih polic, rok delavcev, strojev, ki pridejo v stik z opranimi tekstilijami itd. velika možnost ponovne okužbe tekstilij. Glede primarnih učinkov pranja bolnišničnih tekstilij pa ni veliko raziskav, saj za bolnišnične tekstilije ni prioriteta kakovost pranja. V raziskavi [8] so ugotovili, da koncentracija detergentov vpliva na odstranjevanje madežev in da surovinska sestava tekstilij vpliva na jakost in mehanizem vezanja nečistoč ter s tem na učinkovitost odstranjevanja madežev.

Pri ugotavljanju primarnih učinkov pranja ocenjujemo učinkovitost odstranjevanja madežev in s tem učinkovanje detergentov v procesu pranja. [9] Na proces pranja vpliva več dejavnikov, kot so detergenti, voda, pralni stroj, madeži in vrste tekstilij. Za ocenjevanje učinkovanja detergentov in primerjavo rezultatov uporabljamo standardne pralne procese, standardne detergente in standardne tekstilije. Za testiranje primarnih učinkov pranja obstajajo standardne tkanine z »umetnimi« madeži: IEC-trak (angl. *International Electrotechnical Commission* – mednarodna elektrotehnična komisija), artikel EMPA (nem. *Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt* (švicarski zavod za testiranje materialov in raziskave) itd. [10])

Mehanizmi odstranjevanja naravnih madežev so zelo različni. *Vodotopne madeže* (soli, kisline itd.) preprosto odstranimo z učinkovanjem vode, medtem ko se *maščobni in lojni madeži* emulgirajo s površinsko aktivnimi snovmi v detergentih (tenzidi). *Pigmentne madeže* lahko odstranujemo: (1.) mehansko, (2.) z dispergiranjem ali (3.) z desorpcijo z ogrodnimi snovmi, to je odvisno od velikosti delcev. Glede na velikost ločimo pigmentne madeže na fine hidrofилne pigmente (kovinski oksidi, zemlja, cestni prah itd.) in večje hidrofobne pigmente (saje itd.). *Proteinski madeži* (kri, mleko, gnoj itd.) so težko odstranljivi, še posebej pri denaturiranju s toploto in kemičnimi vplivi (npr. belilna sredstva). *Apnenčasti madeži in usedline* (apnenčasti madeži, solne inkrustacije, beljakovine itd.) oz. albumin vsebujoči madeži in spojine s karboksilnimi

skupinami se vežejo med seboj in s tkaninami, ki prav tako vsebujejo karboksilne skupine (npr. bombaž). Takšne madeže lahko odstranujemo le z ionskimi izmenjevalci. *Sadni, zelenjavni in barvasti madeži* se odstranjujejo predvsem z belilnimi sredstvi. *Mikroorganizmi* (bakterije, glive, spore) so prav tako vrsta »madežev« na tekstilijah, ki povzročajo razpad naravnih vlaken z izločanjem encimov, kot so celulaze in proteaze, in se razmnožujejo na umazanih tekstilijah v vlažnih razmerah. Pri tem lahko plesni povzročajo vidne pigmentne pike. Odstranujemo jih s kombinacijo tenzidov, belilnih sredstev in mehanskega delovanja. Odstranjevanje madežev je razdeljeno v tri faze: (1.) omočitev in nabrekanje vlaken in madežev; (2.) odstranitev površinske plasti madeža in (3.) postopna odstranitev preostalega madeža. [9-13]

V raziskavi smo prikazali primarne učinke postopkov pranja bolnišničnih tekstilij z uporabo standardnih tkanin z madeži v konkretni industrijski pralnici bolnišničnih tekstilij. Po naših podatkih takšna raziskava še ni bila objavljena.

2.0 METODE DELA

2.1 Bombažna tkanina

Uporabili smo tkanino EMPA (artikel 103) z 8 kosi 12 x 12 cm² različnih krpic s standardiziranimi madeži (preglednica 1), ki jih je IEC (*International Electrotechnical Commission*) standardiziral za testiranje učinkovitosti pranja v pralnih strojih.

Preglednica 1: Standardizirani madeži na EMPA-tkanini, art. 103

Oznaka	Vrsta	Učinek
1e	Bombaž, beljen	Za določanje učinkovitosti fluorescence optičnih belilcev in posedanja madežev
2e	Saje/olje	Za določanje učinkovitosti pranja
3e 4e 5e	Kri Kakav Kri/mleko/saje	Za določanje učinkovitosti čiščenja organskih pigmentov in beljakovinskih madežev
6e 7e 8e	Žveplovo barvilo Surovi bombaž Rdeče vino	Za določanje belilne učinkovitosti

2.2 Pralna sredstva

Vsa uporabljena pralna sredstva so komercialna sredstva za industrijske pralne linije. Namen in sestava uporabljenih pralnih sredstev sta podana v preglednici 2.

Preglednica 2: Pralna sredstva

Oznaka	Namen	Sestava
DET EN	Koncentrirani encimski detergent za odstranjevanje trdovratnih beljakovinskih madežev. Primeren je za vse vrste tkanin, pri temperaturi med 55 in 60 °C in v optimalnem času delovanja od 10 do 20 min.	– encimi (< 2,5 %) – neionski tenzidi (15 %)
PR SR	Praškasti, alkalni detergent	– anionski in neionski tenzidi (15 %) – fosfati (15 %) – silikati, natrijev karbonat – optični belilci, preprečevalci posivenja, dišave
BEL SR	Koncentrirano tekoče belilno sredstvo na osnovi aktivnega kisika	– vodikov peroksid (25 %)
RAZ SR	Koncentrirano tekoče razkuževalno in belilno sredstvo na osnovi aktivnega kisika	– peroksiocetna kislina (2,5 %) – vodikov peroksid (10 %) – očetna kislina (2,5 %)
NEV SR	Koncentrirano kislno, tekoče sredstvo za nevtralizacijo pralne kopeli in tekstilij	– očetna kislina (75 %)

Opomba: imena uporabljenega pralnega, belilnega, razkuževalnega in nevtralizacijskega sredstva so izpuščena zaradi tajnosti podatkov.

2.3 Postopki pranja

Raziskali smo pet postopkov pranja glede na najpogosteje uporabljene vrste bolnišničnih tekstilij, in sicer: program pranja pižam – PI (1), program pranja tekstilij s sumom okuženosti – KU (2), program pranja brisač – BR (3), program pranja operacijskih tekstilij – OP (4) in program pranja tetrapodlog – TP (5). Programi pranja so podani v preglednici 3.

2.3.1 Program pranja pižam (PI)

Kot prvi program smo izbrali program pranja pižam iz 100-odstotnega bombaža s potiskanimi vzorci. Zaradi ohranitve barv potiskanih vzorcev je v tem programu uporabljena minimalna količina belilnega sredstva (BEL SR). Ker gre za manj umazane tekstilije, je uporabljena majhna količina pralnega sredstva (PR SR) in

razkuževalnega sredstva (RAZ SR). Velikokrat bolniki uporabljajo tudi lastna spalna oblačila iz občutljivih materialov, kot so: svila, saten itd., ki ne prenesejo takšnih temperatur in pralnih sredstev, zato je nujno previdno sortiranje, saj bolniki dajo v pranje tudi svoja oblačila.

2.3.2 Program pranja tekstilij s sumom okuženosti (KU)

Kot drugi program smo izbrali program pranja tekstilij s sumom okuženosti različne sestave. Po prilogi RKI-smernic, Smernice za higieno v bolnišnicah in preprečevanje okužb (RKI-smernice, 1995) ter po 29. členu Nemških predpisov za preprečevanje nesreč v pralnicah [14] spadajo okužene tekstilije v 2. kategorijo bolnišničnih tekstilij, za katere velja, da se za razkuževanje teh tekstilij smejo uporabljati le tista sredstva in postopki, ki so predpisani v nemškem *Zveznem*

Preglednica 3: Pogoji vseh izbranih postopkov pranja

Pogoji pranja			PI	KU	BR	OP	TP
Takt (min)			3,0	3,5	3,0	2,5	3,0
Predpranje 1.–3. prekat	Pogoji	t (min)	9,0	10,5	9,0	7,5	9,0
		T(°C)	35	35	35	35	35
	PR SR (g/kg)		4,2	6,2	5,3	5,1	6,2
	DET EN (mL/kg)		–	–	–	1,0	–
Glavno pranje 4.–9. prekat	Pogoji	t (min)	18,0	21,0	18,0	15,0	18,0
		T(°C)	75–95	75–95	75–95	70–90	75–95
	PR SR (g/kg)		3,0	5,0	3,3	1,4	5,0
	BEL SR (mL/kg)		2,6	4,4	3,6	–	4,4
Razkuževanje 10. prekat	Pogoji	t (min)	3,0	3,5	3,0	2,5	3,0
		T(°C)	30–40	30–40	30–40	30–40	30–40
	RAZ SR (mL/kg)		1,2	3,0	1,2	2,1	1,2
Izpiranje 11.–12. prekat	Pogoji	t (min)	7,0	7,0	7,0	5,0	7,0
		T(°C)	30–40	30–40	30–40	30–40	30–40
	NEV SR (mL/kg)		0,4	1,0	0,4	1,0	1,0

zakonu o zaščiti pred okužbo. [15] Po teh zakonih morajo biti razkuževalni postopki pranja zaprti, strojna oprema oz. tipi strojev, ki izpolnjujejo tovrstne zahteve in so navedeni v RKI-seznamu; [16] uporabljajo pa se lahko le tista pralna sredstva in postopki, ki so predpisani v RKI-seznamu oz. DGHM-seznamu. [17] Zato je v tem programu uporabljena maksimalna količina belilnega sredstva (BEL SR), pralnega sredstva (PR SR) in razkuževalnega sredstva (RAZ SR).

2.3.3. Program pranja brisač (BR)

Kot tretji program smo izbrali program pranja brisač iz 100-odstotnega bombaža, da bi raziskali kakovost pranja frotirja. Zaradi ohranitve barv potiskanih vzorcev je v tem programu uporabljena minimalna količina pralnih sredstev. Ker gre za srednje umazane tekstilije, je uporabljena srednja količina pralnega sredstva (PR SR) in belilnega sredstva (BEL SR).

2.3.4. Program pranja operacijskih tekstilij (OP)

Kot četrti program smo izbrali program pranja zelenih operacijskih tekstilij iz 100-odstotnega bombaža. Glede na evropska standarda (En 13795-1:2003; prEN 13795-2:2003) spadajo operacijske tekstilije med medicinske pripomočke, ki jih je treba razkuževalno oprati. Zaradi ohranitve zelene barve ni uporabljeno belilno sredstvo. V programu predpranja pa smo uporabili encimsko sredstvo za odstranjevanje krvnih madežev (DET EN). Ker gre za srednje umazane tekstilije, je uporabljena srednja količina pralnega sredstva (PR SR) in razkuževalnega sredstva (RAZ SR).

2.3.5. Program pranja tetrapodlog (TP)

Kot peti program smo izbrali program pranja tetrapodlog (plenic) iz 100-odstotnega bombaža. Ker gre za

močno umazane tekstilije, ki vsebujejo človeške izločke (urin, fekalije), je uporabljena velika količina pralnega sredstva (PR SR) in belilnega sredstva (BEL SR).

2.4 Pralni stroji

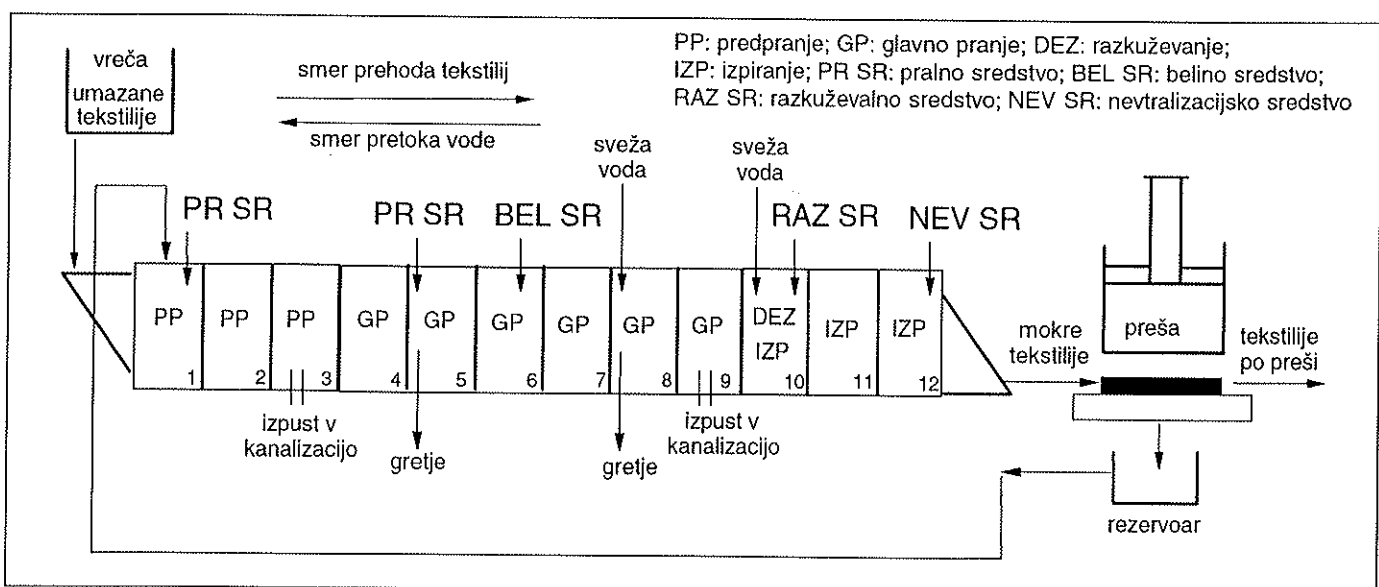
V bolnišnični pralnici smo uporabili protitočno pralno linijo z zmogljivostjo 50 g tekstilij/prekat. V pralno linijo smo dozirali 35 kg tekstilij s 100 litri vode na prekat in tako dosegli kopelno razmerje 1:3. Tekstilije so se dovajale v prvi prekat s pnevmatsko napravo, ki v vrečah avtomatizirano prenaša umazane tekstilije iz sortirnice. V prvih treh prekatih je v obeh pralnih linijah potekalo predpranje s povračilno vodo iz glavnega pranja in iztiskanja vode iz tekstilij s prešo, ki se je zbiralo v rezervoar. V prvi prekat se je dovajalo pralno sredstvo za predpranje (PP). Temperatura vode za predpranje je bila približno 35 °C. Glavno pranje (GP) je potekalo od 4. do 9. prekata. Voda za glavno pranje se je grela v 4. in 6. prekatu. Sveža voda za glavno pranje je dotekala v 8. prekat. V preostalih prekatih je potekalo izpiranje (IZP), pri čemer je v prvem prekatu za izpiranje sočasno potekalo tudi razkuževanje (DEZ) in dotekala sveža voda za izpiranje. Izpust vode je potekal po zadnjem prekatu za predpranje in zadnjem prekatu za glavno pranje.

2.5 Vrednotenje barvnih razlik in beline

Barvne razlike in belino smo izmerili na spektrofotometru (Spectroflash SF 600 Plus).

Barvne razlike

Princip barvnih razlik temelji na določanju razlik koordinat v barvnem prostoru (ΔL^* , Δa^* , Δb^*) in izračunu



Slika 1: Shema protitočne pralne linije

celotne barvne razlike ΔE^* , razliko svetlosti ΔL^* , razliko na osi rdeče/zeleno Δa^* in razliko na osi rumeno/modro Δb^* [18-19]:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

$$\Delta L^* = L^*_{\text{vzorca}} - L^*_{\text{standarda}} \quad (2)$$

$$\Delta a^* = a^*_{\text{vzorca}} - a^*_{\text{standarda}} \quad (3)$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{vzorca}} - b^*_{\text{standarda}} \quad (4)$$

$$L^* = 116 \cdot \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_n}} - 16 \quad (5)$$

$$a^* = 500 \cdot \left[\sqrt[3]{\frac{X}{X_n}} - \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_n}} \right] \quad (6)$$

$$b^* = 200 \cdot \left[\sqrt[3]{\frac{Y}{Y_n}} - \sqrt[3]{\frac{Z}{Z_n}} \right] \quad (7)$$

Pri tem velja: ΔE^* je celotna barvna razlika, ΔL^* je razlika svetlosti, Δa^* je razlika na osi rdeče/zeleno, Δb^* je razlika na osi rumeno/modro, L^* je svetlost, a^* je lega barve na rdeče-zeleni osi, b^* je lega barve na rumeno-modri osi, C^* je kroma oz. delež čiste komponente v neki barvi, b je pestrost barve oz. razporeditev po barvnem krogu, X_n , Y_n , Z_n so standardizirane vrednosti za BaSO₄ pri 10° zornem kotu in svetlobi D65 in X, Y, Z so standardizirane barvne vrednosti.

Belina

Kot absolutno bela je definirana barva objekta, ki popolnoma odbija vpadlo svetlobo v celotnem območju vidnega spektra. Za belo barvo štejemo tudi njene različne odtenke, ki imajo visoke vrednosti svetlosti L^* ter nizke vrednosti za kromo C^* . Pestrost b odločilno vpliva na vidno zaznavo beline, saj npr. modri odtenki povečajo občutek beline, rumeni pa ga zmanjšajo. Belino opredelimo s stopnjo beline in barvnim tonom [18-19]:

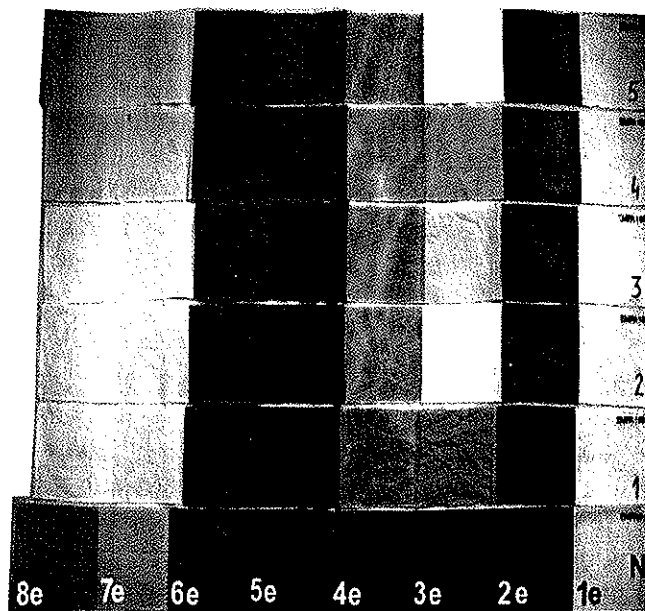
$$W_{CIE} = Y + 800 \cdot (x_n - x) + 1700 \cdot (y_n - y) \quad (8)$$

$$TV_{CIE} = 900 \cdot (x_n - x) - 650 \cdot (y_n - y) \quad (9)$$

Tu velja: W_{CIE} je stopnja beline po CIE, x , y , z so standardizirani barvni deleži, $x_n = 0,3138$, $y_n = 0,3310$ (vrednosti belega standarda), TV_{CIE} je odstopanje barvnega tona po CIE.

3.0 REZULTATI Z RAZPRAVO

Iz slike 2 je razvidno, da so imeli vsi kosi *beljenega bombaža* (1e), s katerim smo ugotavljali fluorescenco optičnih belilcev in posedanje madežev, večjo belino kot pred pranjem.



Slika 2: Primarni učinki pranja na EMPA-tkaninah v izbranih postopkih pranja

N: neoprana EMPA-tkanina; 1: Program pranja pižam (PI); 2: Program pranja tekstilij s sumom okuženosti (KU); 3: Program pranja brisač (BR); 4: Program pranja operacijskih tekstilij (OP); 5: Program pranja tetra podlog (TP); 1e: beljeni bombaž; 2e: bombaž z madežem saje/olje; 3e: bombaž z madežem krvi; 4e: bombaž z madežem kakava; 5e: bombaž s kombiniranim madežem kri/mleko/saje; 6e: bombaž z žveplovim barvilom; 7e: surovi bombaž; 8e: bombaž z madežem rdečega vina.

Kosa bombaža s kombiniranim standardnim madežem *saje/olje* (2e) za določevanje učinkovitosti pranja sta najtemnejša pri pranju pižam in tetrapodlog.

Naslednji trije kosi so bili namenjeni ugotavljanju čistilnih učinkov postopkov pranja na organske pigmente in beljakovinske madeže: bombaž s standardnim madežem *krvi* (3e), bombaž s standardnim madežem *kakava* (4e) in bombaž s kombiniranim standardnim madežem *kri/mleko/saje* (5e). Iz slike 2 je razvidno, da je madež krvi najbolje odstranjen pri pranju tekstilij s sumom okuženosti in tetrapodlog. Barvne razlike bombaža s standardnim madežem *kakava* (4e) in bombaža s kombiniranim standardnim madežem *kri/mleko/saje* (5e) so pri vseh treh vrstah pigmentnih madežev približno enake.

Z zadnjimi tremi kosi smo ugotavljali belilno učinkovitost postopkov pranja. Šesti kos je bil bombaž, obarvan z *žveplovim barvilom* (6e), sedmi kos je bil *surovi bombaž* (7e) in osmi kos bombaž s standardnim madežem *rdečega vina* (8e). Razvidno je, da so barvne razlike zadnjih treh kosov v vseh petih postopkih pranja približno enake. Pri vseh kosih EMPA-tkanin smo opazili zmanjšanje dimenzij kot posledico krčenja bombaža pri višji temperaturi pranja. Izvedli smo tudi analizo sekundarnih učinkov pranja glede na določila po RAL-GZ 992 [20] in so bili vsi parametri v tolerančnih mejah (podatki niso prikazani).

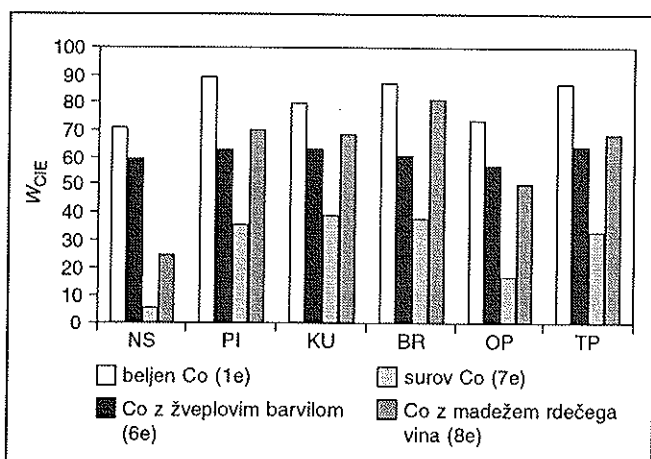
Preglednica 4: Rezultati barvne metrike na EMPA-tkanini za določanje fluorescence optičnih belilcev, posedanja madežev in belilne učinkovitosti pranja

	Parameter	NP	PI (1)	KU (2)	BR (3)	OP (4)	TP (5)
Standardni vzorec: beljeni bombaž (1e)	W_{CIE}	71,1	89,6	80,0	87,3	73,9	86,7
	TV_{CIE}	-1,0 (R1)	-1,6 (R2)	-1,2 (R1)	-1,7 (R2)	-0,9 (R1)	-1,6 (R2)
	ΔE^*	-	4,394	2,445	3,929	1,338	3,788
	ΔL^*	-	-0,306	-0,669	-0,338	-0,825	-0,382
	Δa^*	-	1,342	0,662	1,311	0,191	1,212
	Δb^*	-	-4,173	-2,257	-3,688	-1,035	-3,568
Standardni vzorec: bombaž s standardnim madežem žveplovega barvila (6e)	W_{CIE}	59,6	63,1	62,8	60,7	56,9	63,9
	TV_{CIE}	5,1 (G 5)	3,9 (G 4)	4,2 (G 4)	3,7 (G 4)	4,1 (G 4)	3,7 (G 4)
Standardni vzorec: surovi bombaž (7e)	W_{CIE}	5,3	35,7	39,4	38,1	16,7	33,6
	TV_{CIE}	-8,6 (RR)	-5,5 (R 5)	-4,9 (R5)	-5,5 (R 5)	-6,2 (RR)	-6,2 (RR)
Standardni vzorec: bombaž s standardnim madežem rdečega vina (8e)	W_{CIE}	25,0	70,3	68,7	80,9	50,1	68,7
	TV_{CIE}	-15,6 (RR)	-2,6 (R 3)	-3,0 (R 3)	-3,1 (R 3)	-4,4 (R 4)	-4,2 (R 4)

3.1 Fluorescenca optičnih belilcev, posedanje madežev in belilna učinkovitost pranja

Iz preglednice 4 in slike 3 je razvidno, da se je stopnja beline po CIE na kosu EMPA-tkanine iz *beljenega bombaža (1e)* nekoliko povečala v vseh postopkih pranja, vendar najmanj pri pranju operacijskih tekstilij. Razlika svetlosti je bila negativna pri vseh opranih vzorcih *beljenega bombaža (1e)*, kar je pomenilo, da so bili sicer vsi vzorci temnejši od neoprane standarda, vendar je bila belina večja pri vseh tekstilijah zaradi dodatka optičnih belilcev, ki so prekrili posivenje.

Iz stopnje beline po CIE EMPA-tkanine (slika 3) zadnjih treh kosov EMPA-tkanine s standardnim *madežem žveplovega barvila (6e)*, *surovega bombaža (7e)* in *bombaža s standardnim madežem rdečega vina (8e)*



Slika 3: Stopnja beline po CIE na različnih kosih EMPA-tkanine

NS: neoprana EMPA-tkanina; PI: program pranja pižam; KU: program pranja tekstilij s sumom okuženosti, BR: program pranja brisač; OP: program pranja operacijskih tekstilij; TP: program pranja tetrapodlog

vidimo, da je bila belina najnižja pri vseh treh kosih bombaža EMPA-tkanine, opranih v postopku pranja operacijskih tekstilij, saj niso bila prisotna belilna sredstva. Rezultati stopnje beline po CIE in odstopanje barvnega tona po CIE so bili približno enaki pri vseh izbranih postopkih pranja EMPA-tkanine s standardnim *madežem žveplovega barvila (6e)* in *surovega bombaža (7e)* (razen pri pranju operacijskih tekstilij).

V pralnem sredstvu (PR SR) so bili prisotni optični belilci, ki so povečali stopnjo beline po CIE opranih tkanin v vseh postopkih pranja, vendar najmanj v postopku pranja operacijskih tekstilij. Pri pranju zeleno obarvanih operacijskih tekstilij je prišlo do neizogibnega prenosa zelenega barvila na EMPA-tkanino. To je bilo razvidno tudi iz rezultatov razlike na osi rdeče/zeleno, saj je bil kos EMPA-tkanine iz *beljenega bombaža (1e)*, opran v postopku pranja operacijskih tekstilij, najmanj rdeč zaradi kombinacije prenosa zelenega barvila iz operacijskih tekstilij in posedanja madežev (krvi itd.). Razvidno je tudi, da je bila razlika svetlosti negativna pri vseh opranih vzorcih *beljenega bombaža (1e)*, kar je pomenilo, da so bili sicer vsi vzorci temnejši od neoprane standarda, vendar je bila belina večja pri vseh tekstilijah zaradi dodatka optičnih belilcev, ki so prekrili posivenje. Posivenje belih tkanin je bilo posledica posedanja madežev iz opranih tekstilij zaradi pranja močno umazanih bolnišničnih tekstilij.

Madež žveplovega barvila (6e) in *madež rdečega vina (7e)* sta bila pigmentna madeža, ki sta se dala odstraniti z belilnimi sredstvi. Ta so oksidirala in s tem kemično spremenila obarvane kromoforne skupine pigmentov v brezbarvne spojine [9]. Večjo belino bombaža lahko dosežemo s kemičnimi postopki z beljenjem ali pa z uporabo belilnih sredstev in optičnih belilcev, ki jih dodajamo v pralna sredstva.[19] Zato je učinkovito beljenje pomemben dejavnik pri pranju

tekstilij. Belina je bila najnižja pri madežih žveplovega barvila in rdečega vina EMPA-tkanine, opranih v postopku pranja operacijskih tekstilij, saj niso bila prisotna belilna sredstva. *Madež rdečega vina (8e)* se je uspešno odstranil v vseh izbranih postopkih pranja, kar nakazujejo višje stopnje beline po CIE po postopkih pranja. Najbolje se je odstranil pri pranju brisač, čeprav je bilo doziranje optičnih belilnih sredstev pri pranju tekstilij s sumom okuženosti in tetrapodlog večje kot pri pranju brisač. Vendar so tekstilije, oprane v postopkih pranja tekstilij s sumom okuženosti in tetrapodlog, vsebovale več nečistoč, za odstranjevanje katerih se je porabil del belilnih sredstev.

3.2 Učinkovitost pranja

Iz rezultatov razlike na osi rdeče/zeleno (preglednica 5) je razvidno, da je na EMPA-tkanini s kombiniranim standardnim madežem *saje/olje (2e)* na bombažu pri pranju operacijskih tekstilij ponovno prišlo do posedanja zelenega barvila na standardno tkanino, saj je imela najmanjšo vrednost v smeri rdečega. Prav tako vidimo iz rezultatov razlike na osi rumeno/modro, da pri pranju operacijskih tekstilij niso bila dodana belilna sredstva in je zato bila EMPA-tkanina s kombiniranim standardnim madežem *saje/olje* na bombažu po tem postopku bolj rumena. Preostali postopki so imeli približno enako učinkovitost pranja. Glavni prispevek celotnih barvnih razlik v vseh izbranih postopkih pranja so bile razlike v svetlosti.

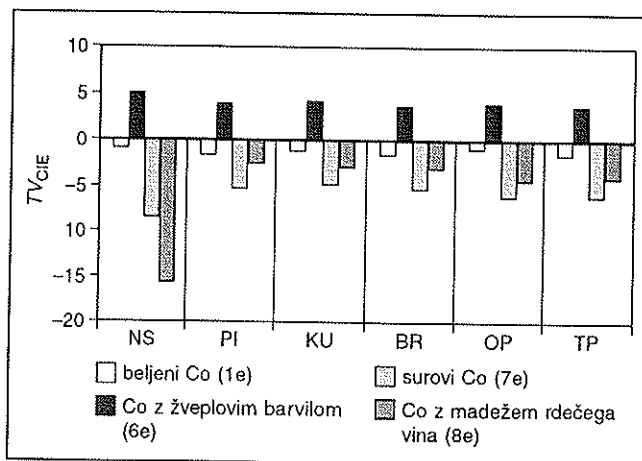
S kombiniranim standardnim madežem *saje/olje (2e)* na bombažu na EMPA-tkanini smo ugotavljali učinkovitost združenega delovanja tenzidov, ogrodnih snovi in mehanskih dejavnikov pri odstranjevanju madežev – učinkovitost pranja.^[10] Tenzidi so zaradi svoje amfifilne zgradbe, ki vključuje hidrofilni in lipofilni del, delovali kot emulgator za vodonetopne madeže, kot so maščobe, olja in disperzne pigmentne nečistoče. Ogrodnje snovi so povečale adsorpcijo tenzidov na medfazne površine in tako sodelovale pri odstranitvi delcev nečistoč s tekstilij. Saje so hidrofilni madež, na katerem so velikokrat vezane maščobne spojine, zato so bile tudi težko odstranljive^[9] in so dober indikator za pralno učinkovitost. Iz slike 3 je razvidno, da je bila razlika svetlosti pozitivna pri vseh opranih vzorcih bombaža (vsi vzorci so bili svetlejši od neoprane standarda), kar je pomenilo, da so bili pri odstranjeva-

nju madežev vsi postopki pranja učinkoviti. Najmanjše barvne razlike so bile pri preverjenem postopku pranja pižam, ki je vseboval najmanj pralnih (PR SR) in belilnih sredstev (BEL SR) in je zato bil najmanj agresiven postopek pranja. Ker so bile bolnišnične pižame potiskane z različnimi barvnimi vzorci in ker ponavadi niso zelo umazane, je bil nastavljeni program za učinkovito pranje teh tekstilij zadosten.

Na EMPA-tkanini s kombiniranim standardnim madežem *saje/olje* na bombažu je pri pranju operacijskih tekstilij ponovno prišlo do posedanja zelenega barvila na standardno tkanino, saj je imela najmanjšo vrednost v smeri rdečega. Prav tako je iz rezultatov razlike na osi rumeno/modro razvidno, da pri pranju operacijskih tekstilij niso bila dodana belilna sredstva in je zato bila EMPA-tkanina s kombiniranim standardnim madežem *saje/olje* na bombažu po tem postopku bolj rumena. Preostali postopki so imeli približno enako učinkovitost pranja. Glavni prispevek celotnih barvnih razlik v vseh izbranih postopkih pranja so bile razlike v svetlosti.

3.3 Učinkovitost čiščenja organskih pigmentov in beljakovinskih madežev

Iz rezultatov v preglednici 6 vidimo, da je bil *krvni madež (3e)* na EMPA-tkanini uspešno odstranjen v postopkih pranja tekstilij s sumom okuženosti in tetra-



Slika 4: Odstopanje barvnega tona po CIE na različnih kosih EMPA-tkanine

NS: neoprana EMPA-tkanina; PI: program pranja pižam; KU: program pranja tekstilij s sumom okuženosti, BR: program pranja brisač; OP: program pranja operacijskih tekstilij; TP: program pranja tetrapodlog

Preglednica 5: Rezultati barvne metrike na EMPA-tkanini za določanje učinkovitosti pranja

	Parameter	PI (1)	KU (2)	BR (3)	OP (4)	TP (5)
Standardni vzorec: bombaž s kombiniranim standardnim madežem saje/olje (2e)	ΔE^*	8,010	19,649	15,590	19,916	15,382
	ΔL^*	7,842	19,568	15,527	19,910	15,353
	Δa^*	0,813	0,876	0,578	0,282	0,550
	Δb^*	-1,621	-1,549	-1,269	0,405	-0,767

Preglednica 6: Rezultati barvne metrike na EMPA-tkanini za določanje učinkovitosti čiščenja organskih pigmentov in beljakovinskih madežev

	Parameter	PI (1)	KU (2)	BR (3)	OP (4)	TP (5)
Standardni vzorec: bombaž s standardnim madežem krvi (3e)	ΔE^*	27,462	40,048	34,116	29,907	42,780
	ΔL^*	26,671	37,880	33,437	29,208	39,858
	Δa^*	-3,780	-7,647	-6,667	-5,683	-7,420
	Δb^*	5,341	-10,511	1,163	3,005	-13,654
Standardni vzorec: bombaž s standardnim madežem kakava (4e)	ΔE^*	9,707	15,733	20,265	12,464	13,306
	ΔL^*	7,843	10,463	14,085	8,492	8,254
	Δa^*	-1,270	-2,283	-3,021	-2,873	-1,816
	Δb^*	-5,576	-11,526	-14,253	-8,659	-10,277
Standardni vzorec: bombaž s kombiniranim standardnim madežem kri/mleko/saje (5e)	ΔE^*	10,330	11,572	11,170	15,013	19,874
	ΔL^*	8,812	10,648	9,861	14,210	19,019
	Δa^*	0,516	0,663	0,699	0,173	0,717
	Δb^*	-5,366	-4,484	-5,205	-4,839	-5,723

podlog, v katerih je bilo najvišje doziranje belilnih in pralnih sredstev, saj so barvne razlike največje, kar je tudi razvidno iz slik 2 in 4. Približno enaki rezultati barvnih razlik odstranjevanja madeža kakava (4e) in kombiniranega *madeža kri/mleko/saje* (5e) nakazujejo, da je bila mehanika oz. sposobnost odstranjevanja kombiniranega madeža z encimi približno enaka pri vseh preizkušanih postopkih pranja.

Madež krvi (3e) je beljakovina, ki se je zaradi svoje polimerne strukture adsorbirala na porozno tekstilno površino, [10] zato je bilo odstranjevanje tega madeža odvisno od sposobnosti depolimerizacije beljakovinske molekule z encimi v kombinaciji z alkalnimi in ogrodnimi snovmi ter tenzidi. Če krvni madeži niso zastarani, jih lahko odstranijo tudi belilna sredstva pri višjih temperaturah. Krvni madež na EMPA-tkanini je bil uspešno odstranjen pri pranju tekstilij s sumom okuženosti in tetrapodlog, v katerih je bilo najvišje doziranje belilnih in pralnih sredstev, saj so barvne razlike največje. Nekoliko slabše je bil krvni madež odstranjen v drugih izbranih postopkih pranja, tudi pri pranju operacijskih tekstilij, kljub dodatku detergenta z encimom (DET EN) za odstranjevanje beljakovinskih madežev, in sicer pri pravilnem doziranju 1 mL/kg tekstilij. Vendar je encim namenjen namakanju pri temperaturi med 55 °C in 60 °C in optimalnemu času delovanju od 10 min do 20 min, kar ni bilo doseženo, saj je namakanje potekalo pri 35 °C in je trajalo le 7,5 min.

Madež kakava (4e) je vseboval pigmente v obliki polifenolov, ki se lahko pri pranju odstranijo že z mehanskim delovanjem. Tako je EMPA-tkanina iz bombaža s standardnim madežem kakava indikator za mehansko učinkovitost pranja. V vseh izbranih postopkih pranja je bila prisotna enaka mehanika, kar je bilo razvidno iz približno enakih rezultatov barvnih razlik odstranjevanja madeža kakava. Razlike v rezultatih celotnih barvnih razlik so bile posledica različnih belilnih učinkov v postopkih pranja.

Kombiniran standardni *madež kri/mleko/saje* (5e) na bombažni EMPA-tkanini je bil indikator za določanje učinkovitosti delovanja encimov pri pranju. Vrednosti celotnih barvnih razlik so bile približno enake, saj v nobenem postopku pranja ni bil prisoten učinkovit encim za odstranjevanje takšne kombinacije madežev.

4.0 SKLEPI

Pri določanju primarnih učinkov pranja s pomočjo standardne tkanine s standardnimi madeži (EMPA-tkanina) v vseh petih izbranih postopkih pranja (programi pranja pižam, tekstilij s sumom okuženosti, brisač, operacijskih tekstilij in tetrapodlog), s katerimi smo ugotavljali čistilno moč pranja oz. sposobnost odstranjevanja madežev po enem ciklu pranja, smo ugotovili, da je kakovost pranja primerna v vseh preverjenih postopkih pranja.

Rezultati stopnje beline kosa so pokazali, da je bila stopnja beline po CIE nekoliko višja v vseh preverjenih postopkih pranja zaradi uporabe optičnih belilcev v pralnem sredstvu. V vseh izbranih postopkih pranja smo opazili znižanje svetlosti zaradi posedanja madežev iz močno umazanih bolnišničnih tekstilij.

Barvne razlike so pokazale, da so bili sicer vsi postopki pranja učinkoviti pri odstranjevanju madežev, pri čemer je bilo razmerje med učinkovitostjo odstranjevanja madeža (večja svetlost) sorazmerna z doziranjem belilnih sredstev.

Ugotovili so tudi, da je bilo odstranjevanje pigmentov in beljakovinskih madežev pri vseh izbranih postopkih nekoliko slabše. Nižje je bilo doziranje belilnih sredstev, slabša je bila učinkovitost odstranjevanja *madeža*.

Iz rezultatov učinkovitosti delovanja encimov je bilo na podlagi nizkih vrednosti barvnih razlik razvidno, da niso bili uporabljeni učinkoviti encimi v izbranih

postopkih pranja. V postopku pranja operacijskih tekstilij smo sicer uporabili detergent z encimom (DET EN) za odstranjevanje krvi, vendar je encim namenjen namakanju pri temperaturi med 55 °C in 60 °C in optimalnem času delovanja od 10 min do 20 min, kar ni bilo doseženo, saj je namakanje potekalo pri 35 °C in je trajalo le 7,5 min. Zato je bila učinkovitost encima nezadostna.

Stopnja beline po CIE je bila višja pri vseh preverjenih postopkih pranja, razen program pranja zelenih operacijskih tekstilij, v katerem niso dodana belilna sredstva.

Zabvala

Zabvaljujemo se Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) za finančno podporo v obliki podoktorskega projekta števil. Z2-7076-0795.

VIRI

- [1] FIJAN, S., ŠOSTAR-TURK, S. in CENCIČ, A. Sanitarno-mikrobiološke preiskave bolnišničnih tekstilij, negovanih v pralnicah. *Tekstilec*, 2004, let. 47, št. 9/12, str. 315–320.
- [2] FIJAN, S., ŠOSTAR-TURK, S. in CENCIČ, A. Implementing hygiene monitoring systems in hospital laundries in order to reduce microbial contamination of hospital textiles. *J. Hosp. Infect.*, 2005, vol. 61, iss. 1, p. 30–38.
- [3] FIJAN, S., POLJŠAK-PRIJATELJ, M., STEYER, A., KOREN, S., CENCIČ, A. in ŠOSTAR-TURK, S. Rotaviral RNA found in wastewaters from hospital laundry. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 2006, vol. 209, iss. 1, p. 97–102.
- [4] FIJAN, S., ŠOSTAR-TURK, S., CENCIČ, A. Potencialno patogeni mikroorganizmi i postopci osiguranja higijene u pralnicama tekstilija. *Tekstil*, 2005, vol. 54, no. 2, p. 53–60.
- [5] FIJAN, S. in ŠOSTAR-TURK, S. Higijena v pralnicah s tekstilijami iz živilske industrije. *Tekstilec*, 2002, let. 45, št. 9/10, str. 297–300.
- [6] FIJAN, S., ŠOSTAR-TURK, S. in CENCIČ, A. Reducing microbial contamination in hospital textiles – even «clean» ones. *Life sciences BTR*, Fall 2005, iss. 5, p. 60–63.
- [7] FIJAN, S., ŠOSTAR-TURK, S., CENCIČ, A. in HERIČKO, K. Preprečevanje nevarnih infekcijskih bolezni s pravilno nego okuženih tekstilij. *Tekstilec*, 2006, let. 49, št. 1/3, str. 26–29.
- [8] PUŠIČ, T., ŠOSTAR-TURK, S., SOLJAČIČ, I., TARBUK, A., FIJAN, R. in ARNUŠ, S. Primarni učinak praškastog i tekućeg deterženta u pranju. *Tekstil*, 2006, vol. 55, no. 1, p. 11–16.
- [9] ZOLLER, U. *Handbook of detergents*. Part A: Properties. Marcel Dekker, New York, Basel, 1999.
- [10] EMPA: Evaluation of detergents and washing processes with artificially soiled fabrics. EMPA testmaterials, St. Gallen, 2002.
- [11] JAKOBI, G., LÖHR. *Detergents and Textile Washing*, Basel, 1987.
- [12] BECHSTEDT, W., KREYSEL, M., SCHNEPF, C., AMBERG, G., MERZ, T., FELDMAN, W. in EVERTS, F. *Professionales Waschen. Henkel Hygiene Düsseldorf*, 1994.
- [13] ŠOSTAR-TURK S. in FIJAN S. Merila za kakovostno pranje tekstilij. V 33. simpozij o novostih v tekstilstvu, Ljubljana, 14.–15. 6. 2000. Zbornik predavanj in posterjev. Uredila Diana Gregor-Svetec. Ljubljana: Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 2000, str. 207–214.
- [14] *Unfallverhütungsvorschrift Wäscherei – UVV VBG 7y*, januar 1993.
- [15] Nemški *Zvezni zakon o zaščiti pred okužbo* (Infektionsschutzgesetz – InfSG). Veljaven od 20/6-2000.
- [16] *Liste der von Robert-Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und- verfahren*. (nemški Seznam preizkušenih in s strani RKI priznanih razkuževalnih sredstev in postopkov), stanje 31/5-2002 (14. izd.), Berlin, 2002.
- [17] *Liste der von Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie geprüften und als wirksam befundenen Desinfektionsverfahren* (Nemški Seznam preizkušenih in s strani DGHM potrjenih učinkovitih razkuževalnih postopkov), stanje 4/2-2002.
- [18] GOLOB, V. *Barvna metrika*, Skripta za VS študijski program, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor, 2001.
- [19] LEGAT, D. *Barvna metrika*, Zbrano gradivo (referati in članki). Maribor : Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta, Inštitut za tekstilno kemijo, 1991.
- [20] Šostar-Turk S., Fijan S. *Navodila za pridobitev Certifikata kakovostne nege tekstilij RAL-GZ 992 v pralnicah v Republiki Sloveniji*. Maribor : Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, 2003.

Prispelo/received: 06-2006; sprejeto/accepted: 09-2006

Popravek

V števil. 1-3/2006 revije *Tekstilec*, na 27. strani je bilo zapisano, da je nosilec MRSA v populaciji: 30 do 40 %, pri medicinskem osebju pa je ta delež 70 %. Podatki so bili navedeni v literaturi: *Hohensteiner Wäscherei Informationen* števil. 141: Umgang mit MRSA-infizierter Wäsche, Dr. Dirk Höfer, Dr. Maximilian Swerev, Hohenstein Institute. Vendar pa so se avtorji te literature zmotili, saj podatki veljajo za *Staphylococcus aureus*. Pravilen stavek se glasi: "Okrog 30 % celotnega prebivalstva je nosilec *Staphylococcus aureus* (nadalje ostajajo v nosno-žrelnem prostoru), pri medicinskem osebju je ta delež nekoliko večji." (Grundmann H., Aires-de-Sousa M., Boyce J. and Tiemersma E. Emergence and resurgence of meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* as a public-health threat, *The Lancet*, In Press, Corrected Proof, Available online 21 June 2006, Sheretz RJ, Reagan DR, Hampton KD, Robertson KL, Streed SA, Hoen HM, Thomas R, Gwaltney JM. A cloud adult: the *Staphylococcus aureus*-virus interaction revisited. *Annals of Internal Medicine* 1996, 124(6):539-47.)

Za nastalo napako se iskreno opravičujemo. Avtorji.