

Eva Illec¹, Brigita Tomšič², Aleš Hladnik², Metka Žerjav³, Andrej Simončič³ in Barbara Simončič¹

¹Pokrajinski muzej Ptuj-Ormož

²Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo

³Kmetijski inštitut Slovenije

Protimikrobna zaščita tkanin, hranjenih v naravnih klimatskih razmerah

Antimicrobial Protection of Fabrics Stored under Natural Climate Conditions

Izvirni znanstveni članek/*Original Scientific Paper*

Prejeto/Received 09–2012 • Sprejeto/Accepted 10–2012

Izvleček

Namen raziskave je bil proučiti vpliv surovinske sestave vlaken in klimatskih razmer na učinkovitost sodobne protimikrobne sol-gel apreture na podlagi dimetil-tetradecil-[3-(trimetoksisilil)-propil] amonijevega klorida (Si-QAC), nanesene na bombažno, svileno in volneno tkanino, ki se največkrat uporabljajo pri konserviranju-restavriranju zgodovinskih tekstilij. Sredstvo Si-QAC je bilo naneseno po izčrpalnem postopku pri koncentraciji sola, enaki 0,5 odstotka na maso blaga. Prisotnost apreture na površini tkanin je bila potrjena z rentgensko fotoelektronsko spektroskopijo. Protimikrobna aktivnost sredstva je bila ocenjena na podlagi določitve stopnje adsorpcije gliv iz zraka in hitrosti njihovega razširjanja po vlaknih v času hranjenja tkanin v štirih prostorih pri različnih naravnih klimatskih razmerah. Iz rezultatov je bilo razvidno, da sredstvo Si-QAC pri uporabljeni koncentraciji ni zagotovilo biocidne zaščite proučevanih tkanin. Njegova prisotnost je zavrla rast gliv na bombažni tkanini, kar pa ni bilo opaziti pri svileni in volneni tkanini. Stopnja rasti gliv na tkaninah je bila neposredno odvisna tudi od nihanja temperature, relativne vlažnosti in onesnaženosti zraka v prostorih. Nanos apreture je povečal hidrofobnost in zmanjšal elektrostatičnost vseh proučevanih tkanin, kar je pozitivna lastnost apreture. Ključne besede: protimikrobna zaščita, naravna vlakna, konserviranje-restavriranje, vpliv surovinske sestave vlaken, vpliv klimatskih razmer, omočljivost, elektrostatičnost

Abstract

The aim of the research was to investigate the influence of fibre composition and the climatic conditions on the effectiveness of contemporary antimicrobial sol-gel finishing based on dimethyl-tetradecyl-(3-trimethoxysilylpropyl) ammonium chloride (Si-QAC). The agent was applied to cotton, silk and wool fabrics, which are mostly used in the conservation and restoration procedures on historical textiles. The agent was applied with the exhaustion method at the sol concentration of 0.5% of weight of fabric. The presence of coating on the fabric surface was confirmed with the X-ray photoelectron spectroscopy. The antimicrobial activity of the agent was estimated by determining the rate of adsorption of fungi from the air and by determining the velocity of their distribution on fibres during the storage in four different natural climatic conditions. The results showed that the agent Si-QAC at the used concentration did not provide the biocidal protection of the studied fabrics. The presence of the agent inhibited the rate of adsorption of fungi from the air only in the cotton fabric, whereas this phenomenon was not obtained for the woollen and silk fabrics. The rate of growth of fungi on the fabrics was directly influenced by the fluctuations in temperature and relative humidity, as well as the air pollution in the space of storage. The application of the agent increased hydrophobicity and decreased the electrostatic properties of the studied fabric, which is a positive feature of the coating.

Keywords: antimicrobial protection, natural fibres, conservation-restoration, influence of fibre composition, influence of climatic conditions, wettability, electrostatic properties.

Vodilna avtorica/Corresponding author:

Red. prof. dr. Barbara Simončič

Tel. 00386 1 200 32 31

e-pošta: barbara.simoncic@ntf.uni-lj.si

Tekstilec, 2012, letn. 55, št. 4, str. 286–295

1 Uvod

Tekstilna dediščina, ki jo hranijo muzeji, galerije in tudi zasebni lastniki, je pomemben del naše kulturne dediščine, ki nam podaja zgodovinsko, socialno in tehnološko informacijo o nastanku, uporabi, pomenu tekstilij in navsezadnje o načinu življenja v prejšnjih stoletjih [1].

Veliko zgodovinskih tekstilij se je zaradi neprimerne rokovanja in neustreznih pogojev hranjenja skozi stoletja precej poškodovalo. Med zunanji dejavniki, ki pomembno vplivajo na razkroj naravnih vlaken, so biološki dejavniki [2]. Mednje spadajo mikroorganizmi, ki povzročajo biorazgradnjo vlaken, katerih delovanje na začetku težko opazimo, povzročajo pa postopno, vendar nepopravljivo škodo na tekstilnih predmetih [3, 4]. Le-ta se kaže v obarvanih madežih na površini tekstilij ter postopoma na razkrojenih vlaknih. Za ohranjanje tekstilne dediščine skrbijo konservatorji-restavratorji, katerih naloga je izvajati konservatorsko-restavratorske posege in zagotavljati optimalne razmere hranjenja. Zelo pereč problem so v muzejih prav neustrezni pogoji, v katerih se nahajajo tekstilije, saj se ob povišani temperaturi in relativni vlažnosti zraka mikroorganizmi hitreje razvijajo [5].

Osnovno vodilo konservatorjev-restavratorjev pri delu je, da predmetom ne glede na poškodovanost tudi po posegih ne spremenimo njihovih kemijskih in fizikalnih lastnosti. Zato pri konserviranju-restavriranju ne smemo uporabljati tekstilnih pomožnih sredstev, ki se vežejo na vlakna zgodovinske tekstilije, saj se s tem spremenijo lastnosti originalnega tekstilnega predmeta, kar je s konservatorskega vidika neetično. Lahko pa jih uporabljamo za nove tekstilne materiale, ki jih vstavljamo v originalno tkivo ter jim s tem izboljšamo funkcionalne lastnosti. Pomembna faza konservatorsko-restavratorskih posegov je prav priprava novih tekstilnih materialov, s katerimi stabiliziramo poškodbe. Pri tem se mora nova tkanina ujemati z originalom v tehniki tkanja in barvnem tonu, zaželeno pa je tudi zaščita pred biorazgradnjo, saj konserviran in restavriran tekstil po posegih ni vedno hranjen v ustreznih klimatskih razmerah.

S sodobnimi protimikrobnimi sredstvi lahko uspešno zavremo biorazgradnjo tekstilnih vlaken [6–8]. Za zaščito novega tekstilnega materiala, ki ga uporabljamo pri konservatorsko-restavratorskih posegih, so primerna le tista protimikrobna sredstva, ki so kemijsko vezana na vlakna, se ne sprostijo v

okolico in ne prehajajo na zgodovinsko tekstilijo. Na površini vlaken oblikujejo apreturo, ki deluje po principu tvorbe biološke ovire. Med njimi so tudi organosilicijevi polimeri, pri katerih je na glavno polisiloksansko verigo vezana kvarтерна amonijevega spojina, za katero je znano, da deluje protimikrobno [9, 10]. Na trgu so kot sol-gel prekursorji, ki lahko na vlaknih oblikujejo nanokompozitni tridimenzionalni visoko urejeni polimerni film [11–13]. V prisotnosti funkcionalnih skupin vlaken se lahko z njimi kemijsko povežejo, kar daje apreturnemu filmu visoko trajnost.

Namen raziskave je bil pripraviti sodobno sol-gel protimikrobno apreturo na bombažni, svileni in volneni tkanini, ki jih najpogosteje uporabljamo pri konserviranju-restavriranju tekstilij. Pri tem smo želeli ugotoviti zaščitne lastnosti apreture v naravnem muzejskem okolju, kjer je problematika razvijanja mikroorganizmov zelo prisotna. Kot protimikrobno sredstvo smo izbrali tržni proizvod na podlagi dimetil-tetradecil-[3-(trimetoksisilil)-propil]amonijevega klorida, za katerega smo v naši predhodni raziskavi [7] že določili bakteriostatično aktivnost na bombažni tkanini proti bakteriji *Escherichia coli* ter dvema vrstama gliv, *Aspergillus niger* in *Chaetomium globosum*. Sredstvo smo uporabili pri koncentraciji, ki jo priporoča izdelovalec. Ker smo domnevali, da na učinkovitost protimikrobnega sredstva vplivajo surovinska sestava vlaken in klimatske razmere, smo tekstilije hranili v prostorih pri različni temperaturi, relativni vlažnosti in onesnaženju zraka. Prav tako nas je zanimalo, ali prisotnost apreture vpliva na omočljivost in elektrostatičnost vlaken, to je na lastnosti, ki pomembno vplivata na stopnjo adsorpcije mikroorganizmov in pogoje njihove rasti.

2 Materiali in metode

2.1 Materiali

V raziskavi smo uporabili alkalno izkuhano in beljeno bombažno tkanino (vezava platno, ploščinska masa 120 g/m²), oprano nebeljeno svileno tkanino (vezava platno, ploščinska masa 75 g/m²) in prano nebeljeno volneno tkanino (vezava platno, ploščinska masa 75 g/m²).

Izbrali smo protimikrobno apreturno sredstvo Sanitized T 99-19 (Sanitized, Švica) na podlagi dimetil-tetradecil-[3-(trimetoksisilil)-propil]amonijevega klorida (Si-QAC).

2.2 Nanos protimikrobnega sredstva

Sredstvo Si-QAC smo nanесли po izčrpalnem postopku, ki je najprimernejši za postopke konserviranja-restavriranja tekstilij. V skladu s priporočili izdelovalca [14] smo uporabili 0,5-odstotni Si-QAC na maso suhega blaga. Impregnirno kopel smo pripravili v deionizirani vodi v kopelnem razmerju 20 : 1 pri pH 5 (uravnavali s CH₃COOH) ter v njej ob stalnem mešanju obdelovali vzorce tkanin 30 minut pri temperaturi 40 °C. Po impregniranju smo vzorce položili na ravno podlago ter jih najprej posušili pri sobni temperaturi, nato pa pri temperaturi 80 °C. V preglednici 1 so predstavljene oznake vzorcev v povezavi s surovinsko sestavo tkanine in koncentracijo Si-QAC.

Preglednica 1: Oznake vzorcev tkanin glede na surovinsko sestavo tkanine in obdelavo.

Surovinska sestava tkanine	Obdelava	Oznaka vzorca
Bombaž	neapretirana	CO-N
	apretirana z 0,5-% Si-QAC	CO-A
Svila	neapretirana	SE-N
	apretirana z 0,5-% Si-QAC	SE-A
Volna	neapretirana	WO-N
	apretirana z 0,5-% Si-QAC	WO-A

2.3 Rentgenska fotoelektronska spektroskopija (XPS)

Vzorci tkanin smo analizirali z X-žarkovno fotoelektronsko spektroskopijo (XPS ali ESCA), ki smo jo opravili na spektrofotometru PHI-TFA XPS (Physical Electronics Inc.). Premer mesta analize je bil 0,4 mm in globok 3–5 nm. Ta visoka površinska občutljivost je osnovna značilnost metode XPS. Površine vzorca so bile vzbujene z rentgenskim sevanjem iz monokromatskega Al izvora pri fotoniki energiji 1,486 eV.

Spektri C 1s, S 1s, O 1s, N 1s in Si 2p so bili doseženi z energijsko resolucijo približno 1.0 eV s pasovno energijo 58 eV. Kvantitativna določitev kemijske sestave je bila določena na podlagi intenzitet trakov, izmerjenih na treh različnih mestih vsakega vzorca.

2.4 Tankoplastno pronicanje v horizontalni smeri

Metodo tankoplastnega pronicanja v horizontalni smeri smo izvedli po Chibowskem [15]. Vzorce tkanin smo narezali na trakove, široke 1 cm in dolge 30 cm, in jih 30 minut sušili pri temperaturi 100 °C. Suh vzorec smo vstavili med stekleni ploščici z merilom. Tako vstavljen vzorec smo previdno približali robu petrijevke z deionizirano vodo ter vzpostavili stik z vodo in vzorcem tkanine. Ko je voda začela pronicati v vzorec tkanine, smo merili čas, v katerem je voda opravila določeno pot v tkanini. Za vsak vzorec tkanine smo opravili najmanj deset meritev ter kot rezultat podali povprečno vrednost.

2.5 Prirastek mase po potopu

Za določitev prirastka mase po potopu vzorcev v vodo smo uporabili vzorce, velike 5 cm x 2 cm. Vzorec smo stehali, ga za minuto potopili v hladno destilirano vodo, ga s pinceto izvlekli, ga otrsli in omočenega zopet stehali. Za vsako apreturo smo opravili po osem meritev. Iz dobljenih mas suhih in omočenih vzorcev smo izračunali prirastek mase po potopu po naslednji formuli [16]:

$$\Delta m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100 [\%]$$

pri čemer je m_1 masa tkanine pred potopom, m_2 masa tkanine po potopu, Δm pa prirastek mase po potopu.

2.6 Elektrostatičnost

Električno strukturno upornost neapretiranih in apretiranih vzorcev bombažne, svilene in volnene tkanine smo izmerili na Inštitutu za celulozo in papir v Ljubljani na aparatih Agilent 4339B High Resistance Meter in Agilent 16008B Resistivity Cell (Agilent Technologies, USA). Meritve smo opravili v skladu s standardom ASTM D 257 na vzorcih, velikih 12 cm x 12 cm pri naslednjih pogojih: temperatura 23 ± 1 °C, relativna vlažnost zraka 50 ± 2 %, čas naelektritve 60 s, napetost 500 ± 5 V in obremenitev med elektrodama 3 kg. Za vsak vzorec smo opravili tri meritve.

2.7 Hranjenje v naravnih klimatskih razmerah

Vzorci neapretirane in apretirane bombažne, svilene in volnene tkanine velikosti 15 cm x 20 cm smo položili v kartonaste škatle na brezislinski papir ter jih za 560 dni izpostavili štirim različnim naravnim

klimatskim razmeram v prostorih, kjer se nahaja zgodovinski tekstil v Pokrajinskem muzeju Ptuj-Ormož. Prostor I se je nahajal v konservatorsko-restavratski delavnici, prostor II v razstavišču stalne postavitve na ptujskem gradu, prostor III v depoju dominikanskega samostana in prostor IV v depoju grajske žitnice. Pogoji so bili namenoma izbrani v naravnem okolju, kjer se v prostorih skozi vse leto več ali manj spreminjata temperatura in relativna vlažnost zraka. Po zaključku hranjenja smo vzorce spravili v sterilne polietilenske vrečke.

2.8 Spremljanje temperature in relativne vlažnosti

V času hranjenja vzorcev smo v prostorih od I do IV na štiri ure merili temperaturo in relativno vlažnost zraka ter jo za vsak dan podali kot povprečno vrednost šestih meritev.

2.9 Inkubacija hranjenih vzorcev

Vzorce, ki so bili hranjeni v prostorih od I do IV, smo razrezali na kose velikosti 5 cm x 5 cm, vsakega prenesli na pokrov petrijevke, spodnji del petrijevke, kamor smo pred tem nalili krompirjev dekstrozni agar (PDA), pa uporabili kot pokrov, s katerim smo zagotovili ohranjanje visoke relativne vlažnosti zraka. Vzorce smo inkubirali sedem dni v temi pri temperaturi 20 °C in 100-odstotni relativni vlažnosti zraka.

3 Rezultati z razpravo

Izbor koncentracije protimikrobnega apreturnega sredstva Si-QAC, ki je bila 0,5-odstotna, ni bil naključen, saj ima po zagotovilih izdelovalca sredstvo Si-QAC že pri koncentraciji 0,4 % visoko protimikrobno učinkovitost pri zatiranju različnih grampozitivnih in gramnegativnih bakterij, gliv in plesni na bombažnih, poliamidnih, poliestrskih in volnenih tekstilih [14].

Prisotnost protimikrobne apreture s Si-QAC smo potrdili z XPS-analizo (preglednica 2), ki nam je z obdelavo spektrov omogočila določitev koncentracij elementov, prisotnih na površini tkanine. Z XPS smo proučevali trakove C1s (286 eV), O1s (533 eV), N1s (401 eV), S2s (228 eV), S2p (164 eV) in Si2p (102 eV). Po pričakovanju smo na površini neapretirane bombažne tkanine določili trakova, ki pripadata O1s in C1s, na površini svilene in volnene tkanine trakove, ki pripadajo O1s, N1s in C1s, na volneni

tkanini pa še dva dodatna trakova, ki sta značilna za S2s in S2p. Po nanosu sredstva Si-QAC se na vseh apretiranih tkaninah pojavi nov trak, ki pripada Si2p, kar nedvomno potrди prisotnost apreture. Prisotnost apreturnega filma na vseh proučevanih tkaninah povzroči zvišanje atomske koncentracije C. Vzrok za to smo pripisali dolgim ogljikovodikovim verigam s 14 C-atomi, ki so v apreturnem filmu sestavni del stranskih alkildimetilamonijevih skupin. Nanos apreturnega filma zmanjša atomsko koncentracijo kisika na površini vseh apretiranih tkanin, na površini svilene in volnene tkanine pa se zmanjša tudi atomska koncentracija dušika, čeprav sta tako kisik kot dušik prisotna v strukturi Si-QAC. To pomeni, da apreturni film, ki prekrije površino vlaken, delno zasenči funkcionalne skupine na vlaknih, kar vpliva na spremembo količine proučevanih atomov na površini. Pri apretirani bombažni tkanini je nastanek traku, ki pripada dušiku, razumljiv, saj neapretirana bombažna vlakna v svoji strukturi ne vključujejo dušika. V skladu s tem se po nanosu sredstva Si-QAC razmerje N/C poveča pri bombažni tkanini, pri svileni in volneni pa zmanjša.

Preglednica 2: Sestava površine (ogljik, C, kisik, O, dušik, N in silicij, Si) in razmerje N/C, določeni na podlagi XPS-analize vzorcev neapretiranih in apretiranih tkanin.

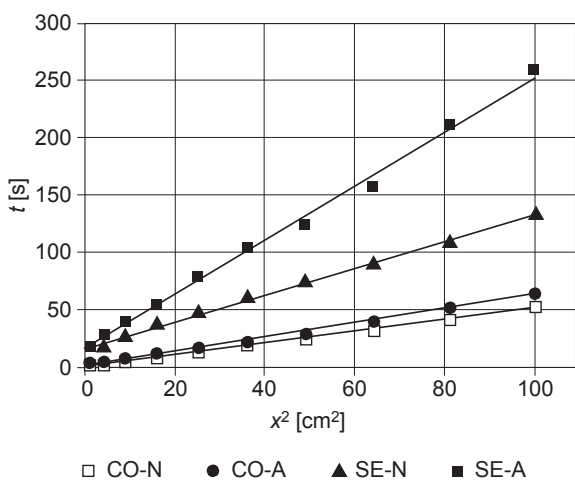
Vzorec ^{a)}	Koncentracija (at. %)				Razmerje N/C
	C	O	N	Si	
CO-N	62,60	36,90	0,00	0,00	0,00
CO-A	67,85	28,50	0,40	1,20	0,01
SE-N	66,70	19,30	13,70	0,00	0,21
SE-A	70,35	16,55	11,45	1,25	0,16
WO-N	76,95	11,85	8,95	0,00	0,12
WO-A	77,55	11,35	6,95	1,75	0,09

^{a)} CO – bombaž, SE – svila, WO – volna; N – neapretiran, A – apretiran.

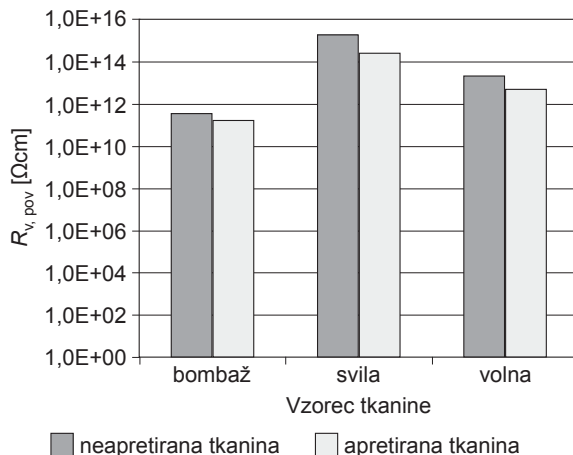
Pri izbiri protimikrobnega sredstva za zaščito tekstilij, ki se uporabljajo pri konserviranju-restavriranju, je pomembno, da sredstvo ne poveča omočljivosti in elektrostatičnosti vlaken. Zaželeno je, da so apretirana vlakna čim bolj hidrofobna, saj so zato manj občutljiva na spreminjajočo se vlažnost v prostoru. Hkrati s tem naj vlakna ne bi bila hidrostatična, saj takšna navzemajo manj prašnih delcev in

mikroorganizmov iz zraka. Iz slike 1 je razvidno, da je hitrost pronicanja vode v apretirano bombažno in svileno tkanino manjša kot v neapretirani tkanini, kar dokazuje, da prisotnost sredstva Si-QAC poveča hidrofobnost vlaken. Ker smo pri volneni tkanini že pri neapretiranem vzorcu opazili kapilarno depresijo, zaradi katere voda ni pronicala v njegovo porozno strukturo, meritev tankoplastnega pronicanja pri volnenih vzorcih nismo mogli izvesti. Zato smo vpliv apreture na omočljivost volne določili na podlagi rezultatov prirastka mase po potopu v vodo, iz katerih smo ugotovili, da je tudi v tem primeru apretura vplivala na zmanjšanje navzemanja vode. Vzrok za to smo pripisali stranskim tetradecilnim skupinam apreturnega filma, ki so zmanjšale polarlost vlaken ter s tem povečale njihovo hidrofobnost. Iz slike 2 je razvidno, da je nanos apreture zmanjšal električno strukturno upornost vzorcev vseh treh proučevanih tkanin. Ti rezultati potrjujejo, da apretura kljub hidrofobnosti deluje antistatično. Ti dve lastnosti se pri klasičnih apreturnih sredstvih izključujeta. Za antistatična sredstva namreč velja, da morajo v strukturi vključevati hidrofilne funkcionalne skupine, največkrat polioksietilenske. Pri sol-gel apreturi je zmanjšanje statične elektrike pogojeno z osnovno polisiloksansko zamreženo strukturo apreturnega filma, ki na površini vlaken deluje kot električni prevodnik.

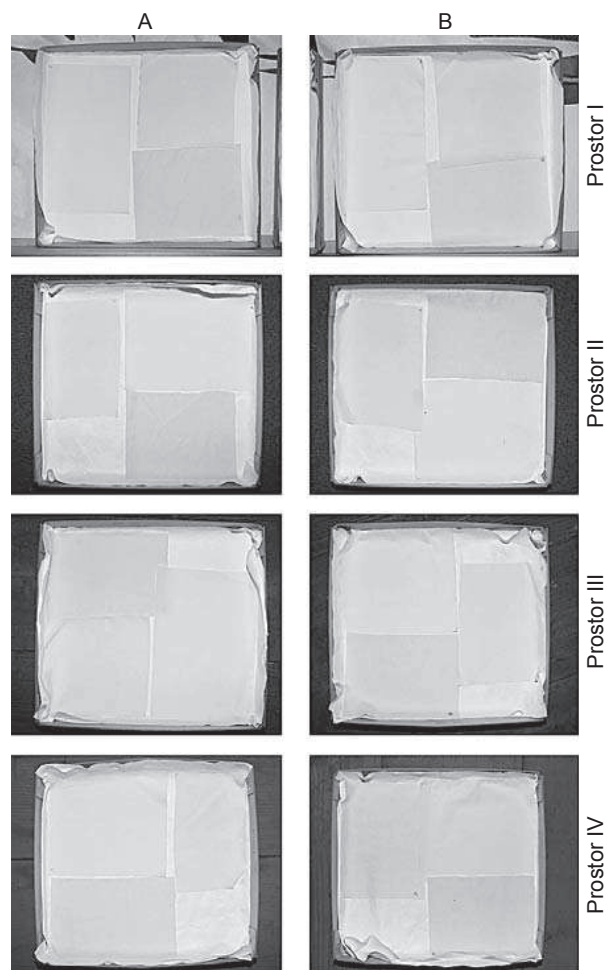
Ker naj bi bile tkanine, apretirane s sredstvom Si-QAC, namenjene za konserviranje-restavriranje tekstilij zgodovinskega pomena, ki se hranijo v depojih



Slika 1: Odvisnost časa, t , od kvadrata razdalje, x^2 , pri tankoplastnem pronicanju vode v suhe vzorce bombažne in svilene tkanine.



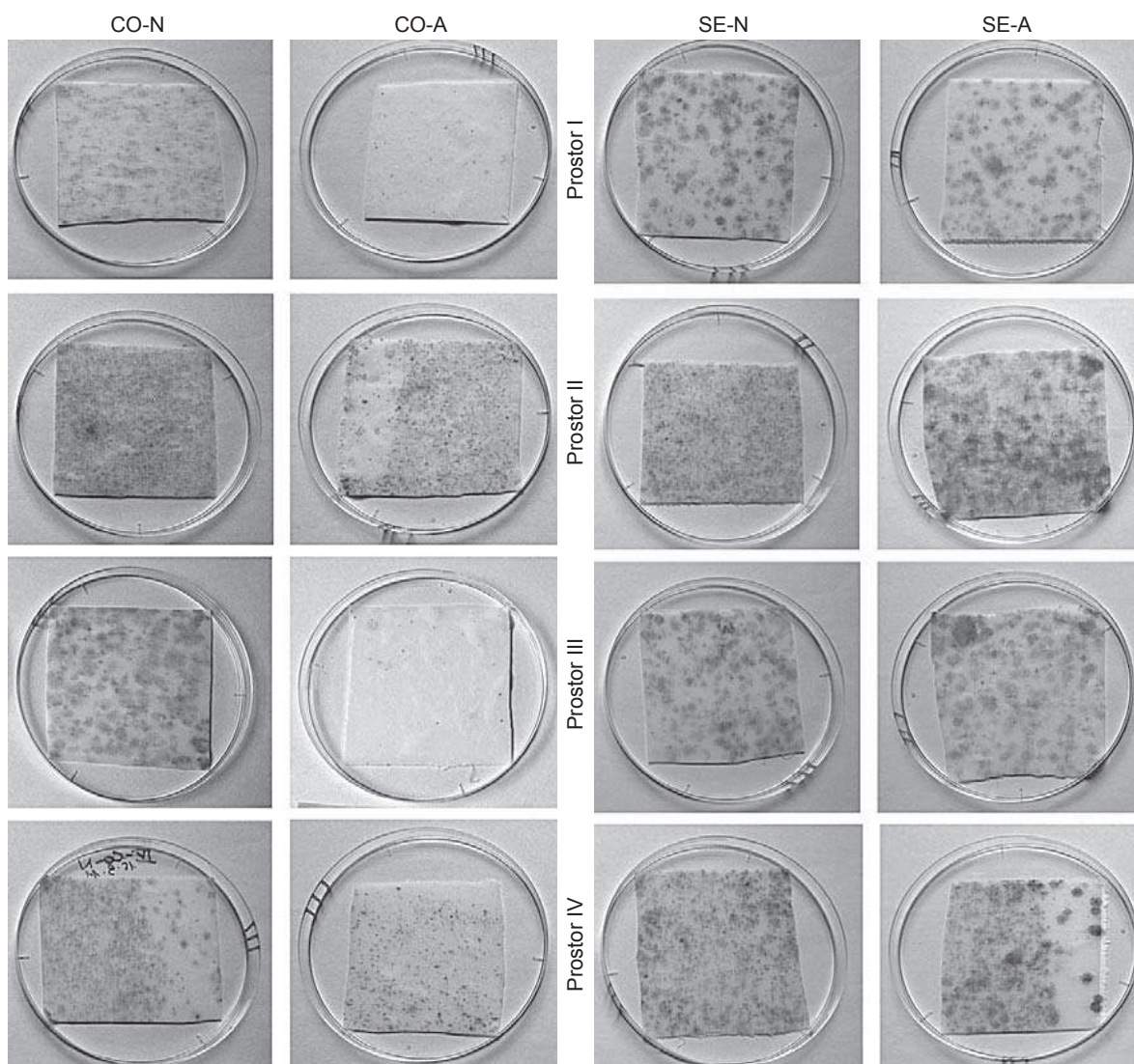
Slika 2: Povprečna električna strukturna upornost, $R_{v,pov}$ vzorcev neapretirane in apretirane bombažne, svilene in volnene tkanine.



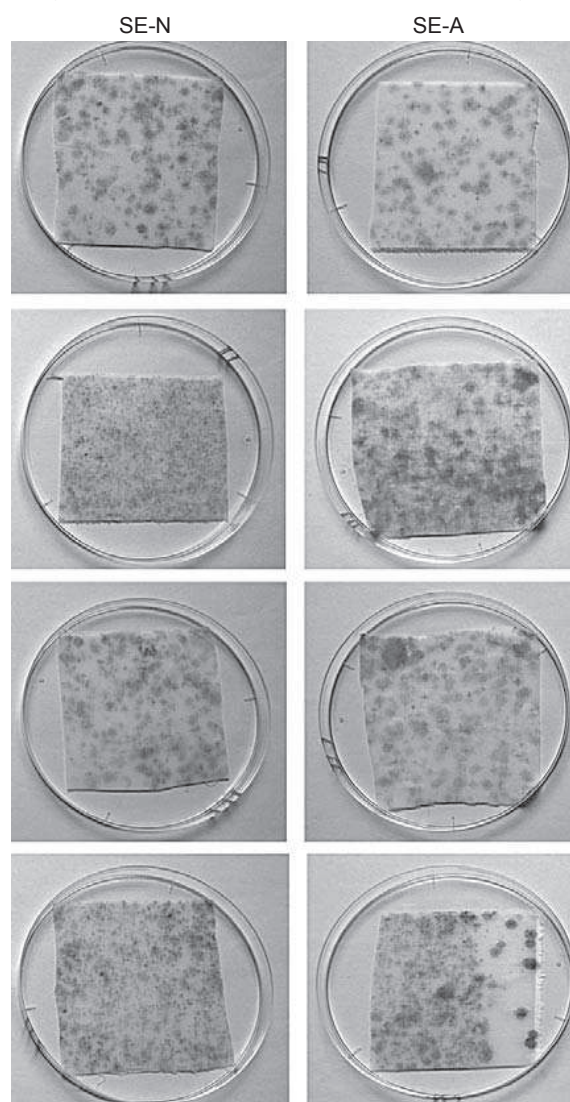
Slika 3: Fotografije neapretiranih (A) in apretiranih (B) tkanin, ki so bile 560 dni hranjene v različnih naravnih klimatskih razmerah.

oziroma so razstavljene v javnih prostorih, smo kot merilo za protimikrobno aktivnost Si-QAC uporabili stopnjo adsorpcije gliv iz zraka ter intenziteto njihovega razširjanja po apretiranih in neapretiranih tkaninah. Na sliki 3 so prikazani vzorci tkanin, ki so bile več kot leto in pol hranjene v različnih naravnih klimatskih razmerah. Iz fotografij je razvidno, da po petsto šestdesetih dneh hranjenja na površini vzorcev ni bilo mogoče opaziti vidnih sprememb. Tako na neapretiranih kot na apretiranih vzorcih ni bilo sledi madežev, ki bi nakazovali biorazgradnjo oziroma plesenje. Šele inkubacija vzorcev pri pogojih, ugodnih

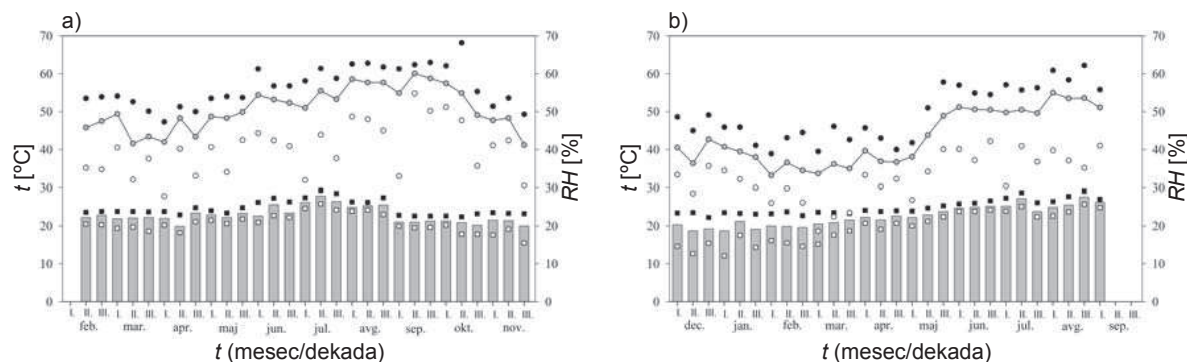
za rast adsorbiranih gliv, je razkrila njihovo prisotnost na vseh proučevanih vzorcih, kar se je pokazalo v bolj ali manj močno obarvanih črnih, rjavih in rdečih madežih (slike od 4 do 6). Mikološki testi so potrdili rast naslednjih vrst in rodov gliv: *Epicoccum nigrum*, *Botrytis sp.*, *Alternaria sp.*, *Cladosporium macrocarpum*, *Cladosporium cladosporioides* (agregat), *Cladosporium herbarum* (agregat), *Trichoderma atroviride*, *Aspergillus niger* (agregat), *Aspergillus sp.*, *Aspergillus clavatus*, pet različnih vrst rodu *Penicillium*, tri vrste rodu *Fusarium*, tri vrste bazidiomicet, kvasovke in še druge neidentificirane vrste. Vrsta adsorbiranih gliv in



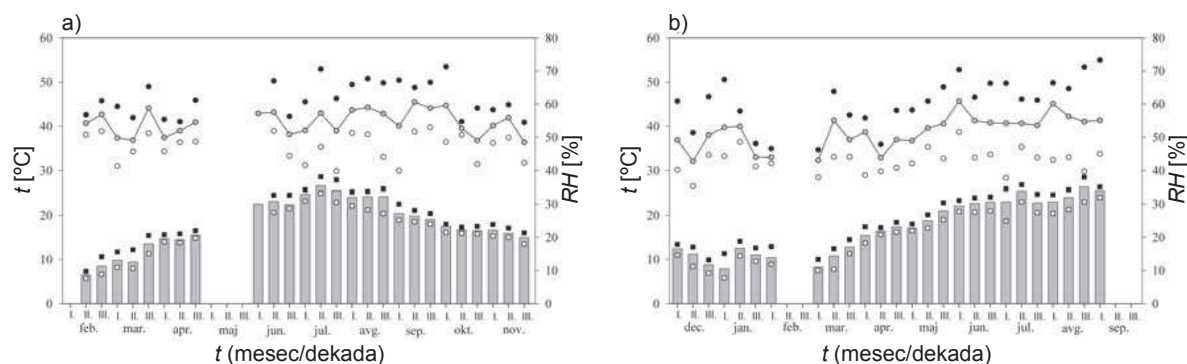
Slika 4: Fotografije neapretirane (CO-N) in apretirane (CO-A) bombažne tkanine po sedmih dneh inkubacije pri 20 °C in 100-% RH, pred tem 560 dni izpostavljene mikroorganizmom v prostorih od I do IV v različnih klimatskih razmerah.



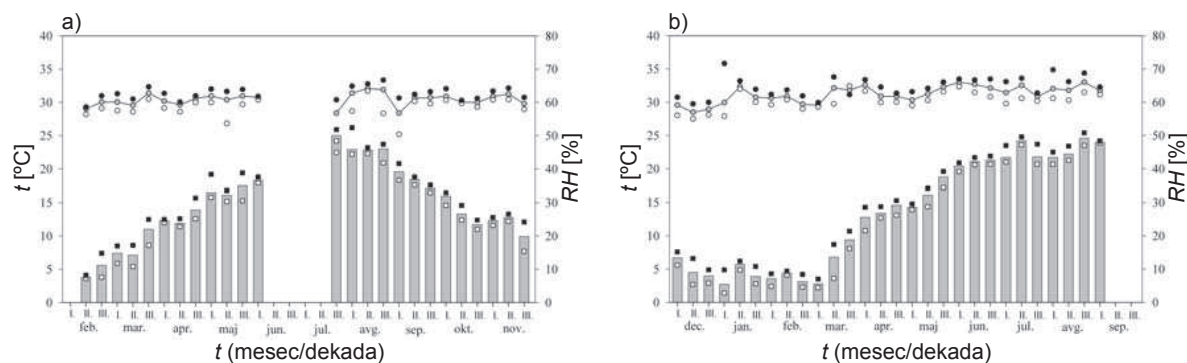
Slika 5: Fotografije neapretirane (SE-N) in apretirane (SE-A) svilene tkanine po sedmih dneh inkubacije pri 20 °C in 100-% RH, pred tem 560 dni izpostavljene mikroorganizmom v prostorih od I do IV v različnih klimatskih razmerah.



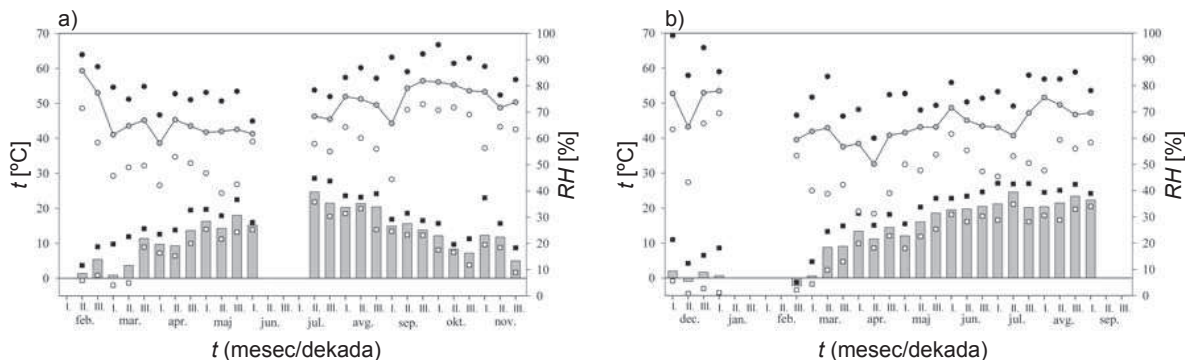
Slika 8: Temperatura, T (■ srednja, ■ maksimalna, □ minimalna vrednost) in relativna vlažnost, RH (● srednja, ● maksimalna, ○ minimalna vrednost) zraka v prostoru I v obdobju od 17. 2. 2010 do 30. 11. 2010 (a) in od 1. 12. 2010 do 6. 9. 2011 (b), kjer so bili hranjeni vzorci neapretiranih in apretiranih tkanin.



Slika 9: Temperatura, T (■ srednja, ■ maksimalna, □ minimalna vrednost) in relativna vlažnost, RH (● srednja, ● maksimalna, ○ minimalna vrednost) zraka v prostoru II v obdobju od 17. 2. 2010 do 30. 11. 2010 (a) in od 1. 12. 2010 do 6. 9. 2011 (b), kjer so bili hranjeni vzorci neapretiranih in apretiranih tkanin.



Slika 10: Temperatura, T (■ srednja, ■ maksimalna, □ minimalna vrednost) in relativna vlažnost, RH (● srednja, ● maksimalna, ○ minimalna vrednost) zraka v prostoru III v obdobju od 17. 2. 2010 do 30. 11. 2010 (a) in od 1. 12. 2010 do 6. 9. 2011 (b), kjer so bili hranjeni vzorci neapretiranih in apretiranih tkanin.



Slika 11: Temperatura, T (■ srednja, ■ maksimalna, □ minimalna vrednost) in relativna vlažnost, RH (● srednja, ● maksimalna, ○ minimalna vrednost) zraka v prostoru IV v obdobju od 17. 2. 2010 do 30. 11. 2010 (a) in od 1. 12. 2010 do 6. 9. 2011 (b), kjer so bili hranjeni vzorci neapretiranih in apretiranih tkanin.

4 Sklep

Iz rezultatov raziskave lahko povzamemo, da je protimikrobna zaščita tekstilij, ki se uporabljajo za konserviranje-restavriranje zgodovinskih tekstilij, smiselna, saj lahko z uporabo ustrezne koncentracije protimikrobnega sredstva zavremo stopnjo rasti mikroorganizmov na tekstilijah. Čeprav je bila uporabljena koncentracija sredstva Si-QAC prenizka, da bi zagotovila učinkovito zaščito vseh proučevanih vlaken, pa je iz rezultatov razvidno, da je sredstvo Si-QAC učinkovitejše za zaščito celuloznih kot proteinskih vlaken. Za zadnja bi bilo treba uporabiti višjo koncentracijo sredstva. Na stopnjo okuženosti tekstilij z mikroorganizmi iz zraka pomembno vplivajo tudi klimatske razmere, in sicer nihanje temperature in relativne vlažnosti kot onesnaženosti zraka. Prisotnost apreture na podlagi sredstva Si-QAC ne vpliva na povečanje navzemanja vlage iz okolja, prav nasprotno, poveča hidrofobnost vlaken, kar je z vidika konservatorstva-restavratorstva zaželeno. Prav tako je prednost sredstva ta, da zniža elektrostatičnost, kar pomeni, da ne poveča adsorpcije prašnih delcev iz okolja in s tem ne povzroči dodatnega umazanja tekstilij.

Zahvala

Raziskava je bila opravljena v sklopu Programa P2-0213 Tekstilije in ekologija, katere delo je finančno podprla Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije.

5 Reference

1. TÍMÁR-BALÁZSY, A. in EASTOP, D. Chemical Principles of Textile Conservation. Oxford : Butterworth-Heinemann, 1998, 444 pp.
2. SZOTAK-KOTOWA, J. Biodeterioration of textiles. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2004, vol. 53, pp. 156–170.
3. KAVKLER, K., GUNDE-CIMERMAN, N., ZALAR, P. in DEMŠAR, A. FTIR spectroscopy of biodegraded historical textiles. *Polymer Degradation and Stability*, 2011, vol. 96, no. 4, pp. 574–580.
4. KAVKLER, K., ŠMIT, Ž., JEZERŠEK, D., EICHERT, D. in DEMŠAR, A. Investigation of biodeteriorated historical textiles by conventional and synchrotron radiation FTIR spectroscopy. *Polymer Degradation and Stability*, 2011, vol. 96, no. 6, p. 1081–1086.
5. FLURY-LEMBERG, M. Textile Conservation and Research, Abegg-Stiftung : Bern, 1988, 532 pp.
6. GAO, Y. in CRANSTON, R. Recent advances in antimicrobial treatments of textile. *Textile Research Journal*, 2008, vol. 78, no. 1, str. 60–72.
7. SIMONČIČ, B. in TOMŠIČ, B. Biorazgradnja tekstilnih vlaken in njihova protimikrobna zaščita, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo : Ljubljana, 2010, str. 1–92.
8. SIMONČIČ, B. in TOMŠIČ, B. Structures of Novel Antimicrobial Agents for Textiles. *Textile Research Journal*, 2010, vol. 18, no. 16, p. 1721–1737.

9. ISQUITH, A. J., ABBOTT, E. A. in WALTERS, P. A. Surface-bonded antimicrobial activity of an organosilicon quaternary ammonium chloride. *Applied Microbiology*, 1972, vol. 24 (6), p. 859–863.
10. MARINI, M., BONDI, M., ISSEPI, R., TOSELLI, M. in PILATI, F. Preparation and antibacterial activity of hybrid materials containing quaternary ammonium salts via sol gel process. *European Polymer Journal*, 2007, vol. 43, p. 3621–3628.
11. MAHLTIG, B., HAUFE, H. in BÖTTCHER, H. Functionalisation of textiles by inorganic sol-gel coatings. *Journal of Materials Chemistry*, 2005, vol. 15, p. 4385–4398.
12. OREL, B., JERMAN, I., VILČNIK, A., TOMŠIČ, B. in SIMONČIČ, B. Sol-gel postopki kot izziv pri proizvodnji tekstilij. V *38. simpozij o novostih v tekstilstvu : zbornik prispevkov*. Uredili B. Simončič, A. Hladnik in D. Đorđević. Ljubljana : Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 2007, str. 3–15.
13. SIMONČIČ, B., TOMŠIČ, B., OREL, B. in JERMAN, I. Sol-gel technology for chemical modification of textiles. Surface modification systems for creating stimuli-responsiveness of textiles. V *Workshop Proceedings*. Edited by Dragan Jocić. Twente : University of Twente, 2010, p. 17–34.
14. Backup Information Sanitized* T 99-19. *Hygiene protection makes you feel good and comfortable, Marketing/CorporateIdentity/Backup/Textil/T 99-19 en indd*. Dok Nr. T5302E 02, p. 1–14.
15. CHIBOWSKI, E. in GONZÁLEZ-CABALLERO, F. Theory and practice of thin-layer wicking. *Langmuir*, 1993, vol. 9, str. 330–340.
16. MAHLTIG, B. in BÖTTCHER, H. Modified silica sol coatings for water-repellent textiles. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 2003, vol. 27, p. 43–52.