

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

**PRACOVNÍ ODĚVY VE ZDRAVOTNICTVÍ –
AKTIVIZACE POVRCHŮ
ANTIBAKTERIÁLNÍ ÚPRAVOU**

**PROFFESIONAL CLOTHING IN HEALTH
CARE – ACTIVATION OF SURFACES
THROUGH ANTIBACTERIAL TREATMENT**

Liberec 2015

Bc. Eliška Ditrichová

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucí diplomové práce a konzultantem.

Datum 14. 5. 2015

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

V první řadě bych na tomto místě chtěla poděkovat vedoucí mé diplomové práce, paní doc. Mgr. Ireně Lovětinské-Šlamborové, Ph.D. a konzultantce paní Ing. Janě Drašarové, Ph.D. za cenné připomínky a rady k mé práci a za vedení v průběhu celého vzniku. Paní Soně Rothové děkuji za praktické rady a čas při přípravě a nanášení solů. Děkuji také všem, kteří mi věnovali potřebný čas a rady při měření na jednotlivých pracovištích: v laboratořích textilních technologií paní Šárce Řezníčkové, z katedry hodnocení textilií Ing. Pavle Těšinové, Ph.D., z katedry materiálového inženýrství Ing. Janě Čandové a Ing. Kašparové a děkuji také doc. Ing. Petr Exnarovi, CSc. z katedry chemie Fakulty přírodovědně humanitní a pedagogické. V neposlední řadě děkuji všem, kteří mi dodávali v průběhu práce inspiraci a měli se mnou trpělivost.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá aplikací antibakteriální úpravy na textilní materiál, který je určen pro opakované použití ve zdravotnictví (zejména operační sály, JIP, neonatologická oddělení, oddělení transplantace). Materiál je určen na oděvy zdravotníků a lůžkové povlečení. Literární rešerše je věnována prostředí zdravotnictví, oděvům pro opakované použití ve zdravotnictví, možnostem antibakteriální úpravy a některým možnostem jejich testování. V experimentální části je popsán postup aplikace a testování antibakteriální úpravy na textilií z hlediska účinnosti, trvanlivosti a komfortu. Práce je doplněna velkým množstvím provedených testů a zkoušek, které hodnotí antibakteriální úpravu z hlediska účinnosti a komfortu.

KLÍČOVÁ SLOVA

textilie ve zdravotnictví, antibakteriální úprava, infekce, komfort, trvanlivost

ANNOTATION

The thesis deals with the application of antibacterial treatment on a textile material, which is designed for repeated use in health care (especially in operating rooms, intensive care units, neoanthology departments, transplantation departments). The material is designed for the clothing of health professionals and bedding. The literary research deals with the health care environment, clothing designed for repeated use, the possibilities of antibacterial treatment and several possibilities of testing. In the experimental part, there is a description of the process of application and testing of the antibacterial treatment to the textile material from the point of effectiveness, durability and comfort. The thesis is completed with a large amount of tests, which evaluate the antibacterial treatment with regard to effectiveness and comfort.

KEY WORDS

textiles in health care, antibacterial treatment, infection, comfort, durability

OBSAH

ÚVOD	8
1 TYPY PROSTŘEDÍ VE ZDRAVOTNICTVÍ	9
1.1 ODĚV PERSONÁLU PODLE PROSTŘEDÍ	9
1.1.1 <i>Ordinace a vyšetřovny</i>	9
1.1.2 <i>Oddělení, lůžka</i>	10
1.1.3 <i>Operační sály</i>	10
1.2 POZITIVA A NEGATIVA TEXTILÍ PRO OPAKOVANÉ POUŽITÍ VE ZDRAVOTNICTVÍ	11
1.3 DRUHY VÍCENÁSOBNĚ POUŽÍVANÝCH TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ VE ZDRAVOTNICTVÍ	12
1.4 POŽADAVKY NA ZDRAVOTNICKÉ ODĚVY	13
1.4.1 <i>Komfort uživatele</i>	13
1.4.2 <i>Barva</i>	14
1.4.3 <i>Údržba zdravotnických textilií</i>	15
1.5 PŘEHLED VÝROBCŮ V ČR	16
1.5.1 <i>2P SERVIS</i>	16
1.5.2 <i>Altreva</i>	17
1.5.3 <i>Bonno</i>	18
1.5.4 <i>Cadenza</i>	18
1.5.5 <i>Clinitex CZ</i>	20
1.5.6 <i>Eldan</i>	20
1.5.7 <i>Irea</i>	21
1.5.8 <i>Licolor Liberec</i>	22
1.5.9 <i>Medica Filter spol. s.r.o.</i>	22
1.5.10 <i>Výrobci s omezenou nabídkou</i>	23
1.5.11 <i>Finanční relace</i>	23
1.6 TRENDY – ZAHRANIČNÍ FIRMY	25
1.6.1 <i>Cherokee uniforms</i>	25
1.6.2 <i>Dickies medical apparel</i>	26
1.6.3 <i>Heartsoul scrubs</i>	27
2 ANTIMIKROBIÁLNÍ TEXTILIE	28
2.1 ANTIMIKROBIÁLNÍ ÚPRAVY	29
2.1.1 <i>Antimikrobiální úpravy na bázi sloučenin stříbra</i>	29
2.1.2 <i>Helaminové sloučeniny s antimikrobiálními účinky</i>	30
2.1.3 <i>Kvartérní amoniové sloučeniny – QAS</i>	30
2.1.4 <i>Chitosan a další přírodní materiály</i>	31
2.2 HYBRIDNÍ ÚPRAVA OBSAHUJÍCÍ STŘÍBRO A MĚD	31
2.3 POŽADAVKY NA ANTIMIKROBIÁLNÍ ÚPRAVY VE ZDRAVOTNICTVÍ	33
2.4 METODY HODNOCENÍ ANTIMIKROBIÁLNÍCH ÚČINKŮ	33
2.4.1 <i>Metody hodnocení - ČSN</i>	34
2.4.2 <i>Metody hodnocení - AATCC</i>	34
2.5 METODY HODNOCENÍ VLIVU ANTIMIKROBIÁLNÍ ÚPRAVY NA VLASTNOSTI TEXTILIE	35
2.5.1 <i>Pevnost, tažnost</i>	36
2.5.2 <i>Propustnost pro teplo</i>	36
2.5.3 <i>Propustnost pro vzduch</i>	37
2.5.4 <i>Propustnost pro vodní páry</i>	37
2.5.5 <i>Stálost v praní</i>	38
2.5.6 <i>Stálost v otěru a potu</i>	39
3 CHARAKTERISTIKA EXPERIMENTU	40
3.1 TEXTILNÍ MATERIÁL	40
3.2 PŘEHLED PROVEDENÝCH TESTŮ	41
4 PŘÍPRAVA VZORKŮ	42
4.1 POSTUP SYNTÉZY K PŘÍPRAVĚ SOLU	42
4.2 APLIKACE SOLU A FIXACE	43

4.2.1	<i>Spotřeba solů a cena úpravy</i>	44
4.3	PRANÍ A SUŠENÍ VZORKŮ	45
4.3.1	<i>Průmyslové praní a sušení – první prací cyklus</i>	45
4.3.2	<i>Laboratorní praní a sušení – cyklus 2-50</i>	46
5	HODNOCENÍ ANTIBAKTERIÁLNÍCH ÚČINKŮ	48
5.1	POUŽITÉ BAKTERIE.....	48
5.2	POSTUP TESTOVÁNÍ.....	49
5.2.1	<i>Metoda šíření agarovou destičkou (ČSN)</i>	49
5.2.2	<i>Metoda AATCC 147</i>	50
5.2.3	<i>Metoda AATCC 100</i>	50
5.3	VYHODNOCENÍ ANTIBAKTERIÁLNÍCH ÚČINKŮ.....	50
6	HODNOCENÍ UŽITNÝCH VLASTNOSTÍ TEXTILIE.....	55
6.1	ZÁKLADNÍ PARAMETRY	55
6.2	PEVNOST, TAŽNOST	56
6.3	PROPUSTNOST TEPLA.....	59
6.4	PROPUSTNOST PRO VODNÍ PÁRY	60
6.5	PROPUSTNOST VZDUCHU	62
6.6	SACÍ VÝŠKA	63
7	HODNOCENÍ TRVANLIVOSTI ÚPRAVY – ANALÝZA	
	ČÁSTIC	64
7.1	STÁLOST V PRANÍ.....	65
7.2	STÁLOST V OTĚRU	66
7.3	STÁLOST V POTU	66
8	NÁVRH BAREVNOSTI.....	68
8.1	POSTUP BARVENÍ.....	68
8.2	NÁVRHY BAREVNÉHO PROVEDENÍ ODĚVŮ PRO ZDRAVOTNICTVÍ.....	69
	ZÁVĚR.....	70
	SEZNAM ZDROJŮ	73
	SEZNAM PŘÍLOH.....	75

Úvod

Antibakteriální úpravy jsou jednou z možností aktivace povrchu nejen u textilií. Jejich použití by mohlo v budoucnu zabránit šíření bakterií na exponovaných místech. Jedním z takto exponovaných prostředí je zdravotnické prostředí, ve kterém dochází ke každodennímu kontaktu zdravého personálu s bakteriemi a také již nemocných s jinými druhy bakterií. V tomto prostředí je také potenciální nebezpečí v kontaktu nemocničních infekcí jako je například MRSA (Methicilin-rezistentní Staphylococcus aureus) s otevřenými ranami pacientů, kteří mají již oslabený imunitní systém a díky tomu je u nich větší riziko infekce. Jednou z cest řešení těchto problémů je používání jednorázových oděvů. Díky své bezpečnosti tyto oděvy nahradily bavlněné operační pláště na sálech, proti jejich plošnému používání v celém prostředí zdravotnictví mluví ekonomická náročnost, nižší komfort uživatelů, tradice a také potenciální velká spotřeba těchto oděvů. Je proto namístě vyvíjet a testovat jiné možnosti jako je například úprava povrchu textilií k snížení možnosti přenosu bakterií.

Následující rešeršní část této diplomové práce je zaměřena na oděvy pro opakované použití ve zdravotnictví. Tento širší pohled ukazuje prostředí, kde jsou používány. Věnuje se materiálům, z kterých jsou oděvy vyráběny, včetně srovnání nabídky českých a zahraničních výrobců. Jsou zde shrnuty také možnosti antimikrobiálních úprav včetně požadavků, které jsou kladeny na takto upravené materiály. V závěru rešeršní části jsou uvedeny některé z možností hodnocení užitečných vlastností těchto materiálů, které se promítnou do experimentální části. Experimentální část je zaměřená na nanášení antibakteriální úpravy a testování takto upraveného materiálu. Možná bude takto upravený materiál v budoucnu schopen nahradit materiály, dnes plošně používané ve zdravotnických zařízeních nejen v České republice.

1 Typy prostředí ve zdravotnictví

V České republice bylo na konci roku 2013 29218 zdravotnických zařízení z toho 188 nemocnic, 20388 samostatných ordinací lékařů primární péče a lékařů specialistů. V těchto zařízeních pracovalo 250233 pracovníků, z čehož je 19% lékařů a více než 33% zdravotních sester. Ročně je hospitalizováno okolo 220000 tisíc osob a průměrný počet dnů hospitalizace je okolo 6 dnů. Každý člověk někdy musí do nemocnice nebo k lékaři. Někdy jako pacient, někdy pouze jako doprovod, nebo návštěva. Pro každého ale tato návštěva znamená zvýšené riziko z hlediska přenosu bakterií. Pro „běžného“ občana nebo dítě je to většinou návštěva nějak časově omezená, někdy v řádu hodin nebo dnů. Na opačné straně jsou v nemocnicích lékaři, zdravotní sestry, laboranti a další důležitý personál pro chod zařízení, který je vystavený tomuto specifickému prostředí v řádu let. V nemocnicích probíhá péče o nemocného na mnoha úrovních, obecně je možné toto prostředí rozdělit do tří kategorií. První jsou ordinace a vyšetřovny, další kategorií jsou oddělení a poslední kategorií jsou operační sály. Na všech těchto úrovních je žádoucí maximálně omezovat šíření bakterií. [1, 2]

1.1 Oděv personálu podle prostředí

Každé zmíněné prostředí má svá specifika, podle kterých se řídí i použití ochranných pomůcek a veškerých textilních materiálů.

1.1.1 Ordinace a vyšetřovny

Ordinace a vyšetřovny slouží zejména k ambulantní péči o pacienta. Není výjimkou, že se zde vystřídá denně mnoho pacientů. Požadavky na oděvy lékařů a sester jsou závislé zejména na komfortu pracovníků a na ochraně pacienta i zdravotnického personálu. Významným hlediskem je také způsob údržby, vzhled a cena těchto oděvů.

V ordinacích a vyšetřovnách je z důvodu vysvlékání pacientů udržovaná vyšší teplota vzduchu: okolo 22°C v ordinacích a přípravnách a 20°C v čekárnách. Z toho také vyplývá jeden z požadavků na oděvy pro zdravotnický personál pracující v tomto prostředí.

Lékaři používají nejčastěji dvojí typ ochranného oděvu. První a velmi rozšířenou variantou jsou lékařské kalhoty a halena s krátkým rukávem. Druhou variantou je lékařský plášť, pod kterým nosí lékař již zmíněné kalhoty a halenu, nebo kalhoty

a tričko či košili různého střihu. Zdravotní sestry nosí na těchto pracovištích nejčastěji kalhoty a haleny různých střihů, obměnou může být sukně, nebo šaty.

Tyto oděvy slouží pro opakované použití. Na některých pracovištích mohou být doplněny o jednorázový plášť, který si personál obléká přes již zmíněný oděv.

1.1.2 Oddělení, lůžka

Specifikem tohoto prostředí je zejména směnný provoz s nočními službami. Ve směnném provozu pracovníci tráví v pracovním oděvu dlouhé hodiny, popřípadě v něm i odpočívají. Ve svém pracovním oděvu zůstávají, aby byli připraveni postarat se o pacienta. I v případě, že se nejedná o směnný provoz s nočními službami, lékaři a veškerý zdravotnický personál tráví ve svém pracovním oděvu hodiny, dochází k znečištění oděvu jak od pacienta, léčivy ale i samotným nošením.

V lůžkových částech nemocnic jsou nejčastěji používány oděvy pro opakované použití. Stejně jako na vyšetřovnách a ordinacích je zásadní bezpečí a pohodlí personálu. Z toho důvodu se nejčastěji používají haleny nebo košile a kalhoty. Lékaři tento oděv potom doplňují pláštěm. Obměnou zejména u zdravotních sester mohou být šaty, nebo sukně, u všech pracovníků potom výměna košile či haleny za tričko nebo elegantnější triko s límečkem. V případě soukromých nebo specializovaných pracovišť může být oděv nějak odlišný, na všech pracovištích je ale zachována jednotnost a požadavek je také na snadné odlišení lékařů a sester popřípadě i různých jiných pracovníků.

Barvy oděvů na těchto pracovištích mohou být velmi rozmanité, často se jich také používá pro odlišení jednotlivých typů sester a jiných pracovníků. Tento systém používá, například Fakultní nemocnice Motol v Praze k rozlišení různých typů pracovníků nebo oddělení.

1.1.3 Operační sály

Operační sály je souhrnný název pro více typů prostředí pro snadnější orientaci je vhodné operační sály rozlišit na dva typy. Do prvního lze zahrnout všechna pracoviště, kde se dělají drobnější výkony, takzvané ambulantní sálky. Na těchto pracovištích se jedná nejčastěji o malé výkony, výkony na menších specializovaných pracovištích mimo nemocnice a také jsou zde zahrnuty urgentní příjmy. Druhým typem jsou velké operační sály, nejčastěji v nemocnicích, na které je plánováno více zákroků v průběhu

celého dne, nebo i v noci. Tyto operační sály jsou speciální prostory v nemocnicích, které podléhají vyšším bezpečnostním nárokům.

Na všech typech sálů nosí personál- lékaři, zdravotní sestry (instrumentářky), sanitáři a další personál oděv k tomu určený. Na těchto pracovištích se v dnešní době používají jak oděvy pro opakované použití, které musí projít sterilizací, tak i oděvy pro jednorázové použití, které jsou likvidovány vhodným způsobem. Výjimkou není ani kombinace obojího na jednom pracovišti.

1.2 Pozitiva a negativa textilií pro opakované použití ve zdravotnictví

Pozitivní i negativní aspekty používání textilií pro opakované použití nelze hodnotit bez znalosti konkrétního prostředí a pracoviště, kde mají být používány. Naopak je vhodné je hodnotit a porovnávat s textiliemi pro jednorázové použití. Na základě tohoto porovnání je také vhodné nejlepší řešení pro konkrétní pracoviště nebo zařízení.

Do hodnocení textilií a zejména oděvů pro tyto účely vstupuje velké množství činitelů. Jedním z nich je **ekologický dopad**. Do této kategorie spadá spotřeba energií na praní, množství spotřebované vody a její znečištění. Musíme sem zahrnout také okyselení půdy a dlouhodobé změny na globálním klimatu. Přesto, že by se toto kritérium mohlo zdát přehnaným, nárůst spotřeby zdravotnického textilu z 151,6 milionů tun v roce 1980 na 251,3 milionu tun v roce 2006 pouze v USA značí nutnost zabývat se i tímto kritériem. [3, str. 81-82]

Komfort nošení zdravotnického textilu je dalším z faktorů, který by měl ovlivňovat výběr mezi oděvy a textiliemi pro jednorázové a opakované použití. Jednorázové textilie pro tyto účely vynikají hlavně svou nepropustností ze strany od pacienta k nositeli. Tato výhoda se ale stává v případě hodnocení komfortu nošení nevýhodou. Při měření prodyšnosti vykazují textilie pro jednorázové použití nižší prodyšnost, což je jeden ze zásadních faktorů ovlivňující komfort uživatele. [3, str. 86]

Jedním z hlavních kritérií pro veškerý materiál používaný ve zdravotnictví je **bezpečnost**. Jedním z negativ oděvů pro opakované použití ve zdravotnictví je přenos bakterií, které mohou být zdrojem nozokomiální nákazy pacienta. Nozokomiální, neboli nemocniční nákaza je přenosné infekční onemocnění, které vzniklo v souvislosti s pobytem ve zdravotnickém zařízení. Jedním ze zdrojů této nákazy může být oděv pro opakované použití, který má v tomto směru nevýhodu oproti oděvu pro jednorázové použití. Problémem je zejména jeho nedokonalé čištění, jak uvádí literatura [4, str. 56],

v případě kdy si například zdravotní sestry odnesou oděv domů, ale i jeho omezenější výměna. Způsobem jak omezit, nebo zcela zrušit tuto nevýhodu u oděvů pro opakované použití je aktivace povrchu antibakteriální úpravou. [3, 4, 5]

Dalším kritériem, které je nutné zvážit při hodnocení pozitiv a negativ použití jednorázových nebo vícenásobně používaných oděvů je finanční. Příkladem může být finanční porovnání obou variant z amerického trhu. [3, str. 99]

Tab. 1 Finanční porovnání chirurgických oděvů pro opakované a jednorázové použití. Odhadovaná cena oděvu: pro opakované použití - 60\$, pro jednorázové použití - 4,50\$

	Opakované použití	Jednorázové použití
Cena oděvu/ jedno použití	1,20*	4,50
Cena administrativy	0,15	0,15
Cena praní	0,50	0
Balení a sterilizace	0,40	0
Likvidace odpadu	0	0,25
Celková cena/ jedno použití	2,25	4,90

* založeno na 50 cyklech použití oděvu
Všechny ceny v tabulce jsou uvedeny v USD

Do finančního hodnocení zasahuje stejně jako u ostatních kritérií i druh zařízení (např. množství pacientů a zákroků), dostupnost a vybavenost prádelny, ceny energií a další aspekty.

1.3 Druhy vícenásobně používaných textilních materiálů ve zdravotnictví

V této kapitole jsou stručně shrnuty možnosti materiálového složení textilií pro opakované použití ve zdravotnictví. Jednou z tradičních variant je **100% bavlněný** materiál. Tento materiál přináší celou řadu výhod i nevýhod. Přesto, že ho není přípustné v ČR používat jako vrchový ochranný materiál na operačních sálech, je jeho používání na všech ostatních úrovních ve zdravotnictví naprosto běžné. A je například používán i pod jednorázové operační pláště. Jak je uvedeno v kapitole 1.5 Přehled výrobců v ČR, jeho nabídka je nejrozšířenější, z čehož vyplývá i nejčtetnější užívání ve zdravotnictví v ČR. Zajímavé je, že ze 100 % bavlněného materiálu někteří výrobci nabízí i ústenky, čepice a operační pláště, jejichž použití na operačních sálech ale podle legislativy v ČR není možné.

Další variantou jsou tkaniny a pleteniny ze **100% polyesterového** materiálu. Často používané jsou mikiny a vesty personálu zdravotnických zařízení z tohoto materiálu. Mohou z něj být vyráběny a používány i operační oděvy a jak uvádí

zahraniční zdroj také povlečení v zdravotnických zařízeních. V nabídce žádné z českých firem však tento sortiment není. Alternativou pro operační sály je materiál 99% polyester a 1% carbon, oděvy z tohoto materiálu má v nabídce jedna z českých firem viz tabulka 2 (kapitola 1.5.11)

Alternativou k 100% bavlněnému materiálu jsou textilie ve složení 50BA/50PES, nebo 65PES/35BA v různé plošné hmotnosti. Z těchto materiálů je vyráběna v Čechách i zahraničí celá řada oděvů pro zdravotnictví. Možnou alternativou jsou také elastické oděvy z různého poměru složení bavlna/polyester/elastomer. Zahraniční literatura uvádí použití materiálu 50BA/50PES na oděvy i pro pacienty, které nejsou v českém prostředí tak rozšířeny (pacienti na běžných odděleních mívají vlastní oděv).

Okrajově může být používána i celá řada dalších materiálů například 100% lněná tkanina na oděvy personálu. Tento materiál však přináší značné nevýhody, tudíž asi nikdy nebude používán v širším měřítku. [3 str. 86-93]

1.4 Požadavky na zdravotnické oděvy

1.4.1 Komfort uživatele

Komfort je definován jako stav, kdy jsou veškeré fyziologické funkce v optimu. V oblasti zdravotnictví jsou podstatnou složkou komfortu především termofyziologické vlastnosti, tedy propustnosti pro vzduch, vodní páry a vodu skrz vrstvy textilií. Tato média ovlivňují velkou měrou soustavu organismu – oděv – prostředí, které je zásadní pro komfortní pocit člověka. Pokud není zmíněná soustava v souladu, nastává diskomfort - tedy stav, při kterém je pocíťován znepokojující nebo bolestivý vjem. Komfort je stav, při kterém lidský organismus nepocíťuje chlad nebo horko, které by vedlo k nucenému ochlazení pokožky potem. V tomto stavu může člověk nepřerušovaně pracovat.

Zdravotnické prostředí má obecně na oděvy a textilie velmi jasné požadavky. Oděvy musí být vhodné do relativně teplého prostředí, zároveň musí požadovaně zakrývat pokožku a zamezovat šíření bakterií (patofyziologický komfort). V neposlední řadě je ale nutné sledovat jejich vlastnosti ovlivňující komfort, protože lékaři, zdravotní sestry a veškerý personál tráví v nemocnicích značnou část dní nebo nocí a je zásadní, aby diskomfort nenarušoval kvalitu odvedené práce. Oděvy a obecně textilie pro účely použití ve zdravotnictví je proto nutné z tohoto hlediska také testovat. [6]

Komfort je vždy založen na vnímání nositele, je tedy značně subjektivní. Při zjišťování požadavků se proto často používá porovnání dvou oděvů/materiálů, například stávajícího a nově používaného. K indikaci prodyšnosti (jako jedné ze základních složek komfortu) je často užíváno měření propustnosti pro různá média. Tyto postupy jsou dále popsány v kapitole 2. 5. [3, str. 86 a 206]

1.4.2 Barva

Důležitým prvkem komfortu je též barevnost, která působí jednak estetickým dojmem a dále je nositelem dalších informací. Barva zdravotnických oděvů prošla dlouhým vývojem, který ale není stále ukončen. Rozdílné barvy oděvů si lze všimnout jak v rámci jedné nemocnice, kde se barva používá, tak k odlišení lékařů, sester a dalšího personálu a také k odlišení jednotlivých pracovišť.

Veškeré textilie ve zdravotnictví byly historicky bílé. Důvodů mluvících pro bílou barvu bylo více. Jedním z hlavních byla jednoznačně čistota, která byla ve zdravotnictví přísně sledována a na bílém textilu je obecně nejsnáze viditelné zašpinění všeho druhu. Bílý oděv lékaře, tedy plášť, který byl často používán přes civilní dobový oblek, také lékařům propůjčoval důstojnost a snadno byl lékař vždy k odlišení. V dnešní době je ve zdravotnictví nejvíce používána bílá, zelená a modrá barva, ale celá řada dalších barev se hlásí o slovo.

Alespoň v Čechách si zatím drží monopol zelená a modrá na operačních sálech, oděvech chirurgů a sálových sester. A právě ze sálů přišel první impuls pro změnu bílé barvy, bylo zjištěno, že bílá barva na oděvech, krytí operačního pole a celých sálech namáhá daleko více oči chirurgů, což při dlouhých zákrocích, kdy musí být stoprocentní soustředění zaměřeno k výkonu, není zanedbatelné.

Argumentem je také obtížná obnova bílé barvy, z čehož vyplývá rychlejší vyřazování bílých textilií, které už působí zašedle nebo z nich není možné odstranit některé skvrny. Neméně důležitým argumentem je také psychologie. Výrazně negativněji působí na lidskou psychiku skvrna od krve na bílém textilu, než na tmavší barvě. [7]

Barevnosti zdravotnického oděvu lze využít s ohledem na mnohá pozitiva. Výhodou může být snadné odlišení jednotlivých pracovišť a profesí v rámci jedné nemocnice. Snadnější údržba, menší namáhání očí a lepší psychologické působení barevného oděvu jak na pacienta tak i zdravotnický personál. Všech těchto výhod je

vhodné využít jak pro přípravu co nejlepšího prostředí pro pacienta, tak i pracovního prostředí zdravotnických pracovníků.

1.4.3 Údržba zdravotnických textilií

Čištění oděvů a veškerých textilií pro opakované použití ve zdravotnictví probíhá v průmyslových prádelnách. Nejčastějšími procesy je praní a sterilizace. Důležitým faktorem hodnocení je životnost.

Efektivnost praní je tvořena čtyřmi faktory: chemická aktivita, mechanická aktivita, teplota praní a čas. Standardní prací proces probíhá 30-45 minut, při teplotě hlavního praní 71-82°C a chlazení až do teploty 38°C, která je považována za dostatečnou. Mechanická aktivita je závislá na kapacitě a naplnění zařízení. Chemická aktivita je stanovena množstvím a druhem použité povrchově aktivní látky, popřípadě bělidla. Standardní postup průmyslového praní je používán pro textilie s vysokým podílem bavlny a materiály pro které výrobce doporučuje zmíněné teploty. Směšové textilie a textilie s vysokým podílem polyesteru se perou kratší dobu a při nižších teplotách, než textilie s vysokým podílem bavlny. Praní textilií s 50% podílem polyesteru a více, probíhá v průmyslových prádelnách v rozmezí teplot 60-71°C. Tento postup umožňuje podstatné energetické úspory. [3, str. 95-96]

Sterilizace je postup, při kterém se usmrcují nebo z prostoru odstraňují veškeré mikroorganismy a choroboplodné zárodky. Ve zdravotnictví se používají postupy sterilizace fyzikální a chemické. Sterilizace zdravotnických textilií a oděvů z nich probíhá fyzikálním postupem a to parou. Parní sterilizace je prováděna na veškerém textilu pro operační sály. Typickým postupem sterilizace je vakuový postup při 132°C po dobu 4 minut, nebo postup při teplotě 121°C po doporučenou dobu 15-30 minut v parních přístrojích (autoklávech). [3 str. 69, 15] Dalšími postupy sterilizace jsou metody: suché teplo, filtrace, plasmová sterilizace nebo sterilizace radiační. [8]

Životnost je vlastnost předmětu, po jak dlouhou dobu si předmět udrží původní / téměř původní vlastnosti. V případě textilních výrobků ve zdravotnictví je na místě ji měřit v počtu cyklů, tedy kolikrát je možné daný výrobek použít, dokud neztratí své vlastnosti. Zahraniční literatura [3] používá pro srovnání jednorázových a opakovaně použitelných oděvů životnost 50 cyklů (viz. Tab. 1 v kapitole 1.2). Požadavek 50 cyklů praní je také zmíněn u antimikrobiální úpravy pro zdravotnictví. Žádný z českých výrobců pracovních oděvů pro zdravotnictví neuvádí garantovanou, nebo alespoň orientační trvanlivost svého sortimentu. Podle vzhledu a stupně seprání

některých uniforem v nemocnicích by bylo možné tvrdit, že jsou vyloučeny z používání až za hranou vlastní životnosti.

1.5 Přehled výrobců v ČR

Uvedený přehled výrobců je porovnáním nabízeného sortimentu výrobků, materiálů, nabízených barev a cen. Tyto informace shrnuje tabulka 2. Nabídka firem, by měla korespondovat s požadavky zdravotnických zařízení.

1.5.1 2P SERVIS

Společnost 2P SERVIS vyrábí od roku 1994 profesní oděvy pro zdravotnická zařízení ve dvou chráněných textilních dílnách, v Sušici a Klatovech. Firma se specializuje na výrobu profesních oděvů, ale dodává i jednorázové zboží, zdravotní obuv a ložní povlečení.

U společnosti 2P SERVIS je možné si vybírat jak z velkého množství střihů, tak z několika variant použitých materiálů s rozdílnou gramáží a vazbou. Firma nabízí oděvy z 100% bavlněného tkaného materiálu v pěti různých plošných hmotnostech a vazbách. Z čistě bavlněných materiálů společnost vyrábí široký sortiment pláštěů, halen, košil, kalhot, šatů a sukní. Zdravotnické haleny rozmanitého střihu firma vyrábí ze sanforizované tkaniny v keprové vazbě o plošné hmotnosti 175 [g/m²], u některých produktů výrobce uvádí, že je materiál mercerovaný. Oděvy z tohoto materiálu má firma v nabídce v bílé barvě, některé produkty potom s doplňky (kapsy, lemy rukávů) až v deseti barvách, případně dvoubarevné kombinaci materiálů, kde nabízí až pět barevných variant. Košile je možné objednat z materiálu v keprové vazbě o plošné hmotnosti 160-175 [g/m²], materiál je dle popisu výrobce sanforizován a mercerován a jejich praní doporučuje až při 90°. Výrobce má většinu modelů v bílé a modré barvě, některé produkty je, ale po domluvě možno nechat vyrobít i v jiné barvě. V nabídce 2P SERVIS lze také najít haleny z částečně nebo zcela pestře tkaného materiálu – kostka, nebo proužek o plošné hmotnosti 125 [g/m²], praní těchto materiálů výrobce doporučuje na 60°C. Výrobce nabízí také halenu s potištěným desénem. Podle popisu výrobce se jedná o materiál ve vaflové vazbě s nežehlivou úpravou, plošná hmotnost 150 [g/m²]. U těchto výrobků ale výrobce nezmiňuje doporučený způsob údržby. Firma nabízí lékařské pláště v bílé a světle zelené barvě ze 100% bavlněného sanforizovaného materiálu, o plošné hmotnosti 200 [g/m²], doporučené praní při 95°C. Ze stejného materiálu je i nabídka kalhot v pěti různých barvách. Dále má výrobce v nabídce

operační komplet ze 100% bavlny, plošná hmotnost 145 [g/m²] nebo 160 [g/m²] upravený protichlórovou úpravou, lze jej objednat v bílé a až devíti dalších barvách.

Kolekci zdravotnických oděvů ze směsových materiálů nabízí výrobce v rozmanitých střízích i barevných kombinacích, některé druhy oděvů lze také objednat v pestrobarevném provedení. Z materiálu ze směsi 50BA/50PES v plošné hmotnosti 170-175 [g/m²], sanforizovaný, stálobarevný, výrobce nabízí haleny, košile, pláště, kalhoty. U tohoto materiálu výrobce vyzdvihuje snadné žehlení oděvů a možnost praní až na 90°. Další variantou v portfoliu směsových materiálů je materiál ze směsi 65PES/35BA, tkaný materiál o plošné hmotnosti 200 [g/m²], výrobce používá na výrobu některých pláštů, které nabízí pouze v bílé barvě a je možné je prát až na 95°C.

Mezi další artikly výrobce pro zdravotnické provozy patří trika, elastické kalhoty, fleesové mikiny a vesty. V nabídce má také oděvy pro pacienty. [9]

1.5.2 Altreva

Česká společnost Altreva s.r.o. vznikla v roce 1994 jako společník belgické firmy Alsico vyrábějící pracovní oděvy. Společnost se sídlem v Třebíči vyrábí profesní oděvy v různém poměru složení bavlna/polyester, zaručují mimořádně dlouhou životnost, stálost barev a tvaru, samozřejmostí je i snadná údržba. Do portfolia společnosti patří oděvy pro zdravotnictví, oděvy pro hotely a restaurace, certifikované ochranné oděvy a pracovní oděvy.

Zdravotní oděvy od firmy Altrava jsou nejčastěji vyrobeny ze směsového materiálu 65PES/35BA, plošná hmotnost 195 [g/m²], doporučené praní při 85°C. Z tohoto materiálu vyrábí společnost veškeré pláště sukně a šaty, většinu lékařských a sesterských halen, vybrat si ho může také zákazník v případě bílých lékařských kalhot. Firma označuje tento materiál jako Comfort 195 a uvádí ho jako: „Nejpoužívanější materiál ve zdravotnictví v Evropě.“[10] K výrobě kalhot společnost používá zmíněný materiál Comfort 195 nebo materiál Comfort 210 které má stejné materiálové složení, ale plošnou hmotnost 210 [g/m²]. Všechny výrobky z materiálu Comfort 195 lze objednat pouze v bílé barvě, nebo v bílé barvě až s osmi barevnými kombinacemi doplňků. Naopak kalhoty z materiálu Comfort 210 lze objednat pouze v barvách bordó a šedá. U tohoto materiálu výrobce vyzdvihuje dlouhou životnost, mechanickou stálost, nemačkovost a vhodnost i pro průmyslové praní. Další sortiment tvoří kalhoty ze sanforizovaného 100% bavlněného materiálu v gramáži 215 [g/m²] s doporučeným

praním na 75°C, nebo kalhoty z elastického materiálu ve složení 63PES/34BA/3elastan, plošná hmotnost 250 [g/m²], v bílé barvě.

V sortimentu společnosti jsou také operační oděvy pro opakované použití. Kalhoty a haleny pro tento účel použití vyrábí společnost ze syntetického materiálu 99PES/1karbonové vlákno, praní doporučeno při 60°C. Tento materiál je dle popisu výrobce doporučován pro použití na operačních sálech a je možné ho průmyslově prát a sterilizovat. Tyto kalhoty a haleny firma vyrábí ve čtyřech barvách (světle modrá, zelená, bordó a modrá). Položkou v tomto sortimentu je také chirurgický operační plášť z kombinace syntetických materiálu stejného složení jako haleny a kalhoty o plošné hmotnosti 130 a 135 [g/m²]. Operační plášť je možné objednat v zeleném provedení. [10]

1.5.3 Bonno

Společnost Bonno je dodavatelem tradičních pracovních oděvů nejen do zdravotnictví. V sortimentu firmy jsou pláště, haleny, kalhoty a šaty, to vše také ve variantě pro operační sály. Doplnkový sortiment tvoří vesty a mikiny ze 100% polyesterového flísu. Všechny ostatní zmíněné oděvy firma nabízí z čistě bavlněného materiálu a jejich praní doporučuje až při 95°C. Kromě operačních oděvů firma nabízí veškerý svůj sortiment v bílé barvě, haleny a šaty potom v bílém provedení s různě barevnými doplňky. Na internetových stránkách firmy Bonno nejsou uvedeny bližší informace k použitým materiálům a ani ceny jednotlivých oděvů. [11]

1.5.4 Cadenza

Firma Cadenza byla založena roku 1990 se snahou nahradit stávající nevzhledné uniformy pro zdravotnictví. Od roku 1993 společnost nabízí ucelený sortiment zdravotnických oděvů. „Cadenza je česká firma, celý výrobní proces od prvního návrhu designu, přes úpravu materiálů, po ušití finálního výrobku probíhá kompletně v České republice.“ [12]

Sortiment firmy obsahuje kompletní nabídku oděvů pro opakované použití ve zdravotnictví, provozní a ložní prádlo. Firma Cadenza má jako jediná ze zde zpracovaných firem i kolekci oděvů pro opakované použití ve zdravotnictví z 100% lnu. Lněná kolekce firmy Cadenza obsahuje pánské a dámské lékařské kalhoty, halenu, košili, sukni a top. Všechny zmíněné oděvy jsou z 100% lněné sanforizované tkaniny v plátňové vazbě o plošné hmotnosti 175 [g/m²]. Lněné oděvy firma vyrábí pouze v bílé

barvě a jejich praní čištění a údržbu firma doporučuje tento postup: praní při 60°C, žehlení do 110°C a sušení v závěsu.

Bavlněnou kolekci oděvů firma vyrábí pro celý rozsah použití ve zdravotnictví. Materiál používaný firmou k výrobě oděvů z 100% bavlněné tkaniny je sanforizovaný a mercerovaný. Dle popisu firmy je u materiálu snižená mačkavost a je možné ho vyvářet. Operační oděvy - haleny a kalhoty ze 100% bavlny firma vyrábí z tkaniny v plátňové vazbě. Tyto výrobky firma nabízí v bílé a pěti dalších barvách z materiálu o plošné hmotnosti 140 nebo 180 [g/m²]. Praní těchto výrobků je možné až při 95°C. Ze 100% bavlny firma vyrábí celou řadu halen, košil, kalhot a pláštíků v rozmanitém stříhovém a barevném řešení. Pánské a dámské haleny jsou vyrobeny z tkaného materiálu v keprové vazbě o plošné hmotnosti 160-180 [g/m²] převládající barvou je většinou bílá s možností barevných doplňků ve čtyřech barvách. Pláště a kalhoty firma vyrábí z tkaného materiálu v keprové vazbě pouze o vyšší plošné hmotnosti materiálu v rozmezí 180-220 [g/m²]. Veškeré pláště a kalhoty, s výjimkou operačních, firma vyrábí pouze v bílé barvě. Praní všech těchto oděvů ze 100% bavlny firma doporučuje při 95 °C a žehlení až do 200°C. V sortimentu firmy jsou také úpletové výrobky- trička, mikiny a vesty ze 100% bavlněného materiálu. Sortiment pouze bavlněných materiálů, má jednoznačnou převahu v nabídce firmy.

V nabídce firmy jsou také haleny, kalhoty a šaty ze směsového materiálu 65% polyester, 35% bavlna. Tento sortiment firma vyrábí z tkanin v keprové vazbě o plošné hmotnosti 210-260 [g/m²]. Tyto oděvy jsou v nabídce v bílé barvě, nebo v bílé barvě s tmavě modrými doplňky. Praní těchto výrobků firma doporučuje při 60°C, žehlení při 150°C a sušení v závěsu. Ze směsového úpletového materiálu 96BA/4lycra firma nabízí trička a dámské legíny. Výrobky z těchto materiálů firma nabízí v mnoha střížích, veškerá trička a legíny je možné objednat v bílé barvě. Dámský sortiment potom nejčastěji také ve žluté nebo fialové barvě, pánské tričko, v modrém nebo zeleném provedení. Nabídku firmy Candenza uzavírají mikiny a vesty jak ze směsového materiálu 49BA/30CV/21PES, tak ze 100 % polyesteru. U těchto výrobků si můžete vybrat nejčastěji z bílé barvy, dále z různých odstínů modré a zelené a jejich praní je doporučeno do 40°C.

V nabídce provozního a ložního prádla jsou podložky a roušky v různých rozměrech, dále povlaky na deky, polštáře a prostěradla a do sortimentu jsou zařazeny také operační čepice a ústenky. Veškeré výrobky v této kategorii jsou ze 100%

bavlněných materiálů, které již byly popsány výše a firma je nabízí v bílé a zelené barvě. [13]

1.5.5 Clinitex CZ

Česká oděvní společnost se sídlem v Ostravě, vyrábí textilní konfekci pro zdravotnictví. Jako popis činnosti firma v katalogu uvádí: „Clinitex spojuje svými materiály a moderními střihy komfort při nošení a současně maximální životnost všech oděvů“. [14]

Firma Clinitex vyrábí pláště, košile, haleny, kalhoty, šaty a sukně pro opakované použití ve zdravotnictví, rozmanitých střihů. Nejpoužívanějším materiálem je tkaný materiál v keprové vazbě, ve složení 65PES/35BA nebo 100% bavlna. Pro tento materiál firma používá rozmezí plošných hmotností 160-180 [g/m²]. Zejména na haleny a košile firma používá materiál tkaný v plátňové vazbě, složení materiálu je 52PES/48BA nebo ve variantě ze 100% bavlny. Tyto tkaniny jsou vždy v rozmezí plošné hmotnosti 120-150 [g/m²]. Dalšími materiály jsou směšové tkaniny ve složení 60BA/40PES a to v atlasové (185 [g/m²]) nebo plátňové (175 [g/m²]) vazbě. Poslední zmíněný materiál v plátňové vazbě je pestře tkaný a firma Clinitex ho používá na svých oděvech v modré nebo šedé barvě.

Všechny ze zmíněných materiálů používá společnost v bílé barvě, většinu potom také v jednobarevném vybarvení až v osmi barvách.

1.5.6 Eldan

Firma Eldan se zabývá výrobou pracovních oděvů pro lékaře a zdravotnický personál. V nabídce má pánské, dámské i těhotenské pracovní oděvy ze směšových materiálů, nejčastěji ve složení bavlna, polyester. Oděvy v jejich nabídce lze objednat až v šestnácti barevných odstínech. Většinu oděvů firma nabízí z tkaných materiálů, ve složení 50BA/50PES, praní těchto oděvů je doporučeno při 60°C nebo až při 90°C. Některé výrobky lze objednat také z tkaniny ve složení 67PES/33BA. Jejich praní je ale doporučeno pouze při teplotách do 40°C. Firma má v nabídce stretchové lékařské kalhoty z materiálu 62PES/33BA/5elastan, doporučená teplota praní 60°. Dámská a pánská trička firma nabízí z 100% bavlněného materiálu nebo úpletu 89BA/11elastan. Praní všech těchto výrobků je omezeno na 40°C. U konkrétních produktů firma nabízí pouze omezený popis použitých materiálů, stejně tak i v katalogu. Katalog také

obsahuje sortiment, který firma vůbec nenabízí na svých internetových stránkách, jako jsou například operační čepice a pláště. [15]

1.5.7 Irea

Česká firma Irea z Havířova je na Českém trhu s oděvy pro zdravotnictví od roku 1991. V jejím sortimentu lze najít zdravotnické oděvy, profesní oděvy a reklamní textil. Největší nabídku má firma jednoznačně v kategorii oděvů a textilu pro zdravotnictví. Na firemních internetových stránkách se firma hlásí k výrobě z nejkvalitnějších materiálů zásadně od tuzemských výrobců. Nabídka zdravotnických oděvů a textilu čítá okolo sta položek, které jsou dle použitých materiálů rozděleny do řad ekonomy, standard a premium.

V řadě ekonomy a standard firma Irea nabízí pláště, kalhoty, haleny, košile, šaty a rouškování z tkanin ze 100% bavlny, v různorodém stříhovém a barevném řešení. Dle popisu je bavlněný materiál sanforizovaný a upravený protichlórovou úpravou, praní je doporučeno při teplotách 60°C, 85°C nebo 95°C podle konkrétního materiálu. Inzerovaný tkaný materiál je v plátňové nebo keprové vazbě. Některé výrobky je možné v případě kepru objednat i v odlehčené variantě, u výrobků ale není zmíněna přesná plošná hmotnost použitého materiálu. Výrobky je možné objednat nejčastěji v bílé barvě, někdy s barevnými doplňky. Další nabízené barvy jsou až na výjimky světlé odstíny zelené a modré barvy. Úpletové výrobky v řadě standard jsou ve složení materiálu 90BA/10elastan pro trika a 100% polyester u nabízených mikin a vest. Pro veškeré úpletové výrobky je doporučeno praní při teplotě 30°C. Mikiny a vesty z fleesového materiálu firma nabízí v bílé barvě, u některých produktů s barevnými akcenty. Trika v této řadě jsou nabízena až v devíti barevných variantách.

V řadě premium firma nabízí pláště, kalhoty, haleny, košile, šaty, sukně a trika. Pro tuto řadu jsou používány směšové nebo syntetické materiály. Nejširší sortiment výrobků v této řadě lze objednat ze směšového tkaného materiálu 50PES/50Tencel. Materiál je stejně jako předešlý sanforizován a ošetřen protichlórovou úpravou. Výrobce vyzdvihuje jako hlavní klady směsi z Tencelovými vlákny: „Hebkost, vyšší savost, přirozeně antibakteriální účinky - zamezující růst bakterií, tvorbu plísní, roztočů a nepříjemných pachů.“ U těchto oděvů doporučuje výrobce praní až do 90°C a je možné ho čistit i chemicky. Oděvy z tohoto materiálu jsou výrobcem nabízeny v širokém výběru stříhů. Zákazník si také může vybírat vedle bílé barvy až ze 7 barevných variant. Sortiment kalhot v této řadě je nejčastěji ze směšového tkaného

materiálu 47BA/47PES/6elastan, doporučené praní do 90°C. Výrobky z tohoto materiálu nabízí až na jednu výjimku pouze v bílé barvě. Nabídku oděvů z úpletového materiálu společnost rozšířila od roku 2010 oděvy částečně nebo zcela z pleteniny Coolmax fresh. Složení materiálu 62PES (Coolmax)/32PES (Coolmax fresh) dle popisu u oděvů se jedná o materiál s aktivními ionty stříbra, potlačující tvorbu pachu, termoizolační funkcí, rychle schnoucí a lehký materiál. Konečnou složkou materiálu je 6% lycry, doporučená teplota praní tohoto materiálu je 40°C. Výrobky z tohoto materiálu jsou vždy v bílé barvě s možností barevných doplňků. Výrobce také používá tento materiál jako potítka do operačních čepic, které vyrábí z celé řady barevně tištěných 100% bavlněných tkanin. Poslední materiál firma používá na výrobu veškerých mikin a vest a jedná se o 100% polyesterový fleece. Tento sortiment společnost nabízí v bílé, světle modré, zelené a červené barvě. [16]

1.5.8 Licolor Liberec

Firma Licolor s tradicí od roku 1888, se zabývá barvením, finálními úpravami textilií a konfekční výrobou oděvů pro zdravotnictví. Výroba oděvů probíhá od roku 2005 v Licolor- chráněné dílně s.r.o.

Výrobky pro zdravotnické provozy společnost vyrábí ze tří druhů materiálů. Osobní prádlo lékařů a sester (kalhoty, haleny, šaty, pláště, košile), klasické operační prádlo (haleny, kalhoty, operační pláště a roušky), patientské a ložní prádlo společnost vyrábí z 100% bavlněného materiálu nebo směsi bavlna polyester. Operační prádlo do čistých prostor je vyráběno ze syntetického směsového materiálu 98PES/2 carbon. U tohoto materiálu společnost uvádí, že je vhodná pro opakované použití na operačních sálech, je možné prát ho na 90°C a sterilizovat až na 137°C. V nabídce firmy je také **bakteriostatický komplet NBK SANLIC**, který dle popisu: „SANLIC – bakterie nanesené na textilií nezničí, brání ale jejich množení na vláknech a tím omezuje jejich šíření.“ [17] Společnost na svých internetových stránkách neuvádí žádné bližší informace k materiálům, barvám ani střihům oděvů, které vyrábí. [18]

1.5.9 Medica Filter spol. s.r.o.

Česká firma Medica filter nabízí od roku 1990 široké portfolio výrobků. Firma je jedním z významných výrobců a dodavatelů zdravotnických prostředků a oblečení. Společnost sídlí v Kašperských horách a hlavní částí programu je: „Výroba jednorázového zdravotnického materiálu, který je dále podle potřeby zákazníka

sterilizován“. Další výroba je soustředěna na oděvy pro opakované použití. V této kategorii firma nabízí: lékařské kalhoty různých délek, košile a haleny, pláště, oděvy pro lékárny, operační oděvy, sukně, šaty a další. [19]

Zákazník si většinu oděvů pro opakované použití může u firmy vybrat ze dvou nabízených tkaných materiálů. První materiál je ze 100% sanforizované (vysrážené bavlny). Materiál je kromě bílé nabízen ještě ve čtyřech pastelových odstínech, barevné doplňky, jako prýmky a paspule nabízí výrobce až v devíti barvách. Pro údržbu oděvů z tohoto materiálu doporučuje výrobce maximálně 95°C. Druhý materiál je ze směsi Polyester Bavlna. Oděvy z tohoto materiálu je možné si objednat v bílé a osmi dalších barvách, opět s možností doplňků až v 9 barvách. Praní oděvů z tohoto materiálu je doporučeno při 60°C s možností občasné vyvářky.

Dalším sortimentem firmy jsou opakovaně použitelné oděvy pro operační sály ze 100% bavlny. Tyto oděvy jsou z nevysráženého materiálu v plátňové vazbě. Výrobce je nabízí v osmi barevných variantách. K tomuto materiálu nemá výrobce na stránkách uveden doporučený způsob údržby. Firma nabízí také celou řadu reflexních oděvů a fleesových mikin ze syntetických materiálů. [20]

1.5.10 Výrobci s omezenou nabídkou

Na českém trhu lze vybírat ještě z celé řady menších výrobců, kteří se například nespecializují pouze na oděvy pro zdravotnictví, nebo mají jen omezený sortiment oděvů, co se týče materiálů ale také střihů a barev. U těchto výrobců je nejčastěji možné si objednat oděvy pro opakované použití ve zdravotnictví ze 100% bavlny. Mezi takové výrobce lze na českém trhu najít firmy: Artep výrobní družstvo z Jablonce nad Nisou, Bazala pracovní obuv a oděvy, Beston se sídlem v Písku, DaKtex z Třebíče, Kurýr – Miroslav Jarkovský, Pícha osobní ochranné pomůcky nebo Pracovní oděvy Eva Brychtová.

1.5.11 Finanční relace

Porovnání cen a finančního rozpětí nabízených výrobků od jednotlivých výrobců je sestaveno v tabulce. Výrobky jsou seříděny podle materiálového složení výrobcem použitého materiálu. Firmy Bonno, Clinitex a Licolor nejsou zahrnuty v tabulce z důvodu absence informací o ceně na internetových stránkách, popřípadě v katalogu. S výjimkou firmy Eldan lze z tabulky vyčíst také nabízený sortiment firmy.

Tab. 2 Srovnání nabízeného sortimentu a cenového rozpětí u výrobců v ČR

* cena operačního kompletu halena + kalhoty		2P Servis	Altreva	Candenza	Eldan	Irea	Medica filter
		Cena od-do					
Plášť	100% BA	385-499,-	x	694,-	x	399-489,-	447-630,-
	65% PES 35% BA	460-499,-	362,-	x	x	x	512-730,-
	50% BA 50% PES	524,-	x	x	766-776,-	x	X
	100% Tencel	x	x	x	x	699-749,-	X
Halena (operační)							
	100% BA	580,- *	x	455,-	x	249-299,-	270-294,-
	99% PES, 1% Carbon	x	422,-	x	x	x	X
Kalhoty (operační)							
	100% BA	580,- *	x	389-443,-	x	249-299,-	237,-
	99% PES, 1% Carbon	x	422,-	x	x	x	X
Operační plášť:							
	100% BA	x	x	x	x	x	367-427,-
	99% PES, 1% Carbon	x	1160,-	x	x	x	X
Halena lékařská	100% BA	336-603,-	x	543-725,-	x	299-549,-	311-629,-
	65% PES 35% BA	x	459-531,-	670-746,-	x	x	382-658,-
	50% BA 50% PES	408-647,-	543,-	x	636-697,-	449,-	X
	Směs PES/BA/Elastan	x	x	x	x	599,-	X
	100% LN	x	x	750,-	x	x	X
	100% Tencel	x	x	x	x	449-649,-	X
Kalhoty lékařské:	100% BA	369-473,-	x	583-929,-	x	349-369,-	382-604,-
	65% PES 35% BA	x	301-725,-	670-995,-	x	x	442-667,-
	50% PES 50% BA	473-562,-	x	x	678-714,-	x	X
	Směs BA/Elastan	382-488,-	x	x	x	499,-	558,-
	Směs PES/BA/Elastan	x	543,-	x	745-760,-	749-899,-	X
	100% LN	x	x	997,-	x	x	X
Košíle	100% BA	324-421,-	483,-	447-882,-	x	279-299,-	390-566,-
	65% PES 35% BA	x	x	x	x	x	420-590,-
	Směs PES/BA/Elastan	369-397,-	543,-	x	x	x	X
	100% LN	x	x	883,-	x	x	X
	100% Tencel	x	x	x	x	599-649,-	X
Šaty	100% BA	446-719,-	x	679-741,-	x	399-499,-	471-703,-
	65% PES 35% BA	x	519,-	697-848,-	x	x	554-814,-
	50% BA 50% PES	463-802,-	x	x	736-767,-	499,-	X
	Směs BA/Elastan	x	x	x	x	499,-	X
Sukně	100% Ba	317,-	x	404-498,-	x	x	375-471,-
	65% PES 35% BA	x	362-483,-	584,-	x	x	427-530,-
	50% PES 50% BA	421-499,-	x	x	480,-		X
	Směs PES/BA/Elastan	x	434,-	x	x	549,-	X
	100% LN	x	x	664,-	x	x	X
Rouška: 100% BA		x	x	83-329,-	x	149,-	X
Operační čepice:		x	x	60-69,-	x	199-299,-	X
Ústenka: 100% BA		x	x	54-60,-	x	x	X
Operační anděl: 100%BA		304,-	x	484,-	x	299,-	X
Triko:		x	x	331-664,-	460-494,-	389-499,-	X
Mikina:		593,-	x	946-1329,-	540-654,-	499-599,-	X
Vesta:		537,-	x	776-927,-	390-603,-	359-429,-	866-906,-

Z analýzy českého trhu vyplývá: nejžádanější je bílá, světle modrá, popřípadě zelená barva, vysoká obliba 100% bavlněných materiálů nebo směsí bavlna/polyester (pouze firma Altreva nenabízí bavlněné oděvy), nabídka oděvů s přidanou hodnotou ve formě antibakteriální úpravy v zásadě chybí (pouze firma Irea a Licolor má v nabídce oděv s blíže nespecifikovanou antibakteriální funkcí).

1.6 Trendy – zahraniční firmy

V této podkapitole jsou uvedeny příklady nabídek zahraničních firem se zdravotnickými oděvy pro opakované použití.

1.6.1 Cherokee uniforms

Firma Cherokee uniforms je jednou z významných zahraničních firem, vyrábějících oděvy pro opakované použití ve zdravotnictví. V jejich nabídce je nepřeberné množství halen a kalhot z různých směsových materiálů. Na rozdíl od většiny Českých firem, v jejich nabídce nenajdete 100% bavlněné jednobarevné oděvy (haleny), které firma nabízí z tohoto materiálu jsou vždy výrazně barevně potištěny. Hlavní nabídku tvoří oděvy z šesti materiálů s různým podílem polyesteru, bavlny, viskózy a často také elastanu. Výrazný rozdíl oproti českým firmám je také v barevné škále, ze které je možné si oděvy vybírat. U oděvů značky Cherokee není výjimkou výběr z 20 a více barev. V barevných škálách pro jednotlivé artikly je možné vybírat z celé řady modrých, fialových a červených odstínů různé sytosti. Firma nabízí i pro nás velmi neobvyklé barvy pro oděvy ve zdravotnictví jako jsou odstíny šedé, béžové, hnědé. Většinu halen a kalhot je možné si objednat například i v černé barvě, nebo jiných velmi tmavých barvách. Firma nemá v nabídce žádný oděv žluté barvy.

Firma nabízí střihově, barevně i materiálově velmi rozmanitý sortiment. V sortimentu jsou i haleny s výšivkou, tiskem, nebo vzhledem a střihem připomínající spíše sportovní oděv. Firma na svých internetových stránkách také uvádí, že již brzy bude nabízet oděvy s antimikrobiální ochranou, kolekce s názvem Infinity (Nekonečno).



Obr. 1 Halena a triko s dlouhým rukávem kolekce Infinity

Oděvy z této kolekce budou vyráběny z materiálu s názvem Certainly (Jistota) a uvádí výhody: zamezení růstu bakterií, kvasinek a řas, minimalizace zápachu

a prodloužení životnosti výrobku. Vzhled těchto oděvů již prezentují na svých stránkách (obr. 1). Firmou používané materiály jsou včetně příkladů barev shrnuty v tabulce. [21,22]

Tab. 3 Přehled sortimentu firmy Cherokee uniforms

Název kolekce	Materiál	Sortiment	popis	Příklady barev
Infinity	95% PES, 5% Elastan	Haleny, kaldhoty	Jednobarevný / tisk	
Luxe	51% PES, 46% Vi, 3% Elastan	Haleny, kaldhoty	Jednobarevný	
Runway	100% BA	Haleny	Tisk	82 vzorů
Flexibles	65% PES, 35% BA	Haleny, kaldhoty	Jednobarevný	
	51% PES, 46% Vi, 3% Elastan	Haleny, kaldhoty	Jednobarevný	
	100% BA	Haleny	Tisk, elastické boční panely	
Fashion solid	65% PES, 35% BA	Haleny, kaldhoty	Výšivka	
Workwear	65% PES, 35% BA	Haleny, kaldhoty		
	95% PES, 5% Elastan	Trička		
Workwear premium	55% BA, 42% PES, 3% Elastan	Haleny		
Lab coats	65% PES, 35% BA	Pláště	29 modelů, různé střihy a délky	Bílá
	55% BA, 45% PES	Pláště		Bílá
Tooniforms	100% BA	Haleny	Tisk	Více jak 100 vzorů

1.6.2 Dickies medical apparel

Firma nabízí pracovní oděvy pro zdravotnictví celkem v šesti kolekcích, více než dvaceti barvách a celé řadě výrazných barevných tisků. Oděvy této firmy jsou konstruovány s celou řadou praktických detailů, v podobě kapes nebo poutek. Firma má v nabídce haleny, kaldhoty, čepice a pláště. Nabízí také kolekci pracovních oděvů pro těhotné.



Obr. 2 Příklady ze sortimentu firmy Dickies medical apparel

Kolekce oděvů pro každodenní nošení je ze 100% bavlněného materiálu nebo směsi bavlna polyester. Materiál je broušený, prodyšný a komfortní pro každodenní nošení. Kolekce Gen flex je z keprového materiálu se složením bavlna/polyester/elastomer nabízí oděvy moderního střihu s patentky. V nabídce je také kolekce z vysoce elastického materiálu, umožňující snadný pohyb. Složení materiálu v této kolekci je polyester/viskóza/elastomer. V nabídce jsou také laboratorní a lékařské pláště z materiálu Certainly (používaný též firmou Cherokee) s antimikrobiální funkcí. [23]

1.6.3 Heartsoul scrubs

V nabídce firmy Heartsoul scrubs jsou oděvy střihově i materiálově podobné oděvům firmy Cherokee. Kolekce této firmy je významně užší a svým vzhledem zaměřená zejména na mladé lékařky a zdravotní sestry.[24]



Obr. 3 Příklady ze sortimentu firmy Heartsoul scrubs

2 Antimikrobiální textilie

Souhrnné označení antimikrobiální je používáno jako činnost látky se schopností zabránění růstu nebo úplné zničení mikroorganismů.

Definice pojmů a typy úprav podle Encyklopedie textilních úprav: [25]

- Antimikrobiální finální úprava s **baktericidním** (efekt způsobující zničení veškerých bakterií) nebo **bakteriostatickým** (efekt omezující růst bakterií) účinkem
- Germicidní úprava- s účinkem zabíjení choroboplodných zárodků, termín používaný pro úpravy omezující hnisání
- Hygienické úpravy- nebo také dezinfekční úpravy, eliminující patogeny mikroorganismů aplikací vhodné úpravy
- Fungicidní úpravy- omezující nebo ničící růst hub
- Úpravy omezující vznik zápachu

Těchto účinků se na textilních materiálech docíluje úspěšně jedním z těchto postupů, které se nejobecněji dělí na úpravy vypratelné a nevypratelné (podle toho zda je účinná látka vázána trvale do materiálu):

- Přídavek antimikrobiálních látek do roztoku před zvlákňováním chemických vláken.
- Modifikací povrchu, zahrnující roubování nebo chemickou reakci materiálu.
- Finální úpravou s vhodnou aktivní látkou. Taková látka je fixována na textilní materiál a po tepelném ošetření včleněna do materiálu.

Antimikrobiální úpravy jsou díky schopnosti omezení mikrobiálního růstu, kontrole rozšiřování, redukci rizika vzniku infekcí ve zranění a urychlování procesu uzdravování a rekonvalescence velmi vhodné pro široké použití ve zdravotnictví. Mohou být používány na obvazech, gázách, vatových tamponech a dalších materiálech. Jejich význam je hlavně v omezení, nebo zamezení přenosu chorob z jednoho člověka na druhého. Dalšími významnými výhodami pro jejich zkoumání a zkvalitňování je omezování zápachu z mikrobiální degradace, nebo omezení spotřeby textilií vyplývající z rozkladu na základě mikrobiálního útoku.

Přes široké možnosti použití je velmi obtížné vhodnou úpravu najít a aplikovat, zejména díky nutnosti její netoxicity a odolnosti vůči praní a mokrému

čištění. Mnoho aktivních látek utrpí významný úbytek účinnosti nebo úplnou dezaktivaci vlivem opakovaného používání a praní. Pro úspěšné široké používání antimikrobiálních úprav ve zdravotnictví je důležitá bezpečnost pro uživatele i výrobu, úprava by měla být snadno aplikovatelná a nezhoršující vlastnosti textilií. [25, 26]

2.1 Antimikrobiální úpravy

Na základě požadavků stále pokračuje výzkum čtených antimikrobiálních textilních produktů pro opakované použití v péči o zdraví. Mezi technologie vyvíjené pro tyto aplikace jsou úpravy založené na bázi helaminů, bioaktivní materiály, textilie impregnované mědí nebo jiných kovů a technologie fungující na bázi organických silanů. Tyto úpravy reprezentují hlavní směry vývoje textilií s antimikrobiálními účinky [3 str. 101]

2.1.1 Antimikrobiální úpravy na bázi sloučenin stříbra

Antimikrobiální úpravy používající stříbro, patří mezi nejvyužívanější na textilie a jiné medicínské materiály. Pro docílení žádaného efektu může být stříbro aplikováno v mnoha různých formách: jako ionty, nanočástice, případně jako vrstva. Stříbro má za sebou jako antibakteriální činitel dlouhou historii, jeho účinků bylo využíváno už ve středověku. Dnešní antibakteriální úpravy používají kovové soli – anorganické soli stříbra, mědi nebo chromu nebo organické sloučeniny kovů – zinek, měď, olovo, cín nebo stříbro.

Všeobecně uznávaným mechanismem je podle literatury [27 str. 366] reakce mezi ionty stříbra a sulfohydrolovými skupinami. Jednou z cest k začlenění iontů stříbra do textilie je použití stříbrných solí a chelatačního činidla. Některé sulfoskupiny poskytují stabilní struktury s ionty stříbra a mohou být začleněny do vlákna již při jeho výrobě. Další možností je utváření nanovrstev stříbra na povrchu vláken nebo textilií. Stříbrná vrstva je nanosená na povrch polyamidových vláken a reakcí aldehydových skupin dochází k začlenění iontů stříbra do vlákna. Tento typ textilie podle informací uvedeném v článku autora SUN G. [27 str. 366]: „Tyto textilie vykazují antimikrobiální funkci proti E.coli bakteriím po dobu 30 vyprání.“ Další možností nanášení nanovrstev stříbra je plazmování povrchu polyamidových vláken. Takto stříbrem pokryté textilie mohou během až 14 dní pomalu vydávat stříbrné ionty do vody.

Pozitivem úprav na bázi stříbra je pomalé uvolňování iontů z textilie, které poskytuje dostatečně trvanlivou antimikrobiální ochranu. Negativem je postupné

uvolňování stříbrných iontů z hlediska čištění a odbourávání v odpadních vodách. Případnými problémy při použití těchto úprav, může být ovlivnění stříbrných iontů na povrchu při bělení a desinfekci. [4, 27]

K docílení antimikrobiálních účinků je využíváno i dalších oxidů kovů jako například mědi nebo zinku, které také vykazují tyto vlastnosti a je možné je aplikovat na povrch textilií.

2.1.2 Helaminové sloučeniny s antimikrobiálními účinky

Helaminové sloučeniny patří do skupiny organických dusíkatých sloučenin spolu se salicylamidy. V historii byly tyto sloučeniny široce používány k desinfekci vody v plaveckých bazénech, kde bylo využíváno jejich schopnosti pomalu uvolňovat trojvazný chlór do vody. Později byl prokázán antibakteriální účinek, což vedlo k pokusům použití těchto sloučenin na polymerech a textiliích.

Možnou budoucí výhodou by mohlo být „dobíjení“ úpravy při chlorovém bělení. Pozitivem použití helaminových sloučenin je široké spektrum mikroorganismů, proti kterým jsou účinné a v prevenci proti nozokomialním nákazám. Dalším pozitivem, autorem popisovaným, na bavlněných nebo bavlno polyesterových tkaninách je jejich v zásadě okamžitá antimikrobiální funkce. Limity této úpravy jsou zejména nízká tepelná stabilita a nízké UV stálosti. Díky tomu není možno tyto úpravy použít na chirurgických oděvech a rouškách, protože tyto produkty je nutné sterilizovat při vysokých teplotách. Nevýhodou je jejich menší stabilita na textilních strukturách a jejich nízká trvanlivost. Stejně jako u úprav s ionty kovů je nutné řešit uvolňování do vody a přechod do odpadních vod. [27, str. 367]

2.1.3 Kvartérní amoniové sloučeniny – QAS

Tato skupina je zkoumána a popisována od roku 1970, výzkum ale pokračuje až do současnosti. Komerčně využívaným zástupcem je finální úprava na bázi QAS, s názvem Dow Corning 5700, využívající siloxylové skupiny k připojení účinných látek na povrch celulózy. Autoři výzkumů popisují chemické připojení QAS na polyamidová, proteinová nebo akrylová vlákna přímo, díky iontové interakci. Zmíněné úpravy poskytují podle literatury dostatečnou antimikrobiální funkci i odolnost v praní. Limitující pro tuto metodu úpravy povrchu jsou povrchově aktivní látky, které mohou negativně ovlivnit antibakteriální funkci, například při barvení akrylových vláken. [27, str. 365-366]

2.1.4 Chitosan a další přírodní materiály

Chitosan je přírodní netoxický polysacharid živočišného původu podporující léčbu zranění s bakteriostatickým efektem. Jeho potenciální výhodou v této oblasti zájmu je relativní hojnost, může být extrahován ze schránek korýšů nebo generován fermentací. Jeho výroba je nízkonákladová a zároveň také ekologicky příznivá [8 str. 192]

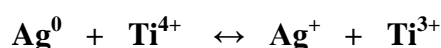
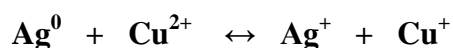
Chitosan a jeho deriváty mohou být aplikovány jako antibakteriální látka na bavlněné textilie. Další variantou je jeho přidání při zvlákňování polyakrylonitrilových (PAN) vláken nebo úprava akrylových vláken. Mezi hlavní limity použití chitosanových antibakteriálních úprav je nutnost vysoké koncentrace na povrchu textilie. Jak uvádí článek [24, str. 85 -86] antibakteriální úprava na bázi chitosanu o potřebné koncentraci, vede k významně zhoršené prodyšnosti a takto upravená textilie má po aplikaci tuhý omak.

Autoři článku o antimikrobiálních úpravách textilií pro aplikace ve zdravotnictví, založené na přírodních ekologických materiálech [4, str. 84], popisují jako další možné úpravy: hedvábný sericin nebo extrakt ze stále zeleného stromu *Azadirachta Indica* s názvem Neem.

2.2 Hybridní úprava obsahující stříbro a měď

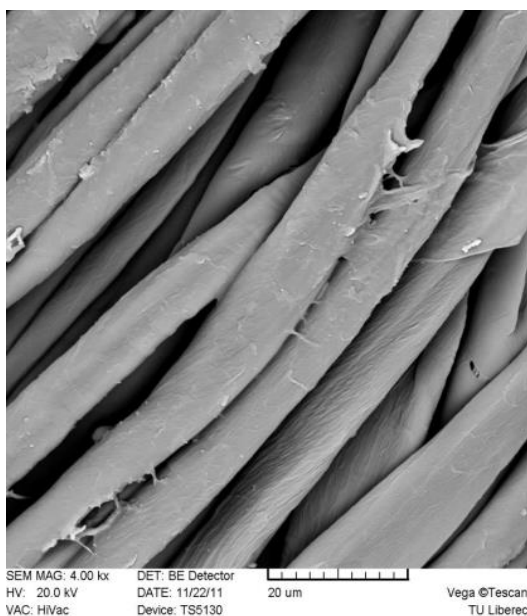
Jednou z nových úprav pro docílení antimikrobiálního účinku nejen na textilií je hybridní vrstva, vyvinuta na TUL týmem pod vedením doc. Lověťínské-Šlamborové, patentována v roce 2012. Od tohoto roku je: „Antibakteriální hybridní vrstva působící proti patogenním bakteriím, zejména proti bakteriálnímu kmeni MRSA a způsob vytvoření této vrstvy“ přihlášena jako vynález v ČR PV 2013-656. V anglické verzi je podaný vynález od září 2014. (Evropský EP 2843019 a Americký 2015/0064279).

Tato hybridní vrstva připravovaná metodou sol-gel je tvořena dvěma sítěmi, anorganickou a organickou. Tyto sítě jsou k sobě vzájemně vázány silnou kovalentní vazbou, stejně jako hybridní vrstva k substrátu. Organicko-anorganická hybridní vrstva na bázi TMSPM s křemičito-titaničitou anorganickou a methakrylátovou organickou mříží s navázanými kationty stříbra, mědi a zinku na anorganickou mříž tvoří synergický efekt. Oxidačně redukční rovnováhy zajišťují přítomnost Ag^+ (dle první uvedené rovnice).

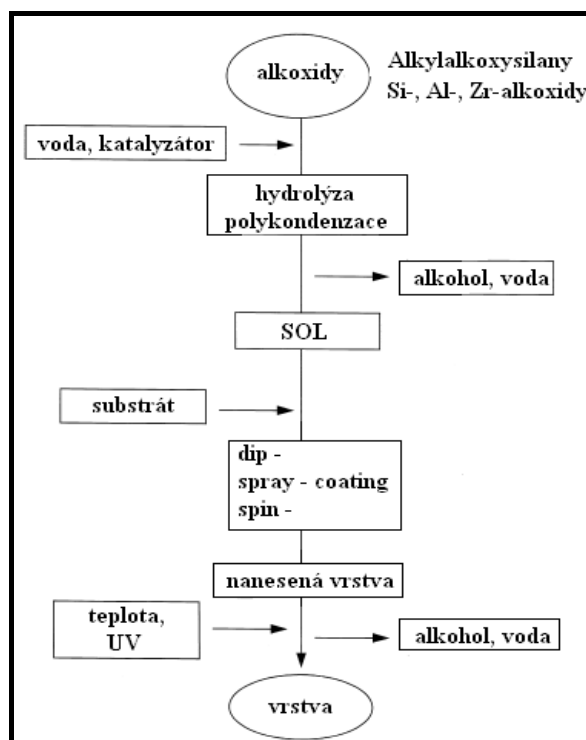


Přítomnost Ti ve struktuře hybridní vrstvy také dovoluje přenos náboje mezi nesousedícími kationty podle druhé z uvedených rovnic. Kationty uvedených kovů (zejména kation stříbra a zinku) se díky porozitě vrstvy dostávají k povrchu, kde dochází k jejich postupnému (pomalému) uvolňování. Pokud na takto upravený materiál dosedne bakterie (plíseň), dochází k rychlému průniku iontu do bakteriální buňky a k jejímu usmrcení.

Možnosti četných aplikací tohoto hybridního kompozitu jsou založeny na antimikrobiálních a baktericidních účincích. Hlavní účinnou látkou jsou ionty stříbra, které jsou spolu s mědí a zinkem vázány do křemičité sítě a díky pevným kovalentním vazbám vrstva vykazuje dostatečnou odolnost a stálost. [28, 29]



Obr. 4 Aplikace antibakteriální vrstvy na vlákna



Obr. 5. Schéma přípravy vrstvy metodou sol-gel

Podle článku [28], byly antibakteriální účinky vrstvy testovány na 100% bavlněné tkanině po nanesení a také po opakovaných cyklech praní. Zkoušky byly prováděny podle mezinárodního standardu AATCC 100-2004 se sedmi bakteriálními kmeny včetně dvou kmenů MRSA. Únik kovů po praní byl stanovován pomocí X-ray fotoelektronové spektroskopie. Jak ukazují provedené testy, úprava vykazuje vynikající antibakteriální účinnost proti širokému spektru bakterií.

Způsob přípravy sol-gelu, jeho nanášení, fixace a testování je popsáno v experimentální části této práce, v které byly použity informace z článku [28] doc. Lovětínské-Šlamborové.

2.3 Požadavky na antimikrobiální úpravy ve zdravotnictví

W. C. White v článku publikovaném [4, str. 64-66] shrnuje požadavky a očekávání u úprav používaných ve zdravotnictví. Jedním ze základních požadavků je **trvanlivost** úpravy a jejích vlastností. Do těchto vlastností patří jak chemické, tak i fyzikální namáhání upraveného materiálu. Důležitá je odolnost v oděru, sterilizaci, mokřem i suchém procesu čištění, měla by být také odolná oplachu nebo potřísnění alkoholem. Dalším požadavkem je **netoxicity** a minimální **množství odpadu**. Úpravy by měly být co nejvíce bezpečné a měly by být aplikovány na materiály pro opakované použití, jako náhrada jednorázových výrobků. Požadovanými vlastnostmi je také široká **škála aktivity**. Baktericidní nebo bakteriostatický účinek by měl zahrnovat jak grampozitivní, tak i gramnegativní bakterie. Ve zdravotnictví je žádanou vlastností také **schopnost adaptace**. Bakterie se nesmí stát po čase na úpravu rezistentní. Široké **možnosti použití** je další významnou vlastností. Úprava musí být aplikovatelná na celou řadu materiálů a nesmí příliš navýšit cenu těchto produktů. Úprava také nesmí negativně ovlivňovat **vlastnosti oděvu**, který musí být i s úpravou stále čistitelný, prodyšný, musí si zachovat schopnost bariérové ochrany a izolační vlastnosti. Žádoucí také je, aby byl materiál bezproblémově integrovatelný do zdravotnických zařízení a již stávající funkční a estetické vlastnosti používaných textilií doplnil o benefit antibakteriální funkce. [3, 4, 8]

2.4 Metody hodnocení antimikrobiálních účinků

Pro hodnocení antimikrobiálních úprav existuje mezinárodní technický manuál s očíslovanými metodami platnými a vhodnými pro hodnocení antimikrobiálních úprav na textiliích. Tyto testovací metody lze podle literatury rozdělit do dvou skupin. Do první skupiny patří metody založené na měření vzniklé tzv. haló zóny v okolí vzorku, tedy zábrany růstu bakterií. Druhá skupina metod zahrnuje postupy založené na počítání znovu obnovených bakteriálních kolonií. [30]

2.4.1 Metody hodnocení - ČSN

Pro hodnocení antimikrobiálních úprav je možné použít následující normy. Norma **ČSN EN ISO 20743** se zabývá antimikrobiálními účinky antibakteriálně upravených textilních výrobků. Norma popisuje kvantitativní měření metodou počítání kolonií a luminiscenční metodou, použití veškerých látek, kultivačních médií a použité kmeny ke zkoušce. Norma lze použít na testování materiálů, u kterých je možné porovnávat vzorky s antibakteriální úpravou a vzorky bez úpravy. Norma **ČSN EN ISO 20645** je určena pro plošné textilie, u kterých je antibakteriální aktivita zjišťována šířením agarovou destičkou. V normě je popsán postup zkoušky, včetně používaných bakteriálních kultur. Tato metoda je založená na testování textilií z obou stran mezi dvěma agarovými destičkami. Jedna z destiček obsahuje bakterie a na druhé je kultivační médium bez bakterií. Tato metoda je vhodná pro materiály například s přítomností stříbra a blíže je popsána v praktické části této práce. [31, 32, 33]

2.4.2 Metody hodnocení - AATCC

Pro hodnocení antimikrobiálních účinků se využívají často metody Amerického standardu AATCC Test method 100, AATCC Test method 147, AATCC Test method 30 a AATCC Test method 174.

AATCC test method 100 – kvantitativní testovací metoda určující stupeň antimikrobiální aktivity ošetřené textilie. Výsledkem této metody je množství znovu obnovených bakteriálních kolonií, vzhledem k neupravenému standardu. K metodě se používají jak grampozitivní tak i gramnegativní bakterie. Při této metodě je hodnocena:

$$\text{Procentuální redukce bakterií } R = \frac{B - A}{B} * 100 [\%] \quad (1)$$

A ... je standart- neupravený vzorek

B ... je upravený vzorek s úpravou

Metoda má vysokou vypovídací hodnotu. Tato metoda byla použita pro testování antimikrobiálních účinků úpravy v této práci. Postup metody a použité bakterie jsou blíže popsány v praktické části.

AATCC test method 147 – kvalitativní testovací metoda pro popsání antibakteriální aktivity u textilií, ošetřených proti grampozitivním a gramnegativním bakteriím. Upravený materiál je umístěn na živný agar, kde je v pruzích nanášena

testovaná bakterie. Bakteriální růst je určen vizuálně po inkubaci. Antibakteriální aktivita je v této metodě, dokázaná velikostí halo zóny:

$$\text{Halo zóna (zóna tlumení růstu bakterií) } W = \frac{T - D}{2} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (2)$$

T ... je celkový rozměr standardu a čisté zóny tlumení růstu bakterií

D ... je celkový rozměr upraveného vzorku

Metoda je vhodná pro zjištění antimikrobiální účinnosti a měla by předcházet metodě AATCC 147. Tato metoda byla použita pro testování antimikrobiálních účinků úpravy v této práci. Postup metody a použité bakterie jsou blíže popsány v praktické části.

AATCC test method 30 – je metoda pro hodnocení antifungicidní aktivity na materiálech odolných před plísněmi a hnisáním. Tato metoda není použita pro testování materiálů v této práci, proto již není blíže popisována.

AATCC test method 174 – je metoda pro testování antimikrobiální úpravy na kobercích. Tato metoda není použita pro testování materiálů v této práci, proto již není blíže popisována.

Literatura označuje za pozitiva těchto metod relativní rychlost, upravitelné podmínky testování týkající se doby inkubace i použití bakteriálních kmenů. Za negativa je považovaná špatná reprodukovatelnost a někdy nedostatečná korelace mezi laboratorními výsledky a skutečnými podmínkami v prostředí. [29, 30 str. 171-173, 34]

2.5 Metody hodnocení vlivu antimikrobiální úpravy na vlastnosti textilie

U antimikrobiálních úprav textilií (speciálně u hybridní úpravy (kapitola 2. 2), která je hlavním předmětem zkoumání) již byly hodnoceny antimikrobiální parametry, ale dosud nebyly hodnoceny dopady aplikace úpravy na vlastnosti textilie, případně další charakteristiky, jako je například trvanlivost úpravy na textilií.

V experimentální části bylo provedeno hodnocení vybraných charakteristik. Bylo zjišťováno jednak – jak finální úprava ovlivnila podstatné vlastnosti textilie a také jak je nová vlastnost účinná a stabilní v používání. Byly hodnoceny parametry souvisící s trvanlivostí, komfortem a antibakteriálními účinky. Zde bude v jednotlivých kapitolách popsány principy zkoušení. Z hlediska trvanlivosti bude hodnocena pevnost

a tažnost materiálu, dále stálost úpravy v praní a v potu. Termofyziologický komfort oděvu lze hodnotit pomocí přístrojů, které přesně charakterizují daný fyzikální děj, nebo lze přenos tepla a vlhkosti měřit za podmínek blízkých fyziologickému režimu lidského těla. Tyto postupy v posledních letech převažují, proto jsou i tyto postupy použity k testování textilií v rámci této diplomové práce.

2.5.1 Pevnost, tažnost

Pevnost je mechanická vlastnost materiálu. Postup testování je dán normou ČSN EN ISO 13934-1 – Plošné textilie- zjišťování pevnosti v tahu a tažnosti. Měření se podle normy provádí na vzorcích ve směru osnovy a útku, které nemají ani jednu společnou nit. Norma stanovuje velikost vzorku, jeho přípravu a postup měření na zařízení. [35]

2.5.2 Propustnost pro teplo

Propustnost tepla je definována jako množství tepla, které projde plošnou textilií v jednom směru, při určitém tepelném spádu- gradientu teploty, který je určující pro prostup tepla. Předpokladem pro prostup tepla jsou rozdílné teploty na jedné a druhé straně textilie. Tato propustnost je závislá na struktuře a druhu textilie a na vzdálenosti mezi pokožkou a oděvem nebo více vrstvami oděvu. [6, 31]

Propustnost pro teplo je možné měřit na přístrojích PSM 2 – SKIN MODEL nebo SDL M259 –TOGMETER. Další variantou, které bylo použito v této diplomové práci, je měření na přístroji ALAMBETA, postup tohoto měření je popsán v interní normě č. 23-304-02/01. Testování na tomto přístroji je založené na časovém průběhu tepelného toku od neustáleného, až do ustáleného stavu. Přístroj měří a statisticky vyhodnocuje parametry

$$\text{Plošný odpor vedení tepla } r = \frac{h}{\lambda} [\text{W}^{-1}\text{K}\cdot\text{m}^2] \quad (3)$$

h ... tloušťka materiálu [mm]

λ ... měrná tepelná vodivost [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$]

Výše uvedené parametry je možné použít jak pro vyhodnocování izolačních vlastností materiálu tak i vlastností dynamických. Měřicí procedura na poloautomatickém zařízení ALAMBETA trvá 3-5 minut. Přesný postup testování na tomto přístroji je popsán v praktické části této práce. [6, 31, 36]

2.5.3 Propustnost pro vzduch

Propustnost pro vzduch neboli prodyšnost je možností odvodu části tepla z oděvního systému, pomocí ventilace. U oděvů pro zdravotnictví je vzhledem k potřebě komfortu nositelů nutná co nejlepší prodyšnost a proto je to jedna z vlastností, které je dobré sledovat a testovat.

Propustnost vzduchu pro testovaný materiál závisí na tloušťce, objemové hmotnosti počtu vrstev, vlhkosti a na povrchové úpravě materiálu. Prodyšnost R se měří prostupem vzduchu kolmo, skrz plošnou textilií, při stanoveném tlakovém spádu, stanovených podmínkách a za určitý čas.

$$\text{Prodyšnost } R = \frac{\bar{q}_v}{A} * 10^{-2} \text{ [m.s}^{-1}\text{]} \quad (4)$$

\bar{q}_v ... je aritmetický průměr rychlosti průtoku vzduchu [ml.s^{-1}]

A ... je zkoušená plocha textilie [cm^2]

10^{-2} ... je koeficient přepočtu z [$\text{ml.s}^{-1}.\text{cm}^{-2}$] na [m.s^{-1}] [6]

Příkladem přístroje pro měření prodyšnosti je TEXTTEST FX 3300, který pracuje na principu nasávání vzduchu a měření jeho rychlosti, kolmo na zkoušený vzorek textilie, při stanoveném tlakovém spádu. [6]

2.5.4 Propustnost pro vodní páry

Paropropustnost je schopnost materiálu umožnit prostup vodních par. Tento parametr je obecně důležitý u hodnocení oděvů z hlediska komfortu. Důležitý je rozdíl tlaků na obou stranách textilie, kterým se označuje tlakový spád. Paropropustnost je závislá na materiálu a jeho úpravě, struktuře textilie a tlaku.

Pro hodnocení propustnosti pro vodní páry je možné použít celou řadu metod nebo přístrojů. Jednou z metod je vážení, vodní páry prochází vzorkem a jsou absorbovány vysoušedlem, u kterého se stanovuje přírůstek hmotnosti. Paropropustnost je možné testovat na přístrojích PSM 2 – SKIN MODEL nebo SWEATING GUARDED HOTPLATE SYSTEM podle normy ČSN EN 31092 – zjišťování fyziologických vlastností- měření tepelné odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou). Další metodou je měření změny tepelného toku, na zařízení PERMETEST. V tomto postupu lze podle interní normy číslo 23-304-01/01 stanovit nenormalizovaný parametr relativní paropropustnosti p [%], výparný odpor Ret [$\text{m}^2.\text{Pa.W-1}$] a tepelný odpor Rct [$\text{m}^2.\text{K.W-1}$]. Zmíněná norma se

principem měření a vyhodnocování blíží normě ISO 11092, podle které se hodnotí zejména termofyziologický komfort ochranných oděvů. Výhodou tohoto měření je nedestruktivní a rychlý způsob testování, na ekonomicky dostupnějším zařízení. [6, 31, 37]

$$\text{Parametr relativní paropropustnosti } p = 100 * \left(\frac{q_v}{q_0} \right) [\%] \quad (5)$$

q_0 ...tepelný tok vyvozený odparem z volné vodní hladiny o stejném průměru jaký má měřený vzorek

q_v ...tepelný tok snížený zakrytím hladiny měřeným vzorkem.

Měření relativní paropropustnosti na zařízení PERMETEST bylo použito pro porovnání materiálů v této diplomové práci a je popsáno v praktické části této práce.

2.5.5 Stálost v praní

Stálost v praní patří mezi stálostní zkoušky. Průběh této zkoušky je definuje normou ČSN EN ISO 105-C06: v rotačních patronových aparátech. V k tomu určeném zařízení rotují patrony v lázni kontrolované termostatem. Mechanický vliv praní zajišťuje definované množství ocelových kuliček. V normě je také na výběr celá řada teplotních režimů praní. K praní podle této normy je používán standardní anionický prací přípravek bez optického zjasňovače o koncentraci 4 [g/l]. Norma také nabízí alternativy zkoušky, například s přísadou aktivního chlóru. [38]

Normovaných postupů praní existuje celá řada. Například ČSN EN ISO 15797 – Textilie- postup průmyslového praní a doupravy pro zkoušení pracovních oděvů, nebo ČSN EN ISO 6330 – Textilie- postup domácího praní a sušení pro zkoušení textilií. Obě normy stanovují velikost vzorku, použitý prací prostředek, zařízení pro praní a postup zkoušky.

Při této zkoušce se standardně vyhodnocuje srážení materiálu, což není z hlediska antimikrobiálních úprav stěžejní. Tato práce navrhuje nestandardní možnosti hodnocení a to měření antimikrobiální aktivity textilie po různém počtu cyklů praní. Dále je navrženo a provedeno experimentální hodnocení úbytku aktivních částic po různém počtu cyklů praní.

2.5.6 Stálost v otěru a potu

Stálost v praní patří mezi stálostní zkoušky. Průběh této zkoušky je definuje normou ČSN EN ISO 105-X12: Textilie - Zkoušky stálobarevnosti - Stálobarevnost v otěru. Při této zkoušce se standardně vyhodnocuje stálost barvy, což opět není z hlediska antimikrobiálních úprav stěžejní. Tato práce navrhuje hodnocení úbytku aktivních částic po provedení definovaného namáhání.

3 Charakteristika experimentu

V této kapitole je uveden jednak popis materiálu a také proveden přehledný souhrn všech vykonaných zkoušek.

3.1 Textilní materiál

Pro aplikaci byl zvolen na základě rešeršní části textilní směsový materiál. Materiál byl zakoupený od výrobce textilních oděvů pro zdravotnictví, firmy Licolor v Liberci.

Složení: 65% bavlna (BA), 35% polyester (PES)

Vazba: plátno

Plošná hmotnost: 145-150 g/m²

Dostava: osnovy 290 nití/10cm

útku 240 nití/10cm

Materiál byl od prodejce odšlichtován a vyvařen. Dále byl materiál před aplikací solu vyprán na 60°C s omezeným ždímáním a rozdělen na vzorky vhodné k aplikaci solu na laboratorním zařízení. Již připravené vzorky byly odmaštěny ponořením do roztoku IPA po dobu 20 minut. Odmaštěné vzorky byly vloženy mezi filtrační papíry k odsátí přebytku IPA roztoku. Mezi filtračními papíry byly vzorky skladovány do aplikace solu.

3.2 Přehled provedených testů

V následující tabulce je uveden souhrn všech provedených experimentů.

Tab. 4 Provedené experimenty

Označení vzorku	Příprava vzorků		Mikrobiální vlastnosti						Užitné vlastnosti Parametry textilie (dostava, plošná hmotnost) Pevnost, tažnost Komfort (prostupnost tepla, vzduchu, vodních par) Sací výška	Stálosti	
	Aktivace materiálu (Antibakteriální úprava)	Průmyslové/laboratorní prání	ČSN		Metody AATCC					Analýza částic	Otěr, pot
			E. Coli	MRSA	147		100				
			E. Coli	MRSA	E. Coli	MRSA	E. Coli	MRSA			
v0 (standard)	-	-	X	X	X	X	X	X	X	-	-
v1	X	-	X	X	X	X	X	X	-	X	-
v2	X	1/0	X	X	X	X	X	X	X	X	Pot
v3	X	1/1	X	X	X	X	X	X	-	X	-
v4	X	1/2	X	X	X	X	X	X		X	-
v5	X	1/3	X	X	X	X	X	X		X	-
v6	X	1/4	X	X	X	X	X	X		X	-
v7	X	1/9	X	X	X	X	X	X		X	-
v8	X	1/14	X	X	X	X	X	X		X	-
v9	X	1/19	X	X	X	X	X	X		X	-
v10	X	1/24	X	X	X	X	X	X		X	-
v11	X	1/29	X	X	X	X	X	X		X	-
v12	X	1/34	X	X	X	X	X	X		X	-
v13	X	1/39	X	X	X	X	X	X		X	-
v14	X	1/44	X	X	X	X	X	X		X	-
v15	X	1/49	X	X	X	X	X	X		X	-
v16	X	1/0	X	X	X	X	X	X		X	X
v17	X	1/0	X	X	X	X	X	X	X	X	Mokrý otěr

Vzorek v0 (též dále označovaný jako standard nebo neupravený) je označení textilie, na kterou nebyla aplikována úprava. V1-v17 je označení vzorků, které byly aktivovány nánosem antimikrobiálního prostředku. Poté bylo provedeno několik sad experimentů:

- průmyslové a laboratorní prání
- sledování antimikrobiálních vlastností (u všech vzorků - v0 (standard) i upravené textilie po různých počtech cyklů prání)
- měření užitných vlastností (pro vzorky v0 (standard) a v2 (upravená textilie po 1 prání)
- měření stálosti
 - analýza částic (upravené vzorky po různém počtu cyklů prání v1 – v17)
 - stálost v otěru a potu (upravené vzorky po 1 cyklu prání – v2, v16, v17)

4 Příprava vzorků

V této kapitole je popsána aktivace materiálu, čímž je míněn postup, kterým je na textilií nanášena aktivní látka (formou solů) a dále je provedena fixace. Podrobná specifikace postupu, včetně hmotnostních a objemových poměrů je obsažena v patentu 303911, který je ve 100% vlastnictví Technické univerzity v Liberci, proto bylo možno tento pokus uskutečnit. Dále je zde proveden popis dalšího kroku přípravy vzorků, kterým je praní.

4.1 Postup syntézy k přípravě solů

Tato kapitola popisuje postup přípravy solů. Seznam použitých chemikálií s přesným popisem je uveden v tabulce 5 na konci kapitoly.

Suchá dvouhrdlá varná baňka s kulatým dnem, teflonovým kroužkem a teflonovým míchadlem byla upevněna svorkou na stojan. Na varnou baňku s teflonovým kroužkem byl nasazen zpětný chladič, který byl ke stojanu upevněn také svorkou. Varná baňka byla ponořena do olejové lázně tak, aby se varná baňka nedotýkala stěn ani dna nádoby. Olejová lázeň byla umístěna na míchačce. Na vývod chladiče uprostřed byl umístěn přívod argonu, do bočních vývodů hadice na přítok a odtok vody.

Na míchačce bylo spuštěno míchání a následně argon, který byl ponechán otevřený tři minuty spolu s otevřeným jedním bočním vývodem z baňky. Argonem byla prohnána aparatura k dosušení vnitřních prostor.

Na analytických vahách s přesností na čtyři desetinná místa byla navážena navážka AgNO_3 , který byl vsypán bočním vývodem do baňky a zalit izopropylalkoholem. Boční vývod baňky byl uzavřen septem. Argon probublával aparaturou po celou dobu syntézy solů. Celá baňka byla zakryta pevným alobalem z důvodu zabránění přístupu světla. Míchání probíhalo do úplného rozpuštění AgNO_3 .

Poté byly do roztoku přidány TEOS, TMSPM, MMA. Vsypáno navážené množství BPO a uzavřeno septum. Směs byla míchána do rozpuštění BPO.

Do Erlenmayerovy baňky byla připravena směs IPA, 2M HNO_3 , destilované vody, navážka $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ a $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Namíchaný roztok v Erlenmayerově baňce měl světle modrou barvu. Roztok byl intenzivně protřepáván, aby se zcela rozpustily krystalky dusičnanů.

V dalším kroku bylo přidáno IPTI a směs se přibližně 30 minut nechala míchat. Do lázně byl nastaven teploměr tak, aby byl minimálně 1 [cm] pod hladinou silikonového oleje a nedotýkal se dna ani stěn nádoby.

V dalším kroku, byla puštěna voda do chladiče, odtok vody zregulován na mírný. Byl zapnut ohřev lázně a nastaveno teplotní čidlo, pak bylo vyčkáno do doby varu solu. Od prvních známek varu byl nastaven čas 35 minut. Po celou dobu probíhal plynulý var a míchání solu.

Po ukončení varu solu byla baňka zvednuta z olejové lázně. Baňka byla odstavena z chladiče a dochlazena, v nádobě se studenou vodou, na pokojovou teplotu solu. Připravený sol byl přelit do láhve, která byla předem vyčištěna a vysušena.

Tab. 5 Seznam použitých chemikálií

Chemikálie	Zkratka
Isopropylalkohol 99,8% p. a.	IPA
Tetraethyl orthosilicate $\geq 99,0\%$ (GC)TEOS	TEOS
3- (Trimethoxysilyl)propyl methacrylate $\geq 98\%$	TMSPM
Methyl methacrylate contains ≤ 30 ppm MEHQ as inhibitor, 99%	MMA
Luperox® A75, Benzoyl peroxide 75%, remainder water	BPO
Titanium(IV) isopropoxide $\geq 97\%$	IPTI
Silver nitrate ACS reagent $\geq 99,0\%$	AgNO ₃
Copper(II) nitrate trihydrate, puriss. p. a., 99-104%	Cu(NO ₃) ₂ .3H ₂ O
Zinc nitrate hexahydrate, purum p. a., crystallized $\geq 99,0\%$ (KT)	Zn (NO ₃) ₂ .6H ₂ O
Kyselina dusičná 65% p. a.	HNO ₃
Destilovaná voda	H ₂ O
Tlaková láhev s argonem	Ar

4.2 Aplikace solu a fixace

Uskladněný sol v tmavých láhvích byl před aplikací rozmíchán a ředěn v poměru 1:2 s Isopropylalkoholem (IPA, 99,8% p. a). Naředěný roztok byl přelit do vhodné nádoby k aplikaci, dle velikosti vzorku. Na textilní vzorky, které byly před aplikací odmaštěny v IPA, byl sol aplikován ponořením po dobu jedné minuty. Následně byly vzorky vkládány do fuláru, nastaveného na přítlak o velikosti 5 [Bar] a rychlost 3 [m/min]. Válce fuláru byly podloženy, aby bylo možné měřit množství odmačkaného solu. Po aplikaci byly vzorky rozloženy na filtračních papírech a ponechány volně, po dobu jedné hodiny v laboratorních podmínkách. Poté byly vzorky přeneseny do sušáren

předeřtých na 150°C. Proces tepelné polymerace, během které dochází k vytvoření kovalentní vazby se substrátem, probíhal po dobu 2 hodin při konstantní teplotě v sušárně 150°C.

Aplikace solu na textilní materiál probíhala na laboratorním fuláru na Katedře materiálového inženýrství. Výhodou nanášení na laboratorním fuláru od firmy Mathis je rovnoměrné odmačkání a definování požadovaných podmínek (přítlak, rychlost otáčení válců).



Obr. 6 Laboratorní fulár - Mathis

4.2.1 Spotřeba solu a cena úpravy

Sol byl nanášen na vzorky ve dvou dnech. U první sady vzorků se vzhledem k jejich velikosti nepodařilo relevantně změřit spotřebu solu.

U druhé sady se podařilo zabezpečit odvod odmačkaného solu. V této sadě bylo celkem 12 vzorků o přibližném rozměru 32x24 [cm]. Jeho spotřeba byla spočítána z naměřených hodnot:

Množství použitého solu k aplikaci na vzorky (ředěn 1:2 s IPA roztokem) 900 [ml] solu

Po minutové aplikaci na celou sadu vzorků zbylo: 540 [ml] solu

Odmačk na fuláru: 125 [ml] solu

$$900 - 540 = 360 - 125 = 235 \text{ [ml] solu}$$

Z této spotřeby byla vypočtena orientační spotřeba solu na metr čtvereční, při použití výše uvedeného textilního materiálu.

$$\text{Plocha vzorků: } 24 * 32 = 768 \text{ cm}^2 = 0,0768 \text{ m}^2 = 0,0768 \text{ m}^2 * 12 = 0,9216 \text{ m}^2$$

$$\text{Spotřeba solu na 1 [m}^2\text{]: } \frac{235}{0,9216} * 1 = 254,99 \text{ [ml] solu}$$

Při použití zmíněného materiálu byla spotřeba solu 255 [ml/m²].

Vypočítaná spotřeba solů byla použita pro vyčíslení nákladů na úpravu námi použité textilie. K výpočtu ceny byly použity ceny chemikálií od firem Sigma a Lach-Ner k 28. 4. 2015 bez DPH. Náklady jsou počítány při přípravě 15 litrů naředěného solů v poměru 1: 2 tak, jak je popsáno v aplikaci solů. Cena zahrnuje také 4 hodiny kvalifikované práce chemika (á 250 Kč/hod), naopak v ceně nejsou zahrnuty náklady na vlastní nanášení.

Cena chemikálií na přípravu 15 litrů naředěného solů pro potenciální průmyslovou výrobu byla vypočítána na 1375,- plus práce chemika 1000,- odpovídá ceně 2375,- pro úpravu 60 [m²]. Při potenciální průmyslové výrobě by cena odpovídala 40 [Kč/m²] bez nákladů na nanášení a investičních nákladů.

4.3 Praní a sušení vzorků

Z kapacitních důvodů bylo pro první praní použito průmyslové vybavení a pro následující cykly vybavení laboratorní.

4.3.1 Průmyslové praní a sušení – první prací cyklus

Všechny vzorky byly po aplikaci solů a termofixaci podrobeny jednomu cyklu praní a sušení v průmyslové pračce a sušičce značky Miele PROFESSIONAL (obr. 7). Na základě předešlých testů byla použita stejná prací látka – Dodecil – Sodium dodecyl sulfate, ultra $\geq 99\%$. Pro průmyslové praní byla zvolena také koncentrace na základě dřívějších laboratorních testů a to 15 gramů na jednu prací dávku (přibližně 5kg suché náplně pračky). Dávkování zhruba odpovídá koncentraci 1 [g/l], které bylo použito i u laboratorního praní. K vzorkům o přibližné váze 300 [g], byly přidány doplňkové textilie k dosažení stanovené hmotnosti v pračce.

Postup praní a sušení

Průmyslová pračka byla nastavena na hlavní praní při 60°C po dobu 15 minut (hladina vody v zařízení do výšky 55mm, 300 otáček za minutu).

1. máchání 500 otáček za minutu
2. máchání 600 otáček za minutu
3. máchání 800 otáček za minutu

Použitou průmyslovou sušičku nelze nastavit na konkrétní teplotu, z toho důvodu byl zvolen pro vysušení vzorků program Outdoor. Tento program zaručuje, že teploty sušení jsou nižší, než u běžných programů. Po vysušení byly vzorky založeny do označených, uzavíratelných sáčků.



Obr. 7 - Průmyslová pračka – Miele Professional W 6071 a sušička – Miele Professional PT 7135C Plus

4.3.2 Laboratorní praní a sušení – cyklus 2-50

Pro praní menších (laboratorních) vzorků bylo použito laboratorní barvicí zařízení Ahiba Nuance od firmy Datacolor, které je vhodné jak k barvení tak i praní textilních vzorků. Zařízení je plně naprogramovatelné tak, aby odpovídalo časovým a teplotním režimům v průmyslovém barvení, nebo praní. V rámci jednoho cyklu na zařízení je možné na otočném mechanismu spustit až 15 patron o objemu 250 ml. Do patrony o průměru 5,5 cm a délce 14 cm je možné vložit jeden a více vzorků a požadované množství kuliček k tomu určených. Lázeň v patronách je možné zahřát a udržovat až do teploty 140°C, díky infračervenému záření. Teplota je kontrolována v jedné z patron s teplotním čidlem, které musí být v zařízení vždy přítomno a zapojeno. [39]



Obr. 8 Uzavřené zařízení AHIBA NUANCE



Obr. 9 Otevřené zařízení AHIBA NUANCE

Postup praní v laboratorním zařízení

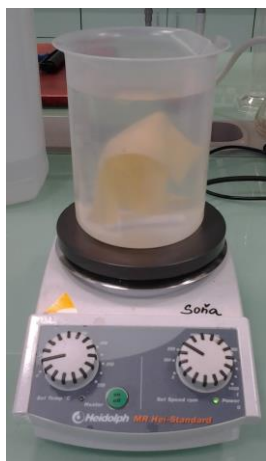
Pro laboratorní praní byly připraveny vzorky z materiálu, podrobeného prvnímu pracímu cyklu v průmyslové pračce a sušičce. Vzhledem k velikosti patron pro laboratorní praní a budoucím testům na vypraném materiálu, byly z materiálu

nastříhány vzorky o přibližném rozměru 15x12 cm a průměrné váze 3 gramy. Laboratorní praní bylo prováděno v zařízení Ahiba nuance ECO od firmy Datacolor celkově v 50 cyklech.

Vzorky byly podrobeny různému počtu pracích cyklů od 1 do 50, jak je spolu s označením vzorků uvedeno v tabulce 4.

Na základě předešlých testů byla zvolena prací látka- Dodecil – Sodium dodecyl sulfates, ultra $\geq 99\%$. Pro praní byla předem připravená lázeň o koncentraci 1 [g/l], který byl rozmíchán v destilované vodě. Každý vzorek byl prán samostatně v patroně určené pro zařízení Datacolor Ahiba Nuance. Do patrony bylo přidáno 5 k tomu určených nerezových kuliček a 250 ml zředěného pracího roztoku. Postup praní: jeden prací cyklus trval 15 minut, při teplotě 60°C a 30 otáčkách za minutu laboratorního zařízení.

Máchání bylo prováděno vždy po ukončení požadovaného počtu cyklů praní na vzorku, viz. Tab. 4 Provedené experimenty. Každý vzorek byl máchán 2krát po dobu 10 minut, vždy v 1 litru destilované vody. Máchání probíhalo na magnetické míchačce, při 250 otáčkách za minutu. Po vymáchání byl každý vzorek umístěn na filtrační papír a usušen v sušárně při 70 °C. Vyprané vzorky byly vloženy samostatně do čistých sáčků označených konečným počtem pracích cyklů.



Obr. 10 Máchání vzorku



Obr. 11 Patrona pro zařízení AHIBA NUANCE

5 Hodnocení antibakteriálních účinků

Odolnost proti bakteriím by mohla být v budoucnu jednou z velkých výhod textilních materiálů používaných ve zdravotnictví, ale nejen tam. Způsobem, jak vyhodnotit účinek antibakteriální účinnosti látky nanesené na materiál, je některý z testů k tomu určených, nebo celá jejich sada. Zkoušky šíření agarovou destičkou podle normy ČSN EN ISO 20645 (dále jen metoda ČSN), kvalitativní metoda AATCC 147 a kvantitativní metoda AATCC 100 byly zvoleny k potvrzení účinnosti na testovaném materiálu. Zkoušky byly také zvoleny k sledování účinnosti úpravy na vzorcích, které byly podrobeny různému počtu pracích cyklů. Vzhledem k tomu že materiál je v plátňové vazbě a rovnoměrně upraven z obou stran, při testování nebyl rozlišován rub a líc tkaniny.

Autorka práce byla proškolená na bezpečnost práce v mikrobiologické laboratoři, naplánovala experiment a připravila vzorky. Vzhledem k bezpečnosti práce a omezenému přístupu, byly tyto testy prováděny odborným personálem.

5.1 Použité bakterie

Testy byly provedeny s bakteriálními kmeny *Escherichia coli* (E.Coli) - CCM 2024, jedná se o gramnegativní tyčinkovitou bakterii a Methicilin rezistentní *Staphylococcus aureus* (MRSA) - CCM 4223, jedná se o grampozitivní kokovitou bakterii. Bakteriální kmeny byly zakoupeny jako referenční kultury mikroorganismů (dle ALE-G18, ČSN), z České sbírky mikroorganismů Masarykovy univerzity v Brně.

Bakterie *Escherichia coli* mohou způsobit extraintestinální onemocnění, což je manifestováno infekcí močových cest, septickým onemocněním, infekcí ran nebo hnisavými procesy. Dalším projevem některých kmenů jsou infekce intestinálního traktu, což se projevuje průjmami a zvracením. Velmi nebezpečné jsou průjmami u novorozenců, které vyvolává tento kmen. *E. coli* je citlivá primárně na většinu antibiotik (s výjimkou benzylpenicilinu), ale zejména nemocniční kmeny mají sekundární rezistenci přenosového typu. [40]

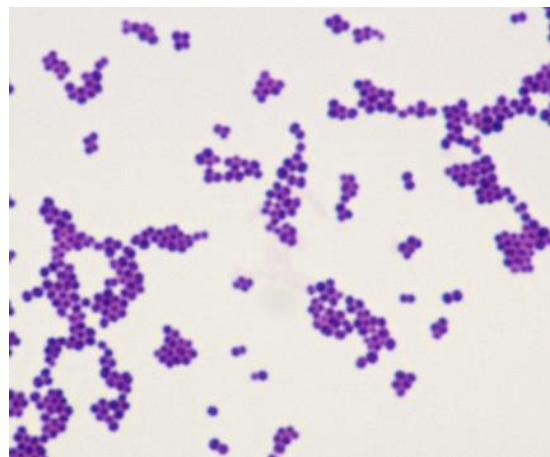
Terapie spočívá v léčbě antibiotiky, u intestinálních forem je nutné dbát na hydrataci.

MRSA patří mezi nozokomiální nákazy. První kmeny byly izolované v 60 letech ve Velké Británii, krátce po zavedení penicilinů rezistentních k penicilináze – methicilinu, oxacilinu a dalších. Kmeny kolonizují sliznice i rány a mohou způsobovat

smrtelné infekce. Jsou rezistentní ke všem β -laktamům, k tetracyklinu, aminoglykosidům a fluorchinolonům. Jsou vázány především na nemocnice, ale vyskytují se i u pacientů nebo nosičů mimo nemocnici. [41]



Obr. 12 *E. Coli* – barvení dle Grama



Obr. 13 *Staphylococcus aureus* – barvení dle Grama

5.2 Postup testování

Všemi metodami bylo vždy testováno 16 vzorků textilního materiálu. Jednalo se o 1x vzorek neupravený (pouze základní materiál v0), 1x vzorek upravený (nepraný v1), zbylých 14 vzorků bylo podrobena počtu cyklů praní, jak je uvedeno v tabulce 4.

5.2.1 Metoda šíření agarovou destičkou (ČSN)

Pro tuto metodu byl připraven výživný agar, který byl sterilizován (při 121°C/15min) a poté schlazen na teplotu 45°C. Do takto připraveného agaru o objemu 150 [ml] byl naočkován 1 ml bakteriálního inokula o koncentraci 10⁸ [CFU/ml] – *Escherichia coli*, 10⁵ CFU/ml – MRSA a následovala kultivace 37°C/24hod. Takto připravený agar byl rozlit na Petriho misky s krevním agarem. Na zaschlou agarovou vrstvu se aplikoval textilní vzorek o rozměrech 20 x 20 mm. Takto připravené misky byly inkubovány v termostatu při teplotě 37°C, po dobu 24 hodin.

Po uplynutí doby inkubace byly vyhodnoceny výsledky. U vzorků byla hodnocena velikost tzv. haló zóny, v okolí vzorku, podle normy. Hodnocení účinnosti: **A**-dobrý antibakteriální efekt, **B**-limitní antibakteriální efekt, **C**-nedostatečný antibakteriální efekt. Po zpracování všech vzorků byly výsledky z této metody shrnuty v tabulce 7, příloha I.

5.2.2 Metoda AATCC 147

Při této metodě byly nejprve připraveny Petriho misky s krevním agarem, na který byl vyočkován 1 ml bakteriálního inokula, o koncentraci 10⁵ [CFU/ml]. Doprostřed každé z takto připravených Petriho misek byl vložen textilní vzorek o rozměru 20 x 20 [mm] (před aplikací sterilizován 20 min při UV po obou stranách). Takto připravené vzorky byly inkubovány po 24 hodin při teplotě 37°C.

Po inkubaci byly vzorky vyhodnoceny, velikost tzv. haló zón, tedy zóny útlumu bakteriálního růstu W, byla změřena a vyhodnocena podle vztahu (2). Výsledky ze všech vzorků byly shrnuty v tabulce 7, příloha I.

5.2.3 Metoda AATCC 100

Testované vzorky o rozměrech 20x20 mm byly sterilizovány (20 min při UV po obou stranách) a poté umístěny do sterilních plastových kontejnerů. Poté bylo do těchto kontejnerů zaočkováno bakteriální inokulum o koncentraci 10⁵ [CFU/ml] a objemu 10 [μl]. Tyto kontejnery byly umístěny do termostatu, kde byly ponechány ke kultivaci po dobu 24 hodin, při teplotě 37°C. Po uplynutí stanovené doby byly kontejnery vyjmuty a zředěny přidáním 10 ml fyziologického roztoku. Po přidání roztoku byl každý kontejner protřepáván (vortexován). Po protřepání kontejneru následoval odběr 1 [ml] roztoku, který byl vyočkován na krevní agar v Petriho misce. Připravené a označené misky byly ponechány ke kultivaci při 37°C, po dobu 24 hodin.

Po inkubaci byly výsledky vyfotografovány a zhodnocen počet nově obnovených bakteriálních kolonií R, dle vztahu (1). Po zpracování všech vzorků byly výsledky shrnuty v tabulce 7, příloha I.

5.3 Vyhodnocení antibakteriálních účinků

Výsledky ze všech metod hodnocení antibakteriálního účinku byly shrnuty v příloze I (tab. 7). U všech metod je nutné brát v úvahu, že se tyto testy provádějí s živými organismy (bakteriemi). Lze konstatovat následující trendy.

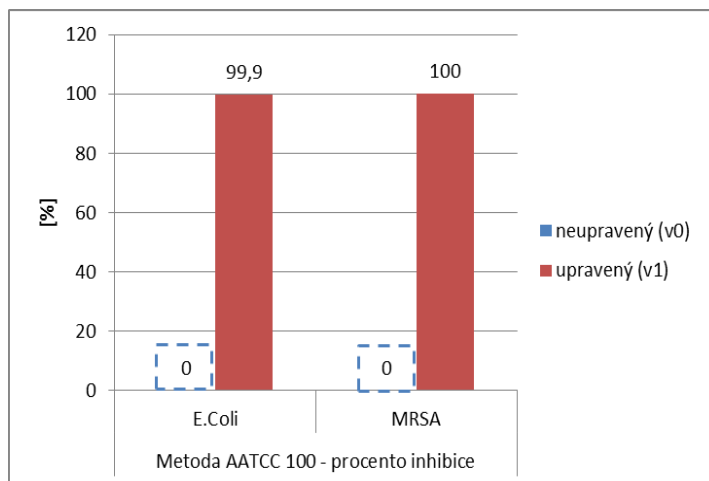
Vhodnost metodik

- Všechny metodiky jsou vhodné, metoda **AATCC 100** zachycuje procento znovu obnovených bakteriálních kolonií, které na upraveném materiálu přežily a nejsou usmrceny. Metoda **AATCC 147** a metoda dle **ČSN** jsou kvalitativní metody, které se často používají pro vzájemné porovnání výsledků. Rozdíl mezi

metodami je ve způsobu aplikace bakteriálního inokula. U obou metod se k zjišťování antibakteriální aktivity hodnotí velikost halo zóny (viz. řešeršní část).

Rozdíl mezi neupravenou (v0/standard) a upravenou (v1) textilií

- Neupravená textilie nevykazuje, jak ukázaly všechny použité metody testování, žádnou antibakteriální aktivitu. Při testování metodou **AATCC 100** se při použití bakteriálního kmene *E. Coli* na neupraveném (v0) vzorku objevil kompaktní výsev. Vzorek v0 nevykazuje žádné inhibiční schopnosti. Při testování neupraveného vzorku touto metodou s bakteriemi MRSA bylo u standardu obnovených 200 kolonií. Při testování metodami **AATCC 147** a **ČSN** nevznikla kolem neupraveného vzorku žádná haló zóna, vzorky nevykazovaly žádný antibakteriální účinek.
- Procento znovu obnovených bakteriálních kolonií dle metody **AATCC 100**, které na upraveném materiálu přežily a nejsou usmrceny, je velmi nízké nebo nulové. Bakterie *E. Coli* procento znovu obnovených kolonií 0,01% na vzorku v0 upraveném antibakteriální úpravou. U bakterie MRSA nebyla na upraveném vzorku v0 obnovena žádná kolonie, došlo k 100% inhibici. Obrázek 14.

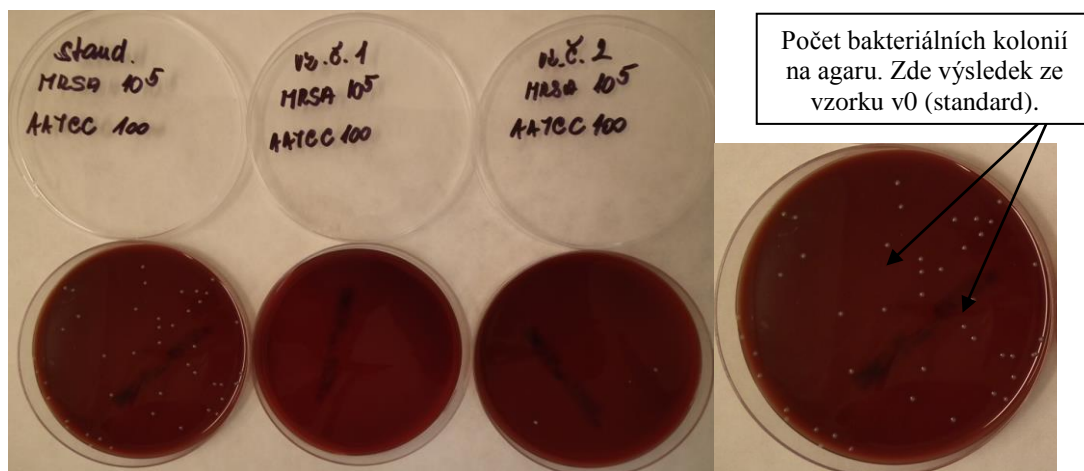


Obr. 14 Metoda AATCC 100 – procento inhibice

- Velikost halo zóny při použití metody dle **ČSN** je u upraveného vzorku 3 [mm] u obou bakteriálních kmenů, což odpovídá hodnocení účinnosti A-dobrý antibakteriální efekt dle této metodiky. (Obr. 15)
- Kolem upravených vzorků, s označením v1 při testování metodou **AATCC 147** vznikla haló zóna 2,5 [mm²] při použití bakterií *E. Coli* a 4 mm při použití bakterií MRSA. (Obr. 16)

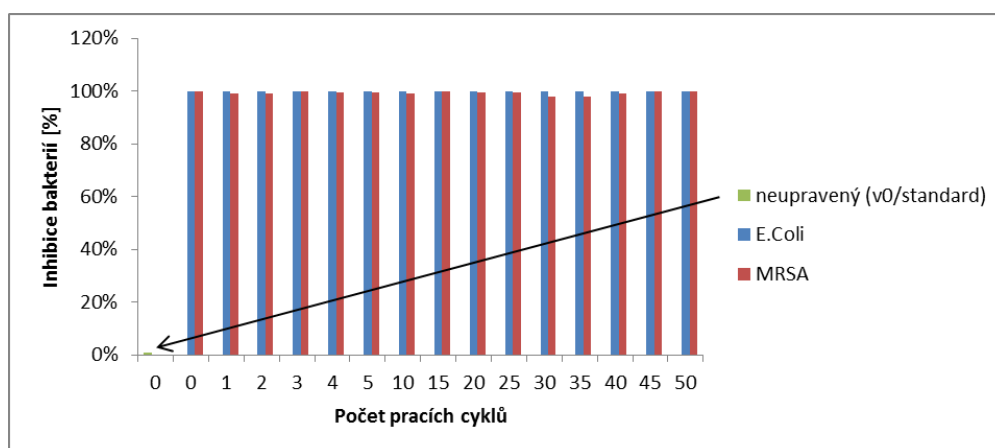
Změna antimikrobiálních vlastností v cyklech praní

- **Metoda AATCC 100** – výsledky z této kvantitativní metody hodnocení, prováděném na upraveném materiálu, po různém počtu pracích cyklů jsou v souladu se zavedenými principy dokladovány na obr. 15 a také shrnuty v grafu (obr. 16).



Obr. 15 Hodnocení kvantitativní metoda AATCC 100

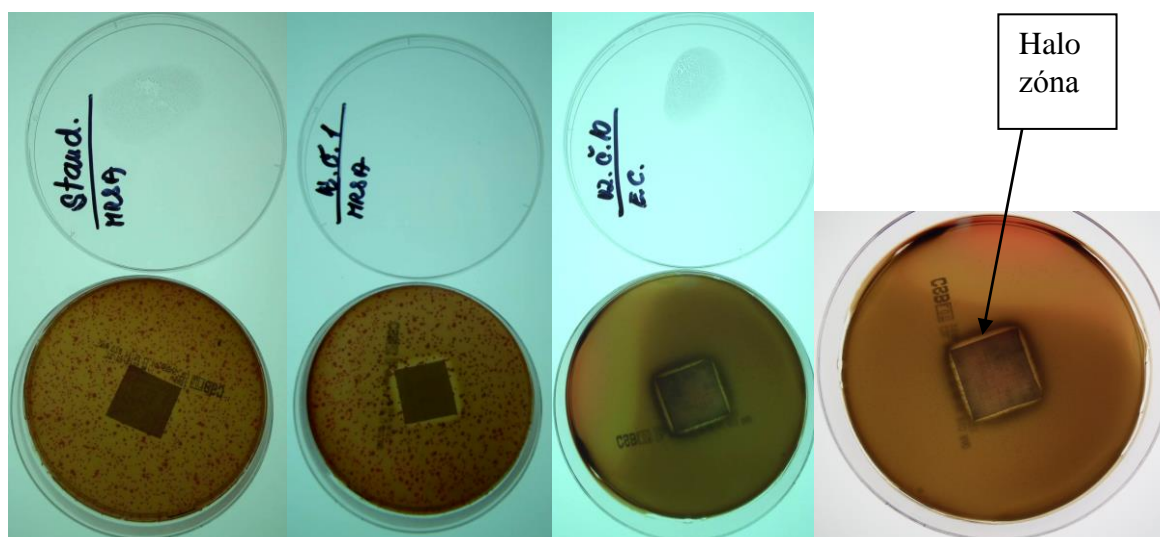
Procento znovu obnovených bakteriálních kolonií na vzorcích upravených antibakteriální úpravou a podrobených různému počtu pracích cyklů. Vůči neupravenému vzorku v0 bylo při testování s bakteriemi E. Coli v rozmezí 0-0,1% a u bakterie MRSA bylo znovu obnoveno 0-4 kolonie, což odpovídá 0-2%.



Obr. 16 Metoda AATCC 100 – procento bakteriální inhibice

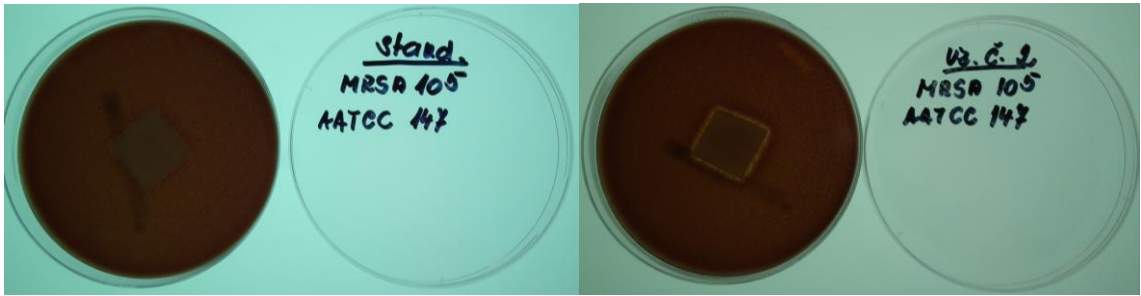
Výsledky ukázaly, že procento bakteriální inhibice je vysoké u všech testovaných vzorků i obou bakteriálních kmenů a podle těchto výsledků má úprava na textilním materiálu vynikající účinnost i po 50-ti cyklech praní, jak potvrzují i další metody hodnocení.

- Výsledky z metody dle ČSN ukazují účinnost proti oběma typům bakteriálních kmenů. Velikost halo zóny u vzorků po různém počtu cyklů praní, nebo ořeru je v případě bakterií *E. Coli* 0,5-3 [mm] což odpovídá hodnocení účinnosti A a B dle této metodiky. Velikost vzniklé haló zóny při testování účinnosti proti bakteriím *MRSA* je v rozmezí 0,5-5 [mm] (kromě vzorků v13 a v14) což odpovídá hodnocení účinnosti A. U vzorků 13 a14 (po 40 a 45 cyklech praní) je hodnocení účinnosti C–nedostatečný antibakteriální efekt, 0 [mm] halo zóny. Z těchto výsledků ale nelze usuzovat, že by se takto významně snížila účinnost během praní, protože vzorek po 50 cyklech praní vykazuje A - dobrý antibakteriální efekt (velikost halo zóny 5 [mm]). Tento jev mohl vzniknout při aplikaci solů na daný výsek testovaného materiálu (výsledky jsou průměrem pozorování na třech vzorcích). Příklady výsledků jsou na obr. 17.

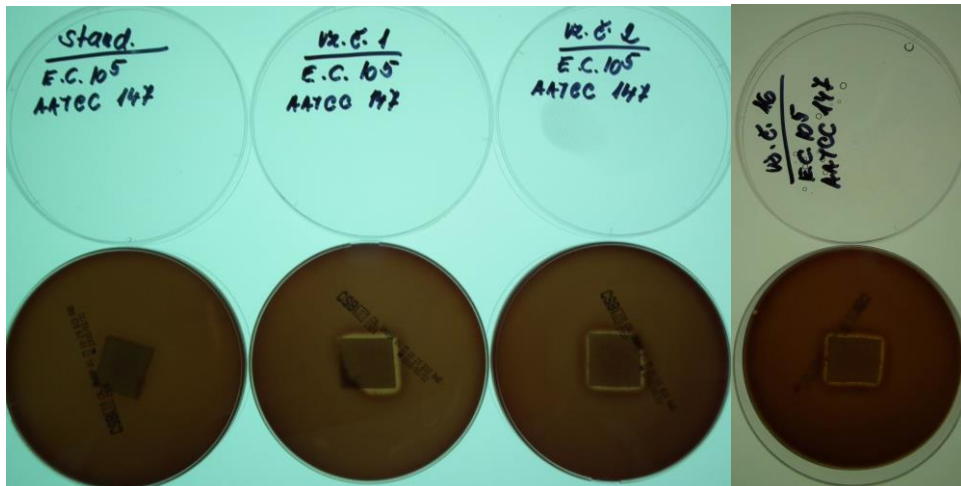


Obr. 17 Hodnocení halo zóny, kvalitativní metoda dle ČSN šíření agarovou destičkou

- Výsledky z metody hodnocení antibakteriálních účinků **AATCC 147** jsou v souladu s metodou ČSN a naopak vyvrací neúčinnost u vzorů v13 a v14, kde je velikost haló zóny 1 [mm²]. Velikost halo zóny v případě testování účinnosti proti bakteriálnímu kmeni *E. Coli*, je v rozmezí 1,5-3 [mm²] a 1-4 [mm²] u bakteriálního kmene *MRSA*. Příklady výsledků obr. 18, 19.



Obr. 18 Hodnocení halo zóny, její čistota a zda je plocha pod materiálem bez bakterií (zda má materiál kontaktní inhibiční účinek), kvalitativní metoda AATCC 147. Bakterie MRSA



Obr. 19 Hodnocení halo zóny, její čistota a zda je plocha pod materiálem bez bakterií (zda má materiál kontaktní inhibiční účinek), kvalitativní metoda AATCC 147. Bakterie E. Coli

Výsledky hodnocení antibakteriální účinnosti všemi použitými metodami ukazují, že antibakteriální vrstva má na použité textilii vynikající antibakteriální účinnost proti oběma bakteriálním kmenům a tyto výsledky jsou stabilní i po 50 cyklech praní.

6 Hodnocení užitečných vlastností textilie

Kapitola zahrnuje testování vlastností před antibakteriální úpravou (vzorek v0 (standard)) a po úpravě (vzorek v2 upravená textilie po 1 praní). Byly testovány základní strukturální parametry (dostava, tloušťka, plošná hmotnost), dále bylo žádoucí zjistit vliv úpravy na pevnost a tažnost materiálu, vliv na propustnosti (vodních par, tepla, vzduchu). Jako doplněk, spíše cílený na plánování dalších experimentů souvisejících s nasákavostí, bylo provedeno testování sací výšky. Veškerý materiál, který byl použit pro měření, byl minimálně 24 hodin klimatizován. Naměřená teplota vzduchu byla $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ a vlhkost vzduchu $\varphi = 27 \text{ } \%$.

6.1 Základní parametry

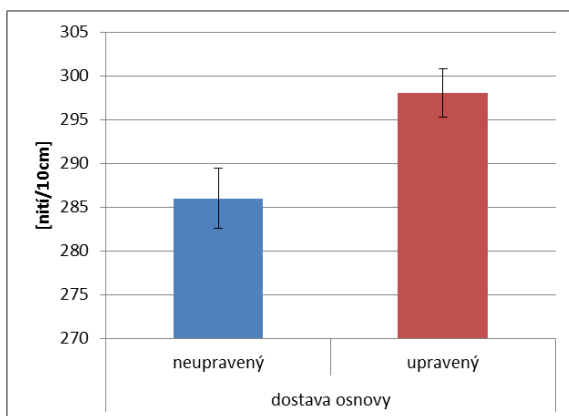
Vzhledem k namáhání textilie během nanášení úpravy, tepelné fixaci a praní po úpravě, byly sledovány změny základních parametrů, jako je plošná hmotnost, dostava a tloušťka materiálu. U těchto parametrů byly porovnávány hodnoty před úpravou a po úpravě materiálu a jednom cyklu praní, což bylo považováno za standard.

Pro všechna měření byl neupravený materiál jedenkrát vyprán, stejně jako materiál před nanášením úpravy. Upravený materiál byl po nanášení a fixaci jedenkrát vyprán, aby došlo ke stržení přebytečného nánosu na vláknech. Plošná hmotnost textilie byla zjišťována vážením pěti vzorků o rozměru $10 \times 10 \text{ [cm]}$, od neupraveného a upraveného materiálu. Výsledky byly poté přepočteny na m^2 . Dostava byla zjišťována počítáním osnovních a útkových nití na jednom cm, vždy na pěti vzorcích. Výsledek byl přepočítán na počet nití na 10 [cm] . Orientační tloušťka materiálu bez úpravy a s úpravou byla použita z měření na 10 vzorcích, na přístroji Alambeta. Výsledky jsou shrnuty v příloze II, v následujícím textu jsou znázorněny graficky a diskutovány.

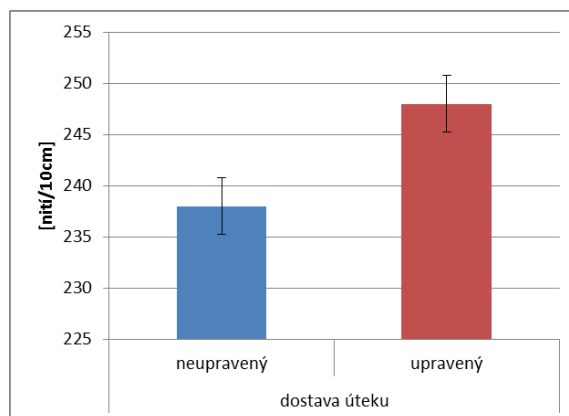
Výsledky a diskuze

Dostava u upraveného materiálu statisticky významně vzrostla o 4% (viz Obr. 20 a 21), jak ve směru osnovy, tak i útku.

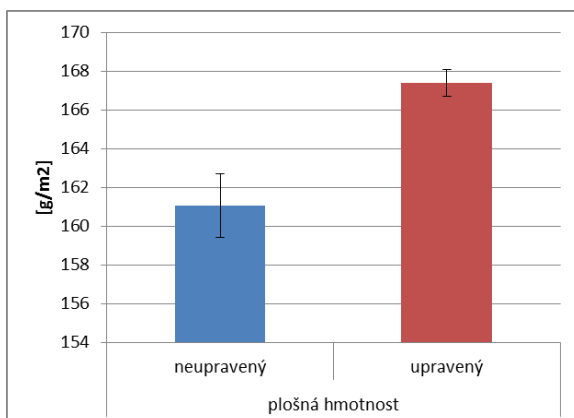
Plošná hmotnost upraveného materiálu statisticky významně vzrostla (viz Obr. 22), a to o 4%. Nárůst plošné hmotnosti je dán jednak nárůstem dostavy a také nanášením materiálu při úpravě.



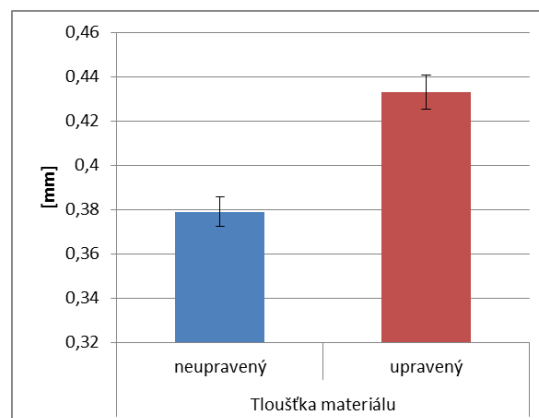
Obr. 20 Dostava osnovy



Obr. 21 Dostava útku



Obr. 22 Plošná hmotnost



Obr. 23 Tloušťka materiálu

Tloušťka upraveného materiálu vzrostla statisticky významně (o 14%, obr. 23), což je dáno jednak změnou dostav a změnou struktury (zvlnění nití) a také nánosem úpravy.

Naměřené změny struktury materiálu mají vliv jak na změnu pevnosti a tažnosti, tak i na propustnost médií a savost, které jsou hodnoceny v následujících kapitolách.

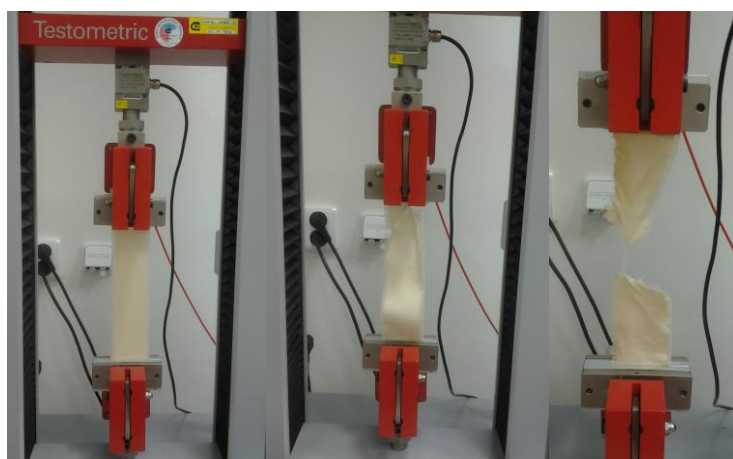
6.2 Pevnost, tažnost

Zkouška pevnosti v tahu byla zvolena k posouzení, zda u textilie upravené antibakteriální vrstvou nedochází k negativnímu snížení mechanických vlastností. Aby bylo možné výsledky z měření porovnat, byl postup u neupraveného i upraveného textilního materiálu zcela totožný.

Zkušební zařízení

Měření pevnosti v tahu probíhalo na přístroji TESTOMETRIC, v laboratořích Katedry textilních technologií, dle normy ČSN EN ISO 13934-1 – Plošné textilie – zjišťování pevnosti v tahu a tažnosti. Přístroj je propojen s PC, kde se v k tomu určeném

programu ovládá měření. Zde jsou také zaznamenávány výsledky, včetně tahových křivek.



Obr. 24 Postup měření pevnosti v tahu

Příprava vzorků

Pro měření pevnosti v tahu byly připraveny vzorky z upraveného (v2) a neupraveného (v0) materiálu a to shodným postupem. Bylo odebráno 10 vzorků o rozměru 60 x 200 [mm] ve směru osnova od neupraveného i upraveného materiálu, tak aby vzorky neměly žádnou společnou nit a byly vystříženy po niti. Stejně byly odebrány i vzorky ve směru útku. V procesu měření došlo k chybě a jeden vzorek (jak po osnově tak po útku) nebyl před měřením správně klimatizován, proto jsou tyto vzorky z hodnocení vyřazeny a dále bylo hodnoceno jen 9 vzorků.

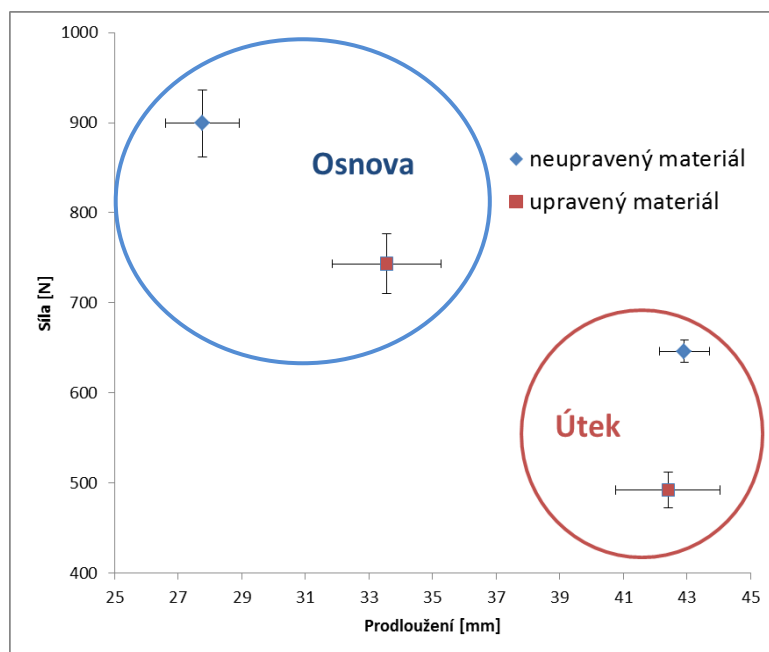
Každý z připravených vzorků byl vypárán po užší straně (60 [mm]) a to z každé strany cca po 5 [mm], na výslednou šíři 50 [mm]. Takto připravené vzorky byly ponechány ke klimatizaci.

Průběh zkoušky

Po spuštění a nastavení přístroje Testometric a PC s programem pro ovládání, byl nejprve do horní čelisti vložen a ukotven vzorek. Poté byl bez napínání vzorek ukotven do dolní čelisti. V programu následovalo vyvážení a poté spuštění měření, tedy napínání vzorku rychlostí 100 [mm/min]. Po přetržení vzorku přístroj ukončil měření a spustil čelisti pro ukotvení vzorku do výchozí pozice. Stejným způsobem bylo provedeno měření na všech vzorcích. Vzorky byly rozděleny do sérií podle toho, v jakém směru byly napínány (osnova/ útek) a o jaký materiál se jednalo (neupravený v0/ upravený v2). Jednotlivé série vzorků byly samostatně vyhodnocovány.

Výsledky měření

Naměřené hodnoty byly shrnuty a vypočítány základní statistické hodnoty pro neupravený materiál (v0) a pro materiál upravený testovanou antibakteriální vrstvou (v2) (Tab. 10 příloha II). Tahové křivky ze všech měření byly sloučeny do obrázku 35 (příloha II), do kterého byly zaneseny také průměrné hodnoty nejvyšší pevnosti [N] a prodloužení při nejvyšší pevnosti [mm]. Tyto hodnoty byly také s intervaly spolehlivosti zpracovány do samostatné tabulky 10, příloha II a graficky znázorněny obr 25.



Obr. 25 Pevnost, tažnost

Naměřené výsledky vykazují u upraveného materiálu (v2) pokles průměrné pevnosti o 17% ve směru osnova a o 23% ve směru útku. Průměrná maximální tažnost se u upraveného materiálu zvýšila o 21% ve směru osnova. Tažnost ve směru útku se změnila nevýznamně (1,2%).

Na změny pevnosti a tažnosti u upraveného materiálu mělo vliv hned několik činitelů. K poklesu pevnosti došlo pravděpodobně vlivem expozice bavlněných vláken vysoké teplotě. Materiál byl během antibakteriální úpravy podroben tepelné polymeraci při teplotě 150°C, po dobu 2 hodin. Na změnu tažnosti měla vliv změna struktury textilie po vložení finální úpravy (nárůst plošné hmotnosti a dostav).

Změny pevnosti a tažnosti jsou signifikantní, ale neměly by bránit používání takto upravené textilie, například na oděvy pro opakované použití ve zdravotnictví.

6.3 Propustnost tepla

Testování propustnosti tepla ukazuje, jakým způsobem dovoluje materiál prostupu tepla skrz jeho strukturu. Matematicky je zpracováván průběh tepelných toků od neustáleného (na jedné straně materiálu je jiná teplota, než na druhé straně), až k ustálenému stavu (na obou stranách materiálu je stejná teplota). Zkouška byla zvolena pro porovnání neupraveného materiálu v0 a materiálu v2 upraveného účinnou vrstvou. Vzhledem k použitému materiálu v plátňové vazbě a úpravou rovnoměrně nanesenou a fixovanou, nebyl při měření rozlišován rub a líc.

Zkušební zařízení

Testování propustnosti pro teplo bylo prováděno na zkušebním zařízení ALAMBETA (obr.30) na Katedře hodnocení textilií podle interní normy č. 23-304-02/01: Měření tepelných vlastností na přístroji Alambeta.



Obr. 26 Měřící zařízení Alambeta

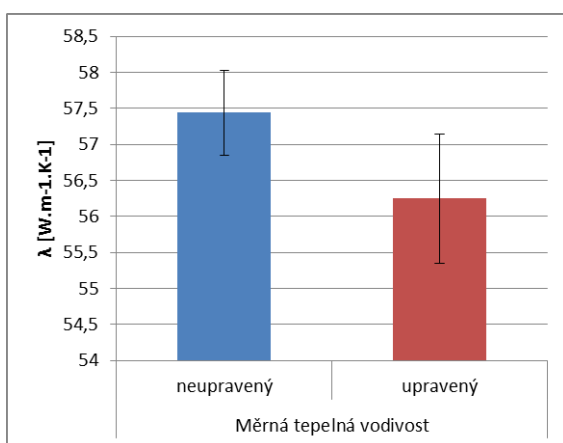
Na přístroji Alambeta je možné měřit tepelnou vodivost a tepelný odpor materiálu, což jsou charakteristické ukazatele propustnosti tepla. Tepelná vodivost charakterizuje rychlost, s jakou se teplo šíří z teplejších míst do chladnějších částí, jedná se tedy o schopnost vést teplo. Koeficientem tepelné vodivosti je měrná tepelná vodivost λ [$W.m^{-1}.K^{-1}$]. Tepelný odpor r [$m^2.K.W^{-1}$] stanovuje, do jaké míry měřený materiál o určité tloušťce brání prostupu tepla dle vztahu (3).

Postup měření

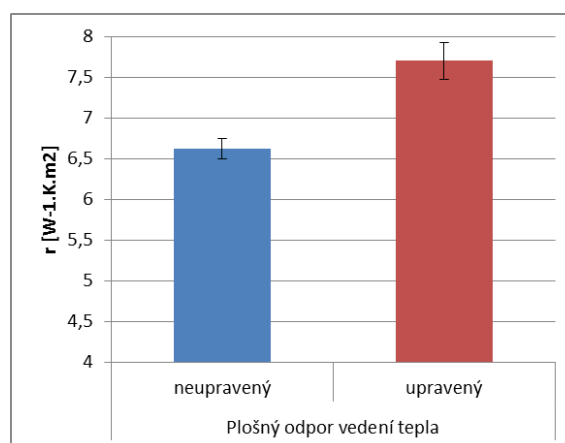
Po zapnutí Alambety bylo vyčkáno na první samovolné spuštění měřící hlavičky. Poté byl vložen do přístroje první vzorek o rozměru větším, než je kruhová měřící hlavička (více jak 10 x10 [cm]). Na vzorek byla spuštěna měřící hlavička, která se po vyrovnání teplot samovolně zvedla do výchozí pozice. Tento postup byl zopakován na deseti neupravených a deseti upravených vzorcích. Po ukončení všech měření byly získané hodnoty vyhodnoceny a zpracovány do grafu.

Výsledky měření

Hodnoty naměřené na přístroji Alambeta byly shrnuty v tabulkách 11 a 12 příloha II, kde byly vypočítány také základní statistické hodnoty pro neupravený materiál v0 a pro materiál v2 upravený testovanou antibakteriální vrstvou. Výsledky měření měrné tepelné vodivosti λ a plošného odporu vedení tepla r jsou graficky znázorněny na obr. 27 a 28. Je zřejmé, že hodnoty měrné tepelné vodivosti se statisticky významně nezměnily, oproti tomu, je 16 % nárůst plošného odporu vedení tepla statisticky významný.



Obr. 27 Měrná tepelná vodivost



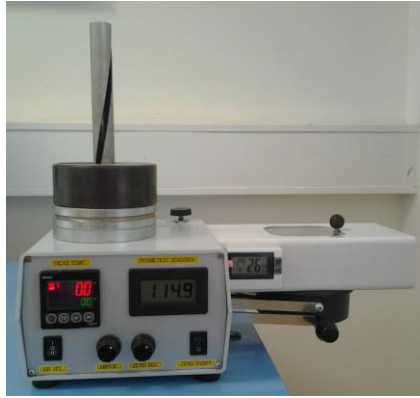
Obr. 28 Plošný odpor vedení tepla

6.4 Propustnost pro vodní páry

Propustnost pro vodní páry je jednou z termofyziologických vlastností. Zkouška byla zvolena k porovnání relativní paropropustnosti u neupraveného v0 a upraveného materiálu v2. Při zkoušce se testuje propustnost materiálu pro vodní páry, měřením tepelného toku procházejícím povrchem modelu lidské pokožky. Při měření nebyl rozlišován rub a líc, vzhledem k zvolenému materiálu v plátňové vazbě a rovnoměrnému nánosu a fixaci úpravy.

Zkušební zařízení

K měření relativní paropropustnosti na neupraveném a upraveném materiálu bylo použito zařízení PERMETEST (obr. 29) na Katedře hodnocení textilií. Měření bylo prováděno podle interní normy číslo 23-304-01/01: Stanovení termofyziologických vlastností textilií. Permetest je Skin model malých rozměrů, který je schopen stanovit normalizovaný parametr relativní paropropustnosti p [%] dle vztahu (5) a výparný odpor Ret [$m^2 \cdot Pa \cdot W^{-1}$]. Přístroj a měření na něm je možné ovládat na počítači v programu PERMETESTER.



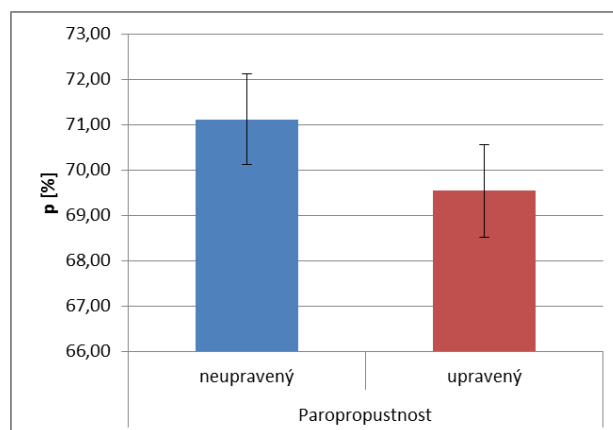
Obr. 29. Měřící zařízení Permetest

Postup měření

Před měřením byla nejprve provedena kalibrace měřením na kalibrační tkanině. Po nakalibrování přístroje následovala měření na desíti neupravených vzorcích v_0 a stejném počtu upravených vzorků v_2 . Při měření je měřící hlavice udržována na teplotě okolního vzduchu ($23\text{ }^{\circ}\text{C}$), vzduch je do přístroje nasáván z klimatizované komory, v které je přístroj umístěn. Do přístroje se dodává destilovaná voda, měnící se v přístroji na páru, která pak prochází přes separační fólii vzorkem. Každému měření tepelného toku na vzorku předchází měření bez vzorku, tedy q_v a q_0 . [37]

Výsledky měření

Data paropropustnosti p [%] pro neupravené a upravené vzorky byla statisticky zpracována. Výsledky jsou uvedeny v příloze II (tab. 13) a zde je provedeno grafické srovnání na obr. 30. Lze konstatovat, že se nanesením antimikrobiální úpravy relativní paropropustnost statisticky významně nezměnila.



Obr. 30 Grafické srovnání výsledků měření paropropustnosti

6.5 Propustnost vzduchu

Měření propustnosti pro vzduch, tedy prodyšnost, byla zvolena za účelem porovnání textilií bez úpravy a s antibakteriální úpravou. Prodyšnost je charakterizována jako schopnost textilie propouštět vzduch za stanovených podmínek. Vzhledem k tomu, že měření probíhalo na tkanině v plátňové vazbě a s úpravou nanášenou rovnoměrně, nebyl rozlišován rub a líc tkaniny při měření.

Zkušební zařízení

Pro měření prodyšnosti bylo použito měřicí zařízení FX 3300 Textest instrument (obr. 35) v laboratoři na Katedře hodnocení textilií. Měření probíhalo podle normy ČSN EN ISO 9237: Textilie – Zjišťování prodyšnosti plošných textilií.

Měřicí přístroj byl osazen čelistí pro upnutí vzorku o ploše 20 [cm²].



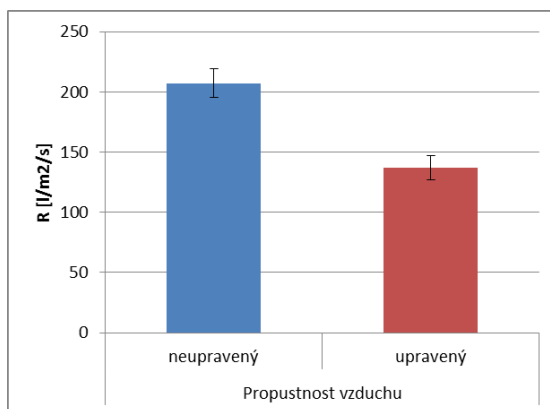
Obr. 31 Měřicí zařízení FX 3300

Postup měření

Přístroj byl zapnut a do kruhové čelisti byl přitlakem upnut rovný vzorek. Při prvním měření byl seřízen rozsah měření, tlakový spád byl nastaven na 100 [Pa] a měření probíhalo v jednotkách [l/m²/s]. Po ustálení průtoku vzduchu byl údaj zapsán a vzorek vyjmut stlačením upínací čelisti, při které se zároveň zastaví proudění vzduchu. Tento postup byl opakován 10x v případě neupravených vzorků (v0) a znovu 10x na vzorcích upravených antibakteriální úpravou (v2).

Výsledky měření a diskuze

Výsledky měření prodyšnosti u neupraveného a upraveného materiálu jsou včetně základní statistické analýzy zpracovány v příloze II (Tab. 14) a jsou zde znázorněny v grafu na obrázku 32.



Obr. 32 Grafické srovnání výsledků měření propustnosti vzduchu

Neupravený materiál vykazoval průměrnou prodyšnost R 207 (IS 11,95) [l/m²/s]. Materiál upravený antibakteriální úpravou průměrně dosahoval prodyšnosti R 137 (IS 10,04) [l/m²/s]. Z porovnání těchto výsledků prodyšnosti vyplývá 34% zhoršení prodyšnosti u materiálu upraveného antibakteriální úpravou. To je způsobeno zvýšením dostav a nanesením prostředku.

6.6 Sací výška

Pro orientační porovnání savosti neupraveného materiálu a materiálu s testovanou antibakteriální úpravou byl použit postup měření sací výšky. Ke zkoušce byl použit upravený postup dle normy ČSN 800828 – Plošné textilie- Stanovení savosti vůči vodě postupem vztlínání.

Testovány byly čtyři kusy neupraveného vzorku v0 (2 ve směru osnovy, 2 ve směru útku) a čtyři kusy vzorku v2 upraveného antibakteriální úpravou (2 ve směru osnovy, 2 ve směru útku). Každý z vzorků o rozměru 200 x 10 [mm] byl zavěšen a dolním okrajem smočen v obarvené kapalině. U každého z vzorků byl odečten výsledek po jedné minutě a po 30 minutách v mm od dolního okraje vzorku. Tyto výsledky jsou shrnuty v příloze II (tab. 15).

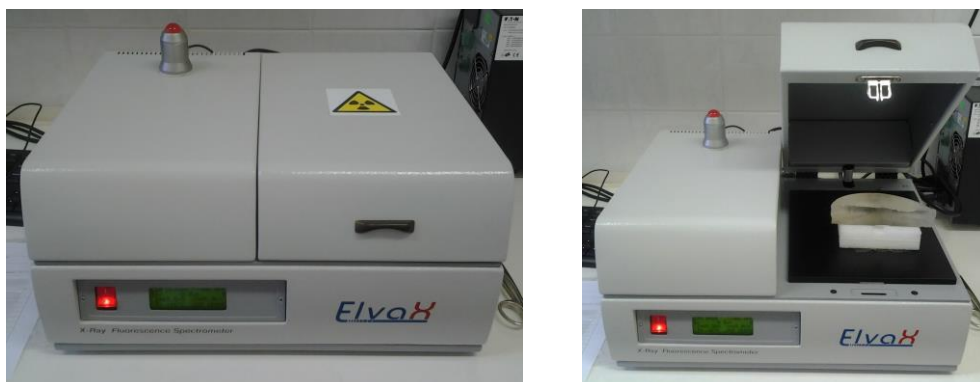
Tento orientační test naznačil nepatrné zvýšení sací výšky (po 30 minutách) u upraveného materiálu, které nebylo vzhledem k malému počtu měření statisticky prokázáno. Na základě tohoto orientačního testu lze předpokládat, že nedošlo ke zhoršení savosti materiálu. Podrobné zkoumání tohoto jevu bylo nad rámec zadání práce, ale lze jej doporučit ke zkoumání v další sadě experimentů.

7 Hodnocení trvanlivosti úpravy – analýza částic

Trvanlivost úpravy byla hodnocena analýzou částic na upravených vzorcích po různém počtu cyklů praní (vzorky v1 – v17). Dále bylo provedeno hodnocení stálosti v otěru a potu (upravené vzorky po 1 cyklu praní – v2, v16, v17). Veškerý materiál, který byl použit pro měření, byl minimálně 24 hodin klimatizován. Naměřená teplota vzduchu byla $t = 25\text{ °C}$ a vlhkost vzduchu $\varphi = 27\%$.

Zkušební zařízení

Úbytek účinných látek z antibakteriální vrstvy byl měřen pomocí zařízení pro nedestruktivní fluorescenční spektroskopii – Elvax Light (obr. 33) v modu Usual. Jedná se o kvantitativní analýzu vzorků.



Obr. 33 Zařízení pro fluorescenční spektroskopii – Elvax Light

Průběh zkoušky

Stálost testované antibakteriální vrstvy byla měřena na vzorcích, které prošly různým počtem pracích cyklů. Pro toto měření byl z příslušného materiálu odebrán vždy vzorek o rozměru 40 x 40 [mm]. Ten byl vložen do zařízení Elvax a zatížen plastem bez obsahu sledovaných kovů. Pro měření byly nastaveny parametry: napětí 45,0 [keV], filtr 2, čas 200 [s], proud 65,5 [μA].

Pro kvantitativní vyhodnocení obsahu kovů byly použity plochy čar $K\alpha$ v rtg fluorescenčním spektru po korekci na pozadí, a to pro měď při 8,04 [keV], zinek při 8,63 [keV] a stříbro při 22,1 [keV]. Všechny analyzované složky jsou udávány ve formě kovu (bez ohledu na skutečný stav částic ve vzorku). Obsah kovů je vyjadřován v [mg/kg] textilie, což odpovídá obsahu v [ppm]. Vzorek s označením v14 (po 45 vypráních) byl použit jako standard pro přepočet naměřených impulzů na obsah kovů. Vzorek byl za tímto účelem analyzován po předešlém rozkladu koncentrovanou kyselinou dusičnou, s přidavkem peroxidu vodíku, optickou emisní spektroskopií

v Laboratoři chemických sanačních procesů CXI, na přístroji ICP-OES Perkin Elmer Optima 2100 DV (operátor Ing. P. Parma).

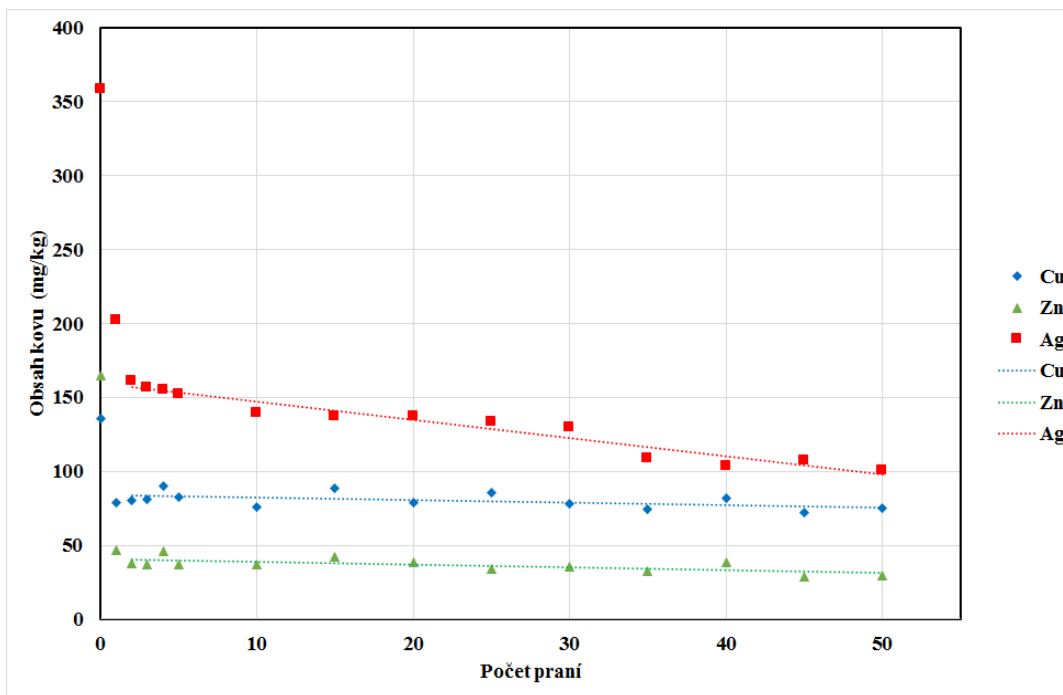
Touto metodou byly analyzovány vzorky textilie ihned po aplikaci úpravy v0 (žádné praní) a po cyklech praní, jak uvádí tabulka 4, kapitola 3.2. Na všech vzorcích bylo měření prováděno vždy na třech různých místech vzorku a výsledky byly statisticky hodnoceny. Od naměřených hodnot impulzů (pro Cu a Ag) bylo odečteno pozadí na základě srovnávací analýzy s textilií bez antibakteriální úpravy.

7.1 Stálost v praní

Zkouška stálosti v praní byla zvolena k posouzení úbytku účinných látek v antibakteriální úpravě. Tato zkouška spolu s antibakteriálními testy ukazuje, při jakých hodnotách je úprava dostatečně účinná proti bakteriím.

Výsledky měření

Získané výsledky obsahu mědi, zinku a stříbra v závislosti na počtu cyklů praní a otěru jsou shrnuty v tabulce 16, příloha III. Označení vzorků odpovídá tabulce 4. Výsledky jsou vyjádřeny v [mg] jednotlivých kovů na 1 [kg] tkaniny. Závislost obsahu kovů na počtu cyklů praní je také vynesena do obrázku 34. Z grafu je patrný počáteční prudký pokles obsahu kovů během prvního praní což je pochopitelné, protože dochází k odstranění vrstvy mezi vlákny (viz obr. 4 kapitola 2.2). Následující pokles obsahu kovů během praní lze již považovat za lineární. Vypočítané hodnoty koeficientů pro tuto závislost (2. – 50. praní) jsou uvedeny v tabulce 17 příloha III. Průměrné ztráty při jednom praní jsou pouze 0,18[mg/kg] mědi, 0,19 [mg/kg] zinku a 1,23 [mg/kg] stříbra. Z těchto hodnot byla provedena extrapolace, z které vyplývá, že ještě po 100. praní by obsah kovů v upravené textilií měl být dostatečný pro udržení antibakteriálních vlastností.



Obr. 34 Závislost obsahu kovů v textilii a antibakteriální úpravou na počtu cyklů praní

7.2 Stálost v otěru

Stálost úpravy v otěru byla hodnocena následujícím postupem: byly vytvořeny upravené vzorky v16 a v17. Ty byly 1x vyprány. Otěr byl realizován na přístroji Stainingtester dle normy ČSN EN ISO 105-X12. Bylo provedeno orientační měření ze 3 míst a to mechanicky otírané vzorky za sucha (v16) nebo za mokra (v17). Pomocí analýzy částic (popsané v kapitole 7) byl měřen úbytek částic kovů v otíraných místech. Výsledky porovnávající obsah kovů u vzorku po mechanickém otírání za sucha (vzorek v16) a za mokra (vzorek v17) jsou shrnuty v příloze III, tab. 18. Z výsledků je patrné, že při první orientační zkoušce otěru nedošlo k úbytku účinných látek v úpravě, mechanický otěr by tedy neměl mít vliv na antibakteriální vlastnosti.

7.3 Stálost v potu

Pocení je pro lidský organismus způsobem regulace tělesné teploty. Jedná se tedy o termoregulační nástroj organismu. K pocení dochází, pokud se člověk nalézá v prostoru s nadměrnou teplotou, nebo pokud není do tohoto prostoru vhodně oděn. Dalšími příčinami je zvýšený fyzický nebo duševní výkon a příčinou může být také stres. Lze tedy předpokládat, že vždy bude docházet v nějaké míře k pocení člověka v pracovním oděvu a to i ve zdravotnictví. Z tohoto důvodu bylo u materiálu provedeno první orientační měření stálosti v potu (bylo sledováno uvolňování kationtů kovů ve vrstvě).

Průběh zkoušky

Pro potřebu zkoušky byly připraveny dva roztoky (100 [ml]) k simulaci potu s různým pH.

Tab. 6 Složení roztoků k simulaci potu

Složení roztoků k simulaci potu:	roztok č. 1	roztok č. 2	
	pH 5,4	pH 4,6	
chlorid sodný	2,92	5,49	[g. l ⁻¹]
chlorid vápenatý	0,166	13,28	
síran hořečnatý	0,12	0,24	
dihydrogenfosforečnan draselný	1,02	1,36	

Byla provedena simulace dle následujícího postupu: z roztoků bylo odebráno 20 [ml] do uzavíratelné nádoby, do které byl přidán vzorek upraveného materiálu o rozměru 50x45 [mm]. V takto připravených a uzavřených nádobách se vzorky nechaly extrahovat v termostatu, při teplotě 36,5 °C, po dobu 24 hodin za současného protřepávání.

Po stanovené době byly veškeré vzorky analyzovány na obsah iontů mědi, zinku a stříbra z materiálu, na zařízení pro fotoelektronovou spektroskopii Elvax (viz. Kapitola 7).

Výsledky měření

Výsledky z měření úbytku částic mědi, zinku a stříbra v obou roztocích potu byly shrnuty v tabulce 19. Tato první orientační zkouška neukázala významný úbytek kovů při extrakci v roztoku simulovaného potu.

8 Návrh barevnosti

Textilní materiál po aplikaci antibakteriální úpravy, vykazuje zabarvení do světle béžového odstínu. (viz vzorník), což může být pro zdravotnické účely považováno za velké negativum. Trendem ve zdravotnictví už dnes nejsou jen zcela bílé oděvy. Tyto dva aspekty byly zahrnuty při výběru vhodného typu barev a odstínů.

Vzhledem k požadovaným vlastnostem vybarvení byly veškeré vzorky obarveny kypovými barvivy, která vykazují nejvyšší stálosti jak za mokra, tak i na světle. Materiály obarvené tímto typem barviv odolávají dobře povětrnostním podmínkám, a co je důležité, pro textilie pro opakované použití ve zdravotnictví, a barviva jsou vhodná také pro textilie mnohonásobně podrobované horkému spotřebitelskému praní a vyvářce. Negativem použití těchto barviv je vyšší cena a náročnější technologie aplikace. [42]

8.1 Postup barvení

Na vzorky pro barvení byla použita shodná textilie (v0) jako pro ostatní testování. Ve vzorcích byl ale zvolenými barvivy obarven pouze 65% podíl bavlněných vláken. Pro barvení byla použita tato barviva:

- Ostanthrenová žluť GC (C. I. Vat Yellow 2, 67300)
- Ostanthrenový rubín R (C. I. Vat Red 13, 70320)
- Ostanthrenová tmavá modř BOA (C. I. Vat Blue 20, 59800)
- Ostanthrenová modř BCL (C. I. Vat Blue 6, 69825)
- Ostanthrenová nová brilantní zeleň FFB (C. I. Vat Green 1, 59825)
- Ostanthrenová olivová zeleň B (C. I. Vat Green 3, 69500)

Všechna tato barviva patří do skupiny M I, což znamená, že mají vysokou afinitu k celulóзовému materiálu a jejich egalizační schopnost je průměrná. Pro barvení těmito barvivy je nutná vysoká koncentrace hydroxidu sodného. K barvení byly použity tyto přísady: požadované barvivo, Hydroxid sodný – NaOH a Ditioničitan sodný – Na₂S₂O₄.

Koncentrace přísad pro barvení byla stanovena dle vzorkovnic a požadované sytosti vybarvení. Vzorky jsou obarveny v sytostech vybarvení 0,5%, 1%, 2,5% a 5% pro porovnání změny odstínu s antimikrobiální úpravou a pro přípravy návrhů vzhledů oděvu pro zdravotnictví.

Z textilního materiálu byly připraveny vzorky o rozměrech 12x19 [cm]. Celý postup probíhal ve stejném zařízení AHIBA NUANCE, jako praní. Každý ze vzorků byl barven, oxidován a mydlen samostatně v jedné z patron určených pro zmíněné laboratorní zařízení. Poměr lázně 1:50. Barvení probíhalo při 60° po dobu jedné hodiny. Poté byly vzorky vyjmuty a vypláchnuty. Vzorky byly znovu umístěny do patron k procesu oxidace, která probíhala při 60° po dobu 20 minut v roztoku 30% peroxidu vodíku – H₂O₂ o koncentraci 3 [ml/l]. Po oxidaci byly vzorky znovu vyjmuty a propláchnuty. Mydlení v prostředku Syntapon o koncentraci 2 [g/l] bylo prováděno opět samostatně po jednom vzorku, v patroně po dobu 20 min, při 100°C. Po mydlení byly vzorky proprány ve vodě a usušeny v sušárně.

Vzorky byly barveny za dvojnásobným účelem vizuálního porovnání dvou vzorků se stejným vybarvením, kde jeden vzorek je pouze obarven a na druhý je nanášena a zafixována antimikrobiální úprava, dle stejného postupu jako u vzorků pro veškeré testování. Tyto vzorky jsou sestaveny pro porovnání ve vzorníku. Na základě vizuálního porovnání lze konstatovat, že u barvených vzorků nemá finální antimikrobiální úprava výrazný negativní estetický vliv.

V druhé řadě budou vytvořené vzorky použity pro další sadu experimentů účelem ověření fungování antimikrobiální úpravy nanášené na obarvený vzorek a za účelem evaluace barevných změn, což je již nad rámec této práce.

8.2 Návrhy barevného provedení oděvů pro zdravotnictví

Na základě vzhladu barevných vzorků s antibakteriální úpravou byly vytvořeny návrhy barevného řešení oděvů pro použití ve zdravotnictví. V přípravě čtyř návrhů barevných simulací, byl zohledněn fakt, že nejlepší estetické výsledky vykazují antibakteriální textilie v sytých odstínech barev. Pro vytvoření představy, byly vytvořeny vždy varianty kompletů pro použití v zdravotnickém prostředí. Tyto simulace jsou zařazeny v příloze IV obrázky 40-43.

Barevné simulace jsou vytvořeny na technických nákresech zdravotnických oděvů zahraniční firmy Dickies. Technické nákresy jsou převzaty z katalogu [43].

ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo ověřit účinnost antibakteriální úpravy na textilií, vhodné pro použití ve zdravotnictví. V rámci práce byl proveden průzkum prostředí a požadavků kladených na textilie ve zdravotnictví. Důraz byl v práci kladen především na textilie pro opakované použití, na základě finančního srovnání s jednorázovými oděvy a analýzy požadavků personálu, jako je bezpečnost, komfort, vzhled (barevnost) a postup údržby.

S cílem zhodnocení užitečných vlastností byla prostudována nabídka sortimentu oděvů pro opakované použití ve zdravotnictví. Nabídka v ČR je zaměřena zejména na oděvy z bavlny popřípadě ze směsi bavlna/polyester. Jednoznačnou převahu v tomto sortimentu má také bílá barva. Minimální je nabídka oděvů s antibakteriálním účinkem, u kterých není specifikované složení a zejména trvanlivost tohoto účinku. Na základě těchto informací byl také vybrán materiál pro experimentální část s ohledem na možné směřování vývoje oděvů personálu v nemocničních zařízeních, tedy vývoj oděvů opakovaně nošených, antibakteriálně upravených, z komfortního barevného materiálu s hlavním důrazem na životnost a také údržbu. Další část práce byla zaměřena na možnosti antibakteriální aktivace materiálu a trvanlivost těchto úprav. Hybridní antibakteriální úprava, které je použita v experimentální části práce, má, jak ukázaly testy, vynikající stálost i účinek.

Experimentální část této práce je věnována postupu přípravy a aplikace antibakteriální úpravy na textilní materiál (65BA/35PES). Pro tento materiál byl dále navržen a proveden rozsáhlý soubor experimentů, týkajících se zjištění antibakteriálních vlastností, změn užitečných vlastností a stálosti. V rámci experimentů byl povrch materiálu aktivován antibakteriální úpravou, která byla následně zafixována. K porovnání výsledků jednotlivých měření byl použit shodný materiál bez této úpravy (standard – neupravená textilie). V rámci testování upravené a neupravené textilie byly provedeny následující experimenty: průmyslové a laboratorní praní, sledování antibakteriálních vlastností, měření užitečných vlastností materiálu a měření stálosti, zahrnujících analýzu úbytku částic po cyklech praní, v otěru a potu.

Z naměřených hodnot během experimentů je možné uvést tyto výsledky. Orientační cena úpravy by se v případě průmyslového nanášení na tento materiál pohybovala okolo 40 [Kč/m²]. Takto upravená textilie má vynikající antibakteriální účinnost proti modelovým bakteriálním kmenům E. Coli i MRSA, navíc, jak bylo

prokázáno metodami hodnocení antibakteriálních účinků na textilii a analýzou úbytků částic, tyto výsledky jsou stabilní i po 50 cyklech praní. Během úpravy materiálu došlo k jeho vysrážení a zanesení pórů, což mělo za následek nárůst dostav, plošné hmotnosti i tloušťky. Úpravou došlo k poklesu pevnosti ve směru osnovy i útku a zároveň k nárůstu tažnosti ve směru osnovy. K těmto změnám došlo v důsledku expozice materiálu vysokým teplotám při fixaci úpravy. Změny jsou sice signifikantní, nicméně nebrání použití upravené textilie na oděvy pro opakované použití ve zdravotnictví.

Provedené experimenty ukázaly, že úpravou došlo k nárůstu plošného odporu vedení tepla v souvislosti s nárůstem tloušťky materiálu. Naopak měrná tepelná vodivost a relativní paropropustnost se statisticky významně nezměnily. Zvýšení dostav a zanesení pórů antibakteriálním prostředkem mělo vliv na mírné snížení propustnosti vzduchu. Orientační měření sací výšky neprokázalo snížení parametru. Z výsledků výše popsaných experimentů lze konstatovat, že aplikace antimikrobiální úpravy výrazně neovlivňuje parametry související s komfortem uživatele při nošení a je tak vhodná k aplikaci na oděvy, které se používají ve zdravotnictví.

Pro hodnocení trvanlivosti úpravy byl navržen a proveden experiment analýzy iontů kovů po cyklech praní, suchém a mokřím otěru a zkoušce trvanlivosti v potu. Výsledky po praní ukázaly počáteční prudký pokles obsahu iontů kovů v antibakteriální vrstvě během prvního praní, což je důsledkem odstranění zpolymerované vrstvy mezi jednotlivými vlákny textilie. Následující pokles je však minimální a antibakteriální účinek materiálu stále dostatečný. Během orientační zkoušky v otěru a simulace v potu se rovněž neprojevil významný úbytek kovů.

Na základě experimentů bylo dále zjištěno, že u barevných vzorků nemá finální úprava významný negativní estetický vliv. Na základě toho bylo navrženo několik barevných simulací oděvů pro použití ve zdravotnictví.

Materiál upravený testovanou antibakteriální úpravou by mělo být možné díky jeho účinkům, stálostem a zásadně nezměněným vlastnostem možné použít na oděvy k opakovanému použití ve zdravotnictví. Takový oděv by měl být schopen pomoci se snížením možností přenosu bakterií jako je například MRSA, VRE nebo dalších bakteriálních kmenů, které jsou původci zejména nozokomiálních nálezů, na které ročně zemře několik stovek pacientů.

Před možným uplatněním antibakteriální úpravy je vhodné materiál podrobit dalším experimentům s ohledem na možnosti použití. Zejména v oblasti fyziologického

komfortu (hodnocení pomocí normalizovaných ISO norem), evaluace barevných změn, hodnocení savosti upraveného materiálu.

Cytotoxicita připraveného antibakteriálního solu byla provedena na ÚOCHB v Praze (oddělení virologie – Dr. J. Weber) na dvou typech buněk. Jednalo se o Vero buňky a He-La buňky. Nebyl pozorován žádný cytotoxický efekt.

SEZNAM ZDROJŮ

- [1] Zdravotnictví ČR 2013 ve statistických údajích. In: *ÚZIS ČR: Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR* [online]. 2014 [cit. 2014-11-07]. Dostupné z: <http://www.uzis.cz/publikace/zdravotnictvi-cr-2013-ve-statistickych-udajich>
- [2] Hospitalizovaní v nemocnicích ČR 2012. In: *ÚZIS ČR: Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR* [online]. 2013 [cit. 2014-11-07]. Dostupné z: <http://www.uzis.cz/publikace/hospitalizovani-nemocnicich-cr-2012>
- [3] BARTELS, V. *Handbook of medical textiles*. Philadelphia: Woodhead Pub., 2011, xxv, 566 p. Woodhead publishing in textiles, no. 100. ISBN 08-570-9369-X.
- [4] Edited by S.C. Anand ... [et.]. *Medical and healthcare textiles*. 1. publ. Cambridge: Woodhead Publishing in association with the Textile Institute, 2010. ISBN 978-142-0079-890.
- [5] Nozokomiální nákazy. 2014. *WikiSkripta* [online]. [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: http://www.wikiskripta.eu/index.php/Nozokomi%C3%A1ln%C3%AD_n%C3%A1kazy
- [6] HES, Luboš a Petr SLUKA. *ÚVOD DO KOMFORTU TEXTILÍ*. Liberec: TUL, 2005.
- [7] PROČ JSOU ZDRAVOTNICKÉ ODĚVY ČASTO MODRÉ NEBO ZELENÉ?. *2P SERVIS* [online]. [cit. 2015-01-17]. Dostupné z: <http://www.pp-servis.eu/clanky/proc-jsou-zdravotnicke-odevy-casto-modre-nebo-zelene>
- [8] LUKÁŠ, David a kol. *Lékařské textilie. 2. díl*. Praha: Asociace inovačního podnikání ČR, 2008. 248 s. ISBN 978-80-7372-475-7
- [9] Zdravotnické oděvy a zdravotní obuv vlastní výroby. *2P SERVIS* [online]. 2015 [cit. 2015-01-23]. Dostupné z: <http://www.pp-servis.eu/>
- [10] Největší výrobce pracovních oděvů v ČR. *ALTREVA: MORE THAN WORKWEAR* [online]. [cit. 2015-01-28]. Dostupné z: <http://eshop.altreva.cz/z155112-lekarsky-plast-damsky-hydra>
- [11] BONNO oděvy: KATALOG. *BONNO* [online]. 2009 [cit. 2015-01-20]. Dostupné z: <http://www.bonno.cz/katalog/odevy-1/>
- [12] Profil firmy: profesní odevy Cadenza. *Cadenza* [online]. 2012 [cit. 2015-01-23]. Dostupné z: <http://www.cadenza.cz/profil-firmy.php>
- [13] Sortiment: Používané materiály. *Cadenza* [online]. 2012 [cit. 2015-01-23]. Dostupné z: <http://www.cadenza.cz/>
- [14] CLINITEX: katalog- umění oblékat. ADAMÍČEK, Radovan. *Issuu* [online]. [cit. 2015-02-27]. Dostupné z: http://issuu.com/radovanadamicek/docs/clinitex_cz_aj?e=6626681/11344238
- [15] Nabídka zboží. *Eldan: internetový obchod výrobce zdravotnických oděvů* [online]. [cit. 2015-02-02]. Dostupné z: <http://www.eldan.cz/>
- [16] Irea: Výroba oděvů pro zdravotnictví. *O nás* [online]. 2015 [cit. 2015-01-10]. Dostupné z: <http://www.odevy-irea.cz/katalog/zdravotnicke-odevy-3/>
- [17] Sanlic- Bakteriostatický efekt. In: *Licolor a.s.: Liberec* [online]. [cit. 2015-01-28]. Dostupné z: <http://www.licolor.cz/bakteriostaticky-efekt.php>
- [18] Zdravotní textilie. *Licolor a.s.: Liberec* [online]. [cit. 2015-01-28]. Dostupné z: <http://www.licolor.cz/zdravotnický-textil.php>
- [19] O společnosti. *MEDICA FILTER* [online]. 2015 [cit. 2015-01-15]. Dostupné z: <http://www.medicafilter.cz/cs/10-o-spolecnosti/>
- [20] Bavlněné zdravotnické oděvy. *MEDICA FILTER* [online]. 2015 [cit. 2015-01-15]. Dostupné z: <http://www.medicafilter.cz/cs/eshop/category/bavlnene-zdravotnicke-odevy/>
- [21] Cherokee Uniforms: Products for healthcare professionals. *Cherokee* [online]. 2015 [cit. 2015-02-24]. Dostupné z: <http://www.cherokeeuniforms.com/>
- [22] Infinity: by cherokee. *Cherokee* [online]. 2015 [cit. 2015-02-24]. Dostupné z: <http://www.cherokeeuniforms.com/content/c36973/infinity-certainty>

- [23] Medical apparel: Collections. *Dickies* [online]. 2015 [cit. 2015-02-24]. Dostupné z: <http://www.dickiesmedical.com/>
- [24] Product, about us. *Heartsoul: scrubs* [online]. 2015 [cit. 2015-02-24]. Dostupné z: <http://www.heartsoulscrubs.com/>
- [25] ROUETTE, Hans-Karl, A LINDNER a Beate SCHWAGER. *Encyclopedia of textile finishing*. New York: Springer, 2001, 3 v. (viii, 2765 p.). ISBN 35-406-5031-8.
- [26] KADOLPH, Sara J. *Textiles*. 11th ed. Boston: Pearson, c2010, xiii, 581 p. ISBN 01-350-0759-3.
- [27] SUN, Gang a N PAN. *Functional textiles for improved performance, protection and health*. Philadelphia: Woodhead, c2011, xxiv, 528 p. Woodhead publishing in textiles, no. 120. ISBN 18-456-9723-5.
- [28] ŠLAMBOROVÁ, Irena, Veronika ZAJÍCOVÁ, Jana KARPÍŠKOVÁ, Petr EXNAR a Ivan STIBOR. 2012. New type of protective hybrid and nanocomposite hybrid coatings containing silver and copper with an excellent antibacterial effect especially against MRSA. *Materials Science and Engineering C*.
- [29] EXNAR, Petr a Irena LOVĚTINSKÁ-ŠLAMBOROVÁ. *Speciální hybridní vrstvy připravené metodou sol-gel a jejich biomedicínské aplikace* [online]. [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://www.kch.tul.cz/publications/sb34.pdf>
- [30] SCHINDLER, W a P HAUSER. *Chemical finishing of textiles*. Cambridge, England: Woodhead, 2004, x, 213 p. ISBN 18-557-3905-4.
- [31] KUBÍKOVÁ. *HODNOCENÍ OCHRANNÝCH ODĚVŮ PRO PRACOVNÍKY VE ZDRAVOTNICTVÍ*. Liberec, 2011. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní. Vedoucí práce Ing. Zuzana Fléglová.
- [32] ČSN EN ISO 20743. *Textilie - Zjišťování antibakteriálního účinku antibakteriálně upravených výrobků*. Praha, 2008. 28 s.
- [33] ČSN EN ISO 20645. *Plošné textilie - Zjišťování antibakteriální aktivity - Zkouška šíření agarovou destičkou*. Praha: Český normalizační institut, 2005. 16 s.
- [34] LOVĚTINSKÁ ŠLAMBOROVÁ, Irena. Testování antibakteriální a antifungicidní účinnosti. In: *INTEC: TUL - CXI* [online]. [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: https://int.cxi.tul.cz/cs/antimikrobiální_testy
- [35] TZÚ. 2014. *Pevnost a tažnost pro oděvní a bytový textil a OOP* [online]. [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://www.tzu.cz/pevnost-a-taznost-pro-odevni-a-bytovy-textil-a-oop-CZ12390>
- [36] TU Liberec, Fakulta textilní Interní norma č. 23-304-02/01 Stanovení termofyziologických vlastností textilie. 2004
- [37] TU Liberec, Fakulta textilní Interní norma č. 23-304-01/01 Stanovení termofyziologických vlastností textilie. 2004
- [38] ČSN EN ISO 105-X12. *Textilie - Zkoušky stálobarevnosti - Část X12: Stálobarevnost v otěru*. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- [39] Laboratories: Datacolor Ahiba Nuance Eco Laboratory Dyeing Machine. *Dice Factory* [online]. 2013 [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: <http://www.dicefactory.net/dying-and-laboratories.html>
- [40] WikiSkripta. 2014. *Infekce vyvolané Escherichia coli* [online]. [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: http://www.wikiskripta.eu/index.php/Infekce_vyvolan%C3%A9_Escherichia_coli
- [41] WikiSkripta. 2014. *MRSA* [online]. [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: <http://www.wikiskripta.eu/index.php/MRSA>
- [42] KRYŠTŮFEK, Jiří, Jakub WIENER a Dagmar MACHAŇOVÁ. *Barvení textilií II*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2011, 278 s. ISBN 978-80-7372-796-3.
- [43] Medical uniforms: Summer 2015. 2015. *Dickies medical apparel* [online]. [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: http://www.dickiesmedical.com/files/dickies_catalog.pdf

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I – Antibakteriální účinky	76
Příloha II – Užité vlastnosti textilie	77
Příloha III – Trvanlivost úpravy	82
Příloha IV – Návrh barevnosti	83

Příloha I – Antibakteriální účinky

Tab. 7 Antibakteriální účinky – naměřené hodnoty

Označení vzorku	ČSN				Metody AATCC							
	E. Coli		MRSA		147				100			
	10 ⁸ [CFU/ml]		10 ⁵ [CFU/ml]		E. Coli		MRSA		E. Coli		MRSA	
	[mm]	hodnocení	[mm]	hodnocení	Halo zóna [mm ²]	Kontakt pod vzorkem	Halo zóna [mm ²]	Kontakt pod vzorkem	Počet kolonií [-]	Inhibice [%]	Počet kolonií [-]	Inhibice [%]
v0 (standard)	0	C	0	C	0	0	0	0	Kompaktní výsev počítáme 10 ⁵ [CFU/ml]	0	200	0
v1	3	A	3	A	2,5	0	4	0	1	99,9%	0	100%
v2	1	A	1,5	A	2,5	0	4	0	1	99,9%	2	99%
v3	1	A	1	A	1,5	0	2	0	0	100%	2	99%
v4	1	A	1	A	1,5	0	2	0	1	99,9%	0	100%
v5	1	A	1*	A	1,5	0	2	0	0	100%	1	99,5%
v6	1	A	1*	A	1,5	0	2	0	0	100%	1	99,5%
v7	1	A	5	A	2	0	2	0	2	99,9%	2	99%
v8	1	A	3	A	2	0	2	0	2	99,9%	0	100%
v9	1	A	0,5*	A	2	0	2	0	2	99,9%	1	99,5%
v10	2	A	0,5*	A	2	0	1	0	0	100%	1	99,5%
v11	1	A	0,5*	A	2,3	0	1	0	2	99,9%	4	98%
v12	0,5	A	0,5*	A	2	0	1	0	3	99,9%	4	98%
v13	0,5	A	0	C	1,5	0	1	0	2	99,9%	2	99%
v14	0,1	B	0	C	1,5	0	1	0	2	99,9%	0	100%
v15	0,1	B	5	A	1,5	0	1	0	0	100%	0	100%
v16	2	A	1,5	A	3	0	3	0	2	99,9%	4	98%
v17	2	A	1,5	A	3	0	2	0	0	100%	0	100%

* Halo zóna není čistá

Příloha II – Užité vlastnosti textilie

Tab. 8 Plošná hmotnost materiálu (v0) – naměřené hodnoty

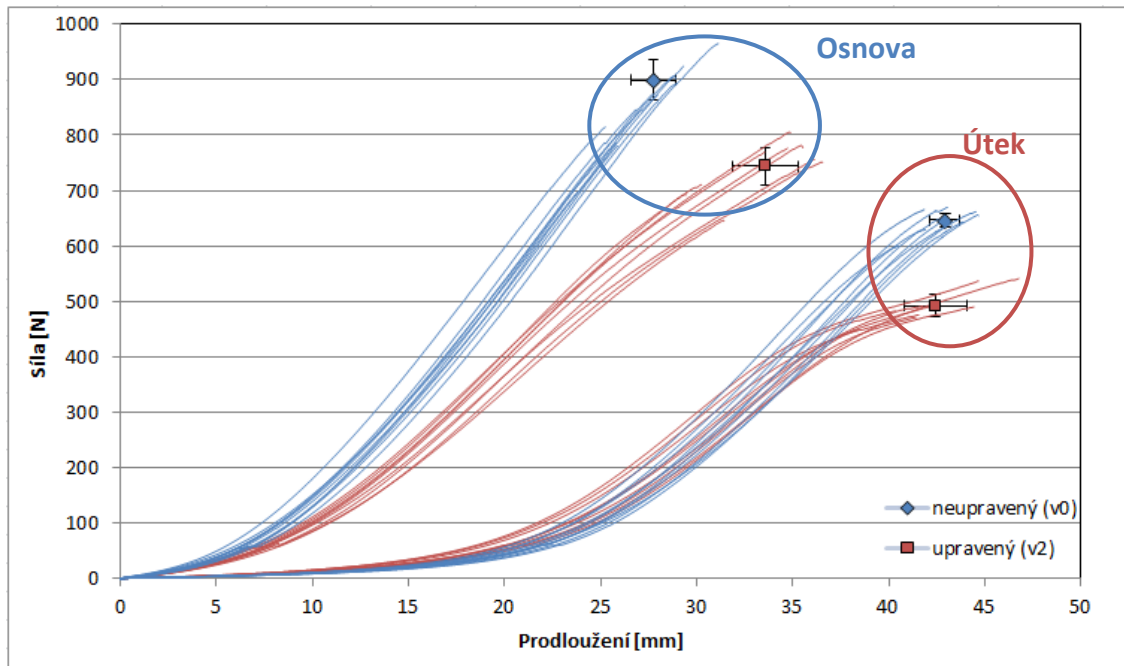
n	neupravený (v0)	upravený (v2)
	[g/m ²]	
1	159,39	168,97
2	157,57	166,92
3	164,18	166,69
4	162,78	168,03
5	161,41	166,35
průměr	161,066	167,392
s	2,6355	1,0838
v [%]	1,6363	0,6475
IS	1,6335	0,6717
DM	159,4325	166,7203
HM	162,6995	168,0637

Tab. 9 Dostavy materiálu – naměřené hodnoty

n	neupravený (v0)		Upravený (v2)	
	osnova	útek	osnova	útek
	[nití/ 10 cm]			
1	290	230	300	250
2	280	240	300	250
3	290	240	300	240
4	290	240	290	250
5	280	240	300	250
průměr	286	238	298	248
s	5,4772	4,4721	4,4721	4,4721
v [%]	1,9151	1,8790	1,5007	1,8033
IS	3,3948	2,7718	2,7718	2,7718
DM	282,6052	235,2282	295,2282	245,2282
HM	289,3948	240,7718	300,7718	250,7718

Tab. 10 Výsledky pevnost, tažnost

			neupravený (v0)		upravený (v2)	
			osnova	útek	osnova	útek
Nejvyšší pevnost	[N]	průměr	899,42	646,22	743,43	492,33
		IS	37,25	12,67	32,85	19,37
Prodloužení při nejvyšší pevnosti	[mm]	průměr	27,76	42,92	33,56	42,41
		IS	1,15	0,79	1,71	1,64



Obr. 35 Tahové křivky – naměřené hodnoty

Tab. 11 Propustnost tepla neupravený materiál (v0) – naměřené hodnoty Alambeta

n	a [m ² .s ⁻¹]	B [W.m ⁻² .s ^{1/2} .K ⁻¹]	r [W ⁻¹ .K.m ²]	h [mm]	pc [j.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	q[W/m ²]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
1	0,066	220	6,7	0,38	1,33	0,601	56,5
2	0,078	201	6,9	0,39	1,3	0,576	56,3
3	0,081	200	6,6	0,38	1,23	0,571	56,9
4	0,083	198	6,4	0,36	1,23	0,579	56,9
5	0,084	200	6,3	0,36	1,2	0,574	57,9
6	0,078	208	6,6	0,38	1,24	0,563	58
7	0,101	181	6,8	0,39	1,22	0,556	57,4
8	0,06	232	6,7	0,38	1,39	0,625	57,1
9	0,079	205	6,8	0,39	1,3	0,594	57,8
10	0,085	205	6,4	0,38	1,26	0,589	59,6
průměr	0,0795	205	6,62	0,379	1,27	0,5828	57,44
s	0,0110	13,5565	0,1989	0,0110	0,0591	0,0202	0,9548
v [%]	13,8714	6,6129	3,0043	2,9037	4,6509	3,4619	1,6622
IS	0,0068	8,4022	0,1233	0,0068	0,0366	0,0125	0,5918
DM	0,0727	196,5978	6,4967	0,3722	1,2334	0,5703	56,8482
HM	0,0863	213,4022	6,7433	0,3858	1,3066	0,5953	58,0318

Tab. 12 Propustnost tepla upravený materiál (v2) – naměřené hodnoty Alambeta

n	a [m ² .s ⁻¹]	B [W.m ⁻² .s ^{1/2} .K ⁻¹]	r [W ⁻¹ .K.m ²]	h [mm]	pc [j.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	q[W/m ²]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
1	0,096	184	7,6	0,43	1,26	0,529	56,9
2	0,079	199	7,7	0,43	1,3	0,536	56
3	0,093	190	7,4	0,43	1,28	0,552	58
4	0,084	191	8	0,44	1,29	0,52	55,3
5	0,094	180	8,4	0,46	1,27	0,498	55,1
6	0,085	187	8	0,44	1,29	0,521	54,5
7	0,078	204	7,7	0,44	1,32	0,551	56,7
8	0,086	195	7,3	0,42	1,27	0,546	57,2
9	0,095	190	7,2	0,42	1,23	0,539	58,5
10	0,077	196	7,7	0,42	1,3	0,543	54,3
průměr	0,0867	191,6	7,7	0,433	1,281	0,5335	56,25
s	0,0074	7,1368	0,3621	0,0125	0,0251	0,0168	1,4455
v [%]	8,4940	3,7248	4,7025	2,8907	1,9628	3,1554	2,5698
IS	0,0046	4,4233	0,2244	0,0078	0,0156	0,0104	0,8959
DM	0,0821	187,1767	7,4756	0,4252	1,2654	0,5231	55,3541
HM	0,0913	196,0233	7,9244	0,4408	1,2966	0,5439	57,1459

Tab. 13 Propustnost pro vodní páry – naměřené hodnoty Permetest

n	neupravený (v0)		upravený (v2)	
	p [%]	R_{et} [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$]	p [%]	R_{et} [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$]
1	70,1	2,5	67,6	2,8
2	68,3	2,7	70,9	2,4
3	71,3	2,3	71,4	2,3
4	74,3	2	70,6	2,4
5	71,9	2,3	69,1	2,6
6	72,3	2,2	71,2	2,4
7	69,7	2,5	67,4	2,8
8	70,7	2,4	67,1	2,9
9	71,5	2,3	69,8	2,6
10	71	2,4	70,3	2,5
průměr	71,11	2,36	69,54	2,57
s	1,62	0,19	1,64	0,21
V [%]	2,27	8,04	2,36	8,01
IS	1,00	0,12	1,02	0,13
DM	70,11	2,24	68,52	2,44
HM	72,11	2,48	70,56	2,70

Tab. 14 Propustnost vzduchu – naměřené hodnoty FX 3300

n	neupravený (v0)	upravený (v2)
	R [$\text{l}/\text{m}^2/\text{s}$]	
1	187	136
2	186	153
3	196	109
4	217	128
5	211	118
6	229	134
7	243	148
8	207	148
9	209	162
10	185	135
průměr	207	137,1
s	19,2815	16,2032
v [%]	9,3148	11,8185
IS	11,9506	10,0427
DM	195,0494	127,0573
HM	218,9506	147,1427

Tab. 15 Sací výška – naměřené hodnoty

n	po 1 min [cm]				po 30 min [cm]			
	neupravený (v0)		upravený (v2)		neupravený (v0)		upravený (v2)	
	osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek
1	6	5,5	6,3	5,5	10,6	9,2	12,4	11,2
2	6,1	5,1	6,4	5,6	10,5	9,1	12,4	11
průměr	6,05	5,3	6,35	5,55	10,55	9,15	12,4	11,1
s	0,0707	0,2828	0,0707	0,0707	0,0707	0,0707	0,0000	0,1414
v [%]	1,1688	5,3367	1,1136	1,2741	0,6702	0,7728	0,0000	1,2741
IS	0,0980	0,3920	0,0980	0,0980	0,0980	0,0980	0,0000	0,1960
DM	5,9520	4,9080	6,2520	5,4520	10,4520	9,0520	12,4000	10,9040
HM	6,1480	5,6920	6,4480	5,6480	10,6480	9,2480	12,4000	11,2960

Příloha III – Trvanlivost úpravy

Tab. 16 Výsledky stanovení Cu, Zn a Ag v textílii v závislosti na počtu praní a otěru

Označení vzorku	Cu [mg/kg]		Zn [mg/kg]		Ag [mg/kg]	
	průměr	s	průměr	s	průměr	s
v1	136	3	165	1	358	6
v2	79	1	47	2	202	10
v3	81	1	38	1	161	10
v4	81	2	37	1	157	1
v5	90	2	46	2	155	6
v6	83	2	37	3	152	18
v7	76	5	37	2	140	2
v8	88	3	42	3	137	17
v9	79	5	39	2	137	34
v10	85	1	34	1	134	18
v11	78	1	35	2	129	7
v12	74	2	32	2	109	2
v13	82	4	39	1	103	9
v14	72	5	29	3	107	17
v15	75	7	29	4	101	28
v16	79	2	46	2	207	20
v17	79	3	50	2	214	4

Vysvětlivky: s směrodatná odchylka stanovení

Tab. 17 Koeficienty vztahu pro závislost obsahu kovů v textílii na počtu praní (pro 2. až 50. praní)

	A	B
Cu	-0,181	84,3
Zn	-0,193	40,7
Ag	-1,229	159,3

Poznámka: tvar závislosti $y = A \cdot x + B$, kde y = obsah kovu [mg/kg] a x = počet praní

Tab. 18 Porovnání výsledků stanovení vzorků testovaných na otěr

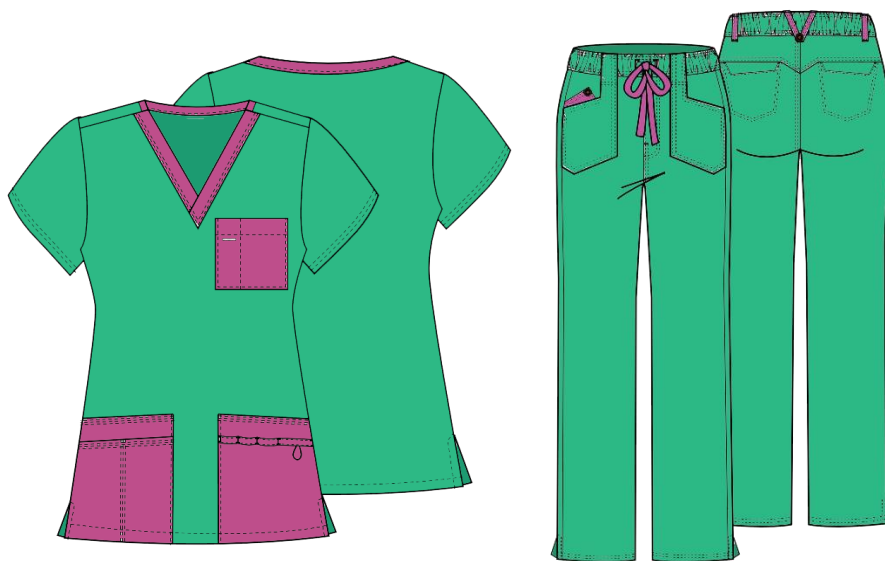
Označení vzorku	v2 (bez otěru)	v16 (suchý otěr)	v17 (mokrá otěr)
Cu [mg/kg]	79	79	79
Zn [mg/kg]	47	46	50
Ag [mg/kg]	202	207	214

Tab. 19 Porovnání výsledků - stálosti v potu

	standard	standard	v2	v2
	pH 4,6	pH 5,4	pH 4,6	pH 5,4
Cu [mg/l]	< 0,01	< 0,01	0,491	1,061
Zn [mg/l]	< 0,02	< 0,02	0,507	0,482
Ag [mg/l]	< 0,005	< 0,005	0,097	1,121

Příloha IV – Návrh barevnosti

Barevná varianta 1



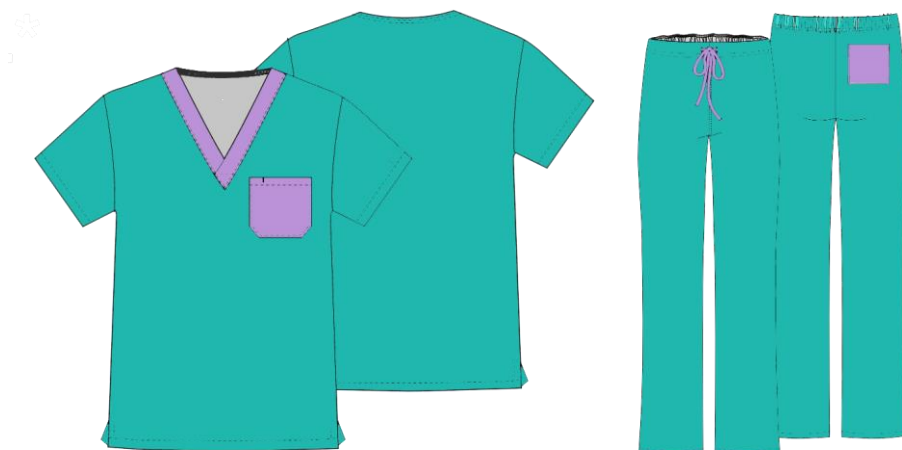
Obr. 40 Simulace barevné varianty 1 (oliva 5%, rubín 5%)

Barevná varianta 2



Obr. 41 Simulace barevné varianty 2 (modrá 5%, rubín 1%)

Barevná varianta 3



Obr. 42 Simulace barevné varianty 3 (zelená 5%, modrá BOA 1%)

Barevná varianta 4



Obr. 43 Simulace barevné varianty 4 (rubín 5%, modrá BOA 5%)