

Návrh třívrstvého laminátu vhodného pro svrchní oděv AČR

Bakalářská práce

Studijní program:

B3107 Textil

Studijní obor:

Textilní marketing

Autor práce:

Miluše Volfová Vlková

Vedoucí práce:

Ing. Roman Knížek, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií





Zadání bakalářské práce

Návrh třívrstvého laminátu vhodného pro svrchní oděv AČR

Jméno a příjmení: **Miluše Volfová Vlková**
Osobní číslo: T16000020
Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: Textilní marketing
Zadávací katedra: Katedra hodnocení textilií
Akademický rok: **2018/2019**

Zásady pro vypracování:

1. Vytvořte rešerši na téma membrány pro oděvní účely, komfort textilií a uniformy používající AČR se zaměřením na třívrstvé lamináty
2. Na dostupných vzorcích třívrstvého laminátu s membránou změřte paropropustnost, prodyšnost, hydrostatickou odolnost, tepelný odpor a oděr
3. Vyberte třívrstvý laminát vhodný pro potřeby AČR
4. Porovnejte Vámi vybraný vzorek s lamináty, které v současné době AČR používá
5. Diskuze výsledků a závěr

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

30 – 40 stran
tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

KNÍŽEK, Roman. Oděvy pro sportovní a outdoorové aktivity, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013. ISBN 978-80-7494-012-5.
HES, Luboš a SLUKA, Petr. Úvod do komfortu textilií. Liberec: Technická univerzita v Liberci., 2005. ISBN 80-7083-926-0.

Vedoucí práce:

Ing. Roman Knížek, Ph.D.
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání práce:

9. ledna 2019

Předpokládaný termín odevzdání:

10. ledna 2020

Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka

L.S.

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 24. října 2019

Prohlášení

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

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

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

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že texty tištěné verze práce a elektronické verze práce vložené do IS/STAG se shodují.

2. prosince 2019

Miluše Volfová Vlková

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat panu Ing. Romanu Knížkovi, Ph.D. za odborné vedení mé kvalifikační práce a poskytnutí vzorků. Dále bych ráda poděkovala panu doc. Ing. Vladimíru Bajzíkovi, Ph.D., paní Ing. Haně Pařilové a paní Ing. Denise Knížkové za odbornou pomoc a Stanislavu Volfovi za půjčení vojenského oděvu.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala rodině a svému partnerovi Ing. Martinu Frysovi za podporu a lásku po celou dobu studia.

Anotace ČJ

Tato kvalifikační práce se zabývá porovnáním textilních laminátů navržených pro svrchní oděvy určené pro vojenské účely s cílem navrhnout laminát, který by splňoval vybrané parametry uvedené v zadávacích podmínkách výběrového řízení.

Teoretická část se věnuje současným uniformám Armády České republiky se zaměřením na oblečení do zvláště nepříznivých podmínek a vrstvené oblékání, dále pak na komfort textilií, lamináty, membrány a kamuflážní vlastnosti.

V experimentální části jsou uvedeny jednotlivé postupy měření a porovnání navržených laminátů s konkurenčním laminátem s mikroporézní membránou od firmy GORE-TEX, který je používán k výrobě současných armádních oděvů.

Klíčová slova: oděv do zvláště nepříznivého počasí, AČR, vrstvené oblékání, membrána, laminát, komfort textilií, prodyšnost, paropropustnost, hydrostatická odolnost.

Annotation

The aim of the thesis is the comparison of textile laminates designed for military purposes as a hardshell. This laminate has to meet criteria which are set in the tender.

The theoretical part describes current combat uniforms of the Armed Forces of the Czech Republic (ACR), especially clothes designed for cold weather conditions, layered clothing, comfort of the textile itself, laminates, membranes and camouflage qualities.

The aim of the practical part of the thesis is to outline individual techniques of the measuring and comparison of the proposed laminates with the competitive laminate manufactured by the GORE-TEX company, which is the manufacturer of the laminate of the current cold weather combat uniforms of the ACR.

Key words: Extended Cold Weather Clothing System of ACR, layered clothing, membrane, comfort of the textile, permeability, breathability, water resistance.

Obsah

Seznam použitých zkratk	9
I. Úvod	11
II. Teoretická část	13
1. Současné uniformy AČR	13
1.1 Služební stejnokroj vzor 97	13
1.2 Služební stejnokroj vzor 95	14
2. Maskovací oděv do nepříznivého počasí (ECWCS) a systém vrstveného oblékání	14
2.1 Systém vrstveného oblékání	15
2.1.1 Transportní vrstva (1. vrstva)	16
2.1.2 Izolační vrstva (2. vrstva)	16
2.1.3 Ochranná vrstva (3. vrstva)	18
2.2 Oděv do nepříznivého počasí ECWCS	18
2.2.1 Součásti a složení oděvu ECWCS	19
2.2.2 Vystrojení, životnost, cena	22
3. Vlastnosti textilních materiálů	23
3.1 Komfort	23
3.1.1 Paropropustnost	24
3.1.2 Prodyšnost	25
3.1.3 Hydrostatická odolnost	25
3.1.4 Tepelný odpor	26
3.2 Další vlastnosti textilních materiálů	26
3.2.1 Odolnost textilie v tahu	26
3.2.2 Odolnost textilie v oděru	27
3.3 Kamuflážní vlastnosti a remisní křivky	27
3.3.1 Kamuflážní vlastnosti	28
3.3.2 Remisní křivky	29
4. Membránové oblečení, lamináty, úpravy	30
4.1 Membrány	31
4.1.1 Hydrofobní membrána (mikroporézní)	31
4.1.2 Hydrofilní membrána (neporézní)	33

4.1.3 Zátěr.....	33
4.2 Aplikace membrány.....	34
4.2.1 Dvouvrstvý laminát (2L)	34
4.2.2 Dvou a půl vrstvý laminát (2,5L)	35
4.2.3 Třívrstvý laminát (3L)	35
4.3 Hydrofobní a oleofobní úpravy	35
4.3.1 Hydrofobní úprava.....	36
4.3.2 Oleofobní úprava	36
III. Experimentální část	37
5. Popis experimentu	37
5.1 Testované textilní materiály	37
5.1.1 Laminát A	38
5.1.2 Laminát B a B1	38
5.1.3 Laminát C	38
5.1.4 Laminát D	38
5.1.5 Laminát E	39
5.1.6 Laminát F.....	39
5.2 Testování vybraných vlastností	40
6. Naměřené hodnoty vzorků	40
6.1 Popisná statistika	40
6.2 Měření tloušťky a tepelného odporu.....	41
6.2.1 Vyhodnocení měření tloušťky	42
6.2.2 Vyhodnocení měření tepelného odporu.....	43
6.3 Měření prodyšnosti	44
6.3.1 Vyhodnocení měření prodyšnosti (propustnost textilií pro vzduch)	45
6.4 Měření výparného odporu	46
6.4.1 Vyhodnocení měření výparného odporu	47
6.5 Měření hydrostatické odolnosti	48
6.5.1 Vyhodnocení měření hydrostatické odolnosti	49
6.6 Měření oděru.....	50
6.6.1 Vyhodnocení měření oděru	51
7. Celkové vyhodnocení	52
IV. Závěr	55

Seznam použité literatury	56
Seznam obrázků	58
Seznam tabulek	60
Seznam příloh.....	61

Seznam použitých zkratk

2L	dvouvrstvý laminát
2,5L	dvou a půl vrstvý laminát
3L	třívrstvý laminát
AČR	Armáda České republiky
ČOS	Český obranný standart
ČSN	Česká státní norma
ECWCS	oděvy do zvlášť chladného počasí (Extended Cold Weather Clothing System)
ISL	Informační systém logistiky
MVTR	prostup vodních par (Moisture Vapor Transmission Rate) [$\text{g}/\text{m}^2/24 \text{ hod}$]
NIR	blízké infračervené záření (Near Infrared Radiance)
NV	nanovlákná
NVMO	Normativní výnos Ministerstva obrany
OS SR	Ozbrojené síly Slovenské republiky
PA	polyamid
PE	polyethylen
PL	polyester
pl.	pleténina
PTFE	polytetrafluorethylen (teflon)
PU	polyuretan
R	tepelný odpor [$\text{K}\cdot\text{m}^2/\text{W}$]
R_{et}	výparný odpor [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$]

TS MOP technická specifikace materiálu osobního použití

VSNO výstrojní středisko naturálního odívání

VZP voják z povolání

I. ÚVOD

Tato kvalifikační práce je zaměřena na profesní oděvy, a to uniformy používané v současnosti v Armádě České republiky. Uniformy slouží jako rozlišovací znak a jsou specifické pro každý stát, který disponuje ozbrojenými složkami. Na uniformy jsou kladeny vysoké nároky. Musí být především komfortní, snadno udržovatelné, odolné a zároveň i reprezentativní.

Vzhledem k tomu, že se Česká republika stala v roce 1999 právoplatným členem Severoatlantické aliance (NATO; *North Atlantic Treaty Organization*), mohou se vojáci ocitnout v rámci plnění úkolů v jakémkoli podnebném pásu. Nezáleží, jestli v pouštní krajině, džungli, arktické pustině nebo jen v mírném podnebí, které panuje na území střední Evropy.

V mírném podnebném pásu, kde působí většina příslušníků AČR, také často vane silný vítr, prší a teploty v zimních měsících dosahují velmi nízkých teplot, často 10 až 20 °C pod bodem mrazu. I v těchto nepříznivých podmínkách musí vojáci cvičit a plnit fyzicky náročné úkoly, proto se tato práce zabývá především svrchními oděvy do zvláště nepříznivých klimatických podmínek. Textilie pro tyto oděvy jsou vyráběny laminováním membrány pouze k vrchové textilii anebo laminováním membrány mezi vrchovou textilií a podšívku.

Oblečení takového vojáka musí splňovat požadavky především na komfort, ochranu před povětrnostními vlivy a extrémními teplotami. Trend posledních let je vrstvení oblečení, přičemž každá z vrstev plní svou funkci. Důležitou vlastností jsou také kamuflážní vlastnosti. Tím vším, ale i membránami a lamináty všeobecně se zabývá teoretická část této práce.

Armáda České republiky již téměř 20 let membránové oblečení pro své vojáky nakupuje. Vždy ale klade požadavek, aby membrána byla vyrobena z polytetrafluorethylenu a vrchový materiál s podšívku z polyamidu.

Cílem této práce je navrhnout třívrstvý laminát, k jehož výrobě jsou použity jiné druhy membrán, svrchních materiálů i podšívek. Lamináty nebudou testovány na všechny požadavky uvedené v technické specifikaci, ale pouze na vybrané

parametry, jelikož tato specifikace obsahuje velké množství kritérií. Pokud by některý ze vzorků tyto parametry splňoval, bylo by samozřejmě nutné pokračovat v dalším testování.

Vzorky čtyř laminátů poskytla firma NANOMEMBRANE s.r.o. a jejich testování, a zároveň také porovnání s lamináty zavedeným v AČR řeší experimentální část této kvalifikační práce.

II. TEORETICKÁ ČÁST

1. Současné uniformy AČR

Armáda České republiky (dále AČR) v současné době používá dva typy služebního stejnokroje. Jedná se o služební stejnokroj vzor 95 a služební stejnokroj vzor 97. Oba typy jsou příslušníky armády nošeny při každodenní službě v závislosti na povaze plnění služebního úkolu.

Česká republika se nachází v mírném podnebném pásmu, tedy částečně v mírném a částečně v chladném klimatu. Z tohoto důvodu je převážná část výstroje navržena pro podmínky střední oblasti. Teploty v této oblasti se pohybují v rozmezí mezi $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Absolutní vlhkost nabývá maximální hodnoty 17 g/m^3 . [3]

1.1 Služební stejnokroj vzor 97

Služební stejnokroj vzor 97 se nosí při výkonu služby zejména na Ministerstvu obrany, Univerzitě obrany, vojenské střední škole, při přeložení a při plnění úkolů, jejichž povaha vyžaduje použití společenského oděvu, při jednáních v parlamentu České republiky, na ústředních orgánech státní správy, na orgánech územní samosprávy, na územních správních úřadech a na služební cestě - Obrázek 1.

Vzhledem k tématu této kvalifikační práce již tento služební stejnokroj nebude dále rozebírán.



Obrázek 1: Stejnokroj 97 pro pozemní a vzdušné síly [1]

1.2 Služební stejnokroj vzor 95

Služební stejnokroj vzor 95 se nosí jako základní stejnokroj při výkonu služby v kanceláři, při služebních pochůzkách v posádce, při nástupech útvaru, při výcviku v posádce, v dozorčí a strážní službě, při polním výcviku a pobytu ve vojenských výcvikových prostorech, při plnění úkolů v zahraničních misích a za nouzového stavu, stavu ohrožení státu nebo válečného stavu a na služební cestě. [1]



Obrázek 2: Stejnokroj 95 se zeleným potiskem [1]

Zjednodušeně se jedná o oděv s maskovacím potiskem vzor 95 s příslušnými doplňky, ať už v zeleném či béžovém provedení. Jeho různé kombinace se nosí podle pravidel uvedených v *Normativním výnosu Ministerstva obrany č. 12 ze dne 12. března o pravidlech pro nošení vojenského stejnokroje, vybraných součástí vojenské výstroje a drobných stejnokrojových doplňků* (NVMO 12/2012). Do tohoto druhu oděvů se mimo jiné řadí i maskovací oděv do nepříznivého počasí, který slouží jako náhrada klasického stejnokroje 95 - Obrázek 2.

2. Maskovací oděv do nepříznivého počasí (ECWCS) a systém vrstveného oblékání

Tyto, mezi vojáky AČR velmi oblíbené výstrojní součástky, jsou označovány zkratkou ECWCS z anglického „Extended Cold Weather Clothing System“ (oděvy do zvláště chladného počasí). AČR těmito oděvy de facto převzala systém osobní

výstroje vojáka používaný armádou Spojených států amerických. Jeho složení je koncipováno jako systém vrstveného oblékání.

2.1 Systém vrstveného oblékání

Vrstvený systém oblékání poskytuje efektivní způsob, jak v náročných klimatických podmínkách udržet tělo v optimální tepelné pohodě bez příznaků podchlazení nebo přehřátí. Celý systém vrstveného oblečení je založen na vhodné kombinaci materiálů rozdílných vlastností. Není proto možné měnit pořadí jednotlivých vrstev, jelikož by v tomto případě došlo ke zrušení celého efektu. [2] Vhodnou kombinaci zobrazuje Obrázek 3.

Systém vrstveného oblékání je založen především na udržování tzv. mikroklima těla. Pokud dojde k velké ztrátě tepla nebo přehřátí, v těle jsou spuštěny procesy k obnovení rovnováhy a optimálního tělesného mikroklimatu. Celý tento děj vyžaduje od lidského organismu vysokou spotřebu energie. Systém oblečení by proto měl být z tohoto důvodu optimálně využíván, a to především vzhledem ke změnám počasí a stupni pohybové aktivity. [2]

Moderní systém vrstveného oblékání se skládá ze tří základních vrstev (transportní, izolační a ochranná), z nichž každá funguje jako specifický ochranný prvek proti vlivům počasí. [2] [3]



Obrázek 3: Vrstvení oblečení [4]

2.1.1 Transportní vrstva (1. vrstva)

Transportní (sací) vrstva je nejspodnější vrstva oblečení doléhající těsně na tělo. Jejím úkolem je odvádět tělesnou vlhkost (pot) z pokožky a zabránit tím ochlazování nebo přehřívání v důsledku fyzické aktivity. Tím se udržuje tělo v tepelném komfortu. Tato vrstva se vyrábí z materiálů a vláken, které pot neabsorbují, ale transportují. Vrstva je označována jako termoprádlo [2]. V AČR se dá za tuto vrstvu považovat Nátělníky a spodky TERMO 2000.



Obrázek 4: Nátělníky TERMO 2000 [5]



Obrázek 5: Spodky TERMO 2000 [5]

2.1.2 Izolační vrstva (2. vrstva)

Hlavní funkcí této vrstvy je udržení tělesné teploty zachycením (akumulací) tělesného tepla. Současně ale musí i tato vrstva splňovat podmínku paropropustnosti, tedy odvádění vyprodukovaného potu a přebytečného tepla ven. V opačném případě

vy se vyprodukované teplo nahromadilo v oděvním systému v podobě potu a ten by tělo ochlazoval. Tato vrstva se vyrábí z vláken, která odvádí tělesnou vlhkost (pot) a zachovávají si dobré izolační vlastnosti. Nejčastěji se používají fleecové materiály rozličných plošných hmotností a povrchových úprav. I když se stále bude jednat o jednu izolační vrstvu, může být zejména v chladnějším období složena z více kusů oblečení, např. lehčí fleecový rolák a teplá fleecová mikina. [2]

Jako izolační vrstva v oděvech AČR slouží Vložka TERMO do blůzy a kalhot - Obrázek 6, Stejnokroj 95 - Obrázek 2, Svetr 95 - Obrázek 7 a Bunda TERMO 2010 - Obrázek 10.



Obrázek 6: Vložka TERMO do blůzy a kalhot [5]



Obrázek 7: Svetr 95 [5]

2.1.3 Ochranná vrstva (3. vrstva)

Poslední svrchní vrstva má za úkol chránit tělo před okolním počasím a současně musí zachovat vlastnosti spodních vrstev. To znamená, že musí být nepromokavá, aby zabránila promočení transportní a izolační vrstvy a zároveň musí být i paropropustná, aby zabránila hromadění tělesné vlhkosti zevnitř v izolační vrstvě. Navíc musí být tato vrstva odolná i vůči větru, aby zabránila úbytku tělesného tepla v důsledku proudění vzduchu. V zabezpečení celkové úlohy funkčního oblečení hraje tato vrstva podstatnou roli. V souvislosti s touto vrstvou je spojován pojem membrána. [2]

V AČR tuto funkci oblečení plní Blůza a kalhoty ECWCS 2010 - Obrázek 9.

2.2 Oděv do nepříznivého počasí ECWCS

Systém ECWCS byl vyvinut v 80. letech minulého století americkou organizací „U. S. Army Natick Soldier Research, Development and Engineering Center“ (NSRDEC) a je celkově složen z 31 různých součástí. Ideou tohoto systému je poskytnout vojákovi teplotní komfort v chladných podmínkách v teplotním rozmezí od $-51\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ za předpokladu efektivního využití různé kombinace jednotlivých součástí v závislosti na podmínkách. V současné době je v americké armádě zavedena již třetí generace tohoto systému. [7]



Obrázek 8: Extended Cold Weather Clothing Systém III. generace (USA) [2]

Technologický vývoj na poli outdoorového funkčního oblečení reflektovala i AČR a na přelomu tisíciletí zavedla do výstroje maskovací oděv do nepříznivého počasí s využitím technologie GORE-TEX®.

Maskovací oděv do nepříznivého počasí ECWCS je určen pro extrémní klimatické podmínky, chrání uživatele proti vodě do 8 atmosfér., chrání proti větru a prachu. Materiál je prodyšný – propouští vodní páry od uživatele a udrží suché teplo a tím zajišťuje vhodné klimatické podmínky uvnitř oděvu. Všechny švy jsou zavařeny svařovací páskou, která zajistí potřebnou nepropustnost v místech, kde je oděv sešíváný a prošíváný. Kvalita oděvu je ověřena ve všech klimatických pásmech světa. [5]



Obrázek 9: Maskovací oděv do nepříznivého počasí [1]

2.2.1 Součásti a složení oděvu ECWCS

Maskovací oděv do nepříznivého počasí je určen pro vojáky, kteří vykonávají výcvik v posádce, polní výcvik a při pobytu ve výcvikovém prostoru nebo plní bojové úkoly mimo území republiky za zvlášť nepříznivých klimatických podmínek (déšť, nízké teploty), je-li třeba se maskovat. Jeho složení je následující:

- a) blůza maskovacího oděvu do nepříznivého počasí se zeleným potiskem;
- b) blůza maskovacího oděvu do nepříznivého počasí s béžovým potiskem;
- c) kalhoty maskovacího oděvu do nepříznivého počasí se zeleným potiskem;
- d) kalhoty maskovacího oděvu do nepříznivého počasí s béžovým potiskem;
- e) vložka do blůzy TERMO;
- f) bunda TERMO 2010;
- g) vložka do kalhot TERMO;
- h) lehký nátělník TERMO 2000;
- i) zimní nátělník TERMO 2000;

- j) lehké spodky TERMO 2000;
- k) zimní spodky TERMO 2000;
- l) kukla-khaki čepice, kukla-černá čepice pro vojenské policisty;
- m) rukavice do nepříznivého počasí;
- n) polní boty do nepříznivého počasí. [1]

Tyto položky (mimo b) a d)) zobrazuje Obrázek 4, Obrázek 5, Obrázek 6 a Obrázek 9.

V AČR je k dispozici již druhá generace tohoto oděvu, kdy se rozšířil počet součástí o Bundu TERMO 2010 - položka f). Tato bunda je mezi vojáky velmi ojedinělou výstrojní součástí. Bundu lze nosit pouze ve vojenských objektech.



Obrázek 10: Bunda TERMO 2010 [1]

V průběhu let došlo k inovaci blůzy a kalhot maskovacího oděvu do nepříznivého počasí. Změna se týkala zejména střihového provedení. Původní maskovací oděv ECWCS se již nevyrobí.

S obměnou blůzy a kalhot se nesla i obměna polních bot. Ostatní součástky zůstávají stejné, které se materiálovým složením liší minimálně v závislosti na dodavateli.

Původní komplet je nazýván jako Blůza a kalhoty maskovací ECWCS a inovovaný komplet pak jako Blůza a kalhoty ECWCS 2010.

Na výrobě původního oděvu se podílela společnost VÝVOJ, oděvní družstvo v Třešti. Na jeho výrobu byl použit třívrstvý laminát – vrchní materiál 100 % polyamid 6.6 (PA6.6), klimamembrána 100 % polytetrafluorethylen (PTFE), podšívková pletenina 100 % PA6.6. [8] Základní parametry jsou v Příloze B.



Obrázek 11: Oděv ECWCS 2010 [8]

V roce 2017 byla do výstroje AČR zavedena druhá generace svrchního oděvu do chladných klimatických podmínek s označením ECWCS 2010. Disponuje modernějším střihem, účinnějším odvětráváním, praktickými kapsami vně oděvu, VELCRO pásy pro nalepení hodnosti, rukávových znaků, domovenky apod. a v neposlední řadě i vylepšenou kombinací membrán. Tyto oděvy vyrábí rakouská firma CARINTHIA, ale vzhledem k tomu, že AČR nemůže obchodovat na zahraničních trzích, oděvy dodala firma ARMYSHOP.CZ, s.r.o. Na jeho výrobu byl použit třívrstvý laminát DARWIN 3L - vrchní materiál 100 % PA, klimamembrána 100 % PTFE, podšívková tkanina 100 % PA, dvou a půlvrstvý laminát DARWIN 2,5L - vrchní materiál 100 % PA, klimamembrána 100 % PTFE, polymerický zátěr a třívrstvý laminát SALINA 3L – vrchní materiál 100 % PA, klimamembrána 100 % PTFE, podšívková tkanina 100 % PA. [9] Základní parametry materiálů jsou uvedeny v Příloze B.

VÝVOJ
SINCE 1931



CARINTHIA

Obrázek 12: Loga výrobců [11] [12]

Membrány a lamináty budou dále popsány v následujících kapitolách.

2.2.2 Vystrojení, životnost, cena

Každý voják je při povolání do služebního poměru vystrojen maskovacím oděvem do nepříznivého počasí. Až do roku 2017 tomu tak nebylo a tento oděv náležel jen vojákům z povolání (dále VZP) začleněných do jednotek a na pracoviště v zahraničí, organizačních celků rezortu Ministerstva obrany zařazených do pohotovostních jednotek Vojenské policie a pro vybrané specialisty. Běžný voják tak měl k dispozici z oděvu ECWCS pouze termoprádlo - Obrázek 4 a Obrázek 5.

Maskovací oděv ECWCS je mezi vojáky velmi ceněné a nedostatkové zboží. Tímto inovovaným oděvem jsou přednostně vystrojováni nově příchozí VZP a VZP účastníci se zahraničních operací a dosud jím nejsou vybaveni zdaleka všichni. Ti, kteří původní oděv vlastní z dřívějších let, si musí vystačit s kompletem starým téměř 20 let, přičemž životnost svrchního oděvu je udávána 10 let. Směrná doba používání, tedy po jaké době si voják může oděv např. z důvodu opotřebení, ztráty atp. koupit, jsou 2 roky. Odběr je uskutečňován ve Výstrojních střediscích naturálního odívání (dále VSNO) za výstrojní body. [10]

Výstrojní bod je měrnou jednotkou pro stanovení výše výstrojní náležitosti a slouží k oceňování součástí vojenské výstroje a k jejich uhrazení při odběru. Jeden výstrojní bod se hodnotí v penězích částkou 1,- Kč. Hodnota výstrojních součástí se udává ve výstrojních bodech a je odvozena od pořizovacích nákladů, nemusí však vyjadřovat přesný přepočet peněžní hodnoty. [10]

Dle *Normativního výnosu 125/2014 Stanovení výstrojních náležitostí a náhrady v penězích* je vojákovi z povolání měsíčně připsováno na elektronické konto měsíčních výstrojních náležitostí 995 výstrojních bodů, vojákyním z povolání pak 975 bodů.

Dle výše uvedeného předpisu je hodnota původního kompletu ve výstrojních bodech 5 090 bodů za blůzu maskovací ECWCS a 3 720 bodů za kalhoty maskovací ECWCS. Hodnota inovovaného kompletu je 5 840 bodů za blůzu maskovací ECWCS 2010 (zelená i béžová) a 4 590 za kalhoty maskovací ECWCS 2010 (zelené i béžové) [10]. Skutečná cena oděvu při pořízení do AČR vyjádřená v penězích je uvedena v *Informačním systému logistiky (ISL)*. Informace v tomto systému jsou však utajované.

Vzhledem k tomu, že AČR nedisponuje žádnou zateplenou bundou do chladného počasí k oděvu vzor 95, je blůza tohoto oděvu nošena, i když není nutné použít systém vrstveného oblékání. Častým používáním pak dochází k odlepování podlepovacích termopásek a mechanickému opotřebení rukávů a oděv tak ztrácí svoje vlastnosti.

3. Vlastnosti textilních materiálů

V této kapitole se pojednává o vybraných vlastnostech materiálů, které budou zkoumány v experimentální části.

3.1 Komfort

Komfort je stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimu a kdy okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané našimi smysly (kromě chuti). Subjektivně je tento pocit brán jako pocit pohody. Nepřevládají pocity tepla ani chladu, je možné v tomto stavu setrvat a pracovat. [3]

Komfort se dělí na:

- psychologický (klimatická, ekonomická, kulturní, historická, sociální, skupinová a individuální hlediska);
- senzorický (vjemy a pocity při přímém styku pokožky a první vrstvy oděvu);
- termofyziologický (stav tepelné pohody, kdy organismus nemusí regulovat svou teplotu);
- patofyziologický (působení chemických substancí na pokožku – dráždění, alergie). [3]

3.1.1 Paropropustnost

Paropropustnost je prostup vodní páry produkované lidským organismem přes oděvní systém od těla do vnějšího prostředí. Pro velmi dobrý komfort by měly být všechny vrstvy oděvu paropropustné. [2]

Vlastnost materiálu propouštět vodní páry udává parametr MVTR (Moisture Vapor Transmission Rate) [$\text{g/m}^2/24 \text{ hod}$] a znamená, kolik gramů vodní páry se odpaří z 1 m^2 za 24 hod. Parametry jsou ovlivněny teplotou a vlhkostí prostředí. Nevýhoda této metody je, že změna těchto parametrů může výrazně ovlivnit výsledek. Při tomto způsobu měření je žádoucí dosáhnout co nejvyšších hodnot. [2]

Dalším údajem vyjadřující paropropustnost je hodnota výparného odporu Ret [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$] a vyjadřuje odpor, který klade materiál průchodu vodních par. Hodnota výparného odporu charakterizuje tepelné účinky vnímané pokožkou vznikající v důsledku odparu potu. Čím nižší hodnota, tím je paropropustnost vyšší. Metoda stanovení Ret je objektivnější a přesnější, ale finančně náročnější. [2] Zabývá se jím zkušební norma ČSN EN ISO 11092 *Textilie – Fyziologické účinky – Měření tepelného odporu a výparného odporu za stálých podmínek (zkouška pomocí vyhřívané desky simulující efekt pocení)*.

Tabulka 1: Klasifikace propustnosti textilií pro vodní páry [3]

Hodnocení textilie	Ret [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$]	MVTR [$\text{g/m}^2/24\text{hod}$]
Velmi dobrá	pod 6	nad 20 000
Dobrá	6 - 13	9 000 – 20 000
Uspokojivá	13 - 20	5 000 – 9 000
Neuspokojivá	nad 20	pod 5 000

Tabulka 2: Přibližné hodnoty produkce tělesných výparů [2]

Aktivita	MVTR [$\text{g/m}^2/24\text{hod}$]
Klid	1 200 – 1 500
Chůze	5 000 – 10 000
Běh	20 000 – 28 000
Extrémní fyzická aktivita	nad 35 000

Transport vlhkosti probíhá difuzí, kapilárně a sorpčně. Princip difuze se uplatňuje u membránového oblečení, které je předmětem této práce. [2]

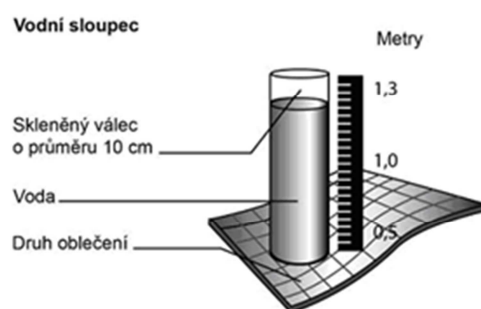
Zda materiál, ze kterého je oděv vyroben, odbourá téměř všechnu vlhkost nebo nějaká vlhkost ve vrstvách oblečení zůstane, záleží především na počasí, intenzitě zátěže a způsobu oblékání. [3]

3.1.2 Prodyšnost

Prodyšnost je definována jako prostup vzduchu přes oděv z vnějšího prostředí k tělu a odvod tepla vznikajícího při fyzické zátěži. U spodního prádla, trika, dresů atp. je vysoká prodyšnost oděvu žádoucí. U zimního oblečení nebo oblečení pro outdoorové sporty, které je vystaveno chladnému vzduchu je naopak vysoká prodyšnost nepřijatelná a mohlo by dojít k újmě na zdraví či dokonce smrti. [2] [3]

3.1.3 Hydrostatická odolnost

Hydrostatická odolnost, též voděodolnost, je schopnost textilie odolávat proti prostupu vody z vnějšího prostředí. Je velmi důležitým parametrem pro výběr kvalitního oblečení. Tato hodnota je na výrobcích uváděna jako výška vertikálního vodního sloupce. Zjednodušené měření hydrostatické odolnosti ukazuje Obrázek 13. Na zkoušenou textilií se umístí válec o průměru 10 cm a postupně se plní destilovanou vodou. Tlak vody ve válci působí na materiál. Po průsaku prvních tří kapek je stanovena hydrostatická odolnost. [2]



Obrázek 13: Zjednodušené měření hydrostatické odolnosti [2]

Hydrostatickou odolností se zabývá zkušební norma ČSN EN ISO 811 (800818) *Textilie – Stanovení odolnosti proti pronikání vody – Zkouška tlakem vody*. Materiál je považován za nepromokavý, pokud odolá tlaku 13 000 mm vodního sloupce a odpovídá tak běžnému dešti.

Lze se také setkat s pojmem „klínový efekt“, kdy pod popruhy těžkého batohu či při pádu do mokrého sněhu dosahuje hodnota tlaku až 20 000 mm vodního sloupce. [2]

3.1.4 Tepelný odpor

Tepelný odpor R [$K \cdot m^2/W$] vyjadřuje odpor proti prostupu tepla při definované teplotě jeho jedné strany a při přenosu tepla z jeho druhé strany do vzduchu. Tepelný odpor vzduchové vrstvy v oděvu dosahuje svého maxima při tloušťce 5 mm. Celkový tepelný odpor se získá součtem jednotlivých vrstev. [3]

Měření paropropustnosti, prodyšnosti a tepelného odporu se řadí mezi nedestruktivní testování textilií.

3.2 Další vlastnosti textilních materiálů

V následujících odstavcích budou rozepsány vybrané destruktivní zkoušky materiálu.

3.2.1 Odolnost textilie v tahu

Odolnost textilie v tahu neboli pevnost je za daných podmínek nejvyšší možné napětí při natahování, aniž by se materiál porušil. Zkoušení spočívá v plynulém zatěžování vzorku do jeho přetržení. U tkanin se zjišťuje ve směru osnovy a útku, u pletenin ve směru sloupek a řádků. Dle normy *ČSN EN ISO 13934 -1 Textilie – Tahové vlastnosti plošných textilií*, která je vhodná zejména pro tkaniny a pleteniny se po klimatizaci připraví vzorky o rozměrech 30 x 6 cm (po odpárávání z obou stran 30 x 5 cm) a upevní se do upínacích čelistí vzdálených 20 cm od sebe. Čelisti se od sebe odtahují až do přetrhu testovaného materiálu. Naměřený výsledek se udává v Newtonech [N]. [13] [16]

3.2.2 Odolnost textilie v oděru

Tento jev je při praktickém používání výrobku způsoben nošením oděvu, kdy se textilie odírá např. o sebe, batoh, sedlo, židle, hrany stolu. Nejznámější metodou měření oděru je Martindale, kterou popisuje norma *ČSN EN ISO 12947 Textilie zjišťování odolnosti plošných textilií v oděru metodou Martindale*. Kruhový zkušební vzorek se při stanoveném zatížení pohybuje upnutý v držáku vzorků po třecí ploše tvořené standardizovanou textilií. Pohyb sleduje Lissajousův obrazec. Hodnotí se počet otáček do poškození vzorku (do přerušení prvního vazného bodu nebo první niti u pletenin). Čím větší je počet otáček do přerušení testu, tím je textilie odolnější vůči oděru. [14]



Obrázek 14: Přístroj Martindale [15]

Je možné zvolit i metodu úbytku hmotnosti, kdy se váží vzorek před testem a po testu a metodu vzhledu (počet otáček do předem stanovené změny povrchu). Přístrojem Martindale se dále měří žmolovitost. [14]

3.3 Kamuflážní vlastnosti a remisní křivky

Textilie pro armádní účely se ve většině hledisek neliší od textilií využívaných v civilním odvětví. Největší rozdíl jsou požadavky na kamuflážní vlastnosti. Je nutné, aby voják nebyl k rozpoznání vůči okolí, ve kterém se vyskytuje. Vzor na uniformě se také používá k prokázání příslušnosti k oficiálním ozbrojeným složkám.

3.3.1 Kamuflážní vlastnosti

Podmínkou maskovacího vzoru je, že musí maskovat na krátké i dlouhé vzdálenosti.

Norma ČOS 801017 Maskovací vzory AČR stanovuje čtyři základní vzory - viz Obrázek 15 a vznikají kombinováním skvrn definovaných barev.



Obrázek 15: Maskovací vzory AČR [17]

Vzor by se také neměl opakovat a dle výše uvedené normy ČOS je jeho lineární opakovatelnost stanovena na 62 x 150 cm. K narušení souvislého vzoru dochází i při konstrukci oděvů sešíváním různých dílů, prořezáním, našíváním kapes atp.

Nejpoužívanější maskovací vzor 95 letní je tvořen čtyřmi vrstvami potisku – základem je tmavě zelená barva/olivová, přes ni jsou aplikovány rozměrnější skvrny hnědé barvy, následuje vrstva menších rozvětvených skvrn světle zelené barvy. Poslední vrstvou jsou černé rozvětvené skvrny černé barvy. Základ makro vzoru je tvořen tedy velkými skvrnami tmavě zelené/olivové a hnědé barvy. Základ mikro vzoru je pak ve skvrnách světle zelené a černé barvy. [17]

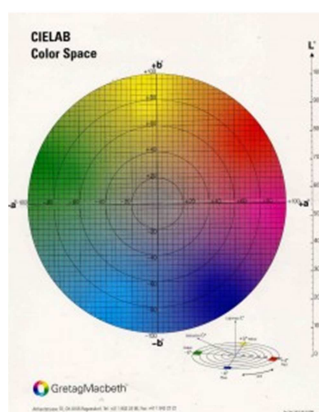
Maskovací textilie napodobují okolní prostředí nejen pro oblast viditelného světla, ale i pro blízkou část infračerveného spektra (NIR) až do vlnové délky 1,4 - 1,5 μm . Do této vlnové délky pracují běžné noktovizory (přístroje pro noční vidění). [3]

Termovizní přístroj snímá vlastní tepelné záření objektů, které při běžných teplotách vykazuje nejvyšší intenzitu v rozsahu vlnových délek 8 – 12 μm . Uniformy nejsou schopné maskovat vojáka v obou spektrech záření. [3]

3.3.2 Remisní křivky

Remisní křivka popisuje závislost spektrální reflektance (odrazivost) na vlnové délce v oblasti viditelného světla a blízkého infračerveného světla. Spektrální charakteristiky a fyzikální vlastnosti podkladu měří spektrofotometry. [3]

Spektrální fotometry umožňují měření barevnosti v nezávislých barvových prostorech. Měří i parametry absorpční schopnosti podkladu a barvy, povrchovou strukturu a skutečnou barevnost barev. Dokáže vypočítat tzv. barevnou odchylku, která představuje měrnou jednotku pro určení rozdílu mezi dvěma barevnými tóny a porovnat přesné hodnoty barvy na potisku se skutečnou barvou. Výsledkem měření je pak spektrální křivka, kterou přístroj dovede přepočítat pomocí vestavěných algoritmů na hodnoty pro nezávislý barvový prostor CIE L*a*b, který znamená vyjádření barev pomocí tří os bílá – černá (měrná světlost), zelená – červená a modrá – žlutá. Zjednodušeně remisní křivka vypovídá, jaké procentuální množství světla dopadajícího na barevný předmět je odráženo. [18]



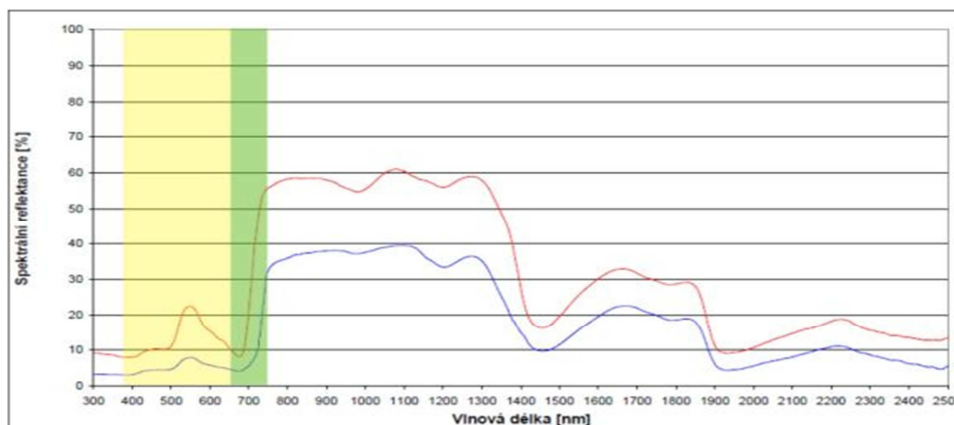
Obrázek 16: Barevný prostor CIELAB [18]

Laboratoř ve firmě INTERCOLOR akciová společnost vznikla za účelem měření remisních křivek textilních materiálů a měření barevnosti a stanovení barevného rozdílu textilií pro maskovací účely. Provádí akreditované měření dle vybraných ČOS. Rozsah měření spektrálních reflektancí se pohybuje od 185 nm do 2 600 nm. [19]

Barviva a barvicí pigmenty používané pro kamufláž mají křivky převzaté z přírodních barviv vyskytujících se v přírodě (rostliny, země, písek, kameny, sníh

apod). Při výběru se bere v úvahu, jak přírodní materiály absorbují, odráží či propouští světlo. [3]

Ve viditelné a NIR oblasti je požadováno, aby odraz od maskovaného vojáka a od pozadí byl podobný.



Obrázek 17: Graf spektrální reflektance pro tmavě zelenou barvu v normě ČOS 108003 [17]

Červená a modrá hodnota jsou mezní hodnoty a naměřená hodnota se musí nacházet mezi nimi. Žluté a zelené pole znázorňuje viditelné spektrum. Zelený proužek je spektrozónální kritérium, které se projevuje u zelených odstínů – vliv chlorofylu. [17]

4. Membránové oblečení, lamináty, úpravy

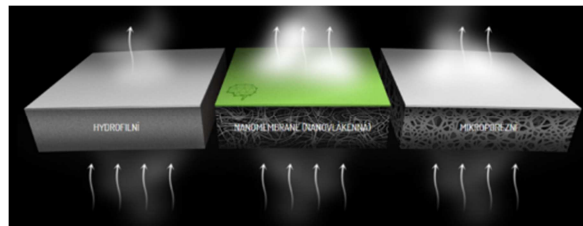
Membránové oblečení je vhodné na outdoorové sporty, při kterých dochází k velké fyzické aktivitě a jsou provozovány v klimaticky náročných podmínkách např. cyklistika, vysokohorská turistika, lyžování, skialp, běh atp.

Každý oděvní materiál má své limity, proto se vkládá mezi podšívkový (podšívka není podmínkou) a vrchní oděvní materiál membrána a tím dochází k navýšení těchto limitů. [2] Membránové oblečení tedy zvyšuje komfort při nošení. Aplikace této membrány na textilii se nazývá laminace a bude následně objasněna. Textilie pro outdoorové účely jsou většinou ještě před ušitím oděvu opatřeny úpravou proti vodě a nečistotám.

4.1 Membrány

Membrány zajišťují a zvyšují pohodlí v outdoorovém oblečení. Musí být odolné vůči větru a působení vody, ale zároveň propustné pro vodní páry. Větruodolnosti a nepromokavosti lze dosáhnout snadno, ale člověk se v takovém oblečení velmi potí, proto je nutné do něj zakomponovat membránu, která zajistí dobrý průstup vodních par.

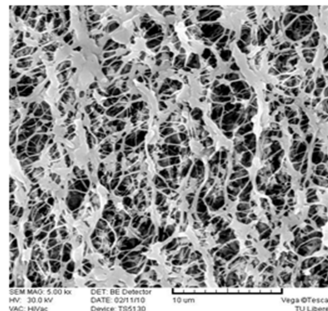
Membrány jsou vyráběny z polymerního materiálu, nejčastěji z polytetrafluorethylenu (PTFE), polyesteru (PL), polyuretanu (PU) nebo polyamidu (PA) a rozlišují se dva typy membrán – hydrofobní a hydrofilní. V nedávné době se na trhu objevilo outdoorové oblečení s unikátní nanomembránou. Tloušťka membrán se pohybuje mezi 2 až 10 μm . V současnosti jsou membrány vhodné i pro elastické materiály. [2]



Obrázek 18: Srovnání paropropustnosti membrán [20]

4.1.1 Hydrofobní membrána (mikroporézní)

Hydrofobní membrány mají velké množství mikroskopických pórů, které jsou propustné pro molekuly vodní páry, ale pro kapky vody příliš malé. Velikost pórů se pohybuje v desetinách mikrometrů. [2]



Obrázek 19: Hydrofobní (mikroporézní) membrána [2]

Výhodou těchto membrán je dobrá paropropustnost i při zachování relativně vysokého vodního sloupce. Nevýhodou je zanášení pórů v membráně solí a tukem z potu a dalšími nečistotami. Mikroporézní membránu lze potáhnout tenkou vrstvou polyuretanu či fluorkarbonu, která zabraňuje zanášení pórů.

GORE-TEX

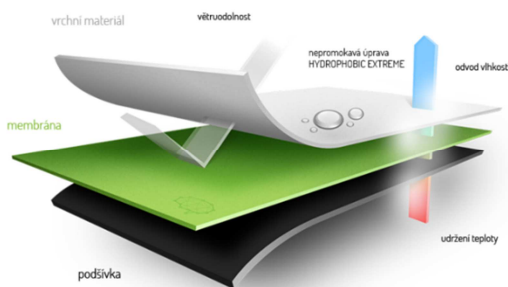
Nejznámější výrobcem mikroporézních membrán je firma GORE-TEX®. Tyto membrány se vyrábějí z expandovaného polytetrafluorethylenu (PTFE). Membrána vzniká tažením za kritických podmínek z neprodyšných membrán a vznikají tak četné mikropóry. Výrobce uvádí, že tyto mikropóry jsou 20 000krát menší než kapka vody, ale 700krát větší než molekula vodní páry. [2]



Obrázek 20: Logo a funkce membrány GORE-TEX® [21]

NANOMEMBRANE

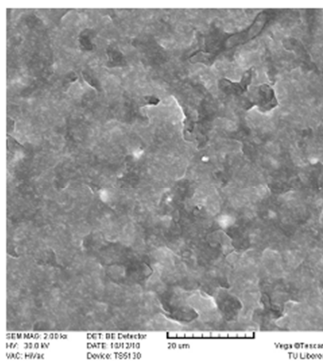
Mezi mikroporézní membrány se řadí i nanomembrány. Společnost NANOMEMBRANE s.r.o. používá pro výrobu nanomembrán polyuretan (PU). Nejjemnější nanovlákna se vyrábí elektrostatickým zvlákňováním a vlákna pro tuto membránu mají průměr 150 nm. Na svých webových stránkách výrobce uvádí, že nanomembrány mají až o 25 % pórů více než membrány z PTFE a tím je zaručena výborná paropropustnost. Membrána je opatřena patentovanou vodoodpudivou svrchní úpravou, která se zvyšuje i odolnost materiálu vůči nečistotě. [20]



Obrázek 21: Logo a funkce nanomembrány NANOMEBRANE [20]

4.1.2 Hydrofilní membrána (neporézní)

Hydrofilní membrány jsou hladké a přenos potu je založen na principu sorpce. Sorpční proces předpokládá nejprve vznik vlhkosti či kapalného potu do neuspořádaných mezimolekulárních oblastí ve struktuře vlákna a následné navázání na hydrofilní skupiny v molekulové struktuře. [2]



Obrázek 22: Hydrofilní (neporézní) membrána [2]

Výhodou je nezanášení pórů nečistotami a nevýhodou pomalejší odpařování vlhkosti. Nejznámějším zástupcem je membrána SympaTex© vyrobená z kopolymeru 70% PL a 30% PE.

4.1.3 Zátěr

Zátěr je neprodyšná hydrofobní úprava, kterou dochází povrstvením nebo zatíráním textílie latexy či pryskyřicemi. Zátěr je pružný, ale neprodyšný, proto se nehodí na membránové oblečení. Používá se zejména u stanů a batohů. U svrchních oděvů

jej lze aplikovat pouze lokálně na velmi namáhaná místa např. kolena. Výhodou je nízká cena.

4.2 Aplikace membrány

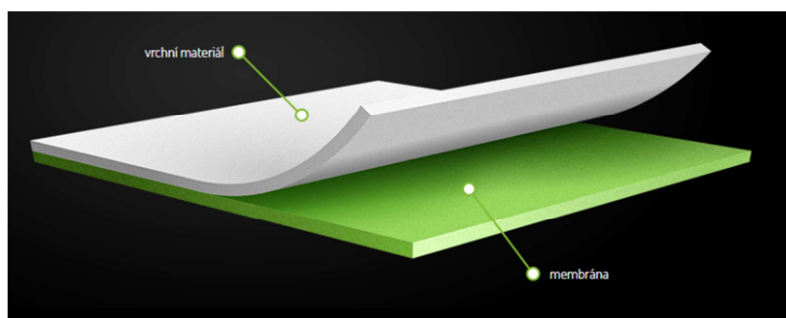
Membránu lze do výsledného produktu aplikovat buď laminací, při kterém vzniknou různě silné lamináty, nebo volným vložením.

Laminace je spojení dvou a více tkanin, pletenin, netkaných textilií stejného či různého složení i určení. Lze ji docílit natavováním, adhezí a ultrazvukem. [2] [3]

4.2.1 Dvouvrstvý laminát (2L)

Dvouvrstvý laminát vznikne spojením membrány a vrchní textilie. Výhodou laminátu je jeho lehkost (oproti 3L) se zachováním paropropustnosti a odolnosti proti vodě. Nevýhodou je, že membrána není ničím krytá a dochází k snadnému znečištění potem a poškození vlivem tření. Laminát jako samostatný není vhodný na lehké bundy, ale hodí se zejména na vyhotovení zimních bund, kdy je membrána kryta zateplujícím prvkem.

K dvouvrstvému laminátu lze připojit volně vloženou podšívku, která sice kryje membránu proti nečistotám, ale zároveň dochází ke tření membrány a podšívky a dochází k poškození membrány. Vzduch mezi těmito vrstvami ovlivňuje odpor vodních par a paropropustnost nedosahuje tak dobrých výsledků. Při sbalení oděvu narůstá objem a váha.



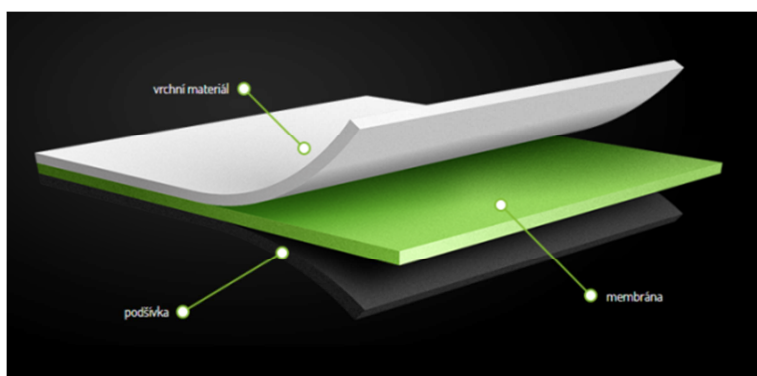
Obrázek 23: Dvouvrstvý laminát [20]

4.2.2 Dvou a půl vrstvý laminát (2,5L)

V současné době je velmi rozšířený dvou a půl vrstvý laminát, kdy dojde ke spojení vrchní textilie, membrány a ochrany membrány pomocí tisku nebo nánosem jiných vláken. Výsledné oblečení je lehčí, paropropustné, ale zároveň voděodolné. Je vhodné na běh či venkovní fitness aktivity. Tento název se používá jako obchodní označení.

4.2.3 Třívrstvý laminát (3L)

Třívrstvý laminát je nejodolnější ze všech laminátů. Skládá se z vrchní textilie, membrány a podšívky. Všechny tři vrstvy jsou pevně spojeny a membrána je tak chráněna proti mechanickému poškození a nečistotami. Paropropustnost a voděodolnost je přitom stále zaručena. Je vhodný do extrémních podmínek.



Obrázek 24: Třívrstvý laminát [20]

4.3 Hydrofobní a oleofobní úpravy

Textilie s těmito úpravami jsou využívány pro běžné sportovní a vycházkové oblečení. Vyznačuje se dlouhodobou nesmáčivostí či odolností proti mastným skvrnám. Voda po povrchu steče v podobě drobných kapek - Obrázek 25.



Obrázek 25: Hydrofobní a oleofobní úprava na blůze maskovací ECWCS [5]

4.3.1 Hydrofobní úprava

Hydrofobní úprava je tzv. vodoodpudivá. Všechny prodyšné a paropropustné textilie na outdoorové oděvy jsou již při výrobě upravovány vodoodpudivými činidly, např. fluorkarbonovými prostředky (perfluoralkany), parafinovými emulzemi s hlinitými nebo zirkoničitými solemi, hydrofobními přípravky na bázi silikonů (polysiloxanů), deriváty vyšších mastných kyselin. [2] Tato úprava se většinou po několika vypráních ztratí. Ke ztrátě impregnace dochází i namáháním a třením při běžném nošení.

4.3.2 Oleofobní úprava

Tato úprava na rozdíl od hydrofobní odpuzuje nejenom vodu ale i mastnotu a olejovité látky (kosmetické přípravky, repelenty, složky potravin) a zabraňuje tak zanášení mikropórů. Úprava se provádí fluorkarbonovými prostředky (perfluoralkany). Úprava perfluoralkany je nejtrvanlivější. [2] S oleofobní úpravou se lze velmi často setkat také v optice při ošetření čoček.

III. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

5. Popis experimentu

V rámci experimentu bylo testováno celkem sedm laminátů, označených A, B, B1, C, D, E, F. Jednalo se o již vyrobené třívrstvé lamináty s hydrofilní i hydrofobní membránou. Vzorek B1 je dvou a půl vrstvý laminát a mezi testovanými vzorky je zahrnut proto, že je součástí svrchního oblečení současně používaného v AČR. Cílem experimentu je porovnat poskytnuté vzorky C, D, E, F s materiály zavedenými v AČR A, B, B1 a zároveň doporučit nejvhodnější laminát pro možné využití v AČR. Poskytnuté vzorky jsou v jiném barevném provedení (než vzor 95 lesní), protože by bylo velmi neekonomické takovéto vzorky vyrobit a barvy používané Ozbrojenými silami Slovenské republiky (OS SR) jsou téměř totožné.

Všechny testované vzorky budou srovnány s vybranými hodnotami uvedených v zadávacích podmínkách (Příloha B), které jsou kladeny na uchazeče při účasti ve výběrovém řízení na dodání svrchních oděvů pro AČR. Vzhledem k tomu, že kritéria na materiál v zadávacích podmínkách jsou velmi obsáhlé a náročné na provedení, byly vzorky hodnoceny především v oblasti termofyziologického komfortu, který je velmi důležitý pro nositele. Textilie musí co nejlépe zvládnout odvod potu, ale zároveň velmi dobře chránit před nepříznivými vlivy počasí.

5.1 Testované textilní materiály

Vzorky A, B a B1 jsou materiály, z nichž jsou vyrobené oděvy do nepříznivého počasí již zavedených v AČR. Samotné testování probíhalo na již ušitém výrobku. Z důvodu nutnosti zachování těchto vzorků probíhalo pouze nedestruktivní měření.

Vzorky C, D, E, F poskytla firma NANOMEMBRANE s.r.o. a jednalo se o plošné textilie o rozměrech cca 1,5 x 1,5 m.

Reálné vzorky materiálu jsou v Příloze C.

5.1.1 Laminát A

Z tohoto materiálu je vyroben původní maskovací oděv ECWCS, který vlastní a nosí převážná většina VZP. Jedná se třívrstvý laminát s hydrofobní membránou vyrobenou z polytetrafluorethylenu. Vrchní nosná textilie se vzorem 95 lesní (AČR) je tvořena hladkou tkaninou hedvábnického typu v plátňové vazbě vyrobenou z polyamidových vláken. Spodní podšívková textilie v barvě khaki je vyrobena taktéž z polyamidových vláken a tvoří ji osnovní pletenina. Celková plošná hmotnost laminátu je 190 g/m^2 .

5.1.2 Laminát B a B1

Tento materiál se používá na výrobu současného oděvu, který je ušit z kombinace třívrstvého a dvou a půl vrstvého laminátu. Vrchní nosná textilie je u obou textilií tvořena hladkou tkaninou hedvábnického typu v keprové vazbě v barevném provedení vzor 95 lesní (AČR). Membrána je též u obou hydrofobní a je vyrobena z polytetrafluorethylenu. U třívrstvého laminátu je spodní podšívková textilie vyrobena z polyamidových multifilů a tvoří ji tkanina ve velmi řídké plátňové vazbě v šedé barvě. Dvou a půl vrstvý laminát je opatřen nepravidelným polymerickým zátěrem. Celková plošná hmotnost laminátu B je 170 g/m^2 a B1 155 g/m^2 .

5.1.3 Laminát C

Vrchní nosná textilie je tvořena tkaninou hedvábnického typu s vazbou cirkas v modré. Spodní textilie je zátažná pletenina šedé barvy. Obě vrstvy jsou vyrobeny z polyesterových multifilů. Membrána je z polyuretanových nanovláken s plošnou hmotností 6 g/m^2 . Celková plošná hmotnost laminátu je 200 g/m^2 .

5.1.4 Laminát D

Vrchní nosná textilie je opět tvořena tkaninou hedvábnického typu s vazbou cirkas v barevném provedení vzor 2007 lesní digitalizovaný (OS SR). Spodní textilie je osnovní pletenina šedé barvy. Obě vrstvy jsou také vyrobeny z polyesterových

multifilů. Membrána je z polyuretanových nanovláken s plošnou hmotností 6 g/m². Celková plošná hmotnost laminátu je 135 g/m².

5.1.5 Laminát E

Vrchní nosná textilie je taktéž tvořena tkaninou hedvábnického typu s vazbou cirkas v barevném provedení vzor 2007 pouštní digitalizovaný (OS SR). Spodní textilie je zátažná pletenina. Obě vrstvy jsou opět vyrobeny z polyesterových multifilů. Hydrofilní membrána je vyrobena z polyuretanu s plošnou hmotností 20 g/m². Celková plošná hmotnost laminátu je 145 g/m².

5.1.6 Laminát F

Vrchní nosná textilie je opět tvořena tkaninou hedvábnického typu s vazbou cirkas v barevném provedení vzor 2007 lesní digitalizovaný (OS SR). Je vyrobena z polyesterových multifilů. Spodní textilie je osnovní pletenina a je vyrobena z polyamidových multifilů. Hydrofilní membrána je polyuretanová s plošnou hmotností 13 g/m². Celková plošná hmotnost laminátu je 210 g/m².

Tabulka 3: Charakteristika jednotlivých laminátů

Vlastnosti laminátů		A	B	B1	C	D	E	F
Vrchní vrstva	materiál	PA	PA	PA	PL	PL	PL	PL
	struktura	plátno	kepr	kepr	cirkas	cirkas	cirkas	cirkas
Membrána	materiál	PTFE	PTFE	PTFE	PU	PU	PU	PU
	druh	hydrofobní	hydrofobní	hydrofobní	nano	nano	hydrofilní	hydrofilní
Spodní vrstva	materiál	PA	PA	PA	PL	PA	PL	PL
	struktura	osnovní pl.	plátno	zátěr	zátažná pl.	osnovní pl.	zátažná pl.	zátažná pl.
Plošná hmotnost membrány [g/m ²]		- *	- *	- *	6	6	20	13
Plošná hmotnost laminátu [g/m ²]		190	170	155	200	135	145	210

* plošnou hmotnost membrány nebylo možné zjistit, protože se jedná o již zhotovené výrobky, nikoli vzorky

5.2 Testování vybraných vlastností

S ohledem na požadavek zhodnotit lamináty na vhodnost použití na oděvy pro AČR, bylo testování zaměřeno, jak již bylo dříve uvedeno, především na termofyziologický komfort, protože samotného uživatele nejvíce zajímá, zda se nebude v oblečení potit, nepromokne nebo neprofoukne.

V rámci experimentu byla měřena:

- tloušťka,
- tepelný odpor,
- prodyšnost,
- výparný odpor (paropropustnost),
- hydrostatická odolnost,
- oděr.

Vzorky byly testovány v laboratořích Fakulty textilní TUL. Podmínky v laboratoři při měření vzorků A, B a B1 byly 21,7 °C a 45% vlhkost vzduchu, pro vzorky C, D, E, F pak 21,1 °C a 46% vlhkost vzduchu.

6. Naměřené hodnoty vzorků

V této kapitole jsou popsány změřené vlastnosti vzorků a jsou zde také uvedeny způsoby provedení zkoušek.

6.1 Popisná statistika

Jsou zde uvedeny pouze výsledné hodnoty popisné statistiky. Všechny naměřené hodnoty jsou zaznamenány v Příloze A.

Jako základní popisná charakteristika byl zvolen aritmetický průměr (\bar{x}) vypočítaný dle vztahu pro neroztříděný soubor:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Dále jsou uvedeny základní charakteristiky proměnlivosti – rozptyl (s^2) a směrodatná odchylka (s):

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$s = \sqrt{s^2}$$

Na základě předpokladu, že naměřené hodnoty mají normální rozdělení pravděpodobnosti, byly vypočítány intervalové odhady střední hodnoty se spolehlivostí 0,95:

$$\left(\bar{x} \pm t_{1-\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n-1}} \right)$$

kde $t_{1-\alpha/2}$ je $1 - \alpha/2$ – kvantil Studentova rozdělení $S(k)$ s $k = n-1$. Kvantily tohoto rozdělení jsou uvedeny v příslušných statistických tabulkách.

6.2 Měření tloušťky a tepelného odporu

Měření tloušťky a tepelného odporu bylo provedeno na přístroji ALAMBETA. Měření probíhalo v souladu s interní normou IN 23-304-02/01 - *Měření tepelných vlastností na přístroji ALAMBETA*.

Po zapnutí přístroje je nutné nechat klesnout měřicí hlavici bez vzorku a přístroj si nastaví tloušťku na nulovou hodnotu. Poté se měřený vzorek vkládá bez napětí a skladů na spodní plochu přístroje. Stiskem tlačítka ST dojde k přítlaku horní měřicí hlavice ke spodní a po přibližně 20 vteřinách je měření ukončeno automatickým zvednutím horní měřicí hlavice do původní polohy. Naměřená data jsou uložena v paměti přístroje. Tento přístroj umožňuje měřit i další tepelné vlastnosti textilií a všechny vlastnosti měří současně. Data je nutné ručně zaznamenat a statisticky vyhodnotit. [22] Měření probíhalo s přítlakem 200 Pa.



Obrázek 26: Přístroj ALAMBETA

Na každém testovaném vzorku bylo provedeno pět měření tloušťky i tepelného odporu. Místa pro měření byla vybírána náhodně tak, aby se vzájemně neprolínaly plochy měření.

Hodnota tloušťky ani tepelného odporu materiálu není uvedena v zadávacích podmínkách, které by měl splňovat požadovaný materiál pro svrchní oděvy AČR. Testování bylo provedeno pouze pro orientaci a vlastní potřebu.

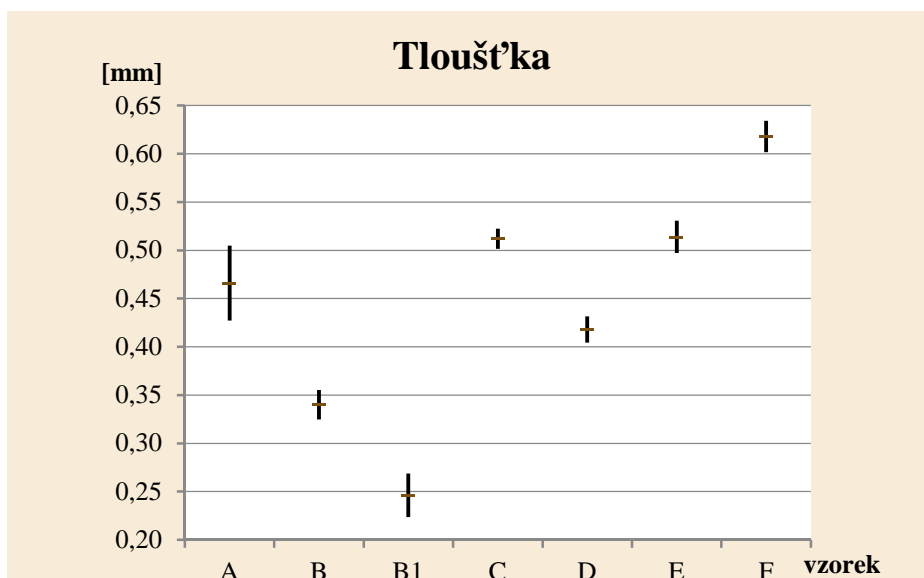
6.2.1 Vyhodnocení měření tloušťky

Měřením tloušťky se zabývá norma ČSN EN ISO 5084 (80 0844) – *Textilie – Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků*. Tloušťka je kolmá vzdálenost mezi oběma měřícími hlavicemi a je udávána v milimetrech [mm].

Nejmenší tloušťky dosáhly vzorky B a B1 – 0,34 a 0,25 mm, což je 3L a 2,5L používaný v současné době v AČR. Z poskytnutých vzorků je nejtenčí vzorek D 0,42 mm, který je ale zároveň tenčí než vzorek A, taktéž používaný v AČR.

Tabulka 4: Statistická data – Tloušťka [mm]

Vzorek	Průměr	Min.	Max.	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient	Interval spolehlivosti 95%	
A	0,47	0,44	0,52	0,00	0,03	6,72	0,43	0,50
B	0,34	0,32	0,35	0,00	0,01	3,60	0,32	0,36
B1	0,25	0,22	0,27	0,00	0,02	7,38	0,22	0,27
C	0,51	0,50	0,52	0,00	0,01	1,63	0,50	0,52
D	0,42	0,40	0,43	0,00	0,01	2,62	0,40	0,43
E	0,51	0,50	0,53	0,00	0,01	2,61	0,50	0,53
F	0,62	0,60	0,63	0,00	0,01	2,11	0,60	0,63



Obrázek 27: Statistické vyhodnocení tloušťky (sloupce 95% intervaly spolehlivosti)

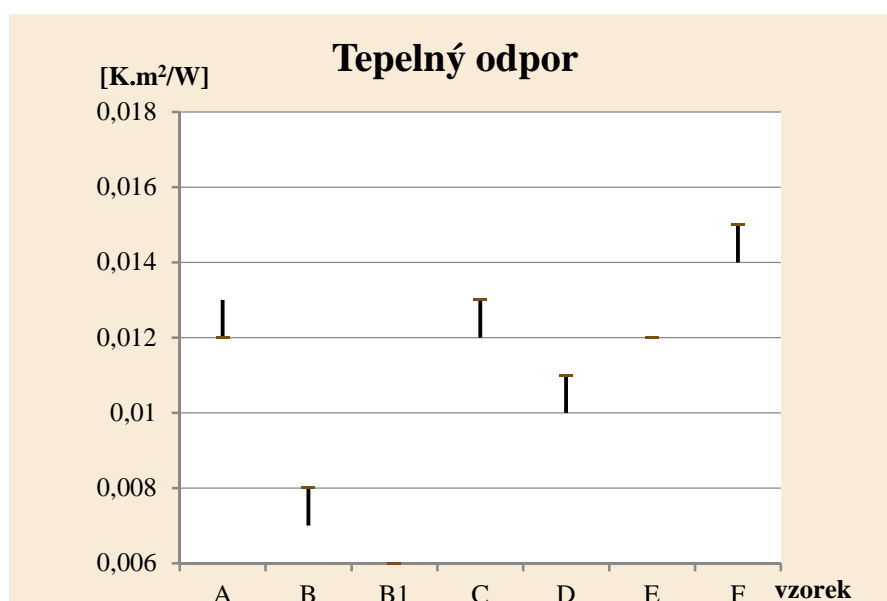
6.2.2 Vyhodnocení měření tepelného odporu

Tepelný odpor R [$\text{K}\cdot\text{m}^2/\text{W}$] je dán poměrem tloušťky materiálu a měrné tepelné vodivosti. Udává, jaký odpor klade materiál proti průchodu tepla textilií. Hodnotu naměřenou přístrojem je nutné dělit 10^3 .

Nejvyšší hodnoty tepelného odporu dosáhl poskytnutý vzorek F – $0,015 \text{ K}\cdot\text{m}^2/\text{W}$. Tato i všechny další naměřené hodnoty jsou ale zanedbatelné. Dalo by se říci, že žádný ze vzorků není schopen dlouhodobě tepelně izolovat.

Tabulka 5: Statistická data – Tepelný odpor [K.m²/W]

Vzorek	Průměr	Min.	Max.	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient	Interval spolehlivosti 95%	
A	0,012	0,012	0,013	0,000	0,000	1,140	0,012	0,013
B	0,008	0,007	0,008	0,000	0,000	4,744	0,007	0,008
B1	0,006	0,006	0,006	0,000	0,000	0,968	0,006	0,006
C	0,013	0,012	0,013	0,000	0,000	1,179	0,012	0,013
D	0,011	0,011	0,011	0,000	0,000	1,570	0,010	0,011
E	0,012	0,012	0,012	0,000	0,000	1,021	0,012	0,012
F	0,015	0,014	0,015	0,000	0,000	1,127	0,014	0,015



Obrázek 28: Statistické vyhodnocení tepelného odporu (sloupce 95% intervaly spolehlivosti)

6.3 Měření prodyšnosti

Měření prodyšnosti neboli propustnosti textilií pro vzduch bylo provedeno na přístroji TEXTTEST FX 3300 v souladu s interní normou IN 33-302-01/01 – *Hodnocení prodyšnosti tkanin*. Měřením prodyšnosti se zabývá norma ČSN EN ISO 9237 (800817) – *Textilie - Zjišťování prodyšnosti plošných textilií*.

Po zapnutí hlavním vypínačem byl na přístroji nastaven tlakový spád 100 Pa, který je

určen pro oděvní textilie, měřící rozsah na nejnižší hodnotu 1 a zvolena jednotka měření [$l/m^2/s$]. Přístroj je téměř okamžitě schopen zahájit měření.

Testované vzorky se bez napětí a skladů umístí na měřící hlavu lícni stranou nahoru. Přitlačením upínacího ramene se automaticky spustí proudění vzduchu a tím pádem i samotné měření. Po několika vteřinách se zobrazí naměřená hodnota, kterou je nutné zaznamenat a statisticky vyhodnotit. Zatlačením na upínací rameno se vzorek uvolní. [23]

Na každém testovaném vzorku bylo provedeno pět měření prodyšnosti. Místa pro měření byla úhlopříčně přes hodnocený materiál.



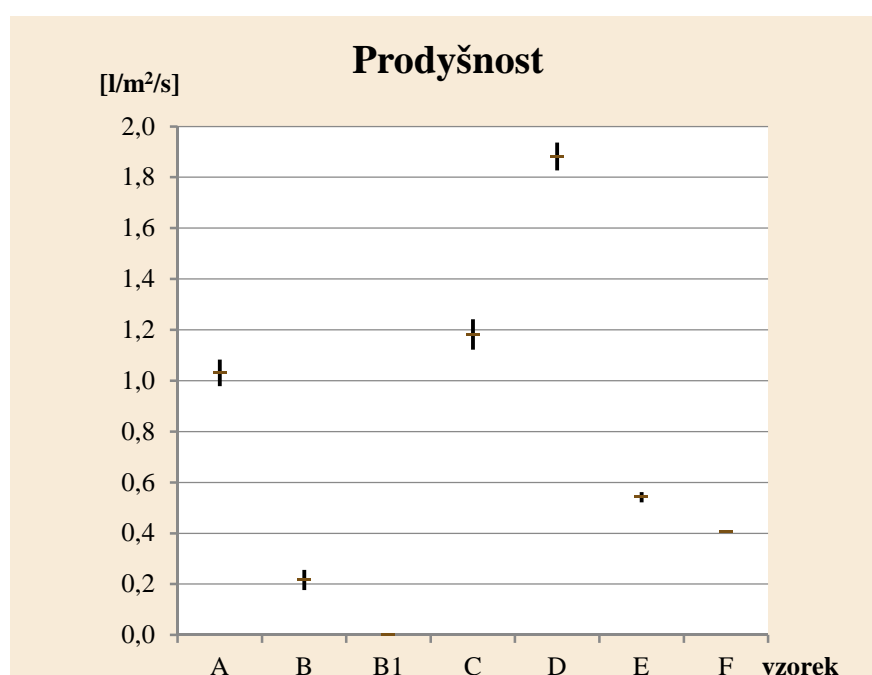
Obrázek 29: Přístroj TEXTEST FX 3300

6.3.1 Vyhodnocení měření prodyšnosti (propustnost textilií pro vzduch)

Prodyšnost je schopnost textilie propouštět vzduch (vítr) z vnějšího prostředí k uživateli. Nulové hodnoty dosáhl materiál B1, tzn. že materiál nepropustí žádný vzduch. Nejhorších výsledků dosáhl vzorek D – $1,882 l/m^2/s$, ale i tato naměřená hodnota je relativně zanedbatelná, protože textilie se považuje za neprodyšnou, jestliže jsou naměřené hodnoty menší než $10 l/m^2/s$.

Tabulka 6: Statistická data – Prodyšnost [$l/m^2/s$]

Vzorek	Průměr	Min.	Max.	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient	Interval spolehlivosti 95%	
A	1,031	0,981	1,082	0,002	0,042	4,094	0,978	1,083
B	0,216	0,182	0,261	0,001	0,032	14,670	0,177	0,256
B1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C	1,182	1,110	1,240	0,002	0,049	4,119	1,122	1,242
D	1,882	1,810	1,930	0,002	0,044	2,358	1,827	1,937
E	0,542	0,528	0,569	0,000	0,016	2,958	0,522	0,562
F	0,408	0,404	0,411	0,000	0,003	0,764	0,404	0,412



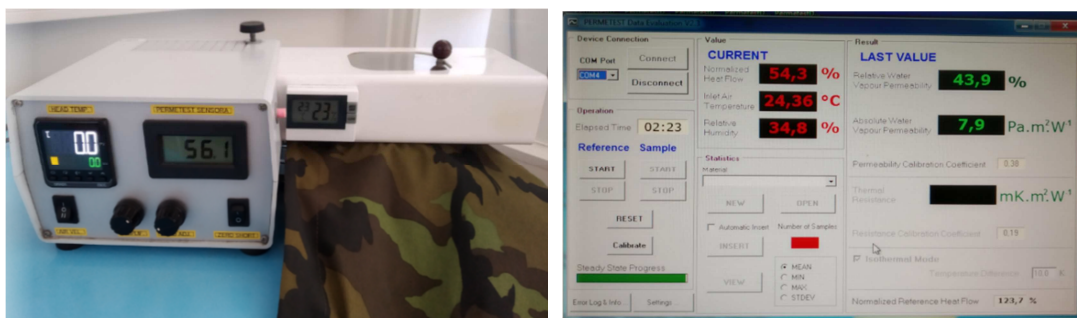
Obrázek 30: Statistické vyhodnocení prodyšnosti (sloupce 95% intervaly spolehlivosti)

6.4 Měření výparného odporu

Na přístroji PERMETEST probíhalo měření propustnosti textilií pro vodní páry v souladu s interní normou IN 23-304-01/01 – *Stanovení termofyziologických vlastností*. Přístroj je založený na přímém měření tepelného toku procházejícího povrchem, který simuluje lidskou pokožku. V komoře nad měřicí hlavici je pomocí elektrické topné spirály a regulátoru udržována teplota 20 – 23 °C a během měření se vlhkost mění v páru, která prochází vzorkem.

Přístroj PERMETEST se spustí hlavním vypínačem. Je nutné doplnit destilovanou vodu a kontrolu neporušenosti membrány, která simuluje lidskou pokožku. Přístroj je propojen s počítačem a ovládání probíhá pomocí softwaru. Přístroj se musí zkalibrovat kalibračním vzorkem, u kterého je známá hodnota výparného odporu. V tomto případě se jednalo o textilii s hodnotou $Ret\ 4,6\ Pa.m^2/W$.

U každého jednotlivého měření se nejprve provede referenční měření (Reference-START) bez vzorku. Poté se testovaný vzorek bez napětí a skladů upne na zkušební hlavu rubní stranou dolů. Řádné upnutí je možné vizuálně zkontrolovat v průhledovém okénku. Provede se samotné měření (Sample – START). Výsledek je znám do dvou minut. Data lze uložit do paměti počítače, ale v tomto případě byly zapsány ručně.



Obrázek 31: Přístroj PERMETEST

Toto měření je časově náročnější, a i samotnou kalibraci je nutné provést vícekrát. Na každém testovaném vzorku bylo provedeno pět měření prodyšnosti. Místa pro měření byla vybírána náhodně tak, aby se vzájemně neprolínaly plochy měření.

6.4.1 Vyhodnocení měření výparného odporu

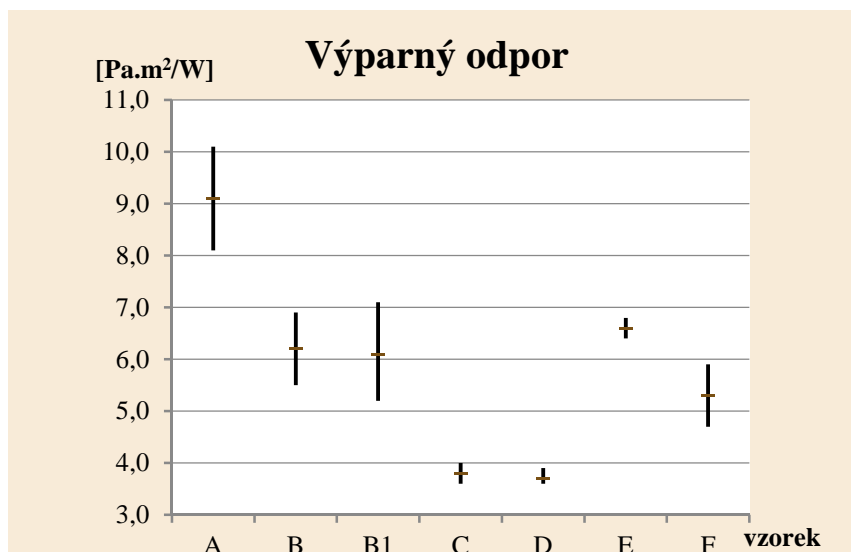
Tento parametr má důležitou úlohu při ochlazování těla odpařováním potu z povrchu pokožky. Úroveň ochlazování závisí především na rozdílu parciálních tlaků vodních par na povrchu pokožky a ve vnějším prostředí, a dále pak na propustnosti oděvní soustavy pro vodní páry. Místo parametru paropropustnosti zde lze použít parametr výparný odpor, který u měření simulujících reálné přenosové jevy při nošení oděvu přímo charakterizuje tepelné účinky vnímané pokožkou vznikající v důsledku odparu potu. [24]

Čím nižší je hodnota výparného odporu, tím vyšší je paropropustnost. U MVTR je to naopak – čím vyšší hodnota, tím větší paropropustnost.

Jako nejlepší z testovaných materiálů dopadly téměř srovnatelně vzorky D – 3,7 Pa.m²/W a C - 3,8 Pa.m²/W. Nejhorší dopadl vzorek A s 9,1 Pa.m²/W, což je téměř o 1/3 horší výsledek. Klasifikace hodnocení je uvedena v Tabulce č. 1.

Tabulka 7: Statistická data – Výparný odpor [Pa.m²/W]

Vzorek	Průměr	Min.	Max.	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient	Interval spolehlivosti 95%	
A	9,1	7,9	9,9	0,7	0,8	9,1	8,1	10,1
B	6,2	5,6	6,9	0,3	0,6	9,3	5,5	6,9
B1	6,1	5,3	7,2	0,6	0,8	12,5	5,2	7,1
C	3,8	3,7	4,0	0,0	0,1	3,7	3,6	4,0
D	3,7	3,6	3,9	0,0	0,2	4,1	3,6	3,9
E	6,6	6,4	6,8	0,0	0,2	2,5	6,4	6,8
F	5,3	4,8	5,9	0,2	0,5	8,7	4,7	5,9



Obrázek 32: Statistické vyhodnocení výparného odporu (sloupce 95% intervaly spolehlivosti)

6.5 Měření hydrostatické odolnosti

Měřením hydrostatické odolnosti se zabývá zkušební norma ČSN EN ISO 811 (800818) *Textilie – Stanovení odolnosti proti pronikání vody – Zkouška tlakem vody*.

Protože je tato měřicí metoda destruktivní, probíhalo měření pouze na poskytnutých vzorcích C, D, E, F a nikoli na vyhotovených výrobcích A, B, B1.

Přístroj GLPS 3005 se zapne a provede se nastavení podle přiloženého návodu. Dolije se destilovaná voda a hladina se dopustí na úroveň hrany upínací čelisti. Z testovaných laminátů se vyříznou kruhové vzorky o průměru cca 20 cm. Vzorek velmi pevně, za pomoci dotažením klíče, upne mezi čelisti lícovou stranou dolů a přiloží se průhledný poklop proti tryskání vody. Poklop je nutné přidržovat. Spuštěním tlačítka dochází k tlakování vody na vzorek. Měření je ukončeno při průniku prvních tří kapek na povrch vzorku. V tomto případě se jednalo o lamináty s membránou, u kterých se kapky neobjevily, ale testovaný vzorek praskl.



Obrázek 33: Přístroj GLPS 3005

Výsledek je zobrazován na displeji v milibarech [mbar]. Pro lepší orientaci byla výsledná měření převedena na výšku vodního sloupce v milimetrech [mm] – Tabulka 9. Hodnota 1 mbar je roven 10,19 mm vodního sloupce.

Na každém testovaném vzorku bylo provedeno pět měření hydrostatické odolnosti. Místa pro výřez vzorků byla vybrána tak, aby osnovní ani útkové nitě nebyly stejné.

6.5.1 Vyhodnocení měření hydrostatické odolnosti

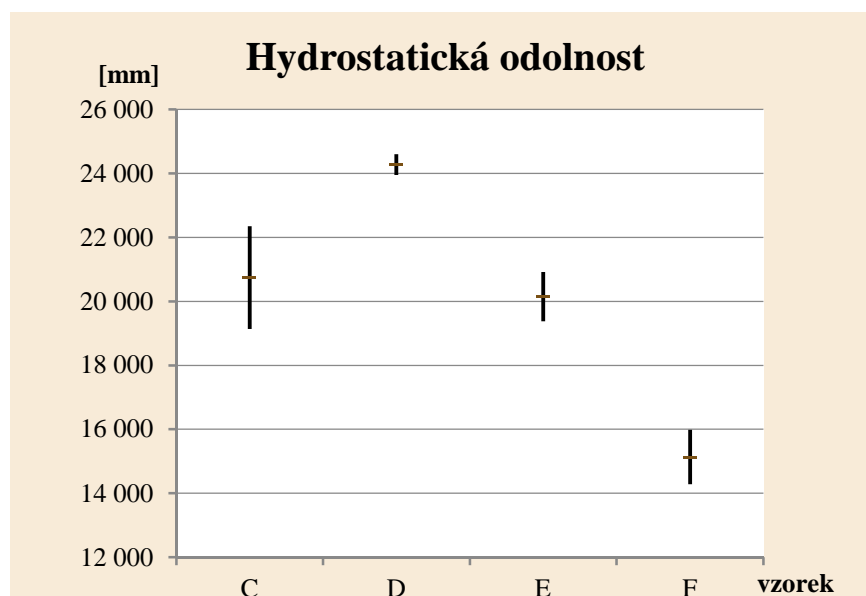
Nejodolnější proti pronikání vody se ukázal vzorek D s více než 24 000 mm vodního sloupce. Vzorky A, B a B1 nebyly z důvodu destruktivního způsobu testování testovány, proto je považována za vypovídající hodnota 10 000 mm, která je uvedena v technické specifikaci materiálu osobního použití (TS MOP). Všechny testované vzorky tedy překročily požadovanou hodnotu a vzorky C, D a E více než dvojnásobně.

Tabulka 8: Statistická data – Hydrostatická odolnost [mbar]

Vzorek	Průměr	Min.	Max.	Rozptyl	Směrodatná odchylna	Variační koeficient	Interval spolehlivosti 95%	
C	2036	1923	2190	15991,80	126,46	6,21	1 879	2 193
D	2382	2354	2416	664,20	25,77	1,08	2 350	2 414
E	1978	1887	2043	3710,30	60,91	3,08	1 902	2 053
F	1485	1405	1558	4493,30	67,03	4,51	1 402	1 569

Tabulka 9: Statistická data – Hydrostatická odolnost - vodní sloupec [mm]

Vzorek	Průměr	Min.	Max.	Rozptyl	Směrodatná odchylna	Variační koeficient	Interval spolehlivosti 95%	
C	20 743	19 595	22 316	1 660 526,14	1 288,61	6,21	19 141	22 345
D	24 275	23 987	24 619	68 967,94	262,62	1,08	23 948	24 601
E	20 152	19 229	20 818	385 263,08	620,70	3,08	19 380	20 923
F	15 136	14 317	15 876	466 566,75	683,06	4,51	14 287	15 985



Obrázek 34: Statistické vyhodnocení hydrostatické odolnosti – vodní sloupec (sloupce 95% intervaly spolehlivosti)

6.6 Měření oděru

Hodnocením odolnosti textílie v oděru se zabývá norma *ČSN EN ISO 12947 Textílie zjišťování odolnosti plošných textilií v oděru metodou Martindale*. Kruhový vzorek se upevnil do čelistí a byl odírán normovanou vlněnou textilií přítlakem 9 kPa.

Vzorky byly kontrolovány po 50 000 otáčkách u vrchového materiálu a po 10 000 otáčkách u podšívky.

Vzorky A, B a B1 nebyly opět z důvodu destruktivní zkoušky testovány. Na každém testovaném vzorku byly provedeny tři měření odolnosti textilie v oděru. Místa pro výřez vzorků byla vybrána tak, aby osnovní ani útkové nitě nebyly stejné. Testování probíhalo zvlášť pro svrchní materiály a zvlášť pro podšívky.

6.6.1 Vyhodnocení měření oděru

Testování oděru u vrchového materiálu bylo ukončeno po 100 000 otáčkách, protože v TS MOP je právě tato hodnota požadována. Vazný bod nebyl porušen, proto nebylo nutné v testování dále pokračovat.

Tabulka 10: Statistická data – Odolnost v oděru svrchového materiálu [ot]

Vzorek	Průměr	Min.	Max.	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient	Interval spolehlivosti 95%	
C	100 000	100 000	100 000	0	0	0	100 000	100 000
D	100 000	100 000	100 000	0	0	0	100 000	100 000
E	100 000	100 000	100 000	0	0	0	100 000	100 000
F	100 000	100 000	100 000	0	0	0	100 000	100 000

Požadováno bylo 25 000 otáček. Jak znázorňuje Tabulka 11, vzorky C, E, F splňují hodnotu oděru u spodní vrstvy (podšívky) laminátů. Při tomto počtu otáček bylo testování ukončeno. Výrazně zaostává vzorek D s počtem 10 000 otáček, kde došlo k porušení nitě u pleteniny. Jelikož TS MOP požaduje minimální počet 25 000 otáček pro podšívku u 3L, vzorek D tento parametr nesplňuje.

Tabulka 11: Statistická data odolnost v oděru u podšívky [ot]

Vzorek	Průměr	Min.	Max.	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient	Interval spolehlivosti 95%	
C	25 000	25 000	25 000	0	0	0	25 000	25 000
D	10 000	10 000	10 000	0	0	0	10 000	10 000
E	25 000	25 000	25 000	0	0	0	25 000	25 000
F	25 000	25 000	25 000	0	0	0	25 000	25 000

7. Celkové vyhodnocení

Testované vzorky byly záměrně vybrány tak, aby jejich vrchový materiál i membrána nebyly vyhotoveny ve stejné kombinaci, jaký armáda požaduje ve výběrovém řízení, tj. svrchový materiál a podšívka z polyamidu a membrána z polytetrafluorethylenu.

Důležité je, aby se voják, nositel tohoto oblečení, cítil komfortně i při vysoké fyzické námaze v extrémních klimatických podmínkách. V takovém případě nezáleží, z jakého materiálu je jeho oděv vyroben, jaká je použita vazební technika vrchového materiálu či podšívky, nebo jaký druh membrány je v laminátu použit. Jediné důležité je, aby oděv dostatečně odolával vodě a větru, ale zároveň velmi dobře propustil vlhkost způsobenou námahou.

Jako porovnávací kritérium je považován laminát B s GORE-TEX membránou, z něhož vyrobené oděvy v současné době AČR nakupuje. Parametry jednotlivých laminátů jsou přehledně zobrazeny v Tabulce 12. Při hodnocení parametrů byl kladen největší důraz výparný odpor a hydrostatickou odolnost.

Na základě těchto parametrů se jako nejhorší projevil laminát A s GORE-TEX membránou, který je současně mezi vojáky nejvíce rozšířen, ale zároveň se již nevyrábí. Téměř srovnatelných hodnot ve výparném odporu a hydrostatické odolnosti dosáhly lamináty E a F (PU hydrofilní membrána). Vynikajících výsledků dosáhly lamináty C a D (nanovláknenná membrána), kdy naměřené hodnoty hydrostatické odolnosti jsou dvojnásobné oproti požadavku a výparný odpor také dosti výrazně překračuje požadované kritérium.

Všechny lamináty se dají označit za neprodyšné, protože jejich hodnota nepřesáhla $10 \text{ l/m}^2/24 \text{ hod.}$ Naměřené hodnoty tepelného odporu jsou srovnatelné u všech vzorků. Dosahují velmi nízkých hodnot. Vzhledem k tomu, že se jedná o tenké lamináty, nelze očekávat, že budou odolávat nízkým teplotám. Vzorky poskytnuté firmou NANOMEMBRANE, s.r.o. tedy splňují požadovaná kritéria na termofyziologický komfort.

Jelikož porovnání nemůže být provedeno pouze z pohledu uživatele, při zkoušce odolnosti textilie v oděru výrazně propadl laminát D, jehož podšívka nespĺnila požadavek na minimální počet otáček do porušení textilie. Lamináty C, E, F tyto požadavky splnily. U svrchních textilií tento požadavek splnily všechny firmou poskytnuté vzorky. V úvahu byla vzata i plošná hmotnost celkových laminátů a ani jeden s poskytnutých vzorků se svými hodnotami nevejde do tolerančního rozmezí.

Tabulka 12: Celkový přehled vlastností jednotlivých laminátů

Vlastnosti laminátů		Označení vzorku						
		A	B	B1	C	D	E	F
Vrstvy	vrchový materiál	PA plátno	PA kepr	PA kepr	PL cirkas	PL cirkas	PL cirkas	PL cirkas
	membrána	PTFE	PTFE	PTFE	nano	nano	PU	PU
	podšívka	PA osnovní pl.	PA plátno	PA pol. zátěr	PL zátěžná pl.	PL osnovní pl.	PL zátěžná pl.	PL zátěžná pl.
Plošná hmotnost [g/m ²]		190 +/-10	170 +/-10	155 +/-10	200	135	145	210
Tloušťka [mm]		0,47	0,34	0,25	0,51	0,42	0,51	0,62
Tepelný odpor [K.m ² /W]		0,012	0,008	0,006	0,013	0,011	0,012	0,015
Prodyšnost [l/m ² /24 hod]		1,031	0,216	0,000	1,182	1,882	0,542	0,408
Výparný odpor [Pa.m ² /W]		10 9,1	7 6,2	7 6,1	3,8	3,7	6,6	5,3
Hydrostatická odolnost [mm vodního sloupce]		10 000	10 000	10 000	20 743	24 275	20 152	15 136
Oděr [ot]	vrchový materiál	x	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000
	podšívka	x	25 000	x	25 000	10 000	25 000	25 000

Tučně označené hodnoty v Tabulce 12 jsou parametry laminátu, které jsou uvedeny v TS MOP.

Zajímavého výsledku lze ale dosáhnout porovnáním 2,5L (laminát B1) a 3L (laminát D). Sice je laminát D o trochu silnější, ale při srovnání výparného odporu dosahuje o třetinu lepších výsledků a odolnost proti pronikání vody je více než dvojnásobná. Jeho plošná hmotnost je také nižší, což je výhodné. Oděr spodní vrstvy se u 2,5L nehodnotí, proto laminát D splňuje podmínky. Jeho podšívka navíc kryje membránu, kterou tak chrání proti mechanickému poškození.

Vzhledem k tomu, že má armáda od počátku zavedení membránového oblečení problém se zásobováním a obměnou výstrojních součástí, se kterými si musí vojáci vystačit několik let (10 - 20 let), bylo by pro armádu a zejména pro samotné vojáky výhodnější pořídit oděv, na jehož výrobu byl použit laminát D. Z 2,5L jsou totiž v současnosti vyrobeny téměř celé kalhoty (mimo sedu, kolen, a vnitřní strany spodních nohavic) a téměř celá blůza (mimo ramen a spodní části rukávů).

V běžné praxi tedy vojáci nosí starý oděv, který je mnohdy téměř 20 let starý. Na nový mají nárok pouze nově příchozí vojáci, nebo účastní-li se nějaké zahraniční operace. Z důvodu absence vhodné zateplené bundy ve výstroji AČR jsou vojáci nuceni tuto blůzu nosit v podmínkách ne zcela vhodných pro tento typ oblečení (neprší, nevane silný vítr, je pouze zima). Tím dochází k mechanickému poškození, zejména prodření rukávů, odlepení termopásek a prodření podšívky nejčastěji v pase, pod stahovací šňůrkou.

U laminátů C a D s nanovláknennou membránou, které dosáhly vynikajících výsledků v hodnocení termofyziologického komfortu, ale jako nevyhovující dopadly v hodnocení plošné hmotnosti (laminát C) a oděru (podšívka laminátu D), by bylo vhodné navrhnout a proměřit jinou kombinaci svrchního materiálu a podšívky, tak aby tyto parametry splňovaly.

Z výsledků tedy vyplývá, že není nutné, aby armáda v zadávacích podmínkách trvala na jednom určitém materiálu (svrchní textilie, podšívka) a membráně. Omezující je rovněž přesný typ vazební techniky nebo typ pleteniny. Nevýhodné se taky ukázalo určování spodní hranice u plošné hmotnosti. Čím nižší plošná hmotnost, tím je výsledný výrobek lehčí. Cena laminátu s nanovláknennou membránou je dle výrobce NANOMEMBRANE, s.r.o. o 25 % levnější než konkurenční membrány od firmy GORE-TEX.

IV. ZÁVĚR

Cílem této kvalifikační práce bylo navrhnout třívrstvý laminát, který by minimálně splňoval vybrané požadavky kladené na uchazeče ve výběrovém řízení na dodání svrchního oblečení pro AČR. Zároveň byly navržené lamináty porovnány se současnými, v AČR zavedenými lamináty, ve kterých je vložena membrána od firmy GORE-TEX.

V teoretické části jsou popsány oděvy AČR se zaměřením na třívrstvé lamináty, membrány, membránové lamináty, systém vrstveného oblékání s ohledem na výstroj AČR, dále pak jsou přiblíženy kamuflážní vlastnosti a remisní křivky.

V experimentální části jsou popsány jednotlivé lamináty. Dále pak samotné měření vybraných vlastností a to tloušťky, tepelného odporu, prodyšnosti, výparného odporu a oděru, a jsou zde zaznamenány i statistické hodnoty jednotlivých měření.

V samotném závěru bylo provedeno porovnání jednotlivých laminátů a vybrán nejvhodnější. Dále by bylo samozřejmě nutné pokračovat v testování dalších kritériích uvedených v technické specifikaci na daný laminát.

Seznam použité literatury

- [1] Normativní výnos Ministerstva obrany č. 12/2012: *O pravidlech pro nošení vojenského stejnokroje, vybraných součástí vojenské výstroje a drobných stejnokrojových doplňků (stejnokrojový výnos)*. Praha: Generální štáb Armády České republiky, 2012.
- [2] Knížek, Roman. *Oděvy pro sportovní a outdoorové aktivity*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013. ISBN 978-80-7494-012-5.
- [3] Hes, Luboš a Sluka, Petr. *Úvod do komfortu textilií*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-926-0.
- [4] *Vrstvení oblečení*. In: Sportisimo [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://www.sportisimo.cz/poradna/vrstveni-obleceni/>
- [5] Vojenské zařízení 8521 Brno. *Výstroj českých vojáků katalog a užitečné informace*. Praha: Ministerstvo obrany České republiky - Agentura vojenských informací a služeb, 2006.
- [6] Normativní výnos Ministerstva obrany č. 58/2017: *Výstrojní předpis*. Praha: Generální štáb Armády České republiky, 2017.
- [7] *Extended Cold Weather Clothing System*. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. Editováno 2018-06-28. [cit. 2018-11-26]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Extended_Cold_Weather_Clothing_System
- [8] Skupina technické kontroly a zkušebnictví. *Technická specifikace materiálu osobního použití Blůza ECWCS 2010 se zeleným potiskem, Kalhoty ECWCS 2010 se zeleným potiskem*. Brno: Centrum zabezpečení materiálem týlových služeb Agentury logistiky, 2018. TS-MOP-18-10, TS-MOP-19-10.
- [9] Odbor vývoje a zkušebnictví. *Odborná část zadávací dokumentace*. Brno: Oddělení vývoje a zkušebnictví výstroje, 2008. Příloha k čj. 1031-6/2008/DP-3818.
- [10] Normativní výnos Ministerstva obrany č. 125/2014: *Stanovení výstrojních náležitostí a náhrady v penězích*. Praha: Generální štáb Armády České republiky, 2014.

- [11] *Logo Vývoj*. In: Vývoj [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.vyvoj.cz/kontakty/>
- [12] *Logo Carinthia*. In: Carinthia [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.carinthia.cz/>
- [13] *Pevnost a tažnost pro oděvní a bytový textil a OOP*. In: TZU [online]. [cit. 2019-06-02]. Dostupné z: <https://www.tzu.cz/pevnost-a-taznost-pro-odevni-a-bytovy-textil-a-oop>
- [14] *Žmolkovitost na přístroji Martindale*. In: TZU [online]. [cit. 2019-06-05]. Dostupné z: <https://www.tzu.cz/zmolkovitost-na-pristroji-martindale>
- [15] *Picture of Martindale*. In: SDL ATLAS: Textile Technic Solution [online]. [cit. 2019-06-05]. Dostupné z: <https://sdlatlas.com/products/martindale-abrasion-and-pilling-tester#product-details>
- [16] TOMKOVÁ, Blanka. *Přednášky ZKB – Odolnost textilie v tahu*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2018.
- [17] *Maskovací vzor 95*. In: Armádní noviny [online]. [cit. 2019-07-01]. Dostupné z: <https://www.armadninoviny.cz/maskovaci-vzor-95-vlastnosti-cast-2-.html>
- [18] Kolorimetrie. In: Servis centrum [online]. [cit. 2019-07-01]. Dostupné z: <http://www.sc-brno.cz/blog/kolorometrie>
- [19] *Spektrální reflektance*. In: Intercolor, a. s. [online]. [cit. 2019-07-01]. Dostupné z: http://www.intercolor.cz/index.php?menu=cze/lisa_spektr
- [20] *Technologie, laminát*. In: NANOMEMBRANE [online]. [cit. 2019-06-30]. Dostupné z: <http://www.nanomembrane.cz/cs/technologie>
- [21] *Logo, laminát GORE-TEX*. In: Grailed [online]. [cit. 2019-06-30]. Dostupné z: <https://www.grailed.com/drycleanonly/gore-tex-history>
- [22] Interní norma č. 23-304-02/01: *Měření tepelných vlastností na přístroji Alambeta*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004.
- [23] Interní norma č. 33-302-01/01: *Hodnocení prodyšnosti tkanin*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2003.
- [24] Interní norma č. 23-304-01/01: *Stanovení termofyziologických vlastností textilií*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Stejnokroj 97 pro pozemní a vzdušné síly [1].....	13
Obrázek 2: Stejnokroj 95 se zeleným potiskem [1].....	14
Obrázek 3: Vrstvení oblečení [4].....	15
Obrázek 4: Nátělníky TERMO 2000 [5]	16
Obrázek 5: Spodky TERMO 2000 [5].....	16
Obrázek 6: Vložka TERMO do blůzy a kalhot [5].....	17
Obrázek 7: Svetr 95 [5].....	17
Obrázek 8: Extended Cold Weather Clothing Systém III. generace (USA) [2]	18
Obrázek 9: Maskovací oděv do nepříznivého počasí [1].....	19
Obrázek 10: Bunda TERMO 2010 [1].....	20
Obrázek 11: Oděv ECWCS 2010 [8].....	21
Obrázek 12: Loga výrobců [11] [12]	21
Obrázek 13: Zjednodušené měření hydrostatické odolnosti [2]	25
Obrázek 14: Příklad Martindale [15].....	27
Obrázek 15: Maskovací vzory AČR [17]	28
Obrázek 16: Barevný prostor CIELAB [18].....	29
Obrázek 17: Graf spektrální reflektance pro tmavě zelenou barvu v normě ČOS 108003 [17].....	30
Obrázek 18: Srovnání paropropustnosti membrán [20].....	31
Obrázek 19: Hydrofobní (mikroporézní) membrána [2]	31
Obrázek 20: Logo a funkce membrány GORE-TEX® [21].....	32
Obrázek 21: Logo a funkce nanomembrány NANOMEBRANE [20].....	33
Obrázek 22: Hydrofilní (neporézní) membrána [2].....	33
Obrázek 23: Dvouvrstvý laminát [20]	34
Obrázek 24: Třívrstvý laminát [20]	35
Obrázek 25: Hydrofobní a oleofobní úprava na blůze maskovací ECWCS [5]	36
Obrázek 26: Příklad ALAMBETA.....	42
Obrázek 27: Statistické vyhodnocení tloušťky	43
Obrázek 28: Statistické vyhodnocení tepelného odporu.....	44
Obrázek 29: Příklad TEXTTEST FX 3300.....	45
Obrázek 30: Statistické vyhodnocení prodyšnosti.....	46

Obrázek 31: Přístroj PERMETEST	47
Obrázek 32: Statistické vyhodnocení výparného odporu	48
Obrázek 33: Přístroj GLPS 3005	49
Obrázek 34: Statistické vyhodnocení hydrostatické odolnosti – vodní sloupec.....	50

Seznam tabulek

Tabulka 1: Klasifikace propustnosti textilií pro vodní páry [3].....	24
Tabulka 2: Přibližné hodnoty produkce tělesných výparů [2].....	24
Tabulka 3: Charakteristika jednotlivých laminátů.....	39
Tabulka 4: Statistická data – Tloušťka [mm]	43
Tabulka 5: Statistická data – Tepelný odpor [$K \cdot m^2/W$].....	44
Tabulka 6: Statistická data – Prodyšnost [$l/m^2/s$]	46
Tabulka 7: Statistická data – Výparný odpor [$Pa \cdot m^2/W$].....	48
Tabulka 8: Statistická data – Hydrostatická odolnost [mbar].....	50
Tabulka 9: Statistická data – Hydrostatická odolnost - vodní sloupec [mm]	50
Tabulka 10: Statistická data – Odolnost v oděru svrchového materiálu [ot].....	51
Tabulka 11: Statistická data odolnost v oděru u podšívek [ot].....	51
Tabulka 12: Celkový přehled vlastností jednotlivých laminátů	53

Seznam příloh

Příloha A - Naměřené hodnoty

Příloha B - Požadavky dle TS MOP

Příloha C – Reálné vzorky

Příloha A - Naměřené hodnoty

Příloha A: Tloušťka [mm]

Vzorek	Měření				
	1.	2.	3.	4.	5.
A	0,44	0,45	0,52	0,46	0,46
B	0,35	0,34	0,32	0,35	0,34
B1	0,25	0,25	0,27	0,22	0,24
C	0,52	0,51	0,50	0,52	0,51
D	0,43	0,40	0,42	0,42	0,42
E	0,52	0,50	0,50	0,53	0,52
F	0,62	0,63	0,63	0,61	0,60

Příloha A: Tepelný odpor [K.m²/W]

Vzorek	Měření				
	1.	2.	3.	4.	5.
A	0,012	0,012	0,012	0,013	0,012
B	0,007	0,008	0,008	0,008	0,008
B1	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
C	0,013	0,013	0,012	0,013	0,013
D	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
E	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
F	0,015	0,015	0,015	0,014	0,015

Příloha A: Prodyšnost [l/m²/s]

Vzorek	Měření				
	1.	2.	3.	4.	5.
A	0,981	1,082	1,054	0,994	1,042
B	0,209	0,235	0,261	0,182	0,195
B1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C	1,180	1,240	1,110	1,170	1,210
D	1,900	1,880	1,930	1,890	1,810
E	0,536	0,534	0,528	0,569	0,544
F	0,407	0,404	0,411	0,411	0,406

Příloha A: Výparný odpor [Pa.m²/W]

Vzorek	Měření				
	1.	2.	3.	4.	5.
A	9,1	8,7	9,8	9,9	7,9
B	5,7	6,2	5,6	6,9	6,7
B1	6,6	7,2	5,8	5,3	5,7
C	3,7	3,7	3,9	3,7	4,0
D	3,7	3,9	3,6	3,9	3,6
E	6,7	6,4	6,5	6,7	6,8
F	5,1	5,1	5,9	4,8	5,7

Příloha A: Hydrostatická odolnost [mbar]

Vzorek	Měření				
	1.	2.	3.	4.	5.
C	2 155	1 923	1 965	2 190	1 945
D	2 416	2 371	2 368	2 354	2 402
E	2 043	1 887	1 958	1 978	2 022
F	1 445	1 558	1 405	1 551	1 468

Příloha A: Hydrostatická odolnost [mm]

Vzorek	Měření				
	1.	2.	3.	4.	5.
C	21 959	19 595	20 023	22 316	19 820
D	24 619	24 160	24 130	23 987	24 476
E	20 818	19 229	19 952	20 156	20 604
F	14 725	15 876	14 317	15 805	14 959

Příloha A: Odolnost v oděru vrchového materiálu [počet otáček]

Vzorek	Měření		
	1.	2.	3.
C	100 000	100 000	100 000
D	100 000	100 000	100 000
E	100 000	100 000	100 000
F	100 000	100 000	100 000

Příloha A: Odolnost v oděru podšívek [počet otáček]

Vzorek	Měření		
	1.	2.	3.
C	25 000	25 000	25 000
D	10 000	10 000	10 000
E	25 000	25 000	25 000
F	25 000	25 000	25 000

Příloha B - Požadavky dle TS MOP

Inovovaný komplet [8]

Třívrstvý laminát

P.č.	Parametry	Požadované hodnoty	Zkušební normy
1	Materiálové složení v % např: - vrchní vrstva - mezivrstva (klimamembrána) - spodní vrstva	100 PAD 100 PTFE 100 PAD	Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1007/2011
2	Specifikace vrstev: - vrchní vrstva - mezivrstva - spodní vrstva	tkanina, vazba keprová klimamembrána plátňová vazba	ČSN 80 0020
3	Odpor proti průniku vody min.: (mm sloupec vody) - po testu lomivosti (100 000 cyklů) min. - po kontaminaci naftou, olejem, následně 5x praní při 60 °C min.	10 000 10 000	ČSN EN ISO 811 ČSN EN ISO 7854 (metoda C) ČSN EN ISO 811 ČSN EN ISO 6330, 6N, F (60 °C)
4	Plošná hmotnost v g/m ²	170 ±10	ČSN EN 12127
5	Vodoodpudivost (SPRAYTEST) (St.) min. - v novém stavu - po 3 praních (60 °C)	ISO 5 (100) ISO 4 (90)	ČSN EN ISO 4920 (SPRAYTEST) ČSN EN ISO 6330, 6N, F (60 °C)
6	Změna rozměrů v praní (%) max. - osnova - útek	-4 -4	ČSN EN ISO 6330, 6N, F (60 °C) ČSN EN ISO 3759 ČSN EN ISO 5077
7	Výparný odpor R _{ct} (m ² ·Pa/W) max.	7	ČSN EN ISO 11092
8	Odpor proti průniku vody min.: (mm sloupec vody) - v novém stavu min. - po 20x praní (60 °C) min. - po 5x chemickém čištění (tetrachlorethylen) min. - po testu oděru vrchní vrstvy, odírací prostředek vlna, přítlak 9 kPa, počet otáček 20 000 min. - po testu oděru spodní vrstvy, odírací prostředek vlna, přítlak 9 kPa, počet otáček 7 000 min.	10 000 10 000 10 000 10 000 10 000	ČSN EN ISO 811 ČSN EN ISO 811 ČSN EN ISO 6330, 6N, F (60 °C) ČSN EN ISO 811 ČSN EN ISO 3175-2 ČSN EN ISO 811 ČSN EN 530 metoda 2 ČSN EN ISO 811 ČSN EN 530 metoda 2

P.č.	Parametry	Požadované hodnoty	Zkušební normy
9	Pevnost v tahu (N) min. - osnova - útek	780 760	ČSN EN ISO 1421 (Metoda 1)
10	Pevnost při dotržení (N) min: - osnova - útek	35 60	ČSN EN ISO 4674-1/ metoda A
11	Odolnost v oděru (ot.) min. odírací prostředek vlna přítlak 9 kPa v novém stavu: - vrchní vrstva - spodní vrstva	100 000 25 000	ČSN EN 530 metoda 1
12	Odpor proti průniku vody min.: (mm sloupec vody) Po testu ohýbání, teplota (-30 ±2)°C, 100 ohýbání/minuta, při 40 000 cyklech	10 000	ČSN EN ISO 811 DIN 53359 (metoda B) ČSN EN ISO7854 (metoda C)
13	Vnější vzhled povrchu po ošetření praním Materiál nesmí po 20 pracích cyklech dle ČSN EN ISO 6330, 6N,F (60 °C) vykazovat žádné příznaky delaminace, žádné puchýřky a viditelné vady. Hodnocení provést jako modifikovaný (neakreditovaný) zkušební postup s hodnocením dle ČSN EN ISO 15487.		

Dvou a půl vrstvý laminát

P.č.	Parametry	Požadované hodnoty	Zkušební normy
1	Materiálové složení v % např: - vrchní vrstva - mezivrstva (klimamembrána) - spodní vrstva	100 PAD 100 PTFE polymerický zátěr (nepravidelný)	Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1007/2011
2	Specifikace vrstev: - vrchní vrstva - mezivrstva - spodní vrstva	tkanina, vazba keprová klimamembrána polymerický zátěr (nepravidelný)	ČSN 80 0020
3	Odpor proti průniku vody min.: (mm sloupec vody)		
	- po testu lomivosti (100 000 cyklů)	10 000	ČSN EN ISO 811 ČSN EN ISO 7854 (metoda C)
	- po kontaminaci naftou, olejem, následně 5x praní při 60 °C	10 000	ČSN EN ISO 811 ČSN EN ISO 6330, 6N, F (60 °C)
4	Plošná hmotnost v g/m ²	155 ±10	ČSN EN 12127
5	Vodoodpudivost (SPRAYTEST) (St.) min. - v novém stavu - po 3 praních (60 °C)	ISO 5 (100) ISO 4 (90)	ČSN EN ISO 4920 (SPRAYTEST) ČSN EN ISO 6330, 6N, F (60 °C)
6	Změna rozměrů v praní (%) max. - osnova - útek	-4 -4	ČSN EN ISO 6330, 6N, F (60 °C) ČSN EN ISO 3759 ČSN EN ISO 5077
7	Výparný odpor R _{ct} (m ² ·Pa/W) max.	7	ČSN EN ISO 11092
8	Odpor proti průniku vody min.: (mm sloupec vody)		
	- v novém stavu	10 000	ČSN EN ISO 811
	- po 20x praní (60 °C)	10 000	ČSN EN ISO 811 ČSN EN ISO 6330, 6N, F (60 °C)
	- po 5x chemickém čištění (tetrachlorethylen)	10 000	ČSN EN ISO 811 ČSN EN ISO 3175-2

P.č.	Parametry	Požadované hodnoty	Zkušební normy
	- po testu oděru vrchní vrstvy, odírací prostředek vlna, přítlak 9 kPa, počet otáček 20 000	10 000	ČSN EN ISO 811 ČSN EN 530 metoda 2
	- po testu oděru spodní půlvrstvy, odírací prostředek vlna, přítlak 9 kPa, počet otáček 7 000	10 000	ČSN EN ISO 811 ČSN EN 530 metoda 2
9	Pevnost v tahu (N) min. - osnova - útek	680 760	ČSN EN ISO 1421 (Metoda 1)
10	Pevnost při dotržení (N) min: - osnova - útek	35 35	ČSN EN ISO 4674-1/ metoda A
11	Odolnost v oděru (ot.) min. odírací prostředek vlna přítlak 9 kPa v novém stavu: - vrchní vrstva - spodní vrstva (u 2,5 se neuvádí)	100 000	ČSN EN 530 metoda 1
12	Odpor proti průniku vody min.: (mm sloupec vody) Po testu ohýbání, teplota (-30 ±2)°C, 100 ohýbání/minuta, při 40 000 cyklech	10 000	ČSN EN ISO 811 DIN 53359 (metoda B) ČSN EN ISO7854 (metoda C)
13	Vnější vzhled povrchu po ošetření praním Materiál nesmí po 20 pracích cyklech dle ČSN EN ISO 6330, 6N,F (60 °C) vykazovat žádné příznaky delaminace, žádné puchýřky a viditelné vady. Hodnocení provést jako modifikovaný (neakreditovaný) zkušební postup s hodnocením dle ČSN EN ISO 15487.		

Stálobarevnost a zdravotní nezávadnost

10.5 Parametry stálobarevnosti základních materiálů - laminátů

P.č.	Druh stálobarevnosti ve st. min.	Požadované hodnoty	Zkušební normy
1	Stálobarevnost v potu		ČSN EN ISO 105-E04
	Kyselý	3-4/3-4	
	Alkalický	3-4/3-4	
2	Stálobarevnost v otěru		ČSN EN ISO 105-X12
	Za sucha	3-4 tmavé odstíny**)	
		4 světlé odstíny *)	
	Za mokra	3 tmavé odstíny **)	
		3-4 světlé odstíny *)	
3	Stálobarevnost v praní		ČSN EN ISO 105-C06
	Změna odstínu	4	
	Zapouštění	3 tmavé odstíny **)	
		3-4 světlé odstíny *)	
4	Stálobarevnost v chem. čištění		ČSN EN ISO 105-D01
	Změna odstínu	4	
5	Stálobarevnost na světle		ČSN EN ISO105-B02
		4 tmavé odstíny **)	
		3-4 světlé odstíny *)	

10.6 Parametry zdravotní nezávadnosti - základních materiálů - laminátů

P.č.	Parametry	Požadováno	Zkušební norma
1	Obsah volného a hydrolyzou uvolněného formaldehydu (mg.kg^{-1}) max.	75	ČSN EN ISO 14184-1
2	Vodní výluh – pH	4,5 - 7,5	ČSN EN ISO 3071
3	Obsah extrahovatelných těžkých kovů (mg.kg^{-1}) max. - arsen - kadmium - olovo - rtuť - chróm celkový - chróm (šestimocný) - kobalt - měď - nikl	1,0 0,1 1,0 0,02 2,0 pod detekčním limitem 4,0 50,0 4,0	Extrakce v roztoku kyselého potu dle ČSN EN ISO 105-E04, stanovení metodou AAS/metodou ICP-OES
4	Azobarviva, která mohou uvolňovat karcinogenní arylaminy (mg.kg^{-1}) max.	pod detekčním limitem metody	ČSN EN ISO 14362-1
5	Obsah pentachlórfenolu (mg.kg^{-1}) max.	0,5	1. DIN 53313 2. ČSN EN ISO 17070 3. metoda plynové chromatografie s ECD/metoda GC-MS
	Obsah chlorovaných fenolů (mg.kg^{-1}) max.	0,5	metoda plynové chromatografie s ECD /metoda GC-MS

Původní komplet [9]

Parametry materiálu	Požadavek	Zkušební norma
Materiálové složení třívrstvého laminátu: - vrchní materiál (vrchní vrstva) - klimamembrána (mezivrstva) - podšívka (úplet, spodní vrstva)	100% PAD 6.6, 95g/m ² (±5) 100% PTFE 100% PAD 6.6, 45g/m ² (±5)	
Plošná hmotnost třívrstvého materiálu (laminátu) g/m ²	190 (±10)	ČSN EN12127
Vodoodpudivost (SPRAYTEST): - v novém stavu - po 3 praních (60°C)	ISO 5 (100) ISO 3 (80)	ISO 4920 (SPRAYTEST) EN ISO 6330,2A,E2
Změna rozměrů v praní v % osnova útek	3 2,5	EN ISO 6330,2A,E2, ISO 5077 hodnocení

Odpor proti průniku vody: (mm sloupec vody)		
- v novém stavu - po 20x praní (60°C)	>10.000 >10.000	ISO 811 (průnik) ČSN EN ISO 6330, 2A (praní), E2
- po 5x chem. čištění (tetrachlorethylen)	> 10.000	ISO 811 (průnik) ČSN EN ISO 3175-2
- po testu lomivosti při - 40 °C	> 10.000	ISO 811 (průnik) ISO 4675
- po testu oděru (odírací prostředek – drsnost zrna 180, přítlak 9kPa, 1000otáček)	>10.000	ISO 811 (průnik) ČSN EN ISO 12947- 2
- po kontaminaci: - Diethyltoluamidem (Insekticid) - v novém stavu - po 5x praní	>10.000 >10.000	ISO 811 (průnik)
- PHM – naftou: - v novém stavu - po 5x praní	>10.000 >10.000	ISO 811 (průnik)
- mazadlem na zbraně: - v novém stavu - po 5x praní	>10.000 >10.000	ISO 811 (průnik)
- motorovým olejem: - v novém stavu - po 5x praní	>10.000 >10.000	ISO 811 (průnik)
- PHM - JP- 8 - v novém stavu - po 5x praní	>10.000 >10.000	ISO 811 (průnik)

Odolnost v tahu N (min.): osnova útek	>750 >750	ČSN EN ISO 1421 (Metoda 1)
Odolnost při dotržení N(min.): osnova útek	>50 >50	ČSN ISO 13937-4 (vzorky ve tvaru jazýčku)
Odolnost propustnosti páry R _{et} (m ² ·Pa/W) max.)	10	ČSN EN ISO 11092

Druh stálobarevnosti	Požadavek	Příslušná norma
Odolnost v potu (zapouštění)		ČSN EN ISO105-E04
Kyselý (min.)	4	
Alkalický (min.)	4	
Odolnost v otěru		
Za sucha (min.)	3-4 černá a hnědá	ČSN EN ISO105-X12
	4 světle a tmavě zelená	
Za mokra (min.)	3-4 černá a hnědá	
	4 světle a tmavězelená	
Odolnost v praní		ČSN EN ISO105-C06
Změna odstínu	4	
Zapouštění	3; 3-4 na černé	
Stálobarevnost v chem. čištění (min.)		ČSN EN ISO105-D01
Změna odstínu	4	
Zapouštění	4	
Stálobarevnost na světle(min.)	5	ČSNENISO105- B04

Příloha C – Reálné vzorky



Vzorek A



Vzorek B



Vzorek C



Vzorek D



Vzorek E



Vzorek F