



## **Bakalářská práce**

# **Vliv nošení a údržby na vlastnosti voděodolných textilií s vysokou viditelností**

*Studijní program:*

B3107 Textil

*Studijní obor:*

Výroba oděvů a management obchodu  
s oděvy

*Autor práce:*

**Veronika Zúbriková**

*Vedoucí práce:*

Ing. Katarína Zelová, Ph.D.  
Katedra oděvnictví

Liberec 2023



## Zadání bakalářské práce

# Vliv nošení a údržby na vlastnosti voděodolných textilií s vysokou viditelností

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <i>Jméno a příjmení:</i> | <b>Veronika Zúbriková</b>                 |
| <i>Osobní číslo:</i>     | T18000213                                 |
| <i>Studijní program:</i> | B3107 Textil                              |
| <i>Studijní obor:</i>    | Výroba oděvů a management obchodu s oděvy |
| <i>Zadávací katedra:</i> | Katedra oděvnictví                        |
| <i>Akademický rok:</i>   | 2020/2021                                 |

### Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši zaměřenou na hodnocení vlastností voděodolných textilií a oděvů s vysokou viditelností.
2. Charakterizujte oděvy s vysokou viditelností a požadavky kladené na tyto oděvy.
3. Navrhněte a proveďte experiment pro ověření vlivu nošení, povětrnostních podmínek a údržby praním na vybrané vlastnosti voděodolných textilií s vysokou viditelností.
4. Formulujte závěrečné zjištění o vlivu nošení a údržby na vybrané vlastnosti voděodolných textilií s vysokou viditelností.

*Rozsah grafických prací:* dle rozsahu dokumentace  
*Rozsah pracovní zprávy:* cca 40 stran  
*Forma zpracování práce:* tištěná/elektronická  
*Jazyk práce:* Čeština

### **Seznam odborné literatury:**

- EN 343+A1 – Protective clothing – Protection against rain. 2007.
- EN ISO 7854 – Rubber or plastics coated fabrics – Determination of resistance to damage by flexing. 1995.
- MUKHOPADHYAY, A., MIDHA, V. A Review on Designing the Waterproof Breathable Fabrics Part I: Fundamental Principles and Designing Aspects of Breathable Fabrics. J Industrial Text. 2008, 37, pp. 225-262.
- PADLECKIENE, I., PETRULIS, D., RUBEZIENE, V., VALIENE, V., ABRAITIENE, A. Breathability and Resistance to Water Penetration of Breathable-Coated Textiles after Cyclic Mechanical Treatments. Materials Science-Medziagotyra. 2009, 15(1), pp. 69-74.
- PADLECKIEN?, I., PETRULIS, D. Effect of Abrasion on the Air Permeability a Mass Loss of Breathable-Coated Fabrics. Fibr and text in East Europe. 2009, 17(2), pp. 50-54.

*Vedoucí práce:* Ing. Katarína Zelová, Ph.D.  
Katedra oděvnictví

*Datum zadání práce:* 26. října 2020  
*Předpokládaný termín odevzdání:* 2. června 2023

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.  
děkan

L.S.

prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs  
vedoucí katedry

V Liberci dne 3. května 2023

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, 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.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala své vedoucí práce, paní Ing. Kataríně Zelové Ph.D. za její ochotu, trpělivost a rady během vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat panu Ing. Michalu Chotěborovi a paní Ing. Denise Knížkové, kteří mi pomáhali s měřeními na přístrojích v laboratořích katedry oděvnictví a katedry hodnocení textilií na Technické univerzitě v Liberci. Děkuji také firmě Atex za poskytnutí materiálů pro experiment. A nakonec bych chtěla poděkovat své rodině za podporu, kterou mi během psaní poskytli.

## **Anotace**

Bakalářská práce se zabývá vlastnostmi voděodolných textilních materiálů s vysokou viditelností.

Pro experiment byly vybrány dvouvrstvé lamináty. Aby se nasimulovala údržba, nošení a venkovní podmínky, materiály byly v rámci experimentální části namáhány praním, oděrem a ultrafialovým zářením. Dále byly materiály podrobeny zkouškám prodyšnosti, propustnosti vodních par a výšky vodního sloupce jak před, tak po namáhání.

Závěrem práce je zkoumání změn a porovnání výsledných hodnot prodyšnosti, paropropustnosti a voděodolnosti před a po namáhání.

**Klíčová slova:** voděodolné materiály, vysoká viditelnost, mechanické namáhání, vliv praní, oděr, simulace stárnutí, vodní sloupec, paropropustnost

## **Annotation**

The Bachelor's thesis deals with the properties of high-visibility waterproof textile materials.

Two-layer laminates were selected for the experiment. In order to simulate maintenance, wear and outdoor conditions, the materials were subjected to washing, abrasion, and ultraviolet radiation in the experimental part. Afterwards, the materials were tested for breathability, water vapor permeability, and water column height both before and after stress. In conclusion, the study examines changes and compares the resulting values of breathability, vapor permeability, and water column height before and after stress.

**Keywords:** waterproof materials, high visibility, mechanical stress, effect of washing, abrasion, aging simulation, water column, vapor permeability

# Obsah

|   |    |
|---|----|
| Seznam zkratk.....  | 9  |
| Úvod.....   | 10 |
| Teoretická část.....  | 11 |
| 1 Charakteristika a využití voděodolných oděvů s vysokou viditelností ..... | 11 |
| 1.1 Voděodolné materiály .....  | 12 |
| 1.1.1 Mikroporézní (hydrofobní) membrány.....                               | 14 |
| 1.1.2 Neporézní (hydrofilní) membrány.....                                  | 15 |
| 1.2 Vysoce viditelné materiály.....   | 17 |
| 1.2.1 Fluorescenční materiál.....   | 17 |
| 1.2.2 Retroreflexní materiál.....   | 18 |
| 2 Požadavky kladené na tyto oděvy .....                                     | 20 |
| 2.1 Standardizace .....   | 20 |
| 2.1.1 Norma upravující oděvy s vysokou viditelností.....                    | 21 |
| 2.1.2 Norma upravující ochranu proti dešti.....                             | 23 |
| 2.1.3 Norma pro hodnocení propustnosti vodních par .....                    | 24 |
| 2.2 Mechanické namáhání voděodolných textilií.....                          | 26 |
| Experimentální část.....  | 31 |
| 2.3 Charakteristika použitých materiálů .....                               | 31 |
| 3 Charakteristika použitých zařízení .....                                  | 34 |
| 3.1 Tloušťka plošných textilií .....  | 34 |
| 3.2 Měření propustnosti vzduchu.....  | 35 |
| 3.3 Metoda stanovení propustnosti pro vodní páry.....                       | 38 |
| 3.4 Metoda stanovení odolnosti proti pronikání vody pod tlakem.....         | 40 |
| 3.5 Stanovení odolnosti vůči praní.....                                     | 43 |
| 3.6 Stanovení odolnosti v oděru.....  | 44 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.7   | Stanovení odolnosti vůči UV záření .....                 | 46 |
| 4     | Vyhodnocení zkoušek namáháním a vizuální porovnání ..... | 49 |
| 4.1   | Vliv praní .....   | 49 |
| 4.2   | Odolnost vůči oděru materiálů .....                      | 51 |
| 4.3   | Vyhodnocení vlivu působení UV záření na materiály .....  | 54 |
| 5     | Vyhodnocení vlastností membránových textilií .....       | 56 |
| 5.1   | Propustnost vzduchu .....                                | 56 |
| 5.1.1 | Před namáháním .....                                     | 56 |
| 5.1.2 | Po namáhání .....  | 56 |
| 5.2   | Propustnost vodních par .....                            | 58 |
| 5.2.1 | Před namáháním .....                                     | 58 |
| 5.2.2 | Po namáhání .....  | 59 |
| 5.3   | Výška vodního sloupce .....                              | 62 |
| 5.3.1 | Před namáháním .....                                     | 62 |
| 5.3.2 | Po namáhání .....  | 63 |
| 5.4   | Změna tloušťky materiálu po namáhání .....               | 66 |
| 5.5   | Změna plošné hmotnosti po namáhání .....                 | 68 |
| 6     | Diskuse výsledků .....                                   | 70 |
| 7     | Závěr .....  | 76 |
|       | Použitá literatura .....                                 | 78 |
|       | Seznam obrázků .....                                     | 81 |
|       | Seznam tabulek .....                                     | 83 |
|       | Přílohy .....  | 84 |



## Seznam zkratek

|       |  |
|-------|--|
| EA    | elastan  |
| KOD   | katedra oděvnictví   |
| M1    | Rainflex   |
| M2    | Rainsoft   |
| P     | relativní propustnost vodních par [%]                              |
| PAD   | polyamid   |
| PES   | polyester  |
| PU    | polyuretan   |
| R     | propustnost vzduchu  |
| Ret   | odolnost vůči vodním parám [ $\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ ] |
| RWVP  | relative water vapor permeability                                  |
| TUL   | Technická univerzita v Liberci                                     |
| UV    | ultrafialové   |
| WR C6 | Water repellent (voděodolná úprava)                                |

Pozn.: V seznamu nejsou uvedeny symboly a zkratky všeobecně známé.

## Úvod

Oděv je nezbytnou součástí lidského života. Nosíme jej denně, ve volném čase, v práci, při sportu, a hlavně při všech možných klimatických podmínkách. V dnešní době jsou na trhu oděvy specializované téměř na každou činnost, a tak si jedinec může zvolit oblečení dle svých individuálních preferencí. Dá se předpokládat, že nositel od oděvu očekává určitý fyziologický komfort, funkčnost a jednoduchou údržbu.

Bakalářská práce je zaměřena na voděodolné textilie s vysokou viditelností. Voděodolné oděvy s vysokou viditelností jsou využívány jak v práci, tak při rekreaci. Nositel se musí cítit v co největším pohodlí a být při tom řádně viděn. V dnešní době mají zákazníci náročné požadavky na produkty, které si pořizují. Dle korejského průzkumu, kde respondenti byli policisté a uklízeči veřejných prostranství, kteří mají jako povinnost nosit pracovní uniformu viditelných barev, jejich hlavní nespokojenost s výstražným oblečením bylo zvýšené horko a vlhkost v oděvu, a to kvůli špatné absorpci potu. Jak říká *Soonja Park*, ve své studii o „hodnocení vhodnosti reflexních materiálů pro silniční, výstražné oděvy v souladu s normami“, spokojenost nositele je zásadně ovlivněna jeho tepelným komfortem, pocitem vlhkosti a pohodlí. To úzce souvisí s prodyšností materiálu, nasákavostí vlhkosti a propustností vodních par. [14]

Na textilní materiály s membránou jsou proto kladeny tyto požadavky: výška vodního sloupce, odolnost proti větru, paropropustnost, odolnost proti oděru a roztržení, snadná údržba, dlouhá životnost, zvýšená viditelnost, chemická odolnost, pružnost.

V experimentální části bakalářské práce bylo provedeno testování prodyšnosti, paropropustnosti a výšky vodního sloupce materiálů v původním stavu. Problémem může být, že všechny tyto materiály se během používání opotřebovávají, a tím se zhoršují jejich vlastnosti. Důvodem je pocení, zašpinění, údržba praním, namáhání nošením a vliv klimatických podmínek. To má pak zásadní vliv na správnou funkčnost oděvu. Hodnocení základních vlastností dvouvrstvých textilních laminátů bylo navrženo tak, aby se otestovalo opotřebení vybraných materiálů během nošení a údržby. Namáhání bylo nezbytné nasimulovat v laboratorních podmínkách, a tak proběhly zkoušky odolnosti v oděru, vliv praní a simulace stárnutí ultrafialovým zářením. Poté se otestovaly zvolené vlastnosti po namáhání a porovnály se s původními.

## Teoretická část

### 1 Charakteristika a využití voděodolných oděvů s vysokou viditelností

Účelem bezpečnostních oděvů s vysokou viditelností je ochránit uživatele tím, že se zvýší jeho viditelnost vůči prostředí. Zaručují vysokou viditelnost osob v prostředí, ve kterém by v běžném oděvu mohly být ohroženy v důsledku zhoršených klimatických podmínek jako je mlha, déšť, sněžení, soumrak či jiných vlivů jako například prašnost, snížená viditelnost v tunelu apod.

V závislosti na různém účelu použití existuje široká škála vysoce viditelných oděvů.



**Obrázek 1.** Pracovníci stavby v oděvu se zvýšenou viditelností [1]

Velmi významnou skupinu uživatelů tvoří profesionální pracovníci v různých průmyslových odvětvích: např. stavebnictví, sklady a logistika, aerolinie, údržba komunikací, železnice, komunální služby a všechny další pracovní činnosti, kde se pracovníci v rámci výkonu svého zaměstnání pohybují v prostředí, kde je tedy třeba nosit dobře viditelný oděv z důvodu zajištění jejich bezpečnosti.

Dalším významným odvětvím, kde jsou vysoce viditelné oděvy používány, je sektor automotive a doprava, ve kterých je například reflexní vesta součástí povinné výbavy každého motorového vozidla.



**Obrázek 2.** Cyklista v oděvu s vysokou viditelností [2]

Výstražné oblečení se používá i pro sportovní a rekreační aktivity. Chodci, běžci a cyklisté pohybující se na silnici využívají reflexní vesty, fluorescenční trička, šortky, bundy či jim je doporučeno umístit retroreflexní prvky na přilbu, batoh nebo konstrukci jízdního kola, tak aby byli řádně vidět v silničním provozu.

## **1.1 Voděodolné materiály**

Voděodolné, prodyšné a paropropustné materiály dokážou ochránit tělo nositele před větrem, vodou, vnějším i vnitřním teplem. Dále pak pasivně umožňují vodní páře, aby se skrz ně vypařila a zároveň ochraňují před průnikem vody zvenku. Paropropustnost je základem pro komfort a balanc tělesné teploty. S ní a s propustností vzduchu skrz materiál úzce souvisí voděodolnost textilií.

Pro zajištění plné funkce voděodolných textilních oděvů, u nichž jsou paropropustnost a voděodolnost dvě rozporuplné vlastnosti, bývají tyto textilie sestaveny z kombinace několika vrstev s rozdílnými vlastnostmi. [19]

**Vnější vrstva** bývá obvykle vyrobena z odolných, pružných textilií, jako je nylon nebo polyester. Tyto textilie samy o sobě obvykle nejsou nutně vodotěsné, ale většinou je na ně aplikován odolný vodoodpudivý prostředek (DWR – durable water repellent), který pomáhá nevpustit vodu dovnitř.

**Povlaková vrstva (membrána)** je ultratenká vrstva, která je obvykle vyrobena z materiálu, jako je polyuretan, polyester nebo teflon. Membrány se dělí na mikroporézní (hydrofobní) nebo neporézní (hydrofilní). Dále jsou membrány děleny podle způsobu laminace.

Membrána má tři základní funkce: propustnost pro vodní páry, nepromokavost a větru odolnost. Těchto tří vlastností dokáže membrána dosáhnout díky svému složení a konstrukci.

**Poslední vrstvou** (podšívka) je látka, která chrání střední vrstvu před případným poškozením a také zlepšuje pohodlí nositele. U některých bund má látka pouze dvě vrstvy a samostatná vrstva látky se používá pro vnitřní stranu bundy.

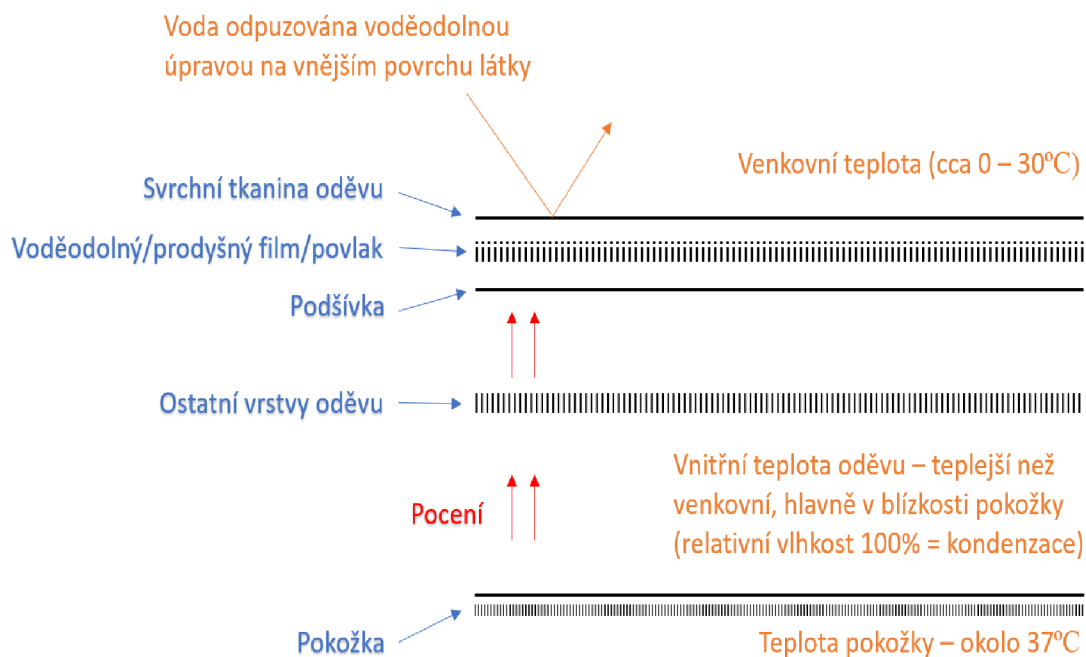
Kategorie prodyšných materiálů:

- hustě tkané tkaniny
- mikroporézní membrány a povlaky
- hydrofilní membrány a povlaky + jejich kombinace
- retroreflexní mikroperličky
- chytré prodyšné tkaniny
- biomimetické tkaniny

[3] [19]

*Knížek* v knize „*Oděvy pro sportovní a outdoorové aktivity*“ [21] uvádí rozdělení laminací membrán do pěti skupin:

- Dvouvrstvý laminát (membrána + vrchní materiál)
- Dvou a půlvrstvý laminát (půl vrstva + membrána + vrchní materiál)
- Dvouvrstvý laminát s volnou podšívkou (volná podšívka + membrána + vrchní materiál)
- Třívrstvý laminát (podšívka + membrána + vrchní materiál) [21]



**Obrázek 3.** Schéma odvodu vlhkosti pomocí prodyšných tkanin [3]

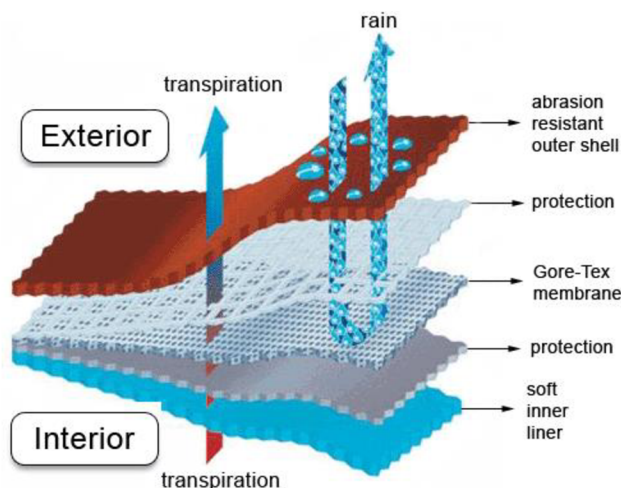
### 1.1.1 Mikroporézní (hydrofobní) membrány

Mikroporézní membrána má dírký o velikosti 2-3  $\mu\text{m}$ , tudíž mnohem menší, než je kapka vody (100  $\mu\text{m}$ ), zároveň větší než molekula vodní páry ( $40 \times 10^{-6} \mu\text{m}$ ). Mikroskopické otvory tak umožňují zadržet kapalnou vodu na povrchu a zároveň dovolují molekulám vodní páry být protlačeny skrz. [3]

#### Goretex

Materiály Goretex se skládají z kvalitních textilií, mezi nimiž je umístěna prodyšná a voděodolná mikroporézní membrána. Ta je vyrobena z expandovaného polytetrafluoretylenu (zkratka ePTFE). Membrána má vysokou životnost, takže slouží tak dlouho jako celý oděv, kde je jeho součástí. Nevýhodou mikroporézních membrán může být kontaminace pórů nečistotami (pot, krémy, špína, prací gely, prach). [4]

Z tohoto důvodu mají mikroporézní membrány obvykle vrstvu hydrofilního polyuretanu nebo se navíc do této teflonové membrány přidávají látky, které dokážou odpuzovat oleje, a to ve výsledku brání vniku cizích látek do textilie.



**Obrázek 4.** Goretex schéma [6]

Goretex má ve své tržní nabídce různé druhy membrán. S druhem použité membrány se pojí výsledná funkce celého oděvu.

- GORE-TEX Performance Shell – prodyšný a nepromokavý, určen pro náročné uživatele.
- GORE-TEX Paclite Shell – promokavý, ale vhodný do větrných podmínek.
- GORE-TEX Pro Shell – odolný vůči vodě, větru i mrazu.
- GORE-TEX Soft Shell – vhodný i do chladnějšího počasí, nositele zahřeje.
- GORE-TEX Active Shell – lehký materiál, velmi odolný, vhodný pro outdoorové sporty [4]
- GORE-SEAM – páska z laminátu. Zajistí celistvou voděodolnost oděvů. Aplikuje se pomocí horkovzdušných svářeček tak, aby švem nemohla proniknout voda. Zatavené švy musí vydržet minimálně tlak vody 0,2 baru po dobu dvou minut. Měření je prováděno na speciálním přístroji sloužícím na testování švů (Suter-Tester). [5]

### 1.1.2 Neporézní (hydrofilní) membrány

Neporézní hydrofilní membrány neobsahují póry a fungují pomocí absorpce – difuze – desorpce. Probíhá difuze – vodní pára se pohybuje z místa s vyšším tlakem na místo s nižším tlakem, nežli se koncentrace vodní páry vyrovná na obou stranách membrány. Při vyšší teplotě je pohyb molekul v membráně rychlejší, takže čím je uvnitř oděvu tepleji

tím rychleji se vlhkost odpařuje. Naopak při nižší teplotě membrána zabraňuje úniku tepla, jelikož dýchá přirozeněji.

Na trhu najdeme například:

**Dermizax** - Membrány Dermizaxu jsou vyrobené z tenkého polyuretanového filmu (PU).

### **Gelanots**

**Sympatex** - je fólie bez pórů, vyrobená z kopolymeru složeného ze 70% hydrofobního polyesteru a 30 % hydrofilního polyethylenu. Voda nemůže prosáknout zvenčí, ale molekuly vodní páry jsou vylučovány membránou ven. Fólie má tloušťku přibližně 5 µm, je možné ji roztahovat až na trojnásobek její plochy, oproti porézní membráně, kterou lze roztáhnout na dvojnásobek.

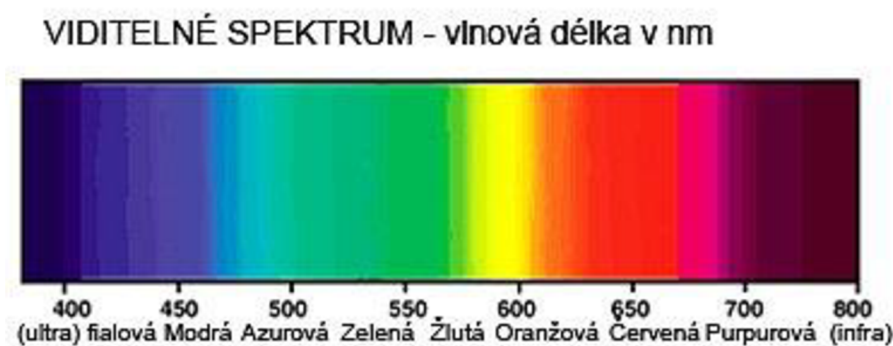
Jak vyplývá z výše uvedené charakteristiky vlastností, membránové materiály jako je Goretex<sup>®</sup>, Dermizax<sup>®</sup>, BlocVent<sup>®</sup>, Gelanots<sup>®</sup> poskytují nejlepší parametry a s tím spojený komfort nošení. Jak porézní, tak i neporézní membrány pracují na různých principech, ale z hlediska účinků, v nich v případě nepromokavosti a paropropustnosti není podstatný rozdíl. Všechny materiály jsou na vysoké technologické úrovni a jejich výrobci je neustále vyvíjejí a zdokonalují. Naopak zátěrované materiály, kterých je u nás velké množství různých značek, nejsou z hlediska komfortu nošení zdaleka tak příjemné, rovnoměrné a pohodlné jako právě membránové lamináty. [7]



## 1.2 Vysoce viditelné materiály

### 1.2.1 Fluorescenční materiál

Fluorescenční materiál vydává elektromagnetické záření při viditelných vlnových délkách delších než ty, které jsou absorbovány. Funguje na principu odebrání části neviditelného ultrafialového světla (krátké vlnové délky = 10nm – 400nm) ze slunečního záření, poté prostřednictvím speciálních pigmentů ho posílá zpět k divákovi a ten ho vnímá jako viditelnější světlo. Tento materiál funguje pouze tam, kde je zdroj přirozeného slunečního světla a tím pádem zlepšuje viditelnost ve dne. [8]



**Obrázek 5.** Lidským okem viditelné spektrum barev ve vlnové délce 390 nm - 760 nm [9]

Vijayan Arun ve svém výzkumu uvádí, že lidské oko dokáže lépe rozpoznat svítivě zeleno-žlutou barvu než jakoukoliv jinou barvu v širokém spektru světelných podmínek. V přírodě je tato barva vzácná, vyskytuje se jen v malém množství, to jí dává schopnost vyniknout v kontrastu s většinou městských a přírodních pozadí. Má vysokou chromatičnost a svítivost, a tak se dobře osvědčila v mlze a špatném počasí. [30]

**Barvy**, které jsou schválené jako barvy pozadí pro oděvy s vysokou viditelností:

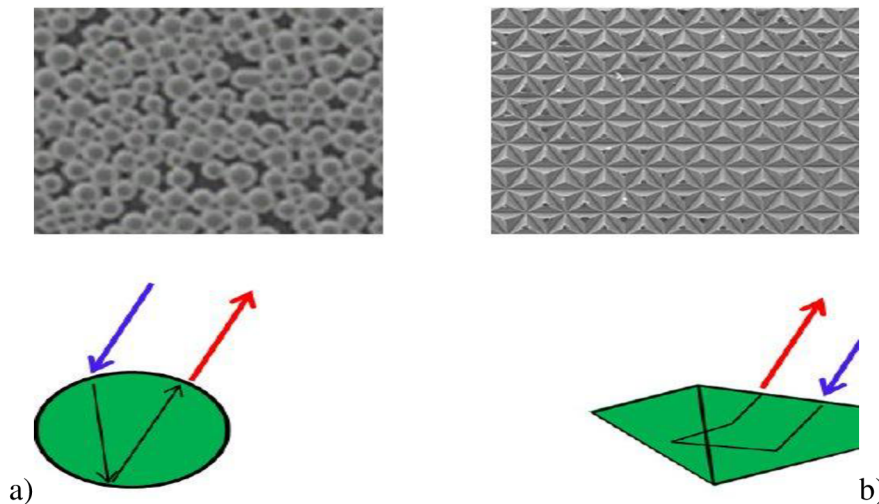
- fluorescentní žlutá
- fluorescentní oranžová
- fluorescentní červená
- fluorescentní růžová

Pro kompletní ochranu oděvů s vysokou viditelností není dostatečný samostatný fluorescentní základ, který jak již bylo řečeno zvyšuje viditelnost pouze ve dne, díky působení slunečního záření. Nevýhodou je tedy jeho snížená viditelnost za tmy. Jako

vhodné řešení uvedeného problému Black A. A., Vu Bui a spol. doporučují na tento základ přidat retroreflexní prvky [10].

### 1.2.2 Retroreflexní materiál

Etymologie slova retroreflexe – pochází z latinského slova „*reflecto*“ = „*ohýbat, odrážet*“ a „*re*“ znamená „*zpět*“. Retroreflexní materiál funguje tak, že odráží světlo zpět ve směru jeho zdroje. Je zapotřebí, aby na něj dopadalo světlo například ze světlometů vozidla, svítilny apod. Světlo, které na retroreflexní materiál dopadne se odrazí zpět směrem k původnímu zdroji světla a tím se nositel stává viditelným i při slabém osvětlení, a zejména v noci. Retroreflexní materiál je skupinou kulových zrcadel realizovaných z mikroskopických kuliček nebo mikro hranolů.



**Obrázek 6.** Mikroskopický snímek retroreflexního materiálu – a) skleněné kuličky b) mikro hranoly a znázornění jejich odrazu [11]

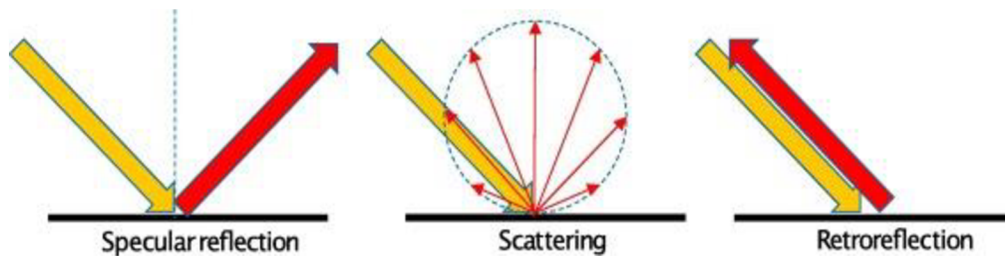
#### Skleněné korálky

- světlo dopadá na zadní povrch kuliček a vrací se ke svému zdroji
- skleněné kuličky se liší velikostí a umístěním, což vytváří nekonzistenci v odrazivosti, oproti mikro hranolům
- technologie může být ovlivněna nepříznivým počasím (silný déšť), které způsobí, že reflexní optika světlo rozptyluje, místo aby se odrazilo zpět ke zdroji

#### Mikro hranol

- světlo dopadá na každý ze tří povrchů mikro hranolu, než se vrátí ke zdroji
- poskytuje větší odraznou plochu než skleněná kulička a odrazí až o 250 % více světla

- ekonomické využití plochy mikro hranolu přináší vyšší úroveň výkonu ve všech aplikacích, což má za následek vynikající viditelnost na dlouhé vzdálenosti



**Obrázek 7.** Zrcadlový odraz; Difuzní odraz; Retroreflexe [12]

Dle výzkumu *Black A. A., Vu Bui a spol.*, hraje velkou roli strategické umístění retroreflexních prvků. Například při pohybu chodce po vozovce se jeví umístění retroreflexních prvků na částech těla, kde jsou pohyblivé klouby v konfiguraci přirozeného pohybu člověka (biomotion) jako nejideálnější. To znamená pokrytí zápěstí, loktů, kolen a kotníků. Lidská mysl dokáže snáze rozpoznat pohybující se předmět / bod než statický objekt, což následně vede řidiče k snadnějšímu zachycení a vyhodnocení lidského pohybu ve vozovce při noční jízdě. [10] To potvrdili i *Michal Vik, doc. Ing. PhD., Katarína Zelová a spol.*, kteří říkají, že „*biomotion, umístění retroreflexních prvků na pohyblivých částech těla, má za následek rychlejší reakce pozorovatelů - „řidiče“ než ty se statickým umístěním.*” [13]



**Obrázek 8.** Vliv umístění retroreflexních prvků na oděv při chůzi ve tmě [10]

Na trhu jsou nejznámějšími výrobci reflexních a retroreflexních materiálů a pásek:

- 3M Scotchlite (v nabídce mají: našívací/ nalepovací reflexní pásky, nažehlovací reflexní fólie, reflexní pásky s vysokým leskem)
- Unitika Sparklite Ltd.

## 2 Požadavky kladené na tyto oděvy

V dnešní době mají zákazníci náročné požadavky na produkty, které si pořizují. Dle korejského průzkumu, kde respondenti byli policisté a uklízeči veřejných prostranství, hlavní nespokojenost s výstražným oblečením bylo zvýšené horko a vlhkost v oděvu, a to kvůli špatné absorpci potu. Jak říká *Soonja Park*, ve své studii o hodnocení vhodnosti reflexních materiálů pro silniční, výstražné oděvy v souladu s normami, spokojenost nositele je zásadně ovlivněna jeho tepelným komfortem, pocitem vlhkosti a pohodlí. To úzce souvisí s prodyšností materiálu, nasákavostí vlhkosti a propustností vodních par. [14]

Na textilní materiály s membránou jsou proto kladeny tyto požadavky: výška vodního sloupce, odolnost proti větru, paropropustnost, odolnost proti oděru a roztržení, snadná údržba, dlouhá životnost, reflexe, chemická odolnost, pružnost.

Spotřebitelé jeví stále větší zájem o nabídku různých produktů, zjišťují si o nich detailní informace, porovnávají je a požadují co největší kvalitu. Zároveň chtějí, aby oděv uspokojil jejich požadavky na účely použití, osobní představy a potřeby.

Zejména v případě profesionálního použití jsou oděvy nakupovány firmami ve větším množství, a proto jsou při výběrovém řízení zahrnuty nad rámec ceny do vyhodnocení jednotlivých nabídek i další požadavky, které musí příslušné oděvy splňovat.

### 2.1 Standardizace

Podle evropských předpisů „*výstražný osobní ochranný prostředek s vysokou viditelností určený pro předvídatelné podmínky použití, při kterých musí být přítomnost uživatele viditelně a samostatně signalizována, musí mít jeden nebo více uvážlivě umístěných prostředků nebo zařízení pro vyzařování přímého nebo odraženého viditelného záření patřičné světelné intenzity a fotometrických a kolorimetrických vlastností.*

*Osobní ochranný prostředek chránící proti vícenásobnému riziku určený k ochraně uživatele proti několika potenciálně současně působícím rizikům musí být navržen a vyroben tak, aby splňoval zejména základní požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost zvláštní pro každé z těchto rizik.“ [15]*

Pro zajištění požadovaných parametrů bezpečnosti, kvality a případně dalších vlastností textilních výrobků je zapotřebí, aby byly výstražné ochranné oděvy

standardizovány, řízeny právními předpisy a certifikovány jako takové. Jejich jakost se tak může měřit dle norem, které jsou pro tyto účely ustanovené a platné. [16]

Pro oděvy, které jsou předmětem této práce se jedná zejména o normy upravující:

- A. oděvy s vysokou viditelností ČSN EN ISO 20471:2013 (832820)**
- B. ochranu proti dešti ČSN EN 343 (832761)**
- C. propustnost vodních par ČSN EN ISO 11092 (800819)**

V rámci jednotlivých norem jsou pak dále definovány 3 třídy upravující úroveň ochrany od nejvyšší (stupeň 3) po nejnižší (stupeň 1).

### **2.1.1 Norma upravující oděvy s vysokou viditelností**

Bezpečnostní vlastnosti výstražných oděvů pro profesionální a neprofesionální využití proto musí aktuálně odpovídat požadavkům evropské normy *ČSN EN ISO 20471:2013 (832820) Oděvy s vysokou viditelností – Zkušební metody a požadavky*. [33]



**Obrázek 9.** Piktogram určující zařazení do třídy dle ČSN EN ISO 20471 – Oděvy s vysokou viditelností [17]

Za normou bývá v závorce uvedena třída. První číslo v závorce označuje třídu požadované plochy podkladového viditelného materiálu a druhé číslo udává třídu retroreflexe materiálu, to jsou zpravidla reflexní pruhy. Vyšší požadavky na reflexní vlastnosti ochranného oděvu splňuje vždy výrobek s vyšším číslem.

Normy u bezpečnostních oděvů definují fotometrické vlastnosti podkladového materiálu a reflexních pruhů, včetně jejich velikostí. Norma určuje míru, do jaké musí materiály odrážet světlo. V následující tabulce jsou uvedeny již zmíněné třídy a jim odpovídající minimální plocha viditelného materiálu v m<sup>2</sup>.

**Tabulka 1.** Tři třídy podle normy ČSN EN ISO 20471:2013 – Oděvy s vysokou viditelností [33]

|  | Oděv třídy 3 | Oděv třídy 2 | Oděv třídy 1 |
|--|--------------|--------------|--------------|
| Materiál pozadí [m <sup>2</sup> ]                      | 0,80         | 0,50         | 0,14         |
| Reflexní materiál [m <sup>2</sup> ]                    | 0,20         | 0,13         | 0,10         |
| Materiál s kombinovanými vlastnostmi [m <sup>2</sup> ] | -            | -            | 0,20         |

## Třídy

Definice tříd podle normy *ČSN EN ISO 20471:2013 (832820) Oděvy s vysokou viditelností – Zkušební metody a požadavky*.

### Třída 3 – nejvyšší úroveň ochrany

Je vyžadována pro všechny osoby pracující na dálnicích nebo v jejich blízkosti nebo v blízkosti dvoupruhových cest nebo letišť. Musí obsahovat minimálně 0,80 m<sup>2</sup> podkladového materiálu a 0,20 m<sup>2</sup> retroreflexního materiálu.

### Třída 2 – střední úroveň ochrany

Vyžaduje se pro všechny osoby pracující na silnicích třídy A a B nebo v jejich blízkosti, také pro řidiče dodávek. Musí obsahovat minimálně 0,50 m<sup>2</sup> podkladového materiálu a 0,13 m<sup>2</sup> retroreflexního materiálu.

### Třída 1 – minimální úroveň ochrany

Minimální úroveň ochrany požadovaná pro osoby pracující na vedlejších cestách nebo pro použití ve spojení s oděvem vyšší třídy. Musí obsahovat minimálně 0,14 m<sup>2</sup> podkladového materiálu a 0,10 m<sup>2</sup> retroreflexního materiálu. [5] [33]

Jelikož nejsou nikde uvedena přesná pravidla pro běžné oděvy používané chodci a cyklisty ke zvýšení jejich viditelnosti a s tím spojené bezpečnosti během noci, vznikla studie, kde *Iizuka T., Kawamorita T., Takenaka Ch. a spol.*, zkoumali působení podmínek západu slunce na zvýšeně nápadné oděvy. Snažili se vytvořit standard pro vysoce viditelné oděvy nošené běžnými uživateli tak, aby mohli informovat výrobce o výsledcích studie a průkazné statistice výzkumu. Bylo například zjištěno, že se zvyšuje nápadnost viditelných materiálů u běžného oděvu neprofesionálního užití, při použití kombinace dvou barev, které tvoří kontrast. Jednou z nich je výše zmíněná fluorescenční barva a

druhou barvou je kontrastní černá. Měření prokázala, že výsledky závisí i na střídání těchto barev ve vzoru a na jejich tloušťce. Účastníci experimentu vyhodnotili pruhy a šachovnici jako nejnápadnější vzor při prostorové frekvenci 5.0 cpd (cykly na stupeň). Bylo také konstatováno, že velký vliv má úhel a směr umístění pruhů. Respondentům nejvíce vyhovovalo diagonální umístění v 165° úhlu. [18]

### 2.1.2 Norma upravující ochranu proti dešti

Voděodolnost oděvů řeší norma *ČSN EN 343 (832761) Ochranné oděvy – Ochrana proti dešti*, upravující odolnost oděvů proti dešti, sněhu, větru a zároveň odvádění vlhkosti z oděvu (paropropustnost). [23]

#### Voděodolnost

Schopnost materiálu odolávat vodě se vyjadřuje výškou vodního sloupce, který je tento materiál schopen udržet, než začne bezprostředně vodu propouštět. Většinou se udává v *mm* vodního sloupce a platí, že čím vyšší sloupec materiál udrží, tím více je schopen odolávat promoknutí.

Testování zahrnuje i tzv. předúpravu - 5 cyklů praní a sušení, oděr, působení pohonných hmot a oleje (60') a opakovaný ohyb (9 000 cyklů). Podle odolnosti spadá oblečení do jedné ze 3 tříd. [23]

Jedním z přístrojů pro měření výšky vodního sloupce je Hydrostatic Head Tester.

**Tabulka 2.** Třídy ochrany proti dešti dle normy ČSN EN 343 – voděodolnost [23]

|                           | Třída 1    | Třída 2    | Třída 3    |
|---------------------------|------------|------------|------------|
| Materiál před předúpravou | ≥ 800 mm   | nezkoušeno | nezkoušeno |
| Švy před předúpravou      | ≥ 800 mm   | ≥ 800 mm   | ≥ 1300 mm  |
| Materiál po předúpravě    | nezkoušeno | ≥ 800 mm   | ≥ 1300 mm  |

### 2.1.3 Norma pro hodnocení propustnosti vodních par

Norma, které hodnotí propustnost vodních par je *ČSN EN ISO 11092 (800819) Textilie – Fyziologické účinky – Měření tepelného odporu a výparného odporu za stálých podmínek (zkouška pomocí vyhřívané desky simulující efekt pocení)*. [34]

#### Propustnost vodních par

Propustnost vodních par je vlastnost materiálu převádět výpary do vnějšího prostředí. Lze ji vyhodnotit v různých hodnotách.

- **MVTR** (Moisture vapor transmission rate = rychlost přenosu vodní páry) metoda pro měření propustnosti vodních par, udává se v  $g/m^2/24hodin$ . To znamená, kolik vlhkosti v gramech propustí jeden  $m^2$  za jeden den. Vyšší hodnota znamená lepší „dýchatelnost“ materiálu.
- **Ret** (Resistance to vapour transfer) v jednotkách  $[Pa.m^2/W]$ . Vyjadřuje výparný odpor, který klade materiál průchodu vodních par. Ret je možné u jednotlivých vrstev oděvů sčítat a měřit tak propustnost vodních par celého systému oblečení. Čím je jeho hodnota vyšší, tím je materiál méně propustný pro vodní páry. To znamená, že čím je hodnota Ret nižší, tím je vyšší komfort oděvu.

Ret měří odpor, který je vodní páře kladen, naopak MVTR měří prostup vodních par.

**Tabulka 3.** Klasifikace propustnosti vodních par v uvedených jednotkách [34] [7]

| Hodnocení    | Hodnoty propustnosti vodních par Ret $[Pa.m^2/W]$ | Hodnoty propustnosti vodních par MVTR $[g/m^2/24 h]$ | Možnost použití                  |
|--------------|---|--|----------------------------------|
| Velmi dobré  | Ret <6  | > 20 000 $g/m^2$ za 24 h                             | Vhodné pro běhání                |
| Dobré        | Ret 6–13  | 9 000 – 20 000 $g/m^2$ za 24 h                       | Vhodné pro chůzi a rychlou chůzi |
| Uspokojivé   | Ret 13–20   | 5 000 – 9 000 $g/m^2$ za 24 h.                       | Vhodné pro chůzi                 |
| Neuspokojivé | Ret > 20  | <5 000 $g/m^2$ za 24 h                               |                                  |



Propustnost vodních par, tedy schopnost materiálu odbourat vlhkost, ovlivňuje několik faktorů. Jsou to zejména počasí, intenzita zátěže a způsob oblékání. Rychlost a směr převodu vlhkosti jsou závislé na rozdílném tlaku na opačných stranách oděvu. „*Jedná se o mechanismus difuze. Ta nastává u propustných membrán, kdy na základě rozdílných koncentrací na vnější a vnitřní straně membrány prochází látka z místa o vyšší koncentraci do míst s nižší koncentrací až do vyrovnání koncentrace. Tento princip probíhá bez nutnosti dodávky některé formy energie.*“ [7]

Vysoce viditelné oděvy jsou obvykle využívány pracovníky, kteří v nich musí aktivně vykonávat svou práci po celou pracovní dobu nebo sportovci. Fyzická aktivita i duševní aktivita je doprovázena výdejem a příjmem tepla. I malý výdej tepla je spjat s pocením. Pocení je přirozený proces, který v lidském těle udržuje stálou teplotu tak, že tělo vylučuje vodní páru, aby si zajistilo termoregulaci. Z tohoto důvodu musí být produkt paropropustný a dostatečně odvádět vylučovaný pot do okolí. V opačném případě by mohlo dojít k zvlhnutí spodní vrstvy oblečení. To ovšem s sebou pro uživatele přináší snížení výkonu a diskomfort, který za extrémnějších (jak klimatických, tak fyzických) podmínek může přinést následky jako prochlazení nebo naopak přehřátí organismu. [3]

*David A. Holmes* ve své práci uvádí extrémní případ, kdy tělo dokáže vyprodukovat přes 1kW tepla při velmi namáhavé aktivitě. Aby pokožka zůstala na fyziologicky přijatelné povrchové teplotě 33–35 °C a vnitřní teplotě těla 37 °C za těchto podmínek, musí produkovat pot rychlostí přes 1 litr za hodinu. Aby byl oděv pohodlný, měl by být schopen propouštět vodní páru z vnitřku oděvu do vnější atmosféry podobnou rychlostí. Někteří výrobci textilií uvádějí propustnost vodní páry i nad 16 000 g.m<sup>2</sup>/24 hodin. [22]

### **Prodyšnost**

Prodyšnost je definována jako rychlost proudu vzduchu procházejícího kolmo plochou zkušební vzorku při stanoveném tlakovém spádu a době. Struktura plošných textilií úzce souvisí s jejich prodyšností, jelikož vzduchové póry v textiliích zaplňují případná místa, kde vzduch skrz ni může proudit. Výsledná hodnota je v mm/s.

## 2.2 Mechanické namáhání voděodolných textilií

Vlastnosti oděvních materiálů se během jejich životního cyklu mohou měnit. Textilní lamináty by měly být odolné vůči opakujícímu se namáhání (natahování, ohýbání, stlačování, odírání, údržba praním, působení záření, tepla a potu), které vzniká během nošení, způsobem zacházení s výrobkem při jeho údržbě a také působením okolních podmínek na oděv. Následkem může být uvolňování jednotlivých vláken a ztenčování textilního materiálu. Z tohoto důvodu výrobci testují jak textilní materiály, tak hotové výrobky. Tyto testy by měly napodobit jejich chování během nošení, a proto se mnoho firem v dnešní době snaží nasimulovat různé mechanické poškození materiálu, například ohybovou zkouškou, tj. cyklické namáhání mačkáním, ke kterému běžně dochází v oblasti loktů a kolen nebo běžné odření oděvu v přírodě o strom, které se simuluje například na vrtulkovém odírači.

### Mačkavost

Mačkavost je vlastnost plošné textilie charakterizující její odolnost k vytváření skladů a lomů a schopnost zotavení po odstranění zatížení. K účinkům mačkavosti dochází až po přehnutí (překonání tuhosti) a zatížení, načež vznikne trvalá deformace, která se po čase může částečně zotavit. Mačkavost lze hodnotit na základě stanovení úhlu zotavení, nebo pomocí porovnávání deformovaných vzorků s trojrozměrnými etalony. [20]

### Oděr

K oděru běžně dochází při venkovních aktivitách, jedinec se může omylem otřít o strom či budovu. Oděr má nežádoucí účinky v oděvních aplikacích. Testy oděrem modelují vystavení textilie povrchům, které je mechanicky obrušují. Tímto dochází k jejímu poškození, a tak klesá její užitná hodnota. Dochází k postupnému opotřebení povrchu, což vypovídá o trvanlivosti textilie. Testy tak mají za úkol odhalit, jak odolný je testovaný materiál, jaké vznikají vady a poškození a po vyhodnocení výsledků zlepšit technologii výroby. Podle *Padleckiene* platí, že u voděodolných materiálů „*zvýšení propustnosti vzduchu a snížení odolnosti vůči pronikání vody je nežádoucí indikace procesu nošení a ukazuje tak na poškození a nevhodnost oděvu.*“ [19] [25] [27]

Faktory, které mají vliv na odolnost vůči oděru textilií zmiňuje *Kalaoglu a spol.* [26] ve svém výzkumu. Jsou to:

- jemnost vláken
- druhy příze
- počet přízí
- vazba
- tloušťka materiálu
- konečné úpravy

Tři hlavní akce oděru:

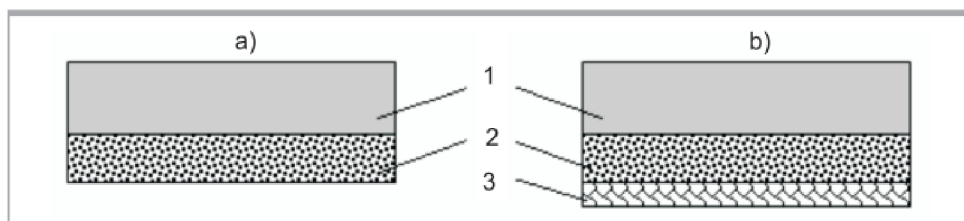
- Tření
- Řez povrchem
- Vytrhání vláken [26]

Studie *Padleckiene a Petrulise* pojednává o prodyšnosti a relativním úbytku hmotnosti u prodyšných tkanin, které jsou odírané přístrojem SDL Atlas Martindale Abrasion and Pilling Tester. [24]

Vzorek materiálu je upevněn do držáků a poté je odírán předepsanou silou o odírací tkaninu, při nastavených počtech otáček. Pomocí normovaných etalonů se zkouška vizuálně vyhodnotí. Dále se hodnotí úbytek hmotnosti.

Pro experiment výzkumníci vybrali 3 vzorky:

- A. Bavlna + Polyester
- B. Polyamid
- C. Polyester + Polyuretan + Polyester (tkanina + membrána + pletená podšívka)



**Obrázek 10.** Schématická struktura vzorků A a B (a) a vzorku C (b); 1 - vnější tkaná tkanina, 2 – zátěr nebo laminát, 3 – pletená podšívka [24]

- Materiál pro odírání: vlna (klesá i účinnost abrazivní části, tudíž pro každé měření musí být použit nový materiál)
- Tlak při oděru: 12kPa
- 50 000, 60 000 a 70 000 cyklů oděru z vnější strany vzorků A, B, C
- 1 500, 2 500 a 3000 cyklů oděru – na vnitřní stranu vzorků A, B
- 20 000, 25 000 a 70 000 cyklů oděru – na vnitřní stranu vzorku C

Determinace poškození oděrem je založena na změně odolnosti propustnosti vzduchu a hmotnosti testované textilie. Prodyšnost byla měřena na přístroji L14DR a hmotnost na přístroji Kern EW 150 - 3M před i po oděru. [24]

Ze studie vyplývá že následky oděru značně zhoršily funkčnost materiálu. Hodnoty prodyšnosti a relativní ztráty hmotnosti materiálu měly tendenci narůstat nelineárně s růstem počtu cyklů oděru. Trojvrstvý laminát (vzorek C) byl odolnější než bavlna s polyesterovým zátěrem a samotný polyamid. U vzorku C pletená podšívka chrání prodyšnou PU membránu před poškozením oděrem na zadní straně. Proto trojvrstvý laminát může být doporučován pro oboustranný oděr. [24]

### **Natahování**

*Padleckiene* tvrdí, že propustnost vzduchu u látek musí být nulová nebo velice nízká. Není vhodné, aby se studený vítr dostal do prostoru mezi pokožku a oblečení, mohl by tak rozptýlit teplý vzduch v blízkosti kůže. Odolnost proti proniknutí větru = měření prodyšnosti. Propustnost vzduchu se zvyšuje s narůstajícím počtem cyklů protažení. Má velký vliv u mikroporézního zátěru, zatímco makroporéznost tkaných tkanin má malý vliv na propustnost vzduchu. [19]

V rámci experimentu, kde *Padleckiene a spol.* [19] zkoumá vlastnosti jako je prodyšnost, propustnost vodních par a voděodolnost a vyhodnocuje tím následnou velikost deformace materiálu po cyklickém mechanickém namáhání, konkrétně při zvyšování roztažnosti v cyklech, byly použity dva vzorky textilie:

- A. Trojvrstvý laminát – vnější vrstva 100% polyester (PES) + vnitřní hydrofilní polyuretan (PU) membrána + podšívka pletený 100% polyester (PES)
- B. Tkaný 100% polyamid (PA) + pokrytý mikroporézním polyuretanem (PU)

Mechanické namáhání bylo simulováno tahem (metodou pevného prodloužení) na přístroji ZwickRoell Z005 při rychlosti křížové hlavy 100 mm/min a vzdálenosti svorky 200 mm. Vzorky byly nataženy na prodloužení ( $\epsilon$ ) 15 %, 20 % a 25 % pro konkrétní počet

protahovacích cyklů (n), n = 100, 180 a 260. Před a po byla měřena odolnost proti vodní páře (Ret) podle ISO 11092 na zařízení Sweating Guarded Hotplate M259b a propustnost vody na zařízení Shirley Hydrostatic Head Tester M018. [19]

Výsledek experimentu potvrzuje, že propustnost vodní páry u prodyšných materiálů se ve srovnání s počátečními hodnotami zvyšuje. Při porovnání výsledků obou vzorků bylo zjištěno, že u vzorku B se objevily vyšší hodnoty propustnosti vodních par než u vzorku A, ve srovnání s počátečním měřením. Z toho vyplývá, že vzorek A, tedy trojvrstvý laminát, je díky své struktuře stabilnější a odolnější než tkanina pokrytá mikroporézní membránou. [19]

Zvýšení propustnosti vodních par je žádoucí kvůli komfortu při nošení oděvů z těchto materiálů. Nárůst propustnosti vodních par je po mechanickém namáhání způsoben poškozením (otevřením) struktury materiálu. *Padleckiene* srovnává toto tvrzení se studií *Jassal a spol.*, kteří došli k závěru, že vyšší počet mikropórů či vyšší hydrofilnost membrány může také zvyšovat propustnost vodních par. [19]

Studie [19] nás utvrzuje i o tom, že se zvyšujícím se prodloužením vzorků klesá odolnost vůči pronikání vody.

### Údržba – praní

Základním požadavkem nositele textilního oděvu je čistota a dlouhá životnost výrobku. Proces praní má na prádlo velký vliv, jelikož při něm dochází k poškození mechanickými i chemickými vlivy. Na prádlo během pracího cyklu působí detergenty, voda, teplota, tah,



Obrázek 11. Symboly údržby [31]

mačkání atd. Oba vlivy tak mohou urychlit postupné snižování funkčnosti, účelu a vést až k poškození oděvu. Poškození se mohou projevit jako změna odstínu barvy, změna tvaru nebo změna vlastností textilie. Aby nedocházelo k velkému znehodnocení textilií je důležité dodržovat určité technologické podmínky a držet se symbolů údržby, které jsou na konkrétním výrobku vždy uvedeny ve formě piktogramů (obr. č. 11).

Při složení oděvů z více materiálů je třeba stanovit způsob údržby s ohledem na materiál, který je z nich nejvíce náchylný. Údržba v sobě standardně zahrnuje praní,

chemické čištění, žehlení, bělení a sušení. Většina firem u svých oděvů s vysokou viditelností uvádí, že jsou vhodné k praní v automatické pračce, při teplotě do 40°C. Vyšší teplota zpravidla není doporučena, protože může vést k poškození vláken. Nedoporučuje se používat aviváž, která zanechává film na vláknech a prokazatelně tak snižuje propustnost vodních par. [29]

### **UV záření**

Přirozené UV záření má velký vliv na degradaci, zejména vyblednutí podkladového materiálu, který se používá pro výstražné oděvy s vysokou viditelností. V důsledku toho může viditelnost uživatelů takového oblečení klesnout i pod spodní limity určené normou. Dále se vlivem UV záření může snižovat odolnost vůči protrhnutí, ztráta pevnosti vláken a snížení charakteristických vlastností textilie. U pracovních a sportovních oděvů, které jsou vystavovány vysokému napětí, to může být právě problematické. Mezi nejčastější destruktivní faktory patří: sluneční záření, kyslík a voda. UV záření způsobuje fotochemické reakce, které mají za následek ztrátu mechanické a chemické odolnosti materiálů, které jsou právě jemu vystavovány. Navíc barviva použitá v materiálech blednou a textilie tak stárnou rychleji. [30]

## Experimentální část

Záměrem experimentu bylo simulovat namáhání materiálů pro výrobu lehkých cyklistických bund s vysokou viditelností při běžném nošení a údržbě. Otázkou může být jak pravidelně a za jakých podmínek je třeba vyměnit oděvy s vysokou viditelností, aby stále splňovaly podmínky a své specifické vlastnosti. Ideální laboratorní zkouška by tak měla dokázat nasimulovat zrychlený postup při běžném užívání.

V rámci experimentu probíhalo zjišťování klíčových vlastností původního materiálu a vlastností po mechanickém namáhání jako je praní, oděr a UV záření. Následné stanovení závislosti vlivu těchto namáhání na vlastnosti materiálu. Vybranými vlastnostmi byla paropropustnost, prodyšnost a výška vodního sloupce.

Pro experiment byly zvoleny dva materiály, které byly podrobeny uvedeným zkouškám.

Experimentální část je rozdělena na:

- laboratorní namáhání – testování vlivu praní, oděru a ultrafialového záření
- laboratorní hodnocení – měření vlastností dvojvrstevných textilních laminátů s vysokou viditelností před a po namáhání

### 2.3 Charakteristika použitých materiálů

Materiály, které byly pro experimentální část použity poskytla firma Atex. Charakteristika materiálů je uvedena v tabulce níže (tabulka č. 4) a fotografie vzhledu materiálů v tabulce č. 5.

Plošná hmotnost a tloušťka materiálu byla měřena v laboratoři TUL na Katedře oděvnictví dle norem: ČSN EN 12127 (80 0849) Textilie – Plošné textilie – Zjišťování plošné hmotnosti pomocí malých vzorků [35]; ČSN EN ISO 5084 (80 0844) Textilie – Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků, pomocí přístroje Digitální tloušťkoměr SDL M034 A [36]. U každé zkoušky bylo provedeno 6 měření, z nichž byl vypočítán aritmetický průměr. Vzorky měly rozměr 100 x 100 mm. Pokud je odstřížen vzorek jiné velikosti, výsledek je potřeba přepočítat na m<sup>2</sup>.

## M1 – Sunrise – Rainflex

Sunrise – Rainflex je dvouvrstvý membránový materiál svítivě růžové barvy. Výrobce uvádí, že je to materiál lehký, velice elastický, a proto je vhodný pro výrobu tenkých oděvů, které chrání před větrem a deštěm a zároveň zaručuje vynikající prodyšnost membrány Zero Wind. Spodní vrstva síťované struktury pohlcuje vnitřní vlhkost a rovnoměrně ji tak přivádí k membráně. Materiál je měkký a příjemný na těle.

## M2 – Baikal Wr – Rainsoft

M2 – Baikal Wr – Rainsoft je dvouvrstvý membránový materiál svítivě žluté barvy s povrchovou úpravou.

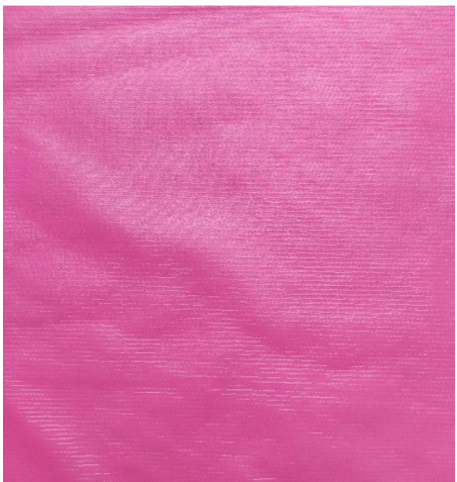
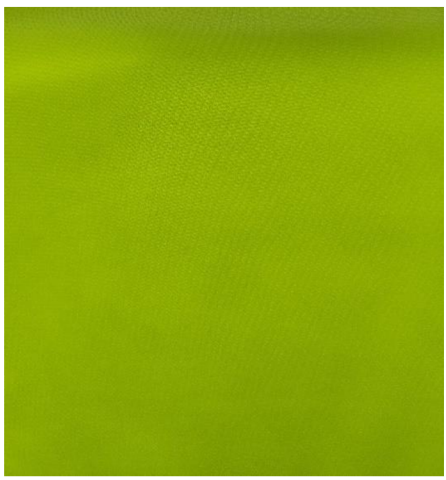

Výrobce uvádí, že je tento materiál spojením technologie a praktičnosti. Je větru odolný, neprodyšný a voděodolný, zároveň je extrémně lehký a pružný. Při správném podlepení páskou stejného výrobce (Pidigi) se stane zcela odolným proti dešti díky vodoodpudivé úpravě aplikované na vnější tkaninu. Mechanická elasticita, kterou je vybaven, umožňuje slim – fit konstrukce oděvů pro cyklistický svět, zatímco s jemnějším tvarováním je ideálním společníkem pro běh a dlouhé chůze po přírodních krajinách i za nepříznivého počasí. Na omak je materiál příjemný, hladký, měkký a vzhledově je matný.

Tabulka 4. Základní parametry použitých textilií

| Materiál | Obchodní název | Materiálové složení – vrchní vrstva | Materiálové složení – membrána | Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ] | Tloušťka [mm] |
|----------|----------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| M1       | Rainflex       | 94% polyamid + 6% elastan           | 100% polyester (hydrofilní)    | 99,2                                | 0,39          |
| M2       | Rainsoft       | 100% polyester – WR C6              | 100% polyuretan (hydrofilní)   | 60,1                                | 0,23          |



**Tabulka 5. Vzhled vybraných textilií**

| <b>Název</b>    | <b>Líc</b>   | <b>Rub</b>   |
|-----------------|--|--|
| <b>Rainflex</b> |  A rectangular sample of pink fabric with a fine, regular weave. The color is a vibrant magenta-pink. The texture appears smooth and consistent across the surface. |  A rectangular sample of pink fabric, the reverse side of the front view. It shows the same fine weave and color, but with a slightly different texture due to the reverse side of the weave.    |
| <b>Rainsoft</b> |  A rectangular sample of lime green fabric with a fine, regular weave. The color is a bright, saturated green. The texture is consistent and smooth.               |  A rectangular sample of lime green fabric, the reverse side of the front view. It shows the same fine weave and color, with a slightly different texture due to the reverse side of the weave. |

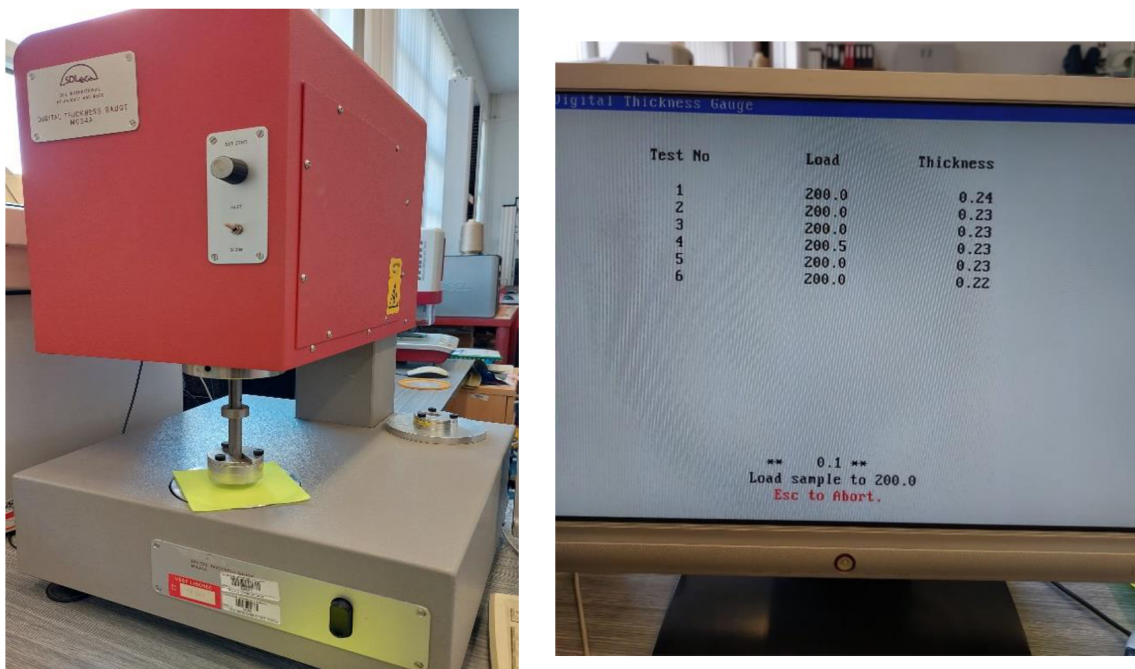
### 3 Charakteristika použitých zařízení

#### 3.1 Tloušťka plošných textilií

Tloušťka textilie je kolmá vzdálenost mezi dvěma definovanými deskami, přičemž na textilii působí přítlak 1kPa nebo nižší. Testování bylo realizováno v laboratořích KOD na digitálním tloušťkoměru SDL M034 A (obr. č. 12 vlevo). Měřeno dle normy EN ISO 5084 (80 0844) Textilie – zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků. [36]

##### Popis zařízení

Vzorek je umístěn mezi dvě čelisti, z nichž horní je pohyblivá, vyvíjející přítlak a spodní nepohyblivá deska s rovným povrchem. Podmínky měření jsou přesně stanovené normou (přítlak a doba zatížení).



**Obrázek 12.** Digitální tloušťkoměr SDL M034 A (vlevo); Počítačový program tloušťkoměru (vpravo)

##### Příprava vzorků a postup měření

- Pro měření se používají dva druhy vyměnitelných kotoučů. První má kruhový rozměr 20 mm<sup>2</sup> při tlaku 1000 Pa a druhý má rozměr 100 mm<sup>2</sup> při tlaku 100 Pa.
- Spodní deska má průměr alespoň o 50 mm větší, než je průměr přítlačného kotouče.

- Při novém měření je nutné nastavit jednotky na počítači. Nastavuje se zatížení (Pascal, libra/ čtvereční palec, gramy) a tloušťka (palec, mm). Totožné jednotky se nastavují i na měřidle přístroje.
- Nastaví se způsob ukládání naměřených dat, velikost přitlaku a přitlačná plocha.
- Přitlačná patka se nadzvedne tak, aby bylo možné položit měřený vzorek na spodní desku. Každý vzorek má určitou hmotnost, proto je důležité tuto hodnotu eliminovat. To provedeme otočným kolečkem, kterým hodnotu zátěže vynulujeme.
- Horní pohyblivá patka je ovládaná tlačítkem a je potřeba ho ovládat opatrně. Pomalou rychlostí směrem dolů působí na textiliu přitlačná patka do požadovaného přitlaku.
- Na obrazovce počítače se objeví výsledky měření, které je možné akceptovat či odmítnout.
- Přitlačná patka se opět nadzvedne, vyndá se již změřený vzorek a dá se nový. Vždy je potřeba sledovat, zda je hmotnost vynulována před zahájením dalšího měření.
- Po skončení zkoušek se zobrazí statistická analýza. [36]

### **Podmínky experimentu**

- Při tomto měření byla zvolena první možnost, tedy 20 mm<sup>2</sup> při tlaku 1000 Pa.
- U všech sad vzorků proběhlo 6 měření.

## **3.2 Měření propustnosti vzduchu**

Podstatou zkoušky je měření rychlosti proudu vzduchu, procházejícího kolmo na jednotku plochy textilie, při stanoveném tlakovém spádu. Měření probíhalo na přístroji SDL M021S (obr. č. 13) a odpovídá normě ČSN EN ISO 9237 (80 0817) Textilie – Zjišťování prodyšnosti plošných textilií. [37]

### **Popis zařízení**

Vzduch je nasáván přes vzorek plošné textilie pomocí vakuovacího čerpadla, které se ovládá pomocí pedálu. Průtok vzduchu se reguluje izolovanými ventily a jeho hodnota je odečítána na stupnici jednoho ze čtyř průtokoměrů, jejichž rozsah je:

- Průtokoměr 1. = 0,1 – 1 [ml.s<sup>-1</sup>]

- Průtokoměr 2. = 0,4 - 5,8 [ml.s<sup>-1</sup>]
- Průtokoměr 3. = 4 - 40 [ml.s<sup>-1</sup>]
- Průtokoměr 4. = 40 - 400 [ml.s<sup>-1</sup>]



**Obrázek 13.** Zařízení SDL M021S pro měření prodyšnosti plošných textilií

Doporučené zkušební podmínky:

- zkušební plocha: 20 cm<sup>2</sup>
- tlakový spád: 100 Pa pro oděvní textilie

V případě, kdy tyto tlakové rozdíly nelze zajistit či nejsou vhodné, je možné použít alternativní tlakový spád 50 Pa nebo 500 Pa, či použít alternativní zkušební plochu (5, 50, 100 cm<sup>2</sup>).

#### **Příprava vzorků a postup měření**

- Přístroj se zkalibruje, zkontroluje se nulový výchozí stav a zda jsou ventily správně uzavřené.
- Vzorek textilie se upne do kruhového držáku. U textilií jejichž strany mohou být různě prodyšné se zvolí strana, kterou chceme testovat a poté se uvede do protokolu. Vzorek, který je vložen na kruhový držák lícem nahoru simuluje odolnost vůči pronikání větru z okolního prostředí. Naopak vzorek upnutý do

držáku rubem nahoru simuluje prodyšnost směrem od organismu do okolního prostředí.

- Uložený vzorek materiálu se řádně napne, položí se na něj těsnění a zafixuje se pomocí otočného šroubu, který se silou utáhne. Je potřeba se vyhnout švům, zmačkaným místům a skladům.
- Nastaví se vybraný průtokoměr a sešlápně se pedál nasávacího zařízení, který umožní nasávání vzduchu přes zkušební vzorek. Průtok vzduchu se pomalu seřizuje pomocí ventilu průtokoměru tak, aby na zkušební ploše materiálu vznikl výše doporučený tlakový spád.
- Po dosažení ustálených podmínek se průtok vzduchu zaznamená.
- U všech sad vzorků proběhlo 5 měření.
- Z jednotlivých měření se vypočítá aritmetický průměr. Následně se dosadí do vzorce pro prodyšnost R.
- Propustnost vzduchu se vypočítá vztahem:

$$R = \frac{\overline{qv}}{A} * 10$$

$\overline{qv}$ ... aritmetický průměr rychlosti průtoku vzduchu v [ml.s<sup>-1</sup>] nebo [cm<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>]

A... zkoušená plocha textilie v [cm<sup>2</sup>] A=20 cm<sup>2</sup>= plocha čelisti

10 ... přepočítání z [ml.s<sup>-1</sup>.cm<sup>-2</sup>] na [mm.s<sup>-1</sup>] [37]

Příklad výpočtu prodyšnosti R u materiálu Rainflex:

$$R = \frac{5}{20} * 10$$

$$R = 2,5 \text{ mm/s}$$

Další výpočty probíhaly stejně.

### **Podmínky experimentu**

- Při tomto experimentu byla zvolena varianta s alternativním tlakovým spádem 500 Pa se zkušební plochou 20 cm<sup>2</sup>.
- Byla testována prodyšnost z lící strany textilií, která simuluje odolnost vůči pronikání větru z okolního prostředí k nositeli

### 3.3 Metoda stanovení propustnosti pro vodní páry

Podstatou zkoušky je měření paropropustnosti (RWVP) a výparného odporu (Ret) na přístroji Permetest (obr. č. 14). Měření odpovídá normě ČSN EN ISO 11092 (80 0819). Textilie – Fyziologické účinky – Měření tepelného odporu a výparného odporu za stálých podmínek (zkouška pomocí vyhřívané desky simulující efekt pocení). [38]

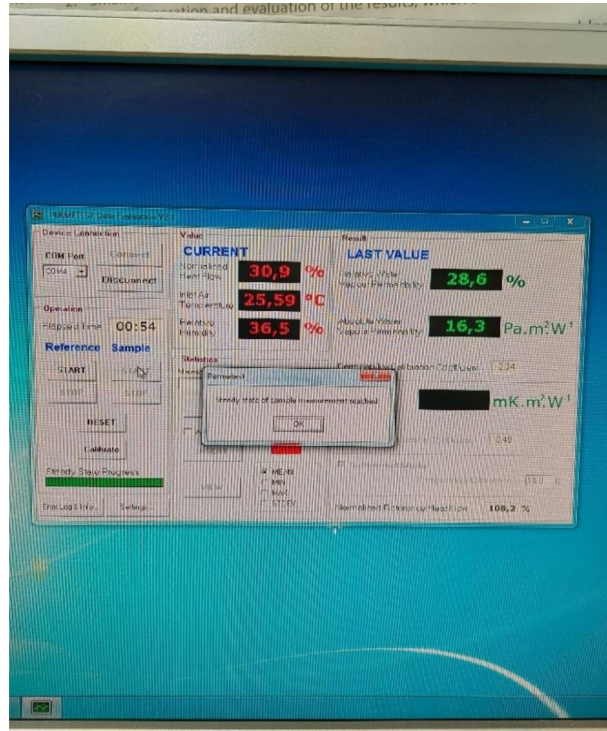
#### Popis zařízení

Permetest je zařízení, které se používá pro stanovení paropropustnosti (RWVP) a výparného odporu (Ret) materiálu bez destrukce. Říká se mu tzv. Skin model neboli model lidské pokožky, kde díky zvlhčovanému poréznímu povrchu měřící hlavy přístroje dochází k simulaci podmínek nošení oblečení s produkcí potu. Pot je simulovaný vodou, mění se v páru, která je do přístroje vstříkována stříkačkou ještě před zahájením samotného měření. Vzorek textilie je pokládán rubní stranou na porézní povrch měřící hlavy se separační polopropustnou fólií a jeho vnější strana je ofukována proudem vzduchu o rychlosti 1 m/s. Měření je prováděno za izometrických podmínek (zde 23°C), stejně jako u jiných systémů s tzv. skin modelem. V tomto případě to zahrnuje teplotu povrchu modelu kůže, teplotu vzorku a teplotu vzduchu. Přístroj se po každém měření kalibruje. [38]



Obrázek 14. Zařízení Permetest

Přístroj je napojen na počítač, kde je spuštěn program Permetestr (obr. č. 15). Program umí zobrazovat, ukládat a statisticky vyhodnocovat naměřené hodnoty (RWVP, Ret). Tyto hodnoty se používají k vyjádření termofyziologických vlastností textilií a oděvů.



Obrázek 15. Počítačový program Permetestr

Výparný tepelný tok  $q$  je měřen snímačem. Hodnota výparného tepelného toku je přímo úměrná paropropustnosti (RWVP) a nepřímo úměrná jejímu výparnému odporu (Ret). Čím je vyšší paropropustnost (RWVP), tím je nižší hodnota výparného odporu (Ret) a tím je lepší tepelný komfort oděvu. [38]

### Příprava vzorků a postup měření

- Doplní se voda do přístroje pomocí stříkačky.
- Stisknutím tlačítka *Reference – Start* se změří tepelný tok bez vzorku
- Pomocí kalibrační tkaniny, u které jsou hodnoty RWVP a Ret již známé, je provedeno druhé měření. Zahájí se tlačítkem *Sample – Start*. Tak je změřen tepelný tok se vzorkem, u kterého známe hodnoty.
- Po tomto měření se přístroj pomocí tlačítka *Calibrate* zkalibruje.
- Poté může probíhat měření připravených vzorků.
- Začne se stisknutím tlačítka *Reference – Start*, tím je zjištěn tepelný tok bez vzorku. Dále se vzorek materiálu vloží rubní stranou na měřicí hlavici přístroje a

je stisknuto tlačítko *Sample – Start*. Po uplynutí určité doby (méně než 3 minuty) je zjištěna hodnota tepelného toku, propustnost pro vodní páry a výparný odpor vzorku.

- Následně jsou hodnoty zaznamenány a zobrazeny v počítačovém programu Permetestr (obr. č. 15). Hodnoty je možné uložit tlačítkem Insert do paměti programu a následně si zobrazit statistický výpočet veličin tlačítkem *View*.

#### **Podmínky experimentu**

- U všech sad vzorků proběhlo 5 měření.

### **3.4 Metoda stanovení odolnosti proti pronikání vody pod tlakem**

Odolnost textilií vůči pronikání vody pod tlakem byla měřena na zařízení Shirley Hydrostatic Head Tester M018 (obr. č. 16), které je v laboratoři Katedry oděvnictví. Měření probíhá dle normy ČSN EN ISO 811 (80 0818). Textilie – Stanovení odolnosti proti pronikání vody – Zkouška tlakem vody. [39]

Hydrostatický tlak, který je textilie schopná udržet, je mírou odolnosti plošné textilie vůči pronikání vody. Na jednu stranu vzorku plošné textilie působí stále se zvětšující tlak vody, dokud nedojde k proniknutí kapek vody na třech místech. Při třetím průniku vody, je třeba bedlivě sledovat hodnotu tlaku na měřidle přístroje a ihned ji zaznamenat. Tlak vody může na zkušební vzorek materiálu působit z vrchu či zespodu. Zvolenou možnost je nutné uvést v protokolu. Výsledkem je reálné chování výrobků z plošných textilií vystavených působení tlaku.



## Popis zařízení

Přístroj je větších rozměrů. Má obdélníkový tvar s posuvným pístem, do kterého se plní voda. Textilie se upne do kruhového podstavce, tak aby po zajištění hlavicí přečnívaly okraje. Plocha 100 mm<sup>2</sup> je následně vystavena zvyšujícímu se tlaku vody. Zařízení je vybaveno elektronickým počítadlem, které stanoví výšku vodního sloupce v centimetrech.



Obrázek 16. Zařízení Shirley Hydrostatic Head Tester M018

Činidla: Voda 3. stupně, podle ČSN ISO 3696 (684051). Jakost vody pro analytické účely. Specifikace a zkušební metody.

Voda, která působí na vzorek má teplotu 20°+2°C nebo 27°C+2°C. Zvolená možnost musí být uvedena v protokolu o zkoušce, protože ovlivňuje konečné výsledky. [39]

### Příprava vzorků a postup měření

- Textilie se upne do kruhového podstavce, tak aby po zajištění hlavicí přečnívaly okraje (obr. č. 17). Plocha 100 mm<sup>2</sup> je pak vystavena zvyšujícímu se tlaku vody. Při upínání vzorku zkoušené textilie by se mělo dbát na to, aby nevznikaly žádné sklady a pomačkání na textílii.
- Pro každé měření vzorku textilie se použije čerstvě destilovaná voda, která do přístroje vtéká hadičkou napojenou na barel.

- Zkouška se zahájí tlačítkem *Start* a následně je voda vytlačována stlačeným vzduchem, který vyvíjí tlak na povrch látky. Tlak je automaticky upraven podle nastavené rychlosti nárůstu.
- Měřený vzorek textilie během zkoušky mění tvar a tvoří kulový vrchlík kvůli působení tlaku.
- Po proniknutí třech kapek na povrch látky se měření zastaví tlačítkem *Read*, zaznamená se výška vodního sloupce a stisknutím tlačítek *Start* a *Read* najednou se ukončí jednotlivé měření.
- Šroub se povolí a těsnící hlavice se dá na stranu, vzorek plošné textilie se může volně vyndat.
- Zkontroluje se hadička s přívodem vody a pokud je se v ní nachází vzduch, musí se vysát, hadička se našroubuje zpět k přístroji.
- Zkontroluje se hladina vody v kruhovém podstavci, v případě nedostatku se doplní.
- Jakmile přestane svítit červené tlačítko, zařízení je připraveno k dalšímu měření, můžeme upnout nový vzorek a zahájit měření.

### Podmínky experimentu

- Pro tento experiment byla zvolena varianta druhá, tedy působení tlaku zespodu
- Pro tento experiment byla zvolena teplota vody 20°C ±2°C.
- Každá sada vzorků byla 3x změřena.
- Vzorky zkušebních materiálů mely rozměr 180 x 180 mm.



**Obrázek 17.** M1 (vlevo) M2 (vpravo) upnutý v přístroji Shirley Hydrostatic Head Tester M018

### 3.5 Stanovení odolnosti vůči praní

Norma ČSN EN ISO 6330 (800821) Textilie – Postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií. [41]

#### Popis zařízení

Pro domácí praní vzorků byla použita pračka AEG model L76270SL (obr. č. 18).



**Obrázek 18.** Pračka AEG model L76270SL

Dle výrobcem uvedených symbolů údržby lze materiály prát na jemný cyklus při teplotě do 30°C s oblečením podobných barev, za použití jemných pracích gelů šetrných k membránovým materiálům, bez obsahu bělidel a výhradně bez aviváže. Teplota žehlení je maximálně 110°C, pokud možno bez použití páry; nelze chemicky čistit. Oblečení nesušit v sušičce, na radiátorech či na přímém slunci. Ihned po vyprání nechat oděv volně vyvěsit a rovnoměrně vyschnout.

#### Příprava vzorků, postup měření a podmínky experimentu

- Vzorky měly rozměr 360 x 360 mm.
- Zvolený prací program byl nastaven na “20 Min. - 3 kg – Lehce zašpiněné bavlněné a syntetické prádlo.” Program je určen pro prádlo, které není hodně znečištěné (obr. č. 20). Maximální množství prádla při zvoleném programu jsou tři kilogramy a referenční rychlost odstředování je 1200 otáček za minutu. Testované vzorky textilií byly v pracích cyklech doplněny jinými textilními oděvy podobné barvy, aby se dodržela doporučená hmotnost.

- Teplota vody při zvoleném programu byla 30°C, což je doporučená teplota pro domácí praní sportovních oděvů.
- Pro praní byl zvolen gelový prací prostředek značky Woolite – Keratin Therapy Pro-care (obr. č. 19). Dávkování pracího prostředku bylo 60 ml.
- Po vyprání se vzorky sušily v závěsu v místnosti, kde bylo 22° C a +/- 65% vlhkost.
- Bylo provedeno 5 pracích cyklů.



**Obrázek 19.** Program praní (30°C; 1200 otáček/min; 20 minut)



**Obrázek 20.** Prací prostředek

### 3.6 Stanovení odolnosti v oděru

#### Popis zařízení

Za účelem posouzení kvality materiálu při opotřebení oděrem se používá zařízení tzv. vrtulkový odírač (obr. č. 21). Norma: ČSN 80 0833. Plošné textilie. Stanovení odolnosti v oděru na vrtulkovém odírači. Jedná se o menší zařízení, které má válcovou komoru s vrtulkou. Do komory se vkládá brusné plátno (obr. č. 22), o které se materiál odírá, když je v chodu. Komora je uzavřena víkem, které se pevně přišroubuje tak, aby se během testování neotevřelo. Na přístroji se nachází tlačítko pro zapnutí/vypnutí, další pro nastavitelnost času průběhu testování, pro počet otáček a tlačítko I/O pro pozastavení zkoušky. Vzorky jsou zváženy před a po namáhání a výsledkem je tedy úbytek hmotnosti v procentech. [27] [42]

Během odírání na vzorek zároveň působí i jiné mechanické vlivy. Je namáhán tlakem, ohybem, nárazem, třením či napínáním.



**Obrázek 21.** Komorový vrtulkový odírač, pohled ze strany (vlevo), pohled zepředu (vpravo)



**Obrázek 22.** Brusný papír č. 320

### **Příprava vzorků a postup měření**

- Do válcové komory přístroje je vloženo brusné plátno. To je nutné po každém testovaném materiálu vyměnit za nové, aby byly pro všechny vzorky zajištěny stejné podmínky.
- Nastaví se počet otáček za minutu a také doba trvání zkoušky pro každý vzorek materiálu.
- Vzorky materiálu jsou jednotlivě před namáháním zváženy.
- Vzorek je vložen do přístroje co nejvíce zmačkaný. Komora přístroje se řádně uzavře a zařízení se zapne, čímž začne zkouška. Po uplynutí nastavených minut se zařízení samo vypne a vzorek je třeba lehce očistit od nečistot a opět zvážit. Po každém testování je přístroj zbaven malých nečistot pomocí vysavače.

### **Podmínky experimentu**

- Brusné plátno číslo 320.
- Po několika zkušebních testech je přístroj pro tuto konkrétní zkoušku nastaven na 1000 otáček, po dobu trvání zkoušky 3 minut, pro každý vzorek materiálu.
- Vzorky materiálu o velikosti 180 x 180 mm.
- Každý materiál je 3x měřen.

## **3.7 Stanovení odolnosti vůči UV záření**

### **Popis zařízení**

Laboratorní zařízení Atlas UVCON (obr. č. 23) se využívá pro alternativní vystavování materiálů expozici ultrafialového záření a kondenzaci (bez záření). Simuluje působení slunečního záření na materiály a umožňuje tak testovat jejich stárnutí a odolnost vůči UV záření.

Přístroj obsahuje osm UVA - 340 fluorescenčních ultrafialových lamp. Radiační energie ze zářivek se koncentruje v oblasti vlnové délky pod 350nm. Přestože podíl UV záření ve slunečním světle dosahuje jen okolo 5%, způsobuje 95% degradace. [32]

Z bezpečnostních důvodů je zařízení vybaveno automatickým vypnutím zářivek při otevření kterýchkoliv z dvířek testovací komory. Tím je obsluha chráněna náhodnému vystavení se škodlivosti UV záření. [32]

### Obecné rozložení komponentů:

- Horní část zahrnuje:
  - Ovládání teploty – nastavení a signalizace teploty ve zkušební komoře se nastavuje pomocí digitálního panelového měřiče.
  - Digitální panelový měřič – je připojen k senzoru černého panelu, indikuje jeho teplotu i teplotu zkušebních vzorků
  - Senzorová jednotka černého panelu
  - Časový měřič
- Prostřední část zahrnuje:
  - Zdroj ultrafialového světla – zkušební komora s UV zářivkami
  - Úložný rošt pro vzorky a držáky
  - Ohřívač vody a vzduchu
- Spodní část zahrnuje:
  - Odkládací prostor pro náhradní UV lampy

Na přístroji je možné nastavit teploty obou cyklů a je vybaven 24hodinovou vačkou pro vypínání a zapínání intervalů kondenzace a osvitů. [32]



**Obrázek 23.** Přístroj Atlas UVCON pro simulaci UV záření

### **Příprava vzorků a postup měření**

- Přístroj má dva rošty, které celkově obsahují 19 držáků pro vzorky materiálu. Každý držák má rozměr 102 x 304 mm.
- Vzorky se upevní do držáků tak, aby se nikam nemohly posunout během zkoušky. Lící stranou k lampám s ultrafialovým zářením.
- Nastaví se teplota vzorku.
- Cyklus se nastaví nainstalováním vačky.
- Hodnoty na počítadle se zaznamenají. Je potřeba zaznamenat jak hodnoty na počítadle, které zobrazují hodiny UV záření, tak i počítadlo s celkovým počtem hodin.
- Následně se přístroj uvede do chodu.
- Po uplynutí stanovené doby se přístroj vypne a vzorky vyjmou. [32]

### **Podmínky experimentu**

- Pro tento experiment bylo zvoleno permanentní UV záření po dobu 7 dní, tj. 168 hodin, bez kondenzace. Teplota ve zkušební komoře byla po celou dobu testování 35°C.
- Uvedený rozměr plechů pro umístění vzorků bohužel nevyhovoval potřebným rozměrům pro následné měření vlastností vybraných materiálů. Proto byla zvolena alternativa v podobě plechu, který pokryl potřebnou plochu pro správný průběh zkoušky. Na plech se upnuly a řádně zafixovaly dva vzorky, každý o velikosti 360 x 540 mm.
- Cyklus byl nastaven nainstalováním vačky typu 16-2117-00, to je cyklus, kdy UV záření působí 24 hodin.



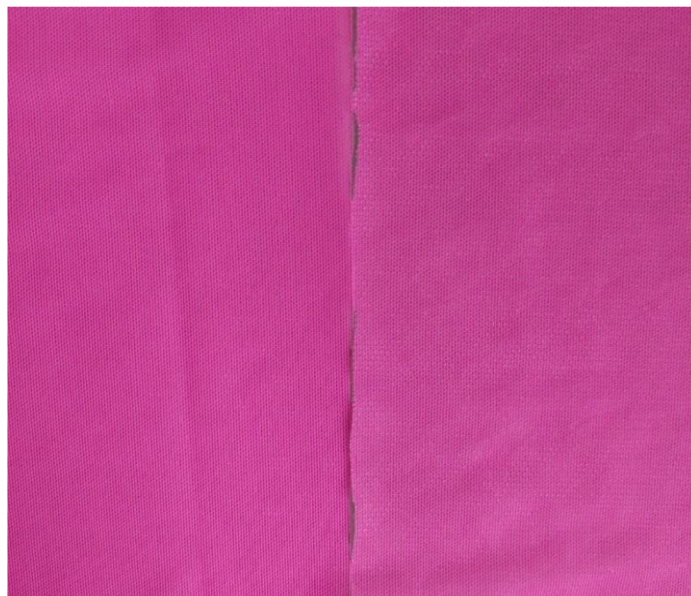
## 4 Vyhodnocení zkoušek namáháním a vizuální porovnání

### 4.1 Vliv praní

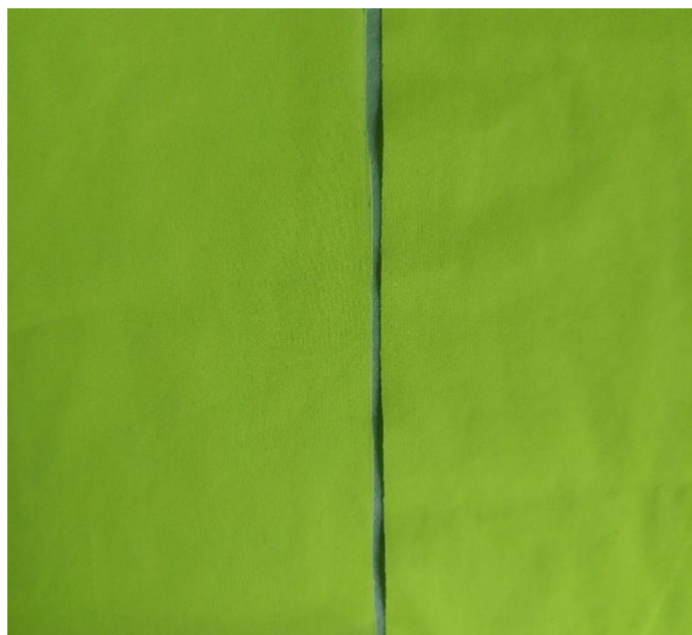
Vlivem praní nenastaly u M1 ani u M2 žádné větší vizuální změny. Barva se po 5 cyklech praní vzorků zachovala. Viditelná změna je pouze u lícni strany M1 (obr. č. 25 vpravo), kde se membrána na některých místech lehce oddělila od pleteniny, to vzhledově vytvořilo „vrásky“.



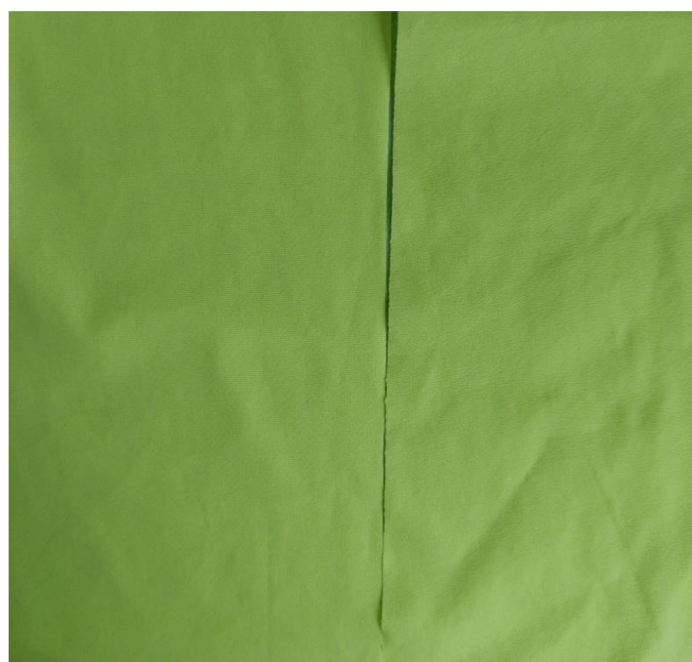
**Obrázek 25.** Vzhled M1 líc: před praním (vlevo) po praní (vpravo)



**Obrázek 24.** Vzhled M1 rub: před praním (vlevo) po praní (vpravo)



**Obrázek 26.** Vzhled M2 líc: před praním (vlevo) po praní (vpravo)



**Obrázek 27.** Vzhled M2 rub: před praním (vlevo) po praní (vpravo)

## 4.2 Odolnost vůči oděru materiálů

Určení odolnosti v oděru na vrtulkovém odírači je založeno na úbytku hmotnosti testovaných vzorků.

Úbytek hmotnosti vzorku je vypočítán dle vzorce:

$$U = \frac{m1 - m2}{m1} * 100 [\%]$$

kde:

U ... úbytek hmotnosti [%]

m1 ... původní hmotnost vzorku [g]

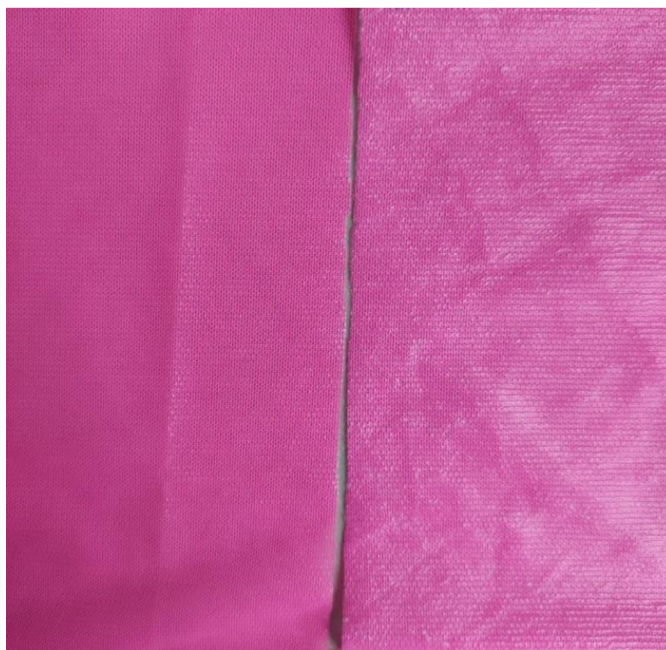
m2 ... hmotnost vzorku po zkoušení [g]

Z tabulky vyplývá, že úbytek hmotnosti u obou vzorků byl do jednoho procenta. U M1 byl úbytek 0,49%, takže vyšší než u M2, kde byl úbytek 0,27%.

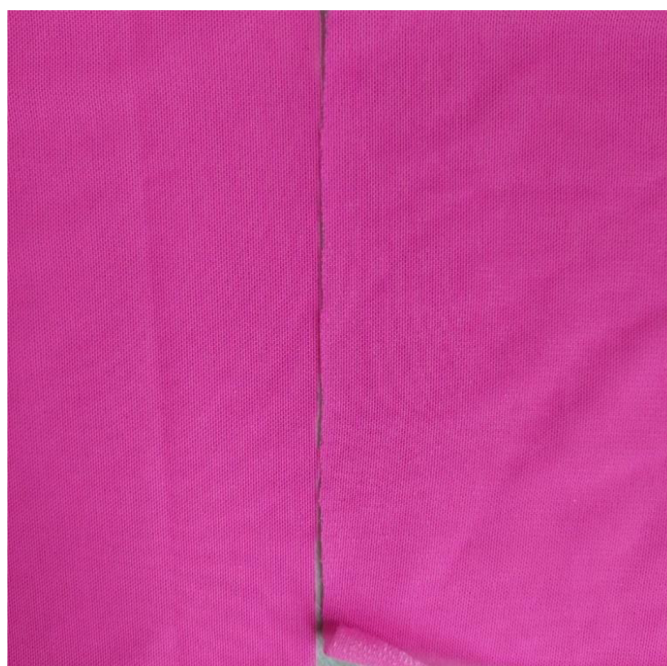
**Tabulka 6.** Výsledky testování na vrtulkovém odírači – úbytek hmotnosti po oděru

| Vzorek | Měření | Hmotnost [g] |              |              | Aritmetický průměr [g] | Úbytek [%] | Směrodatná odchylka výběrová | Variační koeficient [%] |
|--------|--------|--------------|--------------|--------------|------------------------|------------|------------------------------|-------------------------|
|        |        | 1. testování | 2. testování | 3. testování |                        |            |                              |                         |
| M1     | Před   | 94,63        | 96,6         | 96,54        | 95,92                  | -0,49      | 1,12                         | 1,17                    |
|        | Po     | 94,14        | 95,99        | 96,23        | 95,45                  |            | 1,14                         | 1,20                    |
| M2     | Před   | 59,48        | 58,77        | 59,88        | 59,33                  | -0,27      | 0,78                         | 1,32                    |
|        | Po     | 59,29        | 58,49        | 59,72        | 59,17                  |            | 0,62                         | 1,05                    |

Vizuální změna je viditelnější u M2, kde bylo vidět mnoho zatrhnutí na lící straně textilie (obr. č. 31). Pro porovnání jsou uvedeny obrázky. Oba materiály byly značně pomačkané.



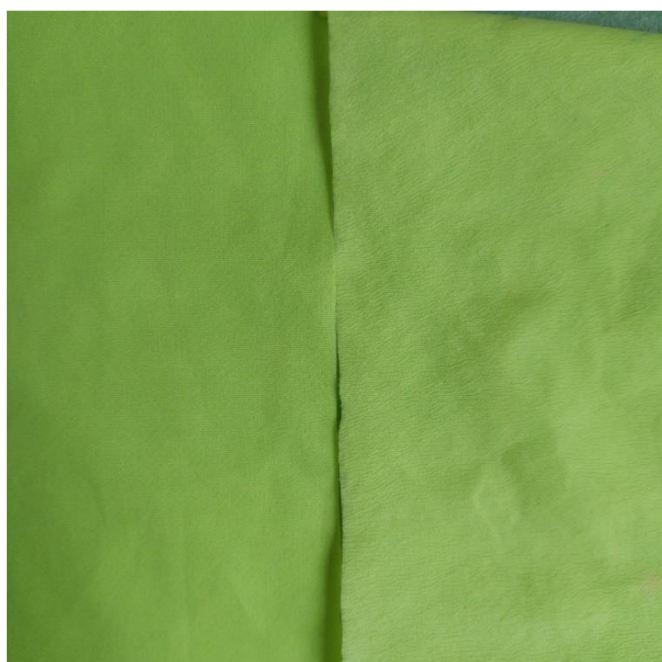
**Obrázek 28.** Vzhled M1 lic: před oděrem (vlevo) po oděru (vpravo)



**Obrázek 29.** Vzhled M1 rub: před oděrem (vlevo) po oděru (vpravo)



**Obrázek 31.** Vzhled M2 líc: před oděrem (vlevo) po oděru (vpravo)



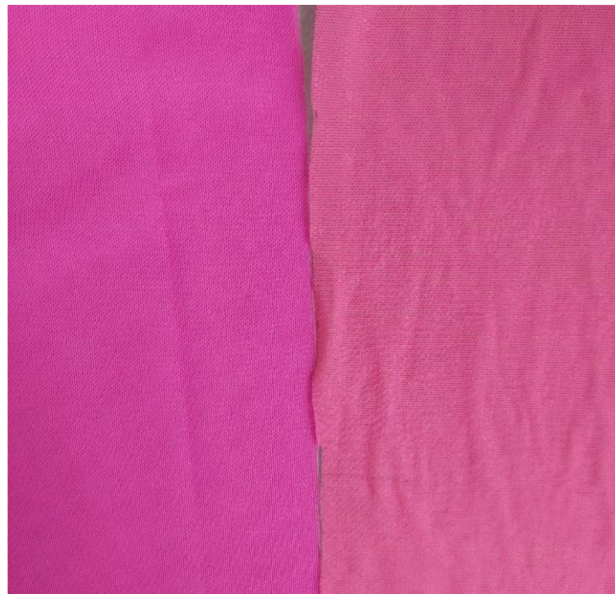
**Obrázek 30.** Vzhled M2 rub: před oděrem (vlevo) po oděru (vpravo)

### 4.3 Vyhodnocení vlivu působení UV záření na materiály

Vizuální hodnocení působení UV záření je na obrázcích níže (obr. č. 32–35). Je vidět, že oba materiály značně degradovali. Došlo ke změně odstínu barvy, která vybledla a textilie tudíž už není vysoce viditelná. Také došlo u materiálu M1 k „vysušení“ membrány (obr. č. 32), která se při dotyku začala ihned odlupovat v podobě maličkých částic. Oba materiály byly na omak tvrdší, ale křehké.



**Obrázek 32.** Vzhled M1 lic: před UV zářením (vlevo) po UV záření (vpravo)



**Obrázek 33.** Vzhled M1 rub: před UV zářením (vlevo) po UV záření (vpravo)



**Obrázek 354.** Vzhled M2 líc: před UV zářením (vlevo) po UV záření (vpravo)



**Obrázek 345.** Vzhled M2 rub: před UV zářením (vlevo) po UV záření (vpravo)

## 5 Vyhodnocení vlastností membránových textilií

### 5.1 Propustnost vzduchu

#### 5.1.1 Před namáháním

Při tomto experimentu byla zvolena varianta s alternativním tlakovým spádem 500 Pa se zkušební plochou 20 cm<sup>2</sup>, protože to byla optimální hodnota pro měření M1. Během zkoušky došlo k problémům měření M2. U žádného z ventilů nešlo dosáhnout tlakového spádu 500 Pa, ani jiného, jaký by byl přístroj schopný zaznamenat. Tlakový spád stále stoupal a ani po uzavření ventilu neklesal. Z toho vyplývá, že materiál M2 je vysoce odolný vůči větru, má tedy schopnost minimalizovat nebo úplně zabránit průchodu vzduchu skrz něj.

U materiálu M1 byla naměřena propustnost vzduchu 2,5 mm/s, M2 není v tabulce č. 7 zaznamenán.

**Tabulka 7.** Výsledky měření prodyšnosti původního materiálu – před namáháním

| Vzorek | Propustnost vzduchu [ml/s] PŮVODNÍ |              |              |              |              |                    | Směrodatná odchylka výběrová | Variační koeficient [%] | Prodyšnost [mm/s] |
|--------|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------|
|        | 1. testování                       | 2. testování | 3. testování | 4. testování | 5. testování | Aritmetický průměr |                              |                         |                   |
| M1     | 4                                  | 4,4          | 5,4          | 5,8          | 5,4          | 5                  | 0,76                         | 15,23                   | 2,5               |
| M2     | x                                  | x            | x            | x            | x            | x                  | x                            | x                       | x                 |

#### 5.1.2 Po namáhání

U vzorku M1 se prodyšnost měnila s působením různých mechanických namáhání. Původní materiál má propustnost vzduchu 2,5 mm/s, po praní se změnila, a to o -5,6% (tab. č. 8 a 9). Po oděru byla změna obrovská, prodyšnost se zvětšila až o 3 220%, to je způsobeno narušením struktury membrány, ke které došlo během odírání. Vznikaly různé trhlinky v textilií (tabulka č. 10).

Po týdenním působení UV záření materiál velice degradoval a membrána se „vysušila“ a začala opadávat (je vidět výše na obrázku č. 32). Při měření propustnosti vzduchu se materiál choval hodně propustně, jako by tam membrána ani nebyla a zbyla pouze samotná pletenina. Po konzultaci s panem Ing. Chotěborem jsme přeměřili na tlakový spád 4 Pa, při kterém se běžně měří pleteniny. Průměrná hodnota propustnosti vzduchu při tlakovém spádu 4 Pa byla 386 ml/s a po dosazení do vzorku byla hodnota



prodyšnosti 193 mm/s. Tato hodnota bohužel v závěru nelze srovnávat s ostatními hodnotami, kvůli jiným vstupním parametrům, a tak v tabulce (tabulka č. 10) nemůže být uvedena.

Hodnoty prodyšnosti M2 šly naměřit až po odíraném vzorku materiálu a po působení UV záření, kdy se zřejmě narušila membrána a materiál se stal prodyšným. U odíraného materiálu byla naměřena průměrná hodnota prodyšnosti 3,52 mm/s (tabulka č. 9). U vzorků vystavených týdněmu UV záření byla naměřena hodnota prodyšnosti 1,03 mm/s (tabulka č. 10).

## Praní

**Tabulka 8.** Měření propustnosti vzduchu – po praní

| Vzorek | Propustnost vzduchu [ml/s] PO PRANÍ |              |              |              |              |                    | Směrodatná odchylka výběrová | Variační koeficient [%] | Prodyšnost [mm/s] |
|--------|-------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------|
|        | 1. testování                        | 2. testování | 3. testování | 4. testování | 5. testování | Aritmetický průměr |                              |                         |                   |
| M1     | 5,2                                 | 4,6          | 4            | 5            | 4,8          | 4,72               | 0,46                         | 9,75                    | 2,36              |
| M2     | x                                   | x            | x            | x            | x            | x                  | x                            | x                       | x                 |

## Oděr

**Tabulka 9.** Měření propustnosti vzduchu – po oděru

| Vzorek | Propustnost vzduch [ml/s] PO ODĚRU |              |              |              |              |                    | Směrodatná odchylka výběrová | Variační koeficient [%] | Prodyšnost [mm/s] |
|--------|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------|
|        | 1. testování                       | 2. testování | 3. testování | 4. testování | 5. testování | Aritmetický průměr |                              |                         |                   |
| M1     | 150                                | 180          | 170          | 190          | 140          | 166                | 20,74                        | 12,49                   | 83                |
| M2     | 5,4                                | 4,8          | 8            | 8            | 9            | 7,04               | 1,83                         | 25,99                   | 3,52              |

## UV záření

**Tabulka 10.** Měření propustnosti vzduchu – po UV záření

| Vzorek | Propustnost vzduchu [ml/s] PO UV ZÁŘENÍ |              |              |              |              |                    | Směrodatná odchylka výběrová | Variační koeficient [%] | Prodyšnost [mm/s] |
|--------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------|
|        | 1. testování                            | 2. testování | 3. testování | 4. testování | 5. testování | Aritmetický průměr |                              |                         |                   |
| M1     | x                                       | x            | x            | x            | x            | x                  | x                            | x                       | x                 |
| M2     | 2,1                                     | 3,2          | 2            | 1,4          | 1,6          | 2,06               | 0,70                         | 33,91                   | 1,03              |

## 5.2 Propustnost vodních par

### 5.2.1 Před namáháním

Testování paropropustnosti se vyhodnocuje ve dvou hodnotách.  $P$  [%] je relativní propustnost pro vodní páry, to znamená že ukazuje kolik % vlhkosti prošlo přes testovaný vzorek textile. Druhou hodnotou je  $Ret$  [ $\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ ] neboli výparný odpor zkoušeného materiálu. Je to odpor, který klade materiál, dokud nepropustí vlhkost ven. Čím je vyšší paropropustnost  $P$  (RWVP), tím je nižší hodnota výparného odporu ( $Ret$ ) a tím je lepší tepelný komfort oděvu. [27] [34]

Z výsledků v tabulce (tab. č. 11) lze vidět, že materiál M2 má hodnotu výparného odporu  $Ret$  2,16 [ $\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ ], to je o 86,2% menší hodnota, než má  $M1 = 15,72$  [ $\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ ]. Hodnoty paropropustnosti  $P$  (tabulka č. 12) jsou:  $M1 = 29,22\%$ ;  $M2 = 74,68\%$ . Materiál M2 má výsledné hodnoty lepší než M1, bude tedy vhodnější pro namáhavé aktivity, u kterých se nositel oděvu zapotí, ale i tak si zachová komfort. Podle tabulky č. 3 v teoretické části materiál M2 se zařadil do kategorie „velmi dobrá paropropustnost“, ve které jsou materiály vhodné na výrobu oděvů pro běhání. M2 se zařadil do kategorie „uspokojivá paropropustnost“, ve které jsou materiály vhodné pro výrobu oděvů pro chůzi.

Tabulka 11. Výsledky měření výparného odporu materiálu – před namáháním

| Vzorek | Výparný odpor $Ret$ [ $\text{Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$ ] PŮVODNÍ |              |              |              |              |                    | Směrodatná odchylka výběrová | Variační koeficient [%] |
|--------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|------------------------------|-------------------------|
|        | 1. testování   | 2. testování | 3. testování | 4. testování | 5. testování | Aritmetický průměr |                              |                         |
| M1     | 16,3   | 13,8         | 15,7         | 16,3         | 16,5         | 15,72              | 1,11                         | 7,09                    |
| M2     | 1,8  | 2,5          | 1,4          | 2,5          | 2,6          | 2,16               | 0,53                         | 24,63                   |

Tabulka 12. Výsledky měření paropropustnosti materiálu – před namáháním

| Vzorek | Paropropustnost [%] PŮVODNÍ |              |              |              |              |        | Směrodatná odchylka výběrová | Variační koeficient [%] |
|--------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------|------------------------------|-------------------------|
|        | 1. testování                | 2. testování | 3. testování | 4. testování | 5. testování | Průměr |                              |                         |
| M1     | 28,2                        | 31,8         | 29,3         | 28,6         | 28,2         | 29,22  | 1,51                         | 5,17                    |
| M2     | 77,5                        | 71,8         | 82,4         | 71,4         | 70,3         | 74,68  | 5,14                         | 6,89                    |

## 5.2.2 Po namáhání

### Praní

Vlivem praní se výparný odpor u M2 zvýšil z 2,16 na 3,7 [Pa.m<sup>2</sup>/W], to znamená, že schopnost prostupu vodní páry zhoršila o 71,3%. U M1 se naopak výparný odpor snížil o 6,1% a tak byl materiál více paropropustný.

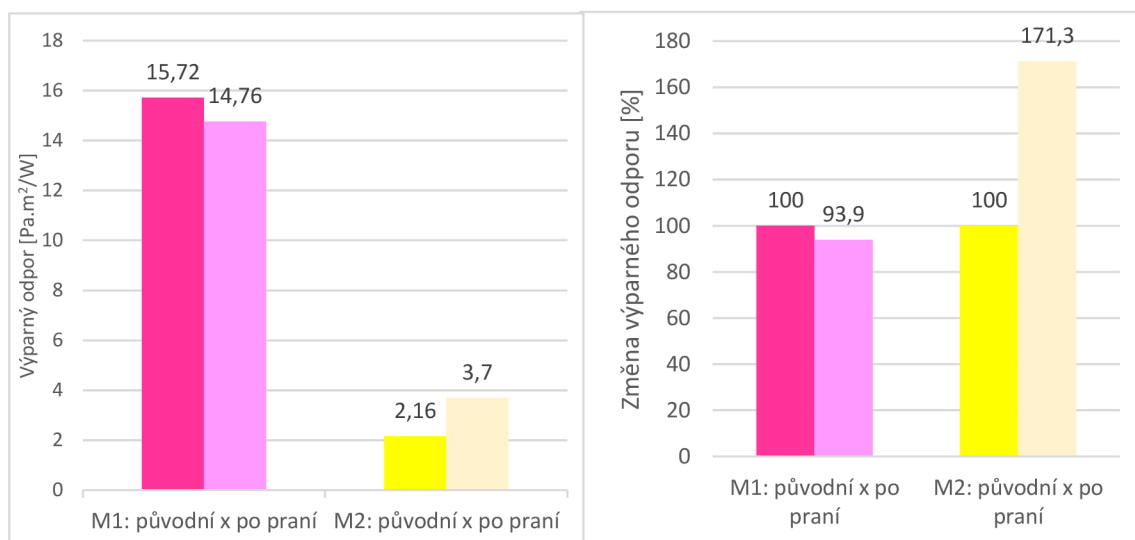
Tabulka 13. Výsledky měření výparného odporu materiálu – po praní

| Vzorek | Výparný odpor Ret [Pa.m <sup>2</sup> .W <sup>-1</sup> ] PO PRANÍ |              |              |              |              |                    | Směrodatná odchylka výběrová | Variační koeficient [%] |
|--------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|------------------------------|-------------------------|
|        | 1. testování   | 2. testování | 3. testování | 4. testování | 5. testování | Aritmetický průměr |                              |                         |
| M1     | 14,4   | 13,1         | 15,3         | 15,5         | 15,5         | 14,76              | 1,03                         | 7,00                    |
| M2     | 3,9  | 4,5          | 3,1          | 3,1          | 3,9          | 3,7                | 0,6                          | 16,22                   |

Tabulka 14. Porovnání hodnot výparného odporu původního a po praní

| Vzorek | Výparný odpor Ret [Pa.m <sup>2</sup> /W] |          | Rozdíl [Pa.m <sup>2</sup> /W] | Rozdíl [%] |
|--------|--|----------|-------------------------------|------------|
|        | Původní                                  | Po praní |                               |            |
| M1     | 15,72                                    | 14,76    | -0,96                         | -6,1       |
| M2     | 2,16                                     | 3,7      | 1,54                          | 71,3       |

V následujícím grafu (obrázek č. 36) jsou znázorněny hodnoty změn výparného odporu před a po praní z výše uvedené tabulky (tab. č. 14) a také je uvedena procentuální změna, která byla u M1 -6,1% a u M2 71,3%.



Obrázek 36. Výparný odpor před a po praní vlevo v [Pa.m<sup>2</sup>/W], vpravo změna v [%]

## Oděr

Vlivem oděru se výparný odpor u M2 opět zvýšil z 2,16 na 2,34 [Pa.m<sup>2</sup>/W], to znamená, že schopnost prostupu vodní páry zhoršila o 8,3%, jak je uvedeno v tabulce č. 15 a 16. U M1 se opět výparný odpor snížil, a to o 24,8% a tak se stal materiál více paropropustný.

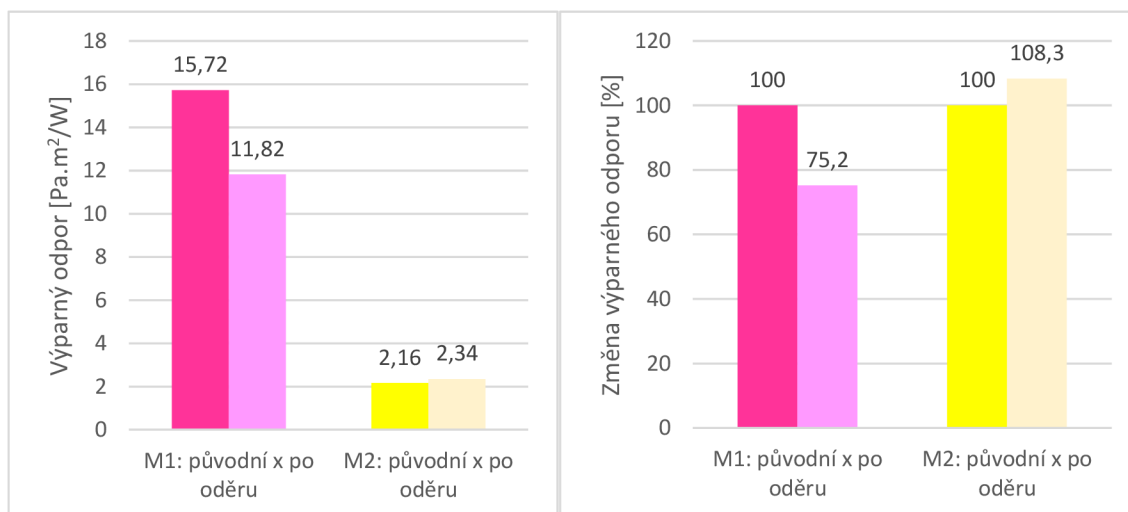
**Tabulka 15.** Výsledky měření výparného odporu materiálu – po oděru

| Vzorek | Výparný odpor Ret [Pa.m <sup>2</sup> .W <sup>-1</sup> ] PO ODĚRU |              |              |              |              |                    | Směrodatná odchylna výběrová | Variační koeficient [%] |
|--------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|------------------------------|-------------------------|
|        | 1. testování   | 2. testování | 3. testování | 4. testování | 5. testování | Aritmetický průměr |                              |                         |
| M1     | 12,7   | 11,3         | 12,5         | 11,4         | 11,2         | 11,82              | 0,72                         | 6,08                    |
| M2     | 2,7  | 2,7          | 1,9          | 1,7          | 2,7          | 2,34               | 0,50                         | 21,28                   |

**Tabulka 16.** Porovnání hodnot výparného odporu původního a po oděru

| Vzorek | Výparný odpor Ret [Pa.m <sup>2</sup> /W] |          | Rozdíl [Pa.m <sup>2</sup> /W] | Rozdíl [%] |
|--------|--|----------|-------------------------------|------------|
|        | Původní                                  | Po oděru |                               |            |
| M1     | 15,72                                    | 11,82    | 3,9                           | -24,81     |
| M2     | 2,16                                     | 2,34     | -0,18                         | 8,33       |

V následujícím grafu (obrázek č. 37) jsou znázorněny hodnoty změn výparného odporu před a po oděru z výše uvedené tabulky (tab. č. 17) a také je uvedena procentuální změna, která byla u M1 -24,8% a u M2 8,3%.



**Obrázek 37.** Výparný odpor před a po oděru vlevo v [Pa.m<sup>2</sup>/W], vpravo změna v [%]

## UV záření

Vlivem UV záření se výparný odpor u M2 opět zvýšil z 2,16 na 7,4 [Pa.m<sup>2</sup>/W], to znamená, že schopnost prostupu vodní páry zhoršila o 242,6%, jak je uvedeno v tabulce č. 17 a 18. U M1 se opět výparný odpor snížil, a to o 86,5% a tak se stal materiál více paropropustný.

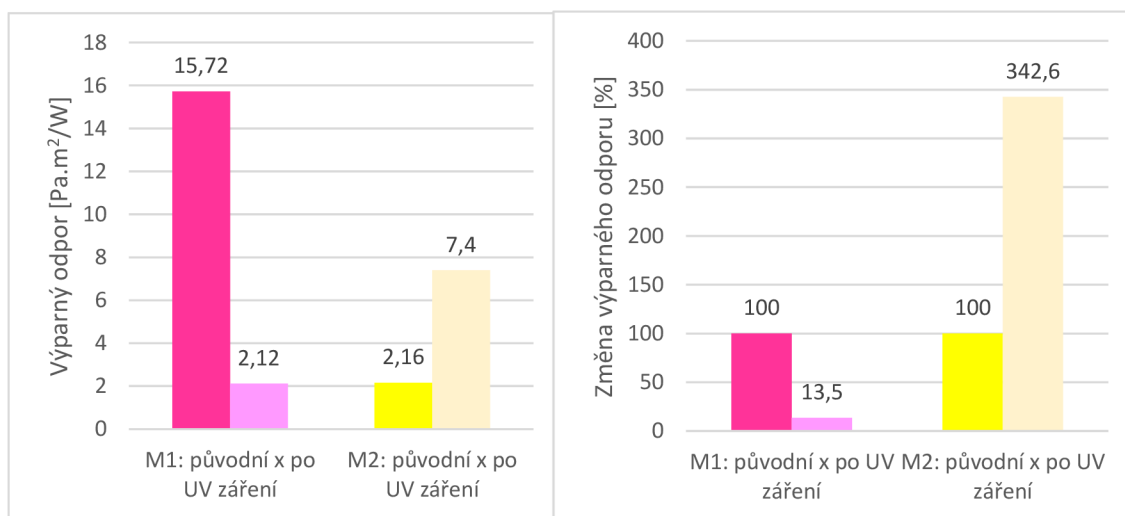
**Tabulka 17.** Výsledky měření výparného odporu materiálu – po UV záření

| Vzorek | Výparný odpor Ret [Pa.m <sup>2</sup> .W <sup>-1</sup> ] PO UV ZÁŘENÍ |              |              |              |              |                    | Směrodatná odchylna výběrová | Variační koeficient [%] |
|--------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|------------------------------|-------------------------|
|        | 1. testování   | 2. testování | 3. testování | 4. testování | 5. testování | Aritmetický průměr |                              |                         |
| M1     | 2,6  | 2,2          | 2            | 1,9          | 1,9          | 2,12               | 0,29                         | 13,91                   |
| M2     | 6,7  | 4,3          | 10,3         | 9,1          | 6,6          | 7,4                | 2,35                         | 31,72                   |

**Tabulka 18.** Porovnání hodnot výparného odporu materiálu původního a po UV záření

| Vzorek | Výparný odpor Ret [Pa.m <sup>2</sup> /W] |              | Rozdíl [Pa.m <sup>2</sup> /W] | Rozdíl [%] |
|--------|--|--------------|-------------------------------|------------|
|        | Původní                                  | Po UV záření |                               |            |
| M1     | 15,72                                    | 2,12         | 13,6                          | -86,51     |
| M2     | 2,16                                     | 7,4          | -5,24                         | 242,59     |

V následujícím grafu (obrázek č. 38) jsou znázorněny hodnoty změn výparného odporu před a po působení UV záření z výše uvedené tabulky (tab. č. 19) a také je uvedena procentuální změna, která byla u M1 -86,5% a u M2 242,6%.



**Obrázek 38.** Výparný odpor před a po UV záření vlevo v [Pa.m<sup>2</sup>/W], vpravo změna v [%]

## 5.3 Výška vodního sloupce

### 5.3.1 Před namáháním

Voděodolnost materiálu se vyhodnocuje výškou vodního sloupce [mmH<sub>2</sub>O]. Čím je hodnota vodního sloupce vyšší, tím materiál lépe ochrání nositele před deštěm a sněhem. Testovaný materiál je zhodnocen v tabulce (tab. č. 19). Z tabulky vyplývá, že materiál M1 má vyšší hodnotu vodního sloupce, která je 5790 mmH<sub>2</sub>O, a tak bude o trochu více odolný než M2 s výslednou hodnotou 5213 mmH<sub>2</sub>O. Rozdíl mezi hodnotami je 9,96%.

Výška vodního sloupce, kterou uvádí výrobce se neshoduje s hodnotami, které byly v rámci experimentu naměřeny. U M1 uvádí vodní sloupec 8 000 mm, zde bylo naměřeno 5790 mm. U M2 uvádí vodní sloupec 10 000 mm, bylo naměřeno 5213 mm. U obou materiálu došlo k zastavení zkoušky, když na povrch pronikla třetí kapka vody. Některé vzorky M1 byly testovány až do protrhnutí, kde se výsledná hodnota blížila hodnotě, kterou uvádí výrobce. Je tedy možné, že byly materiály výrobcem hodnoceny jinak či na jiném přístroji. V práci se uvedly všechny hodnoty při proniknutí právě třetí kapky na povrch.

**Tabulka 19.** Výsledky měření výšky vodního sloupce materiálů – před namáháním

| Vzorek    | Výška vodního sloupce PŮVODNÍ<br>[cm wg] |                 |                 | Aritmetický<br>průměr | Výška<br>vodního<br>sloupce<br>[mmH <sub>2</sub> O] | Směrodatná<br>odchylka<br>výběrová | Variační<br>koeficient<br>[%] |
|-----------|--|-----------------|-----------------|-----------------------|---|------------------------------------|-------------------------------|
|           | 1.<br>testování                          | 2.<br>testování | 3.<br>testování |                       |   |                                    |                               |
| <b>M1</b> | 590                                      | 580             | 567             | 579,0                 | 5790  | 11,53                              | 1,99                          |
| <b>M2</b> | 521                                      | 535             | 508             | 521,3                 | 5213  | 13,50                              | 2,59                          |

S těmito vlastnostmi je materiál voděodolný při běžné chůzi či při jízdě na kole, ale pokud bychom uvažovali pohyby jako je sezení, klečení v trávě, nošení batohu, může být materiál méně odolný, kvůli tomu, že tyto pohyby vyvíjí mnohem vyšší tlak vody.

### 5.3.2 Po namáhání

#### Praní

Vlivem praní se výška vodního sloupce u obou materiálů snížila o podobnou část. U M1 byla původní hodnota 5790 mm, po praní 5533 mm, to je zhoršení voděodolnosti o 4,4%. U M2 byla původní hodnota 5213 mm, po praní 5040 mm, z toho vyplývá zhoršení voděodolnosti o 3,3% (tabulka č. 20 a 21).

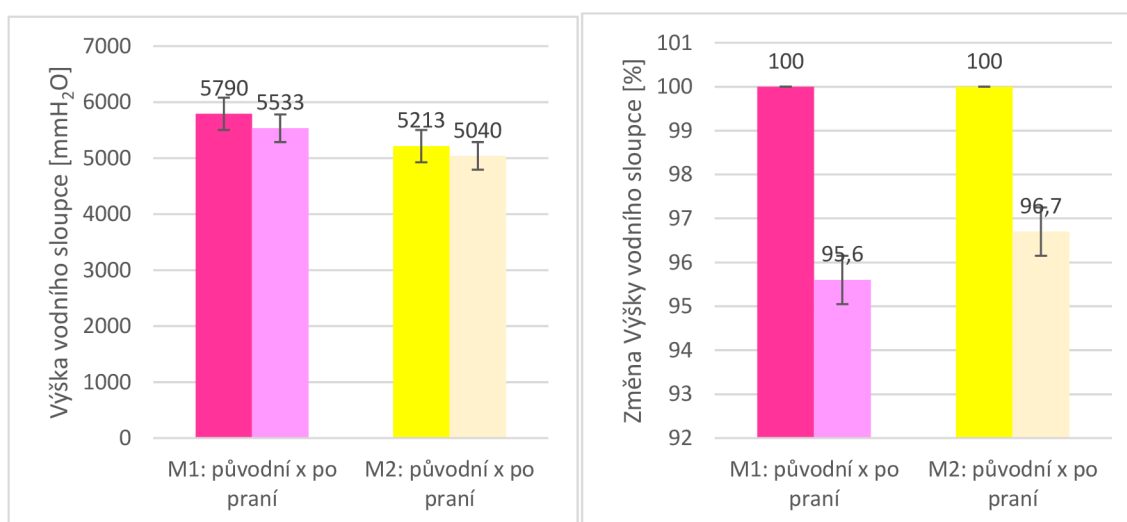
**Tabulka 20.** Výsledky měření výšky vodního sloupce materiálů – po oděru

| Vzorek | Výška vodního sloupce [cm wg]<br>PO PRANÍ |              |              | Aritmetický průměr | Výška vodního sloupce [mmH <sub>2</sub> O] | Směrodatná odchylka výběrová | Variační koeficient [%] |
|--------|---|--------------|--------------|--------------------|--|------------------------------|-------------------------|
|        | 1. testování                              | 2. testování | 3. testování |                    |  |                              |                         |
| M1     | 560                                       | 547          | 553          | 553,3              | 5533                                       | 6,51                         | 1,18                    |
| M2     | 503                                       | 519          | 490          | 504                | 5040                                       | 14,53                        | 2,88                    |

**Tabulka 21.** Porovnání hodnot výšky vodního sloupce původní a po praní

| Vzorek | Výška vodního sloupce [mmH <sub>2</sub> O] |          | Rozdíl [mmH <sub>2</sub> O] | Rozdíl [%] |
|--------|--|----------|-----------------------------|------------|
|        | Původní                                    | Po praní |                             |            |
| M1     | 5790                                       | 5533     | 257                         | -4,4       |
| M2     | 5213                                       | 5040     | 173                         | -3,3       |

V následujícím grafu (obrázek č. 39) jsou znázorněny hodnoty výšky vodního sloupce před a po praní z výše uvedené tabulky (tab. č. 21) a také je uvedena procentuální změna, která byla u M1 -4,4% a u M2 -3,3%. Materiál M2 měl menší změnu hodnot vodního sloupce po praní než M1.



**Obrázek 39.** Výška vodního sloupce před a po praní vlevo v [mmH<sub>2</sub>O], vpravo změna v [%]

## Oděr

Vlivem oděru se výška vodního sloupce u obou materiálů snížila o podobnou část. U M1 byla původní hodnota 5790 mm, po oděru 1487 mm, to je zhoršení voděodolnosti o 74,3%. U M2 byla původní hodnota 5213 mm, po oděru 1493 mm, z toho vyplývá zhoršení voděodolnosti o 71,4% (tabulka č. 22 a 23).

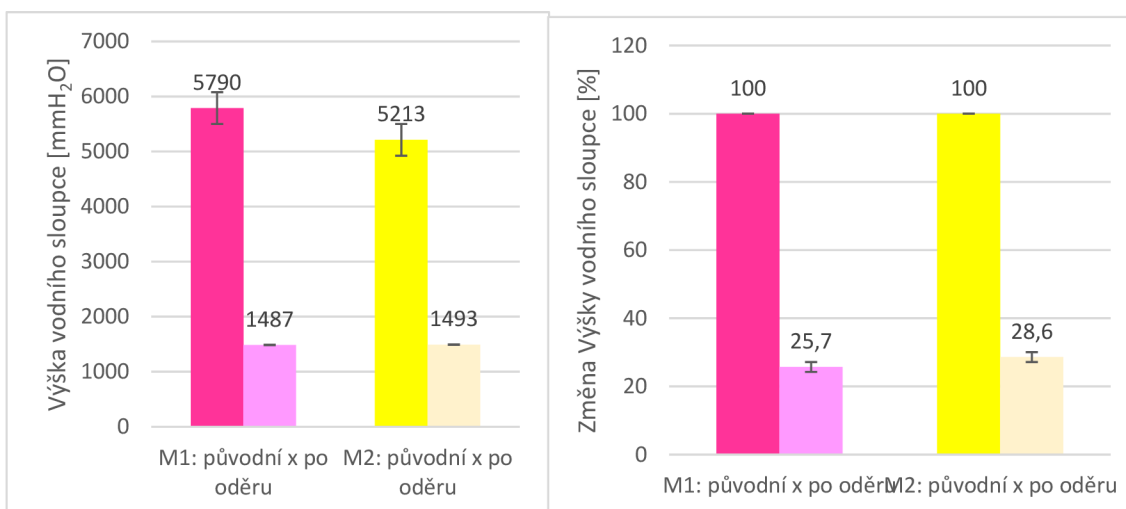
**Tabulka 22.** Výsledky měření výšky vodního sloupce materiálů – po oděru

| Vzorek    | Výška vodního sloupce [cm wg]<br>PO ODĚRU |              |              | Aritmetický průměr | Výška vodního sloupce [mmH <sub>2</sub> O] | Směrodatná odchylka výběrová | Variační koeficient [%] |
|-----------|---|--------------|--------------|--------------------|--|------------------------------|-------------------------|
|           | 1. testování                              | 2. testování | 3. testování |                    |  |                              |                         |
| <b>M1</b> | 149                                       | 148          | 149          | 148,7              | 1487                                       | 0,58                         | 0,39                    |
| <b>M2</b> | 148                                       | 150          | 150          | 149                | 1493                                       | 1,15                         | 0,77                    |

**Tabulka 23.** Porovnání hodnot výšky vodního sloupce původní a po oděru

| Vzorek    | Výška vodního sloupce [mmH <sub>2</sub> O] |          | Rozdíl [mmH <sub>2</sub> O] | Rozdíl [%] |
|-----------|--|----------|-----------------------------|------------|
|           | Původní                                    | Po oděru |                             |            |
| <b>M1</b> | 5790                                       | 1487     | 4303                        | -74,3      |
| <b>M2</b> | 5213                                       | 1493     | 3720                        | -71,4      |

V následujícím grafu (obrázek č. 40) jsou znázorněny hodnoty výšky vodního sloupce před a po oděru z výše uvedené tabulky (tab. č. 24) a také je uvedena procentuální změna, která byla u M1 -74,3% a u M2 -71,4%. Ačkoliv jsou změny naměřených hodnot obrovské, materiál M2 měl menší změnu hodnot vodního sloupce po oděru než M1.



**Obrázek 40.** Výška vodního sloupce před a po oděru vlevo v [mmH<sub>2</sub>O], vpravo změna v [%]



## UV záření

Vlivem UV záření se výška vodního sloupce u obou materiálů snížila. U M1 byla původní hodnota 5790 mm, po UV záření pouhých 500 mm, to je zhoršení voděodolnosti o 91,4%. U M2 byla původní hodnota 5213 mm, po UV záření 1850 mm, z toho vyplývá zhoršení voděodolnosti o 64,5%. Jak již bylo zmíněno výše, u vzorků materiálu M1 se membrána zcela odrolila, voda pronikala skrz materiál velice rychle. S hodnotou 500 mm nesplňuje textilie voděodolnost. U materiálu M2 s výslednou hodnotou 1850 mmH<sub>2</sub>O zůstává stále lehce odolný vůči vodě.

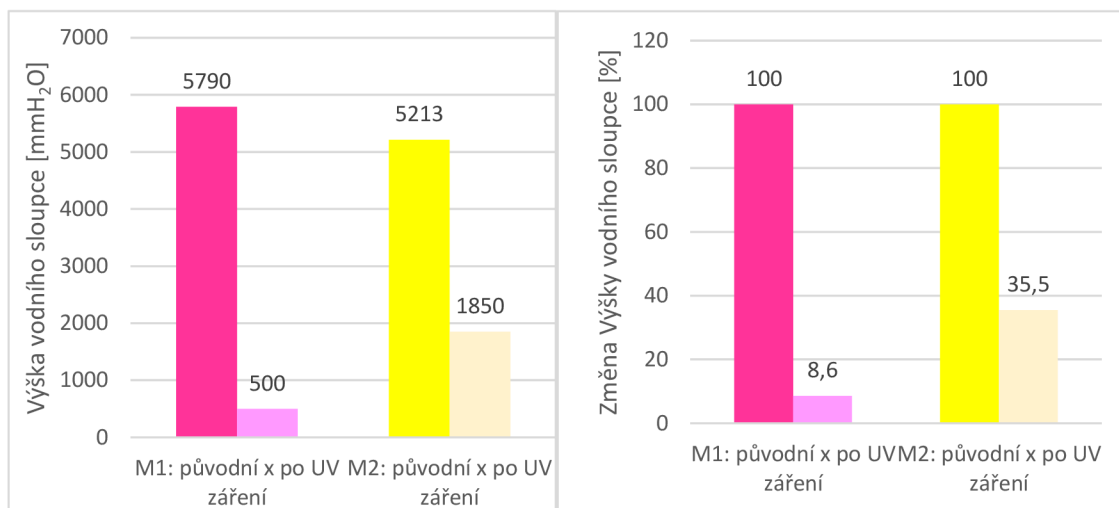
**Tabula 24.** Výsledky měření výšky vodního sloupce materiálů – po UV záření

| Vzorek    | Výška vodního sloupce [cm wg]<br>PO UV ZÁŘENÍ |                 |                 | Aritmetický<br>průměr | Výška<br>vodního<br>sloupce<br>[mmH <sub>2</sub> O] | Směrodatná<br>odchylka<br>výběrová | Variační<br>koeficient<br>[%] |
|-----------|---|-----------------|-----------------|-----------------------|---|------------------------------------|-------------------------------|
|           | 1.<br>testování                               | 2.<br>testování | 3.<br>testování |                       |   |                                    |                               |
| <b>M1</b> | 50  | 50              | 50              | 50                    | 500   | 0                                  | 0                             |
| <b>M2</b> | 179   | 178             | 198             | 185                   | 1850  | 11,27                              | 6,09                          |

**Tabulka 25.** Porovnání hodnot výšky vodního sloupce původní a po UV záření

| Vzorek    | Výška vodního sloupce [mmH <sub>2</sub> O] |              | Rozdíl [mmH <sub>2</sub> O] | Rozdíl [%] |
|-----------|--|--------------|-----------------------------|------------|
|           | Původní                                    | Po UV záření |                             |            |
| <b>M1</b> | 5790                                       | 500          | 5290                        | -91,4      |
| <b>M2</b> | 5213                                       | 1850         | 3363                        | -64,5      |

V následujícím grafu (obrázek č. 41) jsou znázorněny hodnoty výšky vodního sloupce před a po UV záření z výše uvedené tabulky (tab. č. 26) a také je uvedena procentuální změna, která byla u M1 -91,4% a u M2 -64,5%. Materiál M2 měl menší změnu hodnot vodního sloupce po UV záření než M1. Jeho membrána byla méně degradovaná.



**Obrázek 41.** Výška vodního sloupce před a po UV záření vlevo v [mmH<sub>2</sub>O], vpravo změna v [%]

#### 5.4 Změna tloušťky materiálu po namáhání

Z tabulky č. 26 je zřejmé, že každý materiál vykazuje jiné hodnoty tloušťky po různých typech mechanického namáhání a nejsou zde žádné zákonitosti. U M2 se hodnota tloušťky po každém namáhání materiálu oproti původní váze zvyšuje, naopak u M1 se po UV záření snížila.

**Tabulka 26.** Hodnoty tloušťky materiálu [mm]

| Vzorek    | Tloušťka materiálu [mm] |          |          |              |
|-----------|-------------------------|----------|----------|--------------|
|           | Původní                 | Po praní | Po oděru | Po UV záření |
| <b>M1</b> | 0,39                    | 0,41     | 0,43     | 0,38         |
| <b>M2</b> | 0,23                    | 0,26     | 0,26     | 0,25         |

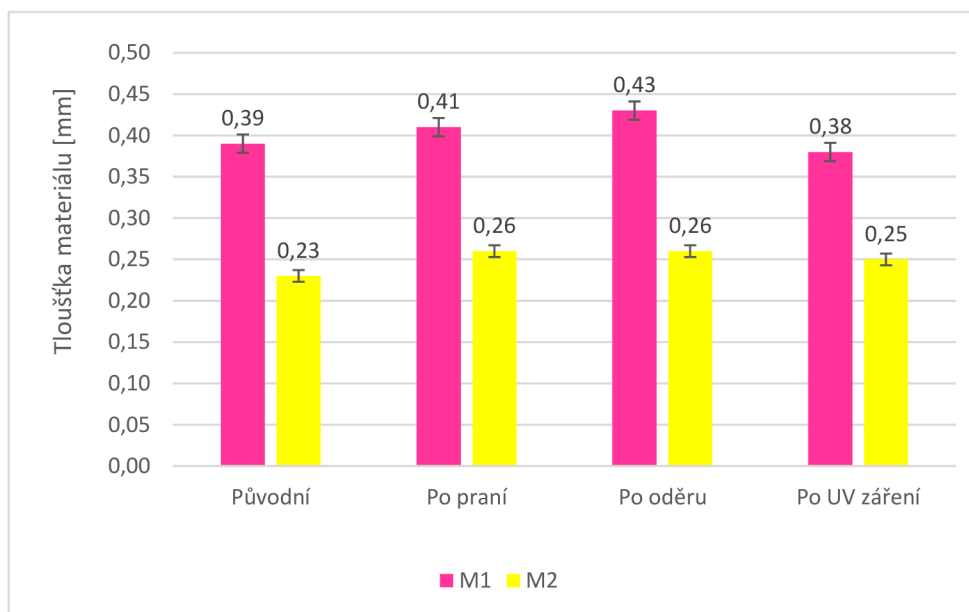
Z grafu (obr. č. 42) je patrné, že u obou vzorků došlo po praní a oděru ke zvětšení tloušťky textilie, což naznačuje nabobtnání/ porušení textilních vláken po navlhčení/ narušení struktury textilie. Po expozici UV záření došlo pouze u vzorku M1 ke snížení tloušťky textilie, což může být způsobeno degradací a „opadáním“ membrány z textilie vlivem UV záření. U vzorku M2 byl naopak naměřen nárůst tloušťky po UV záření.

U vzorku M1 došlo ke změně tloušťky:

- Po praní vrostla o 5,13%
- Po oděru vzrostla o 10,26%
- Po UV záření se zmenšila o 2,56%

U vzorku M2 došlo ke změně tloušťky:

- Po praní vzrostla o 13,4%
- Po oděru vzrostla o 13,4%
- Po UV záření vzrostla o 8,7%



**Obrázek 42.** Graf změn hodnot tloušťky materiálů před a po namáhání

## 5.5 Změna plošné hmotnosti po namáhání

Plošná hmotnost se vypočítá vztahem:

$$\rho_s = \frac{m}{S} = \frac{m}{l * b} [g/m^2]$$

- $\rho_s$  ... plošná hmotnost [ $g/m^2$ ]
- $m$  ... hmotnost odstříhu [ $g$ ] plošné textilie o ploše  $S$  [ $m^2$ ]
- $S$  ... plocha odstříhu plošné textilie [ $m^2$ ] (l... délka vzorku; b... šířka vzorku [ $m^2$ ])

Z tabulky č. 27 vyplývá, že se plošná hmotnost u obou materiálů snížila po oděru i praní a zvýšila po UV záření. Po UV záření se hmotnost M1 zvýšila o  $14,3 g/m^2$  a u M2 o  $2,07 g/m^2$ .

**Tabulka 27.** Změna plošné hmotnosti vybraných vzorků materiálu

| Plošná hmotnost [ $g/m^2$ ] |         |          |          |              |
|-----------------------------|---------|----------|----------|--------------|
| Vzorek                      | Původní | Po praní | Po oděru | Po UV záření |
| <b>M1</b>                   | 99,22   | 92,47    | 95,45    | 106,52       |
| <b>M2</b>                   | 60,10   | 58,84    | 59,17    | 62,17        |

Z grafu (obr. č. 43) je patrné, že po pěti cyklech praní a oděru došlo ke snížení plošné hmotnosti textilie u obou vzorků M1 a M2, přičemž snížení bylo větší u vzorku M1. Naopak po expozici UV záření došlo k nárůstu plošné hmotnosti u obou vzorků, kdy opět vzorek M1 vykazuje větší nárůst.

U vzorku M1 došlo ke změně plošné hmotnosti:

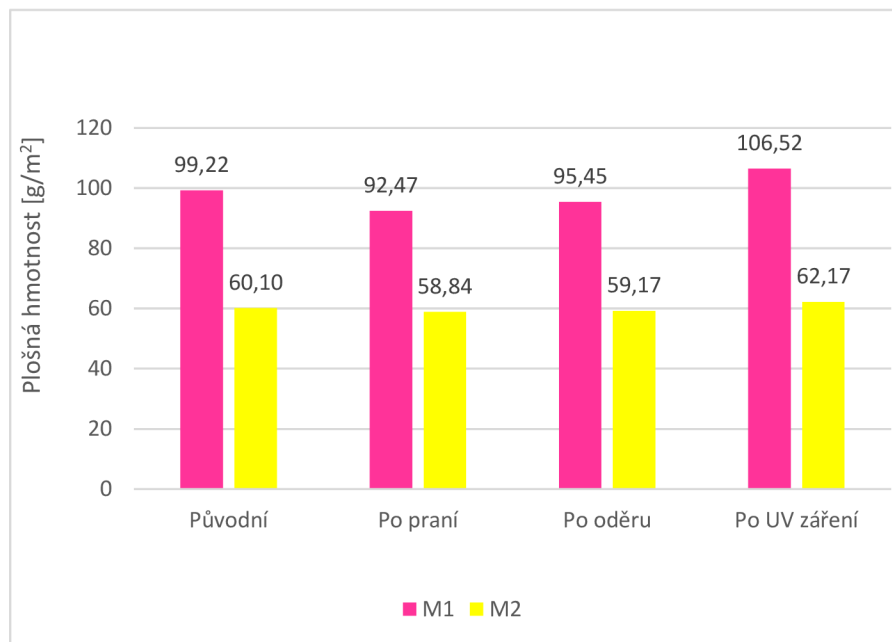
- Po praní byl úbytek o 6,8%
- Po oděru byl úbytek o 3,80%

U vzorku M2 došlo ke změně plošné hmotnosti:

- Po praní byl úbytek o 2,10%
- Po oděru vzrostla o 1,54%

Plošná hmotnost textilie po působení UV záření naopak vzrostla u materiálu M1 o 7,36% a u M2 o 3,45%.

Z výsledků je zřejmé, že po praní a oděru došlo u obou vzorků k poklesu plošné hmotnosti textilie o několik procent, což naznačuje opotřebení vláken textilie během mechanického namáhání.



**Obrázek 43.** Plošná hmotnost vzorků materiálu [g/m²]

## 6 Diskuse výsledků

Bylo realizováno testování původních vzorků textilií na propustnost vzduchu, paropropustnost a výšku vodního sloupce. Poté se uskutečnilo testování vzorků textilií na oděr, vliv praní a vliv ultrafialového záření. Cílem práce pak bylo zjistit vliv simulace nošení a údržby textilních materiálů na změnu výsledků prodyšnosti vzduchu, voděodolnosti a paropropustnosti.

V první části experimentu byly vybrány dva materiály, které jsou dvojvrstvé membránové lamináty. Materiál M1 (Rainflex) se skládá ze spodní vrstvy, kterou tvoří pletenina se složením 94% PAD + 6% EA s vrchní hydrofilní membránou ze 100% PES. Materiál M2 (Rainsoft) tvoří spodní vrstva, která je hydrofilní 100% PU membrána s vrchní pleteninou se složením 100% PES a voděodolnou úpravou.

*Prvním cílem* bylo zjistit plošnou hmotnost, tloušťku materiálů, a hlavně klíčové vlastnosti pro voděodolné textilie, jimiž jsou prodyšnost, propustnost pro vodní páry a voděodolnost. Všechny vlastnosti se zjišťovaly nejdříve u původních materiálů, které nebyly poškozené.

Pro stanovení prodyšnosti pro vzduch byl použit přístroj SDL M021S, měření odpovídalo normě ČSN EN ISO 9237 (80 0817) Textilie – Zjišťování prodyšnosti plošných textilií. Během zkoušky došlo k problémům měření M2. U žádného z ventilů nešlo dosáhnout tlakového spádu 500 Pa, ani jiného, jaký by byl přístroj schopný zaznamenat. Tlakový spád stále stoupal a ani po uzavření ventilu neklesal. Z toho vyplývá, že materiál M2 je vysoce odolný vůči větru, má tedy schopnost minimalizovat nebo úplně zabránit průchodu vzduchu skrz něj. To můžeme u některých oděvních výrobků brát jako výhodu. U materiálu M1 byla naměřena původní hodnota propustnosti vzduchu 2,5 mm/s.

Výparný odpor materiálu byl měřen na přístroji Permetest. Měření odpovídá normě ČSN EN ISO 11092 (80 0819) Textilie – Fyziologické účinky – Měření tepelného odporu a výparného odporu za stálých podmínek (zkouška pomocí vyhřívání desky simulující efekt pocení). Materiál M2 má hodnotu výparného odporu  $Ret$  2,16 [Pa.m<sup>2</sup>/W], to je o 86,2% menší hodnota, než má M1, 15,72 [Pa.m<sup>2</sup>/W]. Materiál M2 má výsledné hodnoty lepší než M1, bude tedy vhodnější pro namáhavé aktivity, u kterých se nositel oděvu zapotí, ale i tak si zachová komfort.

Odolnost textilií vůči pronikání vody pod tlakem byla měřena na zařízení Shirley Hydrostatic Head Tester M018. Měření probíhá dle normy ČSN EN ISO 811 (80 0818) Textilie – Stanovení odolnosti proti pronikání vody – Zkouška tlakem vody. Naměřená výška vodního sloupce u M1 byla 5790 mm a u M2 5213 mm. S těmito vlastnostmi jsou vybrané voděodolné materiály vhodné pro výrobu lehkých bund využitelných pro chůzi či jízdu na kole. Při pohybu jako je sezení, klečení v trávě, nošení batohu, může být materiál méně odolný, kvůli tomu, že tyto pohyby vyvíjí mnohem vyšší tlak vody.

*Druhým cílem* bylo nasimulovat zrychlený postup během užívání a údržby oděvů pomocí laboratorních zkoušek. Proběhlo testování vlivu praní dle normy ČSN EN ISO 6330 (800821) Textilie – Postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií, s použitím pračky AEG model L76270SL. Nenastaly žádné větší vizuální změny. U M1 se membrána lehce oddělila od pleteniny na některých místech a vytvořily se vrásky.

Proběhlo testování oděru, kde se používal přístroj komorový vrtulkový odírač, dle normy ČSN 80 0833 Plošné textilie – Stanovení odolnosti v oděru na vrtulkovém odírači. Pro vyhodnocení zkoušky se měřil úbytek hmotnosti jednotlivých vzorků. Hmotnost u žádného ze vzorku neklesla o více jak 0,5%, ve výsledku tak nebyl zaznamenán velký úbytek hmotnosti. U materiálu M2 bylo viditelné poškození vrchní pleteniny, která na některých místech utvořila malé žmolky nebo trhlinky. Je možné, že během oděru došlo i k poškození membrány, které sice není viditelné okem, ale ve výsledcích testování vodního sloupce ano. Materiály se tak staly promokavými.

Dále byly vzorky vystaveny simulaci působení slunečního záření. Testování proběhlo pomocí přístroje Atlas Uvcon, který simuluje UV záření. Po týdenním ozařování vzorky degradovaly. Barva u obou materiálů vybledla (obr. č. 32), takže již nesplňovaly vyšší viditelnost. U M1 se membrána odrolila. UV záření mělo na výslednou funkčnost materiálů opravdu negativní vliv.

Tento experiment prokázal degradující účinek praní, oděru a expozici světla. Vyvolává tak otázky, jak pravidelně a za jakých podmínek je třeba vyměnit oděvy s vysokou viditelností, aby stále splňovaly podmínky.

*Třetím cílem* bylo zjištění odolnosti vybraných dvouvrstevných membránových laminátů po laboratorním namáhání na vybrané vlastnosti těchto materiálů. Znovu bylo provedeno laboratorní hodnocení po deformaci materiálů na měření prodyšnosti,

paropropustnosti a odolnosti proti pronikání vody pod tlakem. Naměřené hodnoty před a po namáhání byly porovnány a zaneseny do grafů.

### ➤ Výsledky testování prodyšnosti

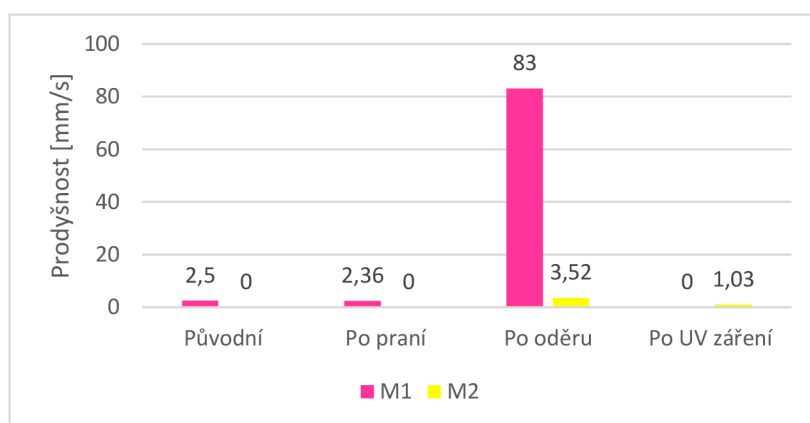
U materiálu M1 se prodyšnost po praní zhoršila o 5,6%. Prací prostředky mají na membránový materiál vliv a mohou se v ní zbytky prostředku usadit. Zanesená membrána tak propustí méně vzduchu skrz.

Po oděru byla změna u M1 obrovská, prodyšnost se zvětšila až o 3 220%, to je způsobeno narušením struktury membrány, ke které došlo během odírání. Vznikaly různé trhlinky v textilií. To stejné nastalo u M2, kvůli trhlinkám v membráně se stal materiál prodyšný, hodnota byla 3,52 mm/s, to je ale o 95,8% méně než má M1.

Po týdenním působení UV záření materiál velice z degradoval a membrána se „vysušila“ a začala opadávat (je vidět výše na obrázku č. 32). Při měření propustnosti vzduchu se materiál M1 choval hodně propustně, jako by tam membrána ani nebyla a zbyla pouze samotná pletenina. Po konzultaci s panem Ing. Chotěborem jsme přeměřili na tlakový spád 4 Pa, při kterém se běžně měří pleteniny. Výsledná hodnota prodyšnosti M1 byla 193 mm/s. Tato hodnota bohužel v závěru nelze srovnávat s ostatními hodnotami, kvůli jiným vstupním parametrům, a tak v tabulce (tabulka č. 28) nemůže být uvedena. Materiál M2 měl prodyšnost 1,03 mm/s.

**Tabulka 28.** Hodnoty prodyšnosti plošných textilií před a po namáhání [mm/s]

| Vzorek | Prodyšnost [mm/s] |          |          |              |
|--------|-------------------|----------|----------|--------------|
|        | Původní           | Po praní | Po oděru | Po UV záření |
| M1     | 2,5               | 2,36     | 83       | x            |
| M2     | x                 | x        | 3,52     | 1,03         |



**Obrázek 44.** Změna prodyšnosti před a po namáhání



U M2 by se nepropustnost vzduchu mohla brát výhodou, že nedochází k ofouknutí, které může být v některých situacích nežádoucí, jako například při nošení oblečení při chladnějším a větrnějším počasí. Textilie odolná vůči větru se často používá v oblečení pro venkovní aktivity, tj. pro horskou turistiku, cyklistiku, nebo pro běhání v chladných a větrných podmínkách.

### ➤ Výsledky testování paropropustnosti

Z analýzy v tabulce (tabulka č. 29) lze vidět, že výsledky výparného odporu jsou značně odlišné pro jednotlivé vzorky a pro různé podmínky testování. Vzorek M1 měl výrazně vyšší výparný odpor než vzorek M2 v původním stavu, M2 bude propouštět vodní páru lépe než M1.

U vzorku M1 došlo ke snížení hodnoty Ret po praní, oděru a rapidně i po působení UV záření, to znamená že s mechanickým namáháním se propustnost vodních par skrz materiál zlepšuje. Naopak u vzorku M2 u všech sad vzorků došlo ke zvýšení hodnoty Ret. a tak se po každém namáhání propustnost vodních par zhoršuje.

**Tabulka 29.** Hodnoty výparného odporu Ret před a po namáhání textilií

| Vzorek    | Výparný odpor Ret [ $\text{Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$ ] |          |          |              |
|-----------|--|----------|----------|--------------|
|           | Původní  | Po praní | Po oděru | Po UV záření |
| <b>M1</b> | 15,72  | 14,76    | 11,82    | 2,12         |
| <b>M2</b> | 2,16   | 3,7      | 2,34     | 7,4          |

Hodnoty z tabulky č. 29 a procentuální změny byly zaneseny do grafu (obr. č. 45)

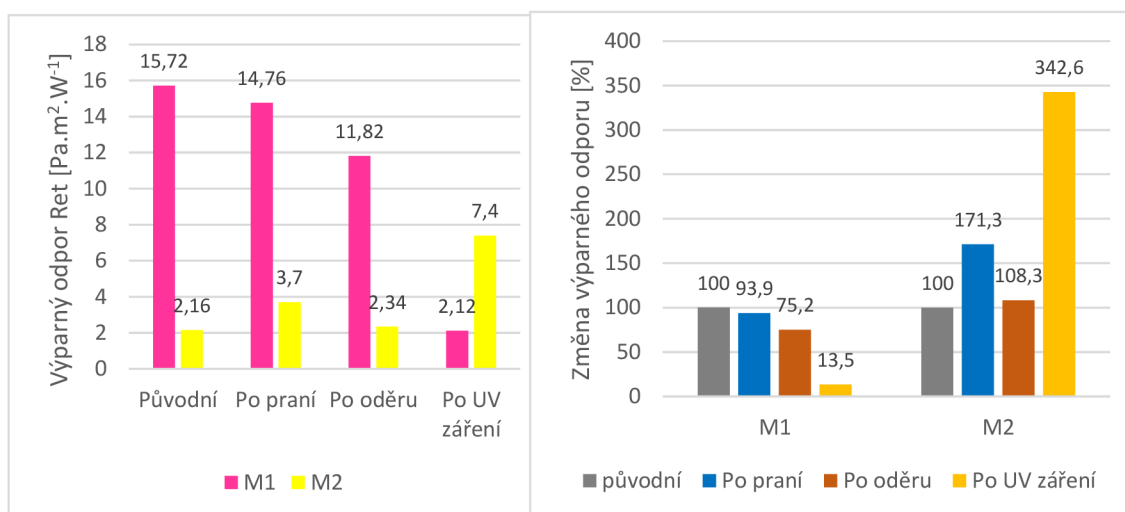
U vzorku M1 došlo ke změně výparného odporu Ret:

- Po praní se snížila o 6,1%
- Po oděru se snížila o 24,8%
- Po UV záření se snížila o 86,5%

U vzorku M2 došlo ke změně výparného odporu Ret:

- Po praní vzrostla o 71,3%
- Po oděru vzrostla o 8,3%

➤ Po UV záření vzrostla o 242,6%



**Obrázek 45.** Změna výparného odporu Ret (vlevo) v % (vpravo) před a po namáhání

### ➤ Výsledky testování voděodolnosti

Při tomto experimentu bylo měření zastaveno a zaznamenáno po proniknutí třech kapek na povrch testovaného vzorku u všech sad vzorků. Z tabulky (tabulka č. 30) vyplývá, že materiál M1 má vyšší původní hodnotu vodního sloupce, která je 5790 mmH<sub>2</sub>O, a tak bude o trochu více odolný než M2 s výslednou hodnotou 5213 mmH<sub>2</sub>O. Rozdíl mezi hodnotami je 9,96%. S těmito vlastnostmi je materiál voděodolný při běžné chůzi či při jízdě na kole, ale pokud bychom uvažovali pohyby jako je sezení, klečení v trávě, nošení batohu, může být materiál méně odolný, kvůli tomu, že tyto pohyby vyvíjí mnohem vyšší tlak vody.

Z tabulky č. 30 je patrné, že u obou vzorků došlo po všech zkouškách ke snížení výšky vodního sloupce, což naznačuje menší odolnost textilie proti propustnosti vody. Po expozici UV záření došlo u vzorku M1 ke značnému snížení výšky vodního sloupce, a to až o 91,37%, což může být způsobeno degradací membrány vlivem UV záření. U M2 bylo největší snížení výšky vodního sloupce o 71,3% po oděru. Po praní si materiál voděodolnost zanechává. Po oděru jsou materiály stále trochu voděodolné. Problém může být v místech odření. Po UV záření M1 již nesplňuje voděodolnost, takže by voda jednoduše pronikla skrz. M2 si stále zanechává nižší hodnotu, ale i tam bude voděodolný.

**Tabulka 30.** Změna výšky vodního sloupce před a po namáhání

| Vzorek    | Výška vodního sloupce [mmH <sub>2</sub> O] |          |          |              |
|-----------|--|----------|----------|--------------|
|           | Původní                                    | Po praní | Po oděru | Po UV záření |
| <b>M1</b> | 5790                                       | 5533     | 1487     | 500          |
| <b>M2</b> | 5213                                       | 5040     | 1493     | 1850         |

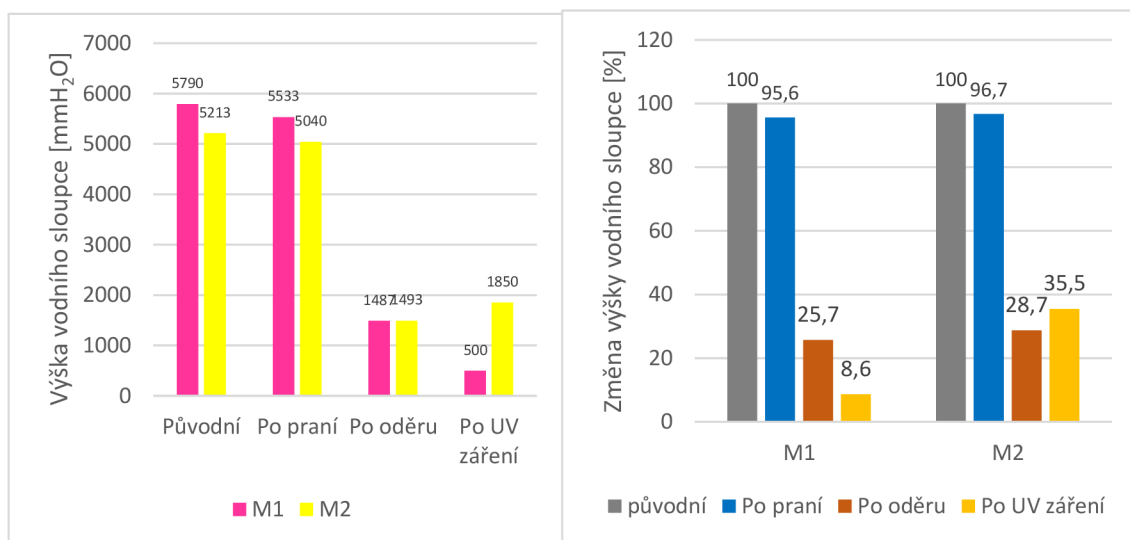
Hodnoty z tabulky č. 30 a procentuální změny byly zaneseny do grafu (obr. č. 46)

U vzorku M1 došlo ke změně výšky vodního sloupce:

- Po praní se snížila o 4,4%
- Po oděru se snížila o 74,3%
- Po UV záření se snížila o 91,4%

U vzorku M2 došlo ke změně výšky vodního sloupce:

- Po praní se snížila o 3,3%
- Po oděru se snížila o 71,3%
- Po UV záření se snížila o 64,5%



**Obrázek 46.** Změna výšky vodního sloupce v mmH<sub>2</sub>O (vlevo) v % (vpravo) před a po namáhání

## 7 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo testování dvouvrstvých textilních membránových laminátů, které jsou vysoce viditelné barvy a používají se pro výrobu lehkých cyklistických bund. Bylo řešeno, proč a jakým způsobem se vlastnosti těchto materiálů zhoršují během běžného užívání. Pro měření byly použity 2 materiály:

- *Materiál M1 – Rainflex*, tvoří spodní vrstva pleteniny se složením 94% PAD + 6% EA s vrchní hydrofilní membránou ze 100% PES.
- *Materiál M2 – Rainsoft*, tvoří spodní vrstva, která je hydrofilní 100% PU membrána se 100% PES vrchní pleteninou a voděodolnou úpravou.

V rešeršní části byla popsána charakteristika voděodolných oděvů s vysokou viditelností a požadavky na ně kladené. Uvádí druhy membrán, jejich rozdělení podle laminace, zástupce na trhu a jejich aplikaci. Popisuje princip vysoce viditelných oděvů a doporučené umístění reflexních prvků pro větší ochranu nositele. Zahrnuje normy, které určují rozdělení materiálů do tříd a zároveň uvádí základní vlastnosti voděodolných materiálů. Dále uvádí metody namáhání voděodolných textilií, které mají co nejlépe napodobit běžné nošení a údržbu.

Pro dosažení cíle zjistit trvanlivost těchto oděvních materiálů bylo nezbytné změřit klíčové vlastnosti původního nepoškozeného materiálu, poté provést vybrané zkoušky namáháním a dále opět změřit ty stejné vlastnosti u „poškozených“ vzorků a porovnat změny.

V rámci experimentální části práce byla podle stanovených cílů zjištěna prodyšnost, paropropustnost a výška vodního sloupce původních materiálů a jejich stav po namáhání. Namáhání mělo simulovat proces údržby praním, běžné nošení a vliv podnebí (slunce). V laboratoři/doma bylo testování nasimulováno pomocí zkoušek: domácí praní, náhodný oděr na vrtulkovém odírači a působení UV záření v přístroji Atlas Uvcon. Testování proběhlo v laboratořích katedry oděvnictví a katedry hodnocení textilií na Technické univerzitě v Liberci.

Z výsledků měření vyplývá:

- U materiálu M2 bylo zjištěno, že je zcela odolný pro **prostup vzduchu**, to se nezměnilo ani po praní. Oděrem i UV zářením se narušila struktura membrány i pleteniny a materiál se stal propustným pro vzduch. Největší změna prodyšnosti

nastala u vzorku M1 po aplikaci UV záření, kdy zůstala pouze pletenina s malými částicemi membrány a materiál se tak stal zcela prodyšný.

- U M1, který má 100% PES membránu, byla největší změna **paropropustnosti** opět po UV záření. Tento materiál se s každým namáháním stal více paropropustný. Naopak M2 s 100% PU membránou se vlivem praní, oděru i UV záření stal méně propustný pro vodní páry.
- Největší vliv na **voděodolnost** materiálu M1 mělo znovu UV záření, kde se membrána odloupala z pleteniny, a tak se textilie stala promokavá. Velká změna nastala i po oděru u obou vzorků, větší vliv měl ale na M2, kvůli trhlinkám, které se vlivem oděru na materiálu vytvořily. Po 5 cyklech praní je zhoršení voděodolnosti okolo 4% u obou textilií, což je vzhledem k nutné (častější) údržbě oděvu považováno také za velkou degradaci.

Z experimentální části a jejích výsledků plyne, že dvouvrstvé membránové lamináty, používané pro cyklistické bundy, jsou tenké, lehké a velice náchylné na namáhání. Aby nedocházelo ke znehodnocení těchto oděvů praním, je nezbytné dodržovat pokyny pro údržbu udávané výrobcem. Vzhledem k tomu, že mají navíc sloužit jako výstražný oděv nošený pro zvýšení viditelnosti v provozu, musí si tyto materiály zachovat svou původní barvu. Trvanlivost je také velice ovlivněna slunečním zářením, kterému jsme denně při nošení oděvů vystaveni. Po simulaci ročního vystavení UV záření (v zařízení UVCON) barva vybledla o několik odstínů a přestala být fluorescenční. Má tak velký negativní vliv jak na vlastnosti, tak změnu barvy, které jsou klíčové právě pro voděodolné oděvy s vysokou viditelností. Oděv tak ztrácí svůj účel, nositel není chráněný a měl by tento oděv nahradit novým.

## Použitá literatura

- [1] Hi-vis clothing for construction workers. In: Designingbuildings.co.uk [online]. 2. února 2022 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Hi-vis\\_clothing\\_for\\_construction\\_workers](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Hi-vis_clothing_for_construction_workers)
- [2] Viditelnost a reflexní prvky cyklistů: pro jejich přežití na silnici klíčové. In: mdcz.cz [online]. 20. srpna 2014 [cit. 2022-02-05]. Dostupné z: <https://www.mdcz.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Viditelnost-a-reflexni-prvky-cyklistu-pro-jejich>
- [3] MUKHOPADHYAY, A., MIDHA, V. A Review on Designing the Waterproof Breathable Fabrics Part I: Fundamental Principles and Designing Aspects of Breathable Fabrics. *Journal of Industrial Textiles*. 2008, 37, pp. 225–262. doi:10.1177/1528083707082164
- [4] Gore Team. The Gore-Tex membrane: what it is, how it works and why you need it. In: <https://www.gore-tex.com> [online]. 9. prosince 2019 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://www.gore-tex.com/blog/the-gore-tex-membrane-what-it-is-how-it-works-and-why-you-need-it>
- [5] TENOROVÁ, Eva. Studie využití textilních materiálů s membránou. Prostějov, 2006. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Technologie a řízení oděvní výroby. Vedoucí práce Ing. Marta Smékalová.
- [6] Goretex Fabric – schéma. In: cs.wikipedia.org [online]. [cit. 2022-06-15]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Gore-Tex>
- [7] High Point podpora pro zákazníky. Prodyšnost, paropropustnost. In: [highpoint.cz](http://highpoint.cz) [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://www.highpoint.cz/hp-podpora/slovník-pojmu/prodyšnost-paropropustnost.html>
- [8] ČSN EN ISO 20471:2013. High visibility clothing, Test methods and requirements. Technical Committee ISO/TC 94, Personal safety – Protective clothing and equipment, Subcommittee SC 13, Protective clothing. 22 s. Třídící znak 832820.
- [9] Světlo a barva ve fotografii. In: Fotoradce.cz [online]. 27. ledna 2010 [cit. 2022-01-14]. Dostupné z: <https://www.fotoradce.cz/svetlo-a-barva-ve-fotografii-blog>
- [10] BLACK A. A., VU Bui, HENRY E. a spol. Using retro-reflective cloth to enhance drivers judgment of pedestrian walking direction at night-time. *Journal of Safety Research* [online]. 2021, [cit. 2021-12-05]. s. 196-201. ISSN 0022-4375. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2021.03.002>
- [11] Lim, Du-Hyun & Lee, Min-Ho a spol. Structural and Physical Properties of Reflective Sheets Prepared by Using Glass Beads. *Elastomers and Composites*. 46. 2011. [online] [cit. 2022-01-07]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/figure/Reflective-principle-of-a-glass-bead-and-b-micropism-types\\_fig1\\_264133402](https://www.researchgate.net/figure/Reflective-principle-of-a-glass-bead-and-b-micropism-types_fig1_264133402)
- [12] CABRERA D., HOLMES J. a spol. Illustration of three reflection types, An unusual instance of acoustic reflection in architecture – Ports 1961 Shanghai flagship store façade. *Applied Acoustics* [online]. 2018, strany 133-146. ISSN 0003-682X. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2018.04.004>
- [13] VIK M., ZELOVÁ K., HAVELKA A. Vliv tvaru retroreflexních prvků na viditelnost chodce. Technická univerzita v Liberci [online]. 4 s. [cit. 2022-12-05].

- [14] PARK, S. An evaluation of the suitability of fluorescent fabrics and retroreflective materials for road traffic warning clothing in compliance with international standards. *Fashion and Textiles*. 6 s. 2019. [online] [cit. 2022-01-07]. <https://doi.org/10.1186/s40691-019-0190-4>
- [15] EU. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/425 ze dne 9. března 2016 o osobních ochranných prostředcích a o zrušení směrnice Rady 89/686/EHS, Úřední věstník Evropské unie (Text s významem pro EHP).
- [16] CIESLAROVÁ, Eva. Speciální ochranné oděvy – hodnocení vlastností souvisejících s komfortem [online]. Liberec, 2007 [cit. 2021-12-14]. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní. Ing. Flégová Zuzana. Dostupné z: <https://dspace.tul.cz/handle/15240/110641>.
- [17] Hi Vis Standards – EN ISO 20472 Explained. Xamax.co.uk [online]. 3. května 2021 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.xamax.co.uk/blog/guide-to-hi-vis-clothing-standards.html>
- [18] IIZUKA T., KAWAMORITA T., TAKENAKA Ch. A spol. High Visibility Conditions in a Sunset Environment. *Applied Sciences* [online]. 5 August 2021. Vol. 11, no. 16, p. 7229. [cit. 2022-01-03]. <http://dx.doi.org/10.3390/app11167229>
- [19] PADLECKIENE, I., PETRULIS, D., RUBEYIENE, a spol. Breathability and Resistance to Water Penetration of Breathable-Coated Textiles after Cyclic Mechanical Treatments. *Materials Science-Medziagotyra*. 2009, 15(1), pp. 69–74.
- [20] HES, Luboš a Petr SLUKA. Úvod do komfortu textilií. Liberec: Technická univerzita, 2005. ISBN 80-7083-926-0
- [21] KNÍŽEK, Roman. Oděvy pro sportovní a outdoorové aktivity. Liberec: Technická univerzita, 2013. ISBN 978-80-7494-012-5.
- [22] HOLMES D.A. Performance Characteristics of Waterproof Breathable Fabrics. *Journal of Industrial Textiles*. April 2000. 306-316. doi:10.1177/152808370002900406
- [23] EN 343 + A1 – Protective clothing – Protection against rain. 2007. Technical Standard. Třídící znak 832761. Dostupné z: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/28781/bedf500c73724439bddccbe25215d428/SIST-EN-343-2003-A1-2007.pdf>
- [24] PADLECKIENE, I., PETRULIS, D. Effect of Abrasion on the Air Permeability a Mass Loss of Breathable-Coated Fabrics. *Fibr and text in East Europe*. 2009, 17(2), pp. 50–54.
- [25] HARCUBOVÁ, I. Hodnocení trvanlivosti funkčních bariérových voděodolných textilií pro sportovní účely [online]. Liberec, 2019. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní. Vedoucí práce Ing. Zelová Katarína Ph.D.
- [26] KALAOGLU F., ONDER E., OZIPEK B.; Influence of Varying Structural Parameters on Abrasion Characteristics of 50/50 Wool/ Polyester Blended Fabric. *Textile Research Journal*, 2003, 73, 980-984
- [27] LAMAČOVÁ, T. Zjišťování odolnosti voděodolných textilií proti poškození. [online]. Liberec, 2020. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní. Vedoucí práce Ing. Zelová K. Ph.D.
- [28] CENIGOVÁ, M. Hodnocení užitných vlastností polyesterových textilií. [online]. Liberec, 2020. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní. Vedoucí práce Ing. Komárková P. Ph.D.

- [29] ZELOVÁ Katarína, KOD – FT – TUL. Přednášky z předmětu Výroba Oděvů. Oděvní materiály – vlastnosti. [pdf přednáška] [cit. 2022-08-02] Dostupné z: [http://www.kod.tul.cz/predmety/ODE/prednasky/ODE\\_1\\_LS\\_2012\\_OM\\_vlastnosti.pdf](http://www.kod.tul.cz/predmety/ODE/prednasky/ODE_1_LS_2012_OM_vlastnosti.pdf)
- [30] VIJAYAN Arun, ISLAM Saniyat. Degradation of fluorescent high-visibility colors used in safety garments for the Australian railway industry. *Journal of Safety Research*. 2016 (56), 1-7. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2015.11.008>
- [31] Ginetex. Etikety o údržbě na oblečení jsou pro Evropany důležité. In: *ceskenoviny.cz* [online]. 8. listopadu 2019 [cit. 2022-08-07]. Dostupné z: <https://www.ceskenoviny.cz/pr/zpravy/etikety-o-udrzbe-na-obleceni-jsou-pro-evropany-dulezite/1818607>
- [32] Manuál k přístroji Atlas Uvcon. Technická univerzita v Liberci.
- [33] ČSN EN ISO 20471: 2013 (832820). Oděvy s vysokou viditelností – Zkušební metody a požadavky. Praha: Český normalizační institut.
- [34] ČSN EN ISO 11092 (800819), 2015. Textilie – Fyziologické účinky – Měření tepelného odporu a výparného odporu za stálých podmínek (zkouška pomocí vyhřívané desky simulující efekt pocení). Praha: Český normalizační institut.
- [35] ČSN EN 12127 (800849), 1998. Textilie – Plošné textilie – Zjišťování plošné hmotnosti pomocí malých vzorků. Praha: Český normalizační institut.
- [36] ČSN EN ISO 5084 (80 0844), 1998. Textilie – Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků. Praha: Český normalizační institut.
- [37] ČSN EN ISO 9237 (80 0817), 1996. Textilie – Zjišťování prodyšnosti plošných textilií Praha: Český normalizační institut.
- [38] ČSN EN ISO 11092 (80 0819), 2015. Textilie – Fyziologické účinky – Měření tepelného odporu a výparného odporu za stálých podmínek (zkouška pomocí vyhřívané desky simulující efekt pocení). Praha: Český normalizační institut.
- [39] ČSN EN ISO 811 (80 0818), 2018. Textilie – Stanovení odolnosti proti pronikání vody – Zkouška tlakem vody. Praha: Český normalizační institut.
- [40] ČSN 80 0833, 1993. Plošné textilie. Stanovení odolnosti v oděru na vrtulkovém odírači Praha: Český normalizační institut.
- [41] Norma ČSN EN ISO 6330 (800821), 2022. Textilie – Postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií. Praha: Český normalizační institut.
- [42] ČSN 80 0833, 1993. Plošné textilie. Stanovení odolnosti v oděru na vrtulkovém odírači Praha: Český normalizační institut.



## Seznam obrázků

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1. Pracovníci stavby v oděvu se zvýšenou viditelností [1] .....   | 11 |
| Obrázek 2. Cyklista v oděvu s vysokou viditelností [2] .....  | 12 |
| Obrázek 3. Schéma odvodu vlhkosti pomocí prodyšných tkanin [3].....   | 14 |
| Obrázek 4. Goretex schéma [6] .....   | 15 |
| Obrázek 5. Lidským okem viditelné spektrum barev ve vlnové délce 390 nm - 760 nm [9].....   | 17 |
| Obrázek 6. Mikroskopický snímek retroreflexního materiálu – a) skleněné kuličky b) mikro hranoly a znázornění jejich odrazu [11].....               | 18 |
| Obrázek 7. Zrcadlový odraz; Difuzní odraz; Retroreflexe [12] .....  | 19 |
| Obrázek 8. Vliv umístění retroreflexních prvků na oděv při chůzi ve tmě [10] .....  | 19 |
| Obrázek 9. Piktogram určující zařazení do třídy dle ČSN EN ISO 20471 – Oděvy s vysokou viditelností [17].....                                       | 21 |
| Obrázek 10. Schématická struktura vzorků A a B (a) a vzorku C (b); 1 - vnější tkaná tkanina, 2 – zátěr nebo laminát, 3 – pletená podšívka [24]..... | 27 |
| Obrázek 11. Symboly údržby [31].....  | 29 |
| Obrázek 12. Digitální tloušťkoměr SDL M034 A (vlevo); Počítačový program tloušťkoměru (vpravo) .  | 34 |
| Obrázek 13. Zařízení SDL M021S pro měření prodyšnosti plošných textilií .....   | 36 |
| Obrázek 14. Zařízení Permetest.....   | 38 |
| Obrázek 15. Počítačový program Permetestr.....  | 39 |
| Obrázek 16. Zařízení Shirley Hydrostatic Head Tester M018.....  | 41 |
| Obrázek 17. M1 (vlevo) M2 (vpravo) upnutý v přístroji Shirley Hydrostatic Head Tester M018 .....  | 42 |
| Obrázek 18. Pračka AEG model L76270SL .....   | 43 |
| Obrázek 19. Prací prostředek.....   | 44 |
| Obrázek 20. Program praní (30°C; 1200 otáček/min; 20 minut) .....   | 44 |
| Obrázek 21. Komorový vrtulkový odírač, pohled ze strany (vlevo), pohled zepředu (vpravo).....   | 45 |
| Obrázek 22. Brusný papír č. 320 .....   | 45 |
| Obrázek 23. Přístroj Atlas UVCON pro simulaci UV záření .....   | 47 |
| Obrázek 24. Vzhled M1 rub: před praním (vlevo) po praní (vpravo) .....  | 49 |
| Obrázek 25. Vzhled M1 líc: před praním (vlevo) po praní (vpravo) .....  | 49 |
| Obrázek 26. Vzhled M2 líc: před praním (vlevo) po praní (vpravo) .....  | 50 |
| Obrázek 27. Vzhled M2 rub: před praním (vlevo) po praní (vpravo).....   | 50 |
| Obrázek 28. Vzhled M1 líc: před oděrem (vlevo) po oděru (vpravo).....   | 52 |
| Obrázek 29. Vzhled M1 rub: před oděrem (vlevo) po oděru (vpravo) .....  | 52 |
| Obrázek 30. Vzhled M2 rub: před oděrem (vlevo) po oděru (vpravo) .....  | 53 |
| Obrázek 31. Vzhled M2 líc: před oděrem (vlevo) po oděru (vpravo).....   | 53 |
| Obrázek 32. Vzhled M1 líc: před UV zářením (vlevo) po UV záření (vpravo).....   | 54 |
| Obrázek 33. Vzhled M1 rub: před UV zářením (vlevo) po UV záření (vpravo) .....  | 54 |
| Obrázek 35. Vzhled M2 rub: před UV zářením (vlevo) po UV záření (vpravo) .....  | 55 |
| Obrázek 34. Vzhled M2 líc: před UV zářením (vlevo) po UV záření (vpravo).....   | 55 |

|  |    |
|--|----|
| Obrázek 36. Výparný odpor před a po praní vlevo v [Pa.m <sup>2</sup> /W], vpravo změna v [%] .....           | 59 |
| Obrázek 37. Výparný odpor před a po oděru vlevo v [Pa.m <sup>2</sup> /W], vpravo změna v [%] .....           | 60 |
| Obrázek 38. Výparný odpor před a po UV záření vlevo v [Pa.m <sup>2</sup> /W], vpravo změna v [%] .....       | 61 |
| Obrázek 39. Výška vodního sloupce před a po praní vlevo v [mmH <sub>2</sub> O], vpravo změna v [%] .....     | 63 |
| Obrázek 40. Výška vodního sloupce před a po oděru vlevo v [mmH <sub>2</sub> O], vpravo změna v [%] .....     | 64 |
| Obrázek 41. Výška vodního sloupce před a po UV záření vlevo v [mmH <sub>2</sub> O], vpravo změna v [%] ..... | 66 |
| Obrázek 42. Graf změn hodnot tloušťky materiálů před a po namáhání .....                                     | 67 |
| Obrázek 43. Plošná hmotnost vzorků materiálu [g/m <sup>2</sup> ] .....                                       | 69 |
| Obrázek 44. Změna prodyšnosti před a po namáhání .....   | 72 |
| Obrázek 45. Změna výparného odporu Ret (vlevo) v % (vpravo) před a po namáhání .....                         | 74 |
| Obrázek 46. Změna výšky vodního sloupce v mmH <sub>2</sub> O (vlevo) v % (vpravo) před a po namáhání .....   | 75 |

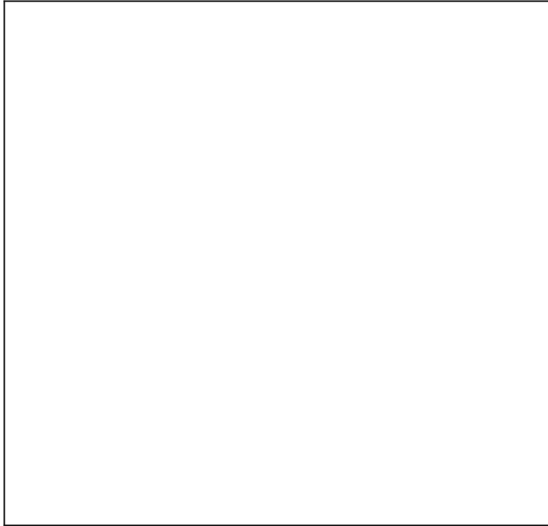
## Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 1. Tři třídy podle normy ČSN EN ISO 20471:2013 – Oděvy s vysokou viditelností [33] ..... | 22 |
| Tabulka 2. Třídy ochrany proti dešti dle normy ČSN EN 343 – voděodolnost [23].....               | 23 |
| Tabulka 3. Klasifikace propustnosti vodních par v uvedených jednotkách [34] [7] .....            | 24 |
| Tabulka 4. Základní parametry použitých textilií .....   | 32 |
| Tabulka 5. Vzhled vybraných textilií.....  | 33 |
| Tabulka 6. Výsledky testování na vrtulkovém odírači – úbytek hmotnosti po oděru.....             | 51 |
| Tabulka 7. Výsledky měření prodyšnosti původního materiálu – před namáháním.....                 | 56 |
| Tabulka 8. Měření propustnosti vzduchu – po praní.....   | 57 |
| Tabulka 9. Měření propustnosti vzduchu – po oděru.....   | 57 |
| Tabulka 10. Měření propustnosti vzduchu – po UV záření .....                                     | 57 |
| Tabulka 11. Výsledky měření výparného odporu materiálu – před namáháním .....                    | 58 |
| Tabulka 12. Výsledky měření paropropustnosti materiálu – před namáháním.....                     | 58 |
| Tabulka 13. Výsledky měření výparného odporu materiálu – po praní.....                           | 59 |
| Tabulka 14. Porovnání hodnot výparného odporu původního a po praní .....                         | 59 |
| Tabulka 15. Výsledky měření výparného odporu materiálu – po oděru.....                           | 60 |
| Tabulka 16. Porovnání hodnot výparného odporu původního a po oděru .....                         | 60 |
| Tabulka 17. Výsledky měření výparného odporu materiálu – po UV záření.....                       | 61 |
| Tabulka 18. Porovnání hodnot výparného odporu materiálu původního a po UV záření.....            | 61 |
| Tabulka 19. Výsledky měření výšky vodního sloupce materiálů – před namáháním.....                | 62 |
| Tabulka 20. Výsledky měření výšky vodního sloupce materiálů – po oděru .....                     | 63 |
| Tabulka 21. Porovnání hodnot výšky vodního sloupce původní a po praní .....                      | 63 |
| Tabulka 22. Výsledky měření výšky vodního sloupce materiálů – po oděru .....                     | 64 |
| Tabulka 23. Porovnání hodnot výšky vodního sloupce původní a po oděru.....                       | 64 |
| Tabulka 24. Výsledky měření výšky vodního sloupce materiálů – po UV záření .....                 | 65 |
| Tabulka 25. Porovnání hodnot výšky vodního sloupce původní a po UV záření .....                  | 65 |
| Tabulka 26. Hodnoty tloušťky materiálu [mm] .....  | 66 |
| Tabulka 27. Změna plošné hmotnosti vybraných vzorků materiálu .....                              | 68 |
| Tabulka 28. Hodnoty prodyšnosti plošných textilií před a po namáhání [mm/s] .....                | 72 |
| Tabulka 29. Hodnoty výparného odporu Ret před a po namáhání textilií .....                       | 73 |
| Tabulka 30. Změna výšky vodního sloupce před a po namáhání .....                                 | 75 |

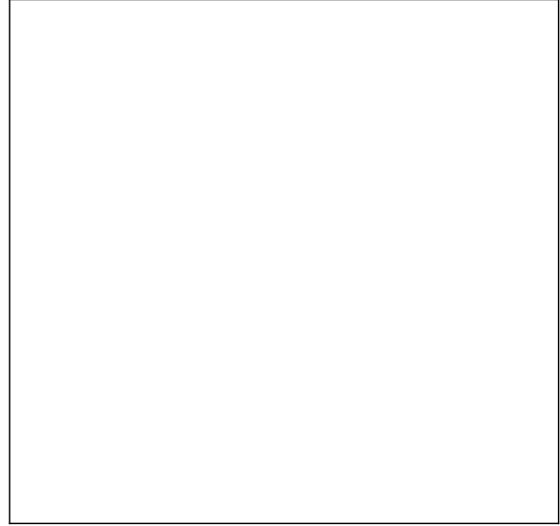
# **Přílohy**

## **Použité materiály**

### **Nepoškozené vzorky**

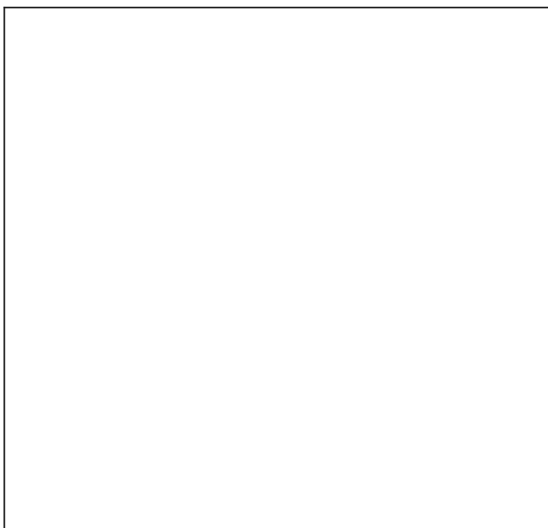


Rainflex



Rainsoft

### **Po praní**



Rainflex

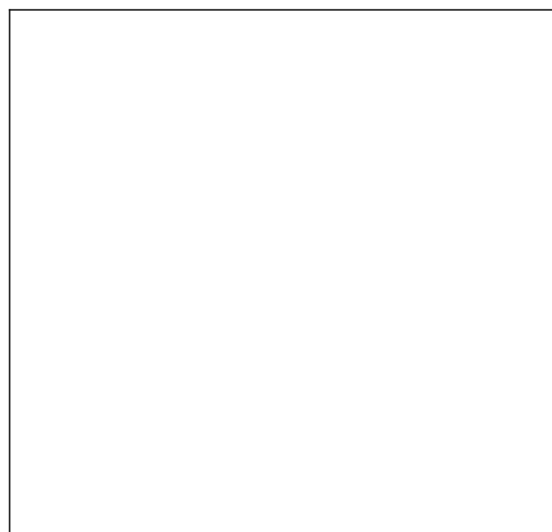


Rainsoft

**Po oděru**

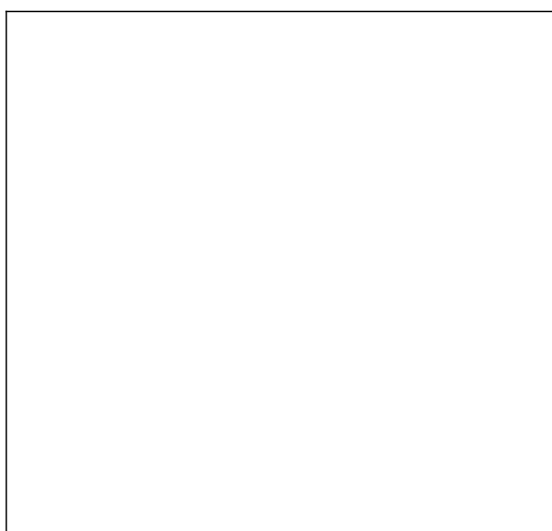


Rainflex

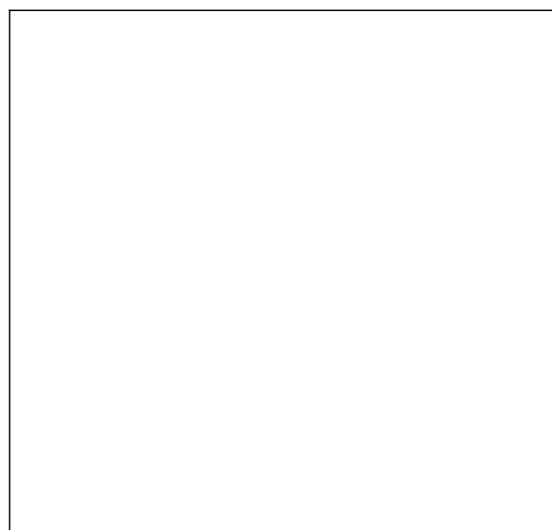


Rainsoft

**Po UV záření**



Rainflex



Rainsoft