



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Katedra oděvnictví



BAKALÁŘSKÝ STUDIJNÍ PROGRAM: Textil - 3107R004

STUDIJNÍ OBOR: Technologie a řízení oděvní výroby

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Název práce:

FYZIOLOGICKÉ VLASTNOSTI VYBRANÝCH SPORTOVNÍCH ODĚVŮ

Thesis title:

PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SELECTED SPORTS APPAREL

Kód: 2012/06/20/BS

Autor bakalářské práce: Lenka Homolová

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.

| Počet stran | Počet obrázků | Počet tabulek | Počet příloh |
|--------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| 59 | 23 | 6 | 4 |

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lenka HOMOLOVÁ**
Osobní číslo: **T08000508**
Studijní program: **B3107 Textil**
Studijní obor: **Technologie a řízení oděvní výroby**
Název tématu: **Fyziologické vlastnosti sportovních oděvů**
Zadávací katedra: **Katedra oděvnictví**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte rešerši o fyziologických vlastnostech oděvů.
2. U vytypovaných sportovních oděvů proveďte měření propustnosti vodních par.
3. Zhodnoťte vhodnost oděvů pro aktivní sport z hlediska paropropustnosti.
4. Navrhněte pro daná použití nejvhodnější textilní materiál z hlediska fyziologických vlastností.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy: cca 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- Staněk, J., Nauka o textilních materiálech, Díl I, Část 4, Vlastnosti délkových a plošných textilií, VŠST Liberec 1988
- J. Staněk, M. Kubíčková - Oděvní materiály, skripta VŠST, Liberec 1995
- Guttwirthová - Studie možností fyziologických a oděvních vlastností oděvních materiálů při nízkých teplotách, DP - TU Liberec, 1999
- Hes, L.; Sluka, P.: Úvod do komfortu textilií, TU of Liberec, pp. 33, Liberec, 2005
- Šínová, K.: Fyziologické vlastnosti moderních materiálu pro sportovní účely, [diplomová práce] TUL, Liberec, 2006
- Šesták, J.; Rieger, F.: Přenos hybnosti, tepla a hmoty, ČVUT, Praha, 2005

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.
Katedra oděvnictví

Datum zadání bakalářské práce: 12. listopadu 2010

Termín odevzdání bakalářské práce: 2. května 2011


prof. RNDr. Aleš Linka, CSc.
děkan




doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 12. listopadu 2010

Technická univerzita v Liberci
Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.
Katedra oděvnictví, FT
Studentská 2
461 17 Liberec


ŽÁDOST

Žádám o prodloužení termínu odevzdání bakalářské práce do 31. KVĚTNA 2012

Název bakalářské práce: Fyziologické vlastnosti vybraných sportovních oděvů

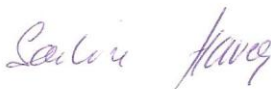
Jméno vedoucího bakalářské práce: Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.

Jméno, příjmení a adresa žadatele: Lenka Homolová, Zrzavého 15, Prostějov, 796 01

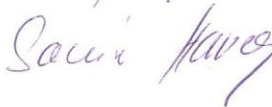
Podpis žadatele: 

Datum podání žádosti: 16. 12. 2011

Vyjádření vedoucího práce:

 19/12/2011

Vyjádření vedoucího katedry:



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ
Katedra oděvnictví

19 12 11

PROHLÁŠENÍ

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

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

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

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

V Liberci dne:

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Především bych ráda poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Antonínu Havelkovi, CSc. za jeho odborné rady a cenné připomínky, které byly velkým přínosem pro zpracování mé práce. Další poděkování patří firmám Tilak a.s. a Humi outdoor, s.r.o. za poskytnutí vzorků materiálu.

Současně bych chtěla poděkovat své rodině za morální a materiální podporu, která mi umožnila studium na vysoké škole.

ANOTACE

Tato bakalářská práce pojednává o fyziologických vlastnostech textilií, se zaměřením na výparný odpor. Měření bylo provedeno na Skin Modelu za stacionárních podmínek. Cílem bakalářské práce je zhodnotit vhodnost jednotlivých materiálů z hlediska propustnosti vodních par pro aktivní sport. Také byly vyhodnoceny nejvhodnější materiály z hlediska fyziologických vlastností a přiřazeny pro jednotlivé sportovní odvětví.

ANOTATION

This thesis deals with the physiological properties of fabrics, with a focus the evaporative resistance. Measurements were performed on Skin Model for stationary conditions. The aim of this work is to evaluate the suitability of each material in terms of water vapor permeability for active sports. Also, most materials were evaluated in terms of physiological properties and assigned to individual sports.

KLÍČOVÁ SLOVA

Fyziologie, fyziologické vlastnosti, propustnost vodních par, termofyziologický komfort, funkční textilie, membrány, výparný odpor

KEY WORDS

Physiology, Physiological properties, Water vapor permeability, Thermo-physiological charakter, Functional textiles, Membranes, Evaporative resistance

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

| | |
|-------------|--|
| \tilde{x} | - medián |
| Σ | - součet |
| A | - plocha měřicí jednotky v [m ²] |
| H | - výhřevnost dodávaná měřicí jednotce ve [W] |
| i_{mt} | - index propustnosti vodních par, bezrozměrný |
| N | - nasákavost textilie [%] |
| P | - tlak [Pa] |
| P_a | - parciální tlak |
| P_{abs} | - Propustnost absolutní [%] |
| P_m | - nasycený parciální tlak |
| P_{rel} | - relativní propustnost pro vodní páry [%] |
| ΦT_m | - latentní teplo odpařování vody při teplotě T_m v [W h/g] |
| $r.v.$ | - relativní vlhkost v [%] |
| R_{ct} | - tepelná odolnost [m ² K/W] |
| $R_{ct 0}$ | - konstanta přístroje v [m ² K/W], pro měření tepelné odolnosti R_{ct} |
| R_{et} | - odolnost vůči vodním parám [m ² Pa/W] |
| $R_{et 0}$ | - konstanta přístroje v [m ² Pa/W], pro měření tepelné odolnosti vůči vodním parám R_{et} |
| s_v | - směrodatná odchylka rychlosti proudění vzduchu v_a v [m/s] |
| T_a | - teplota vzduchu ve zkušebním prostoru v [°C] |

| | |
|-----------|--|
| T_m | - teplota měřicí jednotky v [$^{\circ}\text{C}$] |
| T_s | - teplota tepelného chrániče v [$^{\circ}\text{C}$] |
| v | - variační koeficient [%] |
| v_a | - rychlost proudění vzduchu nad povrchem zkušební vzorku v [m/s] |
| W_d | - propustnost vodních par v [$\text{g}/\text{m}^2 \text{ h Pa}$] |
| \bar{x} | - průměrná hodnota |
| φ | - vlhkost [%] |
| μ | - střední hodnota |
| σ | - směrodatná odchylka, napětí |

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ | 8 |
| ÚVOD..... | 12 |
| CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE..... | 13 |
| 1 REŠERŠNÍ ČÁST..... | 14 |
| 1.1 Definice základních pojmů | 14 |
| 1.2 Systém – organismus - prostředí | 15 |
| 1.2.1 <i>Organismus</i> | 15 |
| 1.2.2 <i>Prostředí</i> | 15 |
| 1.3 Oděvní komfort | 15 |
| 1.3.1 <i>Termofyziologický komfort</i> | 16 |
| 1.4 Mechanický odvod vlhkosti z povrchu lidského těla..... | 18 |
| 1.4.1 <i>Difuzí</i> | 19 |
| 1.4.2 <i>Kapilárně</i> | 19 |
| 1.4.3 <i>Sorpcí</i> | 19 |
| 1.5 Uživatelské vlastnosti | 20 |
| 1.6 Fyziologické vlastnosti oděvů | 21 |
| 1.6.1 <i>Prodyšnost vzduchu</i> | 22 |
| 1.6.2 <i>Propustnost vodních par</i> | 22 |
| 1.6.3 <i>Nasákavost</i> | 24 |
| 1.6.4 <i>Tepelně izolační vlastnosti</i> | 25 |
| 1.7 Hodnocení fyziologických vlastností..... | 26 |
| 1.7.1 <i>Zjišťování relativní propustnosti vodních par dle ČSN 80 0855 (Gravimetrická metoda)</i> | 27 |
| 1.7.2 <i>Měření propustnosti vodních par textlie pro účely kontroly dle ČSN 80 0877</i> | 28 |
| 1.7.3 <i>Metoda Dreo</i> | 28 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1.7.4 | <i>Metoda MVTR - ISO 2528</i> | 29 |
| 1.7.5 | <i>Permetest</i> | 29 |
| 1.8 | Charakteristika požadovaného měření..... | 30 |
| 1.8.1 | <i>Stanovení parametrů termofyziologického komfortu pomocí SKIN MODELU podle ČSN 80 081</i> | 31 |
| 1.8.1.1 | <i>Zkouška za stacionárních podmínek</i> | 32 |
| 1.9 | Shrnutí řešeršní části..... | 34 |
| 2 | EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST | 35 |
| 2.1 | Charakteristika testovaných materiálů..... | 35 |
| 2.1.1 | <i>Gore-tex</i> | 35 |
| 2.1.2 | <i>Sympatex</i> | 36 |
| 2.1.3 | <i>Materiálové složení</i> | 38 |
| 2.2 | Vyhodnocení propustnosti vodních par..... | 40 |
| 2.3 | Vyhodnocení tepelné odolnosti..... | 42 |
| 2.4 | Přepoččet propustnosti vodních par..... | 44 |
| 2.4.1 | <i>Výsledky přepočtů</i> | 45 |
| 2.4.2 | <i>Přehled aktivit a produkce potu</i> | 45 |
| 2.5 | Grafické vyjádření výsledků..... | 46 |
| 2.6 | Shrnutí dosažených výsledků..... | 50 |
| 3 | ZÁVĚR | 51 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 53 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 56 |
| | SEZNAM TABULEK | 58 |
| | SEZNAM PŘÍLOH | 59 |

ÚVOD

Je přirozené, že člověk vyžaduje stále vyšší nároky na oděvy, aby mohl lépe uspokojovat své potřeby a cíle. V dnešní době jsou kladeny vysoké požadavky na sportovní oděvy, které musí splňovat určité předpoklady. K zvýšení výkonu při sportování a zlepšení fyziologických vlastností nám pomáhají funkční materiály Gore-tex a Sympatex. Během neustále se měnícího počasí musí být oděv velice přizpůsobivý. V každém ročním období by měly odolat dešťům, povětrnostním podmínkám, zachovat tepelně izolační vlastnosti a zároveň zůstat prodyšné a nepromokavé. V neposlední řadě, je důležitým požadavkem stříhové řešení oděvu, které zajišťuje nositeli plný rozsah pohybu. Různé druhy membrán a konstrukcí laminátů zajišťují, že je oděv teplý, reguluje tělesnou teplotu a je mimořádně lehký.

Velký důraz je kladen na propustnost vodních par. Dostatečně vysoká propustnost zajišťuje uživateli potřebný komfort, který napomáhá k zvyšování osobních výkonů nejen při sportu. Vyznačují se jí textilie, které mají schopnost propouštět vlhkost, produkovanou organismem ve formě vodní páry, ale současně zabraňují průchodu vlhkosti z okolního prostředí. Uvedené textilie mohou být definovány jako textilie inteligentní.

Práce je rozdělena na teoretickou a experimentální část. Teoretická část zahrnuje pojmy vztahující se k tématu. Především význam slova komfort, jeho rozdělení, podrobný popis termofyziologického komfortu a odvodu kapalné vlhkosti. V neposlední řadě zde budou popsány metody a přístroje používané k měření.

V experimentální části budou podrobně popsány jednotlivé materiály. Pomocí tabulek a grafů budou znázorněny jednotlivá měření pomocí SKIN MODELU dle normy ČSN 80 0819 a jejich následné vyhodnocení.

CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jedním z důvodů porovnávání materiálů z hlediska propustnosti vodních par je narůstající popularita outdoorového oblečení. Tudiž mnohé firmy se snaží získat licenci, aby svůj dosavadní sortiment rozšířili o výrobky těch nejlepších kvalit, čímž se vykazují především materiály Gore-tex a Sympatex. Vzhledem k finanční a časové náročnosti zavedení nových výrobků, zde vznikl požadavek na srovnání jednotlivých materiálů, přiřazení k sportovním aktivitám a určení, který z nich by byl pro výrobu nejvhodnější.

- definice fyziologických vlastností, jež mají vliv na výsledné parametry výrobku
- znázornění jednotlivých metod měření propustnosti vodních par
- naměření propustnosti vodních par u poskytovaných materiálů
- vyhodnocení a porovnání naměřených výsledků
- přiřazení vhodných materiálů k určitým druhům sportovních aktivit

1 REŠERŠNÍ ČÁST

1.1 Definice základních pojmů

Následující text vymezí základní pojmy, které slouží pro usnadnění orientace v práci.

Fyziologie - je věda o funkci živých systémů. Při činnosti jednotlivých orgánů a jejich řízení shrnuje poznatky v celé jejich šíři - od biochemických dějů v buňkách a tkáních přes interakci funkcí celého organismu až ke složitým vztahům mezi organismem a prostředím [1].

Propustnost vodních par - je definována jako prostup vodní páry na základě rozdílných parciálních tlaků vodních par, jež jsou na obou stranách plošné textilie [2].

Prodyšnost - je schopnost textilie propouštět vzduch. Prodyšnost textilie je dána parametry (konstrukce, tloušťka materiálu, objemová hmotnost příze, finální úprava) [2].

Savost - je schopnost textilií ponořených do vody přijímat a fyzikální cestou vázat vodu při stanovené teplotě a čase [2].

Nasákavost – je schopnost textilie podržet určité množství vlhkosti, aniž by textilie byla na omak mokrá [2].

Vysýchavost – je schopnost textilie odevzdávat vodu do okolního prostředí [2].

Tepelně izolační vlastnost – souvisí se schopností materiálu vést teplo a tedy tepelně - izolační schopnost materiálu je nepřímo závislá na součiniteli tepelné vodivosti [2].

Termoregulace – schopnost organismu udržovat stálou tělesnou teplotu [2].

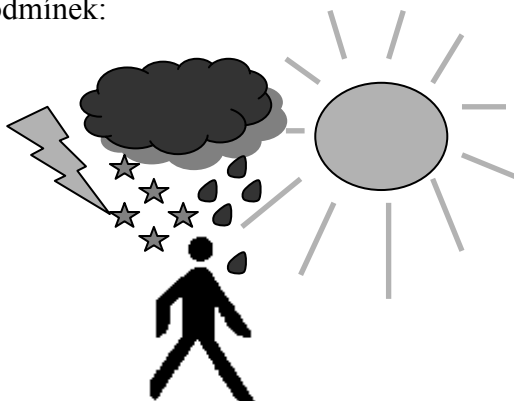
Hydrofilní vlákna - jsou schopna vázat a transportovat vodu. Mezi hydrofilní patří všechna vlákna přírodní a chemická obsahující hydrofilní skupiny [3].

Hydrofobní vlákna - jsou taková, která nemají schopnost vázat vodu specifickými vazbami a nesmáčet povrch vláken. Voda se u svazků těchto vláken šíří kapilárními salami [3].

1.2 Systém – organismus - prostředí

V uvedeném systému je množství vzájemně se ovlivňujících procesů, jež jsou znázorněny na obrázku 1, které ovlivňují stav komfortu odívané osoby [4].

Působení klimatických podmínek:



Obr. 1 Extrémní klimatické podmínky [4].

1.2.1 Organismus

Je chápán jako „tepelný stroj“, v němž dochází vlivem složitých metabolických pochodů k výdeji a příjmu tepla, čemuž říkáme termoregulační proces. Ten je závislý nejen na činnosti tohoto organismu (mechanická, duševní práce), ale i na tom, do jakého prostředí je zasazen. Tepelnou výměnou a produkcí vlhkosti pokožkou dochází k tomu, že tato dvě média prostupují jednotlivé oděvní vrstvy do míst záporných gradientů teploty a vlhkosti [2].

1.2.2 Prostředí

Je charakterizováno podmínkami, do nichž je organismus zasazen a podílí se velkou mírou na pocitech organismu [2].

1.3 Oděvní komfort

Je dle literatury definován jako stav organismu, kde jsou fyziologické funkce v optimu, a kdy okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné pocity vnímané našimi smysly. Nepřevládají pocity tepla, chladu či škrábání, je možno v tomto stavu setrvat a pracovat. Jedná se o tzv. teplotní pohodlí. V opačném případě jde o tzv. diskomfort, kde pocity tepla nebo chladu jsou způsobeny zvýšenou pracovní činností nebo naopak nedostatečnou pohyblivostí. Veškeré stavy našeho organismu jsou vnímány pomocí

smyslových vjemů kromě chuti v následujícím pořadí důležitosti: hmatu, zraku, sluchu a čichu. Komfort ovlivňují mechanické vlastnosti jako například drsnost povrchu, tloušťka materiálu, stlačitelnost, roztažnost či tuhost. Termofyziologické vlastnosti, obsahující tepelný a výparný odpor a v neposlední řadě vlastnosti fyzikálně-optické, tedy chování při záření [5].

komfort dělíme na:

- psychologický (stav mysli)
- sensorický (přímý kontakt pokožky s textilií)
- termofyziologický (tepelný a výparný odpor)
- patofyziologický (zápach, odolnost vůči UV záření a podobně) [15].

Vzhledem k tomu, že se bakalářská práce zabývá především termofyziologickým komfortem, bude níže popsán pouze ten.

1.3.1 Termofyziologický komfort

Určuje v jaké míře je textilie schopna odvádět teplo a vlhkost od těla. Základními parametry jsou tepelný a výparný odpor. Oba faktory jsou specifické vlastnosti pro jakékoliv textilní plošné útvary nebo kompozity. Termofyziologický komfort lze hodnotit buď pomocí přístrojů, jež přesně charakterizují fyzikální děj vymykající se podmínkám pokožka – oděv – prostředí. Druhým způsobem pro hodnocení termofyziologického komfortu, je způsob podobný fyziologickému režimu lidského těla.

Nastává za těchto optimálních podmínek:

- teplota pokožky 33 – 35 °C
- relativní vlhkost vzduchu 50 ± 10%
- rychlost proudění vzduchu 25 ± 10 cm.s⁻¹
- obsah CO₂ 0,07%
- nepřítomnost vody na pokožce

Je tedy nutné konstruovat oděvy tak, aby jejich schopnost přenosu tepla, vodních par, kapalně vlhkosti a prodyšnosti splňovaly při nošení výše uvedené hodnoty. Oděv napomáhá termoregulaci organismu v případě, kdy tělo není samo schopno samoregulace [5].

Popisem termofyziologických vlastností se zabývá česká norma pod označením ČSN EN 31092. Norma je identická s normou mezinárodní, tedy ISO 11092. V roce 1993 byla uznána za evropskou normu. Zabývá se detailním popisem postupu při měření za izotermních podmínek. Název normy zní:

Textilie – Zjišťování fyziologických vlastností – měření tepelného a výparného odporu vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou), (ISO 11092:1993) [6].

a) Tepelný odpor

Vyjadřuje rozdíl teplot mezi dvěma povrchy materiálu rozdělenými výsledným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu. Suchý tepelný tok může sestávat z jedné nebo více vodivých, konvenčních a sálavých kompozit. Tepelný odpor je značen jako R_{ct} a vyjadřujeme ho v jednotkách $m^2 K/W$. Jde o speciální vlastnost plošných útvarů nebo kompozit, které určuje suchý tok tepla danou plochou – materiálem v důsledku aplikovaného stacionárního gradientu teploty. To ve výsledku znamená, že čím je tato hodnota nižší, tím materiál lépe izoluje a teplo vytvořené vlastním tělem neproudí ven [6].

b) Výparný odpor

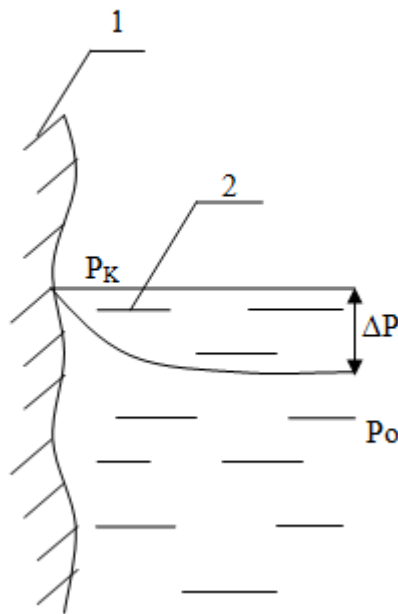
Vyjadřuje rozdíl tlaku vodních par mezi dvěma povrchy materiálu, který je dělený výsledným výparným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu. Výsledkem je přenos vodních par difúzí, kapilárně a sorpcí. Jde tedy o takzvaný „latentní“ výparný tepelný tok, který prochází danou plochou – materiálem. Značí se jako R_{et} a vyjadřuje se v jednotkách $m^2 P_a/W$. Lidská vlhká pokožka představuje 100% propustnost vodních par, pokud ji však překryjeme textilií, propustnost se sníží. O kolik, to záleží na schopnosti textilie propouštět vodní páry. Platí vztah, že čím je R_{et} nižší, tím je propustnost pro vodní páry vyšší [6].

Dle stávajících norem ISO platí:

| |
|---|
| Ret < 6 velmi dobrá (nad 20 000 g/m ² /24hod) |
| Ret 6 – 13 dobrá (9 000 – 20 000 g/m ² /24hod) |
| Ret 13 – 20 uspokojivá (5 000 – 9 000 g/m ² /24hod) |
| Ret > 20 neuspokojivá (pod 5 000 g/m ² /24hod) |

1.4 Mechanický odvod vlhkosti z povrchu lidského těla

Odvod vlhkosti z povrchu lidského těla, závisí nejen na tělesné teplotě, lidské činnosti, ale také na počtu oděvních vrstev či momentálním prostředí. Lidský organismus produkuje vodu ve formě potu v rámci své termoregulační činnosti. Při teplotách kůže do 34°C uvolňuje lidské tělo do okolí asi 0,03 l.h⁻¹ potu a nad tuto teplotu až 0,7 l.h⁻¹. Ochlazení nastává pouze tehdy, dojde-li k odpaření potu. U volného povrchu kůže je jedinou podmínkou odparu dostatečný rozdíl parciálních tlaků páry, jak je znázorněno na obrázku 2 [5]:



Obr. 2 Odvod vlhkosti z volného povrchu kůže, 1 – pokožka, 2 – venkovní vzduchová vrstva, P_K - parciální tlak páry u pokožky, P_O - parciální tlak páry v okolním vzduchu, ΔP spád parciálního tlaku páry [5].

Spád parciálních tlaků je dán vztahem (1) [5]:

$$\Delta P = P_O - P_K \quad (1)$$

U oblečeného člověka se odvod řídí danými principy:

1.4.1 Difuzí

Vlhkost z povrchu kůže se dostává pomocí pórů, jejichž velikost a křivolakost se zúčastňují na kapilárním odvodu. Odvod je závislý na třech různých aspektech. Prvním je koeficient porosity textilie, tedy čím vyšší porosita, tím textilie lépe odvádí pot. Vysoce porézní jsou například pleteniny. Druhý aspekt je délka kanálek, to znamená, že čím je kanálek delší, tím se zvyšuje odpor. Poslední vlastností je rozdíl parciálních tlaků pokožky a okolí, jelikož vlhkost je odváděna k nižšímu parciálnímu tlaku [5].

1.4.2 Kapilárně

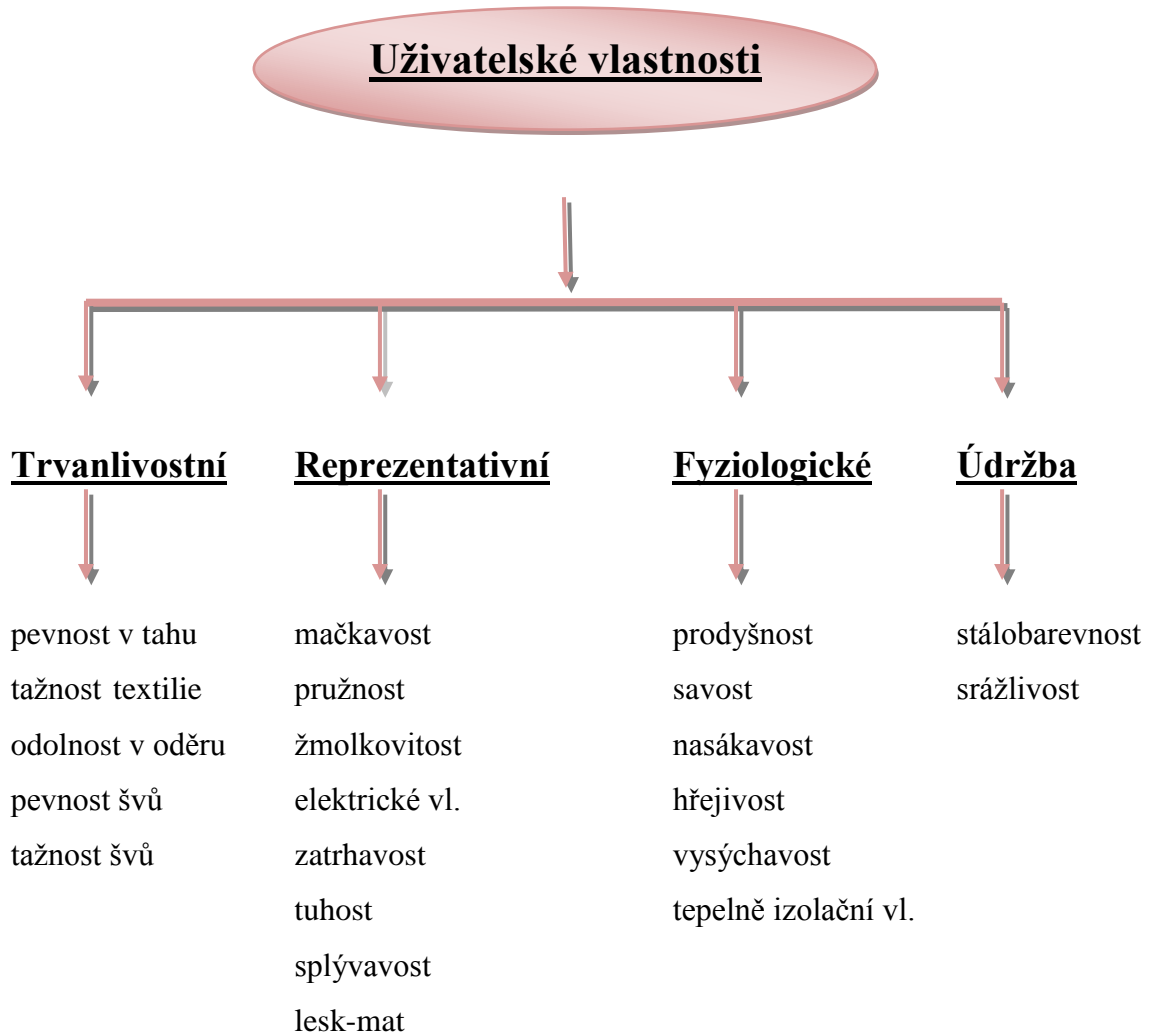
Pot, který je v kapalném stavu, je odsáván první textilní vrstvou a jejími kapilárními cestami do její plochy všemi směry. Jde o takzvaný knotový efekt. Pokud dojde k povrchovým úpravám vláken, které zvyšují jejich drsnost (laserová úprava), kapilární tlak se zvýší, a proto takto upravené látky vykazují vyšší knotové vlastnosti. U speciálně tvarovaných vláken musí být prostor mezi vlákny co nejmenší, pro zajištění intenzivního odvodu vlhkosti. Současně musí být přilnavost mezi kapalinou a vláknem dostatečně malá, aby výsledný silový účinek preferoval pohyb vlhkosti. Příkladem vláken, kde adhezní síly převyšují síly kapilární, jsou vlákna bavlněná nebo viskózová [5].

1.4.3 Sorpcí

Sorpční proces předpokládá vnik vlhkosti či kapalného potu do neuspořádaných mezimolekulárních oblastí ve struktuře vláken. Poté dojde k navázání na hydrofilní skupiny vláken v molekulové struktuře. Přírodní vlákna mají vyšší sorpci než vlákna syntetická. Z uvedených metod je nejrychlejší kapilární a difúzní, na posledním místě je způsob sorpční. Ovšem všechny mechanismy se transportu zúčastňují současně [5], [7].

1.5 Uživatelské vlastnosti

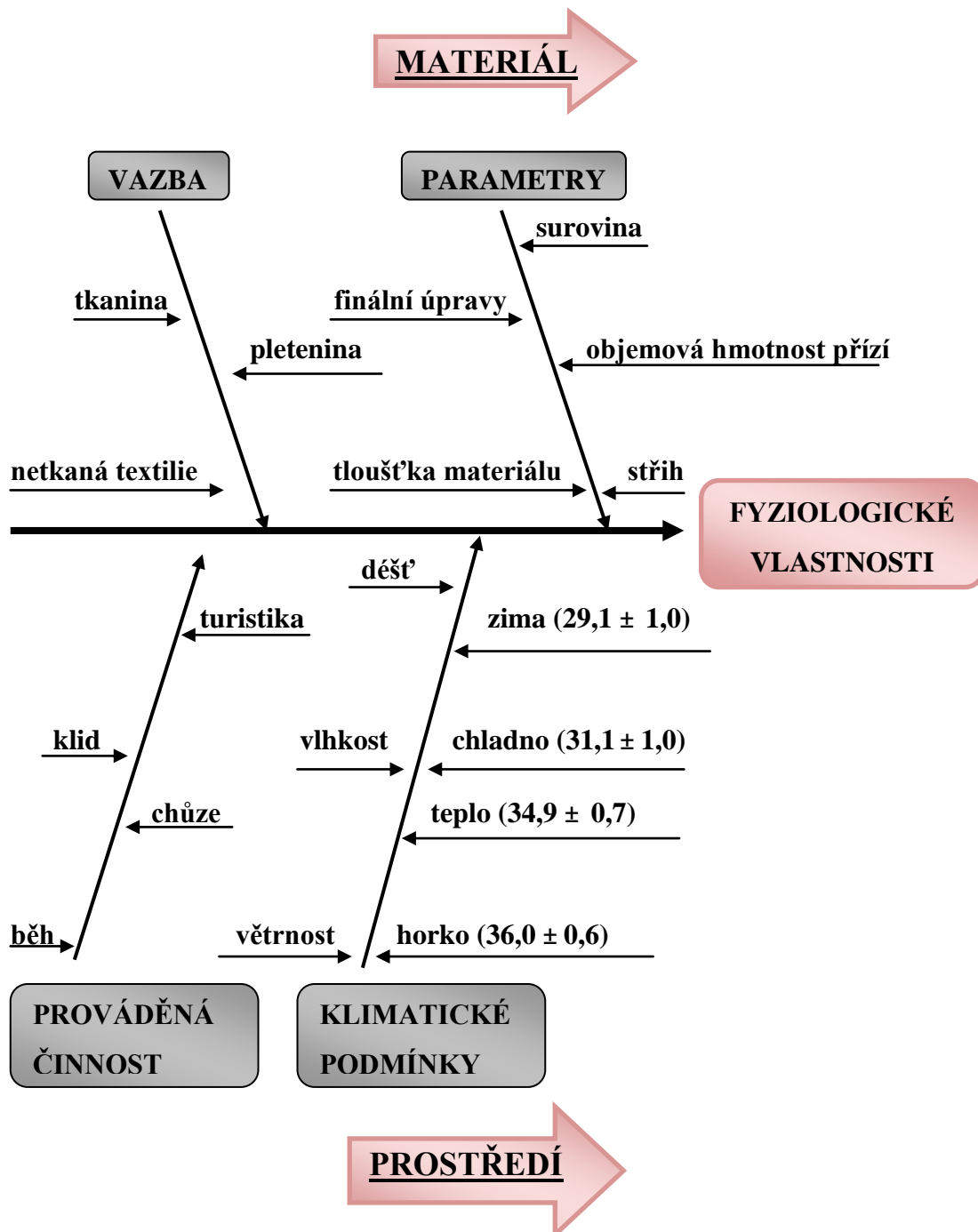
Jedná se o soubor vlastností, jež může uživatel sám posoudit. Schéma na obrázku 3, jednoznačně určuje vlastnosti, které spadají do kategorie fyziologických vlastností.



Obr. 3 Schéma rozdělení uživatelských vlastností.

1.6 Fyziologické vlastnosti oděvů

Na základě průzkumu literatury byla vytvořena rešerše na téma fyziologické vlastnosti oděvů. Níže uvedený Ishikawův diagram znázorňuje vlivy, podílející se na fyziologických vlastnostech.



Obr. 4 Ishikawův diagram příčin ovlivňujících fyziologické vlastnosti [8].

1.6.1 Prodyšnost vzduchu

Je prostup vzduchu plošnou textilií, jež se děje na základě rozdílných barometrických¹ tlaků na obou stranách textilní vrstvy [9]. U membránových materiálů je důležitým faktorem základní látka, na níž je membrána nalaminovaná, jelikož ovlivňuje celkové výsledky prodyšnosti. Pokud má nosná látka nízkou prodyšnost, žádná membrána ji nemůže zlepšit. Měření propustnosti vzduchu se provádí na přístroji SDL M021S dle normy ČSN EN ISO 9237 [10].

Kombinovaný vliv absorpční tkaniny a propustnosti vzduchu s reakcí na teplé prostředí

Studii, kterou se zabýval Hiromi Tokura byla testována schopnost absorpční textilie propouštět vzduch v teplém prostředí. Byly připraveny dva druhy vzorku. Typ A - 100% bavlna o vlhkosti 6,1% a prostupem vzduchu 143 ml cm²/s. Typ B - 100% bavlna o vlhkosti 7% a propustností vzduchu 26,8 ml cm²/s. Tloušťka i hmotnost byla u obou vzorků stejná. Účastníci zkoušky prováděli cvičení, jejichž intenzita odpovídala 60% maximální spotřeby kyslíku po dobu 60 minut. Proudění větru bylo nastaveno na 1,5 m/s nebo v úplném bezvětrí při okolní teplotě 30 °C. Po celou dobu cvičení měli zkoušející na sobě vzorek typu A nebo vzorek typu B. Teplota po 60 minutovém cvičení měla výrazně zamezit zvýšení prodyšnosti vzorku typu A oproti vzorku B za věnostních podmínek, oproti tomu v úplném bezvětrí neexistovaly žádné rozdíly ve zvyšování teploty. Tato skutečnost naznačuje, že tkanina s vyšším procentem vlhkosti má schopnost znovu získat svou prodyšnost, což může zabránit zvýšení teploty při cvičení, efekt lze urychlit efektivním odpařováním pomocí chlazení [11].

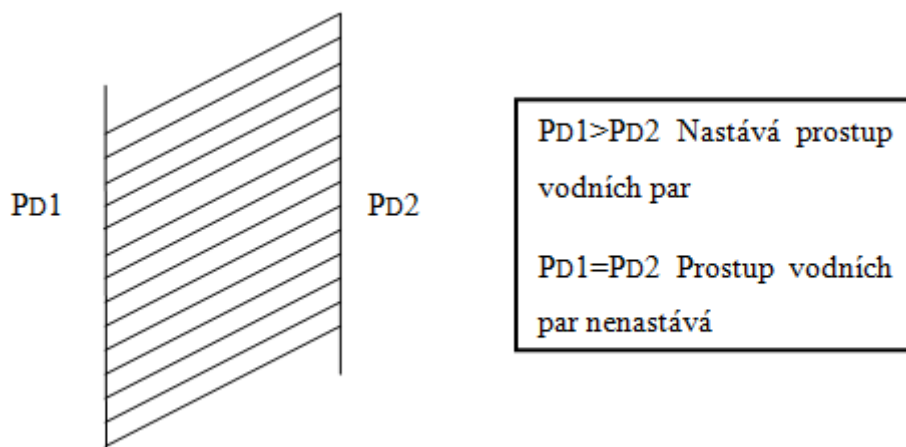
1.6.2 Propustnost vodních par

Nastává při konstantním barometrickém tlaku, ale musí být dodržena podmínka rozdílných parciálních tlaků², které jsou znázorněny na obrázku 5 [9]. Při $pD1 = pD2$ prostup nenastává a vlhkost je zadržena textilní vrstvou. Propustnost vodních par dále závisí na prodyšnosti (pórovitosti) textilie, na dostavě (hustotě) tkaniny nebo pleteniny, vazbě, povrchové úpravě, konstrukčnímu řešení oděvu. Na obrázku 6 je vyobrazeno

¹ Je síla působící v daném místě atmosféry kolmo na libovolně orientovanou plochu. Obvykle se měří barometrem v hektopascalech (hPa = 100 Pa) [12].

² Jsou definovány dle Daltonova zákona, kde každý plyn ve směsi ideálních chemických netečných plynů je roven tlaku, jaký by plyn měl, kdyby vyplňoval celkový objem sám [13].

schéma prostupu vodních par, kde prostřední vrstvu tvoří nová lehká neporézní membrána Drypeak, která zajišťuje maximální komfort při sportovním výkonu. Nenasákavost vrchního materiálu je předpokladem pro dobrou výslednou prodyšnost membrány. Výrobky s membránou Drypeak Membrane jsou prodyšné, větruodolné a nepromokavé [14].

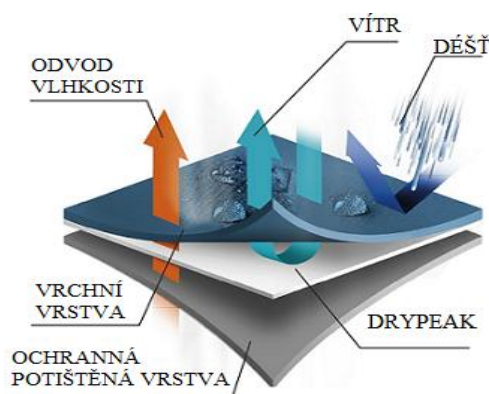


Obr. 5 Zjišťování prodyšnosti plošných textilií a vrstev, pD_1 je parciální tlak na povrchu pokožky [Pa], pD_2 je parciální tlak na povrchu textilie [Pa] [9].

Součet parciálních tlaků všech plynů směsi je roven celkovému tlaku směsi. Celkový tlak je dán vztahem (2) [13]:

$$P = p_1 + p_2 + \dots + p_n = \sum_{i=1}^n p_i \quad (2)$$

kde p_1, p_2, \dots, p_n představují parciální (částečný) tlak každého z plynů přítomných ve směsi.



Obr. 6 Schéma propustnosti vodních par [14].

Prostup vodních par z dvouvrstvé zátažné pleteniny

Studii, kterou se zabýval Hai-Ru Long z College of Textiles v Číně bylo zapotřebí zjistit, jak je dvouvrstvá zátažná pletenina schopna odvádět vodní páry. Byly připraveny vzorky ze specifických přízí a hustotou stehu. Měření bylo zaměřeno na prostup vodních par a vody z vnitřní do vnější strany zátažné pleteniny. Výsledky ukazují, že množství propustnosti úzce souvisí s pórovitostí materiálu a především s nasákavostí vláken ve dvou vrstvách [15].

1.6.3 Nasákavost

Je schopnost látek přijímat kapalinu, s níž přijdou do styku. Zejména pro sportovní oděvy jsou kladeny zvláštní nároky. Tyto textilie nesmějí vodu propouštět vůbec nebo jen v omezeném množství. U těchto textilií se provádí zkouška prostupu tlakové vody, která je založena na principu protlačování vody přes textilií, jež je umístěna na kruhové čelisti o předepsané ploše. Obvod textilie je pevně upnut, aby pod ni bylo možno pod tlakem vhnět vodu. Tlak je kontrolován tlakoměrem. Měření se provádí dle normy ČSN EN 20811 [16]. Nasákavost je definovaná jako přírůstek hmotnosti po nasycení vodou vztažený k hmotnosti suchého materiálu a je udávána v procentech viz vztah (3) [17]:

$$N = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 10^2 [\%] \quad (3)$$

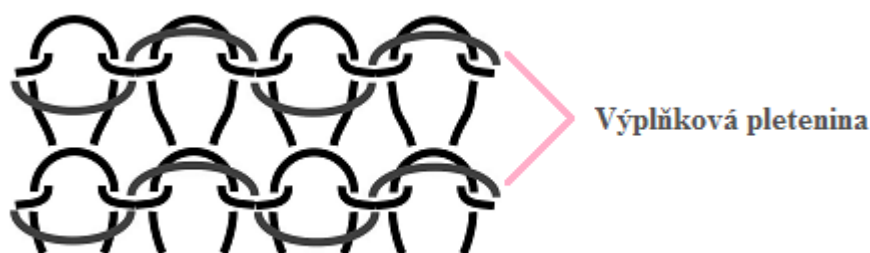
kde N je nasákavost textilie [%], m_1 je hmotnost vzorku před smočením [g], m_2 je hmotnost vzorku po smočení a odkapání [g].

Odvod kapalné vlhkosti ze směsových materiálů vlny/ polyesteru a vlny/ bambusu u sportovních oděvů

Olga Troynikov ze School of fashion and textiles se zabývala zkoumáním odvodu kapalné vlhkosti z materiálu u sportovního oblečení. Byly použity směsové materiály vlna/ polyester a vlna/ bambus v různém poměru. Měření se prováděno na dresech a bylo zjištěno, že u materiálů vlna/ polyester a vlna/ bambus dochází k odvodu kapalné vlhkosti velmi snadněji než u 100% bavlny nebo 100% bambusu [18].

1.6.4 Tepelně izolační vlastnosti

Prakticky všechny materiály využívají toho, že vzduch a jiné plyny mají malou tepelnou vodivost, pokud zabráníme jejich pohybu tím, že je uzavřeme do malých komůrek nebo mezi tenká vlákna či částice. Materiály pro tepelnou izolaci jsou poměrně vždy lehké, porézní a jejich tepelná vodivost se více či méně blíží tepelné vodivosti nehybného vzduchu. Kromě konvekce a vedení se teplo přenáší ještě radiací (sáláním), a proto materiály, které dokážou potlačit radiální přenos tepla, mají lepší izolační schopnost [19]. Pro zvýšení tepelně - izolačních schopností se používají především plyšové vazby, výplňkové vazby nebo intenzivní počesání. Dalšího zvýšení tepelné izolace lze dosáhnout počesáním výplňku, čímž vzroste objemnost pleteniny. Používány jsou především pro mezivrstvy oděvu, které mají za úkol zlepšit jeho tepelnou izolaci v nepříznivých klimatických podmínkách. Výplňková pletenina, jež je znázorněna na obrázku 7, zvyšuje elasticitu, vodivost, pevnost a ohybovou tuhost. Jako další tepelný izolant slouží netkané textilie, které představují veškeré vložkové materiály. Díky své objemnosti slouží pro oděvy do chladného počasí, používají se především do spacáků, přikrývek a konstrukční součásti oděvů výztužné vložky [4].



Obr. 7 Schéma výplňkové pleteniny [4].

Tepelně izolační vlastnosti netkaných textilií

Níže uvedení autoři se zabývali studií měření tepelně izolačních vlastností³, u čtyř různých netkaných textilií z hlediska jemnosti vláken, pomocí nové statistické metody se senzorem tepelného toku. Je sledován vztah mezi tepelnou vodivostí a hustotou materiálu, dále chování materiálu při působení tlaku a změny v tepelném odporu všech vzorků. Jsou posuzovány účinky jemnosti a hustoty vláken [20].

³ Oldřich Jirsák, Telem Gok sadikoglu, Bulent Ozipek, Ning Pan

1.7 Hodnocení fyziologických vlastností

Lze hodnotit dle přístrojů, které přímo charakterizují fyzikální děj nebo lze přenos tepla a vlhkosti měřit za podmínek blízkých fyziologickému režimu lidského těla.

1.7.1 Zjišťování relativní propustnosti vodních par dle ČSN 80 0855 (Gravimetrická metoda)

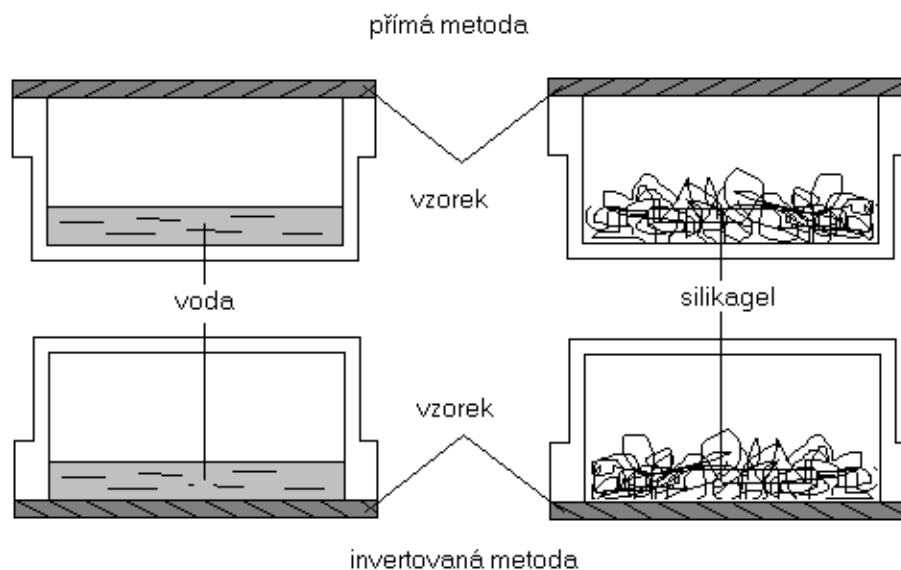
Daná metoda se provádí v klimatizační skříni, která zaručuje tři podmínky, teplotu $20 \pm 0,2^\circ\text{C}$, relativní vlhkost $60 \pm 2\%$ a maximální rychlost proudění vzduchu $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Kruhový vzorek, který získáme pomocí raznic o průměru 71,4mm, upevníme na misku obsahující silikagel. Silikagel T dle ON 65 4655 je vysoušedlo středně porézní o zrnitosti 0,4 až 1,6 mm, které na spodní straně zkoušené textilie zajišťuje nulovou relativní vlhkost. Zkušební misky mají kruhový tvar s plochou $S = 30 \text{ cm}^2$, matici se závitem, těsnícím kroužkem a víčkem s těsněním, pro uchycení vzorku. Měření spočívá zvážením misek se vzorkem (G_0) před expozicí v klimatizační skříni a poté po 6 hodinové expozici (G_1). Jde o metodu příliš dlouhou a nepřesnou, proto se pomalu nahrazuje jinými způsoby měření. Relativní propustnost P_{rel} je vyjádřena dle vztahu (4) [5]:

$$P_{rel} = \frac{(G_1 - G_0)}{G_0} [\%] \quad (4)$$

Propustnost absolutní vyjádřená vztahem (5):

$$P_{abs} = \frac{G_1 - G_0}{S \cdot t} [\text{kg}/\text{m}^2 \text{ hod}] \quad (5)$$

kde P_{rel} je relativní propustnost pro vodní páry [%], G_0 je hmotnost misky se vzorkem před expozicí [g], G_1 je hmotnost misky se vzorkem po 6 - ti hodinové expozici [g].



Obr. 8 Gravimetrická metoda měření propustnosti textilií pro vodní páry [5].

1.7.2 Měření propustnosti vodních par textilií pro účely kontroly kvality dle ČSN 80 0877

Zkušební vzorek je umístěn do kruhového držáku společně s hydrofobní, mikroporézní membránou, která nepropouští vodu, ale propouští vodní páry. Membránu vložíme do vodní lázně, která obsahuje destilovanou vodu při teplotě 23°C po dobu 15 min. Pohárek obsahuje nasycený roztok octanu draselného, který vytváří relativní vlhkost přibližně 23% na povrchu zkušební vzorku. Zkušební vzorek je zakryt druhým dílem stejného typu membrány, ten je zvážen a umístěn nad zkušební vzorek do kruhového držáku. Zde probíhá transport vodní páry zkušebním vzorkem z vodné fáze do pohárku. Po 15 minutách se pohárek vyjme a zváží. Současně probíhá kontrolní zkouška, která se provádí bez zkušebních vzorků, na zjištění propustnosti vodních par přístrojem. Poté se vypočítá propustnost vodních par zkušební vzorku, s korekcí vlivu dvou použitých membrán. Zkušební místnost musí být udržována na teplotě 23°C ± 3°C [21].

1.7.3 Metoda Dreo

Vzorek je upevněn na podložku mezi dvě polopropustné vrstvy. Pod spodní vrstvou je voda, přes vrstvu vrchní proudí suchý vzduch. Vrchní vrstva musí vzorek chránit před průnikem vzduchu a spodní odděluje od vodní hladiny. Ztráta vody zde není určována vážením, ale je odpočítávána na stupnici skleněné kapiláry. Měření se provádí po dobu 15 min [5].

1.7.4 Metoda MVTR - ISO 2528

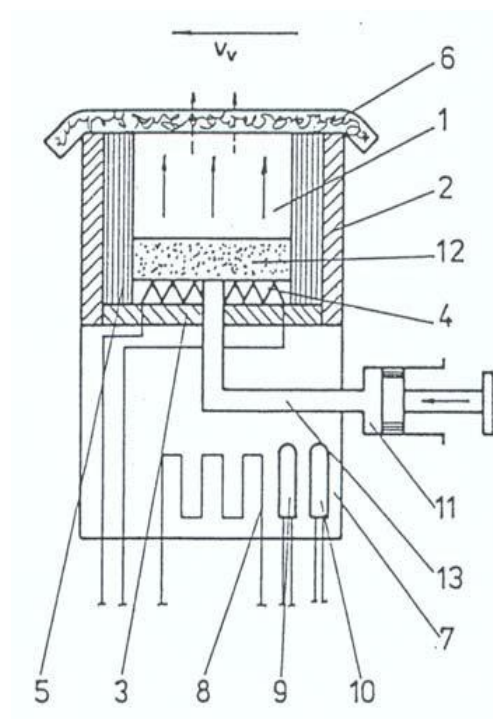
(moisture vapour transmission rates) výsledky měření vychází v jednotkách $\text{g}\cdot\text{m}^2\cdot 24 \text{ hod.}$ Jde o starší metodu, jež je v současnosti spíše na ústupu. Udává, kolik gramů vodní páry je schopno se odpařit za 24 hodin přes čtvereční metr měřené látky. Parametry, které rozhodují o celkovém výsledku, jsou ovlivněny také teplotou a vlhkostí. I malá změna teploty může velmi výrazně ovlivnit výsledek, což je nevýhodou této metody. Navíc podmínky, za kterých byla daná hodnota naměřena, se většinou vůbec neuvádí a tím mohou být výsledky snadno zkresleny. Pro příklad jsou zde uvedeny typické lidské činnosti a produkce vodních par lidským tělem. Při chůzi tělo produkuje až $5\,000 \text{ g}\cdot\text{m}^2\cdot 24 \text{ hod.}$ (tedy zhruba 5 litrů vody za 24 hodin), při běhu až $15\,000 \text{ g}\cdot\text{m}^2\cdot 24 \text{ hod.}$ a při extrémní fyzické námaze i $25\,000 \text{ g}\cdot\text{m}^2\cdot 24 \text{ hod}$ [10].

1.7.5 Permetest

Permetest je přístroj sloužící k měření tepelného toku q procházejícím tepelným modelem lidské pokožky, který je přímo úměrný relativní propustnosti vodních par. Jedná se tedy o níže popsaný skin model, ovšem na permetestu lze měřit za jakýchkoliv klimatických podmínek, neboť se měří pod hlavicí, jež má ustálené podmínky. Největší výhodou daného přístroje je jeho rychlost, která se pohybuje v rozmezí 2 - 3 minut. Další výhodou je, že měření je nedestruktivní, takže je možné změřit i hotové výrobky. Navíc rozměry přístroje umožňují snadnou manipulaci, tudíž ho lze přenášet dle potřeby. Z naměřených údajů vypočítáme výparný odpor R_{et} . Čím nižší je hodnota R_{et} , tím je propustnost vodních par lepší, velmi dobré jsou hodnoty R_{et} nižší než 6. Permetest je patentován profesorem Lubošem Hesem z Technické university v Liberci. Přístroj se podařilo rozšířit i do dalších 22 zemí světa, mimo Evropu také do Austrálie, Brazílie či USA [5], [22]. Schéma Permetestu je vyobrazeno na obrázku 9.

Na Permetestu lze měřit:

- Tepelný odpor textilie při stabilizované teplotě 32°C, nebo při zvoleném rozdílu teploty hlavice a teploty v kanálu v mokřém či suchém režimu
- Měření výparného odporu a relativní propustnosti textilie při izotermních podmínkách
- Měření výparného odporu a relativní propustnosti textilie při anizotermních podmínkách [5].



Obr. 9 Schéma Permetestu, 1 – nádoba, 2 – obvodová stěna, 3 – oddělitelné dno, 4 – plošné čidlo tepelného toku, 5 – tepelná izolace, 6 – zkoušená textilie, 7 – kovový blok, 8 – topný prostředek, 9, 10 – teploměry, 11 – dávkovač, 12 – voda [23].

1.8 Charakteristika požadovaného měření

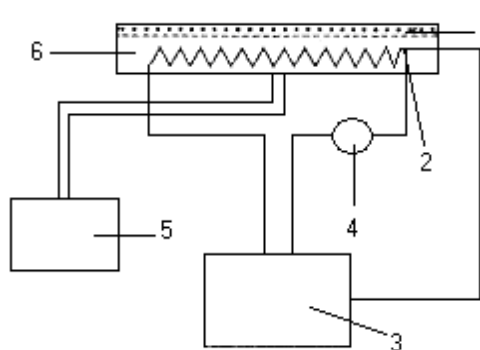
Měření bylo prováděno na přístroji PSM – 2, jež je znázorněn na obrázku 10. Na přístroji lze měřit tepelnou odolnost a odolnost vůči vodním parám dle normy ČSN 80 0819.



Obr. 10 Přístroj PSM – 2.

1.8.1 Stanovení parametrů termofyziologického komfortu pomocí SKIN MODELU podle ČSN 80 0819

Základním přístrojem v této metodě, jež je znázorněn na obrázku 11, je vyhřívaná, zvlhčovaná porézní deska, která má nahrazovat lidskou kůži. Slouží k simulaci procesů přenosu tepla a hmoty, ke kterému dochází mezi pokožkou a okolím. Měření lze provádět ve dvou metodách [6].



Obr. 11 Měřicí jednotka s kontrolou teploty a přívodem vody, 1 – porézní deska, 2 – teplotní čidlo, 3 – regulátor teploty, 4 – vyhřívání měřícího zařízení, 5 – dávkovací zařízení na vodu, 6 – kovový blok s topným elementem [5].

1.8.1.1 Zkouška za stacionárních podmínek

Vzorek je upevněn na elektricky vyhřívanou desku, která je zahřátá na teplotu 35°C. Deska je obtékána paralelně proudícím vzduchem o rychlosti 1 m.s⁻¹ a teplotě 35°C. Při této zkoušce je potřeba ustálených podmínek, což trvá i několik hodin. Vyhřívaná deska je zespod opatřena celofánovou membránou, která propouští vodní páry, ale nepropouští vodu. Voda, která je přiváděná k desce, se postupně odpařuje a prohází membránou ve formě páry, takže zkušební vzorek nepřijde s vodou do styku. V důsledku odpařování má teplota desky tendenci klesat. Stálou teplotu desky zajišťuje tepelný příkon a pro snížení tepelných ztrát do okolí, je porézní měřicí deska ze stran i zdola obklopena elektricky izotermní plochou. Nevýhodou tohoto měření je vysoká tepelná setrvačnost, díky níž může měření trvat i více než hodinu. Během této doby dochází ke kondenzaci vlhkosti vzorku. Výsledek může být zkreslen [5].

Postup zkoušky:

V hodnotách pro tepelnou odolnost a odolnost vůči vodním parám, měřených zařízením popisovaným v této normě, jsou zahrnuty konstanty přístroje. Tyto konstanty zahrnují odolnost uvnitř vlastní měřicí jednotky a odolnost mezní vzduchové vrstvy, přiléhající k povrchu zkušebního vzorku. Ta druhá závislá na rychlosti a stupně turbulence vzduchu proudícího nad zkušebním vzorkem. Tyto konstanty přístroje R_{ct0} a R_{ct10} jsou určeny jako „ hodnoty nezakryté destičky“ a je podstatné, že vrchní povrch měřicí jednotky je ve stejné rovině s měřícím stolem [6].

Stanovení tepelné odolnosti R_{ct0}

Pro stanovení R_{ct0} se seřídí povrchová teplota měřicí jednotky T_m na 35°C a teplota vzduchu T_a na 20°C. Relativní vlhkost r.v. je 65% a rychlost vzduchu se seřídí na 1m/s. Tepelná odolnost nezakryté destičky se stanoví dle rovnice (6) [6]:

$$R_{ct0} = \frac{(T_m - T_a) \cdot A}{H - \Delta H_c} \quad [\text{m}^2 \text{ K/W}] \quad (6)$$

Tepelná odolnost R_{ct} se vypočítá dle rovnice (7) [6]:

$$R_{ct} = \frac{(T_m - T_a) \cdot A}{H - \Delta H_c} - R_{ct0} \quad [\text{m}^2 \text{ K/W}] \quad (7)$$

Korekční vztah pro výpočet výhřevnosti ΔH_c je v lineárním vztahu s rozdílem v teplotě mezi měřicí jednotkou a tepelným chráničem podle rovnice (8) [6]:

$$\Delta H_c = a (T_m - T_s) \quad (8)$$

kde R_{ct0} je konstanta přístroje [$\text{m}^2 \text{ K/W}$], T_m je teplota měřicí jednotky [$^{\circ}\text{C}$], T_a je teplota vzduchu ve zkušební komoře [$^{\circ}\text{C}$], A je plocha měřicí jednotky [m^2], H je výhřevnost dodávaná měřicí jednotce [W], ΔH_c je korekce pro výhřevnost při měřené tepelné odolnosti R_{ct} , T_s je teplota tepelného chrániče [$^{\circ}\text{C}$], a je směrnice korekční přímky pro výpočet ΔH_c .

Stanovení propustnosti vodních par R_{et0}

Při stanovení R_{et0} je povrch porézní destičky udržován neustále vlhký vlivem dávkovacího zařízení na vodu. Hladká celofánová membrána propouštějící vodní páry, ale nepropouštějící vodu. Celofánová membrána musí být vlhčena destilovanou vodou a připevněna k měřicí destičce tak, aby nedošlo k pomačkání. K tomu jsou použity vhodné prostředky. Teplota měřicí jednotky a vzduchu se seřídí na 35°C , rychlost vzduchu na 1m/s . Relativní vlhkost vzduchu musí být konstantní 40%, což odpovídá parciálnímu tlaku 2250 Pa . Parciální tlak vodní páry na povrchu měřicí jednotky lze považovat za shodný s tlakem nasycené páry při stejné teplotě je 5620 Pa [6].

Odolnost vůči vodním parám se vypočítá podle rovnice (9) [6]:

$$R_{et} = \frac{(P_m - P_a) \cdot A}{H - \Delta H_e} - R_{et0} \quad (9)$$

Odolnost nezakryté destičky je stanovena rovnicí (10) [6]:

$$R_{et0} = \frac{(P_m - P_a) \cdot A}{H - \Delta H_e} \quad (10)$$

Korekční vztah tepelné výhřevnosti ΔH_e je stanoven rovnicí (11) [6]:

$$\Delta H_e = \beta(T_m - T_s) \quad (11)$$

Index propustnosti vodních par i_{tm} je poměr tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám podle rovnice (12) [6]:

$$i_{mt} = S \times \frac{R_{ct}}{R_{et}} \quad (12)$$

Propustnost vodních par W_d je vlastnost textilního materiálu nebo kompozitu závislá na odolnosti vůči vodním parám a teplotě stanovena rovnicí (13) [6]:

$$W_d = \frac{1}{R_{et} \cdot \Phi T_m} \quad (13)$$

kde ΦT_m je latentní teplo odpařování vody při teplotě měřící jednotky T_m např. 0,672 W.h/g při $T_m = 35^\circ\text{C}$, R_{et} je odolnost vůči vodním parám [$\text{m}^2 \cdot \text{Pa}/\text{W}$], R_{et0} je konstanta přístroje [$\text{m}^2 \cdot \text{Pa}/\text{W}$], P_m je nasycený parciální tlak vodní páry, P_a je parciální tlak vodní páry ve vzduchu, ΔH_e je korekce pro výhřevnost při měření odolnosti vůči vodním parám R_{et} , β je směrnice korekční přímky pro výpočet ΔH_e .

1.9 Shrnutí řešeršní části

Z řešeršní části vyplývá, že výsledná hodnota propustnosti vodních par je ovlivněna stavbou a parametry materiálu.

Nejvíce se na propustnosti vodních par podílí koeficient difuzivity parciálních tlaků, které musí být na povrchu a vně textilie rozdílné, jinak nemůže dojít k prostupu vodních par. Dalším faktorem je pórovitost, což znamená přítomnost dutin nejrůznějšího tvaru a rozměru v textilií. Víme, že čím je porosita vyšší, tím je pot, z povrchu těla odváděn lépe. Z toho vyplývá, že pleteniny jsou lepším vodičem než tkaniny. Pórovitost lze vypočítat dle vzorce (14) [10]:

$$\rho_{SM} = \frac{1}{10^2} \sum_{j=1}^k \rho_{vIKj} \times v_j \text{ [kg} \cdot \text{m}^{-3}] \quad (14)$$

kde ρ_{SM} je hustota směsi [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$], ρ_{vIKj} je hustota j – té komponenty klimatizovaných vláken [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$], v_j je obsah j – té komponenty ve vlákenné směsi [%].

V neposlední řadě se na prostupu vodních par podílí nasákavost, kde směšové materiály vlna/polyester nebo vlna/bambus vyšly jako vhodnější pro transport kapalné vlhkosti než samotná 100% vlna nebo 100% bambus, jak je již popsáno výše v řešeršní části. V neposlední řadě je propustnost ovlivněna dostavou, vazbou, povrchovou úpravou a konstrukčním řešením.

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V experimentální části budou popsány testované materiály, provedeno měření propustnosti vodních par pomocí Skin modelu a následné vyhodnocení. Dílčím cílem bylo převést naměřené výsledky R_{et} , jež vycházejí v jednotkách $m^2 \cdot Pa/W$ na jednotky $g/m^2 \cdot 24h \cdot Pa$ a poté přiřadit jednotlivé materiály k určitým druhům sportu, jež jsou uvedeny níže v tabulce [6].

2.1 Charakteristika testovaných materiálů

V této kapitole budou podrobněji popsány testované materiály, jejich údržba a materiálové složení.

2.1.1 Gore-tex

Mimořádně lehká a tenká porézní membrána. Samotný materiál je vodoodpudivý, jednotlivé póry membrány jsou 20 000krát menší než kapka vody a současně 700krát větší než molekuly vodní páry (pot). Gore-texová membrána obsahuje 1,4 miliard pórů/cm², o velikosti 2–3 μm. Větruvzdornost je dána labyrintovou strukturou membrány, která představuje pro vítr nepřekonatelnou překážku. Používá se nejčastěji ve formě laminátů. Rozlišujeme dvouvrstvý laminát, kdy je membrána spojena s vnější tkaninou a zevnitř je chráněna volnou podšívku a třívrstvý laminát, kdy je membrána nalaminována mezi vnější tkaninu a podšívku. Výrobky z dvouvrstvého materiálu Gore-tex jsou univerzálnější, lehčí a prodyšnější. Oblečení z klasického třívrstvého materiálu Gore-tex vyniká svou odolností vůči mechanickému namáhání [10].

➤ Ošetřování

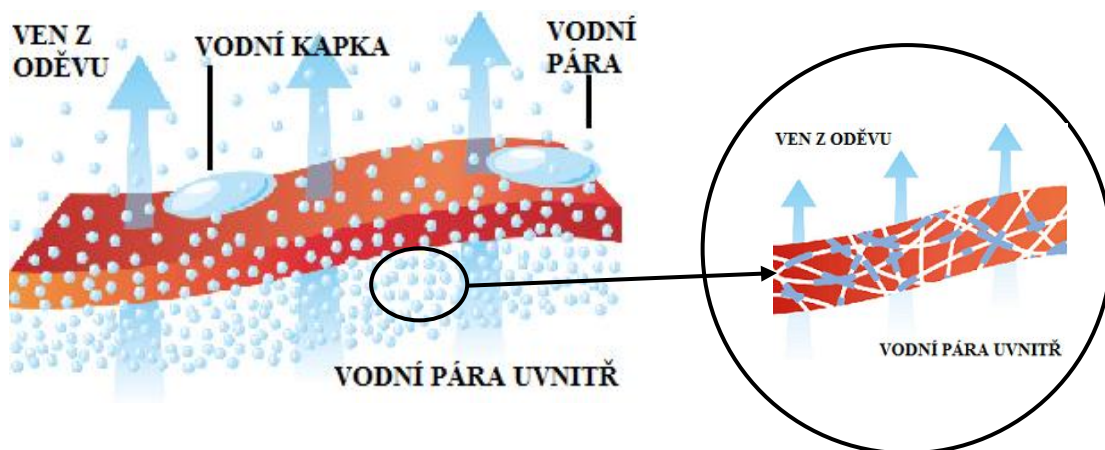
Výrobky Gore-tex lze prát dle potřeby do 40°C, je-li nutné žehlit, tak na nejnižší teplotu. Výrobky lze i chemicky čistit, ale pouze v šetrném programu. K praní lze použít klasický prášek, ale je doporučeno používat prostředky k tomu určené: prací lázně na bázi vosků, které výrobek vyperou a současně obnoví impregnaci svrchového materiálu a podšívky. V případě hodně znečištěných výrobků, lze použít kartáč a vlažný mýdlový roztok. Po určité době používání a praní v běžných odmašťovacích prostředcích se mohou za deště objevit na povrchu výrobku tmavé skvrny. Ty jsou způsobeny průnikem vody mezi vlákna svrchní tkaniny. Voda se sice nedostane přes membránu, ale výrobek je těžký a déle usychá [10].

2.1.2 Sympatex

Je polyesterová 2 – 3 laminační membrána. Tloušťka membrány je pouhých 0,01 mm a zůstává tak nejtenčí značkovou membránou na trhu. Sympatex obsahuje hydrofilní část, která přitahuje vodu, zajišťuje tak průchod vodní páry materiálem. Čím vyšší je rozdíl v teplotě a vlhkosti mezi stranami membrány, tím vyšší je fyzikálně - chemický efekt hydrofilních molekul. Její plocha se dá roztáhnout až na trojnásobek. Přes svou lehkost garantuje optimální funkčnost a odolnost proti opotřebování. Všechny pozitivní vlastnosti se dají zachovat i při dlouhodobém použití, protože se v membráně nemohou ucpat žádné póry. Sympatexové membrány se vyznačují svou vysokou odolností proti vodě a větru a zároveň optimální prodyšností [24]. Na obrázku 12 je názorná ukázka prostupu vodních par materiálem Sympatex.

Lamináty pro odívání:

- **lamináty vrchových látek** - membrána a vrchová látka tvoří spolu laminát, podšívka je volně pod ní (v lehkých, extrémně masivních sportovních a volnočasových bundách)
- **podšívkové lamináty** – membrána je spojena s podšívkou, vrchový materiál leží volně nad ní (mimořádně lehké a módní výrobky)
- **třívrstvé lamináty** – membrána, vrchový materiál a podšívka tvoří jeden celek, výsledkem je robustný a trvanlivý oděv (profesionální ochranné a high - tech oděvy)
- **vložkový laminát** – membrána je spojená s fleecem nebo úpletem a je uložena volně mezi vrchový materiál a podšívku (oděvy pro volný čas) [25].



Obr. 12 Znárodnění prostupu vodní páry materiálem Sympatex [25].

➤ Ošetřování

Vzhledem k tomu, že Sympatex nemá póry, které by se mohly ucpat, částčky špíny nebo krystalky soli nemohou nepříznivě ovlivnit vysokou prodyšnost. Membrána Sympatex během praní neztrácí své charakteristické vlastnosti. Symboly údržby jsou znázorněny na obrázku 13 [25].

Všeobecné ošetřovací instrukce:

- Maximální teplota 40°C, mírný postup
- Výrobek se nesmí bělit
- Teplota žehlení max. 150°C
- Chemické čištění tetrachloretenem, mírný postup
- Lze sušit v bubnové sušičce, nižší teplota sušení (nedoporučuje se)
- Jemné odstředování
- Důležité je pravidelné obnovení impregnace [25]

Symboly údržby:



Obr. 13 Symboly údržby pro materiál Sympatex [26].

2.1.3 Materiálové složení

V tabulce 1 je podrobně popsáno materiálové složení testovaných vzorků. U materiálů G1, G2 a G3 se jedná o třívrstvý laminát. Naopak u materiálů S1, S2 a S3 o laminát dvouvrstvý.

| Materiálové složení | Vrchový materiál | Podšívka | Membrána |
|---------------------|------------------|----------|----------|
| G1 | 100% PA | 100% PA | PTFE |
| G2 | 100% PA | 100% PL | PTFE |
| G3 | 100% PA | 100% PA | PTFE |
| S1 | 85% PL, 15% EL | | 100% PL |
| S2 | 85% PL, 15% EL | | 100% PL |
| S3 | 85% PL, 15% EL | | 100% PL |

Tabulka 1 Materiálové složení testovaných materiálů.

➤ Polyester – PL

Jedná se o kvalitní a nejčastěji používané syntetické vlákno. Vyznačuje se měkkostí a vysokou savostí. Polyesterové vlákno je velmi odolné, hydrofobní (voduodpující), s vysokou pevností a snadnou barvitelností. Nejčastěji bývá používáno ve směsi s dalšími vlákny pro zvýšení elasticity. Vlákno je daleko pravidelnější než vlákna přírodní a má velmi dobré tepelně izolační vlastnosti. Materiál odolává i vyšším teplotám, lze jej dokonce i opatrně přezehlit. Praní je trochu náročnější na teplou vodu i prací prostředky, nečistoty se ale odstraňují poměrně snadno. Mezi kladné vlastnosti patří vysoká pevnost, odolnost vůči oděru, vysoká tažnost, výborné zotavovací schopnosti a nízká mačkavost. Při zafixování má výbornou tvarovou stabilitu. Mezi negativní vlastnosti patří nízká sorpce, vysoká žmolkovitost a výskyt elektrostatického náboje, který přitahuje prach a tím je materiál rychleji zašpiněn [27].

➤ **Polyamid – PA**

Obchodní název Nylon (polyamid 6.6), je syntetické vlákno vyznačující se vysokou odolností proti opotřebení. Snadno tvarovatelný a velmi trvanlivý, především vůči trhání a odření. Vlákno je pevné, avšak dostatečně lehké a měkké. Vzhledem k tomu, že se téměř nemačká, velmi snadno se udržuje. Vlivem zvláknování z roztaveného polymeru do šachty je možné vytvořit různé profily průřezů vláken [24].

➤ **Elastan – EL**

Jde o velmi elastické syntetické vlákno, které se také někdy nazývá elastomer a lze jej roztáhnout na nejméně trojnásobnou délku s tím, že po uvolnění tahu se vrátí na téměř původní rozměr. Elastan se vždy kombinuje s jinými materiály, nepoužívá se samostatně [24].

➤ **Polytetrafluoretylen – PTFE**

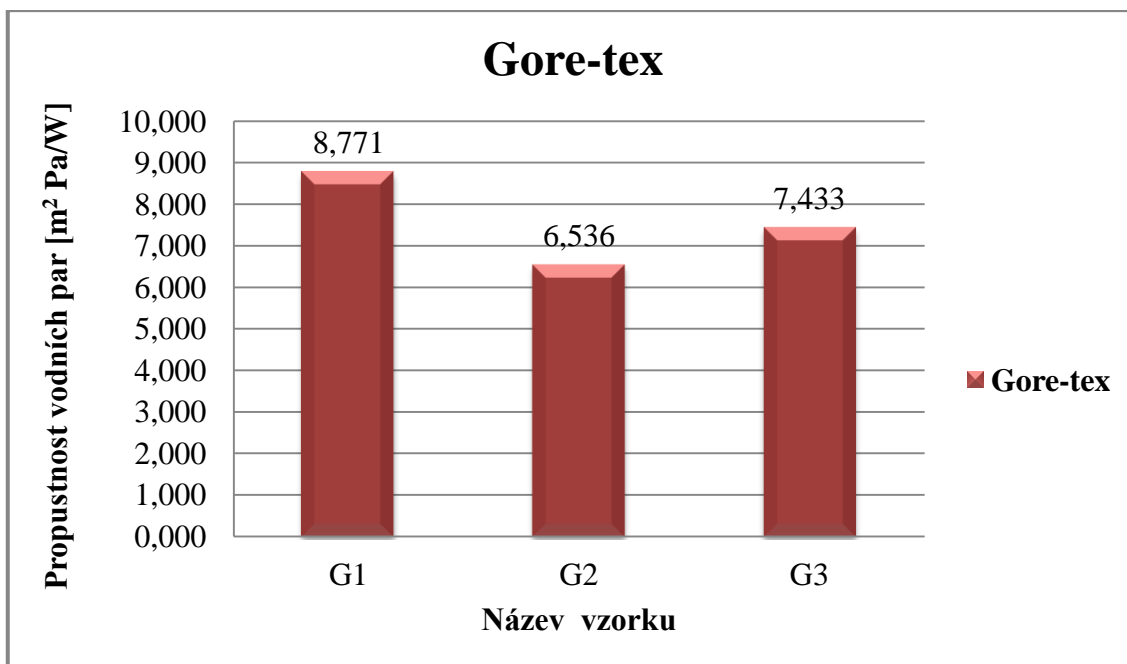
Je také označován jako Teflon. Zajišťuje výrobkům vodoodpudivost a větší odolnost proti znečištění. Velice dobře odolává povětrnostním vlivům a mikroorganismům. Aplikace se provádí na jednotlivá vlákna, proto není omezena prodyšnost výrobku. Teflon dobře snáší praní a suché čištění. Je odolný vůči vyšším teplotám, nikoli však ve spojení s přízí [24].

2.2 Vyhodnocení propustnosti vodních par

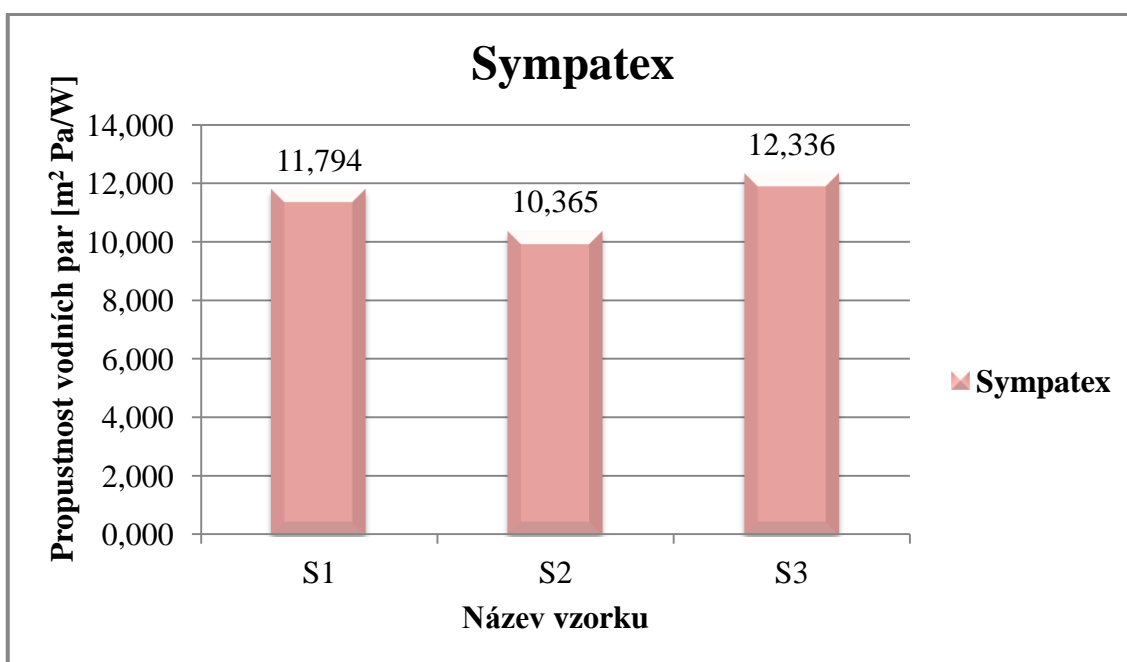
Propustnost vodních par R_{et} u zkoušených materiálů bylo vypočteno jako aritmetický průměr z pěti měření. Výsledky jsou velmi důležité z hlediska toho, abychom zvolili vhodný materiál k určitému sportu. Vzhledem k tomu, že u každého sportovního výkonu člověk vyprodukuje jiné množství potu, jak je znázorněno níže v tabulce 6, je zapotřebí zvolit odpovídající materiál. V případě, že člověk vyprodukuje potu více, než je schopnost materiálu odvádět, dochází k nepříjemným pocitům chladu, vlhkosti a celkově výrobek ztrácí své schopnosti. Měření bylo prováděno za konstantních podmínek, což představovalo vyhřátí destičky a ustálení teploty vzduchu na 35⁰C, v neposlední řadě nastavení rychlosti proudění vzduchu na 1m/s. Tabulka 2 znázorňuje, že z testovaných materiálů nejlépe vyšel vzorek G2, který by svou hodnotou měl vyhovovat i při náročných aktivitách. Ovšem všechny vzorky svými výsledky spadají do kategorie R_{et} 6 – 13, což je hodnoceno jako dobré. Obrázky 14 a 15 graficky znázorňují naměřené hodnoty.

| Statistické výpočty R_{et} u materiálu Gore-tex a Sympatex [$m^2 P_a/W$] | | | | | | |
|--|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Materiál | G1 | G2 | G3 | S1 | S2 | S3 |
| Počet zkoušek | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Průměrná hodnota | 8,771 | 6,536 | 7,433 | 11,794 | 10,365 | 12,336 |
| Směrodatná odchylka | 1,147 | 0,204 | 0,198 | 0,210 | 0,811 | 0,353 |
| Variační koeficient | 13,077 | 3,121 | 2,664 | 1,781 | 7,824 | 2,862 |
| Minimální hodnota | 8,105 | 6,352 | 7,163 | 11,551 | 9,306 | 12,031 |
| Maximální hodnota | 10,802 | 6,886 | 7,629 | 12,037 | 9,306 | 12,938 |

Tabulka 2 Vyhodnocení zkoušky propustnosti vodních par dle normy ČSN 80 0819.



Obr. 14 Grafické znázornění výsledků R_{et} u materiálů G1, G2 a G3.



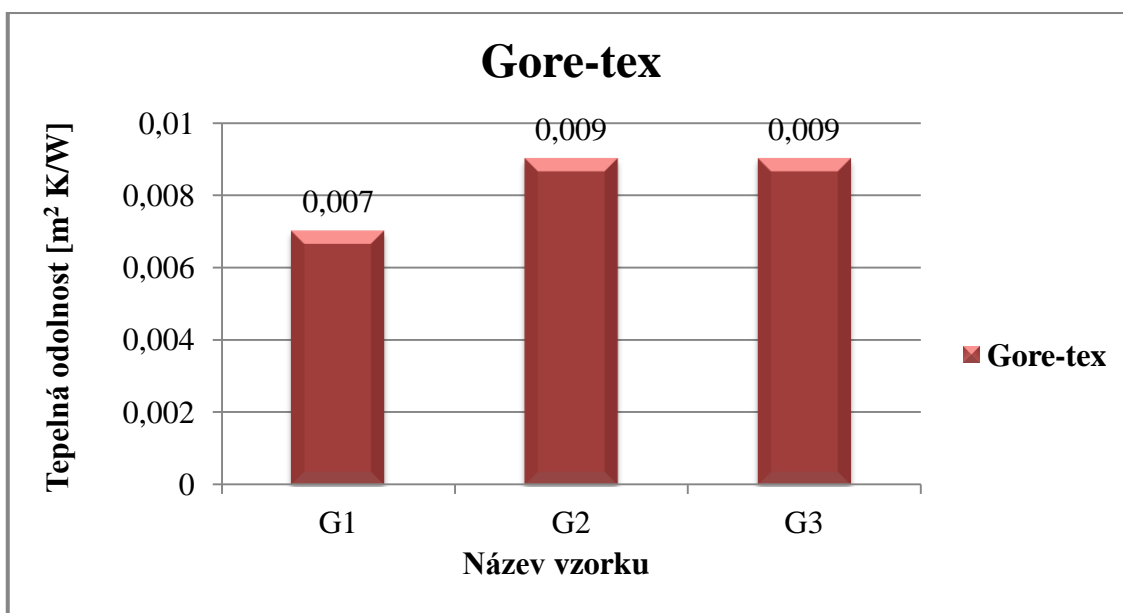
Obr. 15 Grafické znázornění výsledků R_{et} u materiálů S1, S2 a S3.

2.3 Vyhodnocení tepelné odolnosti

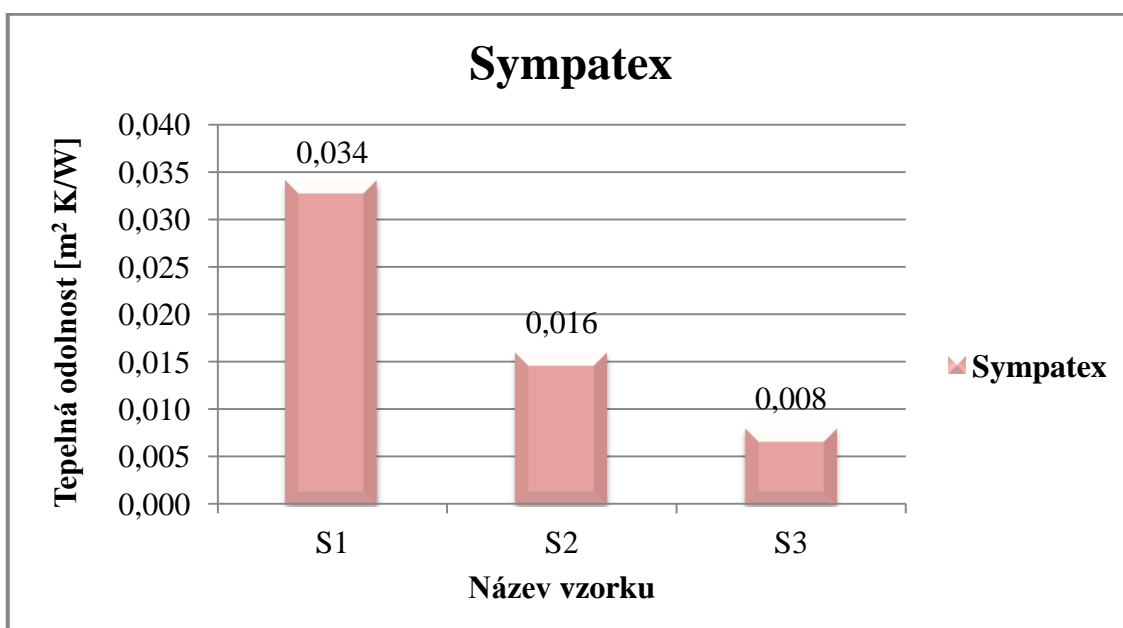
Tepelná odolnost R_{ct} byla vypočtena jako aritmetický průměr z tří měření. Podmínky pro měření byly stejné jako u hodnocení propustnosti vodních par. Obrázky 16 a 17 udávají výsledky tepelné odolnosti v grafu. Čím je tato hodnota nižší, tím materiál lépe izoluje a teplo vytvořené vlastním tělem neproudí ven. Z toho vyplývá, že z testovaných vzorků si nejlépe vede materiál G1. Ovšem rozdíly ve výsledcích jsou tak malé, že nelze pochybovat o vynikajících schopnost všech uvedených materiálů udržet tělesnou teplotu.

| Statistické výpočty R_{ct} u materiálu Gore-tex a Sympatex [$m^2 K/W$] | | | | | | |
|--|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| Materiál | G1 | G2 | G3 | S1 | S2 | S3 |
| Počet zkoušek | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Průměrná hodnota | 0,007 | 0,009 | 0,009 | 0,034 | 0,016 | 0,008 |
| Směrodatná odchylka | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,003 | 0,003 | 0 |
| Variační koeficient | 8,655 | 11,111 | 24,022 | 7,782 | 20,52 | 0 |
| Minimální hodnota | 0,006 | 0,008 | 0,007 | 0,031 | 0,012 | 0,008 |
| Maximální hodnota | 0,007 | 0,01 | 0,011 | 0,036 | 0,018 | 0,008 |

Tabulka 3 Vyhodnocení zkoušky tepelné odolnosti dle normy ČSN EN 31092.



Obr. 16 Grafické znázornění výsledků R_{ct} u materiálů G1, G2 a G3.



Obr. 17 Grafické znázornění výsledků R_{ct} u materiálů S1, S2 a S3.

2.4 Přepočet propustnosti vodních par

K přiřazení jednotlivých materiálů k určitým sportovním aktivitám, je zapotřebí převést údaje vycházející v $\text{m}^2 \cdot \text{Pa} / \text{W}$ na jednotky $\text{g} / \text{m}^2 \cdot 24 \text{h} \cdot \text{Pa}$, což docílíme pomocí vzorce (15), díky němuž dostaneme propustnost vodní páry vyjádřenou v $\text{g} / \text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}$. Výsledky z daného výpočtu jsou nedostačující, a proto je zapotřebí pokračovat výpočtem, k němuž se vztahuje vzorec (16) [27]. Daný vzorec je doplněn o údaje, jako jsou rozměr plochy testované části oděvu, v našem případě se jedná o bundu, jejíž odhadovaná plocha je $1,2 \text{m}^2$. Další údaj je rozdíl parciálních tlaků, který se vyskytuje před i pod oděvem. V tomto případě je předpokládáno, že teplota lidského těla bude 35°C a vlhkost pokožky je ovlivněna pohybem, jež bude vykonáván, jak uvádí tabulka 6. Teplota a vlhkost vzduchu byla vyhledávána v oblastech, které jsou k daným sportům typické, například lyžování Krkonoše, jízda na kole Šumava, turistika Jeseníky atd. Veškeré údaje o teplotě, vlhkosti a parciálním tlaku jsou vypsány v tabulce 4.

$$W_d = \frac{1}{Ret \cdot \phi T m} [\text{g} / \text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}] \quad (15)$$

$$W_{d \text{ total}} = W_d \cdot \Delta_p \cdot A [\text{g} \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (16)$$

kde W_d je propustnost vodních $[\text{g} / \text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}]$, Δ_p je rozdíl parciálních tlaků $[\text{Pa}]$, A je plocha testovaného výrobku $[\text{m}^2]$.

| Aktivita | Teplota lidského těla $[\text{°C}]$ | Vlhkost pokožky $[\%]$ | Parciální tlak $[\text{Pa}]$ | Teplota vzduchu $[\text{°C}]$ | Vlhkost vzduchu $[\%]$ | Parciální tlak $[\text{Pa}]$ |
|----------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------------|
| Chůze | 35 | 50 | 2812 | 8,6 | 86 | 961 |
| Běh | 35 | 80 | 4499 | 11,7 | 53 | 729 |
| Jízda na kole | 35 | 70 | 3937 | 14,7 | 45 | 753 |
| Turistika | 35 | 55 | 3093 | 12 | 26 | 365 |
| Lyžování sjezd | 35 | 60 | 3374 | -5,8 | 89 | 334 |
| Lyžování běžky | 35 | 90 | 5061 | -0,5 | 33 | 193 |

Tabulka 4 Údaje o teplotě, vlhkosti a parciálním tlaku.

2.4.1 Výsledky přepočtů

Vzhledem k tomu, že jednotlivé testované materiály propustí každý jiné množství vodní páry, jak uvádí tabulka 2, byly dané materiály přiřazeny k jednotlivým sportovním aktivitám tak, aby dokázaly odvést množství potu, který během sportu vyprodukuje.

| Aktivita | Materiál | Výsledky W_d [g/m ² .h.P _a] | Výsledky W_{dtotal} [g.hod ⁻¹] | W_{dtotal} za 24 hod. [g.24hod ⁻¹] |
|----------------|----------|---|---|---|
| Chůze | S3 | 0,1206 | 267,9 | 6 429 |
| Běh | G3 | 0,2002 | 905,7 | 21 737 |
| Jízda na kole | G1 | 0,1697 | 648,4 | 15 561 |
| Turistika | S1 | 0,1262 | 396,2 | 9 508 |
| Lyžování sjezd | S2 | 0,1436 | 523,9 | 12 572 |
| Lyžování běžky | G2 | 0,1028 | 600,5 | 14 412 |

Tabulka 5 Výsledky jednotlivých přepočtů propustnosti vodních par.

2.4.2 Přehled aktivit a produkce potu

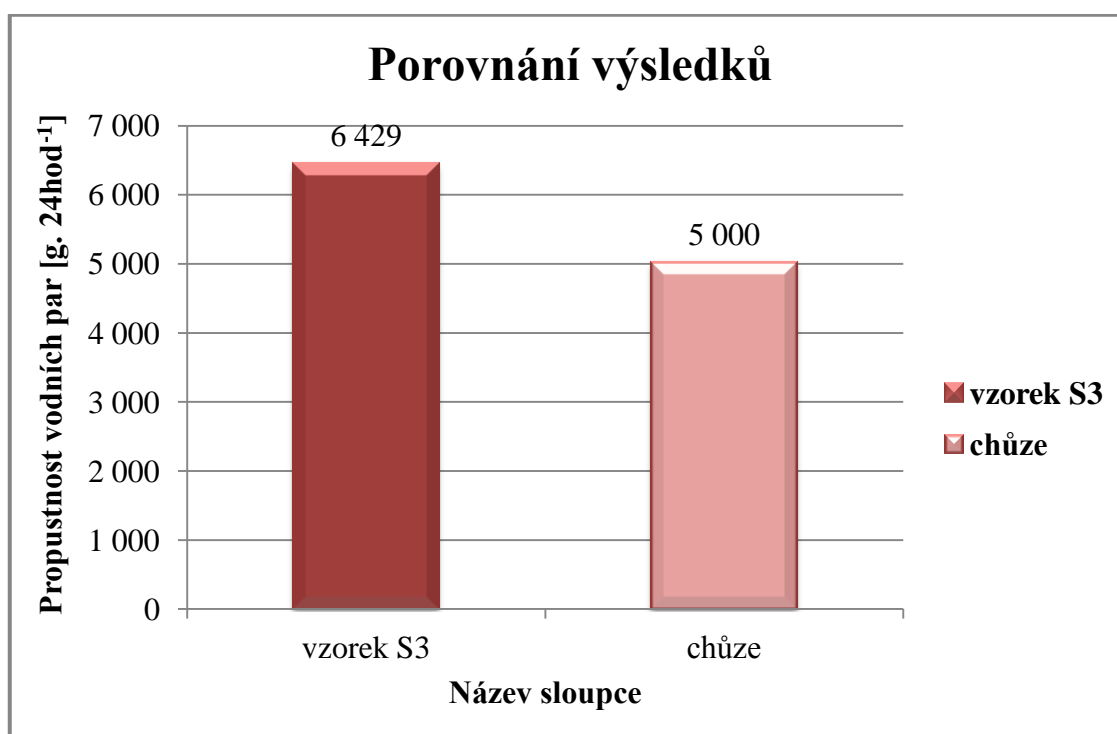
Tabulka 6 uvádí různé aktivity, jejich výdej energie a zároveň i množství vyprodukovaného potu. Každý člověk vyprodukuje za jednotku času jiné množství potu. Obecně je známo, že se denně odpaří z těla okolo 500ml vody, tomuto jevu říkáme perspirace. K tomu, aby tělo vyprodukovalo 1l potu je potřeba spálit přibližně 2 428 kJ. Při velké tělesné námaze a za extrémních podmínek je dokonce možné vyprodukovat až 15 l potu za 24 hodin [28].

| Aktivita | Výdej energie | Výdej energie | Produkce vlhkosti | Produkce vlhkosti |
|----------------|---------------|---------------|-------------------|------------------------|
| | kcal | kJ | l/12h | g.m ⁻² .24h |
| Chůze | 240 | 1000 | 0,412 | 5 000 |
| Běh | 700 | 2940 | 1,211 | 15 000 |
| Jízda na kole | 550 | 2310 | 0,951 | 11 000 |
| Turistika | 440 | 1848 | 0,763 | 9 000 |
| Lyžování sjezd | 500 | 2100 | 0,865 | 10 000 |
| Lyžování běžky | 700 | 2940 | 1,211 | 15 000 |

Tabulka 6 Přehled sportovních aktivit a vyprodukované vlhkosti [29].

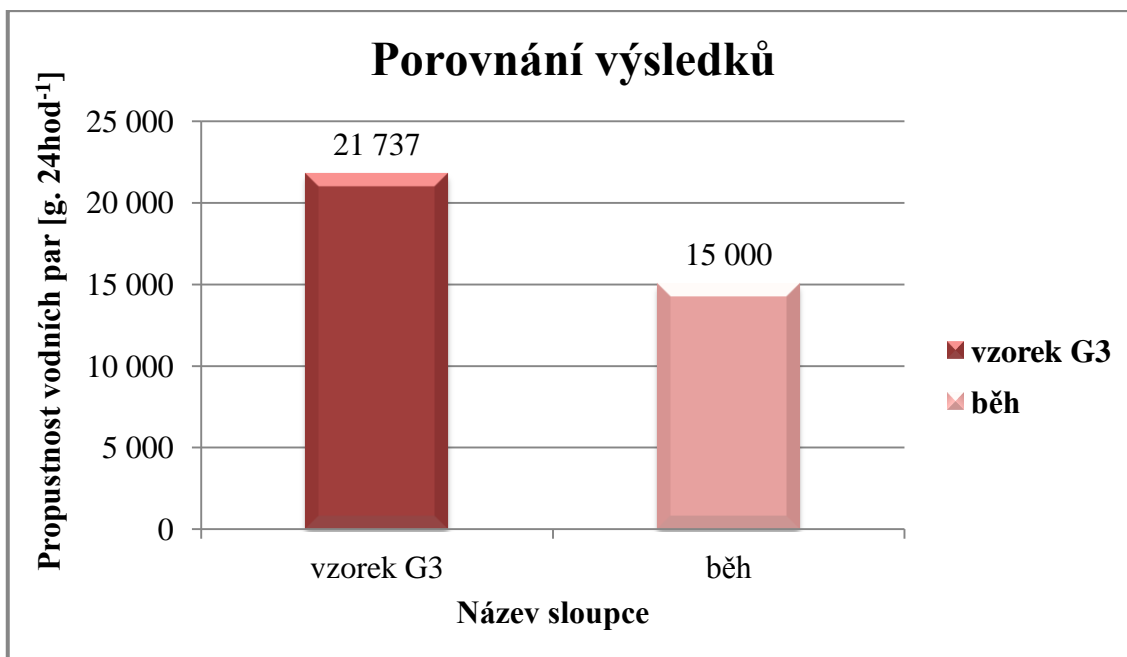
2.5 Grafické vyjádření výsledků

Jednotlivé obrázky 18 – 23 vyjadřují výsledky propustnosti vodních par vypočítané vzorcem (16) a množství vyprodukovaného potu při různých aktivitách. Každý ze sloupcových grafů nám znázorňuje, zda je testovaný materiál schopný odvádět potřebné množství potu. Při stanovených teplotách a vlhkostech nejlépe vyšel vzorek G3, který je pro běh ideální při teplotě nad 10°C a vlhkostí okolo 50%. Nejhůře vyšel vzorek G2, který při teplotách pod bodem mrazu a nízkou vlhkostí je nedostačující pro vysokou aktivitu, kterou představuje například běh na lyžích.



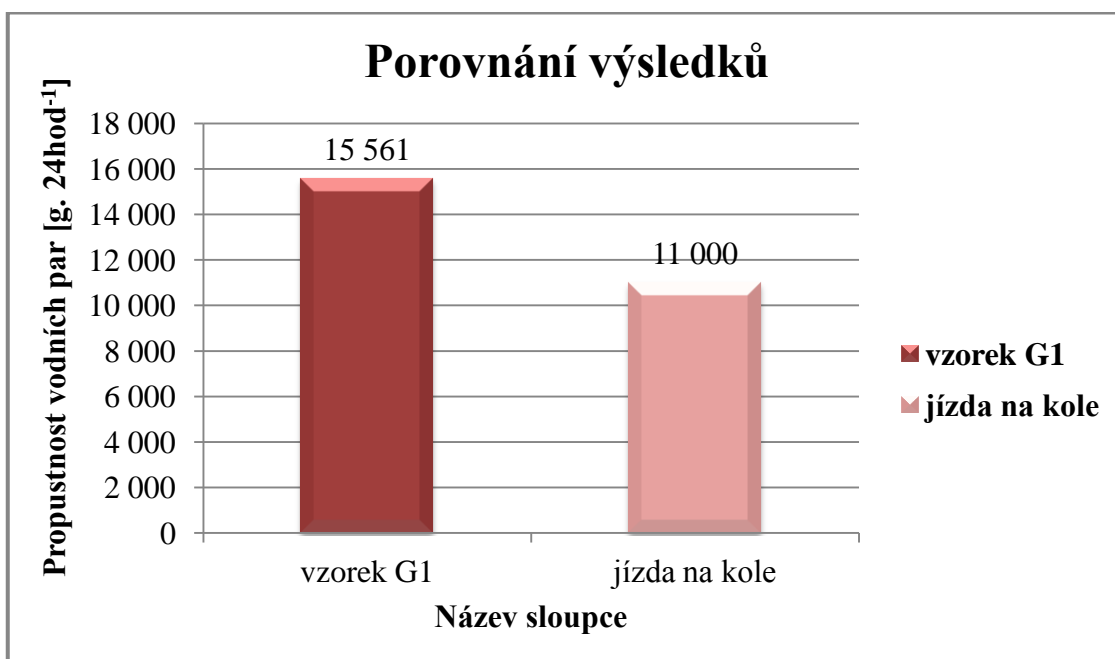
Obr. 18 Porovnání propustnosti vodních par u materiálu S3 a vyprodukovaného potu při chůzi.

Vzhledem k tomu, že materiál S3 vyšel z předchozích měření jako nejméně vyhovující z hlediska propustnosti vodních par, byl přiřazen k aktivitě, při níž lidské tělo vyprodukuje nejméně potu (obr. 18). Při podmínkách, které uvádí tabulka 4, vyšel materiál jako vyhovující.



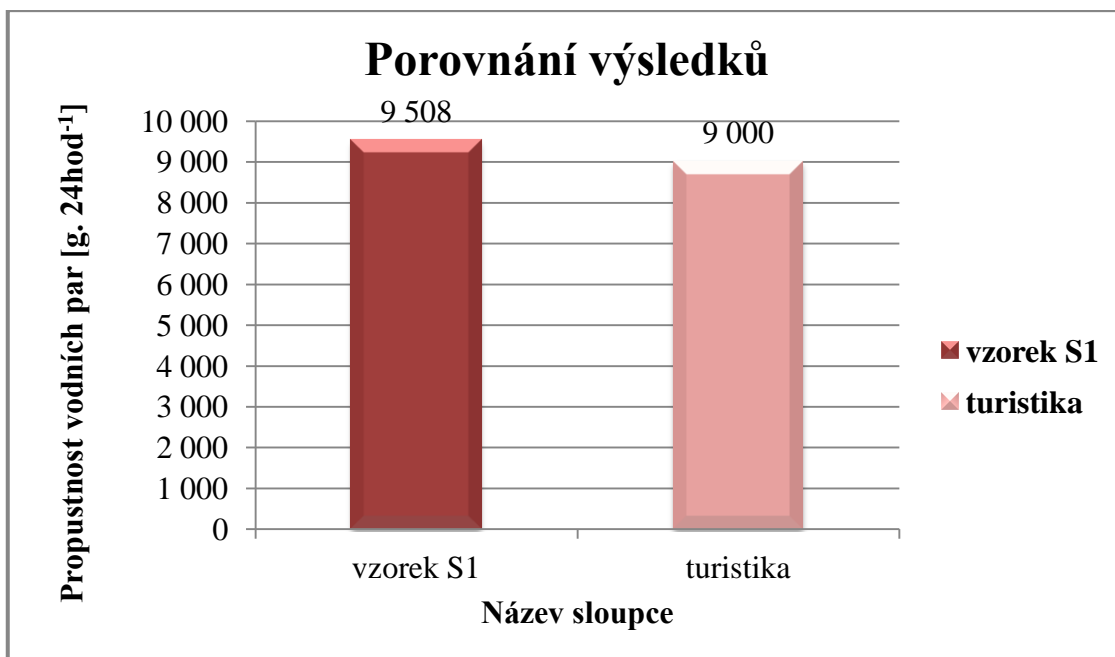
Obr. 19 Porovnání propustnosti vodních par u materiálu G3 a vyprodukovaného potu při běhu.

Ze škály testovaných vzorků byl pro běh vybrán jako optimální materiál G3, který je za daných podmínek taktéž vyhovující (obr. 19).



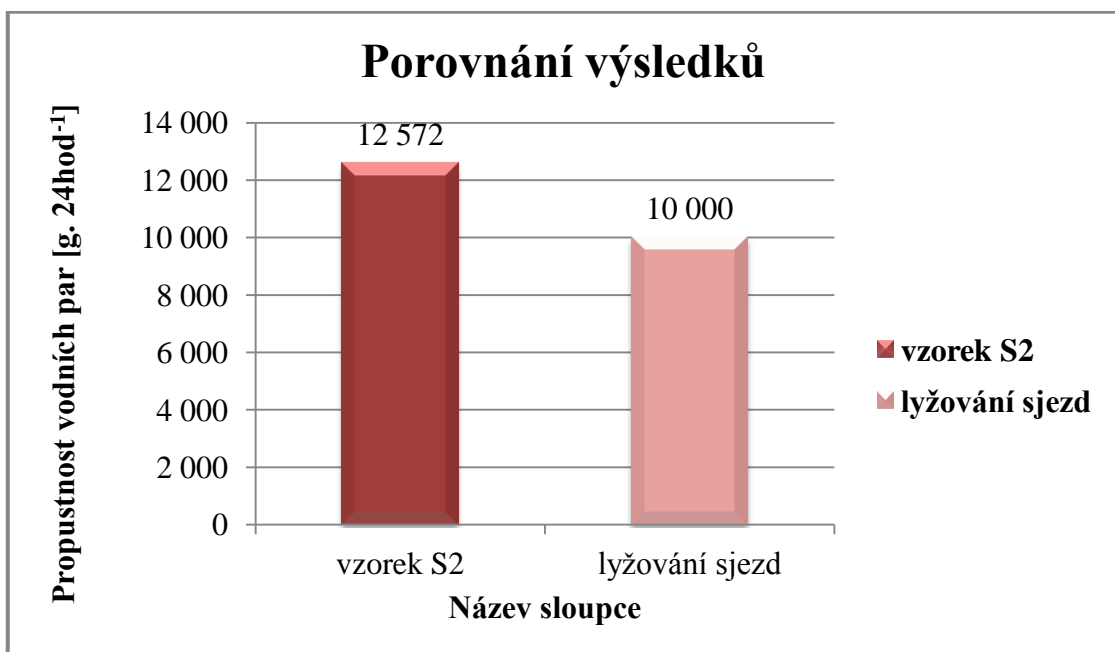
Obr. 20 Porovnání propustnosti vodních par u materiálu G1 a vyprodukovaného potu při jízdě na kole.

Z výsledků na obrázku 20 vyplývá, že pro jízdu na kole je možné využít materiál G1.



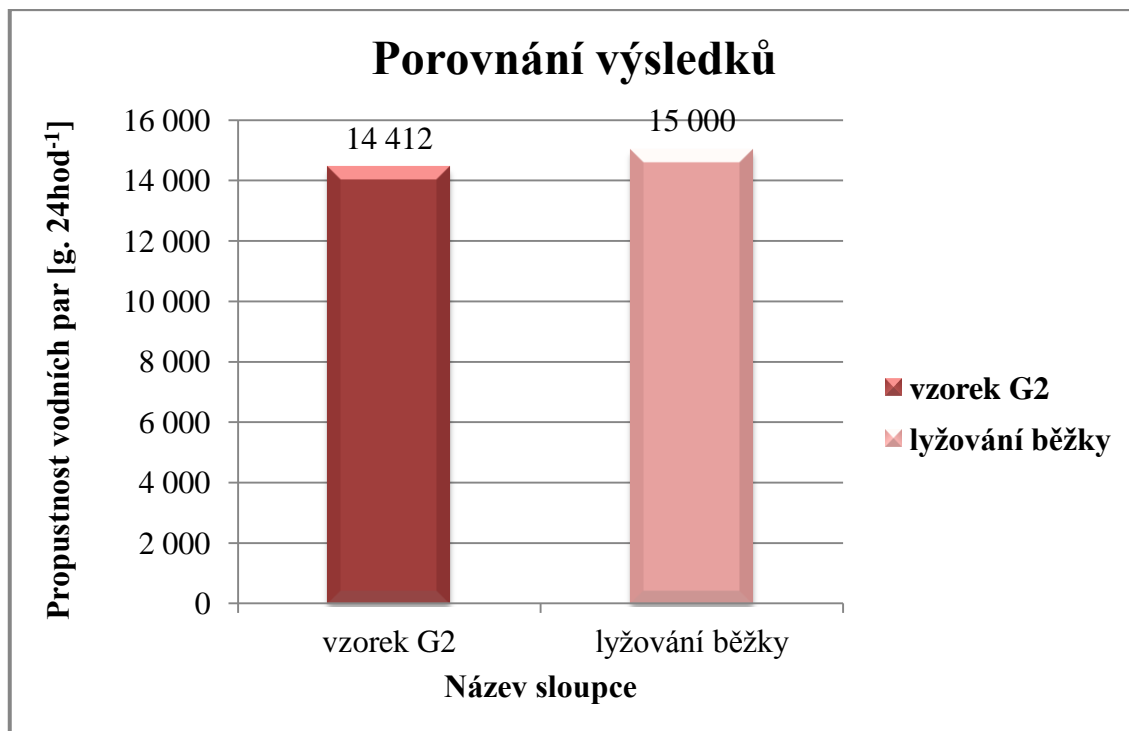
Obr. 21 Porovnání propustnosti vodních par u materiálu S1 a vyprodukovaného potu při turistice.

Při posuzování, zda se materiál S1 hodí pro turistiku, vyšly výsledky s nepatrným rozdílem, ale i přesto je materiál schopný odvádět dostatečné množství vodní páry (obr. 21).



Obr. 22 Porovnání propustnosti vodních par u materiálu S2 a vyprodukovaného potu při sjezdovém lyžování.

K sjezdovému lyžování byl přiřazen vzorek materiálu S2, jež taktéž vyšel jako vhodný pro danou činnost (obr. 22).



Obr. 23 Porovnání propustnosti vodních par u materiálu G2 a vyprodukovaného potu při běhu na lyžích.

Za stanovených podmínek materiál G2 vyšel jako nevyhovující, a proto není pro běh na lyžích vhodný (obr. 23).

2.6 Shrnutí dosažených výsledků

Na základě provedeného měření bylo zjištěno, že vzorek materiálu G2, vzhledem k jeho nejvyšším schopnostem propouštět vodní páry, se nejvíce hodí pro aktivity, které jsou pro člověka velmi fyzicky náročné. V tomto případě tuhle aktivitu zastupuje běh na lyžích. Ovšem, pokud je tento materiál použit při teplotě spadající pod bod mrazu a nízké relativní vlhkosti vzduchu, materiál se stává nepropustným, tudíž i nevyhovujícím pro danou aktivitu.

Jako druhý nejlepší materiál při měření na přístroji PSM – 2 vyšel vzorek G3, proto byl zvolen pro běh. Přestože při běhu na lyžích a samotném běhu vyprodukuje lidské tělo stejné množství potu, není potřeba pro samotný běh používat nejvíce propustné materiály, jelikož na člověka nepůsobí extrémní klimatické podmínky, proto materiál G3 je pro tuhle aktivitu naprosto dostačující.

Pro vzorek materiálu G1 byla přiřazena jízda na kole. Při stanovené okolní teplotě a vlhkosti vzduchu, které jsou uvedeny v tabulce 4, vyplývá, že materiál daným podmínkám vyhovuje a je tedy schopný odvést dostatečné množství vodní páry.

Stejně stanovisko platí i pro materiál S2, který se hodí například pro sjezdové lyžování a S3 pro chůzi. U vzorku S1, který byl přiřazen pro turistiku, je výsledek taktéž dobrý, ale rozdíl mezi vyprodukovaným potem a odvedeným množstvím vodní páry je menší než u ostatních testovaných materiálů. V případě, že by se teplota zvýšila přibližně o 3°C a relativní vlhkost vzduchu o 14%, materiál by se stal nepropustným pro vodní páry.

3 ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce bylo naměřit propustnost vodních par u jednotlivých testovaných materiálů na přístroji PSM – 2 za stacionárních podmínek a poté jednotlivé výsledky přiřadit k určitým sportovním aktivitám a posoudit zda je daný vzorek materiálu schopný odvádět množství potu, jež tělo vyprodukuje při dané činnosti.

V teoretické části byly podrobně popsány jednotlivé vlastnosti spadající do kategorie fyziologických vlastností oděvů, dále metody sloužící k naměření propustnosti vodních par, včetně metody, jež byla použita pro tuto bakalářskou práci.

Práce se v experimentální části zabývala popisem zkoušených materiálů, vyhodnocením výsledků propustnosti vodních par a tepelné odolnosti na přístroji PSM – 2. Dále bylo nutné přepočítat dosažené výsledky tak, aby bylo možné jednotlivé materiály přiřadit k sportovním aktivitám a porovnat zda jsou vzorky pro dané činnosti vhodné z hlediska propustnosti vodních par.

Z dosažených výsledků vyplývá, že doprava vlhkosti je závislá nejen na teplotě a vlhkosti lidského těla, ale také na měnících se klimatických podmínkách v okolí. Na základě toho se mění i parciální tlaky vodních par, tedy i celkový rozdíl mezi spádem parciálních tlaků před a za oděvem, jež ovlivňuje celkové množství přepravované vlhkosti. Dalším důležitým aspektem je schopnost materiálu odvádět vodní páry. Při měření byly použity tři vzorky z materiálu Gore-tex (G1, G2, G3) a tři vzorky materiálu Sympatex (S1, S2 a S3). Většina materiálů by vyhovovala i při jiných sportovních aktivitách, než jak bylo přiřazeno. Záměrem bylo, pro vybrané sportovní činnosti navrhnout optimální materiál. Pro chůzi vyšel nejlépe materiál S3, jelikož jeho výsledky z hlediska propustnosti vodních par byly na přístroji PSM – 2 nejnižší, ale přesto pro tuto činnost dostačující. Materiál G3 je doporučen pro běh, vzhledem k jeho vysokým schopnostem propouštět vodní páry. Pro jízdu na kole by vyhovoval materiál G1. U vzorku S1, který byl přiřazen pro turistiku, je výsledek taktéž vyhovující, ale rozdíl mezi vyprodukovaným potem a odvedeným množstvím vodní páry je menší než u ostatních testovaných materiálů. Jakmile by se teplota zvýšila o 3°C a vlhkost vzduchu o 14% vůči podmínkám, při kterých byl vzorek testován, stal by se nepropustným pro vodní páry. Pro sjezdové lyžování by byl doporučen materiál S2. Z hlediska propustnosti vodních par vyšel nejlépe materiál G2, proto byl přiřazen

k nejvíce fyzicky náročné aktivitě ze škály vybraných sportovních činností, kterou je běh na lyžích. Ovšem i přes vysoké kvality materiálu G2 nemůže být materiál pro běh na lyžích doporučen, protože nedosahuje pro tuto činnost potřebných hodnot.

Dále je možné, aby na tuto bakalářskou práci navázali další řešitelé, jejichž práce by spočívala ve zkoumání, jak propustnost vodních par ovlivňuje proudění vzduchu, či měření za nestacionárních podmínek.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Internetové stránky: Technická univerzita v Liberci, cit. 1. 11 2011, dostupné z: <https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2003-02-17/12-08-08.pdf>.
- [2] Růžičková, D.: Oděvní materiály. Skriptum, Liberec: TU, 2003, ISBN 80-7083-682-2.
- [3] Internetové stránky: Textilní vlákna, cit. 2. 11. 2011, dostupné z: http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20071113/TVN_prednaska_6.pdf.
- [4] Havlová, M: Standardizace textilních výrobků, cit. 3. 3. 2012, dostupné z: <http://www.kht.tul.cz/items/STV/Studijn%C3%AD%20materi%C3%A1ly/07.Od%C4%9Bvn%C3%AD%20v%C3%BDrobky%20a%20hra%C4%8Dky.pdf>.
- [5] Hes, Luboš., Sluka, Petr. Úvod do komfortu textilií. 1.vyd. 2005. ISBN 80-7083-926-0.
- [6] ČSN EN 31092: Textilie – Zjišťování termofyziologických vlastností – měření tepelného a výparného odporu za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou).
- [7] Internetové stránky: E-LTex – Použití vláken – souhrn použití, cit. 8. 6. 2011, dostupné z: <http://www.skolatextilu.cz/vlakna/index.php?page=15>.
- [8] Kunz, O.: K problematice vlastností švů, ve vztahu k vlastnostem šitého materiálu. 1 vyd. Brno: VÚP, 1979.
- [9] Internetové stránky: Technická univerzita v Liberci, cit. 4. 11 2011, dostupné z: <https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2003-02-17/12-36-41.pdf>.
- [10] Internetové stránky: Firma Tilak a.s., cit. 29. 11. 2011, dostupné z: <http://www.tilak.cz/stranky.php?lang=cz&page=22seo=system/obleceni>.
- [11] Internetové stránky: Ergonomics of protective clothing, cit. 10. 11. 2011, dostupné z: http://www.es-pc.org/proceedings/1th_ECPC.pdf#page=117.
- [12] Internetové stránky: ehodinky, cit. 12. 2. 2012, dostupné z: <http://www.ehodinky.cz/slovnicek-hodinky/barometricky-tlak-43.html>.

- [13] Internetové stránky: Vaše encyklopedie, cit. 29. 4. 2012, dostupné z: http://www.cojeco.cz/index.php?s_term=&s_lang=2&detail=1&id_desc=17866.
- [14] Internetové stránky: Yasha outdoor, cit. 18. 11. 2011, dostupné z: <http://www.yasha.cz/yasha/4-MATERIALY/2-Materialy-HANNAH>.
- [15] Internetové stránky: Water transfer properties of two-layer weft knitted fabric, cit. 29. 4. 2012, dostupné z: <http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=1454312&show=abstract>.
- [16] ČSN EN 20811: Textilie. Stanovení odolnosti proti pronikání vody. Zkouška tlakem vody.
- [17] Internetové stránky: oděvní výrobky a hračky, cit. 12. 2. 2012, dostupné z: http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20080514/ZKB_prednaska_10.pdf.
- [18] Internetové stránky: Textile research journal, cit. 20. 12. 2011, dostupné z: <http://trj.sagepub.com/content/81/6/621.short>.
- [19] Internetové stránky: chytrá řešení pro každého, cit. 15. 1. 2012, dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/tepelne-izolace-polystyren-mineralni-vata-a-dalsi.aspx>.
- [20] Internetové stránky: Textile research journal, cit. 20. 12. 2011, dostupné z: <http://trj.sagepub.com/content/70/2/121.short>.
- [21] ČSN EN 15496: Textilie – Měření propustnosti vodních par textilií pro účely kontroly kvality.
- [22] Internetové stránky: Svět outdooru, cit. 30. 8. 2011, dostupné z: <http://www.svetoutdooru.cz/clanek/?107968-s1-meri-i-membrany>.
- [23] Internetové stránky: Fyziologické vlastnosti oděvních materiálů, cit. 29. 4. 2012, dostupné z: http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Om/prednasky/stare/prednaska_2_viera.pdf.
- [24] Internetové stránky: Humi outdoor, cit. 29. 4. 2012, dostupné z: <http://www.humi.cz/?lg=cz&str=6&id=38&n=sympatex-phaseable>.

- [25] Internetové stránky: Gri sport, cit. 29. 4. 2012, dostupné z:
<http://www.grisport.cz/index.php?ID=1238>.
- [26] Internetové stránky: Sotex ginetex cz, cit. 29. 4. 2012, dostupné z:
<http://www.sotex.cz/index.php?docid=3>.
- [27] Internetové stránky: Treking, cit. 14. 4. 2012, dostupné z:
<http://www.treking.cz/testy/bundy-v-outdooru.htm>.
- [28] Havelka, A., Kůs, Z.: Clothing science and technology:
- [29] Internetové stránky: Fit po celý život, cit. 9. 4. 2012, dostupné z:
<http://www.fitlife.cz/vydej-energie-pri-sportovani>.
- [30] ČSN EN 24920: Stanovení odolnosti plošných textilií vůči povrchovému smáčení.
- [31] Brichtová, L.: Matematika 2 díl. Prostějov: skripta KKV, 2008. 86 s.

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Obr. 1 Extrémní klimatické podmínky [4]..... | 15 |
| Obr. 2 Odvod vlhkosti z volného povrchu kůže, 1 – pokožka, 2 – venkovní vzduchová vrstva, PK- parciální tlak páry u pokožky, PO - parciální tlak páry v okolním vzduchu, ΔP spád parciálního tlaku páry [5]..... | 18 |
| Obr. 3 Schéma rozdělení uživatelských vlastností. | 20 |
| Obr. 4 Ishikawův diagram příčin ovlivňujících fyziologické vlastnosti [8]. | 21 |
| Obr. 5 Zjišťování prodyšnosti plošných textilií a vrstev, pD1 je parciální tlak na povrchu pokožky [Pa], pD2 je parciální tlak na povrchu textilie [Pa] [9]..... | 23 |
| Obr. 6 Schéma propustnosti vodních par [14]. | 23 |
| Obr. 7 Schéma výplňkové pleteniny [4]. | 25 |
| Obr. 8 Gravimetrická metoda měření propustnosti textilií pro vodní páry [5]..... | 27 |
| Obr. 9 Schéma Permetestu, 1 – nádoba, 2 – obvodová stěna, 3 – oddělitelné dno, 4 – plošné čidlo tepelného toku, 5 – tepelná izolace, 6 – zkoušená textilie, 7 – kovový blok, 8 – topný prostředek, 9, 10 – teploměry, 11 – dávkovač, 12 – voda [23]. | 29 |
| Obr. 10 Přístroj PSM – 2..... | 30 |
| Obr. 11 Měřicí jednotka s kontrolou teploty a přívodem vody, 1 – porézní deska, 2 – teplotní čidlo, 3 – regulátor teploty, 4 – vyhřívání měřicího zařízení, 5 – dávkovací zařízení na vodu, 6 – kovový blok s topným elementem [5]..... | 30 |
| Obr. 12 Znázornění prostupu vodní páry materiálem Sympatex [25]. | 37 |
| Obr. 13 Symboly údržby pro materiál Sympatex [26]..... | 37 |
| Obr. 14 Grafické znázornění výsledků Ret u materiálů G1, G2 a G3. | 41 |
| Obr. 15 Grafické znázornění výsledků Ret u materiálů S1, S2 a S3. | 41 |
| Obr. 16 Grafické znázornění výsledků Rct u materiálů G1, G2 a G3. | 43 |
| Obr. 17 Grafické znázornění výsledků Rct u materiálů S1, S2 a S3. | 43 |
| Obr. 18 Porovnání propustnosti vodních par u materiálu S3 a vyprodukovaného potu při chůzi. | 46 |
| Obr. 19 Porovnání propustnosti vodních par u materiálu G3 a vyprodukovaného potu při běhu. | 47 |
| Obr. 20 Porovnání propustnosti vodních par u materiálu G1 a vyprodukovaného potu při jízdě na kole..... | 47 |

| | |
|--|----|
| Obr. 21 Porovnání propustnosti vodních par u materiálu S1 a vyprodukovaného potu při turistice. | 48 |
| Obr. 22 Porovnání propustnosti vodních par u materiálu S2 a vyprodukovaného potu při sjezdovém lyžování. | 48 |
| Obr. 23 Porovnání propustnosti vodních par u materiálu G2 a vyprodukovaného potu při běhu na lyžích. | 49 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| Tabulka 1 Materiálové složení testovaných materiálů. | 38 |
| Tabulka 2 Vyhodnocení zkoušky propustnosti vodních par dle normy ČSN 80 0819. | 40 |
| Tabulka 3 Vyhodnocení zkoušky tepelné odolnosti dle normy ČSN EN 31092. | 42 |
| Tabulka 4 Údaje o teplotě, vlhkosti a parciálním tlaku. | 44 |
| Tabulka 5 Výsledky jednotlivých přepočtů propustnosti vodních par. | 45 |
| Tabulka 6 Přehled sportovních aktivit a vyprodukované vlhkosti [29]. | 45 |

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Vyhodnocení odolnosti proti povrchovému smáčení dle normy ČSN EN 24920

Příloha B: Protokol výsledků zkoušek podle ČSN 80 0819

Příloha C: Přehled vzorků testovaných materiálů

Příloha D: Experimentální výsledky

Příloha A: Vyhodnocení odolnosti proti povrchovému smáčení dle normy ČSN EN 24920

Vyhodnocení odolnosti povrchového smáčení se provádí ihned po ukončení zkrápění, k němuž je použito 250 ml destilované vody. Vzorek materiálu se odepne z držáku přístroje a 2x se silně oklepe o masivní předmět. Posléze se hodnotí podle etalonů, kde každý etalon má svůj stupeň smáčení povrchu. Zkouška, se provádí na přístroji Spray – test, který je znázorněn na obrázku 1A [30].

Stupně smáčení povrchu:

- **ISO 1** – celkové smočení celkového povrchu
- **ISO 2** – částečné smočení celkového povrchu
- **ISO 3** – smočení povrchu ve zkrápěných bodech
- **ISO 4** – nepatrné ulpění nebo smočení povrchu
- **ISO 5** – žádné ulpění nebo smočení povrchu



***Obr. 1A** Povrchové smáčení dle normy ČSN EN 24920.*

Při provádění zkoušky na Spray - testu u materiálů Gore-tex a Sympatex, bylo ověřeno, že u materiálů nedochází k žádnému zkrápění, jež bylo posouzeno dle fotografické stupnice I. To znamená, že materiály jsou vodoodpudivé.

Příloha B: Protokol výsledků zkoušek podle ČSN 80 0819

Jednotlivé výsledky měření propustnosti vodních par a tepelné odolnosti provedené na přístroji PSM – 2, jsou uvedeny v tabulce 1B a 2B.

| Naměřené hodnoty R_{et} u materiálu Gore-tex a Sympatex | | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Měření | G1 | G2 | G3 | S1 | S2 | S3 |
| 1 | 10,802 | 6,456 | 7,529 | 11,926 | 11,089 | 12,031 |
| 2 | 8,105 | 6,886 | 7,163 | 11,551 | 11,256 | 12,235 |
| 3 | 8,158 | 6,352 | 7,557 | 12,037 | 10,224 | 12,156 |
| 4 | 8,534 | 6,482 | 7,629 | 11,854 | 9,949 | 12,318 |
| 5 | 8,257 | 6,503 | 7,289 | 11,601 | 9,306 | 12,938 |

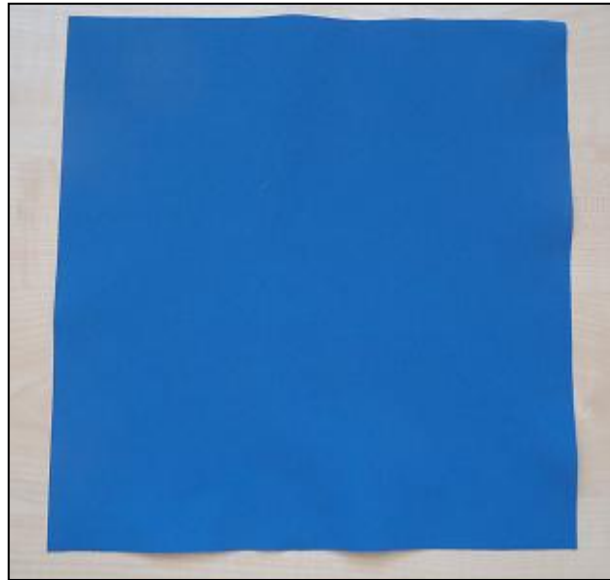
Tabulka 1B Výsledky jednotlivých měření propustnosti vodních par.

| Naměřené hodnoty R_{ct} u materiálu Gore-tex a Sympatex | | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Měření | G1 | G2 | G3 | S1 | S2 | S3 |
| 1 | 0,006 | 0,01 | 0,007 | 0,031 | 0,018 | 0,008 |
| 2 | 0,007 | 0,009 | 0,011 | 0,036 | 0,012 | 0,008 |
| 3 | 0,007 | 0,008 | 0,008 | 0,035 | 0,017 | 0,008 |

Tabulka 2B Výsledky jednotlivých měření tepelné odolnosti.

Příloha C: Přehled vzorků testovaných materiálů

Na obrázcích 1C – 6C jsou zachyceny jednotlivé materiály, jež sloužily k vypracování bakalářské práce. Jak již bylo řečeno, vzorky materiálů poskytly firmy Tilak a.s. a Humi outdoor, s.r.o., které se zabývají výrobou outdoorového oblečení.



Obr. 1C Vzorek materiálu G1.



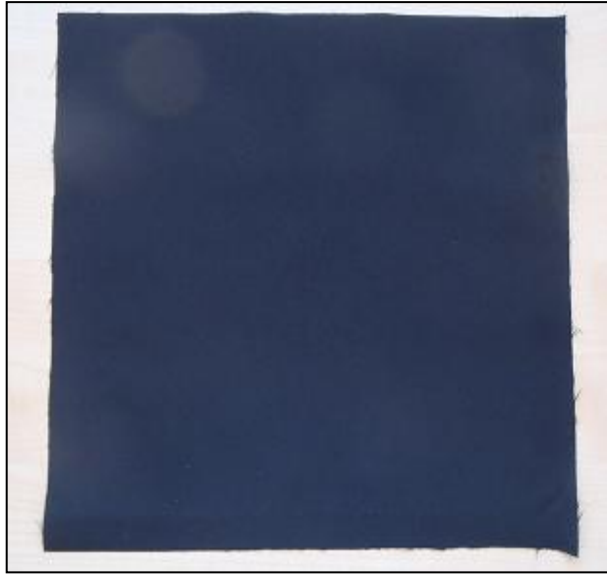
Obr. 2C Vzorek materiálu G2.



Obr. 3C Vzorek materiálu G3.



Obr. 4C Vzorek materiálu S1.



Obr. 5C Vzorek materiálu S2.

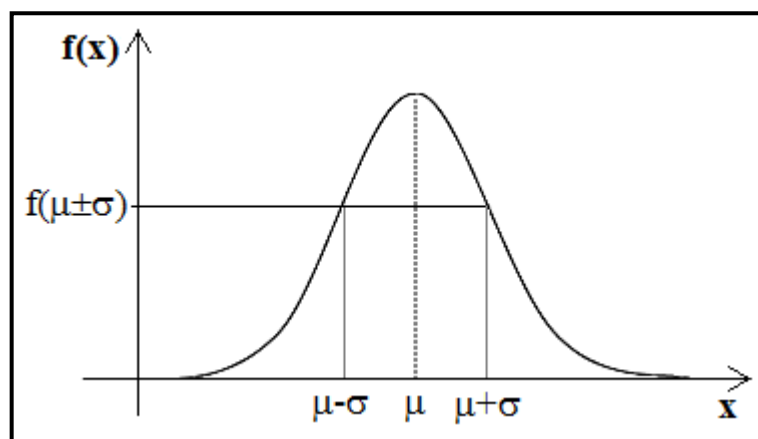


Obr. 6C Vzorek materiálu S3.

Příloha D: Experimentální výsledky

Experimentálními daty rozumíme výsledky jednotlivých měření. Vzhledem k tomu, že jednotlivé výsledky jsou ovlivněny náhodnými chybami, je zapotřebí je zpracovávat pomocí statistických výpočtů. Naměřené hodnoty jednotlivých zkoušek, znázorňují náhodné veličiny. V případě, kdy měřený parametr nabývá různých hodnot, označujeme jej jako spojitě náhodné proměnné veličiny. Vycházejí – li naměřené hodnoty v celých číslech, jsou označovány jako diskrétní náhodné proměnné veličiny.

Pro popis náhodných chyb, při měření fyzikálních a technických veličin se nejčastěji využívá spojitého normálního rozdělení $N(\mu, \sigma^2)$, popřípadě Gaussovo rozdělení. Hustota pravděpodobnosti normálního rozdělení lze graficky vyjádřit pomocí zvonovité Gaussovy křivky. Její tvar je ovlivněn parametry μ (střední hodnota) a σ^2 (rozptyl). Graf hustoty pravděpodobnosti normálního rozdělení je na obr. 1D [31].



Obr. 1D Hustota pravděpodobnosti normálního rozdělení $N(\mu, \sigma^2)$ [31].

Hustotu pravděpodobnosti $f(x)$ normálního rozdělení definuje vztah (17).

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad x \in (-\infty, \infty), \sigma > 0 \quad (17)$$

kde σ je směrodatná odchylka, μ je střední hodnota.

Distribuční funkce $F(x)$ náhodné veličiny se pak řídí vztahem (18).

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (18)$$

➤ **Střední hodnota – aritmetický průměr**

Střední hodnota náhodné veličiny X , je označována jako $E(X)$. Je odhadována váženým aritmetickým průměrem \bar{x} . Používá, se tam, kde se příliš nevyskytují odlehle hodnoty, které by střední hodnotu výrazně ovlivnily. Jde se o charakteristiku polohy. Pro výpočet střední hodnoty platí vztah (19) [31].

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (19)$$

Kde \bar{x} je střední hodnota, aritmetický průměr, n je počet prvků, Σ - suma, součet, x_i je hodnota i -tého prvku.

➤ **Modus**

Označuje tu hodnotu, která se v souboru dat vyskytuje nejčastěji. Značí se \hat{x} a jedná se o charakteristiku polohy [31].

➤ **Medián**

Stejně jako střední hodnota a modus určuje charakteristiku polohy. Je určen z řady hodnot, jež jsou seřazeny dle velikosti. Tuto řadu rozděluje na dvě stejné početné poloviny. Medián se označuje \tilde{x} a je možné jej také označovat jako 50% kvantil. Platí, že nejméně 50 % hodnot je menších, nebo rovných a nejméně 50 % hodnot je větších nebo rovných mediánu. Pro nalezení mediánu je zapotřebí seřadit hodnoty dle velikosti a hodnota, která leží uprostřed je medián, znázorněno ve vztahu (20). U souborů, kde se objeví sudý počet prvků, se za medián označuje aritmetický průměr hodnot na místech $n/2$ a $n/2+1$ - vztah (21) [31].

$$\tilde{x} = x_{(n+1)/2} \quad (20)$$

$$\tilde{x} = \frac{x_{n/2} + x_{(n+2)/2}}{2} \quad (21)$$

Kde \tilde{x} je medián, n je počet prvků, $x_{(n+1)/2}$ je pozice hodnoty v uspořádané řadě.

➤ **Rozptyl**

Označován též jako střední kvadratická odchylka. Vyjadřuje charakteristiku rozptýlení hodnot náhodných veličin okolo její střední hodnoty. Rozptyl má jiný rozměr

než původní data, protože se počítá pomocí čtverců odchylek dat od střední hodnoty, vydělený počtem stupňů volnosti ($n-1$). Pro výpočet rozptylu platí vztah (22). Označuje se $D(X)$, $S^2(X)$, nebo $\text{var}(X)$ [31].

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (22)$$

kde S^2 je rozptyl, n je počet prvků, \bar{x} je aritmetický průměr, x_i je hodnota i -tého prvku.

➤ **Směrodatná odchylka**

Obvykle se definuje, jako odmocnina z rozptylu náhodné veličiny X a jedná se také o charakteristiku rozptýlení hodnot kolem aritmetického průměru. Oproti rozptylu má stejný rozměr, jako původní měřená veličina. Velká směrodatná odchylka vyjadřuje velké vzájemné odlišnosti, oproti tomu malá směrodatná odchylka ukazuje, že jsou si prvky v souboru navzájem podobné. Výpočet směrodatné odchylky je uveden ve vztahu (23) [31].

$$S = \sqrt{S^2} \quad (23)$$

Kde S je směrodatná odchylka, S^2 je rozptyl.

➤ **Variační koeficient**

Značí se v . Posuzuje relativní velikosti rozptýlenosti dat, vzhledem k průměru (střední hodnotě). Je definován jako podíl směrodatné odchylky a střední hodnoty. Tato hodnota je nejčastěji vyjádřena v procentech viz vztah (24) [31].

$$v = \frac{S}{|\bar{x}|} * 100 \quad (24)$$

kde v je variační koeficient, S – směrodatná odchylka, $|\bar{x}|$ je absolutní hodnota průměru.

➤ **Rozpětí**

Hodnota rozpětí je citlivá k odlehlým měřením, značí se R a využívá se pro znázornění v krabicovém grafu dle vztahu (25) [31].

$$R = x_{max.} - x_{min.} \quad (25)$$

