

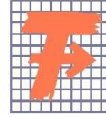
**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
FAKULTA TEXTILNÍ**

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**2009**

**MARIKA KOCUROVÁ ( roz. Letková)**

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**



Studijní program: N3106 Textilní inženýrství

Studijní obor: Textilní a oděvní technologie

**TEPELNÝ KOMFORT SPORTOVNÍCH  
ODĚVŮ S UVAŽOVÁNÍM VLIVU POTU**

**THERMAL COMFORT OF SPORT CLOTHES WITH  
CONCERN TO PERSPIRATION INFLUENCE**

Marika Kocurová (roz. Letková)

KOD/2009/02/8/MS

**Vedoucí diplomové práce:** Prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.

**Rozsah práce:**

Počet stran textu... 76

Počet obrázků..... 11

Počet tabulek..... 3

Počet grafů ..... 56

Počet stran příloh . 12





## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená *diplomová (bakalářská)* práce je původní a zpracoval/a jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil/a autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním *diplomové (bakalářské)* práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou diplomovou (*bakalářskou*) práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové (*bakalářské*) práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové (*bakalářské*) práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové (*bakalářské*) práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne 5.1. 2009

.....  
Podpis

Na tomto místě bych chtěla poděkovat všem, kteří mi poskytli cenné podněty pro psaní této práce.

Zejména bych chtěla velice poděkovat svému vedoucímu diplomové práce panu Prof. Ing. Luboši Hesovi, DrSc. za jeho cenné rady a podněty, jimiž mne vedl správným směrem při psaní této práce, a za celkově velmi vstřícný přístup, kterým mi pomohl překonat vzniklé nesnáze. Dále bych chtěla poděkovat firmě Ultrasport za poskytnutí vzorků pro měření, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat svým blízkým za trpělivost a podporu, kterou mi během psaní této práce poskytovali.

## **Anotace:**

Cílem této práce bylo vyhodnotit vliv potu – zavlhčení na tepelný komfort funkčních materiálů určených pro sport.

Pomocí měření byly zjišťovány souvislosti mezi vzrůstající vlhkostí a tepelnými charakteristikami funkčních materiálů. Měření bylo prováděno na přístrojích Alambeta a Permetest. Hodnoty získané měřením znázorňují průběh změn tepelných charakteristik daných materiálů.

## **Annotation:**

This paper analyzes and evaluates transpiration and moistening influence onto thermal comfort of sport-purposed functional textile materials.

A relationship between arising humidity and thermal characteristics of functional materials is measured. Measurements are performed by Alambeta and Permetest devices. Obtained values demonstrate a change behavior of material thermal characteristic.

**Klíčová slova:**

Komfort, termofyziologický komfort, hmotnostní přívažek vlhkosti, propustnost pro vodní páry, PERMETEST, ALAMBETA, tepelný odpor, tepelná jímavost, tepelná vodivost, tepelný tok.

**Key works :**

Comfort, comfort thermo physiological, fair weight of humidity's mass, permeability for water vapour, PERMETEST, ALAMBETA, thermal resistance, thermal capacity, thermal conductivity, heat flow.



# Obsah

ÚVOD .....	12
TEORETICKÁ ČÁST.....	13
<b>1 ODĚV A KOMFORT .....</b>	<b>13</b>
1.1 PSYCHOLOGICKÝ KOMFORT.....	14
1.2 SENZORICKÝ KOMFORT .....	14
1.3 TERMOFYZIOLOGICKÝ KOMFORT.....	15
1.4 PATOFYZICKÝ KOMFORT .....	15
<b>2 TERMOREGULACE LIDSKÉHO ORGANISMU .....</b>	<b>16</b>
2.1 PŘENOS TEPLA KONDUKČÍ .....	17
2.2 PŘENOS TEPLA KONVEKČÍ .....	18
2.3 PŘENOS TEPLA RADIACÍ.....	19
2.4 PŘENOS TEPLA EVAPORACÍ.....	19
2.5 PŘENOS TEPLA RESPIRACÍ.....	20
2.6 TERMONEUTRÁLNÍ ZÓNA.....	21
2.7 REAKCE ORGANISMU NA CHLAD.....	22
2.7.1 Změny v termoregulaci organismu.....	22
2.7.2 Možnosti adaptace organismu na chlad.....	22
<b>3 PROPUSTNOST PLOŠNÝCH TEXTILÍ .....</b>	<b>24</b>
3.1 PROPUSTNOST VZDUCHU – PRODYŠNOST .....	24
3.2 PROPUSTNOST VODNÍCH PAR .....	24
3.3 PROPUSTNOST TEPLA .....	25
3.4 PROPUSTNOST KAPALNÉ VODY – ODVOD VLHKOSTI OD POKOŽKY .....	26
3.4.1 Difúzní odvod vlhkosti.....	26
3.4.2 Kapilární odvod vlhkosti.....	27
3.4.3 Sorpce .....	27
<b>4 HODNOCENÍ TERMOFYZIOLOGICKÉHO KOMFORTU TEXTILÍ.....</b>	<b>28</b>
4.1 ZJIŠŤOVÁNÍ RELATIVNÍ PROPUSTNOSTI VODNÍCH PAR DLE ČSN 80 0855 (GRAVIMETRICKÁ METODA) .....	28
4.2 METODA DREO .....	28
4.3 SKIN MODEL.....	29
4.4 PERMETES.....	29
4.5 HODNOCENÍ TEPELNÉHO OMAKU TEXTILÍ – PŘÍSTROJ ALAMBETA .....	32
<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>35</b>
<b>5 MATERIÁLOVÉ SLOŽENÍ MĚŘENÝCH VZORKŮ.....</b>	<b>35</b>
5.1 POLYESTER.....	35
5.2 VLNA.....	37
<b>6 POPIS MĚŘENÝCH VZORKŮ .....</b>	<b>39</b>
6.1 COOLMAX.....	39
6.2 DOUBLE FACE.....	40
6.3 SPORTWOOL .....	40
6.4 THERMO FACE .....	41
6.5 THERMO EVO.....	41
6.6 TECKNOPILE 170G .....	41
6.7 MICROSTRETCH.....	42
<b>7 MĚŘENÍ Vlivu VLHKOSTI NA TEPELNÝ KOMFORT .....</b>	<b>43</b>
7.1 PŘÍPRAVA VZORKŮ PRO MĚŘENÍ.....	43
7.2 MATEMATICKÝ MODEL PRO VÝPOČET $Q_{TOT}$ U ZAVLHČENÉ TEXTILIE .....	44
7.3 MĚŘENÍ Vlivu VLHKOSTI – OBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ.....	46
7.3.1 Tepelné parametry – měření na přístroji Alambeta .....	46

7.3.2	<i>Relativní paropropustnost a výparný odpor.....</i>	61
7.4	SUBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ TEPELNÉHO KOMFORTU .....	71
7.4.1	<i>Subjektivní hodnocení v letním období .....</i>	73
7.4.2	<i>Subjektivní hodnocení v zimním období.....</i>	75
7.4.3	<i>Porovnání subjektivního hodnocení při pasivní a aktivní fázi měření .....</i>	77
<b>8</b>	<b>NOVÁ METODA MĚŘENÍ NA PŘÍSTROJI PERMETEST .....</b>	<b>80</b>
8.1	NOVÁ METODA STANOVENÍ VÝPARNÉHO ODPORU .....	80
8.2	MĚŘENÍ NOVOU METODOU .....	82
<b>9</b>	<b>NÁVRH POSTUPU MĚŘENÍ PŘI ZJIŠŤOVÁNÍ VLIVU VLHKOSTI NA TEPELNÝ KOMFORT TEXTILÍ .....</b>	<b>84</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>86</b>
	<b>LITERÁRNÍ ODKAZY: .....</b>	<b>87</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>88</b>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK V TEXTU

např. - například

tj. – to je

tzn. – to znamená

apod. – a podobně

°C – stupně celsia

b – tepelná jímavost [  $W \cdot m^{-2} \cdot s^{1/2} \cdot K^{-1}$  ]

r – tepelný odpor [  $W^{-1} \cdot K \cdot m^2$  ]  $\cdot 10^{-3}$

$\lambda$  – měrná tepelná vodivost [  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$  ]  $\cdot 10^{-3}$

U – procento zavlhčení [%]

PL – polyester

WO – vlna

$m_v$  ... hmotnost zavlhčeného vzorku [g]

$m_s$  ... hmotnost vysušeného vzorku [g]

$R_{air}$  ... výparný odpor vzduchové mezery [ $Pa \cdot m^2/W$ ]

$R_{et}$  ... výparný odpor textlie [ $Pa \cdot m^2/W$ ]

$R_{eto}$  ... výparný odpor mezní vrstvy [ $Pa \cdot m^2/W$ ]

## ÚVOD

Žijeme v době, kdy většina pracujících lidí tráví svůj pracovní týden pasivně v kanceláři a jejich pohyb je omezen pouze na cestu do práce a z ní. Mnoho těchto lidí si proto chce nahradit pasivní pracovní činností aktivitou ve svém volném čase. Je potřeba zdůraznit, že se jedná o jejich volný čas. Toho má dnes mnoho lidí velmi málo a proto se stává velice cenným. Lidé ho chtějí trávit aktivně, nejlépe v přírodě, ale zároveň komfortně.

Tyto dvě zdánlivě vylučující se hlediska však jasně vymezují směr a priority výzkumu odborníků a zájmu obchodníků. Na trhu je dnes mnoho firem zabývajících se výrobou funkčních oděvů pro sport. Je v zájmu nejen zákazníků, ale i těchto firem znát přesné funkční parametry určující výsledný komfort oděvů.

Jedním z nejzákladnějších požadavků pro funkční sportovní oděvy je jejich termofyziologický komfort. Tento přímo ovlivňuje pocity člověka při nošení daného oděvu. Termofyziologický komfort ovlivňuje řada proměnných, mimo jiné i vlhkost. Je lidskou přirozeností, že tělo při fyzickém zatížení vylučuje vlhkost ve formě potu. Je tedy žádoucí vědět, jak celková vlhkost obsažená v dané textilií ovlivňuje její tepelné vlastnosti.

Tato práce se zabývá vlivem vlhkosti – potu na tepelné charakteristiky funkčních materiálů. Pro měření byly použity materiály určené pro výrobu sportovních oděvů první a druhé vrstvy. Byly zkoumány změny při uměle navozených různých stupních zavlhčení, které měly simulovat různý stupeň fyzické zátěže. K měření bylo použito přístrojů ALAMBETA a PERMETEST. Zejména byly posuzovány tyto charakteristiky tepelná jímavost, tepelný odpor, měrná tepelná vodivost, výparný odpor a relativní propustnost pro vodní páry. Zjištěná data byla použita pro vyhodnocení změn tepelných charakteristik materiálů v závislosti na stupni zavlhčení, daném materiálu a jeho použití.

# TEORETICKÁ ČÁST

Tato kapitola vysvětluje základní pojmy důležité pro pochopení problematiky této práce. Pojmy jsou zde proto vysvětleny stručněji formou.

## 1 ODĚV A KOMFORT

Oděv je nedílnou součástí lidského života. Primární rolí oděvu je chránit tělo před nestálým okolím. Lidské tělo může být považováno za otevřený systém, který je vždy ve stavu fyzické, chemické a biologické interakci s okolím.

Oděv je ochranný systém, ve kterém dochází k prostupu tepla a vlhkosti. Prostup tepla a vlhkosti závisí na konstrukci, střihu, použitém materiálu a ostatních parametrech. Oděv tak pomáhá termoregulaci organismu v takových případech, kdy tělo samo není schopno samoregulace.

[2]

Existuje vědní obor Filozofie odívání, jenž se zabývá biologickými a fyzikálními vlivy oděvu na lidský organismus, na jeho zdraví a výkonnost. Jeho hlavní náplní je pozorování a vyhodnocování vztahů mezi prostředím, oděvem a organismem. Charakterizace oděvního komfortu je možná jako souhrn všech vjemů při nošení oděvu.

Charakterizaci celkového oděvního komfortu vymezují hodnoty, které tvoří:

- Fyzikální parametry
- Abstraktní představy

[1]

Komfort jako takový je poté možno definovat jako stav organismu, kdy jsou fyzikální funkce organismu v optimu a kdy okolí člověka včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy. Subjektivně je tento pocit brán jako pocit pohody.

Komfort je vnímán lidskými smysly, vyjma chuti, v následujícím pořadí důležitosti: hmat, zrak, sluch, čich. Při diskomfortu je možné pociťovat nepříjemné vjemy jako pocity nadměrného tepla či chladu.

*„Komfort lze jednoduše definovat jako absenci znepokojujících a bolestivých vjemů.“*

[2]

Komfort dělíme na : psychologický  
senzorický  
termofyziologický  
patofyzický

## 1.1 Psychologický komfort

Psychologický komfort dělíme dle **různých hledisek**:

- Klimatická hlediska: typické denní oblečení by mělo v první řadě respektovat tepelně-klimatické podmínky, které jsou podmíněny geograficky. Oděv vhodný pro dané podmínky se stává normou.
- Ekonomická hlediska: zahrnují přírodní podmínky obživy, politický systém, úroveň technologie, apod.;
- Historická hlediska: vzniká tradice v životním stylu a módě;
- Kulturní hlediska: patří sem zvyky, tradice, náboženství, apod.;
- Sociální hlediska: věk, vzdělání a kvalifikace, sociální třída, apod.;
- Skupinová a individuální hlediska: zahrnují módní vlivy, styl, barvy a lesk, trendy, apod.

[2]

## 1.2 Senzorický komfort

Senzorický komfort zahrnuje vjemy a pocity člověka při přímém styku pokožky a první vrstvy oděvu.

Senzorický komfort rozdělujeme na *komfort nošení* a na *omak*.

**Komfort nošení:** do této části zahrnujeme povrchovou strukturu použitých textilií, vybrané mechanické vlastnosti ovlivňující rozložení sil a tlaků v oděvním systému, schopnost textilií absorbovat a transportovat plynnou či kapalnou vlhkost s dopadem na své kontaktní vlastnosti.

**Omak:** veličina založená na vjemech prostřednictvím prstů a dlaně. Omak charakterizujeme: hladkostí, tuhostí, objemností, tepelně – kontaktním vjemem a roztažností.

[2]

### 1.3 Termofyziologický komfort

Vyjadřuje stav tepelné pohody. Je to tedy stav, ve kterém člověk vydrží pracovat neomezeně dlouho, stav fyziologické, psychologické a fyzikální harmonie.

Termofyziologický komfort nastává za těchto podmínek:

- teplota pokožky 33 – 35 °C
- relativní vlhkost vzduchu 50 + 10 %
- rychlost proudění vzduchu 25 + 10 cm. S-1
- obsah CO<sub>2</sub> 0,07%
- nepřítomnost vody na pokožce

Termofyziologický komfort poskytovaný oděvem lze hodnotit buď pomocí přístrojů, které přesně charakterizují příslušný fyzikální děj, nebo lze přenos tepla a vlhkosti měřit za podmínek blízkých fyziologickému režimu lidského těla. Druhý postup v posledních letech převažuje, neboť umožňuje hodnotit termofyziologický komfort věrněji než metody první skupiny.

Termofyziologický komfort oděvů resp. Textilíí lze zjednodušeně charakterizovat pomocí dvou základních parametrů: tepelného a výparného odporu, jestliže použijeme způsob měření založený na tzv. „skin modelu“. Místo parametru paropropustnost můžeme zde použít parametr výparný odpor, který u měření simulujících reálné přenosové jevy při nošení oděvu přímo charakterizuje tepelné účinky vnímané pokožkou vznikající v důsledku odparu potu.

[2]

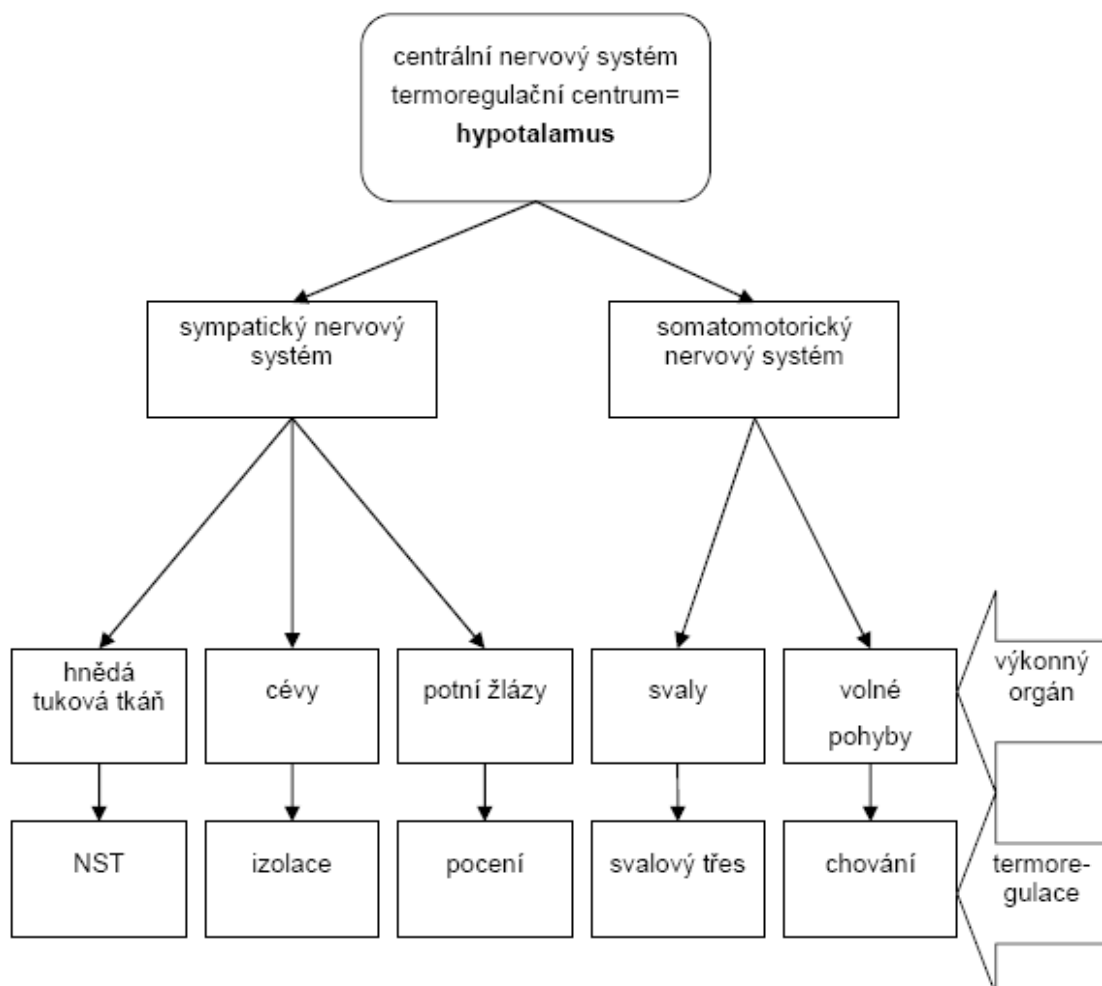
### 1.4 Patofyzický komfort

Pocit komfortu při nošení oděvních textilíí je ovlivněn také působením patofyziologicko-toxických vlivů. Jedná se o působení chemických substancí obsažených v materiálu, ze kterého je oděv vyroben a mikroorganismů vyskytujících se na lidské pokožce. Působení patofyziologických vlivů je závislé na odolnosti člověka (lidské pokožky) proti účinkům chemických látek obsažených v textilii a na podmínkách růstu kultur mikroorganismů vyskytujících se v mikroklimatu omezeném povrchem lidského těla a textilíí.

[2]

## 2 TERMOREGULACE LIDSKÉHO ORGANISMU

Termoregulací nazýváme schopnost organismu udržovat stálou tělesnou teplotu, přestože produkce tepla, jeho příjem a výdej nepřetržitě kolísají.



Obr 1. Termoregulační systém lidského těla

[2]

Termoregulace je proces, který slučuje fyziologické pochody řízené centrálním nervovým systémem, udržujícím tělesnou teplotu na optimální hodnotě, při které probíhají metabolické změny. Na tomto základě existují termoregulace dvojího druhu:

- Chemické – tvorba tepla
- Fyzikální – výdej tepla

**Chemická** termoregulace představuje látkovou přeměnu, tedy intenzitu chemických reakcí a tedy i tvorbu tepla. Je zároveň závislá na fyzické zátěži organismu, na jeho činnosti. Největší množství produkovaného tepla je při namáhavé činnosti organismu.



**Fyzikální** termoregulace zahrnuje podíly jednotlivých odvodů tepla z organismu, tedy tvorbu a výdej tepla.

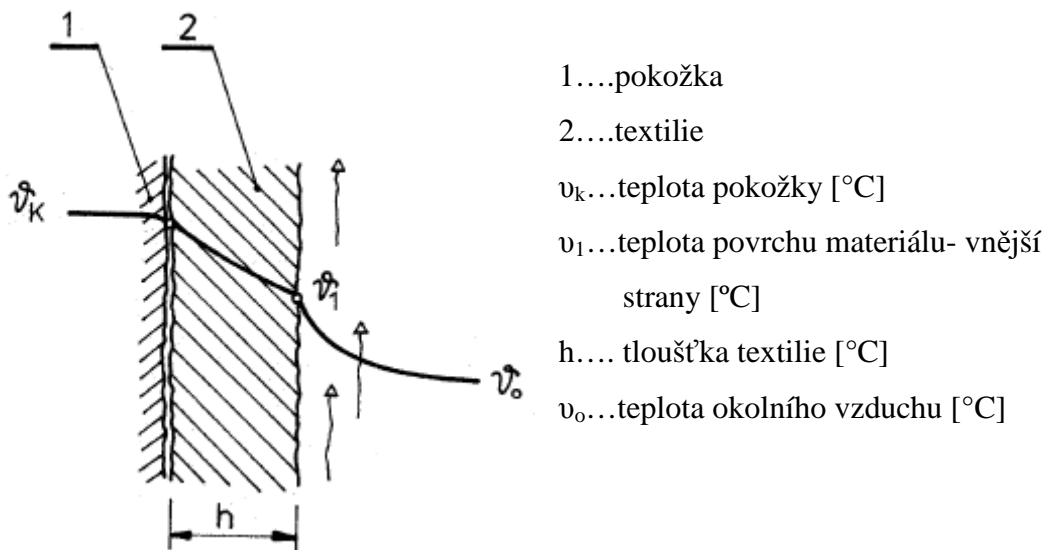
Toto se děje těmito možnými způsoby:

- 1) kondukcí (vedením)
- 2) konvekcí (prouděním)
- 3) radiací (zářením)
- 4) evaporací (odpařováním potu)
- 5) respirací (dýcháním)

## 2.1 Přenos tepla kondukcí

Tímto způsobem ztrácíme poměrně malé množství tepla (až 5%). Kondukcí se teplo odvádí v podobě kinetické energie, kterou předávají molekuly těla okolí, s nímž jsou v kontaktu např. podložce – chodidly, židli/posteli – zadní částí těla při sezení či spaní a samozřejmě vzduchu, který tělo obklopuje. Vzduch vede teplo poměrně málo. Z toho důvodu, pokud neproudí, je možno vyrovnat teplotu těla s teplotou vzduchu v bezprostředním okolí a ztráty vedením do vzduchu se minimalizují, až zastaví. Jiná situace je ve studeném vlhkém vzduchu nebo ve studené vodě, neboť voda je výborným vodičem tepla. Vedení tepla je také hlavním mechanismem přenosu tepla v tenkých vrstvách v oděvních systémech.

[2]



Obr. 2 – Přenos tepla kondukcí

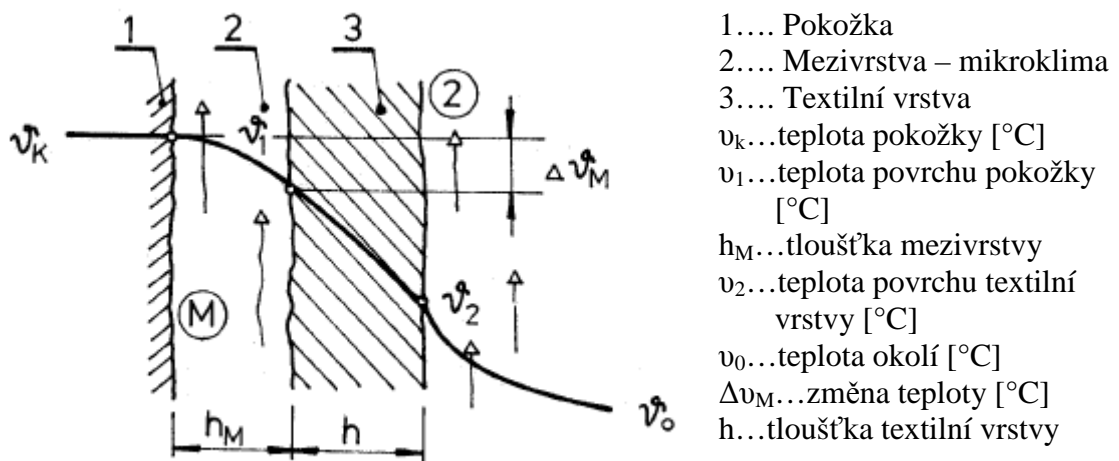
[10]

**Fourierův zákon** vyjadřuje úměrnost mezi tokem tepla  $q$  [ $\text{W}/\text{m}^2$ ], tepelnou vodivostí  $\lambda$  [ $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ] a teplotním gradientem  $\Delta t/\Delta x$ :

$$q = \lambda * \Delta t / \Delta x$$

## 2.2 Přenos tepla konvekcí

Konvekce představuje nejvýznamnější přenos tepla mezi člověkem a okolním prostředím. Mezi pokožkou a první oděvní vrstvou se nachází vzduchová mezivrstva (mikroklima – M), ve které dochází k proudění díky pohybu organismu v prostředí. Transport tepla je tedy závislý na proudění vzduchu, dále na odhalení těla a rychlosti větru, ve kterém tepelné ztráty narůstají.



Obr. 3 – Přenos tepla konvekcí

[10]

**Hodnota odvedeného tepla** tímto způsobem je dána výrazem:

$$Q_p = \alpha_p * S * [(v_k - v_1) + (v_2 - v_0)] \dots [J * s^{-1}]$$

$\alpha_p$  ... koeficient přestupu tepla [ $\text{Wm}^{-2} \text{K}^{-1}$ ]

$S$ .... plocha

$v_k$ ... teplota pokožky [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$v_1$ ... teplota vnitřní strany textie [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$v_2$ ... teplota vnější strany textie [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$v_0$ ... teplota okolí [ $^{\circ}\text{C}$ ]

[10]

## 2.3 Přenos tepla radiací

Teplu je předáváno z pokožky do okolí a naopak je pokožkou přijímáno prostřednictvím infračerveného záření, které vydávají všechna tělesa (sluneční záření). Výdej tepla tímto způsobem je závislý na teplotě a vlhkosti okolí a odhalení lidského těla. Přenos tepla radiací ( $Q_S$ ) nastává – pokud je teplota organismu vyšší, než je teplota okolí, jinak dochází k přijímání tepla. Vychází ze **Stefan–Boltzmannova zákona** (termodynamika), podle kterého platí:

$$Q_S = \alpha_s * S * \left[ \left( \frac{273 - \vartheta_k}{100} \right)^4 - \left( \frac{273 - \vartheta_0}{100} \right)^4 \right] \dots [J * s^{-1}]$$

$\alpha_s$ ... koeficient sálání [Wm<sup>-2</sup>K<sup>-1</sup>]

S..... plocha

$\vartheta_k$ ... teplota pokožky [°C]

$\vartheta_0$ ... teplota okolí [°C]

[10]

## 2.4 Přenos tepla evaporací

Tepelné ztráty odpařováním převládají v podmínkách přehřátí organismu. Jedná se tedy o jediný způsob odvodu tepla z těla za podmínek, kdy je okolní teplota vyšší než teplota těla. K odvodu tepla odpařováním dochází při přeměně skupenství potu na páru. Touto přeměnou dochází k odebrání tepla z povrchu kůže a tím dojde k ochlazení krve v podkoží, která svým prouděním následně ochlazuje celý organismus.

Odparné teplo je dáno vztahem:

$$Q_o = \Delta i * m_k * S * (p_k - p_0) \dots [J * s^{-1}]$$

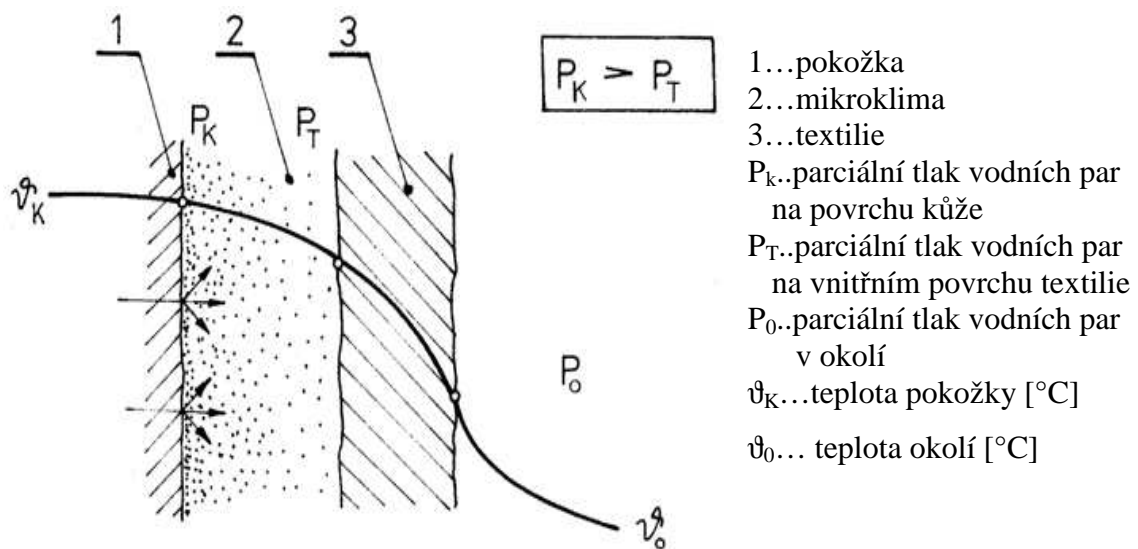
Tento vztah platí za předpokladu, že  $p_k > p_0$

$\Delta i$ ...měrné výparné skupenské teplo [J]

$m_k$ ...permeabilita kůže [kg s<sup>-1</sup>m<sup>-2</sup>Pa<sup>-1</sup>]

$p_k$ ...tlak páry při určité teplotě kůže v mezivrstvě [Pa]

$p_0$ ...tlak páry v okolí



Obr. 4 – Přenos tepla evaporací

[10]

Jelikož pod oděvem není rozdíl parciálních tlaků tak veliký, závisí na sorpčních a transportních vlastnostech všech vrstev textilií, a proto tento způsob odvodu tepla je nejvyšší u neoblečeného organismu.

Odpařování významně závisí na vlhkosti okolního vzduchu (v tropických pralesích s téměř 90% vlhkostí vzduchu se pot neodpařuje). Kromě potu se odpařuje také tekutina ze sliznic a z plic. Za normálních teplot se takto ztrácí kolem 450 – 800 ml tekutiny denně. Tento typ odpařování není možno regulovat ve prospěch udržování tělesné teploty.

[10]

## 2.5 Přenos tepla respirací

Respirační odvod tepla je realizován dýchacími cestami a jeho množství je dáno rozdílem množství vodních par vdechovaných a vydechovaných.

$$Q_D = \Delta i * (W_{ex} - W_a) * \frac{1}{t} \dots [J * s^{-1}]$$

$W_{ex}$ ... množství vodních par vdechovaných [kg]

$W_a$  ...množství vodních par vydechovaných [kg]

t.....čas [s]

$\Delta i$  ... měrné výparné skupenské teplo [J]

[10]

Všech pět způsobů odvodu tepla z organismu se podílí na fyzikální termoregulaci a jejich suma se musí rovnat množství tepla, které vyrobí organismus metabolickými pochody. Velikosti jednotlivých objemů jsou závislé na činnosti organismu, jeho oblečení a vnějších klimatických podmínkách.

Termoregulace organismu probíhá také pomocí ochlazování organismu odvodem vlhkosti, a to již zmiňovanou evaporací ale i odvodem vlhkosti kapalné. U oblečeného člověka transport vlhkosti probíhá několika způsoby:

- difúzí
- kapilárně
- sorpčně

Blíže se tímto tématem budeme zabývat v kapitole 3.4

## 2.6 Termoneutrální zóna

Termoneutrální zóna leží u většiny teplokrevných organismů v teplotách kolem 30°C. Její rozmezí však může záviset na kvalitě izolační vrstvy organismu. V zóně termoneutrality se samovolně vytváří tepelný spád z nitra těla do prostředí. Tělní jádro vykazuje stálou vyšší teplotu než je teplota okolí, vzhledem k teplotnímu spádu se teplota tkání směrem k povrchu snižuje.

Výsledkem tohoto pochodu je ustálení teploty povrchu těla na úrovni teploty prostředí. Tím se teplotní rozdíl mezi tělem a prostředím sníží na minimum a tepelné ztráty se sníží tak, že jsou snadno kompenzovatelné produkcí tepla metabolismem těla v klidu.

S poklesem teploty okolí pod zónu termoneutrality tepelné ztráty těla stoupají. Je to dáno termodynamickými zákony, kdy teplo přechází po teplotním gradientu z míst s vyšší teplotou (organismus) do míst s teplotou nižší (okolní chladné prostředí). Vzniklé ztráty musí být u teplokrevných organismů kompenzovány aktivním zvýšením produkce tepla v těle. Velikost tepelných ztrát je za těchto podmínek závislá na velikosti teplotního gradientu, velikosti těla, ale i izolačních vlastnostech povrchu těla.

Zvyšování produkce tepla v chladu má však svoje hranice. Dosahuje svého dlouhodobě udržitelného maxima při tzv. spodním limitu přežití. Pod touto teplotou okolí již organismus nedokáže účinně udržovat stálou teplotu těla a začíná prochladat.

## 2.7 Reakce organismu na chlad

Je logické, že člověk dává přednost jistému tepelnému komfortu a snaží se vyhnout chladovému stresu. Brání se mu především pomocí použití různých technologických opatření. Civilizovaný člověk je proto svou fyziologickou podstatou tepelně orientovaný organismus. Je však nutné si uvědomit, že jsou i jedinci či celé skupiny, které nemají přístup k technologickým a civilizačním opatřením zajišťující tepelný komfort, který my označujeme za dostačující/vyhovující.

Je prokázáno, že člověk je schopen se po určité době pobytu v odlišném prostředí než je zvyklý, přizpůsobit novým podmínkám a jeho organismus přestává vjemy vyhodnocovat jako nepříjemné. Toto přizpůsobení je však možné pouze v určitém rozsahu. Rozsah teplot, které jsou člověkem vnímány jako komfortní se posuzuje po teplotní stupnici k nižším případně vyšším teplotám.

[7]

### 2.7.1 Změny v termoregulaci organismu

Tyto změny byly jmenovány na základě pozorování jedinců, jež byli adaptováni formou 1 – 3 hodinové chladové imerze (tj. pobyt ve vodě o teplotě 10 °C – 15°C) realizované 5x týdně po dobu dvou měsíců.

**Byly zaznamenány čtyři formy změn termoregulačních odpovědí:**

- 1) Časově zpožděný nástup svalového stresu
- 2) Posun nástupu třesu k nižším hodnotám vnitřní a kožní teploty
- 3) Nižší tělesná teplota v termoneutralní zóně
- 4) Pokles velikosti tepelného dluhu, který byl vypočten jako rozdíl mezi celkovým tepelným ziskem a celkovými ztrátami tepla, po dvouhodinové chladové expozici.

[7]

### 2.7.2 Možnosti adaptace organismu na chlad

#### 1) Hypotermní adaptace

- je charakterizována snížením teploty vnitřních orgánů bez metabolické kompenzace, tzn. Bez zvýšené produkce tepla. Tento typ adaptace byl zjištěn po

působení mírného chladového třesu spojeného s nízkým energetickým příjmem u Křováků z pouště Kalahari.

## 2) Izolační adaptace

- je charakterizována sníženou průměrnou teplotou kůže, ale normální teplotou vnitřních tkání. U těchto adaptací se nezvyšuje tvorba tepla v organismu, ale organismus se brání tepelným ztrátám zvýšenou vazokonstrikcí nebo zmnožením podkožního tuku. Izolační adaptace byla pozorována po působení slabého chladového stresu s malým energetickým příjmem u domorodců z pobřežních kmenů tropické severní Austrálie.

## 3) Metabolická adaptace

- při tomto typu odpovědi dochází ke zvýšení kožní teploty a kompenzačnímu nárůstu metabolických procesů, přičemž teplota vnitřních tkání zůstává nezměněna. Metabolická adaptace navozená působením silného chladového stresu spojeného s vysokým energetickým příjmem byla pozorována u Eskymáků.

Někteří autoři se domnívají, že ti jedinci, kteří mají relativně velký tělní povrch, tedy vysokí a štíhlí, ztrácejí více tepla ve srovnání s jedinci malými a tlustými, tedy osobami s relativně malým tělním povrchem. V důsledku toho lze předpokládat, že v chladu budou lépe vzdorovat posledně jmenované osoby, zatímco prvně jmenovaní jedinci se budou lépe vyrovnávat s pobytem ve vyšších teplotách.

Podle jiných autorů se na vytvoření rozdílného typu chladové adaptace u lidí vedle individuálních antropometrických charakteristik (tloušťka tukové vrstvy a velikost tělního povrchu) podílí úroveň jejich fyzické zdatnosti vyjádřené maximální aerobní kapacitou ( $VO_{2max}$ ). Izolační adaptaci vykazují spíše tlustí jedinci, zatímco štíhlé osoby preferují adaptaci metabolického typu.

[7]

### 3 PROPUSTNOST PLOŠNÝCH TEXTILÍÍ

Propustnost je (prostup/transport) průnik určitého média přes vrstvu textilie. Prostupy mohou být realizovány v obou směrech. Jsou závislé na velikosti tlakového a teplotního gradientu.

Suché a mokré textilie umožňují průnik určitého média různým způsobem, různou rychlostí. To znamená, že například k rychlejšímu prostupu tepla skrz textilií dochází u mokřých textilií. Čím rychleji se teplo odvede, tím rychleji dochází k ochlazení pokožky. Tento jev má negativní účinek při chladném počasí, kdy se člověk zapotí a důsledkem je rychlé ochlazení pokožky, což může způsobit pocity chladu či zimy.

#### 3.1 Propustnost vzduchu – prodyšnost

Je vyjádřena jako rychlost proudu vzduchu procházejícího kolmo definovanou plochou zkušebního vzorku při stanoveném tlakovém spádu a době.

K prostupu vzduchu plošnou textilií dochází při určitém tlakovém spádu, tj. existuje rozdíl tlaků před a za textilií. Prodyšnost ovlivňuje fyziologický komfort textilií zásadním způsobem, neboť se vzduchem prostupuje také vlhkost a teplo. Je též závislá na pórovitosti textilie.

$$P_r = \frac{Q}{A} \dots [m^2 / \text{sec}]$$

Q...tok vzduchu [m<sup>3</sup>/sec]

A...plocha vrstvy kolmá ke směru toku [m<sup>2</sup>]

#### 3.2 Propustnost vodních par

Jedná se o prostup vodní páry na základě rozdílného parciálního tlaku vodních par na obou stranách plošné textilie. Měření prostupu vlhkosti plošnými textiliemi nedává jednoznačné výsledky, neboť textilie vlhkost pouze nepropustí, ale dochází také k absorpci vlhkosti uvnitř textilie (kapilárním efektem a navlhavostí vláken).



Zjišťování propustnosti vodních par může být prováděno dvěma způsoby:

- klasická metoda vážení – **gravimetrická metoda**  
stanovuje se přírůstek hmotnosti
- měření změny tepleného toku ( Permetest, Skin model, metoda DREO)

### 3.3 Propustnost tepla

Určuje množství tepla prošlého plošnou textilií při určitém tepelném spádu – gradientu teploty. Gradient teploty je hodnota tepelného spádu určující rychlost průniku tepla textilií. Odvod tepla (jeho šíření) jde směrem záporného gradientu.

Označíme-li celkovou plochu textilie, kterou teplo prostupuje jako  $S$ , pak celkové množství tepla prošlého plochou textilie lze vyjádřit vztahem:

$$Q = \Phi * S * t \dots [J]$$

$\Phi$ ...tepelný tok [ $J/s \cdot m^2$ ]

$S$ ... plocha textilie [ $m^2$ ]

$t$ ... čas [sec]

Dalšími hodnotami charakterizující propustnost dané textilie pro teplo jsou:

- koeficient tepelné jímavosti  $\lambda$  [ $W/m \cdot K$ ]
- tepelný odpor  $R$  [ $m^2 \cdot K/W$ ]

Metody měření tepelné propustnosti jsou založeny na umístění vzorku plošné textilie na vyhřívanou čelist a následné měření míry prošlého tepla.

- TP2
- PSM
- Togmeter
- Alambeta

### 3.4 Propustnost kapaln  vody – odvod vlhkosti od pokožky

Propustnost kapaln  vody rozumíme jevy, kdy se voda usazuje na textilii (sm c  povrch), vniká do textilie (nasákavost nebo vzlínavost), anebo proniká přes textilii (samovoln  nebo pod tlakem).

Pro pot behy této práce se bl zeji seznámíme s odvodem vlhkosti od lidsk  pokožky. Lidsk  organismus, jak j i  bylo řečeno (viz. Kapitola 2), v rámci své termoregulační činnosti produkuje vodu. Při teplotách k u e do 34 C uvoln uje lidsk  tělo do okolí cca 0,03l\*h<sup>-1</sup> potu nad tuto teplotu tj. při fyzické z t e i m u e tělo uvolnit do okolí a  0,7l\*h<sup>-1</sup> potu. Ochlazovací efekt vznikne pouze při odpa en  potu. U voln  pokožky je jedinou podmínkou odparu dostatečný rozdíl parciálních tlaků páry.

U oblečeného člověka se však odvod vlhkosti řid  jinými principy:

- difúzí
- kapil rn 
- sorp n 

#### 3.4.1 Difúzní odvod vlhkosti

Difúzní odvod vlhkosti z k u e přes textilii je realizován pomocí por . Vlhkost prostupuje textilií ve směru nižšího parciálního tlaku vodní páry. Difúzní odpor jednotlivých oděvních vrstev různých kvalit a druh  se poté s t a, přičemž je nutno brát v potaz i odpor vzduchových mezivrstev.

V porézních prostředích, jakými jsou textilie, je pára přenášena veden m (difúzí) otvory resp. Kanály, kter  existují v jednotlivých součástech oděvu. Pokud chybí vliv voln  konvekce nebo tzv. pumpovací efekt vyvozen  ventilací, je **odpor proti p r chodu vodní páry por zn m prostředím s p r choz mi kanály** (páry) dán vztahem:

$$R_{wp} = \frac{\xi * h}{\varepsilon * D_p}$$

ε...koeficient porosity

ξ...faktor toruosity

h...tloušťka materiálu

D<sub>p</sub>...difúzní koeficient [kg/m\*s\*Pa]

Zvýšení odporu proti přenosu vlhkosti porézními textilními materiály, oproti hladině nad volnou mezerou, způsobuje klesající koeficient porosity  $\varepsilon < 1$  a zvětšující se délka kanálů charakterizovaná faktorem toruosity  $> 1$ . Následně může být odpor proti přenosu vodní páry  $R_{wp}$  relativně vysoký. Díky větší porositě mají otevřené materiály, jako např. pleteniny, přirozeně vyšší propustnost pro vodní páry nebo nižší odpor proti přenosu vodních par než tkaniny.

[2]

### 3.4.2 Kapilární odvod vlhkosti

Kapilární odvod spočívá v tom, že kapalný pot ulpívající na kůži je v kontaktu s první textilní vrstvou a jejími kapilárními cestami vzlíná do její plochy všemi směry. Jde o tzv. knotový efekt. Kapilární tlak  $\Delta P$ , způsobující tok kapalné vlhkosti obecně od velkých pórů o efektivním poloměru  $R$  k malým pórům odpovídajícím poloměru  $r$ , je úměrný povrchovému napětí vody  $\gamma$ , funkci  $\cos$  kontaktního úhlu  $\Theta$  (charakterizující smáčecí schopnosti dané textilie) podle rovnice:

$$\Delta P = 2\gamma * \left( \frac{p_r * \cos \Theta}{r} - \frac{p_R * \cos \Theta_R}{R} \right)$$

[2]

### 3.4.3 Sorpce

Sorpční proces předpokládá nejprve vniknutí vlhkosti či kapalného potu do neuspořádaných mezimolekulárních oblastí ve struktuře vlákna a následné navázání na hydrofilní skupiny v molekulové struktuře. Tento proces je nejpomalejší a je podmíněn použitím textilie alespoň částečně obsahující sorpční vlákna.

**Všechny výše uvedené mechanismy se na transportu vlhkosti podílejí současně. Nejrychlejším mechanismem transportu je kapilární a difúzní, na posledním místě pak odvod sorpční.**

[2]

## 4 HODNOCENÍ TERMOFYZIOLOGICKÉHO KOMFORTU TEXTILÍ

Termofyziologický komfort poskytovaný oděvem lze hodnotit buď pomocí přístrojů, které přesně charakterizují příslušný fyzikální děj, ale bez přímého vztahu k podmínkám platícím v systému pokožka – oděv – prostředí, nebo lze přenos tepla a vlhkosti měřit za podmínek blízkých fyziologickému režimu lidského těla. Druhý postup v posledních letech převažuje, neboť umožňuje hodnotit termofyziologický komfort věrněji než metody první skupiny.

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

Toto měření spočívá v upevnění kruhového vzorku textilie na misku obsahující silikagel, zvážení misky se vzorkem ( $G_0$ ) před expozicí v klimatizační skříni, zvážení ( $G_1$ ) po 6 hodinové expozici (po uplynutí doby  $\tau$ ) a výpočtu relativní propustnosti  $P_{rel}$  dle vztahu

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

nebo absolutní paropropustnosti:

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

Nevýhodou této metody je její zdlouhavost a nízká přesnost, která je dána časově nelineární sorpcí vysoušedla.

[2]

### 4.2 Metoda DREO

Tuto metodu navrhli Farnworth, Van Beest a Dolhan. Vzorek je upevněn na podložku mezi dvě polopropustné vrstvy. Pod spodní vrstvou je voda a přes vrchní vrstvu proudí suchý vzduch. Spodní vrstva chrání a odděluje vzorek od vodní hladiny a

vrchní vrstva před průnikem vzduchu. Ztráta vody zde není určována vážením, ale je odečítána na stupnici skleněné kapiláry. Měření se provádí po dobu 15 minut.

[2]

### 4.3 SKIN MODEL

Základem přístroje je vyhříváná a zavlhčovaná porézní deska označovaná jako „model kůže“ sloužící k simulaci procesů přenosu tepla a hmoty, ke kterým dochází mezi lidskou pokožkou a okolím. Měření zahrnující jeden nebo oba přenosy se mohou provádět buď separátně nebo při měnících se vnějších podmínkách, zahrnujících kombinaci různých teplot, relativní vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu. Naměřené hodnoty mohou tedy odpovídat rozdílným ustáleným i proměnlivým okolním podmínkám nošení oděvu. Při určování propustnosti textilie pro vodní páry je vyhříváná porézní deska pokryta celofánovou membránou propouštějící vodní páry, ale nepropouštějící vodu. Voda přiváděná k vyhříváné desce se odpařuje a prochází membránou ve formě páry, takže zkušební vzorek nepřijde do kontaktu s vodou.

[2]

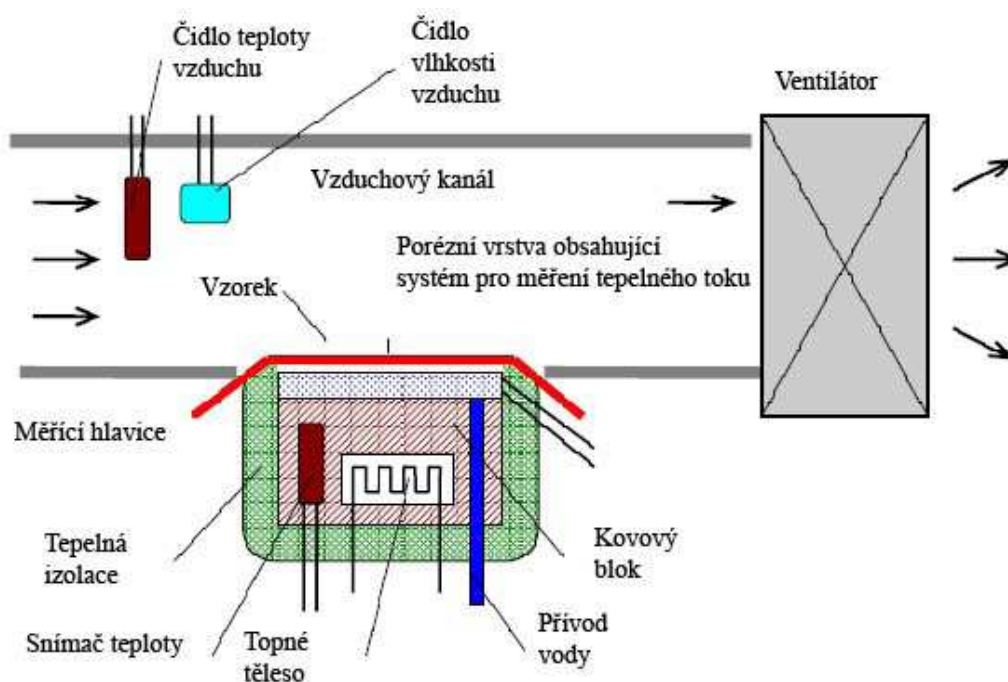
### 4.4 PERMETES

Přístroj je svou podstatou výše popsany tzv. SKIN MODEL – přístroj malých rozměrů založený na přímém měření tepelného toku  $q$  procházejícího povrchem tohoto tepelného modelu lidské pokožky. Povrch modelu je porézní a je zavlhčován, čímž se simuluje funkce ochlazování pocením. Na tento povrch je přiložen přes separační fólii měřený vzorek. Vnější strana vzorku je ofukována.



Obr.5 – Permetest

Při měření výparného odporu a paropropustnosti je měřicí hlavice (skin model) pomocí elektrické topné spirály a regulátoru udržován na teplotě okolního vzduchu (obvykle 20 – 23 °C), který je do přístroje nasáván. Tím jsou zjištěny izotermické podmínky měření. Při měření se pak vlhkost v porézní vrstvě mění v páru, která přes separační fólii prochází vzorkem. Příslušný výparný tepelný tok je měřen speciálním snímačem a jeho hodnota je přímo úměrná paropropustnosti textilie nebo nepřímo úměrná jejímu výparnému odporu. V obou případech se nejdříve měří tepelný tok bez vzorku a poté znovu se vzorkem a přístroj registruje odpovídající tepelné toky.



Obr. 6 – Schéma přístroje Permetest

Přístroj je možné použít pro měření:

- tepelného odporu textilií při stabilizované teplotě textilie 32 °C nebo při zvoleném rozdílu teploty hlavice a teploty v kanálu v mokřem či suchém režimu,
- výparného odporu a relativní paropropustnosti textilií při izotermních podmínkách,
- výparného odporu a relativní paropropustnosti textilií při anizotermních podmínkách.

Při měření paropropustnosti a výparného odporu vzorků je nutno vhodným postupem zabránit přímému styku měřené textilie s vlhkou měřicí plochou, aby měřená textilie zůstala suchá. Na přístroji Permetest se obě hodnoty dají měřit s použitím celofánové separační fólie (jak vyžaduje ISO 11092), což však dle názoru několika evropských odborníků způsobuje u tzv. SKIN MODELU velký rozptyl měření, neboť zbobtnalý celofán i pod napětím nezachovává stejný tvar.

### **Stanovení relativní propustnosti pro vodní páry**

Přístroj měří relativní propustnost pro vodní páry  $p$  [%]. Tento parametr není normalizovaný. Ve vztahu 100% propustnost představuje tepelný tok  $q_o$  vyvozený odparem z volné vodní hladiny o stejném průměru jako má měřený vzorek. Zakrytí této hladiny měřeným vzorkem se pak tepelný tok sníží o hodnotu  $q_v$ . Platí tedy:

$$p = 100 \cdot (q_v / q_o) \quad [\%]$$

### **Stanovení výparného odporu**

Výparný odpor je definován jako tlakový rozdíl mezi dvěma stranami materiálu dělený výparným tepelným tokem na jednotku plochy.

$$R_{et} = \frac{(P_m - P_a)}{(q_v - q_o)} \dots [m^2 * Pa / W]$$

$P_m$  ... nasycený parciální tlak vodní páry na povrchu měřicí hlavičky [Pa]

$P_a$  ... parciální tlak vodní páry v okolí [Pa]

$q_v$  ... tepelný tok procházející měřicí hlavicí zakrytou měřeným vzorkem [ $W/m^2$ ]

$q_o$  ... tepelný tok procházející měřicí hlavicí nezakrytou měřeným vzorkem [ $W/m^2$ ]

[2]

## 4.5 Hodnocení tepelného omaku textilií – přístroj ALAMBETA

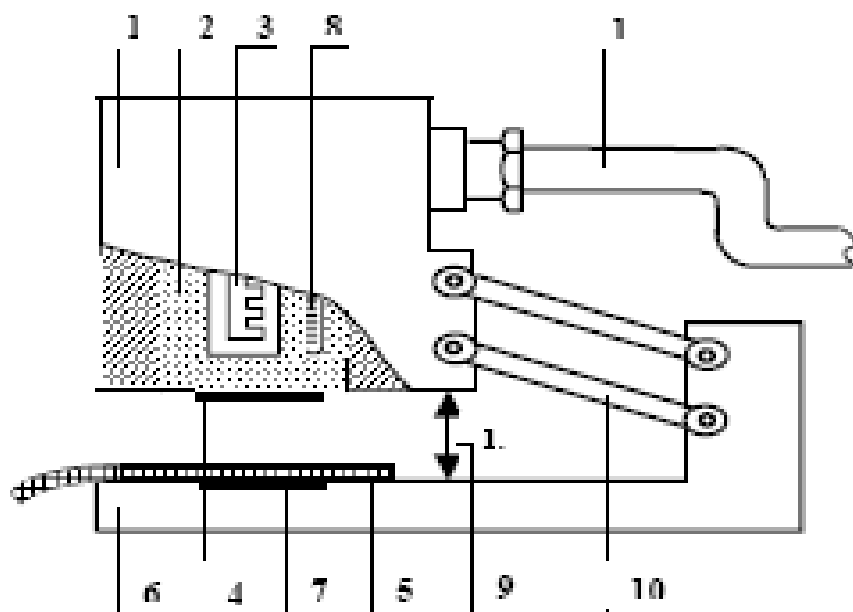
Termofyzikální parametry textilií měří přístroj vyvinutý profesorem Hesem a Doležalem. Pomocí Alambety je možno měřit vlastnosti textilií, jako je **tepelná vodivost  $\lambda$** , **tepelná jímavost  $b$** , **tepelný odpor  $r$** , **tloušťka materiálu  $h$** , **teplotní vodivost  $a$** , dále pak **max. tepelný tok  $q$**  nebo poměr maximálního a ustáleného tepelného toku  $p$ . Z měřených veličin se nejvíce využívá tepelná jímavost.

Princip spočívá v aplikaci snímače tepelného toku s konstantní teplotou 32°C na vzorek textilie a počítač začne vyhodnocovat průběh tepelného toku. Zároveň fotoelektrický senzor změří tloušťku vzorku.

Objektivnost tepelné jímavosti jako parametru hodnotící tepelný omak byla potvrzena dvěma testy. Vyšší hodnoty tepelné jímavosti charakterizují chladnější pocit. Tepelný omak je hlavně ovlivněn strukturou a složením materiálu.

### Popis přístroje:

Na základnu přístroje **6** (spodní část), který je vyhříván na teplotu okolí, se položí měřený vzorek **5**. Hlavice **1**, která je vyhřívána na teplotu o cca 10°C vyšší (obvykle 33°C, tj. teplota kůže lidského těla), než je teplota okolí, se spustí a snímače tepelného toku **4** a **7** měří tepelné toky mezi jednotlivými povrchy. Současně je změřena i tloušťka materiálu  $h$ , jako vzdálenost měřících hlav.



Obr. 7 – Schéma přístroje ALAMBETA



Součástí základny přístroje je termostat a teploměr, součástí měřící hlavice je teploměr **8**, topné těleso **3**, termostat **2** a tepelná izolace. Před měřením je třeba přečíst si návod na obsluhu přístroje ALAMBETA, který je k dispozici v laboratoři.

Před vlastním měřením je důležité nechat nejprve klesnout měřící hlavici bez vložení vzorku, kdy si přístroj nastaví tloušťku  $h_0 = 0$ .

### **Měřené parametry:**

Tepelná vodivost  $\lambda$  [  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$  ]  $\cdot 10^{-3}$

Součinitel měrné tepelné vodivosti  $\lambda$  představuje množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot 1 K. S rostoucí teplotou teplotní vodivost klesá.

Tepelný odpor  $r$  [  $W^{-1} \cdot K \cdot m^2$  ]  $\cdot 10^{-3}$

Můžeme též označit jako podíl tloušťky měřeného materiálu  $h$  ku tepelné vodivosti  $\lambda$ , čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je tepelný odpor. Udává jaký odpor klade materiál vůči průchodu tepla danou textilií.

$$R = h / \lambda$$

Tepelný tok  $q$  [  $W \cdot m^{-2}$  ]

Množství tepla šířící se z hlavice přístroje (ruky) o teplotě  $t_2$  do textilie o počáteční teplotě  $t_1$  za jednotku času. Pro krátkou dobu kontaktu přibližně platí:

$$q = b \frac{t_2 - t_1}{\sqrt{\pi \cdot \tau}}$$

Měrná teplotní vodivost  $a$  [  $m^2 \cdot s^{-1}$  ]  $\cdot 10^{-6}$

Vyjadřuje schopnost látky vyrovnávat teplotu. Čím je hodnota vyšší, tím si látka rychleji vyrovnává teplotu.

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}$$

[2]

Tepelná jímavost  $b$  [  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}$  ]

Tepelná jímavost  $b$  je jediný parametr, který charakterizuje tepelný omak a představuje množství tepla, které proteče při rozdílu teplot 1 K jednotkou plochy za jednotku času v důsledku akumulace tepla v jednotkovém objemu.

$$b = \sqrt{\lambda * \rho * c}$$

Jako chladnější pocítujeme hmatem ten materiál, který má větší absorpční schopnost (větší  $b$ ). Tepelná jímavost je jediná vlastnost materiálů, která charakterizuje **tepelný omak**.

[2]

## PRAKTICKÁ ČÁST

Cílem této práce je zjistit míru vlivu potu – zavlhčení na tepelný komfort sportovních oděvů. Pro účely měření byly získány vzorky od firmy Ultrasport. Jedná se o vzorky materiálů, z nichž jsou vyráběny sportovní oděvy pro užití jako první a druhé oděvní vrstvy.

### 5 MATERIÁLOVÉ SLOŽENÍ MĚŘENÝCH VZORKŮ

Materiálové složení všech vzorků, vyjma vzorku Sportwool, je 100% PL. Polyester v jednotlivých vzorcích prošel různými úpravami zlepšující jeho sorpční a tepelné vlastnosti. Vzorek Sportwool má složení 65% PL / 35% WO.

#### 5.1 Polyester

Polyestery jsou skupina polymerů, které obsahují esterovou funkční skupinu. První syntetický polyester se používal v 1. světové válce jako impregnační materiál. Vlákno ze syntetického polyesteru bylo vynalezeno v Anglii v roce 1941.

Vlákno je lineární makromolekula, jejíž hlavní řetězec  $[-CO-O-]$  se sestává nejméně z 85 % z esteru vyrobeného polykondenzací.

Základní surovinou je ropa, ze které se získává dimethyltereftalát a glykol. Polykondenzací obou sloučenin pak vzniká polyethyltereftalát.

#### Polyethyltereftalát se :

- a) přímo zvlákňuje (kontinuální postup) nebo
- b) zpracovává diskontinuálně: granulát – sušení – tavení – zvlákňování

#### **Konečný výrobek se vyrábí ve 3 formách:**

**Hedvábí** (filament) se vyrábí v jednoduché, hladké podobě nebo modifikované. Polyesterové vlákno je svým chemickým složením velmi vhodné k modifikaci, tedy úpravám příměsí chemických sloučenin a k zušlechtnění mechanickým nebo pneumatickým tvarováním.

**Kabílek** z polyesterových filamentů je surovina pro přádelny vlny, resp. Přádelny dlouhých vláken. Zde se filament trhá nebo řeže na konvertoru na stapl, který se délkou i tvarem může přizpůsobit staplu vlny.

**Stříže** se dodávají v délce a ostatních vlastnostech přizpůsobených vláknům, se kterými se smíchávají při předení.

Polyesterová vlákna se mohou vyskytovat prakticky ve všech textilních výrobcích (s výjimkou punčoch a podšívkovin).

K nejdůležitějším kladným vlastnostem patří:

- vysoká odolnost na světle,
- odolnost vůči povětrnosti a mikroorganizmům,
- nízká navlhavost.

Mnohé vlastnosti se dají snadno zlepšit chemickými nebo mechanickými procesy. Na příklad:

- Zvýšenou orientací molekul se dá zvýšit pevnost.

- Přimícháním malého množství chemikálií je možné :

- snížit žmolkovitost (na úkor pevnosti),
- zvýšit afinitu k barvivům (k barvení nemodifikovaných vláken: disperzní barviva)
- srážlivost, obloučkovitost .

- Omak a lesk velmi podobný přírodnímu hedvábí se dosahuje u vláken s nekruhovým (např. trojúhelníkovým) průřezem.

- Dutá polyesterová vlákna se používají jako alternativa k peří s tou výhodou, že se výrobky plněné tímto materiálem nechají prát.

- Vzhledu polyesterového hedvábí podobného staplovým přízím se dosahuje mícháním vláken s rozdílným stupněm protažení a tvarování.

Mísením přírodních vláken s polyesterem se dosáhne v mnohém směru zlepšení užitných vlastností příze. Nejjemnější polyesterové vlákno (mikrovlákno) se vyrábí ve 1/4 tloušťky průměrné bavlny. Tkaniny ze směsí s polyesterem jsou lehčí a méně mačkové, pevnější a trvanlivější. Podobně je tomu u směsí polyester/vlna.

[11]

## 5.2 Vlna

Ovčí vlna je jednou z nejstarších textilních struktur. Vlna jako srst vyrůstá na ovci a vytváří souvislou vrstvu – rouno. Vlas vlny je vláknitý, rohovitý útvar, který vyrůstá šikmo z vlasového váčku.

### Vlna je bilaterální

-skládá se ze dvou základních modifikací kortexu- orto a para.

**Ortokortex:** lépe definované fibrily více tyrosinu (o 42%) a glycinu (o 18%), lépe se barví a hydrolyzuje (Mohér).

**Parakortex:** více cystinu(o 20%) a příčné S-S můstky. Je tvrdší a obsahuje méně amorfni matrix(vlasy).

Bilaterální struktura je příčinou kadeřavosti vlny, orto a parakortex obtáčejí vlas ve šroubovici. Deformabilnější ortokortex je vždy vně.

### Kutikula

Šupinky: 1/3 délky šupinky vyčnívá. Na 1 mm<sup>2</sup> připadá 900-3500 šupinek. U jemných vláken 1 šupinka na obvodu u hrubších vláken více. Šupinky se šindelovitě překrývají, rozevírají se od kořene ke špičce. Hladké šupinky: parakortex (mají hlubší přesah). Rýhované šupinky: ortokortex

Epikutikula: 5-10nm silná vrstva, obsahuje lysin (NH<sub>2</sub>) – hydrofobní a mechanicky neodolná. Je chemicky inertní (Alwördenova reakce = na povrchu nepoškozené vlny se dělají bublinky v roztoku Na ClO).

Exokutikula: Hlavní část šupinek, tloušťka = 0.15nm obsahuje hodně cystinu(jeden S-S můstek na 5 aminokys. Zbytků)

Endokutikula: má málo cystinu, obsahuje zárodečné kortikální buňky, cca 8% hmoty, odolnost chemická a mechanická

### Kortex

Kortex: nejvíce hmoty vlákna 70-90%. Je tvořen větvenovitými kortikálními buňkami průměru 4 μm a délky 100 μm, spleené tmelem – matrix.

### **Vlastnosti vlny:**

**Zkadeření:** Měření zkadeření dle měrek – ukazatel jemnosti

- jemná vlna 120 obloučků/cm
- střední vlna 80 obloučků /cm
- málo zkadeřená 2-5 obloučků/cm

**Tažnost:** za sucha 20-35% a za mokra 25-50%

### **Pružnost:**

Deformace 2% ... vratná deformace 99%

Deformace 5% ... vratná deformace 55%

**Měrná hmotnost** (hustota):  $1320 \text{ kg/m}^3$

**Pevnost:** za sucha  $f_S$ : 0.9 -1.8 cN/dtex, za mokra  $f_M$ : 70-80%  $f_S$

- Vlna odolává poměrně dobře zředěným kyselinám, je citlivá na alkálie, oxidační činidla a redukční činidla (dochází k degradaci vlny).
- Vroucí voda vlnu zvolna hydrolyzuje, vlna ztrácí pevnost, tažnost a pružnost.
- Suché teplo – k destrukci dochází při teplotách 140 až 150°C.

[11]

## 6 POPIS MĚŘENÝCH VZORKŮ

Od firmy Ultrasport, prodávající své výrobky pod značkou Sensor, bylo získáno 7 vzorků. Z těchto vzorků bylo 5 určeno na výrobu oděvů první vrstvy a dva vzorky na výrobu oděvů druhé vrstvy. Současně byly získány čtyři funkční sportovní oděvy, vyrobené z těchto materiálů, které byly použity pro subjektivní hodnocení termofyziologického komfortu a dalších užitečných vlastností. Ukázky měřených vzorků jsou umístěny v Příloze 1.

### 6.1 Coolmax

Speciální vlákno od firmy Du Pont, které je složené ze stoprocentního hydrofobního polyesteru. Má laločnatý průřez, který zvyšuje komfort. Jeho čtyřkanálová vlákna mají velkou schopnost odvádět pot bez adsorpce do vláken. Zajišťuje velmi rychlý odvod vlhkosti od těla do dalších vrstev látky. Podmínkou však zůstává vlhkost vzduchu, která musí být nižší ve venkovním prostředí než na povrchu potícího se těla. Vlákno velmi rychle schne a dobře se udržuje. Zajistí uživateli pocit sucha a pohodlí. Má pozitivní vliv při termoregulaci organismu. Coolmax je lehký a příjemný při nošení. Na rozdíl od konkurenčních výrobků z vláken polypropylen, se polyesterová vlákna daleko lépe barví a barva vydrží při trvalém vystavení v povětrnostních podmínkách až pět let.

Z tohoto materiálu byl firmou dodán i oděv na subjektivní hodnocení.



Obr.8 - Čtyřkanálové vlákno použité v Coolmax

[9]

#### Parametry vzorku:

- Plošná hmotnost: 110g/m<sup>2</sup>
- Jednolící zátažná pletenina s chyty a zesílenými řádky
- Složení : 100%PL
- Dostava : 150s/100mm  
160ř/100mm

## 6.2 Double face

Umožňuje použití jednoho kusu prádla při dvou rozdílných teplotách. Double face je speciální dvouvrstvý materiál. Vrstvy jsou spojeny chytovou vazbou. Každá strana má rozdílné vlastnosti. Strana označovaná jako PLUS je z tvarované PE stříže, která je hřejivější a tedy vhodnější do teplot bod bodem mrazu. Strana označovaná jako MINUS je vyrobena z jemného PE hedvábí. Je určena do plusových teplot nebo do situací s vyšší tělesnou fyzickou aktivitou, kdy je nežádoucí přehřívání organismu.

### Parametry vzorku:

- Plošná hmotnost : 165g/m<sup>2</sup>
- Interlokovaná pletenina tvořená hladkou jednolící zátěžnou pleteninou a jednolící zátěžnou pleteninou s chyty
- Složení : 100%PL
- Dostava: Líc – 150s/100mm  
- 150ř/100mm  
Rub- 130s/100mm  
- 140s/100mm

## 6.3 Sportwool

Jedná se o nový typ funkční textilie, která využívá kombinace kladných vlastností polyesteru a vlny Merino. Merino vlákno je tvořeno mnoha vrstvami proteinových molekul. Tato velmi komplikovaná struktura umožňuje Merinu mnohem snadněji elektrostaticky přitahovat vlhkost ještě před tím, než má možnost zkapalnět do potu a je tedy odváděna v neustále se opakujícím procesu.

### Parametry vzorku :

- Plošná hmotnost : 195g/m<sup>2</sup>
- Interlokovaná pletenina
- Složení: 65%PL / 35%WO
- Dostava: Líc -140s/100mm  
-140ř/100mm  
Rub-130s/100mm  
-140ř/100mm



## 6.4 Thermo face

Jedná se o z rubu počesanou pleteninu s velmi dobrými tepelnými vlastnostmi. Používá se na výrobu oděvů první vrstvy. Díky počesání má však teplotní omezení, kdy je možné oděvy z tohoto materiálu možné nosit pouze do cca 12°C. Nad touto teplotou se oděv stává diskomfortním, neboť dochází k přehřátí organismu.

### Parametry vzorku :

- Plošná hmotnost : 230g/m<sup>2</sup>
- Jednolícní hladká zátažná pletenina z rubu počesaná
- Složení: 92%PL / 8% elastanu
- Dostava: 160s/100mm  
200ř/100mm

## 6.5 Thermo evo

Jedná se o lehkou z rubu jemně počesanou pleteninu. Používá se na výrobu oděvů první vrstvy.

### Parametry vzorku:

- Plošná hmotnost : 180g/m<sup>2</sup>
- Jednolícní hladká zátažná pletenina z rubu jemně počesaná
- Složení: 100% PL
- Dostava: 130s/100mm  
140ř/100mm

## 6.6 Tecknopile 170g

Tato oboustranně počesaná pletenina se používá pro výrobu oděvů první i druhé vrstvy. Jedná se o velice lehkou pleteninu, s příjemným omakem. Firma u této textilie uvádí jako finální úpravu tzv. Wicking finish úpravu, která by měla zajistit rychlé schnutí a rychlý rovnoměrný odvod vlhkosti.

**Parametry textilie:**

- Plošná hmotnost: 170g/m<sup>2</sup>
- Jednolícní hladká zátažná pletenina
- Složení: 100%PL
- Dostava: 130s/100mm  
150ř/100mm

## **6.7 Microstretch**

Jedná se o vysoce elastickou pleteninu z rubu počesanou. Výrobce ji doporučuje jako druhou oděvní vrstvu.

**Parametry textilie:**

- Plošná hmotnost: 210g/m<sup>2</sup>
- Hladká jednolícní zátažná pletenina
- Složení: 92%PL / 8% elastanu
- Dostava: 180s/100mm  
250ř/100mm

## 7 MĚŘENÍ VLIVU VLHKOSTI NA TEPELNÝ KOMFORT

### 7.1 Příprava vzorků pro měření

Pro tento experiment bylo třeba simulovat zavlhčení textilie.

Materiál byl nastříhán na vzorky o velikosti 21x29cm. Vzorky byly vysušeny v klimatizačním boxu při 105°C po dobu 3 hodin. Poté byly opět zváženy, tímto způsobem byla zjištěna čistá hmotnost vzorku bez vlivu vlhkosti.

Pro výpočet % zavlhčení byl využit následující vztah:

$$U = \frac{m_v - m_s}{m_s} * 100...[\%]$$

U ... % zavlhčení vzorku

$m_v$  ... hmotnost zavlhčeného vzorku [g]

$m_s$  ... hmotnost vysušeného vzorku [g]

Pro zavlhčení vzorků byl použit roztok H<sub>2</sub>O a detergentu (Altaman S8), tj. látky snižující povrchové napětí textilií, v poměru 1000:1 ml (H<sub>2</sub>O : Altman). Po smíchání se roztok nechal odstát v laboratoři cca 1 hod., aby se vyrovnala teplota roztoku s teplotou okolí v laboratoři. Po vyrovnání teplot byly do roztoku vkládány vzorky na dobu 20 min. tak, aby roztok mohl rovnoměrně proniknout do celé struktury. Vzorky byly před ponořením klimatizovány v laboratoři po dobu 24 hod.

Po vyjmutí z roztoku se ze vzorků nechala odkapat přebytečná kapalina. Vzorky byly zváženy a změřeny. Dále byla za vzorků pomocí savého papíru odstraněna část vlhkosti a vzorky byly opět převáženy a přeměřeny.

Postup byl opakován cca 13x až k dosažení klimatizované hmotnosti vzorku.

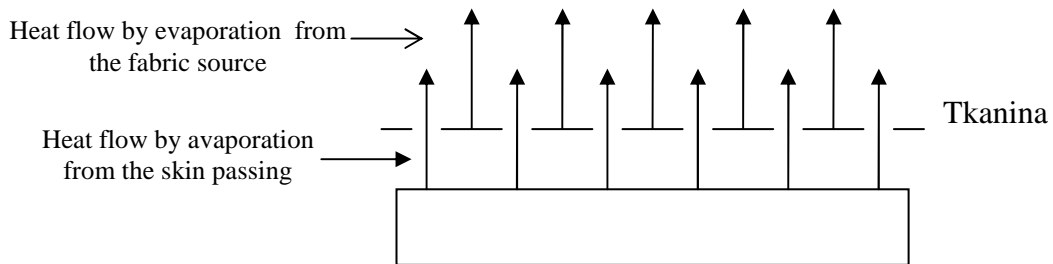
Pro zjištění hodnot bez vlivu vlhkosti, byly vzorky po vysušení v klimatizační komoře uzavřeny v nepropustných sáčcích a změřeny.

Vzorky byly v každém stupni zavlhčení přeměřeny pouze jednou. Nelze totiž zajistit naprosto stejné podmínky měření tj. stejné procento vlhkosti v textilií a stejné podmínky okolí.

## 7.2 Matematický model pro výpočet $q_{tot}$ u zavlhčené textilie

Celkový tepelný tok  $q_{tot} = g_{skin} + g_{fab}$  [ $W/m^2$ ]

Tepelný tok kůže  $q_{skin} = \frac{P_{sat} - P_{air}}{R_{gap} + R_{et} + R_{eto}}$  [ $W/m^2$ ]



Obr. 9 – Schéma tepelného toku z pokožky přes textílii

Tepelný tok textilie  $q_{fab} = \frac{P_{sat} - P_{air}}{R_{eto}} + K * U$  [ $W/m^2$ ]

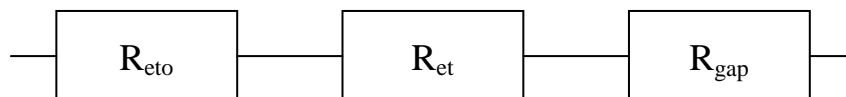
Výparný odpor vzduchové mezery  $R_{gap} = \frac{h}{D}$  [ $W/m^2$ ]

Výparný odpor mezní vrstvy  $R_{eto} = \frac{1}{\beta}$  [ $W/m^2$ ]

Difúzní činitel pro vodní páry – vztaheno na tlak

$$D_p = D_c * \frac{M_w}{RT} \quad [kg/m*s*Pa]$$

$T = 40^\circ C$   
 $\varphi = 40\%$



Obr. 10 – Schéma výparných odporů zapojených do série

Po dosazení dostaneme rovnici celkového tepelného toku. [W/m<sup>2</sup>]

$$q_{tot} = (P_{sat} - P_{air}) * \left[ \frac{1}{R_{gap} + R_{et} + R_{eto}} + \frac{k * U}{R_{eto}} \right] = (P_{sat} - P_{air}) * \left[ \frac{1}{\frac{h}{D_p} + R_{et} + \frac{1}{\beta}} + \frac{k * U}{\beta} \right]$$

D<sub>c</sub>... difúzní činitel vztažen na koncentraci [mol/m<sup>2</sup>\*s]

M<sub>w</sub>... molární koncentrace vodní páry [mol/l]

R ... obecná plynová konstanta [m\*K<sup>-1</sup>]

T ... absolutní teplota vodní páry

P<sub>sat</sub> ... nasycený tlak na povrchu textilie [Pa]

P<sub>air</sub> ... tlak vzduchu v okolním prostředí [Pa]

R<sub>gap</sub> ... výparný odpor vzduchové mezery [Pa\*m<sup>2</sup>/W]

R<sub>et</sub> ... výparný odpor textilie [Pa\*m<sup>2</sup>/W]

R<sub>eto</sub>...výparný odpor mezní vrstvy [Pa\*m<sup>2</sup>/W]

k ... konstanta

U ... hmotnostní přívažek vlhkosti v textilií [%]

h ... výška vzduchové mezery

β ... součinitel přenosu hmotou prouděním  $\beta \approx \sqrt{V}$  [kg/m<sup>2</sup>\*s\*Pa]

## 7.3 Měření vlivu vlhkosti – objektivní hodnocení

Objektivní hodnocení parametrů tepelného komfortu probíhalo na přístrojích ALAMBETA a PERMETES. Měření na přístroji Alambeta umožňuje měření i za zhoršených podmínek, tj. narušení stálého klimatizovaného prostředí, což mohou například způsobit časté vstupy do laboratoře, vyšší počet osob v laboratoři apod.

### 7.3.1 Tepelné parametry – měření na přístroji Alambeta

Naměřené hodnoty jsou ponechány v původním formátu, tj. nejsou děleny  $10^3$ , pro vyšší přehlednost v grafech, kde by dlouhá desetinná místa snižovala přehlednost. Tabulky naměřených hodnot jsou v plném rozsahu v Příloze 2. Měření probíhalo při teplotě  $22,5^{\circ}\text{C}$  a relativní vlhkosti vzduchu 37%.

Součinitel měrné tepelné vodivosti  $\lambda$  představuje množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot 1 K. S rostoucí teplotou teplotní vodivost klesá. Materiály, které mají vysokou hodnotu  $\lambda$  se označují jako vodiče, materiály s nízkou hodnotou  $\lambda$  jako izolátory. Nejmenší tepelnou vodivost mají materiály z velmi jemných vláken. Průměr vláken a tloušťka tepelnou vodivost zvyšují.

[15]

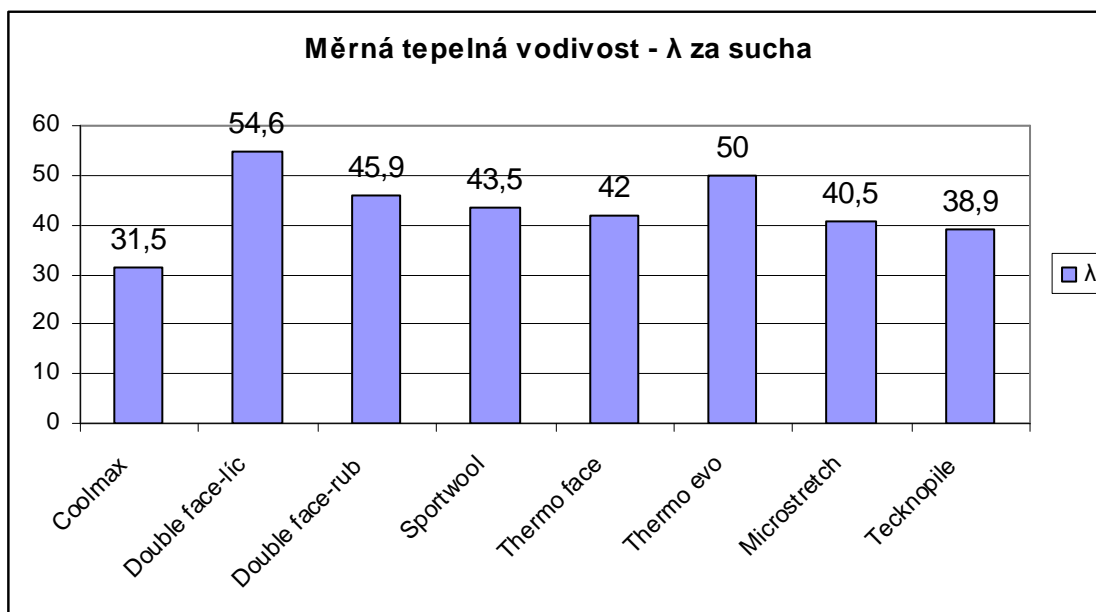
Plošný odpor vedení tepla  $r$  je dán poměrem tloušťky materiálu a měrné tepelné vodivosti. Udává, jaký odpor klade materiál proti průchodu tepla textilií. Čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je tepelný odpor. Z výše uvedeného vyplývá, že nízká tepelná vodivost a vysoký tepelný odpor charakterizují kvalitní **tepelnou izolaci**.

[15]

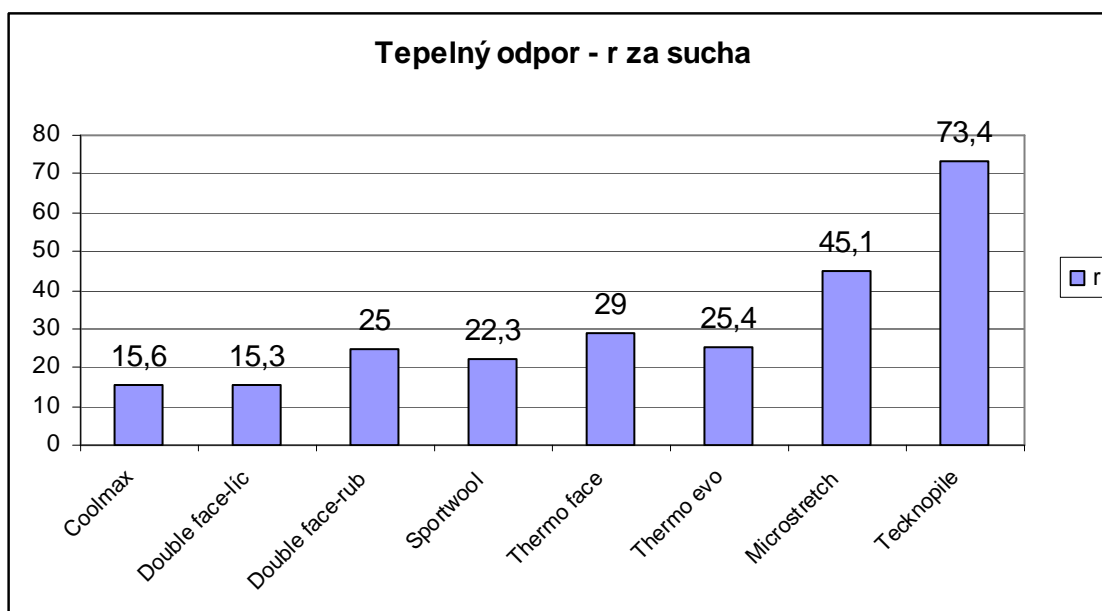
Tepelná jímavost  $b$  je jediný parametr, který charakterizuje tepelný omak a představuje množství tepla, které proteče při rozdílu teplot 1 K jednotkou plochy za jednotku času v důsledku akumulace tepla v jednotkovém objemu. Jako chladnější pocítíme hmatem ten materiál, který má větší absorpční schopnost (větší  $b$ ). Tepelná jímavost je jediná vlastnost materiálů, která charakterizuje **tepelný omak**.

[15]

Uvedené parametry měřené na přístroji Alambeta nám určují tepelný komfort daných materiálů. Materiály byly změřeny za sucha a tyto hodnoty můžeme použít jako výchozí hodnoty pro hodnocení vlivu vlhkosti.



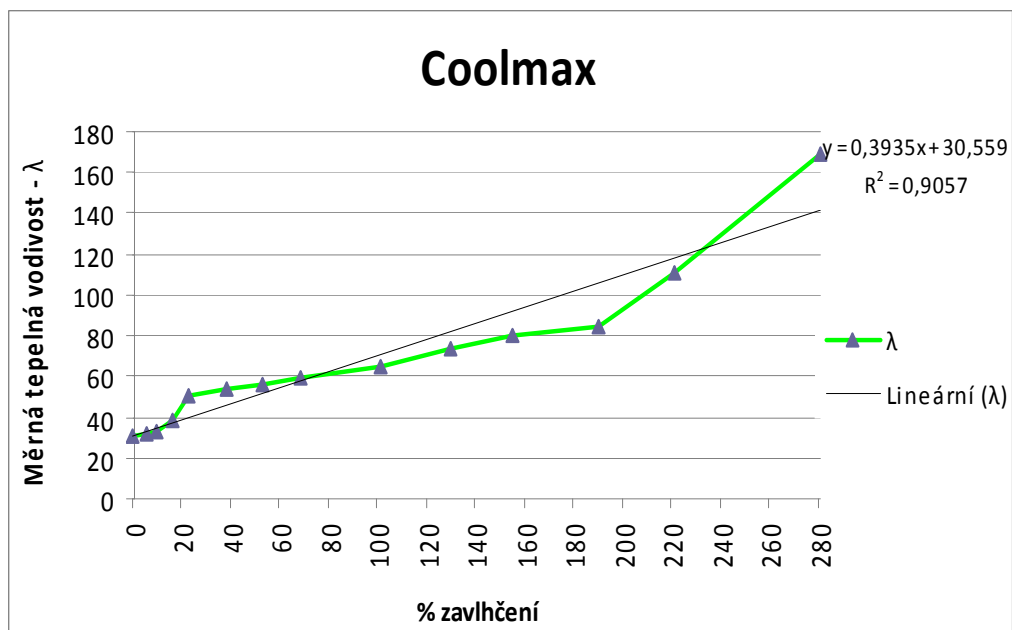
Graf č.1



Graf č.2

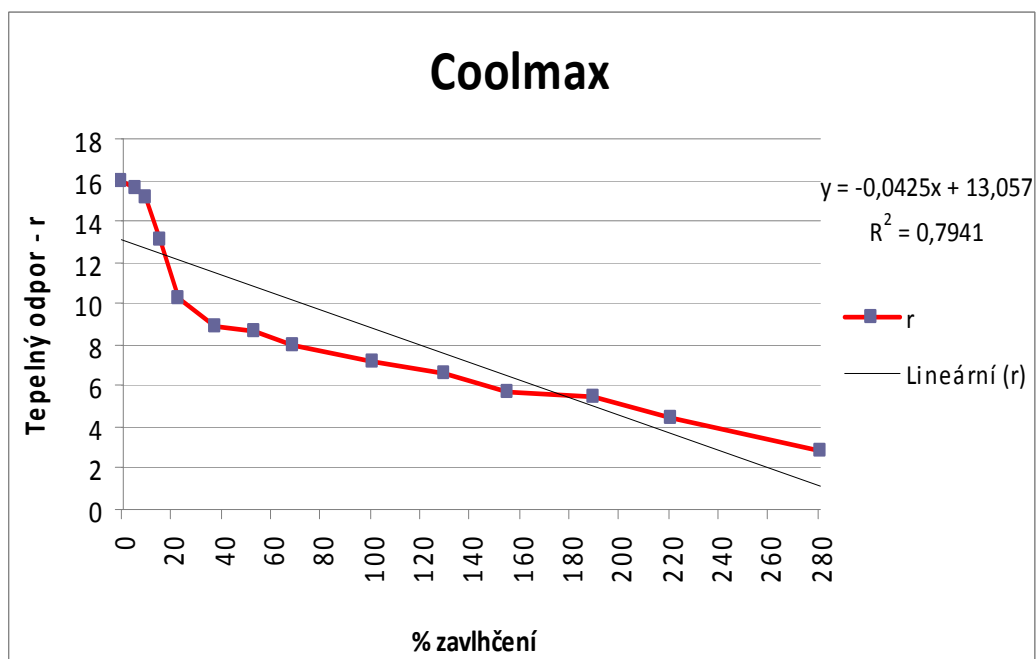
Na uvedeném grafu je patrné, že nejvyšší tepelnou vodivost má vzorek Double face- líc, nejnižší vzorek Coolmax. Hodnoty tepelného odporu jsou závislé na tepelné vodivosti a tloušťce materiálu. Toto vyplývá ze vztahu pro výpočet tepelného odporu  $r = h / \lambda$ . Vezmeme-li v potaz naměřené hodnoty tepelné vodivosti a změřenou tloušťku materiálu (viz. Příloha 2), poté hodnoty tepelného odporu přesně odpovídají konstrukci a úpravám daných materiálů.

Tyto hodnoty můžeme porovnat s hodnotami změřenými při definovaném zavlhčení.



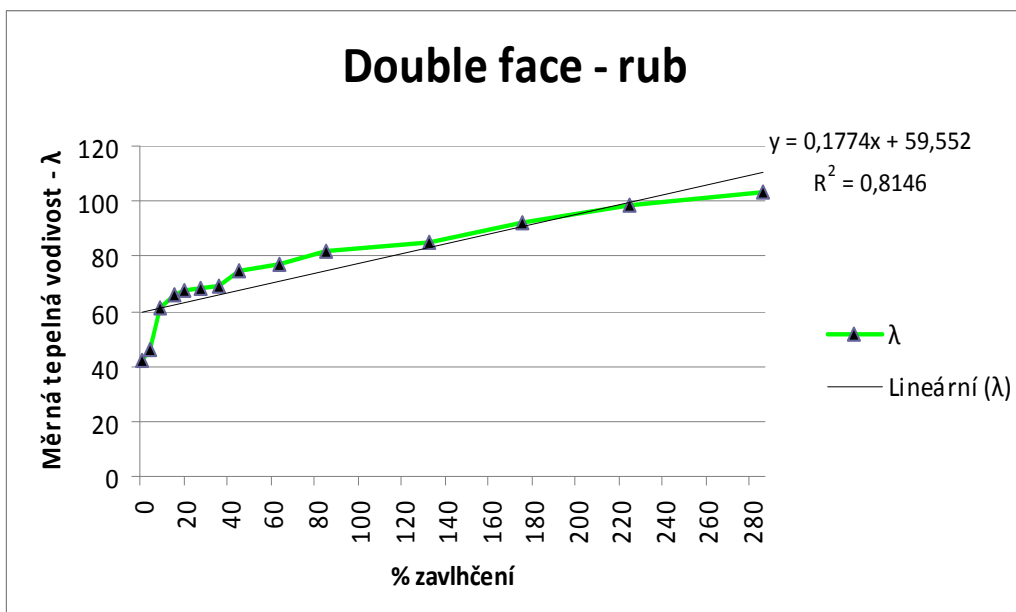
Graf č.3

Na grafu je patrné, že tento materiál si až do  $U=20$  % ponechává velice dobré hodnoty tepelné vodivosti. Při hodnotě  $U=23$  % nastává skoková změna, která je více patrná na grafu tepelného odporu. Po této náhlé změně má křivka téměř lineární průběh.



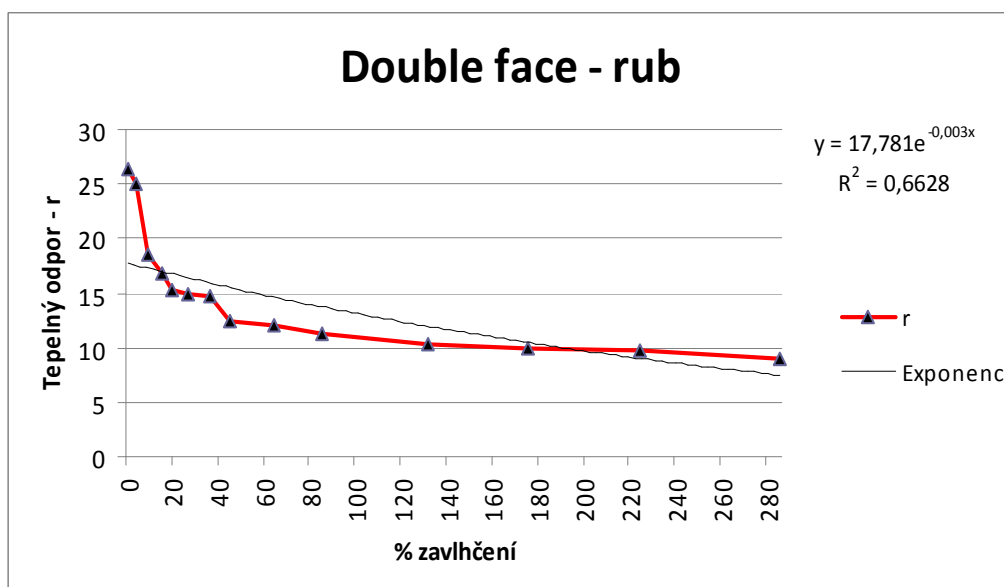
Graf č.4





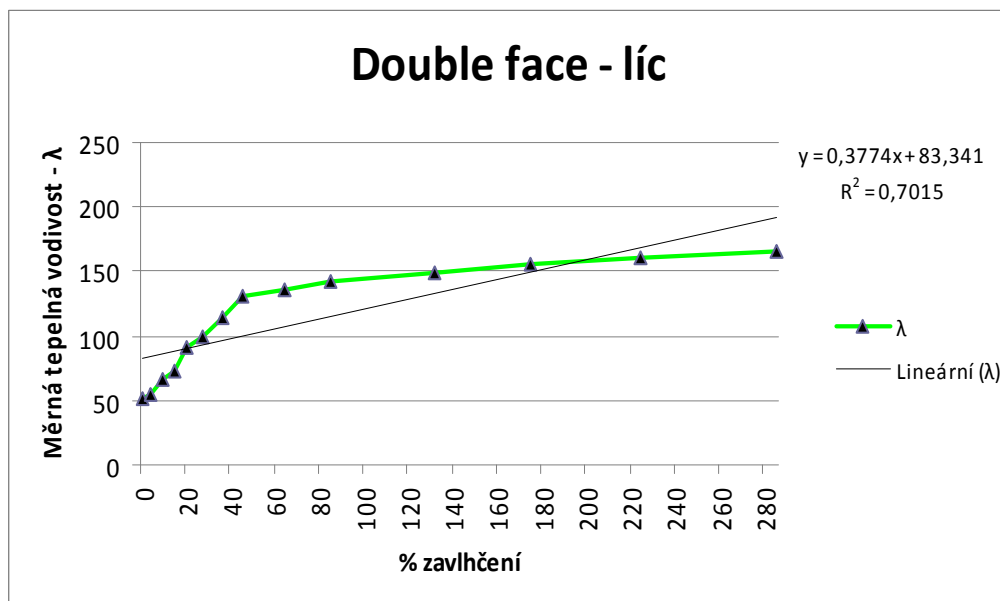
Graf č.5

U měřených vzorků docházelo ke zvýšení tepelné vodivosti a snížení tepelného odporu již při nízkých hodnotách zavlhčení. Nejvyšší změny nastaly u vzorku Double face – rub. Tepelná vodivost vzrostla při 5% nárůstu vlhkosti proti klimatizovanému vzorku o  $35 \cdot 10^{-3}$  [W/m\*K]. Tepelný odpor klesá úměrně změně tepelné vodivosti.



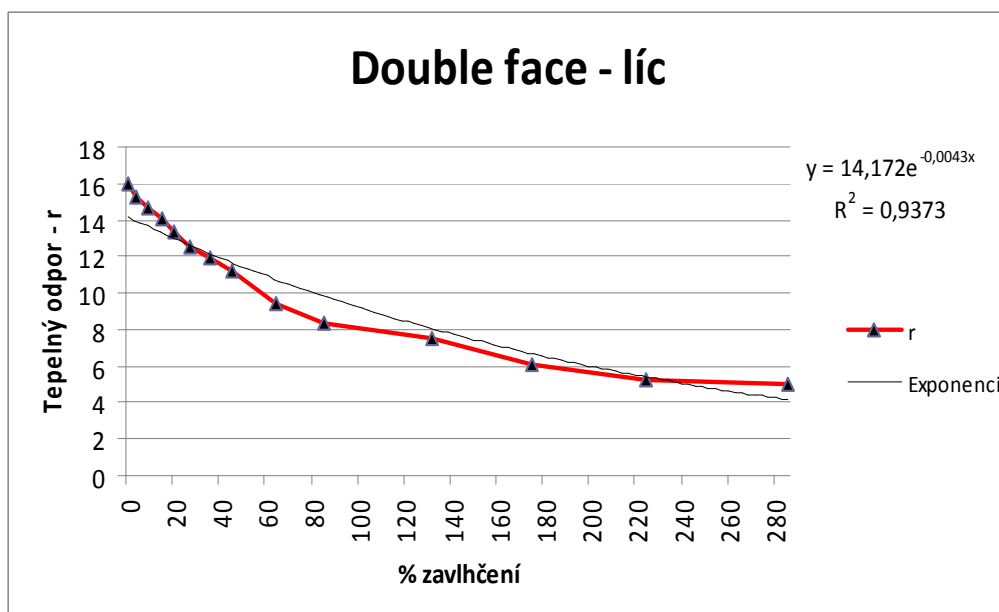
Graf č.6

Vzorek Double face je z rubové strany označován jako strana Mínus, je tedy určena do vyšších teplot. Nositel by neměl tuto stranu nosit do teplot pod bod mrazu, tím by bylo možné ovlivnit negativní působení vlhkosti na tepelnou vodivost a snížení tepelného toku. I přesto se jedná o velmi výrazné změny, které snižují celkový komfort textilie.



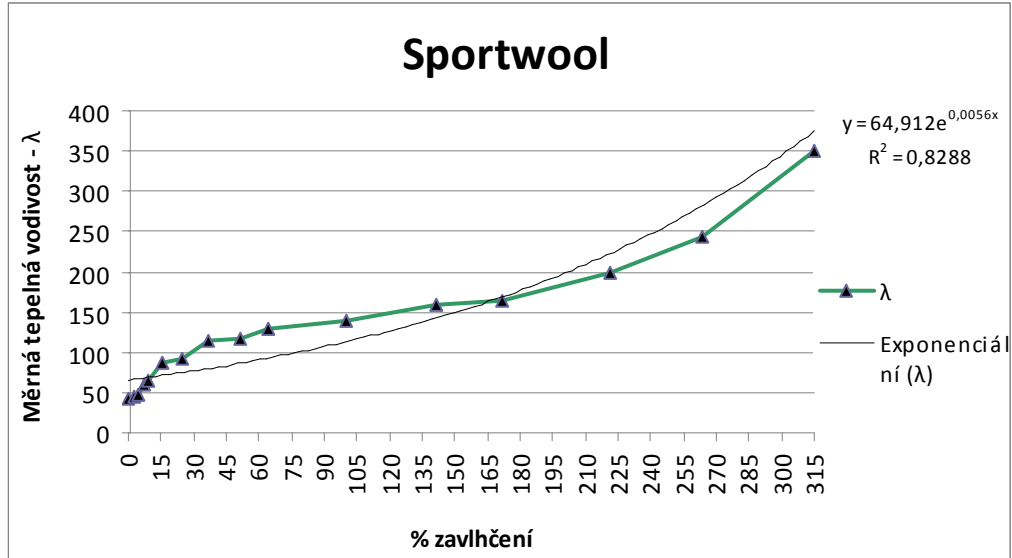
Graf č.7

Lícová strana vzorku Double face označovaná jako Plus, která je určena do teplot pod bod mrazu, také vykazuje výrazné zhoršení tepelných vlastností již při nízkém zavlhčení. Křivka má velmi strmý průběh až do hodnoty  $U=45$  %. Od této hodnoty není nárůst tepelné vodivosti již tak markantní a křivka má lineární průběh. Průběh křivky tepelného odporu tyto výkyvy neobsahuje. Křivka sleduje průběh exponenciály. Přesto i zde dochází ke zhoršení tepelného komfortu textilie. Bylo by dobré posoudit, zda tato textilie opravdu splňuje výrobcem garantované vlastnosti.



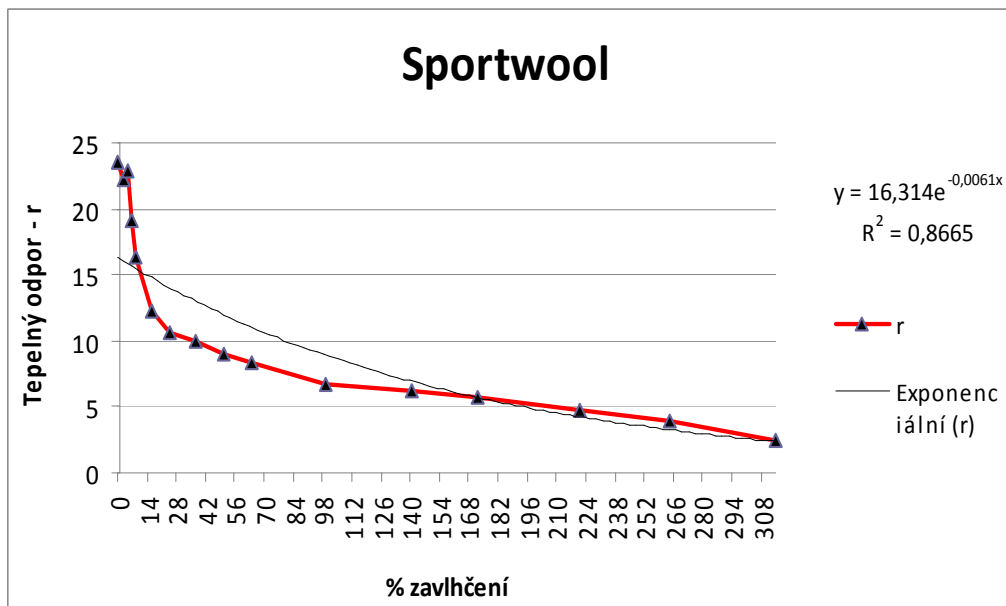
Graf č.8

U materiálů Sportwool dochází při nízkém zavlhčení ke skokovému zhoršení tepelných vlastností. Při hodnotě  $U=16,6\%$  dochází k vyrovnání křivky, která má poté téměř lineární průběh.

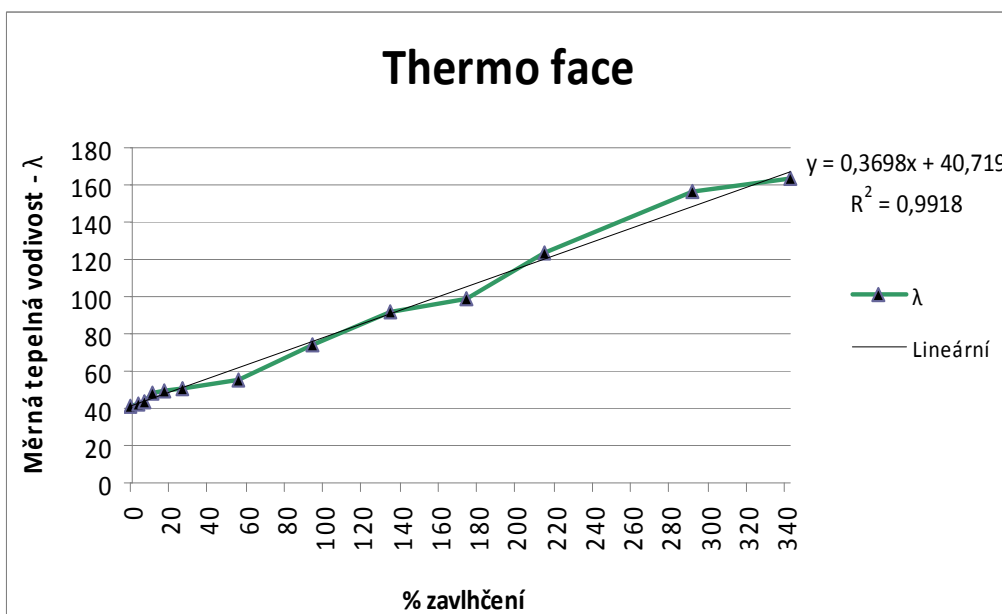


Graf č.9

Křivka tepelného odporu materiálu Sportwool má velmi výrazný průběh. K největšímu poklesu dochází mezi hodnotami  $U=0\%$  a  $U=20,3\%$ . Musíme si však uvědomit, že toto skokové zhoršení se nachází právě v oblasti zavlhčení oděvu, které je při běžném používání nejběžnější. Proto je potřeba tato měření ověřit subjektivním hodnocením.

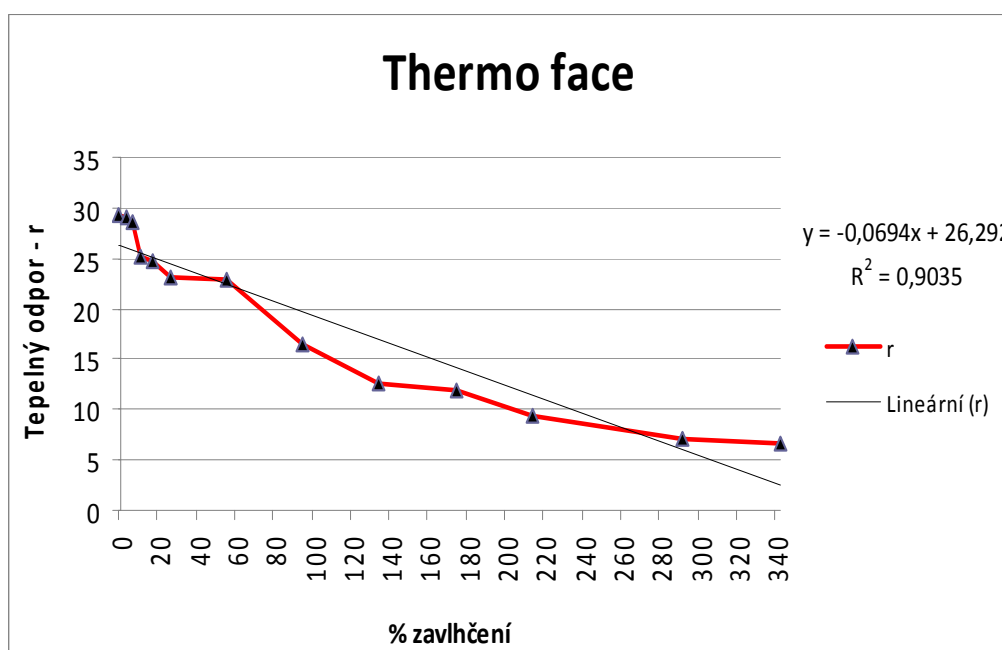


Graf č.10



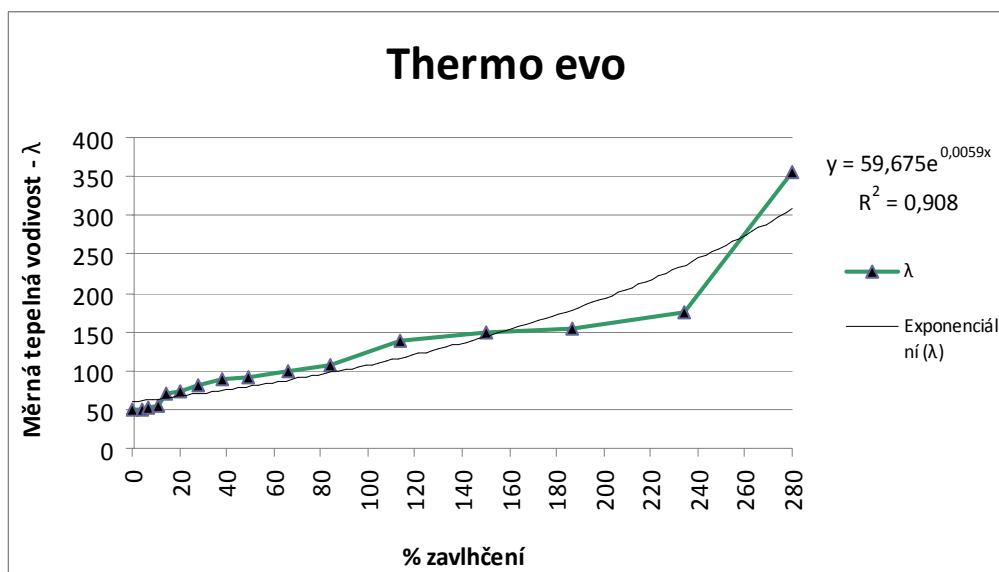
Graf č.11

Materiál Thermo face má za sucha velice dobré tepelně izolační vlastnosti. Průběh křivky tepelné vodivosti má po celé délce lineární průběh.



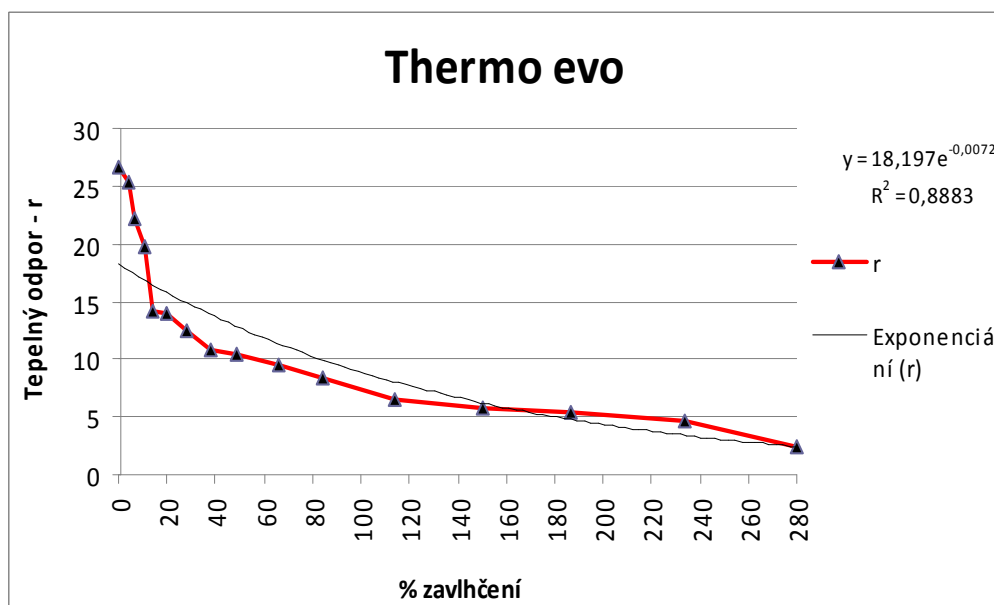
Graf č.12

Křivka tepelného odporu ve své počáteční části prudce klesá. Pokles se zde opět nachází v rozmezí nejčastějšího zavlhčení. Díky své struktuře (počesání na rubové straně) jsou však negativní důsledky zavlhčení do určité míry vyrovnávány.

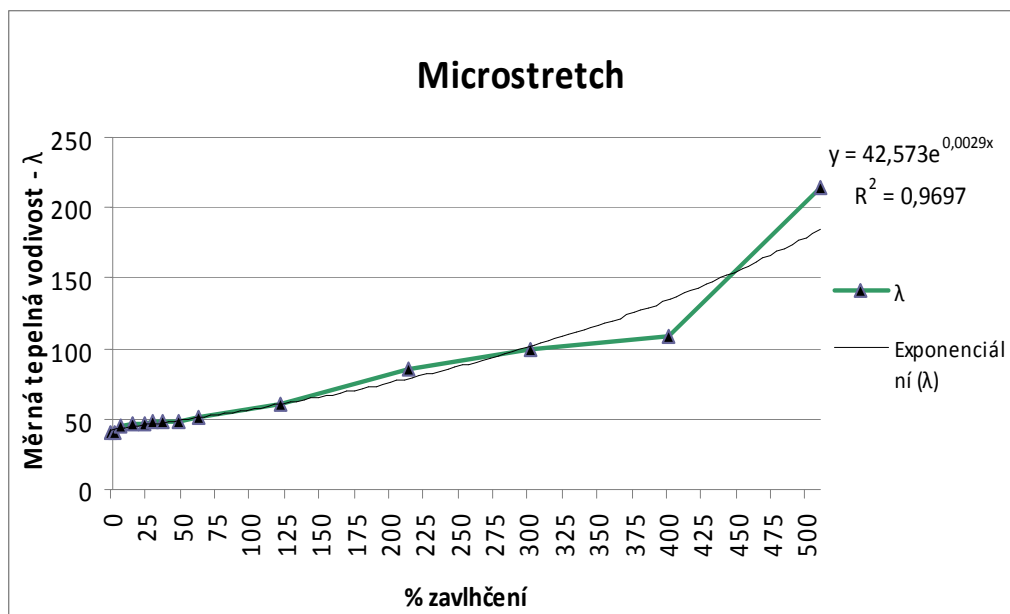


Graf č.13

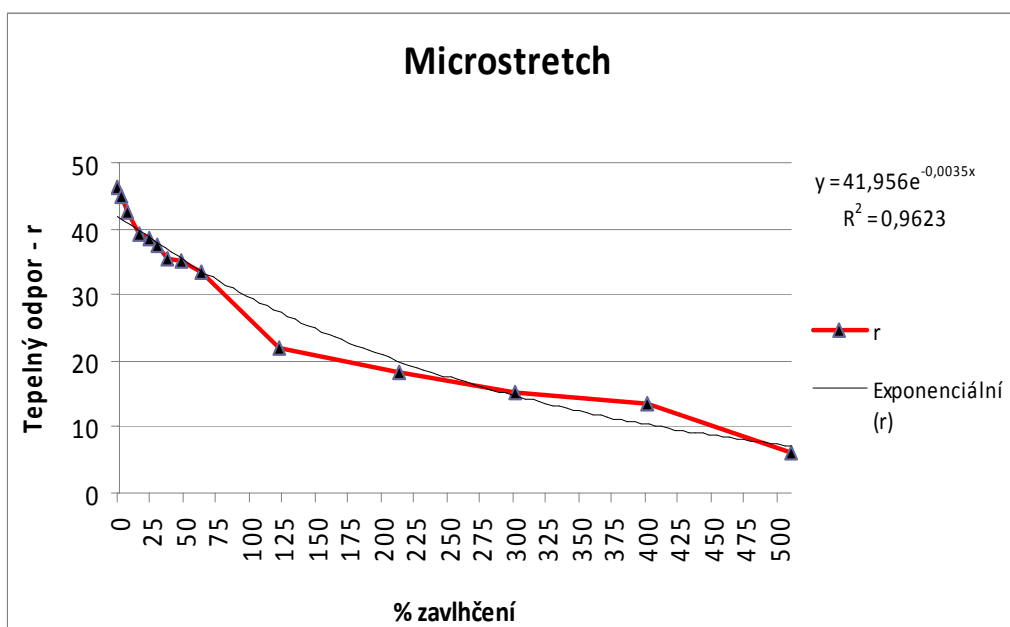
Zatímco křivka tepelné vodivosti má téměř v celé délce lineární průběh. Až při hodnotě U=240 % dochází ke skokovému zhoršení vlastností. K tomuto bodu má křivka tepelné vodivosti téměř shodný průběh jako křivka vzorku Thermo face. Tyto dva vzorky mají velice podobnou strukturu. Materiál Thermo evo má však nižší tepelný odpor a vyšší tepelnou vodivost. Křivka tepelného odporu má výrazně klesající charakter až do hodnoty U=14 %. Poté má křivka opět téměř lineární průběh.



Graf č.14



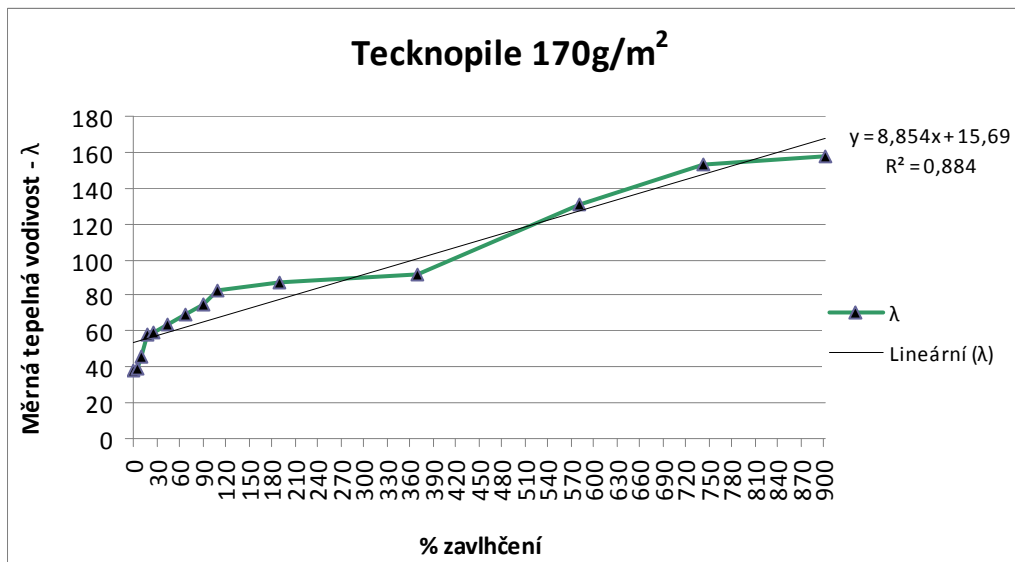
Graf č.15



Graf č.16

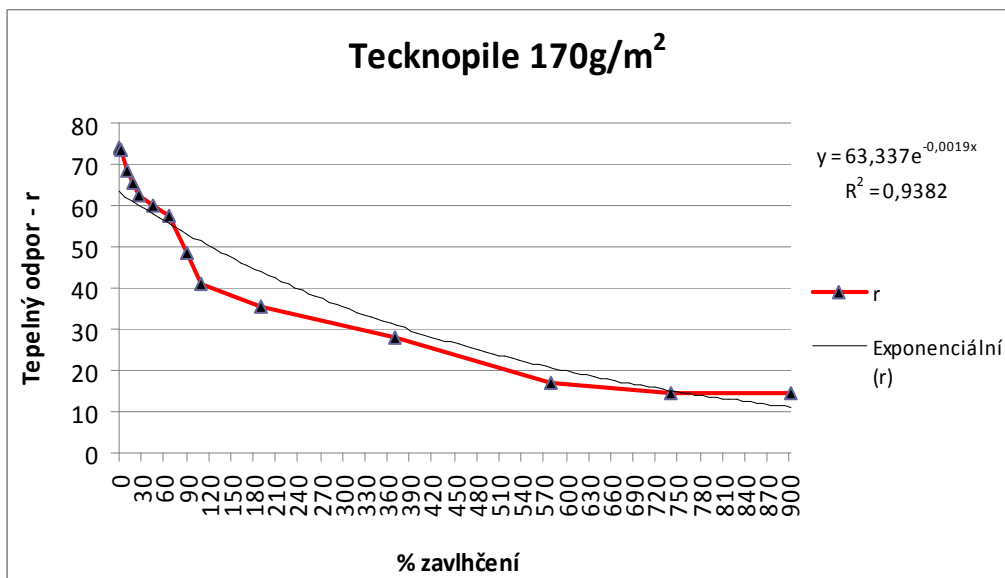
Obě křivky vzorku Microstretch mají hladký průběh bez výraznějších extrémů. Křivky jsou proloženy exponenciálou, která lépe odpovídá průběhu křivky než přímka. Materiál reaguje na zvýšení vlhkosti zhoršením tepelných vlastností, tj. zvýšením tepelné vodivosti a snížením tepelného odporu. U tepelné vodivosti nedosahuje zhoršení tepelného komfortu takových rozdílů, jako je tomu u předešlých vzorků. Ve spojení s naměřenými hodnotami tepelného odporu je však zhoršení tepelného komfortu nezanedbatelné.

Tecknopile 170g je určen pro druhou oděvní vrstvu. U této vrstvy nejsou tak vysoké nároky na odvod vlhkosti. Je však nutné si uvědomit, že při nošení tohoto oděvu může dojít k zavlhčení textilie z vnějšku (děšť, sníh apod.), proto by i tato textilie měla vykazovat dobré tepelné vlastnosti při zavlhčení. Při hodnocení, je však nutné vzít v potaz subjektivní faktor. Tento faktor je zkoumán v kapitole 7.4 Subjektivní hodnocení.



Graf č.17

U materiálu Tecknopile 170g můžeme sledovat téměř lineární průběh křivky tepelné vodivosti. Zatímco křivka tepelného odporu v počáteční fázi prudce klesá a následně získává lineární charakter.

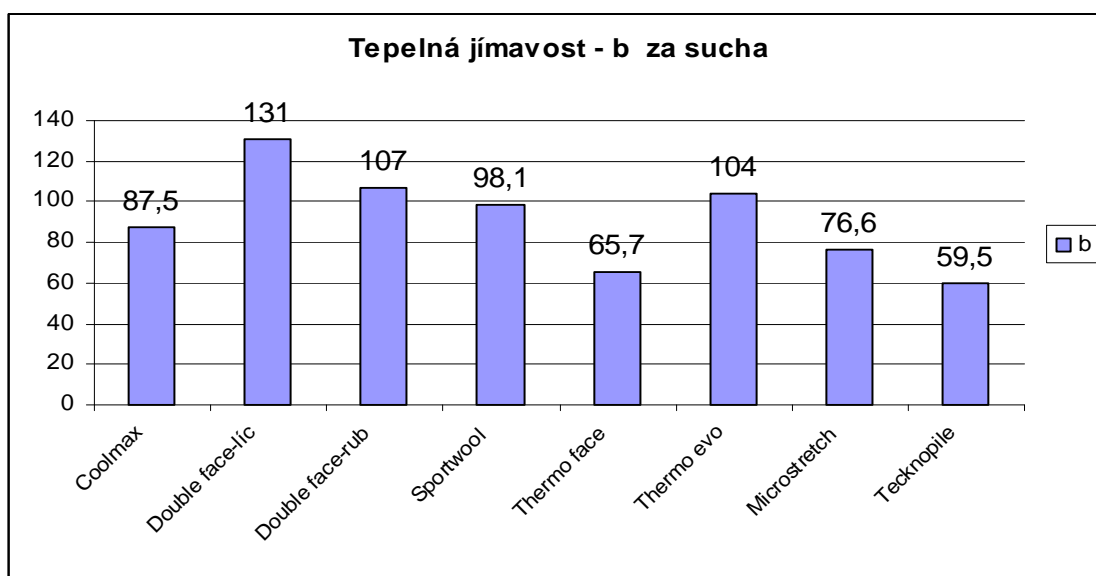


Graf č.18

Je to dáno samotným principem výpočtu tepelného odporu, kdy je vztah vyjádřen jako podíl tloušťky materiálu ku tepelné vodivosti. Při zavlhčení dochází k výraznější změně tloušťky materiálu. Ten má za sucha díky počesání větší objemovost, kterou navlhčením ztrácí.

Tento jev můžeme sledovat i u materiálu Thermo evo. Je zajímavé, že u konstrukčně podobného materiálu Thermo face nemůžeme sledovat stejný průběh křivky.

Podobný jev můžeme sledovat i u vzorku Coolmax, zde je však rozdíl velmi nízký. Je to způsobeno již samotnou konstrukcí materiálu. Jedná se o velmi lehkou pleteninu, a proto je rozdíl v tloušťce minimální.



Graf č.19

Tepelná jímavost  $b$  je jediný parametr, který charakterizuje tepelný omak a představuje množství tepla, které proteče při rozdílu teplot 1 K jednotkou plochy za jednotku času v důsledku akumulace tepla v jednotkovém objemu. Jako chladnější pociťujeme hmatem ten materiál, který má větší absorpční schopnost (větší  $b$ ). Tepelná jímavost je jediná vlastnost materiálů, která charakterizuje **tepelný omak**.

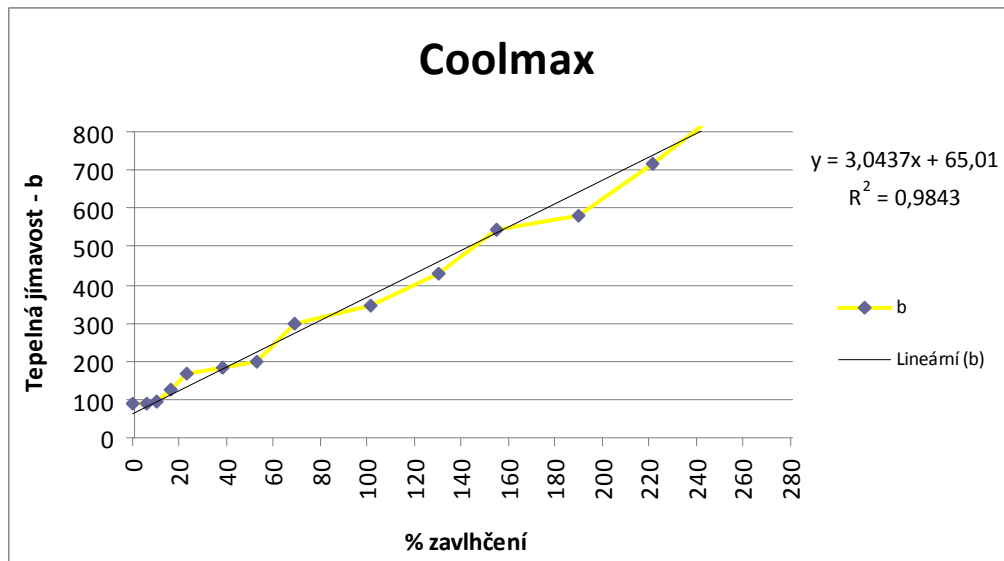
[v]

Z grafu je patrné, že nejvyšší tepelnou jímavost a tím i nejchladnější omak má vzorek Double face-líc. Toto zjištění je velmi zarážející, neboť tato strana materiálu je označována jako Plus. Je tedy určena do teplot bod bodem mrazu. Je pravděpodobné, že došlo ze strany výrobce k pochybení při sestavování informací pro uživatele. Tuto možnost je proto nutné brát v potaz při hodnocení této textilie.



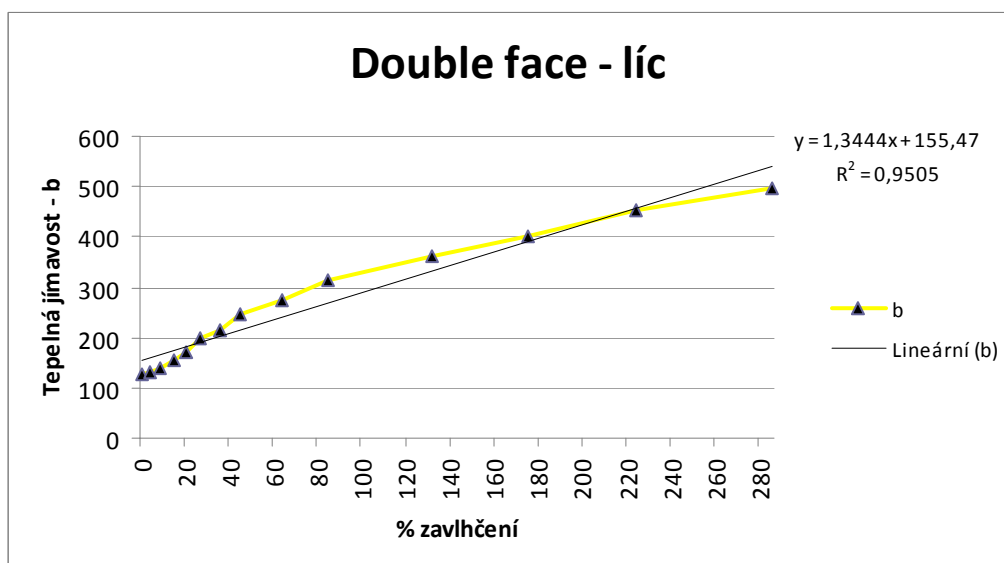
Nejtepleji se na omak zdá vzorek Tecknopile. Jedná se oboustranně počesanou textilií určenou pro výrobu druhé oděvní vrstvy. Výrobce udává, že textilie má až kašmírový omak. Za tímto označením můžeme nalézt právě velmi dobrou tepelnou jímavost.

U všech materiálů došlo po zavlhčení ke zvýšení tepelné jímavosti. Zvýšení probíhalo u všech vzorků lineárně a na křivkách nejsou výraznější skokové rozdíly. Jednotlivé grafy předkládáme se stručným popisem.

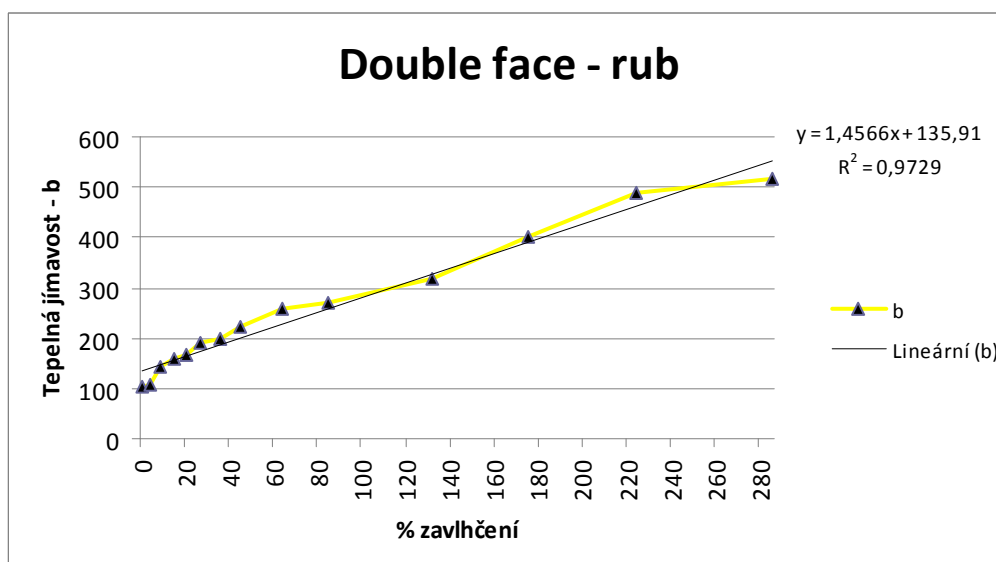


Graf č.20

Tepelná jímavost u materiálu Coolmax v nízkých stupních zavlhčení je téměř neměnná. Při vyšším zavlhčení je však materiál vnímán jako chladivý.

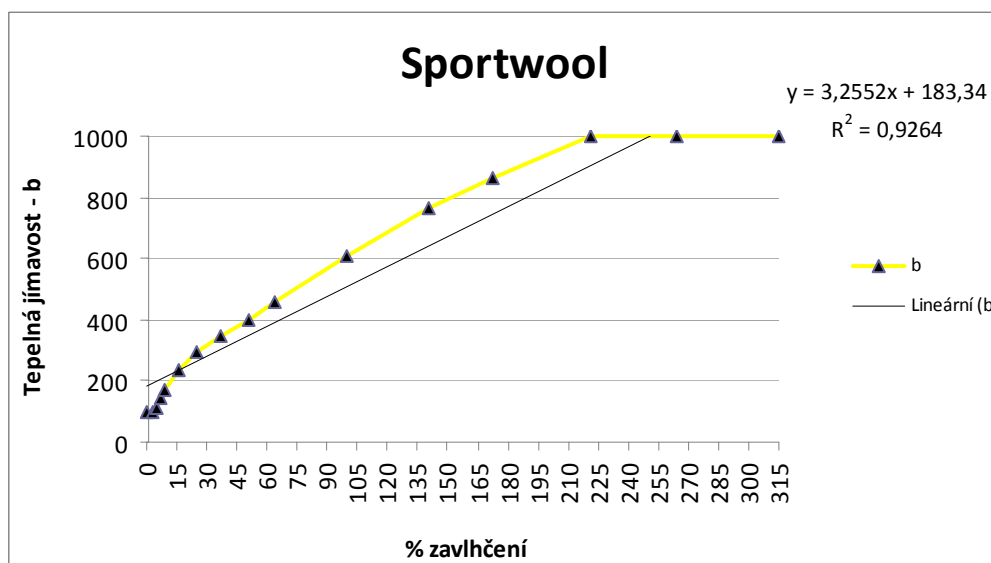


Graf č. 21



Graf č. 22

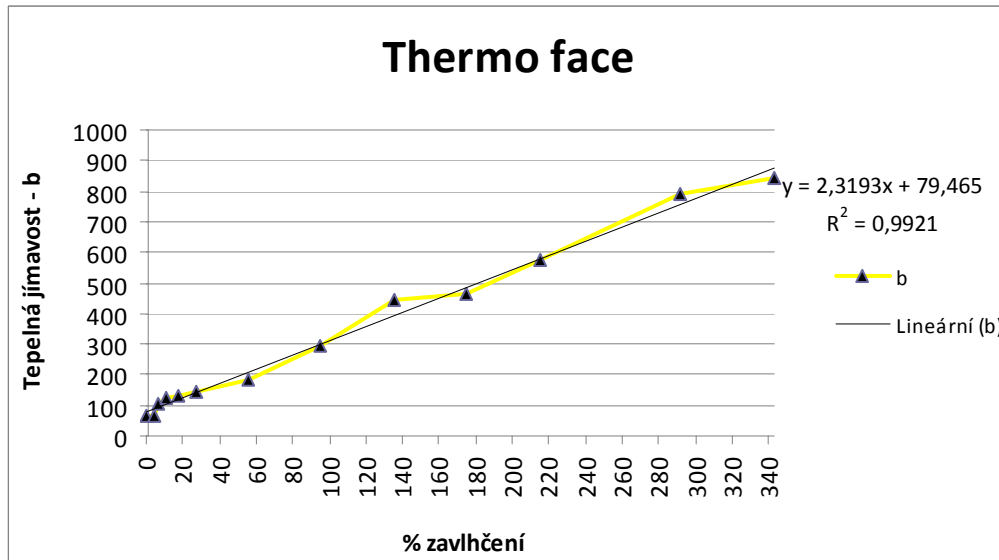
U materiálu Double face je výrobcí prezentována jeho dvojí možnost využití. Při pohledu na grafy a jejich srovnání, však toto tvrzení vzbuzuje určité pochybnosti. Rozdíly mezi oběma stranami sice existují, ale nejsou tak markantní, jak bychom od podobného typu materiálu očekávali.



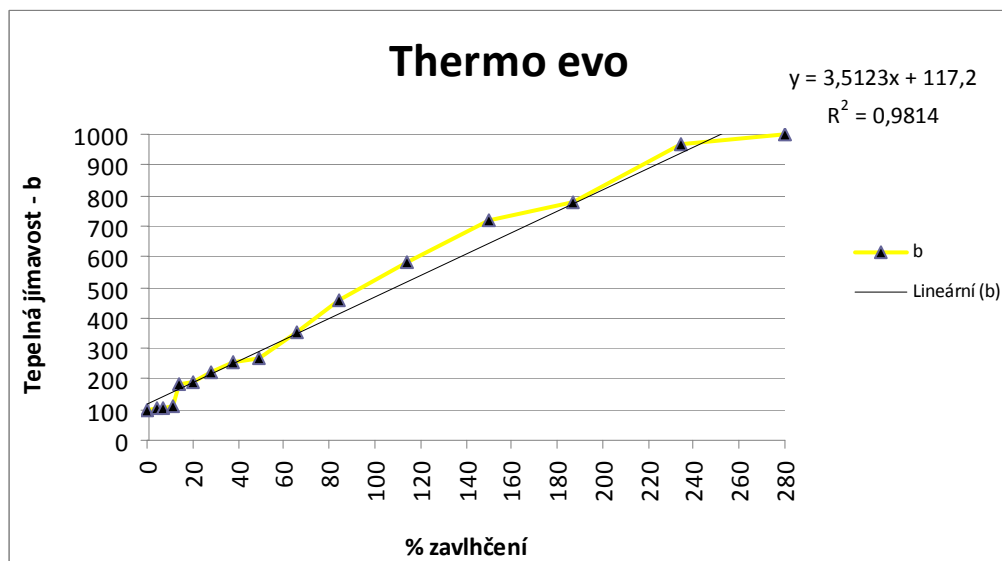
Graf č.23

Materiál Sportwool má dle naměřených hodnot velmi rychle ztrácet svůj teplý omak. Tato skutečnost byla posuzována při subjektivním hodnocení, neboť tento vzorek je v dnešní době prezentován výrobcí jako jedna z nejlepších funkčních textilií ve své kategorii. Bylo proto potřeba zjistit zda uváděné vlastnosti odpovídají pocitům potencionálních uživatelů.

Je velmi zajímavé porovnat vzorky Thermo face a Thermo evo. Tyto dva vzorky mají velice podobný vzhled a strukturu (jednolící zátěžná pletenina hladká z rubu počesaná). Jejich tepelná jímavost je však velice odlišná. Velkou roli zde hraje intenzita počesání, která je u vzorku Thermo face výrazně vyšší.



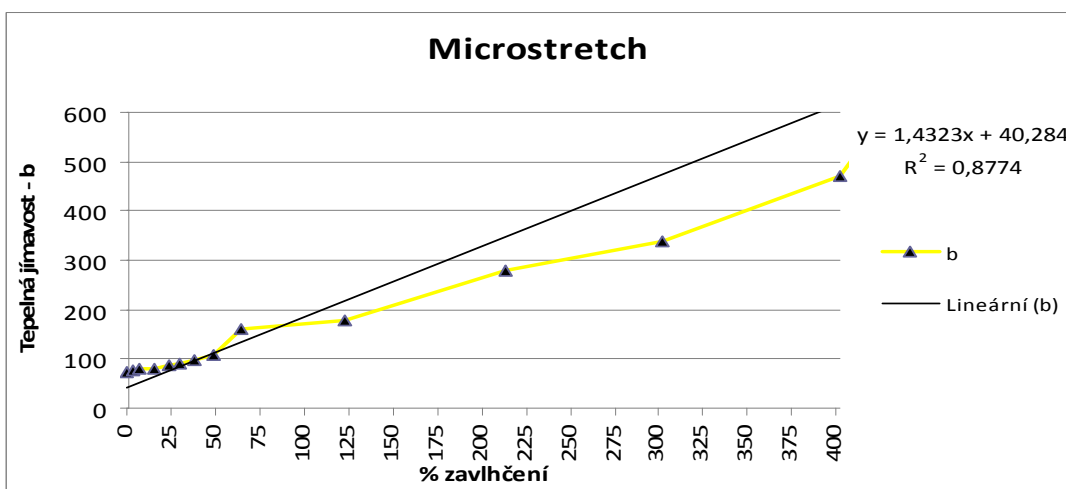
Graf č. 24



Graf č. 25

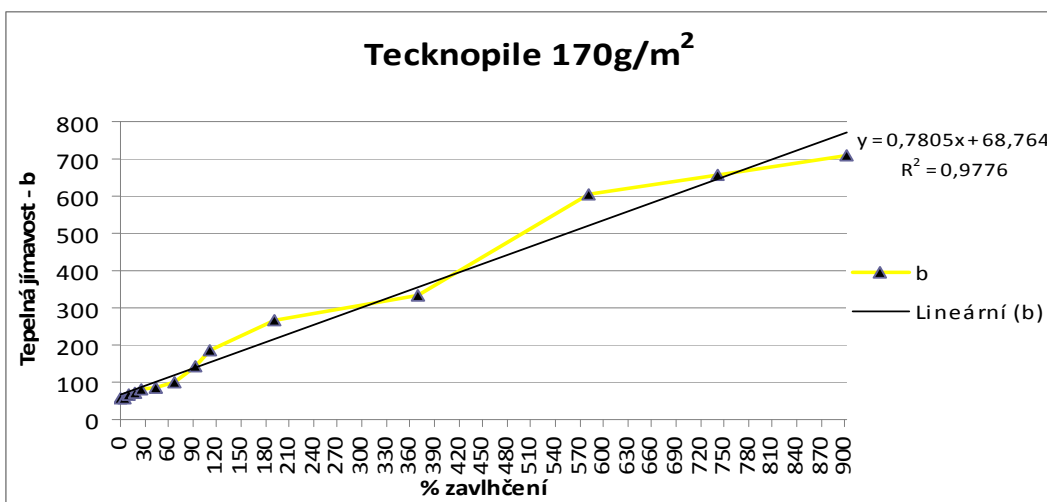
Průběh křivky se může zdát téměř shodný, je však nutné si uvědomit počáteční hodnoty, které jsou velice rozdílné a tím i určují výsledný tepelný komfort nositele. U materiálu Thermo face je hodnota  $b = 65,7 [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}]$ , zatímco u materiálu Thermo evo je to  $b = 104 [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}]$ .

Vzorek Microstretch vykazoval nejnižší nárůst tepelné jímavosti ze všech měřených vzorků, jeho maximální hodnota je  $b = 470 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}]$ . Jedná se o hodnotu  $U = 402,4 \%$ . Toto zavlhčení je člověkem vnímáno jako naprosto mokrý vzorek a při běžném nošení by bylo možno takovéto vlhkosti docílit pouze při pobytu např. na dešti. Jestliže se podíváme na hodnoty  $b$ , které vzorek dosahuje při běžném možném zavlhčení tj. do hodnoty  $U = 60 \%$ , pak tento vzorek vykazuje nejlepší tepelnou jímavost ze všech. Z uživatelského hlediska si velmi dlouho ponechává hřejivý omak. Výrobce tento materiál doporučuje jako první i druhou vrstvu.



Graf č. 26

Vzorek Tecknopile má nejlepší hodnoty  $b = 59,5 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}]$  za sucha. I při nízkých stupních zavlhčení má velmi dobré hodnoty  $b$ , a to až do stupně  $U = 68 \%$ . Poté začíná hodnota  $b$  skokově stoupat. I přes tuto skutečnost můžeme říci, že vzorek vykazuje velmi dobrý hřejivý omak při běžných stupních zavlhčení.



Graf č.27

### **7.3.2 Relativní paropropustnost a výparný odpor**

Relativní propustnost pro vodní páry  $p$  [%] není normalizovaný parametr. Ve vztahu 100% propustnost představuje tepelný tok  $q_0$  vyvozený odparem z volné vodní hladiny o stejném průměru jako má měřený vzorek. Zakrytí této hladiny měřeným vzorkem se pak tepelný tok sníží o hodnotu  $q_v$ .

Výparný odpor je definován jako tlakový rozdíl mezi dvěma stranami materiálu dělený výparným tepelným tokem na jednotku plochy.  $R_{et}$  [ $m^2 \cdot Pa/W$ ]

[v]

Pro měření na přístroji Permetest je nutná důslednost a přesnost. Jestliže nedodržíme postup měření nebo budeme nedůslední, nemůžeme očekávat kvalitní výsledky. Při nepřesném měření můžeme očekávat vysoký rozptyl naměřených hodnot. To je však vzhledem k charakteru měření velice nežádoucí. Každé měření lze opakovat pouze jednou, a proto jsou přesné výsledky nutností.

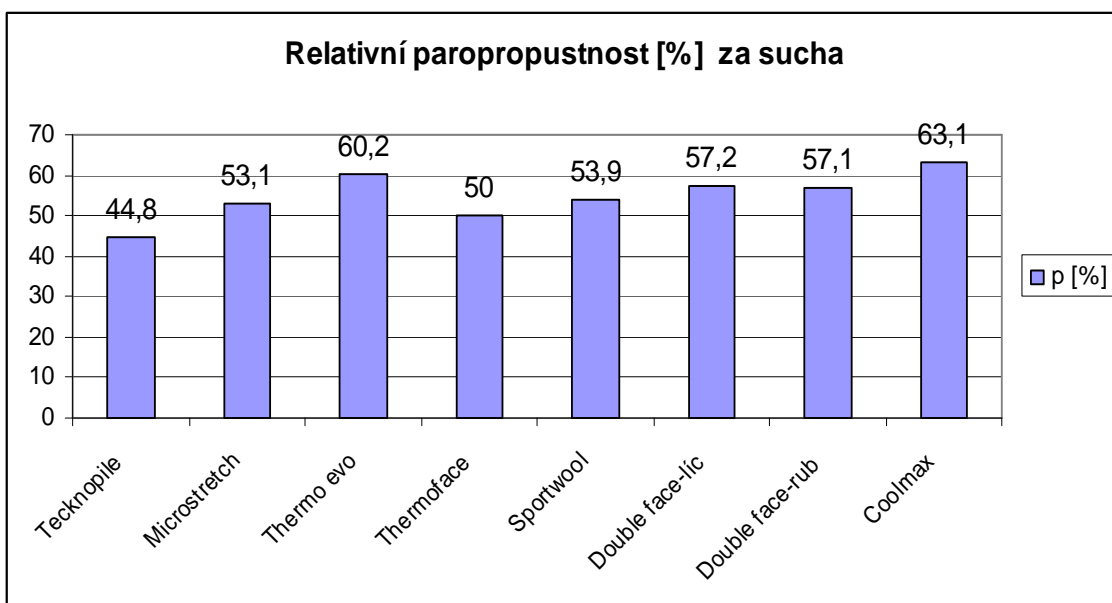
Výsledky také velice ovlivňují podmínky v laboratoři. Přístroj Permetest je velice citlivý na změny relativní vlhkosti vzduchu. Tyto změny mohou být způsobeny např. nadměrným počtem osob v laboratoři.

#### **Měření probíhalo při teplotě 21°C a relativní vlhkosti vzduchu 55 %.**

Všechny měřené vzorky dosahovaly velice dobrých hodnot relativní paropropustnosti. Je to dáno tím, že se jedná o pleteniny. S vzrůstajícím zavlhčením hodnoty relativní paropropustnosti lineárně vzrůstají a hodnoty výparného odporu klesají. I zde existují rozdíly způsobené konstrukcí a strukturou daných vzorků.

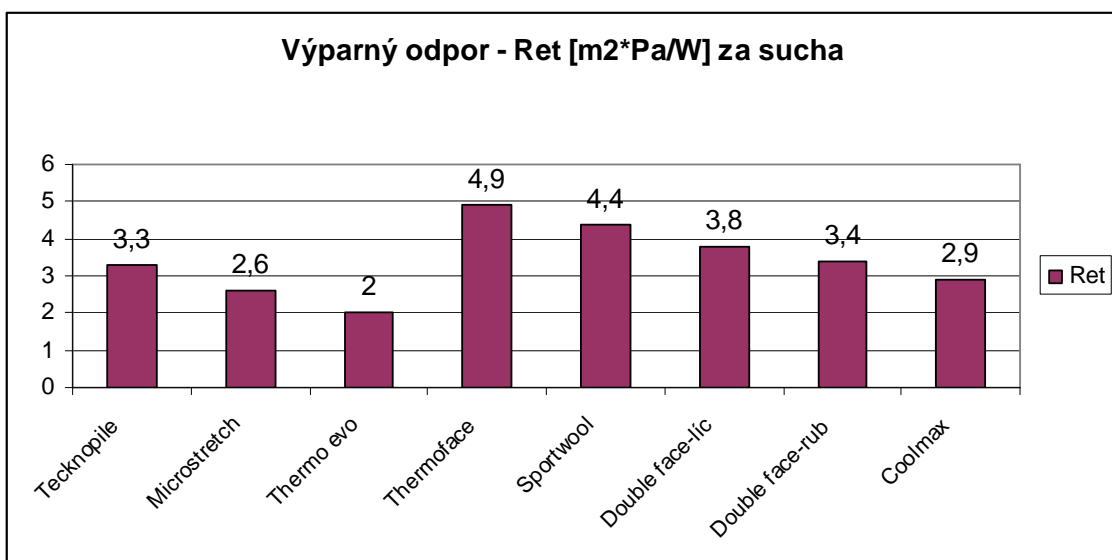
Pro lepší přehlednost uvádíme grafy hodnot relativní paropropustnosti a výparného odporu naměřených ze sucha, tedy na klimatizovaných vzorcích. Hodnoty vypovídají o vlastnostech textilie při jejich přirozeném obsahu vlhkosti. Tento obsah je rozdílný u každé textilie.

Tabulky naměřených hodnot jsou umístěny v příloze 3.



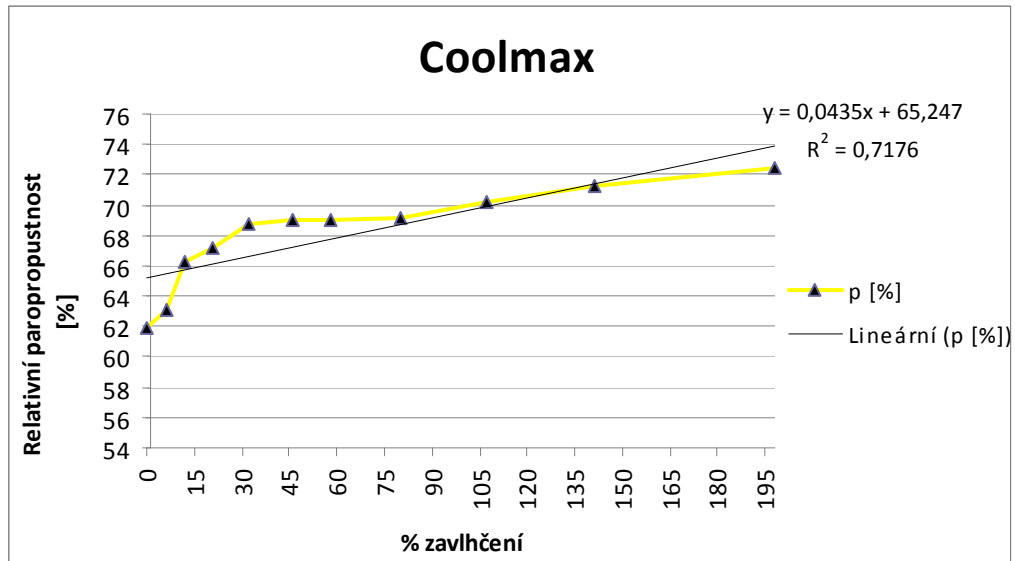
Graf č. 28

Z uvedeného grafu vyplývá, že nejvyšší relativní paropropustnost má vzorek Coolmax. Jedná se o velice porézní hladkou jednolící pleteninu. Naopak nejnižší relativní paropropustnost má vzorek Tecknopile 170g. Jedná se o oboustranně počesanou pleteninu, na jejímž povrchu je díky počesání vytvořena relativně nepropustná vrstva.

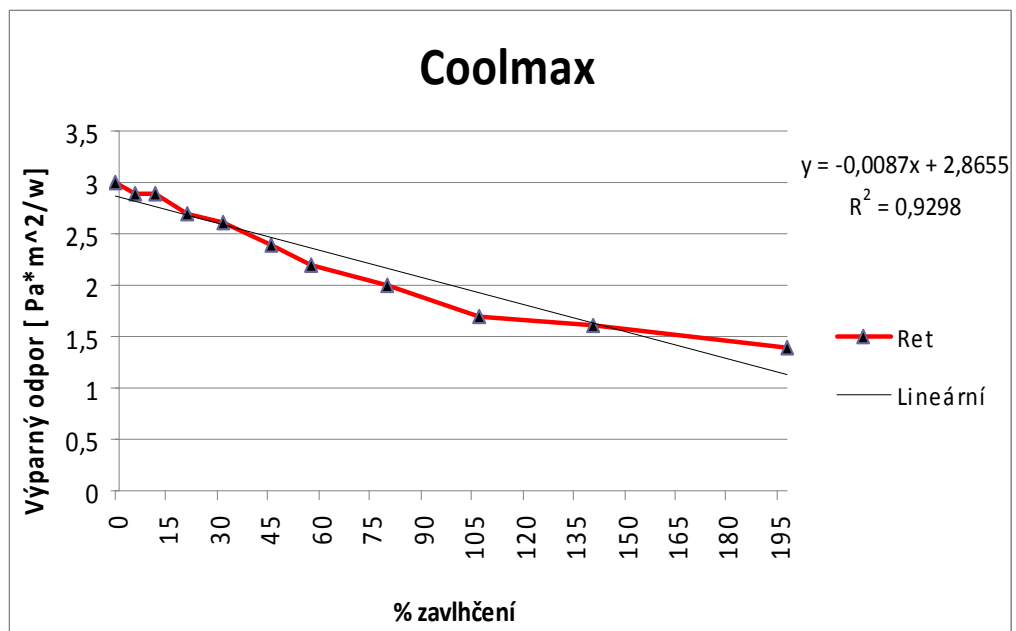


Graf č. 29

Ačkoli by hodnoty výparného odporu měly do určité míry korespondovat s hodnotami relativní paropropustnosti, zde tomu tak není. Nejvyšší výparný odpor má vzorek Thermo face. Jedná se o kompaktní hladkou pleteninu z rubu počesanou.

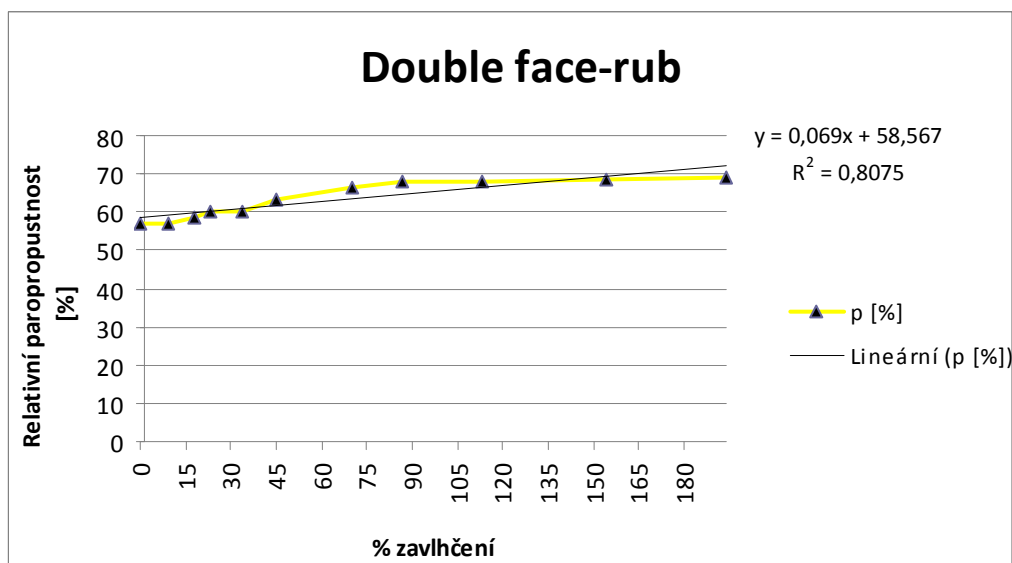


Graf č. 30

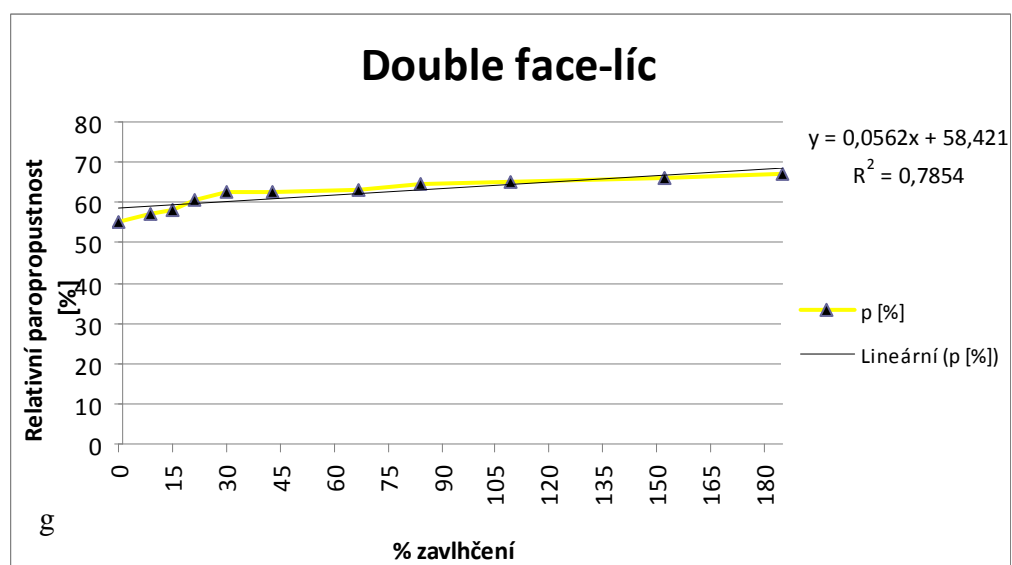


Graf č.31

U materiálu Coolmax dochází při zavlhčení k výraznému nárůstu relativní paropropustnosti. Je možné to vysvětlit určitým rozestoupením pleteniny při zavlhčení. Tím dojde k lepší propustnosti pro vodní páry. Naopak výparný odpor lineárně klesá.



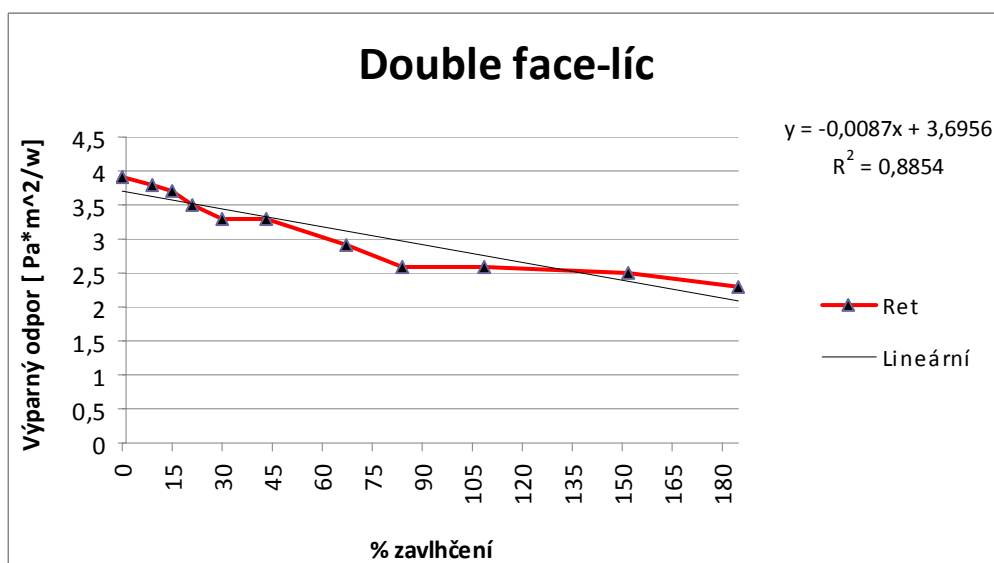
Graf č. 32



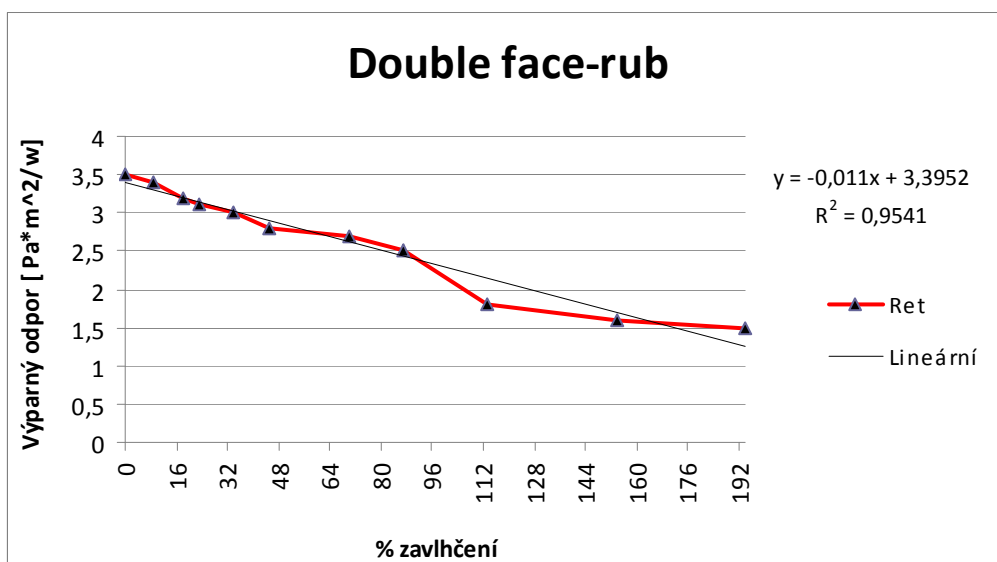
Graf č.33

U vzorku Double face jsou hodnoty na obou stranách vzorku téměř shodné. Rozdíly jsou tak minimální, až zanedbatelné. Potvrzuje se tedy domněnka, že tento materiál je pravděpodobně špatně označen. Z uživatelského hlediska je však naměřená hodnota relativní paropropustnosti velice dobrá. Tento oděv je určen pro aktivní sport, proto je propustnost pro vodní páry žádoucí.



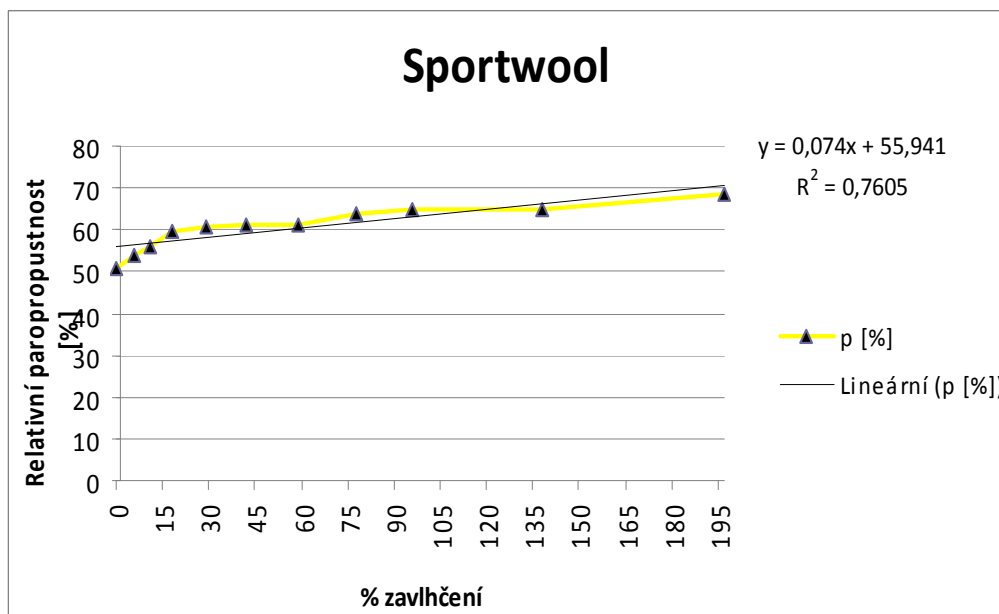


Graf č.34

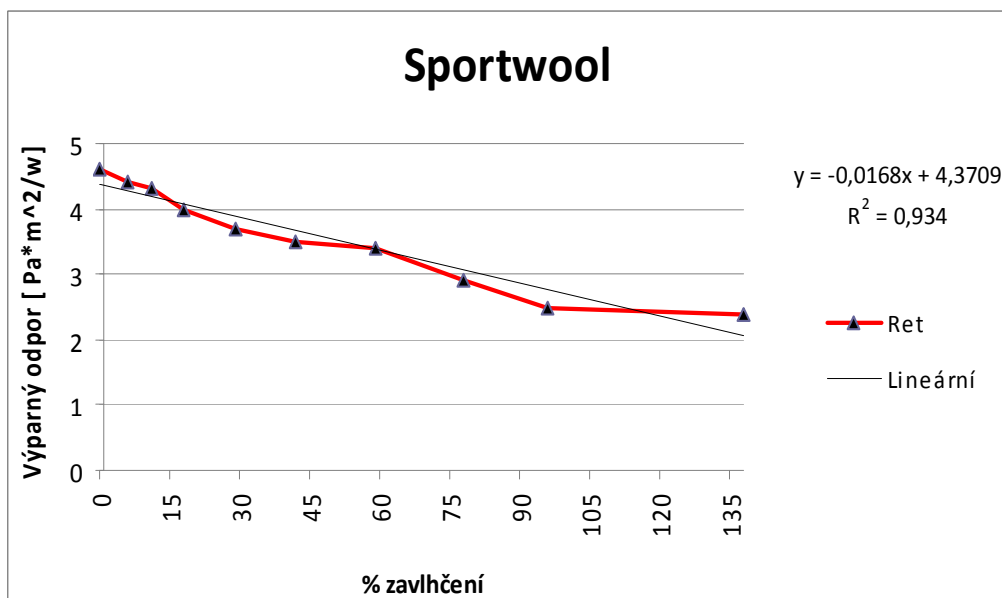


Graf č. 35

Při měření výparného odporu se rozdílné vlastnosti lícní a rubní strany vzorku Double face projevily rozdílným poklesem hodnot výparného odporu. Tento rozdíl je však nejmarkantnější až při takovém stupni zavlhčení, kterého standardním užíváním tohoto materiálu nedosáhneme. Můžeme tedy říci, že při běžném užívání oděvu z této textilie rozdíly nepocítíme.

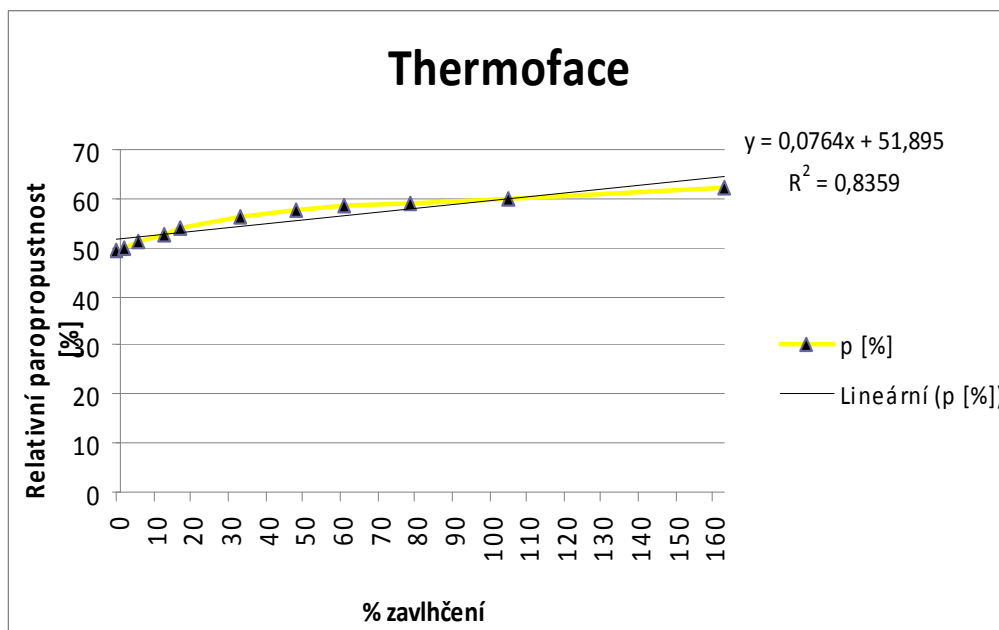


Graf č. 36

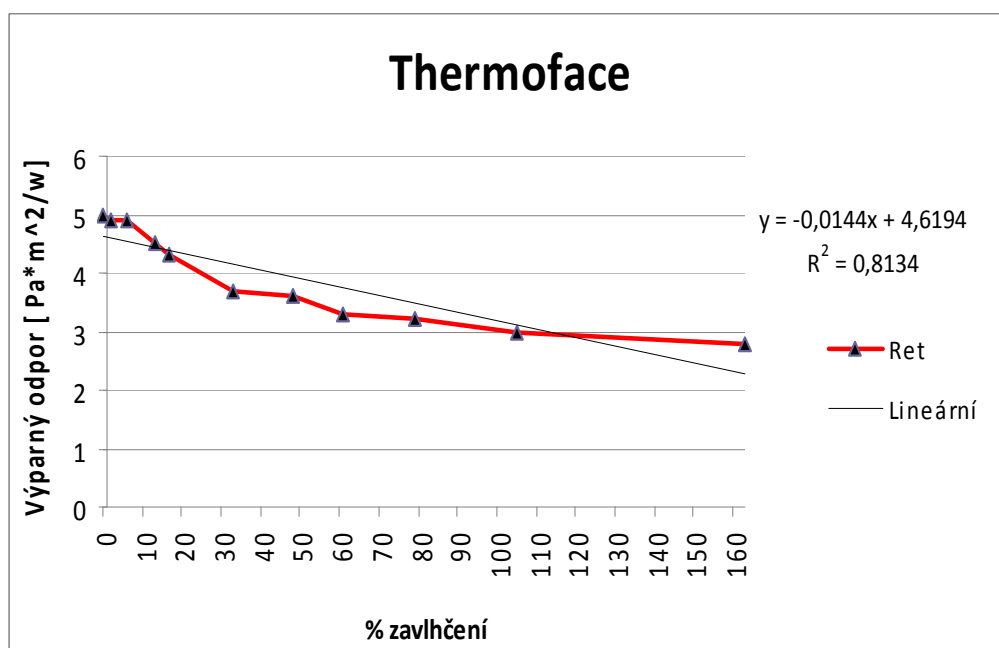


Graf č. 37

Materiál Sporwool dosahuje druhého nejvyššího výparného odporu za sucha tj.  $R_{et}=4,4$  [m<sup>2</sup>\*Pa/W]. Při zavlhčení výparný odpor výrazně klesá. Hodnoty relativní propustnosti pro vodní páry při definovaném zavlhčení nevzrůstají o tolik % jako například u materiálu Coolmax. Jsou spíše srovnatelné s materiálem Double face, který má podobnou konstrukci.

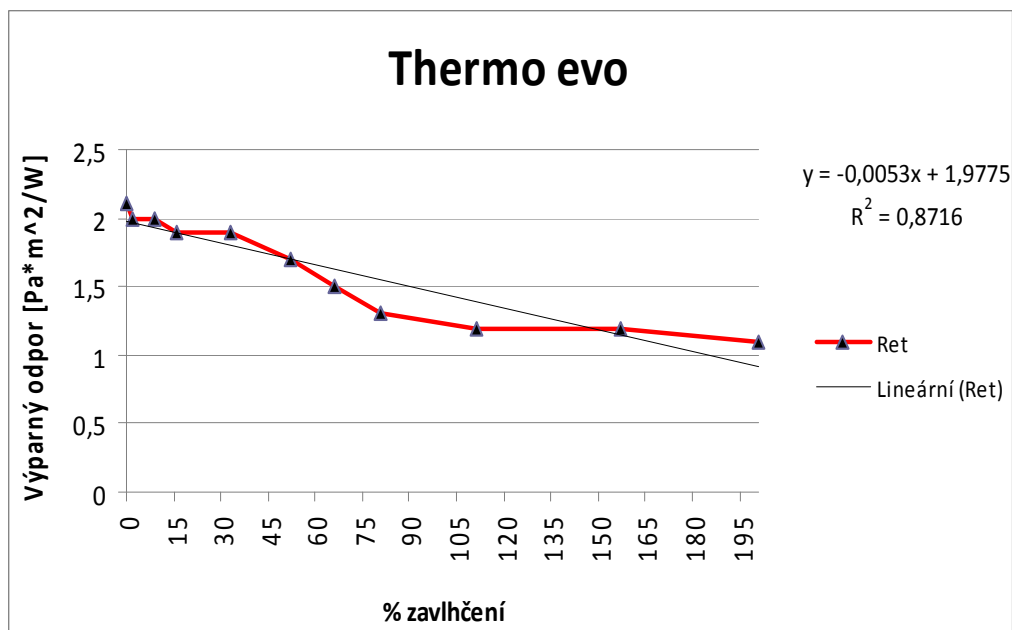


Graf č.38

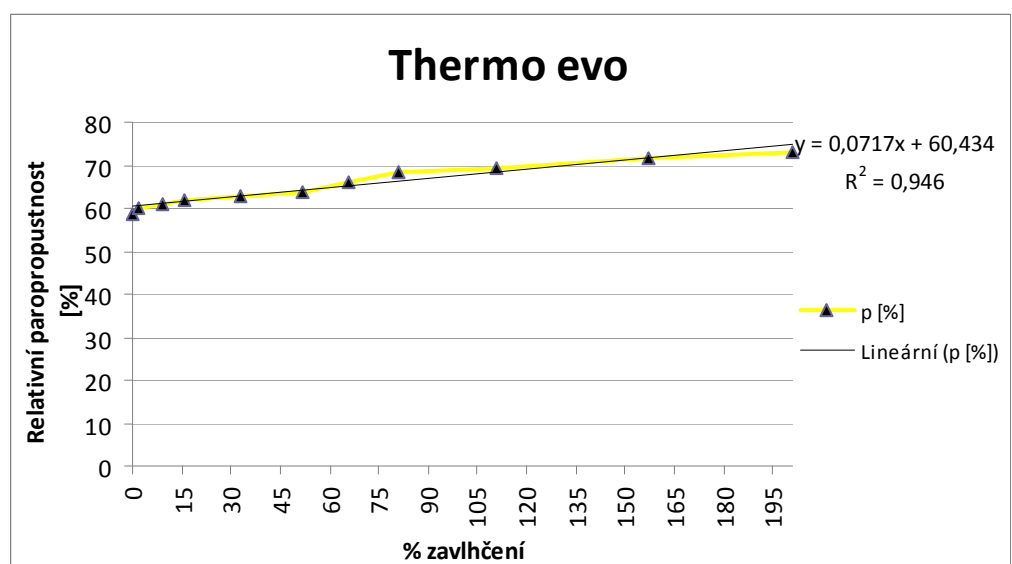


Graf č.39

Materiál Thermoface má nejvyšší výparný odpor ze všech měřených vzorků, tj.  $R_{et} = 4,9 \text{ [m}^2 \cdot \text{Pa/W]}$ . Hodnoty výparného odporu lineárně klesají se vzrůstajícím zavlhčením textilie. Hodnoty relativní propustnosti pro vodní páry vzrůstají pouze o 12,5 %. Jedná se velice malý rozdíl. Přesto tyto hodnoty můžeme označit za komfortní.

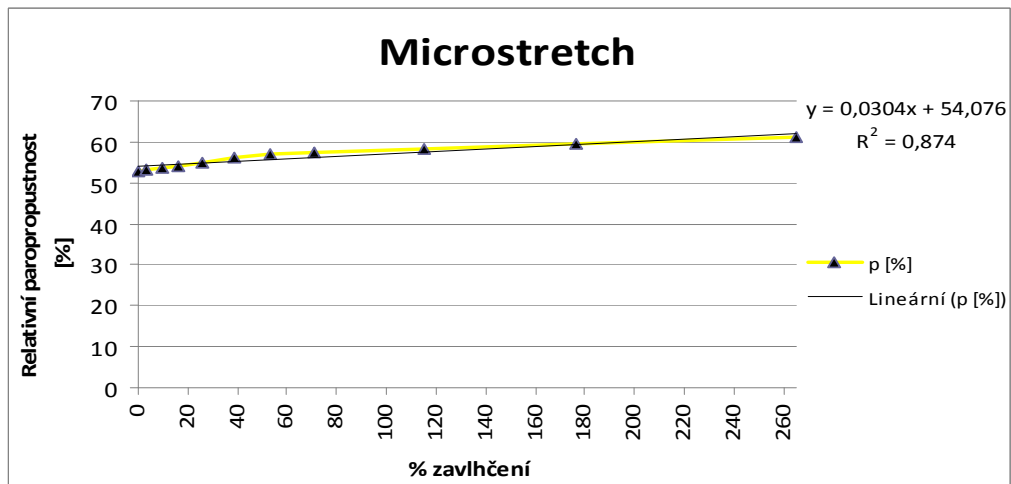


Graf č. 40

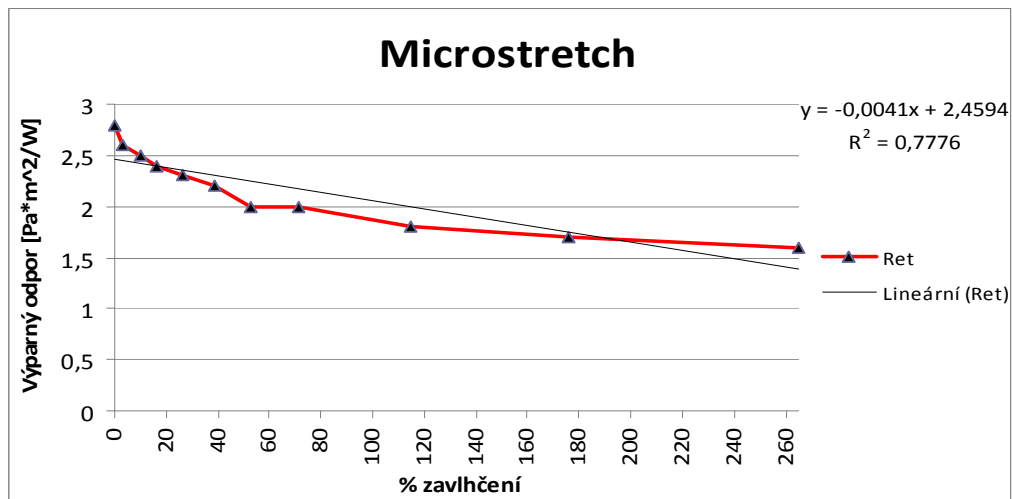


Graf č. 41

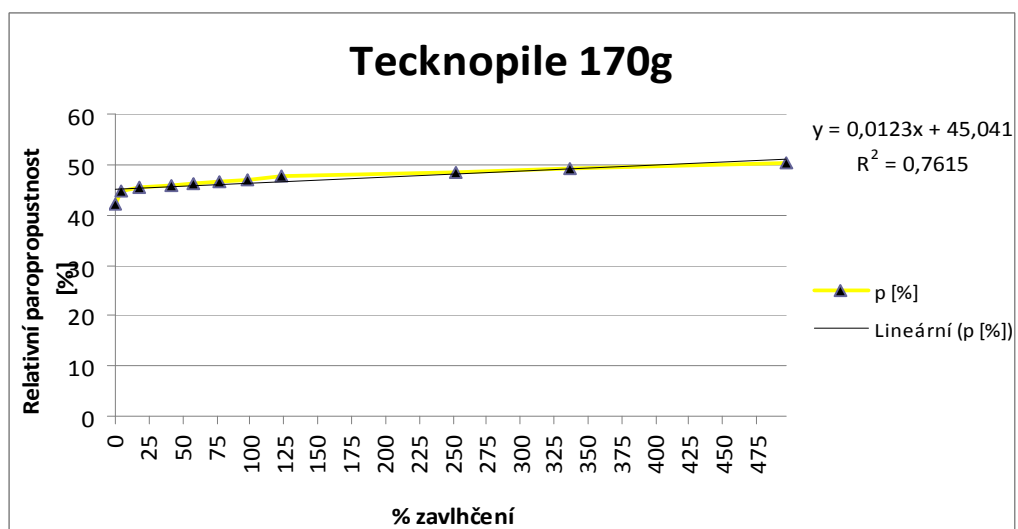
Tento materiál má nejnižší výparný odpor ze všech měřených vzorků. Jeho hodnoty téměř lineárně klesají. Jestliže porovnáme hodnoty výparného odporu tohoto vzorku a vzorku Thermo face, který je konstrukčně podobný, zjistíme výrazné rozdíly. Tyto rozdíly jsou způsobeny intenzitou počesání a dostavou.



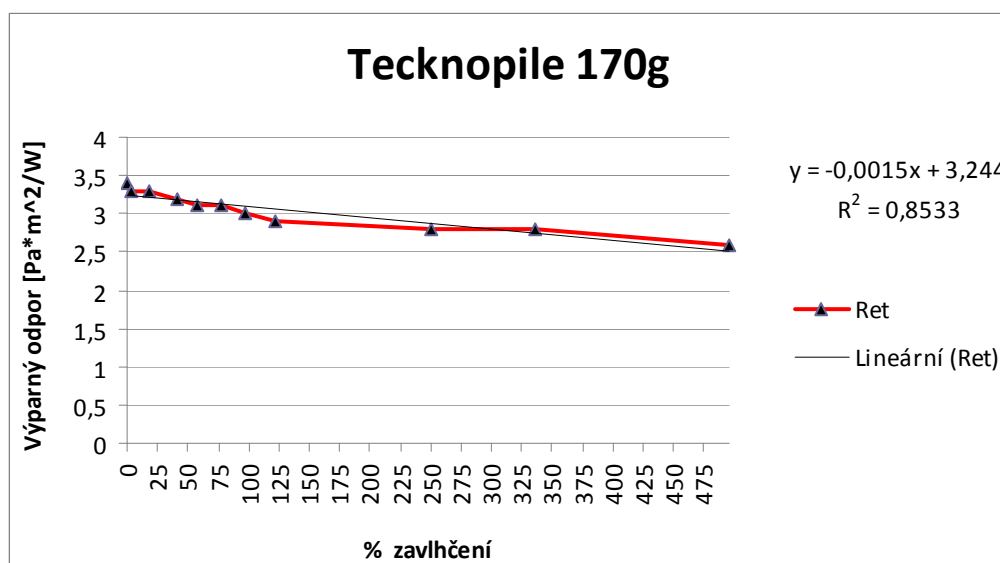
Graf č.42



Graf č.43



Graf č. 44



Graf č. 45

U těchto dvou materiálů ( Microstretch a Tecknopile) je nejmenší rozdíl mezi hodnotami relativní propustnosti pro vodní páry naměřenými za sucha a při nejvyšším zavlhčení. Tento rozdíl je cca 8 %.

Hodnoty relativní paropropustnosti u vzorku Tecknopile jsou nejmenší ze všech měřených vzorků. I s těmito hodnotami je schopnost tohoto materiálu propouštět vodní páry dobrá.

## 7.4 Subjektivní hodnocení tepelného komfortu

Firma Ultraspor poskytla k proměření i oděvy z měřených vzorků. Jsou to oděvy z materiálů – Coolmax, Sportwool, Double face a Thermo face. Vzhledem k hodnotám naměřených při měření v laboratoři a určitým nejasnostem, které z nich vyplynuly, bylo přistoupeno k subjektivnímu hodnocení daných výrobků.

Protože byly dodány dámské oděvy, byly osloveny tři ženy ve věku 22 – 29 let. Na ženy byla kladena podmínka celoroční sportovní aktivity. Pro subjektivní hodnocení bylo potřeba, aby testované osoby byly určitým způsobem schopny simulovat sportovní zátěž a byly na ní přivyklé. Není vhodné, aby dané oděvy hodnotil někdo, kdo není zvyklý pohybu a s tím spojenými podmínkami. Je nutné zdůraznit, že se nejednalo o vrcholové sportovkyně, ale pouze o aktivnější sportovce, možno říci i rekreační.

Testování probíhalo ve dvou fázích v létě a v zimě. Jednalo se o poměrně dost časově náročné měření. Časová náročnost je dána především nutností zajistit co nejhodnější podmínky při hodnocení.

Pro potřeby měření byla vytvořena stupnice, která určitým způsobem vyjadřuje pocity komfortu.

Tab. 1

5	4	3	2	1
Komfortní				Diskomfortní
suchý hřejivý příjemný	suchý příjemný místy mírně zavlhčený	vlhký místy studí mírně nepříjemný	vlhký až mokrá studí škrábe / kouše začíná se lepit na pokožku	vlhký až mokrá studí škrábe / kouše lepí se na pokožku

Každá testovaná osoba určovala komfortnost daného oděvu hodnocením na stupnici od 5 do 1, kdy hodnota 5 je nejvyšší.

Každý materiál byl měřen ve dvou fázích a to: aktivní  
pasivní

### **Fáze aktivní :**

- tato fáze simuluje aktivitu,
- doba trvání je 20 min. aktivního pohybu,
- pohyb by měl simulovat reálné použití oděvu, tj. běh, jízda na kole apod.,
- figuranti nemohou hodnotit dané oděvy v nepřetržitém sledu, je nutné dodržovat přestávky na oddych.

### **Fáze pasivní :**

- tato fáze simuluje přestávku v pohybu, klidný pohyb, stání a sezení,
- doba trvání je 20 min.,
- musí následovat po pohybu, aby bylo dosaženo nejvyšší věrohodnosti,
- následuje po aktivní fázi.

Oděvy byly uměle zavlhčovány roztokem H<sub>2</sub>O a soli. Roztok byl míchán v poměru 1g soli na 1l H<sub>2</sub>O. Tento poměr je odvozen od reálného složení lidského potu, který obsahuje 0,6 % soli.

Oděvy byly nejprve vysušeny v klimatizační komoře, tak byla zjištěna váha bez obsahu vlhkosti. Tato hmotnost byla využita při výpočtu hledané hmotnosti vzorku při jeho přesně definované hmotnosti, a to díky opravenému vztahu pro výpočet % zavlhčení:

$$m_v = \frac{U * m_s}{100} + m_s$$

**Oděvy byly měřeny při přesně definovaných 7 stupních zavlhčení. První stupeň představuje přirozené zavlhčení textilie. Další stupně jsou: 10, 20, 30, 40, 50 a 65 % . Při nejvyšším stupni zavlhčení jsme vycházeli z výsledků profesorky Niwi z Japonska. Dle jejích výsledků se pro člověka stává nekomfortní takový oděv, který obsahuje 50 % vlhkosti v poměru ku váze vzorce. Proto byly vzorky zavlhčovány pouze do 65 % vlhkosti. Tato vlhkost byla určena jako mezní pro subjektivní hodnocení tepelného komfortu.**



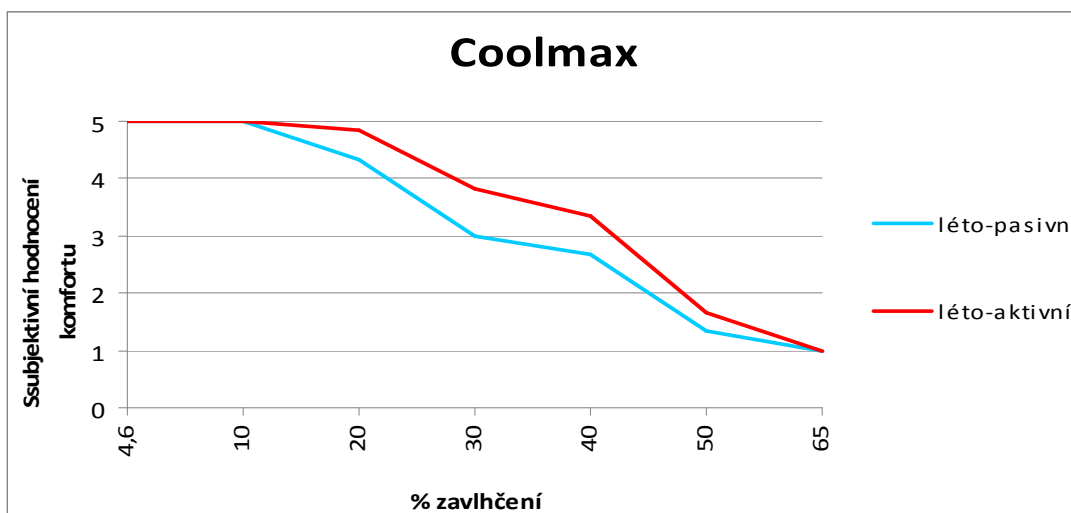
### 7.4.1 Subjektivní hodnocení v letním období

Při měření v létě bylo možné měřit pouze tři oděvy a to:

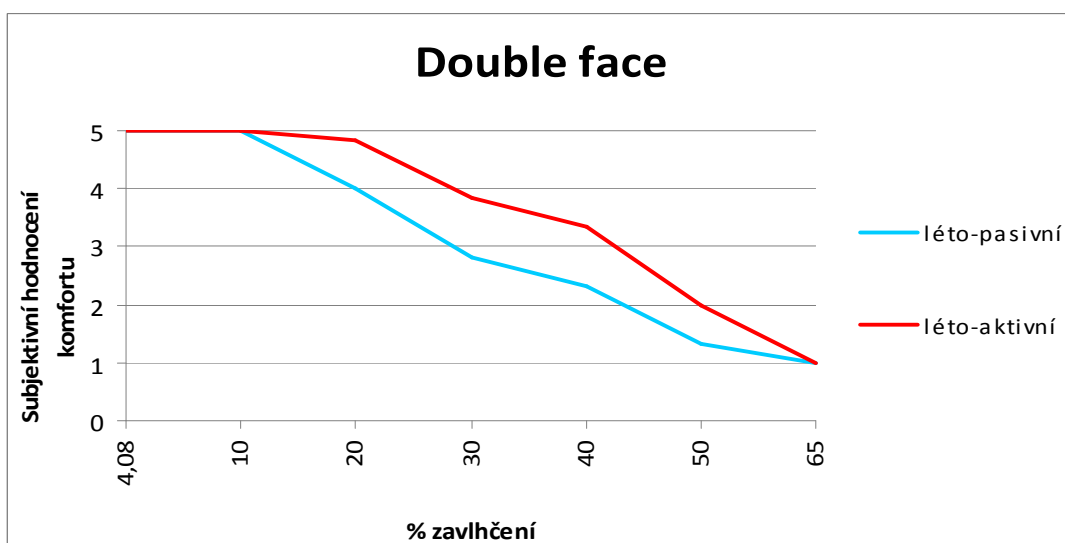
- Coolmax : tento oděv je možné nosit neomezeně na teplotě,
- Double face : nošení oděvu je omezeno teplotou cca 24°C,
- Sportwool : nošení oděvu je omezeno teplotou cca 24°C.

Oděv z materiálu Thermo face je možné nosit při i při mírné aktivní zátěži pouze do cca 10-12 °C. Při teplotě 12 °C se oděv stává diskomfortním, vyvolává nepříjemné vjemy, způsobuje nadměrné zahřívání organismu.

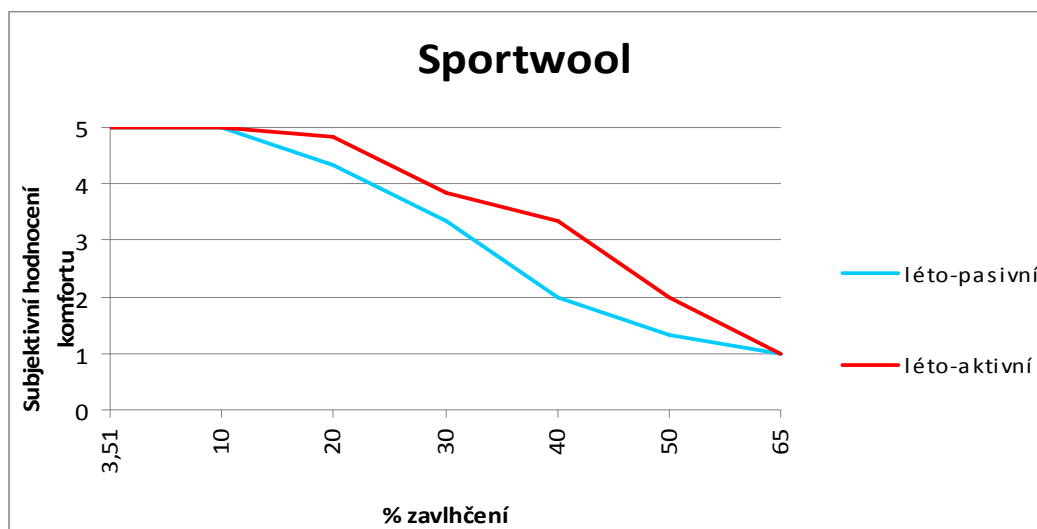
Ze získaných hodnot byl vypočítán aritmetický průměr, z těchto dat byly poté sestrojeny grafy. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Příloze 4.



Graf č.46



Graf č. 47

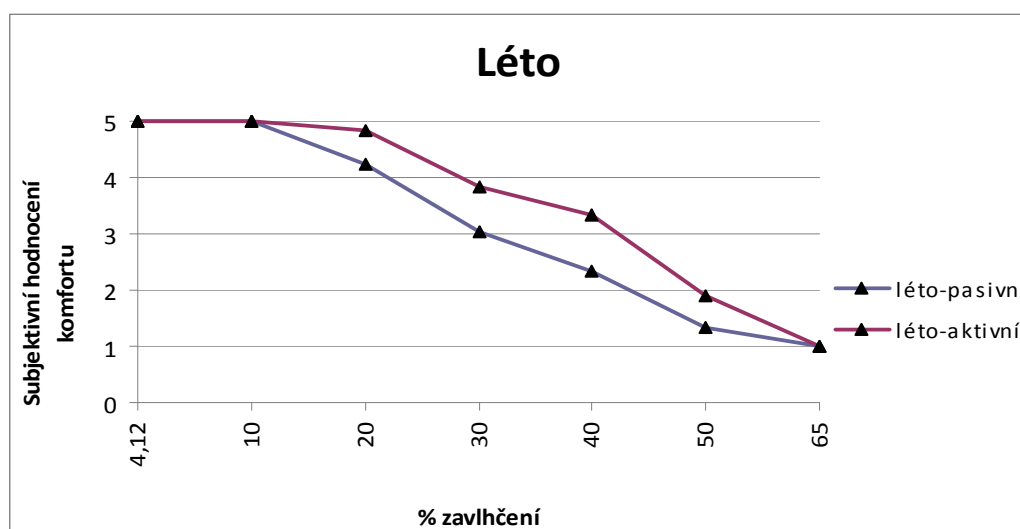


Graf č. 48

Z uvedených grafů jsou patrné rozdíly ve vnímání tepelného komfortu při aktivní a pasivní fázi hodnocení. Největší rozdíly jsou u materiálu Double face. Zjištěné hodnoty byly použity pro vytvoření grafu subjektivního hodnocení tepelného komfortu v letním období. Na grafu je patrné rozdílné vnímání vlhkosti při aktivitě a při odpočinku. Rozdíly však nejsou výrazné.

Při letním hodnocení byla vlhkost do určité míry vnímána jako pozitivní, neboť v letních teplotách je ochlazování způsobené vlhkostí vnímáno kladně.

**Měření v létě probíhalo za teploty  $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , bylo slabě větrno, polojasno. Jako pohyb byla zvolena jízda na kole po dobu 20 min.**



Graf č. 49

## 7.4.2 Subjektivní hodnocení v zimním období

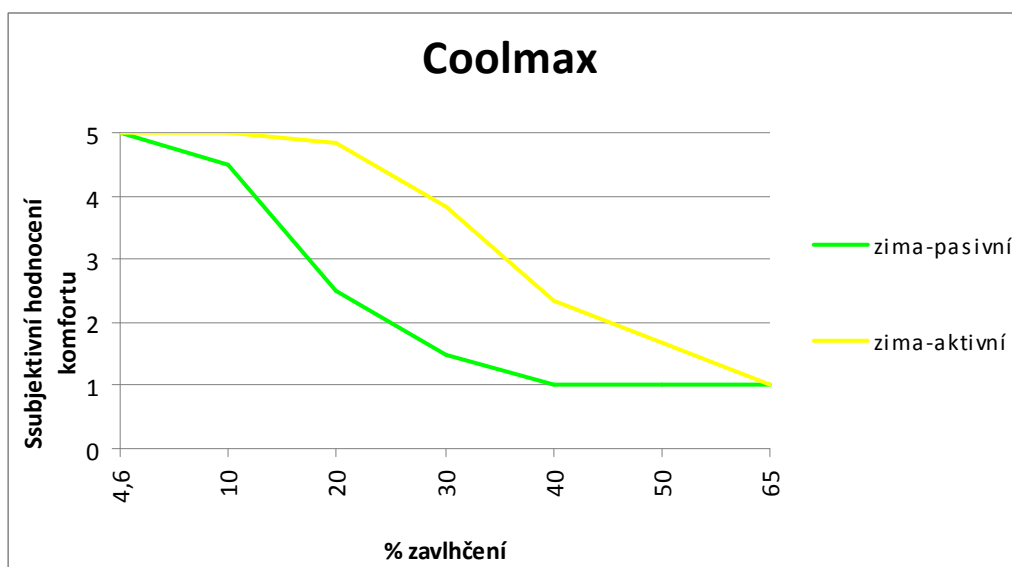
Při měření v zimě bylo možné měřit všechny oděvy a to:

- Coolmax
- Double face
- Sportwool
- Thermo face

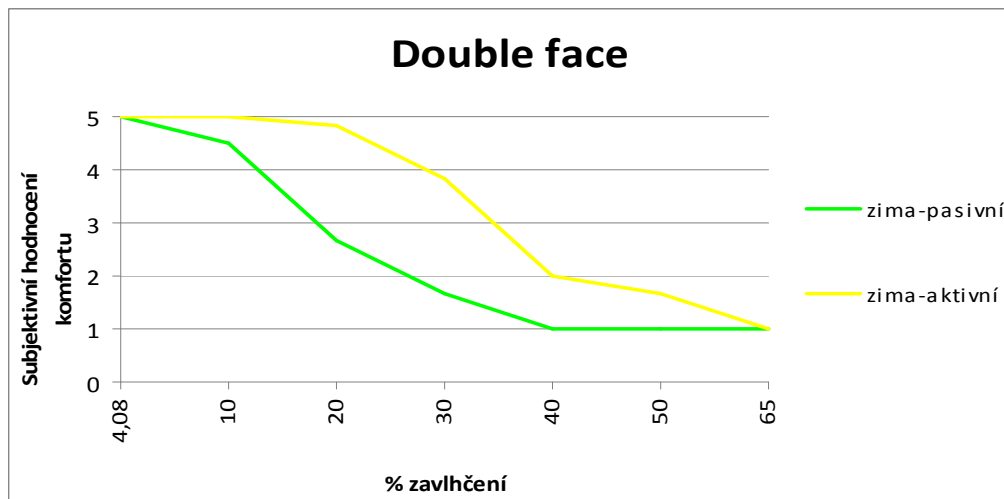
Oděvy byly v zimním období oblékány dle doporučení výrobce jako první vrstva. Byly doplněny vhodnými oděvy dalších vrstev tak, aby bylo dosaženo věrohodnosti hodnocení. Hodnotící osoby se oblékly, tak jak jsou v zimě zvyklé při sportu. Z důvodu nedostatku sněhu, byl zvolen jako simulační pohyb běh, který nejlépe simuluje zimní aktivitu běžkování. Běh trval 20 min.

Ze získaných hodnot byl vypočítán aritmetický průměr, z těchto dat byly poté sestrojeny grafy. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Příloze 3.

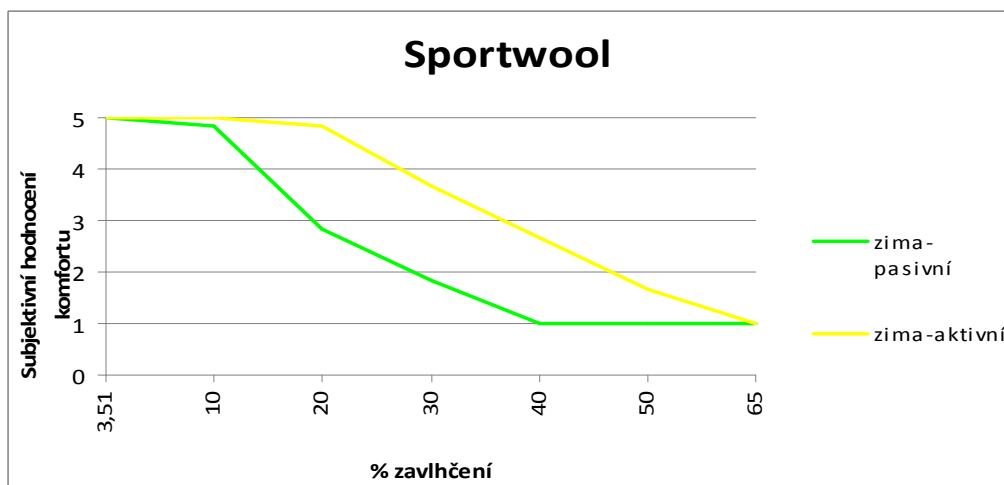
**Měření probíhalo za teploty  $-5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , počasí bylo polojasné se slabou sněhovou pokrývkou.**



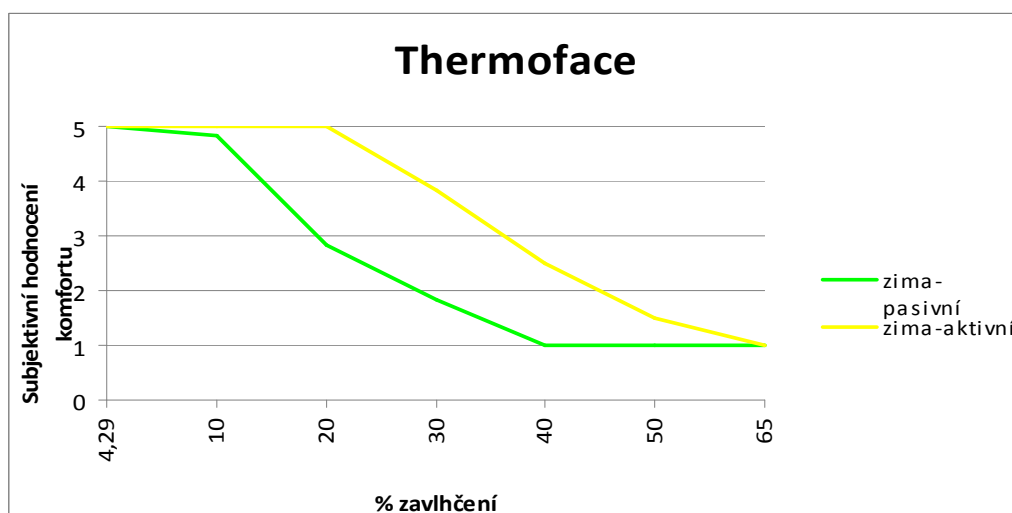
Graf č. 50



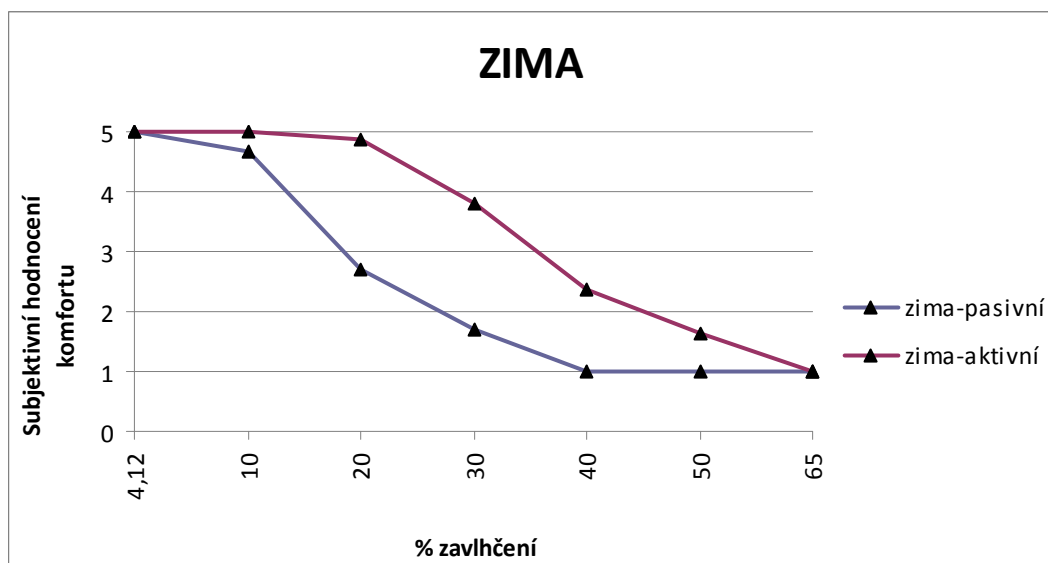
Graf č.51



Graf č.52



Graf č.53



Graf č. 54

U hodnocení v zimním období je rozdíl mezi aktivní a pasivní fází velice výrazný. Hodnotící osoby pociťovaly při pasivní fázi oděvy jako diskomfortní již při hodnotách zavlhčení  $U=25\%$ . Při aktivní fázi byla tato mezní hodnota  $U=45\%$ .

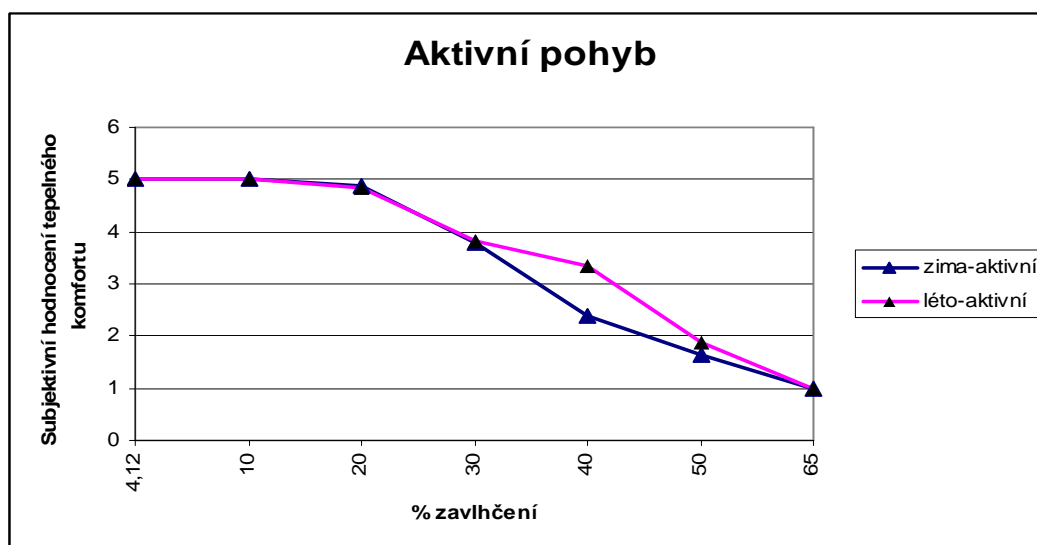
Tento rozdíl je dán rychlou ztrátou tepla způsobenou teplotním gradientem. Teplo je od těla odvádělo velice rychle. Vlhkost ještě zvyšuje tepelnou vodivost materiálů. Proto jsou rozdíly tak markantní. U hodnotících osob docházelo při pasivní fázi ke svalovému třesu a silným pocitům zimy.

### 7.4.3 Porovnání subjektivního hodnocení při pasivní a aktivní fázi měření

Z předešlých kapitol vyplynuly výrazné rozdíly mezi vnímáním vlhkosti při aktivní a pasivní fázi měření.

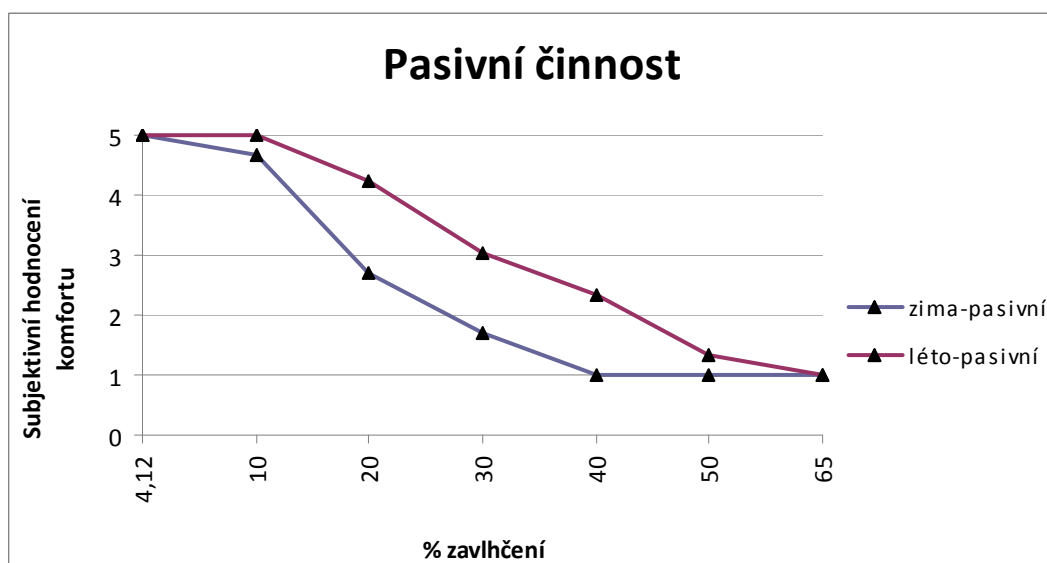
Je to dáno termoregulačním systémem těla. Tělo při pohybu vytváří teplo, proto není tak náročné na tepelně izolační vlastnosti materiálů a vlhkost obsaženou v textilií nevnímá tak negativně.

Při hodnocení v letním období je vlhkost obsažená v textilií vnímána jako pozitivní, neboť napomáhá ochlazování organismu. Tento pozitivní vliv je v letním období společný pro obě váze hodnocení, pasivní i aktivní.



Graf č. 55

Na grafu č. 55 je patrné, jak pohyb snižuje vnímání vlhkosti jako negativního jevu. Rozdíly u hodnocení v létě a v zimě jsou až do hodnoty  $U=30\%$  minimální. Při vyšším zavlhčení je vlhkost v zimním období vnímána hůře.



Graf č. 56

Při pasivní fázi hodnocení se výrazně projevil vliv teploty okolí. Na principu teplotního gradientu je v zimním období odváděno od pokožky daleko více tepla než v období letním. Tento jev, ve spojení s nízkou fyzickou aktivitou a tím nedostatkem tepla produkovaného tělem, způsobuje negativní působení vlhkosti při velmi nízkých stupních zavlhčení ( $U=25\%$ ). U hodnotících osob docházelo k rychlému prochlazení.

Podle zjištění profesorky Niwi z Japonska je pro člověka nekomfortní takový oděv, který obsahuje 50 % vlhkosti v poměru k váze vzorku. Dle výsledků zjištěných při našem měření bylo zjištěno, že se tato hodnota pravděpodobně posouvá o 5 % níže.

Toto tvrzení by bylo však nutné ověřit měření v širším rozsahu. Pro hodnocení by bylo nutné získat širší spektrum hodnotitelů a zajistit stabilnější podmínky.

Naše měření může však posloužit jako vodítko určující směr dalšího výzkumu.

Při tomto subjektivním hodnocení vplynuly i další vlastnosti zkoumaných oděvů. Celkově nejlépe byl hodnocen oděv z materiálu Sportwool. Tento materiál nepůsobil dráždivě ani na velmi citlivou pokožku. Má velice dobré uživatelské vlastnosti. Jako jediný z hodnocených oděvů nebyl po vyprání cítit potem.

Materiál Sportwool vykazoval velice dobré hodnoty při objektivním měření v laboratoři. Ačkoli nevykazoval ty nejlepší hodnoty, byl určen jako nejkomfortnější vzorek.

Materiál Coolmax byl dobře hodnocen jako první vrstva s nutností další vrstvy. Jeho tepelně-izolační schopnosti v zimním období jsou velice závislé na následující vrstvě oděvu, která je bude zajišťovat. Materiál Coolmax zde působí pouze jako odvod vlhkosti od pokožky. Při zavlhčení se výrazně snižuje křivka tepelného odporu, tomu odpovídá i jeho subjektivní hodnocení.

Materiál Thermo face byl v zimním období velice kladně hodnocen. Jeho tepelně izolační schopnosti zůstávají podobné i při zavlhčení. Je to dáno počesáním z rubové strany. Toto počesání má však i negativní vliv, při vyšších teplotách dochází k přehřívání organismu.

U materiálu označovaném jako Double face se potvrdila domněnka získaná při objektivním měření. Hodnotící osoby nepozorovaly výrazně rozdílné změny při užívání tohoto z lícové a rubové strany. Je proto nasnadě přehodnotit zařazení vzorku.

Výrobci většinou garantují 160 dní užívání, kdy oděv nebude po vyprání cítit pachem. Ze zkušeností dotazovaných osob však vyplývá, že oděvy funkční první vrstvy jsou cítit potem již po 14ti denním aktivním sportování, kdy byly každý den ručně přeprány.

I toto by mělo být součástí subjektivního hodnocení.

## 8 NOVÁ METODA MĚŘENÍ NA PŘÍSTROJI PERMETEST

V této kapitole budeme testovat novou metodu měření na přístroji Permetest. Tato metoda je založena na principu měření jednoduchého vzorku v referenčním režimu a měření dvojitého vzorku ve fázi hlavního měření. Tato metoda navazuje na závěry získané v diplomové práci Ing. Sluky s názvem Výparný a hydraulický odpor vícevrstvých textilií.

### 8.1 Nová metoda stanovení výparného odporu

Výparný odpor získaný například z přístroje Permetest se ve skutečnosti skládá ze dvou hodnot. Platí tedy:

$$R_{tot(2)} = 2 * R_{et} + R_{mv}$$

kde

$R_{tot}$  .....je výsledný výparný odpor získaný experimentem

$R_{et}$  .....je výparný odpor vzorku

$R_{mv}$  .....je výparný odpor mezní vrstvy

Výsledný výparný odpor je součtem výparného odporu materiálu a výparného odporu mezní vrstvy. Poté lze vyjádřit výparný odpor vlastní textilie jako rozdíl celkového odporu a výparného odporu mezní vrstvy:

$$R_{er} = R_{tot} - R_{mv}$$

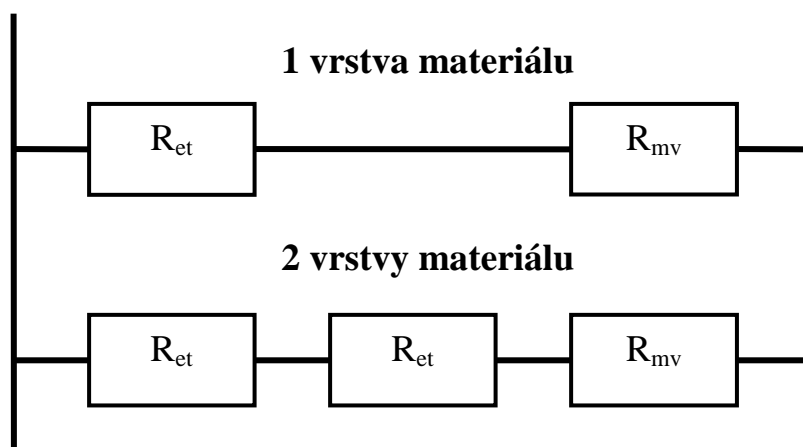
Platí-li pro měření jedné vrstvy textilie již zmiňovaný vztah. (viz. výše), potom pro měření dvou vrstev stejné textilie platí:

$$R_{er} = R_{tot} - R_{mv}$$

[sluka]



Pro zjednodušení je ve vztahu zanedbána vzduchová vrstva mezi oběma vrstvami textilie, která nemá na výsledný výparný odpor za určitých podmínek významnější vliv. Samotný výparný odpor vzduchové mezery je vysoký. Předpoklad zanedbání výparného odporu vzduchové vrstvy pracuje s předpokladem minimální tloušťky vzduchové mezery a tím pádem i malým vlivem na výsledný výparný odpor. Tento předpoklad platí pro měření na přístroji Permetest, který má zakřivený povrch hlavice. Normálová síla působící na vícevrstvý komplet stlačuje jednotlivé vrstvy k sobě a tím výrazně snižuje vliv vzduchové mezivrstvy. Za těchto podmínek je pak možné vliv vzduchové mezivrstvy zanedbat.



Obr.11 – Schéma zapojení výparných odporů v jedno- a dvouvrstvěm komplexu

Výparný odpor lze zjistit z měření vícevrstvého komplexu, protože vztahy platící pro komplex jedné a dvou vrstev platí i pro komplexy vícevrstvé. Obecně pro celkový výparný odpor n-vrstvého komplexu platí vztah:

$$R_{tot(n)} = n * R_{et} + R_{mv}$$

Každý další komplex je však zatížen vzrůstající chybou způsobenou zanedbáním výparného odporu mezních vrstev vzduchu mezi jednotlivými vrstvami textilie. Předpokladem je, že nejmenší chybou bude zatížen dvouvrstvý komplex.

[sluka]

## 8.2 Měření novou metodou

Měření touto novou metodou je velice náročné na přesnost. Je nadmíru důležité dodržovat přesný postup při měření. Je nutné přístroj vždy správně zkalibrovat a ověřit přesné nastavení parametrů (nastavení hodnoty 0).

Tento způsob měření by měl zajistit vyšší přesnosti měření vzorků, při jejichž měření je zanedbáván vliv jejich struktury. Například na povrchu objemových pletenin dochází k turbulentním jevům, jež mohou ovlivnit výsledné naměřené hodnoty.

### Postup měření je následující:

- 1) Přístroj Permetest provede měření v referenčním režimu, tj. bez vzorku. Přístroj měří pouze membránu umístěnou na měřící hlavici.
- 2) Přístroj Permetest je zkalibrován definovanou kalibrační textilií v systému membrána-textilie (**M+T**).
- 3) Takto zkalibrovaným přístrojem je změřena zkoumaná textilie (**M+T**)
- 4) V další fázi přístroj provede referenční měření s vloženou zkoumanou textilií, tím bude vliv této textilie odečítán od další měřené vrstvy.
- 5) Přístroj Permetest je zkalibrován definovanou kalibrační textilií v systému textilie-textilie (**T+T**)
- 6) Takto zkalibrovaným přístrojem je změřená zkoumaná textilie v systému dvou vrstev shodné zkoumané textilie (**T+T**)

Uvedený postup je nutno přesně dodržovat, aby bylo dosaženo přesných výsledků. Je také nutné zajistit neměnné podmínky v laboratoři.

Výsledky měření (viz. Tab.2) potvrdily rozdílné hodnoty u vzorků s nekompaktním povrchem.

Vzorek	Relativní paropropustnost [%]		Výparný odpor [Pa*m <sup>2</sup> /W]	
	<b>M+T</b>	<b>T+T</b>	<b>M+T</b>	<b>T+T</b>
Coolmax	62,7	70,8	2,9	3,1
	61,5	71,3	3	3,2
	62,3	73,1	2,8	3,1
Double face-líc	60,6	72,4	3,1	3,6
	59,5	73,9	3,3	3,4
	59,8	82,3	3	3,7
Double face-rub	55	67,4	3,8	3,9
	54,2	68,2	3,9	4
	55,6	70,3	3,8	4
Sportwool	52,1	67,2	4,4	4,6
	50,7	65,1	4,6	4,5
	51,3	65,8	4,4	4,6
Thermo face	49,5	62,8	4,9	5
	48,6	63,4	4,8	5,2
	49,2	60,8	5	5,1
Thermo evo	58,6	67,3	2	2,2
	60,2	66,8	2,1	2,1
	59,3	67,5	2	2,2
Microstretch	52,8	65,3	2,8	3,2
	53,1	64,2	2,6	3,1
	52,9	67,8	2,7	3,4
Tecknopile	44,8	57,3	3,4	4,1
	45,5	59,8	3,3	4
	45,2	58,2	3,3	4,2

Tab.2

Rozdíly v hodnotách v této tabulce poukazují na nutnost zamyslet se nad správností dosavadního způsobu měření. Rozdíly v hodnotách výparného odporu vzorku Tecknopile napovídají, že právě u pletenin by vliv jejich struktury mohl být výrazný. Doporučuji se touto problematikou dále zabývat.

## 9 NÁVRH POSTUPU MĚŘENÍ PŘI ZJIŠŤOVÁNÍ VLIVU VLHKOSTI NA TEPELNÝ KOMFORT TEXTILÍÍ

Vliv vlhkosti na tepelný komfort textilií byl již mnohokrát měřen. Chybí však standardizovaný způsob, který by byl komerčně využitelný. Vezmeme-li v potaz časovou náročnost (viz. Tab.3) měření v této diplomové práci, byly by, při zachování stejného postupu, takto prováděné měření nejen časově, ale i finančně náročné.

Časová náročnost je počítána pro měření jednoho typu vzorků při 6 stupních zavlhčení. Údaj v závorce u úkonu – příprava vzorků uvádí čas nutný k aklimatizaci vzorků v laboratoři a přípravu roztoku. V úkonu – měření je započítána doba nutná na zavlhčení vzorků, tj. řádné navlhčení a ustálení

Úkon	Časová náročnost
příprava vzorků	25min (24hod)
vysoušení	3hod
měření	45min
vyhodnocení	2hod 25min
CELKEM	6hod 35min

Tab.3

V tomto postupu počítáme s měřením v 8mi stupních vlhkostního přivažku. Tyto stupně jsou přesně definovány již dříve zjištěnými skutečnostmi. První měření probíhá na vysušeném vzorku, druhé pak na textilií klimatizované v laboratoři. Další měření jsou odstupňována následovně:  $U=10, 20, 30, 40, 50, 80 \%$ . Tyto hodnoty vycházejí z poznatků již zmiňované prof. Niwi. Hodnota  $U=50\%$  je limitní pro vnímání textilie jako komfortní. Hodnota  $U=80\%$  je brána jako hodnota extrémního zavlhčení. Tuto hodnotu je možno nastavit dle případných požadavků. Postup, kdy víme, jaké hmotnosti chceme dosáhnout, je rychlejší a přesnější pro měření. Čas strávený počítáním požadované hmotnosti je minimální ve srovnání s měřením v náhodně určeném hmotnostním přivažku. Takto získané hodnoty nemusí být dostatečně vypovídající.

Bylo by dobré zvážit složení zavlhčujícího roztoku s ohledem na typ měření. Pot obsahuje určité procento soli a dalších látek, které mohou ovlivňovat výsledné vlastnosti.

### Návrh postupu měření:

- 1) Upravit vzorky na požadovanou velikost.
- 2) Vysušit vzorky a získat hmotnost vzorku bez obsahu vlhkosti.
- 3) Vysušené vzorky změřit pro získání hodnot bez vlivu vlhkosti.
- 4) Dle následujícího vzorce vypočítat hmotnost vzorku v požadovaném zavlhčení:

$$m_v = \frac{U * m_s}{100} + m_s$$

$m_v$ ...hmotnost zavlhčeného vzorku

$m_s$ ...hmotnost vysušeného vzorku

U ...% zavlhčení

- 5) Vzorky nechat aklimatizovat v laboratoři.
- 6) V této době připravit roztok na zavlhčení a nechat vzorek srovnat svou teplotu s teplotou okolí.
- 7) Aklimatizované vzorky zavlhčit v roztoku po dobu minimálně 20 min. tak, aby došlo k řádnému zavlhčení vzorku.
- 8) Vzorky vyjmout, nechat odkapat, převážít a pomocí svého papíru rovnoměrně vysušit na požadovanou počáteční hmotnost.
- 9) V této hmotnosti přeměřit a poté znovu převážít.
- 10) Opakovat vysušování vzorku s průběžnou kontrolou váhy až k dosažení váhy klimatizovaného vzorku.
- 11) Získané údaje vyhodnotit pomocí vhodných matematických a statistických metod.

Tento postup není nijak zavazující. Jedná se o doporučení založená na zkušenosti z měření těchto závislostí.

## ZÁVĚR

Tato práce byla věnována hodnocení vlivu vlhkosti na tepelný komfort textilií. Seznámili jsme se s teoretickými poznatky potřebnými k pochopení této problematiky. Byly nám blíže popsány přístroje Alambeta a Paremest, na nichž probíhalo vlastní měření.

V další části práce nám byly představeny výsledky měření. Z těchto měření vyplývá, že % zavlhčení textilie výrazně ovlivňuje tepelný komfort textilií. U některých textilií stačilo malé % zavlhčení k výraznému zhoršení tepelně izolačních vlastností textilie. Tato zjištění vedla k provedení subjektivního hodnocení. Propojením subjektivního hodnocení a objektivního měření docílíme uceleného pohledu na vliv vlhkosti na tepelný komfort.

Subjektivním hodnocením byly zjištěny výrazné rozdíly ve vnímání tepelného komfortu nejen v zimním a v letním období, ale také v závislosti na fyzické aktivitě. Nejmarkantnější rozdíly byly u hodnocení v zimním období a to při obou mírách fyzické zátěže. Dále byly velice výrazné rozdíly v porovnání nízké aktivity v zimním a letním období. Tyto poznatky byly porovnány s hodnotami zjištěnými při objektivním měření. Při tomto subjektivním hodnocení byly zjištěny i navazující uživatelské vlastnosti, které však doplňují celkový komfort daných oděvů.

Na základě zadání bylo provedeno zkušební měření relativní paropropustnosti a výparného odporu na základě nového postupu. Tento postup je založen na principu měření propustnosti jednoduchého vzorku v referenčním režimu a měření dvojitého vzorku ve fázi hlavního měření. Při porovnání s výsledky z klasického měření byly zjištěny rozdíly, které souvisí s neakceptováním vlivu struktury vzorku při klasickém měření. Je doporučeno se touto problematikou dále zabývat, neboť může mít zásadní vliv na dosavadní výsledky měření.

Na základě zkušeností z měření byl sestaven doporučující postup měření vlivu vlhkosti na tepelný komfort textilií. Tento postup je doporučující a je potřeba ho ověřit při dalších měření.

Přestože se práce snaží o podrobné zpracování celé této problematiky, otevírají se před námi další témata, která si zaslouží bližší pozornost do budoucna a bude vhodné se jimi blíže zabývat a zpracovávat je.

## LITERÁRNÍ ODKAZY:

- [1] Růžičková,D.: Oděvní materiály, skriptum, TUL, 2003
- [2] Hes, L.,Sluka, P.: Úvod do komfortu textilií, skriptum, TUL, 2005
- [3] Staněk, J., Kubíčková, M.: Oděvní materiály, skriptum, VŠST Liberec, 1986
- [4] Militký,J., Vaníček, P.: Vlastnosti vláken, literatura k přednáškám, TUL, 2002
- [5] Čekon,J.: Vliv vlhkosti na propustnost tkanin pro pracovní oděvy, diplomová práce, TUL, 2006
- [6] Kříž, M.: Studium ochlazování nositel oděvu odparem z vnější vlhké textilie, diplomová práce, TUL, 2007
- [7] Selinger, V.,Vinařický R.: Fyziologie člověka I, 1978
- [8] Sluka, P.: Výparný a hydraulický odpor vícevrstevných textilií, diplomová práce, TUL, 2006
- [9] [www.lywh.com/chinese/fibre/fiber\\_products/coolmax/coolmax.html](http://www.lywh.com/chinese/fibre/fiber_products/coolmax/coolmax.html)
- [10] [http://www.kod.tul.cz/info\\_predmety/Om/prednasky/om\\_6\\_web.pdf](http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Om/prednasky/om_6_web.pdf)
- [11] <http://www.ft.vslib.cz/deprt/ktm/?q=cs/materiály>
- [12] [www.sensor.cz](http://www.sensor.cz)
- [13] Hes,L., Doležal,I.: A new portable computer-controlled skin model for fast determination of water vapour and thermal resistance of fabric, Asian textile conference (ATC 7), New Delhi, 2003
- [14]Skin Model. In: Europ. Conf. On Protective Clothing, Gdynia (Poland), 2006
- [15]Interní norma č. 23-304-02/01,Měření tepelných vlastností na přístroji Alambeta, Výzkumné centrum Textil, 2004

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha 1. Měřené vzorky**

**Příloha 2. Hodnoty měření z přístroje Alambeta**

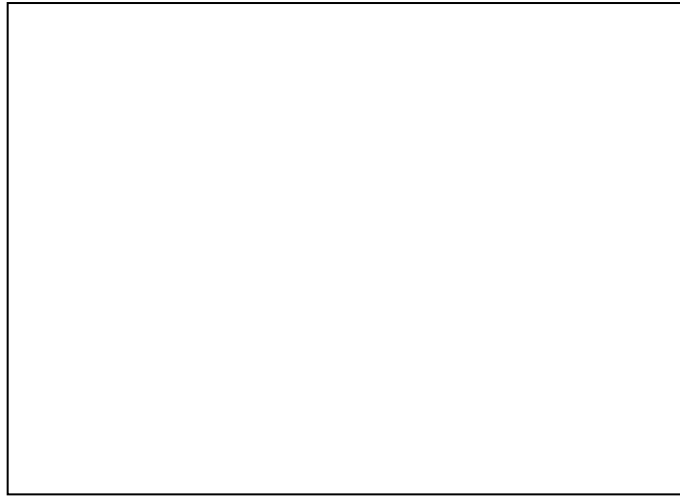
**Příloha 3. Hodnoty měření z přístroje Permetes**

**Příloha 4. Subjektivní hodnocení**



## **Příloha 1. Měřené vzorky**

### **Coolmax**



### **Sportwool**



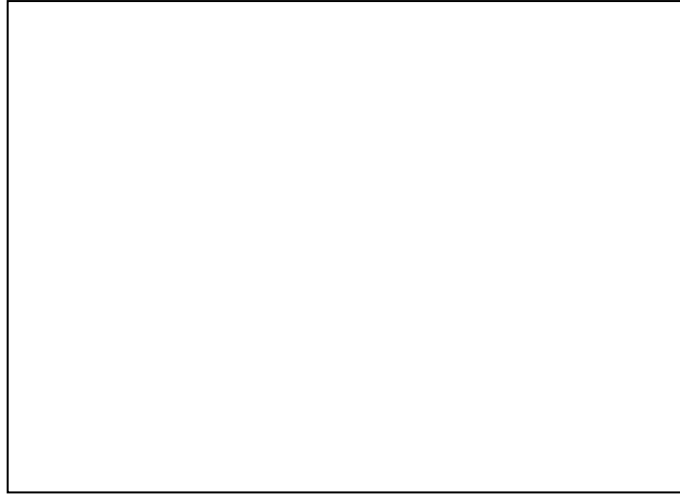
**Double face - líc**



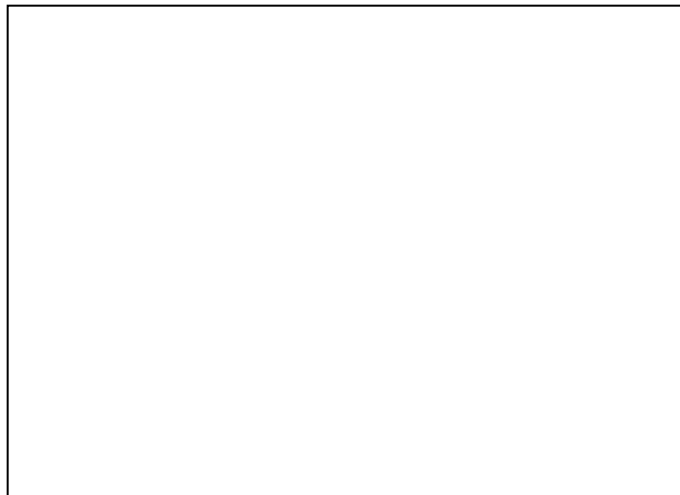
**Double face - rub**



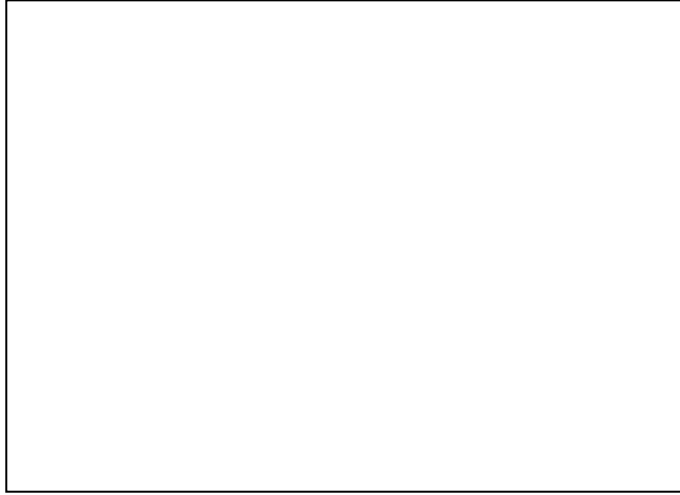
**Thermo face**



**Thermo evo**



## **Microstretch**



## **Tecknopile 170g**



## Příloha 2. Hodnoty měření z přístroje Alambeta

b – tepelná jímavost [  $W \cdot m^{-2} \cdot s^{1/2} \cdot K^{-1}$  ]

r – tepelný odpor [  $W^{-1} \cdot K \cdot m^2$  ]  $\cdot 10^{-3}$

$\lambda$  – měrná tepelná vodivost [  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$  ]  $\cdot 10^{-3}$

Coolmax				Double face - líc			
% zavlhčení	b	r	$\lambda$	% zavlhčení	b	r	$\lambda$
0	86,3	15,9	30,2	0	126	16	51,7
6,15	87,5	15,6	31,5	4,08	131	15,3	54,6
10,7	94,8	15,2	33,2	9,18	138	14,7	65,7
16,9	127	13,1	38,6	15,3	156	14,1	72,8
23,1	166	10,2	51	20,4	172	13,3	91,1
38,5	181	8,9	53,5	27,5	198	12,5	99,3
53,8	197	8,7	56,3	36,7	213	11,9	115
69	296	8	59,2	45,9	248	11,2	131
101,5	345	7,2	64,9	64,3	273	9,4	135
130,7	427	6,6	73,8	85,7	315	8,3	143
155	543	5,7	79,6	132,6	361	7,5	149
190,7	581	5,5	84,8	175,5	402	6,1	156
221,5	714	4,4	111	224,5	454	5,3	160
281,5	1000	2,8	169	286,7	498	5	166

Double face - rub				Sportwool			
% zavlhčení	b	r	$\lambda$	% zavlhčení	b	r	$\lambda$
0	104	26,3	42,4	0	95,3	23,6	42,1
4,08	107	25	45,9	3,5	98,1	22,3	43,5
9,18	142	18,5	60,8	5,3	113	22,9	47,6
15,3	157	16,8	65,6	7	145	19,1	58,5
20,4	165	15,3	67,6	9,7	171	16,3	65
27,5	191	14,9	68,7	16,6	233	12,3	87,6
36,7	197	14,7	69,5	25,4	296	10,7	93
45,9	223	12,4	74,6	37	346	10	114
64,3	257	12,1	76,9	51,7	396	9	118
85,7	270	11,3	81,8	64,9	457	8,3	129
132,6	318	10,3	84,8	100,9	608	6,7	138
175,5	403	10	92,3	141	764	6,2	158
224,5	488	9,8	98,9	172,8	866	5,7	163
286,7	515	9	103	221	1000	4,7	200
				264,9	1000	4	244
				315,7	1000	2,5	350

<b>Thermo face</b>			
<b>%zavlhčení</b>	<b>b</b>	<b>r</b>	<b>λ</b>
0	63,4	29,2	41,6
4,29	65,7	29	42
7,14	106	28,5	43,7
11,43	126	25,1	48,8
18,6	132	24,6	49,3
27,14	144	23,1	50,2
56,4	183	22,8	55,4
95,7	293	16,4	74
135,7	443	12,5	91,5
175	464	11,9	99,4
215,7	574	9,3	124
292,8	789	7,2	156
343,6	846	6,6	163

<b>Thermo evo</b>			
<b>% zavlhčení</b>	<b>b</b>	<b>r</b>	<b>λ</b>
0	101	26,6	48,9
4,46	104	25,4	50
7,1	107	22,2	51,8
11,6	112	19,7	54,2
14,3	181	14,2	71,8
20,5	190	13,9	72,8
28,6	221	12,5	80,2
38,4	253	10,9	88,8
49,1	271	10,4	90,8
66,9	350	9,5	99,3
84,8	457	8,3	106
114,2	582	6,5	139
150,9	719	5,8	150
187,5	779	5,4	155
234,8	965	4,6	174
280,4	1000	2,4	356

<b>Microstretch</b>			
<b>% zavlhčení</b>	<b>b</b>	<b>r</b>	<b>λ</b>
0	74,2	46,3	39,6
3,9	76,6	45,1	40,5
7,1	80,3	42,6	44,4
16,6	81,9	39,3	46,9
24,6	85,9	38,6	47,1
30,9	90,6	37,4	47,9
38,1	98,4	35,4	48,7
49,2	107	35	48,9
64,3	160,9	33,4	50,6
123	177	22	60,4
214,3	278	18,1	84,7
302,4	337	15,1	99,7
402,4	470	13,6	108
511	1000	6,2	214

<b>Tecknopile 170g</b>			
<b>% zavlhčení</b>	<b>b</b>	<b>r</b>	<b>λ</b>
0	58,3	74,2	37,8
4,12	59,5	73,4	38,9
11,34	68,4	68,7	45,3
18,6	73,1	65,7	57,8
26,8	79,6	62,3	59,2
45,4	83,4	59,9	63,3
68	102	57,6	69,1
92,7	145	48,3	74,9
110,3	187	41,2	82,3
190,7	265	35,4	87
370	334	28,1	91,8
581	607	16,9	131
742	657	14,7	153
902	709	14,5	158

### Příloha 3. Hodnoty měření z přístroje Permetes

p - relativní paropropustnost [%]

R<sub>et</sub> – výparný odpor [Pa\*m<sup>2</sup>/W]

Coolmax		
% zavlhčení	p [%]	R <sub>et</sub>
0	61,9	3
6,15	63,1	2,9
12,31	66,3	2,9
21,54	67,2	2,7
32,31	68,7	2,6
46,15	69	2,4
58,46	69	2,2
80	69,1	2
107,69	70,2	1,7
141,54	71,2	1,6
198,46	72,5	1,4

Double face - rub		
% zavlhčení	p [%]	R <sub>et</sub>
0	56,8	3,5
9,2	57,1	3,4
18,4	58,4	3,2
23,5	60,1	3,1
34,7	60,3	3
45,9	63,3	2,8
70,4	66,5	2,7
87,8	67,8	2,5
113,3	68	1,8
154	68,7	1,6
194	68,8	1,5

Double face - líc		
% zavlhčení	p [%]	R <sub>et</sub>
0	55	3,9
9,2	57,2	3,8
15,3	58,3	3,7
21,3	60,7	3,5
30,6	62,6	3,3
43,9	62,6	3,3
67,4	63,1	2,9
84,7	64,6	2,6
109,2	65,2	2,6
152	66,3	2,5
185,7	67,2	2,3

Sportwool		
% zavlhčení	p [%]	R <sub>et</sub>
0	50,7	4,6
6,1	53,9	4,4
11,4	55,7	4,3
18,4	59,6	4
29,8	60,9	3,7
42,1	61,2	3,5
59,6	61,4	3,4
78,9	63,6	2,9
96,5	64,8	2,5
138,6	64,9	2,4
197,4	68,5	2,2

Thermo face		
% zavlhčení	p [%]	R <sub>et</sub>
0	49,6	5
2,9	50	4,9
6,6	51,3	4,9
13,5	52,7	4,5
17,7	53,9	4,3
33,1	56,4	3,7
48,5	57,6	3,6
61	58,7	3,3
79,4	59	3,2
105,9	59,8	3
163,9	62,1	2,8

Thermo evo		
% zavlhčení	p [%]	R <sub>et</sub>
0	58,6	2,1
2,67	60,2	2
9,8	60,9	2
16,9	62	1,9
33,9	62,8	1,9
52,7	63,7	1,7
66,9	66,1	1,5
81,3	68,4	1,3
111,6	69,3	1,2
157,1	71,8	1,2
201,8	73,2	1,1

Tecknopile 170g		
% zavlhčení	p [%]	R <sub>et</sub>
0	42,2	3,4
4,12	44,8	3,3
18,5	45,5	3,3
41,2	45,9	3,2
58,7	46,1	3,1
77,3	46,6	3,1
98,9	46,9	3
122,6	47,8	2,9
251,5	48,6	2,8
336	49,3	2,8
496	50,2	2,6

Microstretch		
% zavlhčení	p [%]	R <sub>et</sub>
0	52,8	2,8
3,96	53,1	2,6
10,3	53,7	2,5
16,6	54,2	2,4
26,9	55	2,3
39,7	56,1	2,2
53,2	57	2
71,4	57,5	2
115,8	58,4	1,8
176,9	59,6	1,7
265	61	1,6



## Příloha 4. Subjektivní hodnocení

Coolmax							
	Léto - pasivní fáze						
	Stupeň zavlhčení %						
	4,6	10	20	30	40	50	65
<b>Osoba 1</b>	5	5	4	3	2	1	1
<b>Osoba 2</b>	5	5	4,5	3	3	2	1
<b>Osoba 3</b>	5	5	4,5	3	3	1	1
	Léto - aktivní fáze						
<b>Osoba 1</b>	5	5	5	4	2	1	1
<b>Osoba 2</b>	5	5	5	4	2	1	1
<b>Osoba 3</b>	5	5	4,5	3,5	2	2	1
	Zima - pasivní fáze						
<b>Osoba 1</b>	5	4,5	3,5	1,5	1	1	1
<b>Osoba 2</b>	5	4,5	3,5	1,5	1	1	1
<b>Osoba 3</b>	5	4,5	3,5	1,5	1	1	1
	Zima - aktivní fáze						
<b>Osoba 1</b>	5	5	5	4	2,5	1,5	1
<b>Osoba 2</b>	5	5	4,5	3,5	2	1,5	1
<b>Osoba 3</b>	5	5	5	4	2,5	1	1

Coolmax - průměrné hodnoty				
% zavlhčení	léto-pasivní	léto-aktivní	zima-pasivní	zima-aktivní
4,6	5	5	5	5
10	5	5	4,5	5
20	4,33	4,83	2,5	4,83
30	3	3,83	1,5	3,83
40	2,67	3,33	1	2,33
50	1,33	1,67	1	1,67
65	1	1	1	1

Double face							
	Léto - pasivní fáze						
	Stupeň zavlhčení %						
	4,08	10	20	30	40	50	65
<b>Osoba 1</b>	5	5	4,5	3	3	2	1
<b>Osoba 2</b>	5	5	4,5	3	2	1	1
<b>Osoba 3</b>	5	5	3	2,5	2	1	1
Léto - aktivní fáze							
<b>Osoba 1</b>	5	5	5	4	3,5	2	1
<b>Osoba 2</b>	5	5	4,5	3,5	3	2	1
<b>Osoba 3</b>	5	5	5	4	3,5	2	1
Zima - pasivní fáze							
<b>Osoba 1</b>	5	4,5	2,5	1,5	1	1	1
<b>Osoba 2</b>	5	4,5	3	2	1	1	1
<b>Osoba 3</b>	5	4,5	2,5	1,5	1	1	1
Zima - aktivní fáze							
<b>Osoba 1</b>	5	5	5	4	2	1,5	1
<b>Osoba 2</b>	5	5	4,5	3,5	2	1,5	1
<b>Osoba 3</b>	5	5	5	4	2	1	1

Double face - průměrné hodnoty				
% zavlhčení	léto-pasivní	léto-aktivní	zima-pasivní	zima-aktivní
4,08	5	5	5	5
10	5	5	4,5	5
20	4	4,83	2,67	4,83
30	2,83	3,83	1,67	3,83
40	2,33	3,33	1	2
50	1,33	2	1	1,67
65	1	1	1	1

Sporwool							
	Léto - pasivní fáze						
	Stupeň zavlhčení %						
	3,51	10	20	30	40	50	65
<b>Osoba 1</b>	5	5	4,5	3,5	3	1	1
<b>Osoba 2</b>	5	5	4	3	2	1	1
<b>Osoba 3</b>	5	5	4,5	3,5	2	2	1
Léto - aktivní fáze							
<b>Osoba 1</b>	5	5	5	4	3,5	2	1
<b>Osoba 2</b>	5	5	4,5	3,5	3	2	1
<b>Osoba 3</b>	5	5	5	4	3,5	2	1
Zima - pasivní fáze							
<b>Osoba 1</b>	5	5	2,5	1,5	1	1	1
<b>Osoba 2</b>	5	5	3	2	1	1	1
<b>Osoba 3</b>	5	4,5	3	2	1	1	1
Zima - aktivní fáze							
<b>Osoba 1</b>	5	5	5	4	3	2	1
<b>Osoba 2</b>	5	5	4,5	3,5	2,5	1,5	1
<b>Osoba 3</b>	5	5	5	3,5	2,5	1,5	1

Sportwool - průměrné hodnoty				
% zavlhčení	léto-pasivní	léto-aktivní	zima-pasivní	zima-aktivní
3,51	5	5	5	5
10	5	5	4,83	5
20	4,33	4,83	2,83	4,83
30	3,33	3,83	1,83	3,67
40	2	3,33	1	2,67
50	1,33	2	1	1,67
65	1	1	1	1

Thermo face							
	Zima - pasivní fáze						
	Stupeň zavlhčení %						
	4,29	10	20	30	40	50	65
Osoba 1	5	5	2,5	1,5	1	1	1
Osoba 2	5	4,5	3	2	1	1	1
Osoba 3	5	5	3	2	1	1	1
Zima - aktivní fáze							
Osoba 1	5	5	5	4	3,5	2	1
Osoba 2	5	5	5	3,5	3,5	1,5	1
Osoba 3	5	5	5	4	3,5	1	1

Thermo face - průměrné hodnoty		
% zavlhčení	zima-pasivní	zima-aktivní
4,29	5	5
10	4,83	5
20	2,83	5
30	1,83	3,83
40	1	2,5
50	1	1,5
65	1	1