



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta textilní



# TEPELNĚ - KOMFORTNÍ VLASTNOSTI FUNKČNÍHO PRÁDLA MOIRA V REÁLNÝCH PODMÍNKÁCH JEHO NOŠENÍ

**Bakalářská práce**

*Studijní program:* B3107 – Textil  
*Studijní obor:* 3107R007 – Textilní marketing  
*Autorpráce:* **Martina Jandurová**  
*Vedoucí práce:* prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.

---

Liberec 2015





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Textile Engineering ■

# HEAT - COMFORT FEATURES FUNCTIONAL UNDERWEAR MOIRA IN REAL CONDITIONS OF WEARING

**Bachelor thesis**

*Study programme:* B3107 – Textil

*Study branch:* 3107R007 – Textile marketing - textile marketing

*Author:* **Martina Jandurová**

*Supervisor:* prof. Ing. Luboš Hes, DrSc

---

Liberec 2015



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martina Jandurová**  
Osobní číslo: **T09000407**  
Studijní program: **B3107 Textil**  
Studijní obor: **Textilní marketing**  
Název tématu: **Tepelně - komfortní vlastnosti funkčního prádla MOIRA v reálných podmínkách jeho nošení**  
Zadávající katedra: **Katedra hodnocení textilií**

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

1. Uveďte stručný přehled poznatků o komfortu textilií textilí a způsobů jeho hodnocení. Stručně popište přístroj PERMETEST pro hodnocení paropropustnosti textilií a přístroj ALAMBETA a jeho použití k hodnocení jejich tepelné jímavosti a tepelného odporu.
2. Opatřete alespoň 4 vzorky nově vyvíjeného funkčního spodního prádla od firmy MOIRA a alespoň 2 vzorky běžného funkčního prádla vyrobeného z běžných bavlněných a polyesterových nebo polypropylenových vláken. Všechny vzorky by měly mít podobnou plošnou hmotnost nebo alespoň podobnou tloušťku.
3. Přístrojem PERMETEST pak dle možností proměřte efektivní relativní paropropustnost všech vzorků MOIRA při 5 úrovních zavlhčení, a to jednak s nepropustnou fólií vloženou mezi hlavici přístroje a vzorek, jednak bez této fólie. Postupné vysoušení vzorků provádějte příkládáním savých papírů. Rozdíl obou toků představující efektivní relativní paropropustnost vlhké textilie pak vynesete v závislosti na vlhkosti textilie vztážené na suchou textilií. Stejný postup aplikujte znovu u všech vzorků, ale k zavlhčení využijte princip tzv. vlhkostního impulsu. Přístrojem ALAMBETA proměřte také tepelný odpor a tepelnou jímavost vzorků, a to za sucha a po aplikaci vlhkostního impulsu. Na tomto přístroji pak ještě stanovte tzv. vlhkostní jímavost všech vzorků.
4. Výsledky všech měření vyhodnoťte pomocí statistických metod a znázorněte graficky. Tepelně - komfortní vlastnosti jednotlivých vzorků porovnejte a komentujte. Zjistěte, jak se tyto vlastnosti u běžného funkčního prádla liší od tepelného komfortu poskytovaného funkčním prádlem speciálním.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Hes L., Sluka, P.: Úvod do komfortu textilií. Skriptum TUL-FT, Liberec 2005.  
Kuneš J. a kol. : Tepelné bariéry, Academia 2003

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.

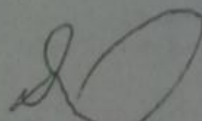
Katedra hodnocení textilií

Konzultant bakalářské práce: Kausik Bal, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií

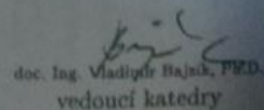
Datum zadání bakalářské práce: 24. října 2014

Termín odevzdání bakalářské práce: 14. května 2015



Ing. Jana Drašarová, Ph.D.  
děkanka

L.S.



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

V Liberci dne 8. ledna 2015

## Prohlášení

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

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

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

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

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi při vytváření této práce pomáhali. Především bych ráda poděkovala Luboši Hesovi, prof. Ing. DrSc. za odborné vedení a konzultaci této práce a poskytnutí měřicích přístrojů a neocenitelných rad z oboru. Dále bych chtěla poděkovat své rodině za poskytnutí vzorků, bez kterých by tato práce nebyla možná a za trpělivost, kterou se mnou měli.

.

## **Abstrakt**

Tématem této bakalářské práce jsou tepelně komfortní vlastnosti funkčních pletenin. Cílem práce je zjistit a vyhodnotit vlastnosti funkčních pletenin pro firmu Moira. Za pomoci měření na přístrojích PERMETEST a ALAMBETY jsou zjišťovány hodnoty parametrů důležitých pro vyhodnocení tepelně -komfortních vlastností. Teoretická část práce je zaměřena na použité materiály ve vzorcích a oděvní komfort. V praktické části práce se nachází výsledky měření a následné vyhodnocení vzorků a měřené vlastnosti poskytnutých vzorků.

## **KÍČOVÁ SLOVA:**

Tepelný komfort, funkční textilie, tepelná jímavost

## **Abstract**

The topic of thesis are thermally comfortable functional properties of knitted fabrics. The aim is to identify and assess the functional properties of knitted fabrics for the company Moira. With the help of measurement instruments and PERMETEST ALAMBETY are measured parameter values relevant to the evaluation - comfort thermal properties. The theoretical part pays attention to the materials used in formulas and clothing comfort. In the practical part is the measurement results and subsequent evaluation samples and measured properties of samples provided.

## **KEY WORLDS:**

Thermal comfort, functional fabrics, thermal capacity

## Obsah

1. Úvod .....	7
TEORETICKÁ ČÁST .....	8
2. Materiály .....	8
2.2 Bavlina .....	8
2.3 Polyester .....	9
2.4 Polypropylen .....	9
2.5 Polyamid .....	10
2.6 Vlna .....	11
3 Vzorky .....	12
3.2 Základní charakteristika pletenin .....	14
4 Definice a kvalifikace komfortu .....	15
4.2 Komfort je definován .....	15
4.3 Psychologický komfort .....	15
4.3.1 Rozdělení psychologického komfortu .....	15
4.4 Senzorický komfort .....	16
4.4.1.1 Komfort nošení .....	16
4.4.2 Omak .....	16
4.5 Termofyziologický komfort .....	16
5 Termoregulace .....	18
5.1 Způsoby přenosu tepla .....	19
5.1.1 Konvekce .....	21
5.1.2 Radiace .....	22
Absorbance .....	23
Reflektance .....	23
Transmitace .....	23
6. Přístroje pro hodnocení tepelného omaku textilií .....	24
7. Alambeta .....	24
7.1 stroj měří tyto parametry .....	25
7.1.1 Měrná tepelná vodivost $\lambda$ .....	25
7.1.2 Plošný odpor vedení tepla $r$ .....	25
7.1.3 Tepelná jímavost $b$ .....	26
8. Příklad Permetest .....	27
8.1 Měření výparného odporu a paropropustnosti .....	27



6.1.1	Výparný odpor:.....	28
6.1.2	Tepelný odpor .....	28
9.	Princip simulace potního impulsu .....	30
10.	Matematický model pro výpočet $q_{tot}$ u zavlhčené textilie .....	32
11.	Praktická část .....	35
11.1	Výsledky měření na přístroji PERMETEST .....	35
11.2	Výsledky měření za suchého stavu .....	35
11.3	Výsledky měření s vlhkostním (potním) impulzem .....	36
11.4	Výsledky měření s fólií.....	37
11.5	Měření vlhkostním impulzem a vlhkostním impulzem s fólií.....	38
12.	Výsledky měření na přístroji ALAMBETA.....	39
12.1	Výsledky za suchého stavu.....	39
12.2	Výsledky po zavlhčení .....	40
12.3	Výsledky zjišťování stupně vlhkostní jímavosti .....	41
13.	Výsledky znázorněné v grafech .....	42
14.	Permtest.....	42
15.	Alambeta .....	44
16.	Závěr.....	47
17.	Literatura.....	48
18.	Použité zkratky .....	49

## Úvod

Funkční prádlo a oblečení je využíváno v mnoha sportech a při různých aktivitách. Pro každého uživatele je důležitá první vrstva oděvu, kterou je pro většinu uživatelů triko. Pak záleží na druhu vykonávané aktivity a okolních podmínkách. Proto se žádané vlastnosti funkčního prádla a oblečení velmi liší a v této práci nás bude nejvíce rozhodující termofyziologický komfort škály vzorků pro funkční spodní prádlo. Z výsledků naměřených hodnot a porovnání jejich jednotlivých výsledků bude určen závěr na základě vyhodnocení, které pomohou rozhodnout o nejlepším materiálu pro výrobky z funkčního materiálu.

V teoretické části jsou stručně popsány materiály, které tvoří testované vzorky. Vzorky jsou popsány a je popsáno jejich složení, se stručnou charakteristikou pletenin společně s jejím rozkreslením pro patronování pletenin. V další kapitola je vysvětlena definice i a klasifikace komfortu textilií a termoregulaci lidského těla při přenosu tepla mezi člověkem a okolím. Dále jsou popsány měřicí přístroje, které byly použity při měření. Nakonec je popsána technika vlhkostního impulzu.

V praktické části práce jsou uvedeny výsledky měření na přístrojích PERMETEST a ALAMBETA, které byly rozděleny podle metod měření. Výsledky jsou zpracovány v tabulkách a na závěr jsou uvedeny grafy pro grafické znázornění naměřených výsledků. V samotném závěru jsou tyto výsledky slovně zhodnoceny.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 1. Materiály

### 2.2 Bavlna

Bavlněná vlákna jsou obsažena ve více než 50% vyráběných textilií. Bavlna měla velký význam na ekonomii od doby, kdy byla poprvé domestikována před asi 5000 lety.

Do Evropy se bavlna dostala až v době pozdního středověku. V době průmyslové revoluce se bavlna stala díky svým fyzikálním vlastnostem velmi důležitou pro textilní průmysl a koncem 19. Století tvořila přibližně 80% objemu všech textilních materiálů. V dnešní době si sice bavlna udržela postavení nejvýznamnější přírodní vlákno, ale nyní její význam byl narušen vlákny syntetickými. Na dnešní produkci se bavlna podílí zhruba 30% [2].

#### **Vlastnosti:**

#### **Výhody**

- Bavlna má dobrou pevnost v tahu (245-373 mN/tex)
- Dobrou pevnost v oděru (která se za mokra zvyšuje)
- Tvarovou stálost
- Velkou sací schopnost
- Odolnost vůči teplu
- Příjemný omak

#### **Nevýhody**

- Mačkavost
- Špatné vodivé vlastnosti
- Srážlivost
- Pomalé sušení
- Nepříjemný omak za sucha

### **2.3 Polyester**

Základní surovinou pro výrobu vlákna je ropa, z ní (esterifikací kyseliny tereftalové a etylénglykolu) se získá polyethyltereftalát a následným zvlákňováním a dlužením vzniká vlákno. V České Republice se můžeme setkat též s názvem TESIL.

Vyráběné vlákno v našem případě hedvábí (filament) se vyrábí v jednoduché, hladké podobě nebo modifikované. Jeho složení je vhodné k chemickým či pneumatickým úpravám.

Polyesterová vlákna se vyskytují v mnoha výrobcích [3].

Výhody

- Vysoká odolnost na světle
- Malá navlhavost (rychlé schnutí)
- Dobrá odolnost vůči oděru
- Tvarová stabilita
- Snadné udržování
- Možnost směsování – CO, WO, VI

Nevýhody

- Špatné sorpční vlastnosti (hydrofobnost)
- Zadržuje statický náboj
- Na omak drsný
- Vysoká žmolovitost [3].

### **2.4 Polypropylen**

Produkce polypropylenu činí zhruba 20% jako textilní vlákno. Koncem 50.let se začalo s průmyslovou výrobou tohoto vlákna v Itálii. Polypropylen je částečně krystalický plast, který se získává za pomoci katalyzátorů polymerizací propenu.

K výrobě se používá odpad vzniklý při zpracování ropy, proto je výroba polypropylenu méně nákladná než u ostatních syntetických materiálů. Polymerizovaná hmota se taví a dluží při teplotě 200 °C [4].

Výhody

- Dobrá pevnost v oděru

- Minimální navlhavost
- Nízký sklon k shromažďování statického náboje
- Nízké sklony ke žmolkování

#### Nevýhody

- Špatná barvitelnost vlákna (vlákno s barví při výrobě)
- Malá tepelná odolnost
- Špatná stálost na světle
- Nízká schopnost zotavení po deformaci [4].

### **2.5 Polyamid**

Jsou to vlákna z lineárních makromolekul, v jejich řetězcích jsou opakující se amidové skupiny [5].

Při výrobě se uplatnily následující druhy vláken:

Polyamid 6

Polyamid 6,6

Polyamid 11

Výchozí surovina z které se polyamid vyrábí je ropa, ze které vznikají chemickým procesem základní suroviny.[5]

#### Výhody

- Vysoká pevnost za sucha i za mokra
- Vysoká odolnost v oděru
- Vysoká pružnost
- Možnost trvalého plisování
- Stálost vůči chemickým činidlům (alkáliím)
- Nízká specifická váha
- Snadná údržba

#### Nevýhoda

- Nízká hygroskopičnost (za vlhka se zeslabuje)

- Studený omak
- Vznik statického náboje při výrobě i použití
- Velmi dobrá barvitelnost (záleží na typu vlákna)

## **2.6 Vlna**

Je vlákno živočišného původu, tato vlákna se získávají z ovčí srsti. Nejdříve je ovce ostříhána, pak se vlna třídí podle kvality. Následují procesy při níž je vlna čištěna a dále zpracovávána na vlákennou surovinu.

Světová spotřeba vláken v poslední době stagnuje v roce 2007 dosáhla asi 1,3 milionu tun (což je asi 1,6% celkové spotřeby textilních vláken).

### Výhoda

- Dobrá tažnost
- Vynikající pružnost a ohebnost (nemačkovost)
- Dobré izolační vlastnosti

### Nevýhoda

- Velká navlhavost
- Nízká pevnost
- Nízká pevnost za mokra (ztrácí 10-20% své pevnosti)
- Kousavý omak

### 3 Vzorky

Pro účely této bakalářské práce byly použity tyto vzorky, získané z firmy Moira.

1. Vzorek

Monet 1

Složení: 100% polypropylen hedvábí



Obrázek č. 1

2. Vzorek

Monet 2

Složení: 100% polyamid hedvábí



Obrázek č. 2

3. Vzorek

Monet 3

Složení: 100% polyester hedvábí



Obrázek č. 3

4. Vzorek

Monet 4

Složení: 100% polypropylen příže



Obrázek č. 4

5. Vzorek

Monet 5

Složení: 80% vlna (příže) 20% PAD



Obrázek č. 5

6. Vzorek

Polypropylenové triko Jitex

Složení: 100% polypropylen



Obrázek č. 6

7. Vzorek

Bavlněné triko

Složení: 100% bavlna



Obrázek č. 7



### 3.2 Základní charakteristika pletenin

Všechny vzorky jsou stejné liší se jen hmotností. Vzorky byly, charakterizovány jako zátažná oboulící pletenina s podloženými kličkami (pružná nit neboli multifil). Oboulící pletenina je tvořena střídáním lícních a rubních řádků. Pletenina je specifická svou velkou přímou tažností a plošnou hmotností. Pokud pletenina, obsahuje podkládané kličky její příčná tažnost se zmenší. V našem případě není příčná tažnost díky multifilovému vláknu moc omezena, protože je v podložených kličkách multifil tvoří se nám na rubu pleteniny vystouplé body, které pak přichází do styku s pokožkou.

$$HS= 420 \text{ sl. } m^{-1}$$

$$Hř=320 \text{ ř. } m^{-1}$$

O	V	-	-	-	V	O	V	O	V	O	V	-	-	-	V	O	V
O	-	O	V	O	-	O	V	O	V	O	-	O	V	O	-	O	V
-	V	O	V	O	V	-	-	-	-	-	V	O	V	O	V	-	-
O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V
-	V	O	V	O	V	-	-	-	-	-	V	O	V	O	V	-	-
O	-	O	V	O	-	O	V	O	V	O	-	O	V	O	-	O	V
O	V	-	-	-	V	O	V	O	V	O	V	-	-	-	V	O	V
V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O
V	O	V	-	-	-	V	O	V	O	V	O	V	-	-	-	V	O
V	O	-	O	V	O	-	O	V	O	V	O	-	O	V	O	-	O
-	-	V	O	V	O	V	-	-	-	-	-	V	O	V	O	V	-
V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O
-	-	V	O	V	O	V	-	-	-	-	-	V	O	V	O	V	-
V	O	-	O	V	O	-	O	V	O	V	O	-	O	V	O	-	O
V	O	V	-	-	-	V	O	V	O	V	O	V	-	-	-	V	O
V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O	V	O

O - lícní očka

V - rubní očka

- - podložená klička

## 4 Definice a kvalifikace komfortu

### 4.2 Komfort je definován:

Komfort je stav, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimu, a naše smysly nevnímají žádné nepříjemné faktory z okolí nebo oděvu. Nastalý pocit lze definovat jako pocit pohody, kdy člověk necítí chlad a ani nadměrné teplo nebo jiné nepříjemné vjemy a může v tomto stavu pracovat [1].

Klasifikace Komfortu

Komfort dělíme:

- psychologický
- senzorický
- termofyziologický

### 4.3 Psychologický komfort

#### 4.3.1 Rozdělení psychologického komfortu

Klimatická hlediska

Denní oblečením by mělo v první řadě respektovat tepelně klimatické podmínky, které jsou podmíněny geograficky. Jako přirozená ochrana proti zvýšenému UV záření v tropických oblastech.

Ekonomická hlediska - Zahrnuje finanční možnosti jedince a celkovou vyspělost politického systému státu.

Historická hlediska - Vychází z tradic a dlouhodobé historie

Kulturní hlediska – zde máme zvyky, tradice, obřady, náboženství.

Sociální hlediska - Věk, vzdělání a kvalifikace, sociální třída, postavení nebo pozice v této třídě.

Skupinová a individuální hlediska – Sem zahrnujeme módní vlivy, styl, barvy a lesk, trendy a osobní preference.

#### **4.4 Senzorický komfort**

- zahrnuje vjemy a pocity člověka při přímém styku pokožky a první vrstvy oděvu. Pocity vznikající při styku pokožky s pleteninou, mohou být příjemné pocit měkkosti, splývavosti a nepříjemné kdy pocítujeme tlak, vlhkost, štipání, píchání, lepení [1].

##### **4.4.1 Senzorický komfort dělíme:**

###### **4.4.1.1 Komfort nošení**

- povrch struktury použité pleteniny
- vybrané mechanické vlastnosti ovlivňující rozložení sil a tlaku v oděvu,
- schopnost pleteniny absorbovat a transportovat vodní páry či pot s dopadem na své kontaktní vlastnosti. Tímto senzorický komfort souvisí s komfortem fyziologickým.

4.4.2 **Omak** - je subjektivní veličina, špatně se hodnotí. Tato veličina nastává při styku prstů a dlaně s textilií a jejich následné vyhodnocení. Při subjektivním hodnocení pleteniny používáme pojmy jako hladkost (součinitel povrchového tření), tuhost (ohybovou a smykovou), objemnost a tepelně kontaktní vjemy [1].

#### **4.5 Termofyziologický komfort**

je stav organismu, kdy nepřevládají pocity tepla ani chladu. Je dán schopností pleteniny transportovat vodní páry a pot přes jednotlivé vrstvy oděvu a vlivem proudění vzduchu na povrchu a pleteninu ochlazuje[1].

Optimální hodnoty termofyziologického komfortu

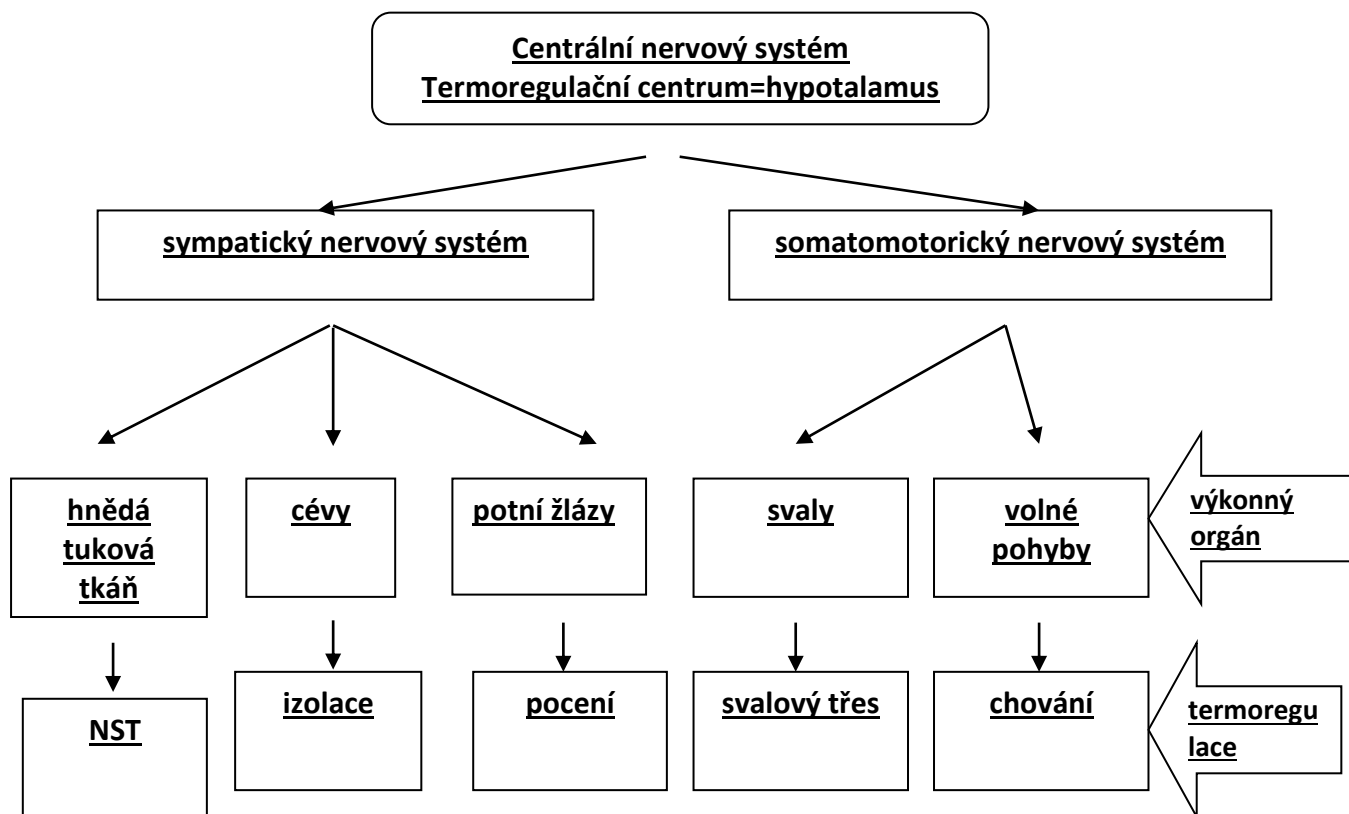
- nepřítomnost vody na pokožce
- obsah CO<sub>2</sub> 0,07%
- relativní vlhkost vzduchu  $50 \pm 10\%$
- rychlost proudění vzduchu  $25 \pm 10$  cm/s
- teplota pokožky  $33.2 \pm 1$  °C

Při diskomfortu mohou nastat pocity tepla nebo chladu. Pocit tepla se dostavuje při zvýšené aktivitě (např. při práci) nebo při působení teplého a vlhkého klimatu. Pocit chladu se dostavuje, především když dlouho setrváme ve studeném klimatu nebo při nízkém pracovním zatížení [1].

- pocit tepla (mírné teplo, teplo, horko)
- pocit chladu (chladno, zima, tuhnutí)
- 25% povrch těla je pokryt potem

## 5 Termoregulace

- Je schopnost organismu udržet stálou tělesnou teplotu. Tuto schopnost musí každý organismus mít z důvodu kolísání teploty jeho těla, kterou produkuje a přijímání tepla z okolí. Pomocí termoregulačních mechanismů člověk udržuje stálou vnitřní teplotu okolo 36.5°C. V rozmezí cca 4°C kolísá teplota organismu, to je většinou způsobeno vnitřními nebo vnějšími vlivy.



**Obrázek č. 8 Schéma odstředivých nervových drah řídicích termoregulační děje člověka**

Termoregulace je proces, který slučuje fyziologické pochody řízené centrálním nervovým systémem, udržujícím tělesnou teplotu na optimální teplotě, při které probíhají metabolické přeměny[1].

## Rozdělení termoregulace

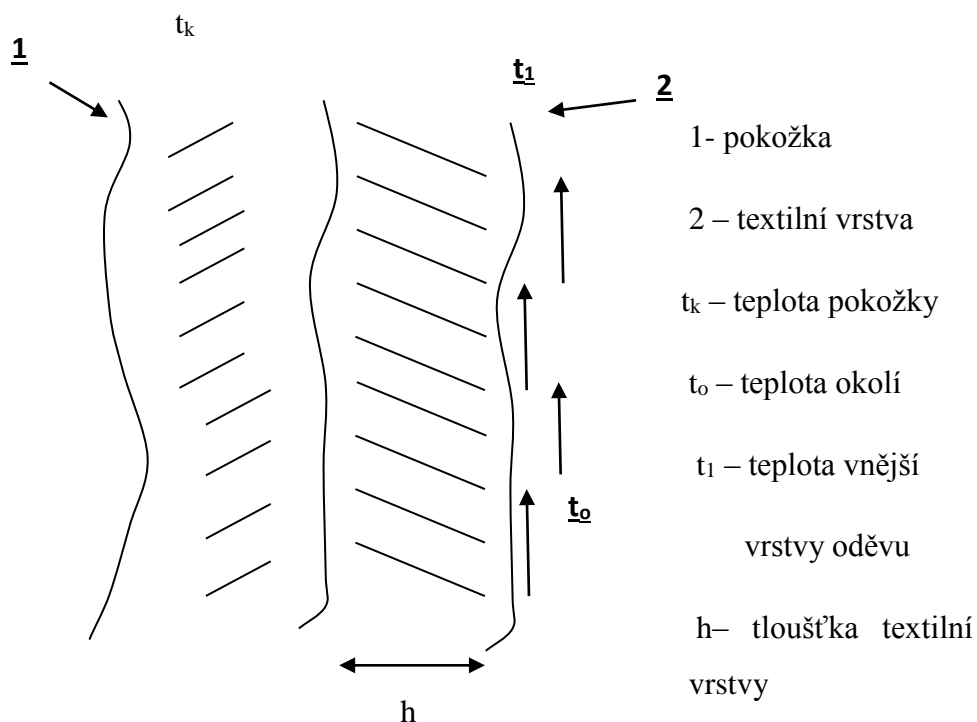
Chemická - při které dochází k tvorbě tepla a fyzikální a tím dochází k výdeji tepla. Představuje intenzitu chemických reakcí, při které dochází k látkové přeměně a tedy tvorbě tepla. S větší fyzickou zátěží organismu velikost generovaného tepla roste.

Fyzikální - obsahuje podíly jednotlivých odvodů tepla.

### 5.1 Způsoby přenosu tepla

- K přenosu tepla dochází následujícími způsoby *kondukcí (vedením)*, *konvekcí (prouděním)*, *radiací (zářením)*, *evaporací (odpařováním potu)*

*Kondukcí* ztrácíme, až 5% tepla je-li kůže v kontaktu s chladným prostředím. Převážně jde o přenos tepla chodidly a zádní částí těla při sezení na židli či spánku. Vedení tepla je hlavním mechanismem při přesunu tepla skrz tenké vrstvy oděvů[1].



Obr. č. 9 - Přenos tepla kondukcí [1]

Fourierův zákon

$$q = -\lambda \cdot \Delta t / \Delta x \quad (1)$$

Je úměrnost mezi tokem tepla  $q$  [ $\text{W}/\text{m}^2$ ], tepelnou vodivostí  $\lambda$  [ $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ ] a teplotním gradientem  $t/x$  [1]:

Jeden z nejdůležitějších ukazatelů Pro hodnocení tepelného komfortu je nejdůležitějším ukazatelem vztah pro tepelný odpor  $R$  [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ] deskových materiálů. (např. plošné textilie, tenké vzduchové vrstvy) o tloušťce  $h$  [ $\text{m}$ ] [1]:

hodnocení tepelného komfort

$$R = h/\lambda \quad (2)$$

Pro hodnocení tepelného komfortu je nejdůležitějším ukazatelem vztah pro tepelný odpor  $R$  [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ] deskových materiálů o tloušťce  $h$  [ $\text{m}$ ] [1].

Tepelný odpor vzduchové vrstvy

$$R_{CL} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \dots \quad (3)$$

V oděvu dosahuje svého maxima pro  $h$  ( 5 mm). Celkový tepelný odpor oděvu  $R_{CL}$  závisí na odporu a počtu jednotlivých oděvních vrstev [1].

### 5.1.1 Konvekce

Jinak můžeme říct že to je přenos tepla prouděním, které představuje přenos tepla mezi člověkem a okolím. Teplo je transportováno pomocí částic tekutin pohybujících se rychlostí  $v$  [m/s]. Mezi objektem a prostředím vzniká tzv. tepelně mezní vrstva o tloušťce  $\delta$ , ve které vzniká teplotní spád. Tloušťka mezní vrstvy vzrůstá u laminárního turbulentního proudění a klesá u turbulentního proudění. Turbulentní proudění tekutiny nastává v případě, kdy tzv. Reynoldsovo číslo **Re** převyšuje 2300. Bezrozměrné číslo **Re (Reinoldsovo)** je definováno vztahem [1]:

$$Re = vd/\nu \quad (4)$$

Kdy jednotlivé veličiny představují:

$d$  - charakteristický rozměr objektu [m]

$\nu$  - dynamická viskozita tekutiny [ $m^2/s$ ]

Tepelný spád na tepelné mezní vrstvě při přestupu tepla prouděním je v důsledku vnějšího tepelného odporu  $R_{\text{mezní vrstvy}} = R_E$  který je zahrnut do celkového tepelného odporu  $R_{\text{TOT}}$ .  $R_E$  Můžeme je vypočítat ze vztahu[1]:

$$R_E = 1/\alpha \quad (5)$$

Newtonův zákon vyjadřuje, že můžeme definovat tepelný tok přenášený jakýmkoliv druhem proudění[1]:

$$q = a_c(t_1 - t_2) \quad (6)$$

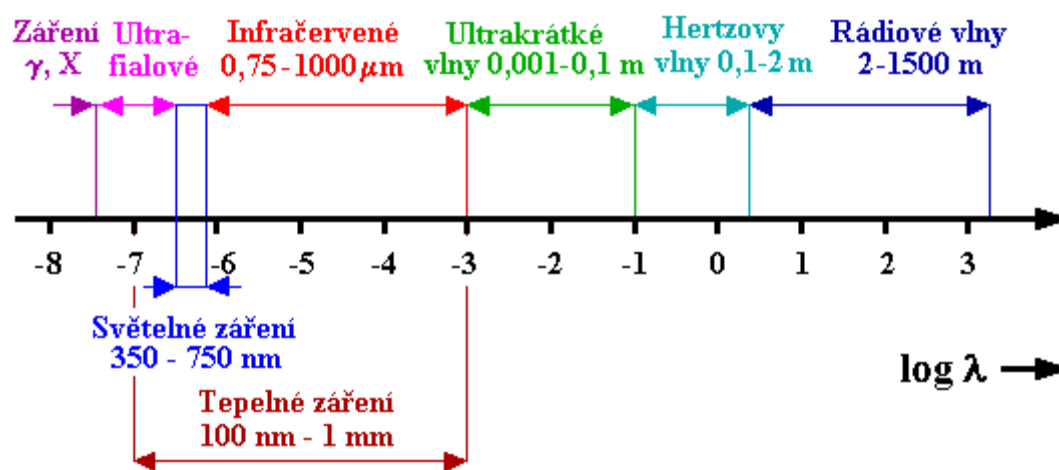


### 5.1.2 Radiace

Přenos tepla pomocí záření nazýváme radiace, šíří se prostorem o rychlosti  $c=300\,000\,000$  m/s. Toto záření o vlnové délce vlny  $\lambda$ . můžeme přiřadit frekvenci záření  $f$  podle vztahu[1]:

$$f = c/\lambda \quad (7)$$

Vlnové délky jednotlivých záření dobře vidíme na obrázku č. 10.



**Obr. č. 10 Spektrum elektromagnetického záření[1]**

Při dopadu záření na povrch, se záření může zachovat následujícími způsoby[1]:

- záření se odrazí od povrchu
- záření bude pohlceno
- záření projde skrz objekt

Rovnice energetické bilance[1]:

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_P + \mathbf{E}_\alpha + \mathbf{E}_\tau \quad (8)$$

kdy:

$\mathbf{E}$  ..... hustota zářivého toku dopadajícího

$\mathbf{E}_\rho$  ..... hustota zářivého toku odraženého

$\mathbf{E}_\alpha$  ..... hustota zářivého toku absorbovaného

$\mathbf{E}_\tau$  ..... hustota toku prošlého objektem

### Kirchhoffův zákon

Je vyjádřen reflektancí  $\rho$ , absorptancí  $\alpha$ , transmitancí  $\tau$ [1]:

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad (9)$$

kdy:

$\alpha$  – absorbance

$\rho$  – reflektance

$\tau$  - transmitance

### Absorbance

- se vypočítá jako poměr množství světla absorbovaného povrchem k celkovému množství světla dopadajícího na povrch[1].

### Reflektance

- udává množství světla odraženého od povrchu k celkovému množství světla dopadajícího na povrch[1].

### Transmitance

- udává poměr množství světla procházejícího povrchem vůči celkovému množství světla dopadajícího na povrch[1].

## 6. Přístroje pro hodnocení tepelného omaku textilií

Tepelný omak (warm – cool feeling) je pocit, který je vnímán pokožkou při krátkém kontaktu s textilií při oblékání (rukavice, sukně, kalhoty atd.). Tento parametr vyjadřuje přechodný tepelný pocit, který získáme v okamžiku, kdy se do daného již zmiňovaného textilního výrobku (rukavice, sukně, kalhoty atd.) nebo dalších výrobků. Pocit uspokojení z tepelného omaku silně ovlivňuje výběr zákazníků při koupi oděvů, proto se stává objektivní hodnocení tepelného omaku velmi důležité[1].

## 7. Alambeta

Tento přístroj byl vyvinut Ing. Hesem a Ing. Doležalem pro měření termofyzikálních parametrů textilií a to jak izolačních vlastností (tepelný odpor, tepelná vodivost), tak i vlastnosti dynamické (tepelná jímavost, tepelný tok). Je to poloautomatický počítačem řízený přístroj, který je schopen vyhodnotit statistické hodnoty naměřených údajů a zároveň obsahuje autodiagnostický program zabraňující chybným operacím přístroje. Měřící procedura zahrnuje měření tepelné vodivosti  $\lambda$ , tepelného odporu  $R$ , tepelného toku  $q_{max}$ , tloušťky vzorku a statistické zpracování výsledků vzorků trvá zhruba 3-5 min. Na základě vyhodnocení výsledků představuje tepelná jímavost  $b$  [ $Ws^{\frac{1}{2}}/m^2K^{-1}$ ] objektivní parametr tepelného omaku. Do přístroje je nutné vkládat vzorky bez přehybů, zvlnění nebo nečistot. Velikost vzorku 10x10 , musí být proto, aby vzorek pokryl celou měřící hlavici[1].

Při technice simulující vlhkostní (potní) impulz bylo důležité, aby se vlhkost šířená materiálem dostala do dostatečného průměru, aby byla vlhká část vzorku v kontaktu s celou měřící hlavou přístroje, proto bylo změněno množství vlhkostního impulzu aplikované injekční stříkačkou z 0.3ml roztoku na 0.15ml.

## 7.1 stroj měří tyto parametry:

**7.1.1 Měrná tepelná vodivost  $\lambda$  [ $W \cdot m^{-1} K^{-1}$ ]:** Součinitel měrné tepelné vodivosti  $\lambda$  představuje, schopnost látek vést teplo pokud je tepelný tok ustálen tak, že se rozložení teplot uvnitř látek nemění. S rostoucí teplotou tepelná vodivost klesá.

Můžeme ji definovat pomocí Fourierova zákona[1]:

$$\lambda = \frac{-q}{grad(T)} \quad [W \cdot m^{-1} K^{-1}]$$

( 10)

kdy:

T .....teplota [K ]

q..... hustota tepelného toku [ $W \cdot m^{-2} K^{-1}$ ]

grad..... gradient teploty [K/m]

### 7.1.2 Plošný odpor vedení tepla $r$ [ $W^{-1} K \cdot m^2$ ]

Představuje odpor kladený daným materiál při průchodu tepla. Je charakterizován množstvím tepla, které projde za jednotku času jednotkou plochy při teplotním spádu 1K[1].

$$r = \frac{h}{\lambda} \quad [mK \cdot W^{-1} m^2] \quad ( 11)$$

h..... tloušťka [ mm ]

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

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

Charakterizuje okamžitý styk s pokožkou(puls) a představuje množství tepla odvedené z pokožky do pleteniny. Tento tepelný puls je v prvním okamžiku roven tepelné jímavosti[1]

Platí:

$$b = \sqrt{\lambda * \rho * c}. \quad [ W s^{1/2} m^{-2} K^{-1} ] \quad (12)$$

Kdy:

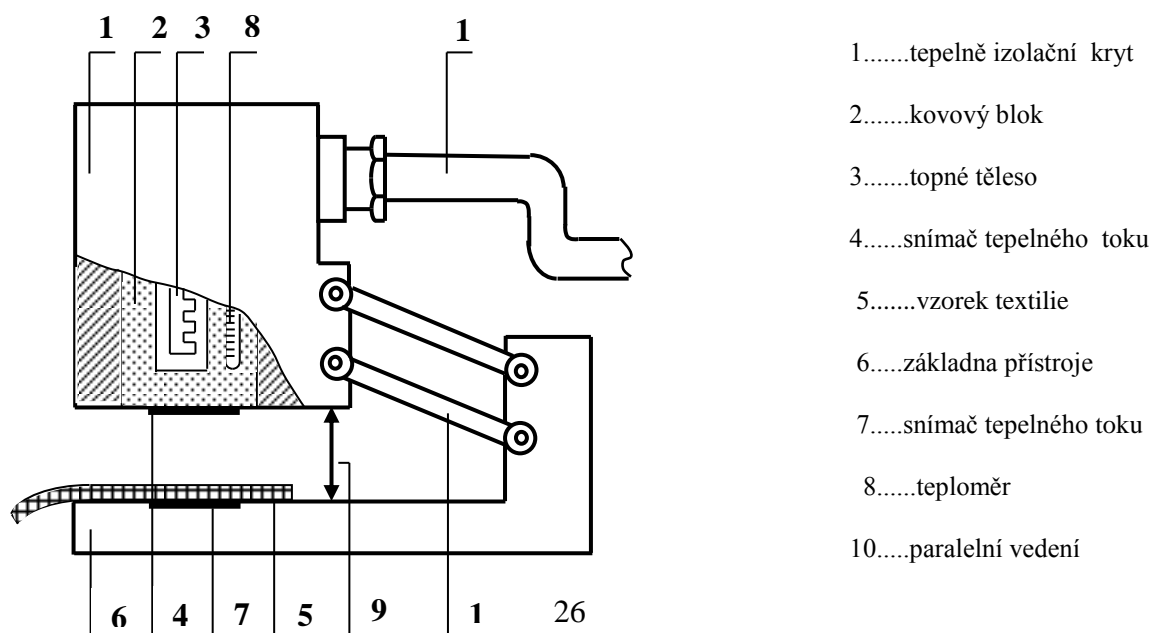
$\lambda$  ..... měrná tepelná vodivost [ $mW \cdot m^{-1} K^{-1}$ ]

$\rho$  .....měrná hmotnost [ $kg m^{-3}$ ]

$C$  ..... měrná tepelná kapacita [ $J / kg K$ ]

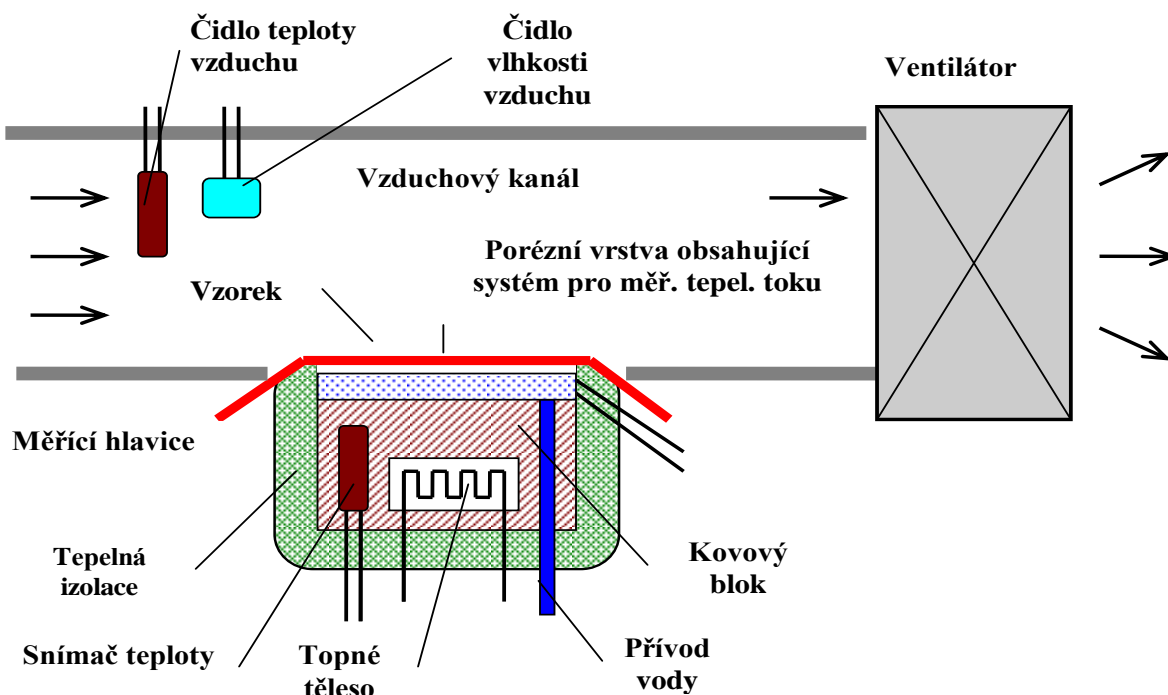
Jako chladnější pocít'ujeme hmatem ten materiál, který má větší tepelnou jímavost (větší hodnotu  $b$ ) [1].

Obr. č. 11 Princip přístroje ALAMBETA



## 8. Příklad Permetest

Příklad je Skin model malých rozměrů založený na přímém tepelném toku  $q$  procházejícího povrchem přístrojového modelu lidské kůže. Povrch tohoto modelu je porézní (membrána) a díky jeho zvlhčování je simulováno ochlazení pocením. Na povrchu je separační fólie, na kterou je přiložen měřený vzorek, kdy vnější strana



vzorku je ofukována[1].

Obrázek č. 12 schéma PERMETESTU

### 8.1 Měření výparného odporu a paropropustnosti

Měřicí hlavice (Skin model) je zahřívána pomocí topné elektrické spirály a díky regulátoru udržována na teplotě okolního vzduchu (20 - 23°C), který je do přístroje nasáván. Tímto se zajistí izotermické podmínky pro měření. Při měření se zásoba destilované vody v porézní vrstvě mění v páru a ta prochází přes separační fólii skrz vzorek. Následný výparný tepelný tok je měřen snímačem a následná hodnota je přímo úměrná paropropustnosti textilie nebo jejímu výparnému odporu. V obou těchto případech se nejprve měří tepelný tok bez vzorku a poté se vzorkem a přístroj zaznamenává odpovídající tepelné toky  $q_o$  a  $q_v$ [1].

Paropropustnost textilie P [%]

$$P = 100 (q_v / q_o) \quad (10)$$

Kdy:

$q_v$  ..... značí chladicí výparný tok [ $Wm^2K$ ]

procházející hlavici přístroje při vloženém vzorku

$q_o$  ..... chladicí výparný tok [ $Wm^2K$ ]

procházející hlavici přístroje bez vzorku

$P = 100\%$  ..... plně propustný vzorek

$P = 0\%$  ..... nepropustného vzorku[1].

### 6.1.1 Výparný odpor:

$$R_{et} = (P_m - P_a)(q_v^{-1} - q_o^{-1}) \quad (11)$$

### 6.1.2 Tepelný odpor

Přístroj je schopen změřit tepelný odpor  $R_{et}$  tepelný odpor vzorku [ $m^2.K/W$ ]

$$R_{et} = (t_m - t_a)(q_v^{-1} - q_o^{-1}). \quad (12)$$

#### Přehled použitých symbolů

$q_o$  .....plošná hustota tepelného toku procházející měřicí hlavici nezakrytou měřeným vzorkem [ $W/m^2$ ]

$q_v$  .....plošná hustota tepelného toku procházející měřicí hlavici zakrytou měřeným vzorkem [ $W/m^2$ ]

$P_m$  .....nasyčený parciální tlak vodní páry na povrchu měřicí hlavice [Pa]

$P_a$  .....parciální tlak vodních par ve vzduchu zkušebního prostoru při teplotě vzduchu ve zkušebním prostoru [Pa]

$p$  .....relativní propustnost pro vodní páry [%]

$R_{et}$  .....tepelný odpor zkoušeného vzorku [ $m^2 \cdot K/W$ ]

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

$\varphi$  .....relativní vlhkost vzduchu [%]

$t_m$  .....teplota povrchu měřicí hlavice [ $^{\circ}C$ ]

$t_a$  .....teplota vzduchu proudícího kanálem podél měřicí hlavice [ $^{\circ}C$ ] [1].



## 9. Princip simulace potního impulsu

Tato metoda spočívá ve vstříknutí 0.15 ml vody s 1% detergentu doprostřed testovaného vzorku. Po tomto kroku musíme čekat 1 minutu než se tekutina, simulující potní impuls, postupně rozlije ze středu vzorku a prvotní teplo z vlhka se rozptýlí rovnoměrně po vzorku. Po vypršení časového úseku 60 vteřin vznikne na textilií vlhké místo o ploše A. Tato plocha se většinou liší v závislosti na vzorku. Plocha A tenkého zavlhčeného bavlněného vzorku má průměr nejvýše 2 cm v důsledku toho, že adhezní síly mezi bavlnou a vodou bývají větší než kapilární síly uvnitř vzorku. Nyní můžeme přikročit k samotnému testování vzorků. Používané měřicí přístroje byly navrženy tak, aby měřicí část přístroje byla vždy v kontaktu s vlhkou částí testovaného vzorku[9].

Poté co textilie absorbuje vodu, vzniká tzv. smáčecí teplo  $Q_m$ . Jeho teoretická hodnota je asi 11x nižší než teplo kondenzační. Velikost smáčecího tepla je vyšší pro suché tkaniny a nižší pro vlhké a průměrná hodnotu smáčecího tepla v praxi dosahuje relativně nízké hodnoty 500 J/kg absorbované vody. V tom případě platí[9]:

$$Q_m = 0,0005 \text{ kg} * 500 \text{ J/kg} = 0,25 \text{ J}$$

(13)

Při nanášení roztoku na látku je pletenina záměrně položena na keramický talíř. Teplo při zavlhčení vzorků se vytváří kontinuálně, jak se postupně zvětšuje průměr měřícího místa na tkanině. Můžeme si představit, že přírůstek tepla z absorbované vlhkosti je lineární funkcí času  $\tau$  během zavlhčování. Tok tepla ze zavlhčeného vzorku o ploše  $1 \text{ m}^2$  může být vypočítán jako[9]:

$$q_A = Q_m / \tau$$

(14)

Vznikající teplo je následně odváděno z vrchní volné části povrchu prostřednictvím volného proudění, kde však hodnoty součinitele přestupu tepla bývají velmi nízké. Proto tento druh přenosu tepla může být zanedbán. Velký význam bude mít přenos tepla vedením z dolní části vzorku do keramického talíře, na který byly ukládány jednotlivé vzorky při aplikaci vlhkostního impulsu. Talíř může být při měření považován za polonekonečnou rovinu, kde přenášené teplo vodivostí popisuje je popsáno v rovnici, kterou můžeme zapsat jako[12]:

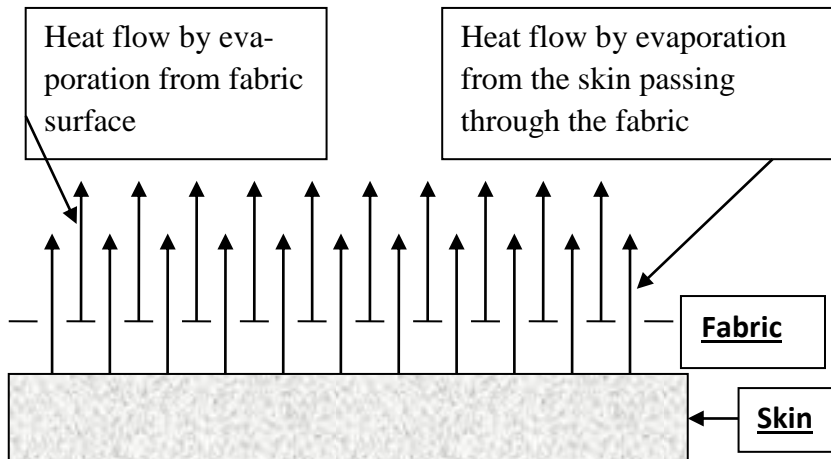
$$Q_m / (A\tau) = b\Delta t / (\pi\tau)^{1/2}$$

(15)

Poté co jsou dosazeny všechny parametry smáčecího děje, z výpočtu se nám ukáže, že ohřev textílie po 1 minutě prodlevy nepřesáhne  $0,173^{\circ}\text{C}$ . Teplotní spád mezi vzorkem a měřicí hlavicí v přístroji ALAMBETA činí  $10^{\circ}\text{C}$ , tak zmíněný nepatrný ohřev měřené textílie smáčecím teplem nemůže způsobit významnou odchylku měření[9].

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

Vliv zavlhčení na paropropustnost textilie je analyzována v bakalářské práci Pavla Linharta, z níž jsou převzaty některé následující výsledky. Celkový relativní chladicí tok z textilie je chladicí tok od pokožky procházející skrze textilií a chladicího toku vytvářeného odporem z povrchu vlhké textilie, viz následující obrázek. [7].



Obrázek č. 13 Schéma odparu z pokožky přes

Kříž ve své práci bere v potaz mezeru mezi pokožkou a textilií, zatímco v tomto případě mezera uvažována nebude[6].

Při měření s vloženou separační fólií mezi měřeným povrchem přístroje PERMETEST a vzorkem se pak uplatní pouze odpar z povrchu vlhké textilie. Efektivní relativní paropropustnost lze zjistit rozdílem naměřených hodnot mezi měřeními, textilie zavlhčené vlhkostním impulzem v prvním případě bez fólie a poté s fólií pak poskytne hledanou efektivní relativní paropropustnost zavlhčené textilie (efektivní relativní chladicí tok) z povrchu zavlhčených vzorků.

Celkový tepelný tok:

$$q_{tot} = q_{skin} + q_{fab} \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (16)$$

Tepelný tok z povrchu kůže:

$$q_{skin} = L[(p_{sat} - p_{air})/(R_{et} + R_{eto})] \quad (17)$$

Tepelný tok z povrchu vlhké textilie:

$$q_{fab} = \beta \cdot L(p_{sat} - p_{air}) / [1 + \alpha \cdot R_{ct}(1 - k \cdot U)] \quad (18)$$

Výparný odpor mezní vrstvy:

$$R_{eto} = \frac{1}{\beta} \text{ [Pa.m}^2 \cdot \text{s/kg]} \quad (19)$$

Difúzní součinitel pro vodní páry – vztaženo na tlak:

$$D_p = D_c \cdot M_w / RT \text{ [kg/m.s.Pa]} \quad (20)$$

kdy:

L .....výparné teplo vody [J.kg<sup>-1</sup>]

D<sub>c</sub> .....difúzní koeficient vztažen na koncentraci [m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>]

M<sub>w</sub>..... molární hmotnost vodní páry [18 kg/kmol]

R .....obecná plynová konstanta [8,31 kg<sup>-1</sup>mol<sup>-1</sup>]

T..... absolutní teplota vodní páry [K]

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

$$q_{tot} = L[(p_{sat} - p_{air}) / (R_{et} + R_{eto})] + \{L \cdot \beta(p_{sat} - p_{air}) / [1 + \alpha \cdot R_{ct}(1 - k \cdot U)]\} \quad (21)$$

kdy:

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

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

R<sub>et</sub> .....odpor textilie [Pa.m<sup>2</sup>s/kg] proti přenosu vlhkosti

R<sub>eto</sub> .....odpor mezní vrstvy [Pa.m<sup>2</sup>s/kg] proti přenosu vlhkosti

k .....konstanta charakterizující pokles tepelného odporu textilie s její rostoucí vlhkostí

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

h .....výška vzduchové mezery [mm]

$\beta$  .....součinitel přenosu hmoty prouděním  $\rightarrow \beta \approx \sqrt{v}$   
[kg/m<sup>2</sup>.s.Pa]

## 11. Praktická část

### 11.1

#### Výsledky měření na přístroji PERMETEST

#### 11.2 Výsledky měření za suchého stavu

Výsledky měření byly zaznamenány do následující tabulky, naměřené hodnoty jsou za suchého stavu. Vzorčky byly měřeny 3x na různých místech. Zaznamenán byl průměr z naměřených hodnot společně s variačním koeficientem.

Název vzorku	Relativní chladicí tok [%]	<u>Variační</u> <u>koeficient</u> [%]	<u>Výparný odpor</u> <u>Ret</u> [m <sup>2</sup> Pa /W]	<u>Variační</u> <u>koeficient</u> [%]
Monet 1	60,0	1,5	5,0	3,8
Monet 2	55,5	2,3	5,9	4,7
Monet 3	53,4	2,0	6,5	4,3
Monet 4	53,4	1,7	6,6	4,1
Monet 5	52,3	0,8	6,9	0,9
PP triko	77,4	0,9	2,5	3,7
BA triko	77,7	2,3	3,4	9,3

Tabulka č.1 – výsledky měření za suchého stavu

### **11.3 Výsledky měření s vlhkostním (potním) impulzem**

Výsledky naměřené na přístroji PERMETEST znázorňují hodnoty, po aplikování vlhkostního impulzu o množství 0,15ml přímo na textilií. Jsou zde uvedeny data pro absolutní paropropustnost a výparný odpor.

<b>Název měřeného materiálu</b>	<b>Naměřená hodnoty s impulzem [0,15]</b>	<b>Variační koeficient [%]</b>
<b>Monet 1</b>	<b><math>\overline{68,9}</math></b>	<b>1,2</b>
<b>Monet 2</b>	<b><math>\overline{66,7}</math></b>	<b>4,7</b>
<b>Monet 3</b>	<b><math>\overline{58,0}</math></b>	<b>3,1</b>
<b>Monet 4</b>	<b><math>\overline{60,3}</math></b>	<b>4,2</b>
<b>Monet 5</b>	<b><math>\overline{57,4}</math></b>	<b>10,2</b>
<b>PP triko</b>	<b><math>\overline{84,6}</math></b>	<b>1,6</b>
<b>BA triko</b>	<b><math>\overline{93,6}</math></b>	<b>3,0</b>

**Tabulka č. 2- výsledky měření za pomoci vlhkostního impulzu**

#### **11.4 Výsledky měření s fólií**

Hodnoty zaznamenané v tabulce byly naměřeny na přístroji PERMETEST, a to poté co byla přiložena na měřící hlavici nepropustná fólie. Výsledky představují relativní chladící tok (relativní paropropustnost) z rubu funkčních materiálů zavlhčených vlhkostním impulzem.

<b>Název měřeného materiálu</b>	<b>Naměřená hodnota s impulzem [0,15]a fólií</b>	<b>Variační koeficient [%]</b>
<b>Monet 1</b>	<b>58,9</b>	<b>5,4</b>
<b>Monet 2</b>	<b>52,2</b>	<b>12,3</b>
<b>Monet 3</b>	<b>49,6</b>	<b>3,6</b>
<b>Monet 4</b>	<b>51,4</b>	<b>1,4</b>
<b>Monet 5</b>	<b>43,6</b>	<b>9,6</b>
<b>PP triko</b>	<b>77,5</b>	<b>6,5</b>
<b>BA triko</b>	<b>85,5</b>	<b>3,2</b>

Tabulka č. 3 výsledky měření s fólií



## 11.5 Měření vlhkostním impulzem a vlhkostním impulzem s fólií

Název měřeného materiálu	Naměřená hodnoty s impulzem [0,15]	Variační koeficient [%]	Naměřená hodnota s impulzem [0,15] a fólií	Variační koeficient [%]	Výsledek Relativní efektivní paropropustnost (%)
Monet 1	$\overline{68,9}$	1,2	$\overline{58,9}$	5,4	10
Monet 2	$\overline{66,7}$	4,7	$\overline{52,2}$	12,3	14,5
Monet 3	$\overline{58,0}$	3,1	$\overline{49,6}$	3,6	8,4
Monet 4	$\overline{60,3}$	4,2	$\overline{51,4}$	1,4	8,9
Monet 5	$\overline{57,4}$	10,2	$\overline{43,6}$	9,6	13,8
PP triko	$\overline{84,6}$	1,6	$\overline{77,5}$	6,5	7,1
BA triko	$\overline{93,6}$	3,0	$\overline{85,5}$	3,2	8,1

**Tabulka č. 4 Výsledek relativně efektivní paropropustnosti**

Výsledky obou měření na přístroji PERMETEST s vlhkostním impulzem a vlhkostním impulzem s fólií zakrývající měřící hlavici, byly dány do jedné tabulky pro lepší znázornění. Následující tabulka znázorňuje relativní efektivní paropropustnost

## 12. Výsledky měření na přístroji ALAMBETA

### 12.1 Výsledky za suchého stavu

V tabulce jsou zaznamenány hodnoty měření vzorků za suchého stavu. Každý vzorek byl měřený 4x, naměřené hodnoty přístroj následně statisticky vyhodnotil. Variační koeficient je udáván ze čtyř měření.

Název měřeného materiálu	Naměřená hodnota $\bar{\lambda}$	Měrná tepelná vodivost $\bar{\lambda}$ [W/m.K]	Variační koeficient [%]	Tepelná jímavost $\bar{b}$ [W.s <sup>1/2</sup> / m <sup>2</sup> K]	Variační koeficient [%]	Naměřená hodnota $\bar{r}$	Plošný odpor vedení tepla $\bar{r}$ [m <sup>2</sup> .K/W]	Tloušťka materiálu $\bar{h}$ [mm]
Monet 1	40	0,040	0,7	83,9	4,1	53,4	0,0534	2,13
Monet 2	40,4	0,0404	0,8	91,3	2,1	54,5	0,0545	2,20
Monet 3	40,4	0,0404	0,8	61,8	2,2	61,8	0,0618	3,49
Monet 4	41,9	0,0419	0,8	73,2	3,3	70,8	0,0708	2,97
Monet 5	38,0	0,0380	1,7	70,0	1,7	78,1	0,0781	2,97
PP triko	42,4	0,0424	0,6	88,4	4,0	26,4	0,0264	1,12
BA triko	51,6	0,0516	2,5	130	5,4	12,7	0,0127	0,65

Tabulka č.5 Hodnoty naměřené na přístroji Alambeta za sucha

## 12.2 Výsledky po zavlhčení

Následující tabulka zachycuje výsledné hodnoty měření na přístroji ALAMBETA za použití vlhkostního impulzu. Vzorky byly změřeny 4x na různých místech. Pro každé měření byl jednotlivě aplikován vlhkostní (potní) impulz na suché místo pleteniny.

Název měřeného materiálu	Naměřená hodnota $\bar{\lambda}$	Měrná tepelná vodivost $\bar{\lambda}$ [W/m.K]	Variační koeficient [%]	Tepelná jímavost $\bar{b}$ [W.s <sup>1/2</sup> /m <sup>2</sup> K]	Variační koeficient [%]	Naměřená hodnota $\bar{r}$	Plošný odpor vedení tepla $\bar{r}$ [m <sup>2</sup> .K/W]	Tloušťka materiálu $\bar{h}$ [mm]
Monet 1	67,1	0,0671	37,3	169	58,2	35,0	0,0350	2,10
Monet 2	59,3	0,0593	18,7	143	37,9	40,7	0,0407	2,37
Monet 3	68,8	0,0688	30,9	123	52,9	57,0	0,0570	3,71
Monet 4	79,4	0,0794	19,5	190	34,3	37,4	0,0374	2,89
Monet 5	49,3	0,0493	12,6	103	28,5	57,9	0,0579	2,82
PP triko	101	0,0101	2,2	390	7,9	10,8	0,0108	1,10
BA triko	101	0,0101	15,7	510	25,8	7,6	0,0076	0,72

Tabulka č.6 Hodnoty naměřené na přístroji Alambeta s vlhkostním impulzem

### 12.3 Výsledky zjišťování stupně vlhkostní jímavosti

Naměřené hodnoty v tabulce zachycují měření na přístroji ALAMBETA za použití techniky vlhkostního impulzu. Každý vzorek byl měřen 4x. Pro každé měření byl aplikován impulz na čtyři proužky COOLMAX úpletu, který simuluje model vlhké pokožky.

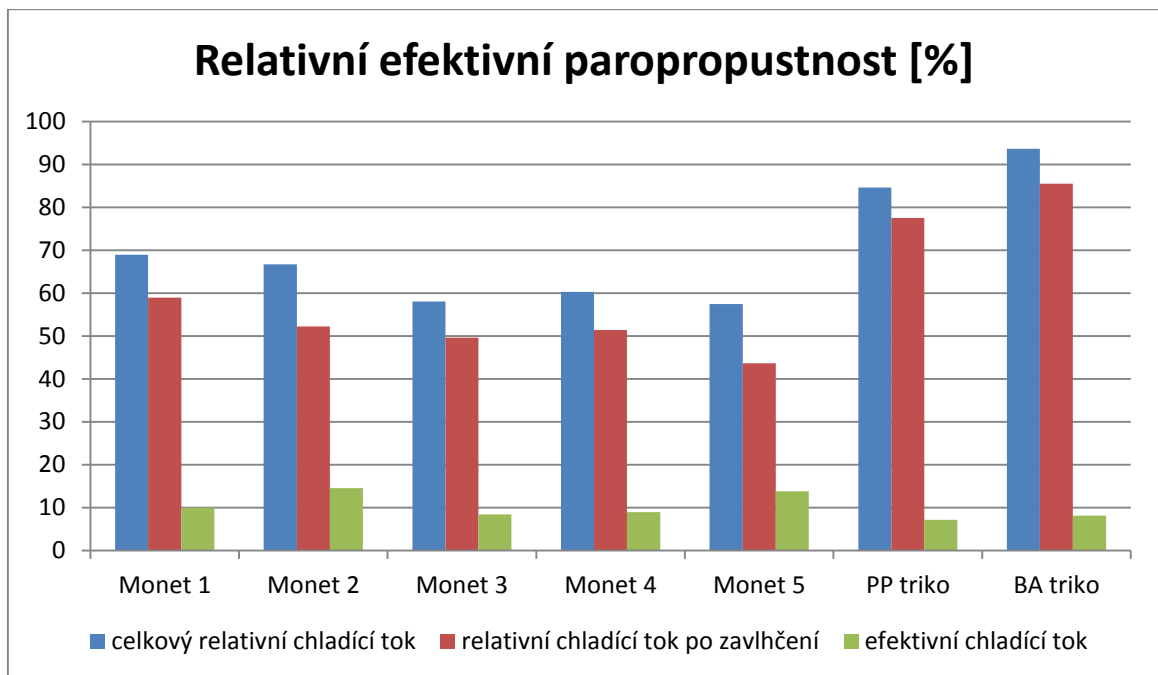
Hodnocená textilie	Plošná hmotnost [g.m <sup>2</sup> ]	Tloušťka materiálu $\bar{h}$ [mm]	Tepelná jímavost $\bar{b}$ [W m <sup>-2</sup> s <sup>1/2</sup> K <sup>-1</sup> ]	Variační součinitel [%]
Monet 1	163	2,13	342	12,4
Monet 2	154	2,20	342	5,1
Monet 3	134	3,49	261	3,0
Monet 4	165	2,97	281	14,9
Monet 5	175	2,97	288	13,5
PP triko	175	1,12	390	17,4
BA triko	180	0,65	408	20,9

Tabulka č.7 Hodnoty naměřené na přístroji Alambeta s COOLMAX úpletem

### 13. Výsledky znázorněné v grafech

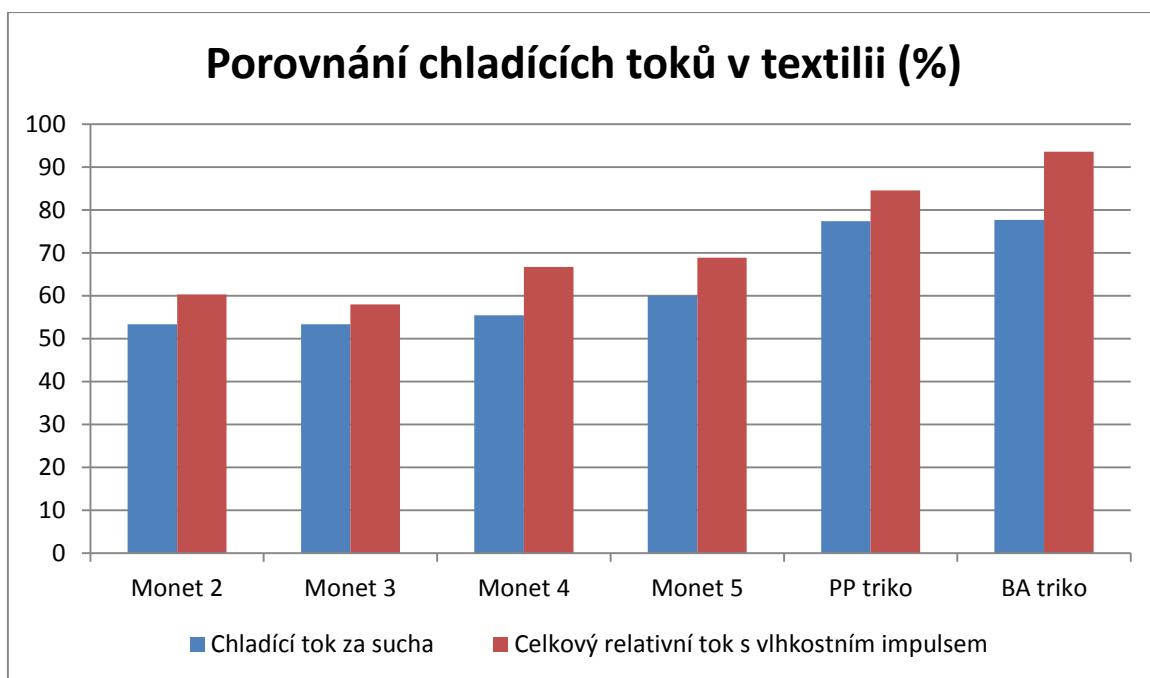
#### 14. Permtest

V grafu jsou zaznamenány relativní chladící toky z vlhké textilie. Jako první, modrý sloupec znázorňuje naměřené hodnoty vzorků po aplikaci vlhkostního impulzu. V druhém červeném sloupci jsou hodnoty, které byly zaznamenány při měření s nepropustnou fólií na měřicí hlavici přístroje. Poslední zelený sloupec znázorňuje rozdíl těchto naměřených hodnot efektivní relativní paropropustnost zavlhčených vzorků (efektivní relativní chladící tok).



Graf č.1 znázorňuje relativní efektivní paropropustnost.

Z výše uvedeného grafu vyplývá, že vzorek Monet 2 má nejlepší relativní paropropustnost vodních par. To znamená, že i za vlhka je materiál dobře prostupný pro vodní páry.

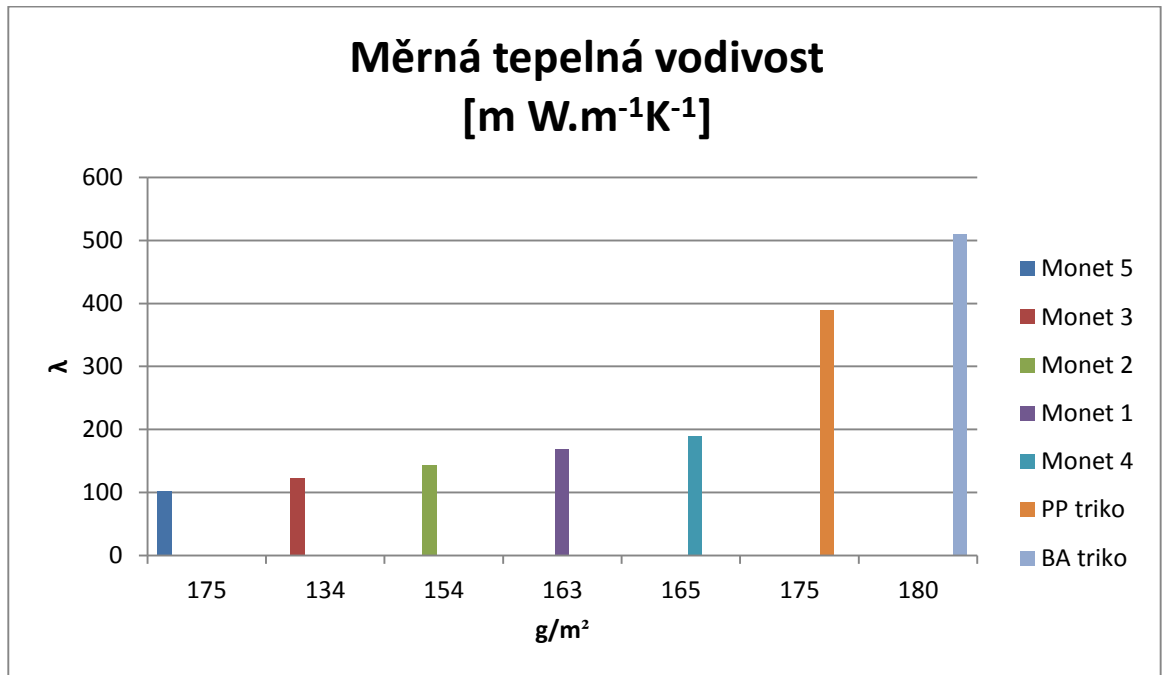


**Graf č. 2 Porovnání chladících toků v textílii**

V dalším grafu jsou porovnány chladící toky v textílii. První modrý sloupec zobrazuje naměřené hodnoty vzorků za sucha a druhý zobrazuje celkový relativní chladící tok po aplikaci impulsu. Daný graf je seřazen podle relativního chladícího toku za sucha.

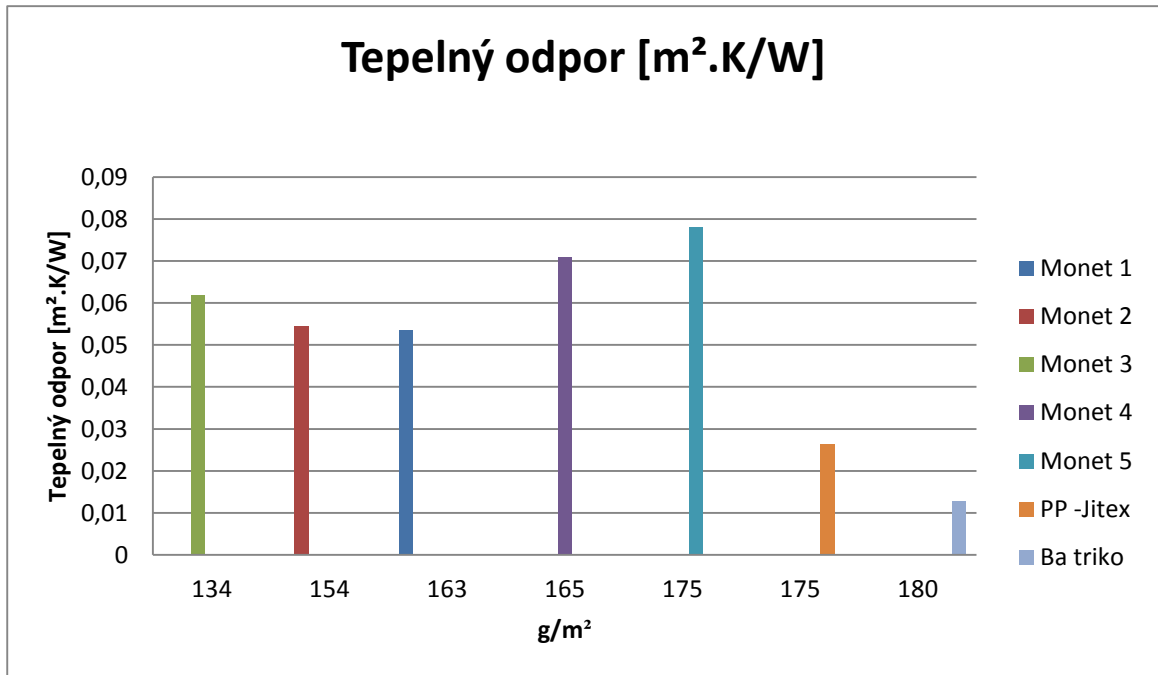
## 15. Alambeta

Jako první byla na přístroji ALAMBETA byla změřená tepelná vodivost, výsledky byli v grafu sestaveny vzestupně.



Graf č. 3 Měrná tepelná vodivost

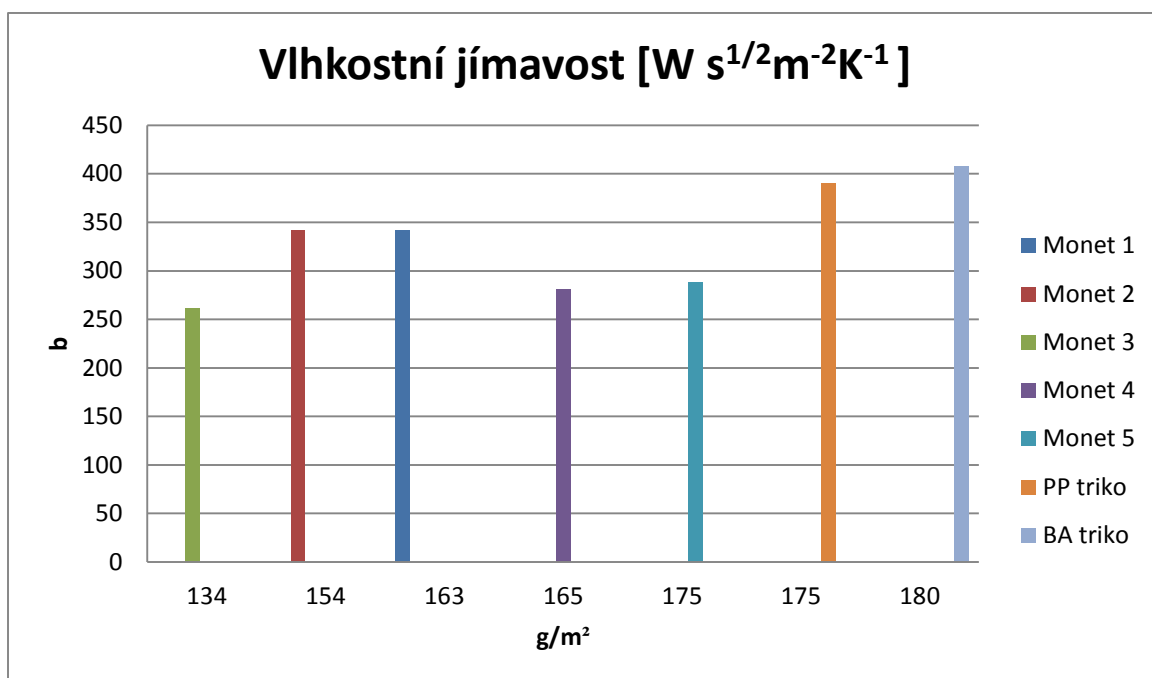
Vzorky Moira vykazují za vlhka nejnižší tepelnou vodivost, jak můžeme vidět u vzoreku Monet 5. To znamená, že ve srovnání s Ba trikem a PP trikem vykazuje i za vlhka nejvyšší tepelnou izolaci. Monet 5 tedy nejlépe zabrání prochladnutí i při značné námaze (např. lyžování).



**Graf č. 4 Tepelný odpor**

Z výše uvedených naměřených hodnot vyplývá, že vzorek Monet 5 zajistí lepší tepelnou izolaci, a při kontaktu s pokožkou bude působit hřejivěji než Ba triko. Naopak Ba triko se vykazuje menší tepelně – izolační schopností a způsobuje chladnější omak při styku s pokožkou než Monet 5.





Graf č. 5 Vlhkostní jímavost

Vlhkostní jímavost Na základě vlhkostní jímavosti  $b$  je zřejmé že největší jímavost má Ba triko při zavlhčení, nejmenší má podle očekávání Monet 3. Z toho vyplývá, že Monet 3 při hodnotách  $261 W s^{1/2}m^{-2}K^{-1}$  má téměř suchý, i když studený tepelný omak. Další vzorky jako třeba Monet 4 a Monet 5 na tom jsou relativně podobně.

Zde je nutné zmínit testovaný vzorek Monet 3, který má nejmenší teplotní jímavost, lze předpokládat, že použitá umělá vlákna u všech vzorků budou tvarovaná. Další testované vzorky Monet 4 a Monet 5 jsou na tom podobně, i přesto že vzorek Monet 5 obsahuje z 80% živočišné vlákno (vlnu). Ke zlepšení tepelných parametrů mohla dále přispět struktura pletenin.

Na základě výsledků na přístroji PERMETEST a vlhkostní jímavosti lze považovat vzorek Monet 3 za nejlepší z testovaných vzorků. Vzorek Monet 5 zase vykázal nejlepší izolační vlastnosti. Můžeme předpokládat, že dostupná funkční prádla ve specializovaných prodejnách budou nákladnější než ostatní výrobky na trhu.

## **16.Závěr**

Po provedených měření na přístrojích PERMETEST a ALAMBETA , při porovnání všech hodnot naměřených při různých stavech vzorků bylo získáno dostatek informací o tepelných komfortních vlastnostech měřených vzorků. Pro zákazníky zabývající se vysokohorskou turistikou, nebo pro lidi vykonávající práci v extrémních (chladných) podmínkách, kteří vykonávají vysokou fyzickou zátěž (záchranáři horské služby), kde při velké zátěži i přes nízké okolní teploty, může produkovat množství potu. Bylo by vhodné použít termoprádlo vyrobené z PES nebo POP. Tím by byl zachován termofyziologický komfort a tepelně izolační komfort, aby nedošlo k prochladnutí. Při výkonu fyzické aktivity za nízkých teplot většina i běžných uživatelů po chvíli začne cítit zmiňovanou fyzickou zátěž. Na tuto zátěž bude tělo reagovat tvorbou potu, z výsledků je zřejmé, že pro tyto účely nejsou vhodné výrobky z bavlny, protože kvůli jejich velké nasákavosti (vlhkostní jímavost) a malému tepelnému odporu b, by výrobek byl pro uživatele velice diskomfortní.

U běžných uživatelů s nižší fyzickou zátěží pak postačí výrobek z polyamidu, u kterého ocení zejména v počátku zátěže velmi dobrý kontaktní komfort za sucha.

Pro ty co pak upřednostňují tepelně izolační vlastnosti, bych doporučila výrobek s větším podílem vlny, vykazující nejlepší měrnou tepelnou vodivost.

## 17.Literatura

- [1]Hes L., Sluka P.: *Úvod do komfortu textilií*. Skripta. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-926-0
- [2]Bavlna [online]. 1.8.2015 [cit. 2015-08-1]. Dostupné z:  
[www.wikipedia.org/wiki/bavlna](http://www.wikipedia.org/wiki/bavlna)
- [3]Polyesterová vlákna. škola textilu. [online]. 1.8.2015 [cit. 2015-08-1]. Dostupné z:  
<http://www.skolatextilu.cz/vlakna/index.php?page=13>
- [4] polypropylenová vlákna [online]. 1.8.2015 [cit. 2015-08-1]. Dostupné z:  
[www.wikipedia.org/wiki/polypropylenová vlákna](http://www.wikipedia.org/wiki/polypropylenová_vlákna)
- [5]Polyamidová vlákna [online]. 1.8.2015 [cit. 2015-08-1]. Dostupné z:  
[www.wikipedia.org/wiki/ Polyamidová vlákna](http://www.wikipedia.org/wiki/Polyamidová_vlákna)
- [6]KŘÍŽ Michal. *STUDIUM OCHLAZOVÁNÍ NOSITELE ODĚVU ODPAREM Z VNĚJŠÍ VLHKÉ TEXTILIE*, Diplomová práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2007
- [7]Pavel Linhart. *TEPELNĚ - KOMFORTNÍ VLASTNOSTI FUNKČNÍHO PRÁDLA PRO HRÁČE GOLFU*, Bakalářská práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013
- [8]RYCHLOST, VLNOVÁ DÉLKA A FREKVENCE ZÁŘENÍ. [otp.fme.vutbr.cz/](http://otp.fme.vutbr.cz/). [online]. [cit. 2015-08-1]. Dostupné z:  
<http://otp.fme.vutbr.cz/~pavelek/optika/0201.htm>
- [9] HES, L., M. BOGUSLAWSKA- BACZEK a M.J. GERALDES. *Thermal Comfort of Bed Sheets under Real Conditions of Use*. Word Document, 2013

## **18. Použité zkratky**

Např. - například

Atd. - a tak dále

Obr. - obrázek

Tzv.- tak zvané

Č. - číslo