

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
FAKULTA TEXTILNÍ**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**LIBEREC 2010**

**Bc. Monika MALINSKÁ**

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
Fakulta textilní  
Katedra hodnocení textilií

---

Studijní program: N3108 Průmyslový management

Studijní obor: Management jakosti

Zaměření: Management jakosti

**TERMOFYZIOLOGICKÉ VLASTNOSTI PÉŘOVÝCH  
IZOLACÍ VE VLHKÉM STAVU**

**THERMAL PHYSIOLOGICAL PROPERTIES OF  
FEATHER INSULATION IN WET**

Monika Malinská

KHT – 029

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

**Rozsah práce**

Počet stran textu: 65

Počet obrázků: 25

Počet tabulek: 8

Počet příloh: 8

Zadání diplomové práce

(vložit originál)

## **Prohlášení**

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou 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 diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou 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.

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

V Liberci dne 30. června 2010

Podpis

## **Poděkování**

Touto formou bych chtěla poděkovat své rodině, především pak mamince, za podporu a pomoc, kterou mi poskytovali po celou dobu studia. Dále bych chtěla poděkovat svým přátelům, spolubydlícím a partnerovi, kteří mi věřili i v dobách, kdy jsem si nevěřila já sama.

Jmenovitě bych chtěla vyjádřit poděkování panu prof. Hesovi, jež je vedoucím práce. Dále chci poděkovat panu Mgr. Pavlu Habětínovi za věnovaný čas, poskytnuté rady z praxe a za zajištění vzorků pro měření. A v neposlední řadě bych chtěla ještě poděkovat panu Ing. Maroši Tunákovi, PhD., Ing. Jiřímu Kulovi a panu prof. Aleši Linkovi za podporu, pomoc a rady, které mi poskytli při tvorbě diplomové práce.

## Anotace

Prachové peří je jeden z nejdokonalejších tepelných izolantů. Používá se jako výplňkový materiál pro textilní výrobky, které se užívají v extrémně nízkých podmínkách. Má však jednu velkou nevýhodu, a tou je, že při kontaktu s vlhkostí se schopnost tepelné izolace velice snižuje. Proto je důležité zabránit styku peří s vlhkostí. Tento problém se již vyřešil použitím speciálních tkanin. Tyto tkaniny jsou vodotěsné. Zabraňují odvodu potu od těla. To je velký problém především u spacích pytlů. Proto je nutné aplikovat do spacího pytle nějaký absorbent vlhkosti, který by zvýšil tepelně fyziologický komfort uživatele. Jako dobrý absorbent se jeví materiál z 100% merinové vlny. Je však nutné prověřit tuto teorii měřením na přístroji, který měří izolační vlastnosti. Takovým přístrojem je Alambeta, která měří hodnoty jako tepelný odpor nebo tepelnou vodivost.

**Klíčová slova:** prachové peří, vlhkost, tepelný odpor, tepelná vodivost, spací pytel, merinová vlna

## Anotation

The down is one of the most perfect thermal insulations. It is used as filling material of textile products which are used in extremely cold areas. However, it has one big disadvantage and that is that upon contact with moisture, the ability of insulation is much reduced. It is therefore important to avoid contact with down with moisture. This problem has been solved by using special fabrics. These fabrics are waterproof. These fabrics prevent removal of sweat from the body. This is a big problem, especially in sleeping bags. It is therefore necessary to apply for a sleeping bag a moisture absorbent, which would increase the thermal physiological comfort of the user. As a good absorbent appears material from 100% merino wool. However, it is necessary to examine this theory to the measurement device that measures the insulation properties. Such a device is Alambeta that is measured parameter as thermal resistance or thermal conductivity.

**Keyword:** down, moisture, thermal resistance, thermal conductivity, sleeping bag, merino wool

## Obsah

<b>Seznam zkratk</b> .....	<b>8</b>
<b>Úvod</b> .....	<b>12</b>
<b>1. Warmpeace</b> .....	<b>14</b>
1.1 Historie firmy.....	14
<b>2. Peří</b> .....	<b>17</b>
2.1 Definice, funkce a druhy peří .....	17
2.2 Získávání peří.....	18
2.3 Znaky peří z vodní drůbeže.....	18
2.4 Husí peří .....	19
2.5 Prachové peří .....	19
<b>3. Spací pytle</b> .....	<b>21</b>
3.1 Rozdělení spacích pytlů .....	21
3.2 Nejdůležitější vlastnosti spacího pytle .....	22
3.2.1 Termoizolační schopnosti.....	22
3.2.2 Vodotěsnost spacího pytle .....	26
3.2.3 Hmotnost spacího pytle .....	26
3.2.4 Konstrukce spacích pytlů .....	26
3.2.5 Objem spacího pytle .....	28
3.2.6 Náplň spacího pytle.....	28
3.2.7 Vrchový materiál .....	29
3.2.8 Propustnost vodních par .....	30
<b>4. Komfort</b> .....	<b>31</b>
4.1 Druhy komfortu .....	31
4.1.1 Fyziologický komfort.....	31
4.1.2 Senzorický komfort.....	34
4.2 Tělesná termoregulace.....	35
4.2.1 Tepelná bilance.....	35
4.3 Způsoby přenosu tepla mezi člověkem a okolím.....	36
4.3.1 Přenos tepla vedením .....	36
4.3.2 Přenos tepla prouděním .....	37
4.3.3 Přenos tepla radiací (sáláním).....	38
4.3.4 Přenos tepla odpařováním .....	39
4.3.5 Přenos tepla dýcháním.....	39
4.4 Termofyziologický komfort .....	40
4.5 Metody hodnocení termofyziologického komfortu .....	42

4.5.1	Thermo-Labo .....	42
4.5.2	Alambeta.....	42
<b>5.</b>	<b>Odvod vlhkosti .....</b>	<b>46</b>
5.1	Odvod plynné vlhkosti .....	46
5.1.1	Přenos plynné vlhkosti vedením (difuzí) .....	46
5.1.2	Přenos plynné vlhkosti prouděním.....	47
5.2	Odvod kapalně vlhkosti .....	48
5.2.1	Kapilární odvod kapalně vlhkosti .....	48
5.2.2	Migrační odvod vlhkosti.....	48
5.2.3	Difuzní odvod vlhkosti .....	49
5.2.4	Sorpční odvod vlhkosti .....	49
<b>6.</b>	<b>Zjišťování tepelně komfortních vlastností.....</b>	<b>50</b>
6.1	Příprava vzorků .....	50
6.2	Zavlhčování vzorků .....	51
6.3	Měření na přístroji Alambeta .....	51
<b>7.</b>	<b>Vyhodnocení naměřených veličin .....</b>	<b>52</b>
7.1.1	Tepelná měrná vodivost $\lambda$ .....	53
7.1.2	Plošný odpor vedení tepla.....	55
7.1.3	Bodové grafy pro měrnou tepelnou vodivost .....	58
7.2	Analýza závislosti měrné tepelné vodivosti na zaplnění, vlhkosti a použitém materiálu .....	62
<b>8.</b>	<b>Návrh konstrukce spacího pytle s použitím merinové vlny .....</b>	<b>67</b>
8.1	Návrh inovace spacího pytle Horizont 1400 .....	67
8.2	Merino Inlet.....	68
<b>9.</b>	<b>Obecný odhad tepelné vodivosti materiálu ve vlhkém stavu .....</b>	<b>70</b>
	<b>Závěr.....</b>	<b>72</b>
	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>75</b>
	<b>Přílohy .....</b>	<b>76</b>



## Seznam zkratk

$Q_M$	vnitřní metabolický vývin tepla v lidském těle
$Q_{DP}$	tepelná ztráta difuzí vodní páry povrchem těla
$Q_V$	tepelná ztráta odpařováním potu z povrchu těla
$Q_{RL}$	tepelná ztráta latentní respirací
$Q_{RS}$	tepelná ztráta suchou respirací
$Q_{KO}$	přenos tepla z povrchu těla na vnější povrch oděvu (vedení tepla oděvem)
$Q_R$	přenos tepla sáláním z povrchu oděného těla
$Q_C$	přenos tepla konvekcí z povrchu oděného těla
$\lambda$	tepelná vodivost [W/m*K]
$\frac{\Delta t}{\Delta x}$	teplotní gradient
$R_{CL}$	celkový odpor [W <sup>-1</sup> .K.m <sup>2</sup> ]
$R_n$	jednotlivé odpory vrstev [W <sup>-1</sup> .K.m <sup>2</sup> ]
$R_{TOT}$	totální odpor [W <sup>-1</sup> .K.m <sup>2</sup> ]
$R_E$	odpor mezní vrstvy [W <sup>-1</sup> .K.m <sup>2</sup> ]
$v_s$	střední hodnota proudění kapaliny v daném průřezu [m/s]
$d$	průměr trubice [m]
$\nu$	dynamická viskozita tekutiny [m <sup>2</sup> /s]
$\alpha$	koeficient přestupu tepla [W.cm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]

$T_1, T_2$	teploty rovnoběžných rovin [K]
$\varepsilon$	povrchová emisivita
$\sigma$	radiační konstanta; $\sigma = 5,67 * 10^{-8} [\text{Wm}^{-2} \text{K}^{-4}]$
$i_{mt}$	index prostupu vodních par
$F_i$	schopnost krátkodobého přijímání vodních par [%]
$K_d$	hodnota vyrovnávání vlhkosti
$\beta_T$	hodnota vyrovnávání teploty [ $\text{K} \cdot \text{min}^{-1}$ ]
$K_f$	pufrační veličina
$i_{mt}$	index prostupu vodních par
$i_o$	povrchový index (drsnost, chlupatost)
$n_k$	počet dotykových bodů
$i_k$	index lepivosti
$i_B$	index snášivosti
$s$	úhel ohybu [ $^\circ$ ]
$TK_H$	senzorický komfort
$TK_T$	termofyziologický komfort
$TK_{celkový}$	celkový komfort
$h$	tloušťka [mm]
$\lambda$	měrná tepelná vodivost [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ]
$\rho \cdot c$	tepelná kapacita [ $\text{J}/\text{m}^3$ ]
$q$	tepelný tok q [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]
$a$	měrná teplotní vodivost [ $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ]

$b$	tepelná jímavost [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{1/2}\cdot\text{K}^{-1}$ ]
$q_{MAX}$	maximální tok [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]
$q_S$	ustálený tok [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]
$\rho$	poměr maximálního a ustáleného toku [I]
$m$	odpar vlhkosti [ $\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ]
$L$	výparné teplo vody [ $\text{J}/\text{kg}$ ]
$m^*$	množství páry, které je přenáшено vzduchovou mezerou [ $\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ]
$D_p$	difuzní koeficient [ $\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{s}\cdot\text{Pa}$ ]
$\frac{\Delta p_{\text{parc}}}{\Delta x}$	gradient parciálního tlaku
$h$	tloušťka [mm]
$C$	gradient koncentrace hmotnosti [ $\text{kg H}_2\text{O}/1\text{kg}$ vlhkého vzduchu]
$M_w$	molární koncentrace vodní páry [mol/l]
$R$	plynová konstanta
$T$	absolutní teplota vodní páry [ $^{\circ}\text{C}$ ]
$\beta_p$	koeficient přestupu vlhkosti [ $\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{s}\cdot\text{Pa}$ ]
$c_{pA}$	specifické teplo vlhkého vzduchu [ $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$ ]
$\Delta P$	kapilární tlak [Pa]
$R$	efektivní poloměr velkých pórů [ $\mu\text{m}$ ]
$r$	efektivní poloměr malých pórů [ $\mu\text{m}$ ]
$\gamma$	povrchové napětí vody [ $10^{-3}$ N/m]
$\Theta$	kontaktní úhel [ $^{\circ}$ ]
$p$	zvětšení vnitřního povrchu kapilárních kanálů

$R_{WP}$	odpor průchodu vodní páry jednotky [Pa.m <sup>2</sup> .W]
$\xi$	faktor tortuosity
$\varepsilon$	koeficient porosity
$P_L$	pivotová polosuma
$H$	hloubka pivotu
$x_D$	dolní pivot
$x_H$	horní pivot
$R_L$	pivotové rozpětí
$T_L$	náhodná veličina
$a$	absolutní člen
$b$	regresní koeficient nezávislé proměnné $z$ , která představuje parametr zaplnění
$c$	regresní koeficient nezávislé proměnné $y$ , která odpovídá parametru vlhkosti
$d$	regresní koeficient proměnné $u$ , která představuje parametr obsah merinové vlny
$\varepsilon$	náhodné chyby
$\lambda_{RES}$	výsledná tepelná vodivost [W*m <sup>-1</sup> *K <sup>-1</sup> ]
$\lambda_T$	tepelná vodivost textilie [W*m <sup>-1</sup> *K <sup>-1</sup> ]
$\lambda_I$	tepelná vodivost ledu [W*m <sup>-1</sup> *K <sup>-1</sup> ]
$\varepsilon$	součinitel zaplnění, pomocí kterého se určuje plošný podíl materiálu a ledu

## Úvod

Pokud si do vyhledávače google.com zadáte slovní spojení „pěřová izolace“, najdete několik odkazů na outdoorové portály, několik odkazů na internetové stránky různých, poměrně známých firem a v neposlední řadě několik odkazů na spací pytle. Hned v prvním odkazu se dočtete, že je peří zatím nejdokonalejším izolačním materiálem. Svě o tom vědí účastníci horolezeckých expedic mířených na největší hory světa. Pěřovou náplň využívají nejen ve svých bundách, ale i ve spacích pytlích. Kvalitní izolace se stává jejich jedinou zbraní proti extrémně nízkým teplotám.

O tom, že je peří vsutku jedinečná a nenahraditelná izolační náplň, bychom mohli psát tisíce řádků a jistě by vše byla pravda, ale je tu i druhá stránka mince a tou je, že pokud peří navlhne, jeho izolační schopnosti se rapidně sníží. Ztratí svoji schopnost expanze a znatelně se zvýší tepelná vodivost. Pak se z „pomocníka proti mrazu“ stane spíše provlhlá přítěž. Proto je důležité zabránit průniku vlhkosti, respektive potu k peří. Prozatím se tento problém řešil použitím vodotěsného vrchového materiálu. Ani to však nevede k dokonalosti, protože k peří se sice pot nedostane v takové míře, není však vyloučeno, že se tam nedostane vůbec (spací pytel není vyroben z úplně nepropustného materiálu) a pak zde nastává další kámen úrazu a tím je, že vlhkost ve formě páry projde od těla ke spacímu pytli, zkondenzuje a případně v nízkých teplotách zmrzne.

Tato diplomová práce byla vytvořena ve spolupráci s panem Mgr. Pavlem Habětínem, ředitelem a spoludávatelem firmy Warmpeace, která se zabývá výrobou a distribucí vybavení do přírody.

Cílem práce je alespoň částečně odstranit problematiku pronikání vlhkosti (potu) do spacího pytle, její následnou kondenzaci a případné zmrznutí. Vše by se z větší části či úplně dalo vyřešit použitím vhodného absorbentu vlhkosti. Tímto absorbentem by mohla být merinová vlna, jelikož má dobrou absorpci vlhkosti, vyzařuje sorpční teplo a má ucházející izolační schopnosti. Navíc je vlna oblíbeným materiálem mezi „polárníky“ používaným na termoprádlo.

Dalšími cíli jsou informovat o zmíněné problematice včetně normy EN 13537, dále pak zjistit skutečné hodnoty tepelné vodivosti a tepelného odporu u vzorků s původním vrchovým materiálem a u vzorků s použitím absorbentu vlhkosti. Dá se

předpokládat, že vzorky s merinovou vlnou mohou mít tepelnou vodivost za sucha stejnou či horší než vzorky bez obsahu merinové vlny, ale důležité pak bude, jak se hodnoty tepelné vodivosti budou měnit s rostoucí vlhkostí.

Pokud by se potvrdila teorie, že s použitím merinové vlny by spací pytel dosahoval lepších, tedy nižších či méně narůstajících, hodnot tepelné vodivosti v závislosti na rostoucí vlhkosti, je dalším cílem navrhnout konstrukci spacího pytle s použitím zmíněného absorbentu. Prioritou musí být ten fakt, že spacák musí být co nejlehčí, dobře balitelný, nesmí komplikovat uživateli manipulaci a musí být použitelný v kombinaci s péřovou náplní.

Je důležité podotknout, že pokud by se podařilo inovovat expediční spací pytel tak, aby pak dosahoval lepších izolačních schopností při působení vlhkosti, byl by to pro mnoho uživatelů „velký krok kupředu“ ve světě outdooru.

## 1. Warmpeace

Firma Warmpeace se v současné době zabývá výrobou a distribucí kvalitního outdoorového oblečení a outdoorových pomůcek.

### 1.1 Historie firmy

Prvopočátky firmy spadají až do roku 1986. Tehdy firma ještě neexistovala papírově, její pozdější zakladatelé však šili péřové bundy a spacáky pro své osobní účely a své přátelé. V roce 1990 se pak z „domácké výroby“ stala firma působící na živnostenské podnikání. Ke každé firmě patří název a logo, a tak byl zaveden jednoslovný název WARMPEACE, v překladu znamenající „pohoda v teple“, s logem uvedeným na obrázku (Obr. 1). [1]



Obr. 1 Původní logo firmy Warmpeace

V dalším roce, tedy v roce 1991, se firma přesunula do prvních pronajatých prostor, a to v Praze. Dále firma přijala první zaměstnance a rozšířila výrobu o další sportovní oblečení a vybavení. V roce 1992 však firma opustila pražské sídlo a přesunula se do velké pronajaté budovy v Červeném Kostelci. Tím se firma Warmpeace definitivně stala výrobní firmou střední velikosti. Přišly první spolupráce s partnerskými obchody a první prezentace na sportovních výstavách a veletrzích. Je zarážející, že do této doby zajišťovaly všechny odbyté zakázky jednotlivců. [1]

Okolo let 1992-1993 se do naší země začal dostávat trend outdooru, s čímž je spojen pojem Outdoor equipment, což pro tehdejší Československo znamenal nárůst firem s vybavením pro turistiku a horolezectví. V té době firma Warmpeace otevřela první obchod s vlastním zbožím, ačkoliv zanedlouho i s výrobky jiných domácích i zahraničních výrobců outdoorových pomůcek. Snahou firmy bylo poskytnout zákazníkům zboží ve střední a vyšší kvalitě, proto se už v té době firma zaměřila na pravidelnou inovaci nabídky, čímž doposud konkuruje zahraničním firmám a to nejen v kvalitě nabídnutého zboží, ale i v poskytnutých službách. [1]

V roce 1994 se mezi dodavatele firmy Warmpeace zařadila i firma Gore, výrobce populárního zboží Gore-Tex a Windstopper. Díky vysoké kvalitě zboží a spolupráci s firmami prověřených jmen, firma Warmpeace pronikla na zahraniční trh, jehož nedílnou součástí je i v současnosti. [1]

V roce 1996 se sídlo firmy s obchodem přesunulo znovu do Prahy, konkrétně do Slavíkovy ulice u náměstí Jiřího z Poděbrad, kde firma působila až do roku 2007, obchod pak do roku 2008. [1]

Protože firma postupem času rozšířila svoji produkci z výhradně péřových výrobků i na „nepéřové“ výrobky, musela zvolit i jiné logo. Stal se jím panáček „VARMPÍSÁK“ (Obr. 2).



Obr. 2 Nové logo firmy s panáčkem „Varmpísákem“

Toto logo je známe i v zahraničních zemích, jako jsou, přilehlé evropské země, Skandinávie, Jižní Korea či Japonsko, protože všude tam má firma své partnerské prodejny. [1]

V letech 2001-2003 se pak firma přeměnila na právnickou osobu. Objem produkce se významně zvýšil, a to tak, že překonal možnosti vlastní výroby. Tato skutečnost si vyžádala užívání subdodavatelů z několika továren v Evropě a Asii. Firma Warmpeace však neustálou kontrolou dodávaných polotovarů udržela vysoký kvalitativní standard. *„Kvalita takového systému výroby je garantována stálou přítomností výrobního managementu firmy WARMPEACE u každé probíhající výrobní série. Továrny, které používáme, disponují nejnovější technikou a ovládají i nejnáročnější technologie.“* je uvedeno na webových stránkách <http://www.warmpeace.cz/historie-firmy.html>. [1]

Okolo let 2006-2007 majitelé firmy zjistili, že je nutné i přes potěšující nárůst poptávky po zboží Warmpeace, přerušit trend růstu společnosti, protože chtěli udržet firmu Warmpeace jako malou společnost, která klade důraz na detailní přístup k výrobku, ne jako obrovskou společnost se složitým managementem. *„V roce 2007*



*jsme naštěstí přerušili tento trend a otočili firemní kormidlo zpět k malé společnosti, jejíž vedení je v silách jednotlivců a ne "teamu". Na konci roku 2007, by se dali všichni pracovníci firmy Warmpeace téměř spočítat na prstech všech končetin jednoho zdravého člověka. Firma není svázána žádnými nadměrnými náklady ani úmluvami či závazky, které by ji omezovaly ve svobodném rozhodování o svém osudu. Centrum společnosti se přesunulo mimo Prahu, kde na původní adrese zůstala firemní prodejna, kterou se podařilo rozšířit a vylepšit a později v červenci 2008 předat novému provozovateli.*

*Do nových sezon vstupujeme bohatší o nové zkušenosti a zážitky. Původní principy práce se nemění.“* uvedli majitelé firmy Warmpeace na webových stránkách <http://www.warmpeace.cz/historie-firmy.html>. [1]

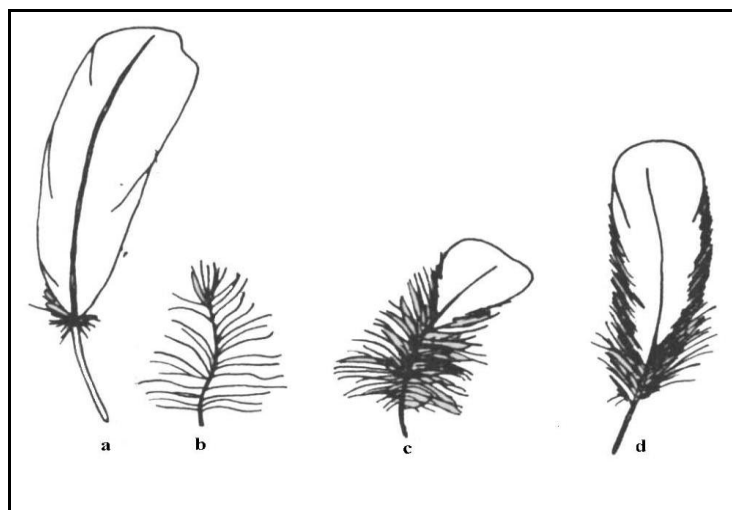
## 2. Peří

Peří je v současné době nejpoužívanějším výplňkovým materiálem do bund a spacích pytlů sloužících k užívání v extrémně nízkých podmínkách. Přesto, že se běžně s peřím nesetkáváme, pro sportovce pohybující se v teplotách pod  $-20^{\circ}\text{C}$  je peří velice oblíbeným materiálem. V následující kapitole bude stručně popsán charakter a funkce peří, způsoby získávání, znaky peří z vodní drůbeže a prachové peří.

### 2.1 Definice, funkce a druhy peří

Peří je zrohovatělý výtvar na pokožce opeřených zvířat, který se svou funkcí podobá vlně, chlupům či vlasům. Pro svou stavbu, strukturu a vlastnosti je peří jedinečným a v jistém smyslu nenahraditelným zvířecím produktem. Peří obsahuje keratin, stejně jako jiné živočišné materiály. Peří má pro ptáka několik funkcí, především to jsou letové, ochranné, tepelně izolační a hmatové funkce. Pro každou funkci je struktura peří rozdílná. Pro letovou funkci jsou to letky a rejdrovací pera (tvrdá brková pera), pro ochrannou funkci je to krycí peří (chrání ptáka hlavně před vlhkem a poškozením), pro tepelně izolační funkci to je tzv. prachové peří, pro hmatovou funkci to je štětínovité peří. [2] [3]

Jako výplňkový materiál do textilních výrobků se používají především peří krycí a peří prachové. Na obrázku (Obr. 3) se můžeme podívat na typy použitého peří.



Obr. 3 Typy krycího a prachového peří [5]

a) prapor jednotný kompaktní; b) prapor jednotný prachový;

c) prapor podvojný – prachový i kompaktní; d) prapor potrojný – prachový, kompaktní i kombinovaný

Peří s praporem jednotným kompaktním slouží u ptáka především jako krycí peří vůči vlhku. Tento typ peří se na ptáku nachází jako poslední vrstva, tedy nejdál od těla. Peří s praporem podvojným a potrojným slouží jako kombinace krycího peří a peří k tepelné izolaci. Pták má toto peří jako prostřední vrstvu, tedy pod peřím s praporem jednotným kompaktním. Poslední typ peří, tedy peří prachové, slouží čistě k tepelné izolaci. Peří se nachází u těla ptáka a zajišťuje mu stálou tělesnou teplotu. [2] [3]

## 2.2 Získávání peří

Peří může být získáváno několika způsoby. V podstatě můžeme způsoby získávání rozdělit na získávání bez zásahu člověka a získávání se zásahem člověka. Získávání bez zásahu člověka je poměrně nákladné, spočívá ve sběru vypelichaného peří. Drůbež pelichá zpravidla jednou do roka. Někteří vědci se zabývali umělým pelicháním, což spočívá v uspíšení pelichání, nikdy se však nepovedlo umělé pelichání zavést do průmyslu. V současné době se peří pelicháním nezískává. [2] [3]

Všechny další způsoby získávání peří jsou pak vždy se zásahem člověka. Řadí se mezi ně podškrub peří ze živé drůbeže, škrub peří z mrtvé drůbeže, vystřihování nebo vytrhávání per ze živé drůbeže a sběr peří z hnízd. V posledních letech je kladen důraz na humánní zacházení se zvířaty, proto by se neměl používat způsob podškrubu peří ze živé drůbeže, neboť je to pro zvíře bolestivé a je to považováno za týrání. Peří je povětšinou získáváno z mrtvé drůbeže. Většina renomovaných podniků zpracovávajících peří klade důraz na původ a způsob získání peří, v některých zemích je to dokonce upřesněno zákony. [2] [3]

## 2.3 Znaky peří z vodní drůbeže

Drůbeží peří můžeme rozdělit na peří z vodní drůbeže a peří z hrabavé drůbeže. Každý druh má jinou charakteristiku i jinou kvalitu. Protože se peří vyvíjí na ptákovi poměrně dlouhou dobu, jeho vlastnosti se tvoří v závislosti na způsobu života daného ptáka.

Často používané tzv. prachové peří se vyskytuje pouze na vodní drůbeži. Ve srovnání s peřím z hrabavé drůbeže je peří z vodní drůbeže pružnější a poměrně lehčí, má člunkovitý tvar a jeho omak je měkčí a méně suché. Všechny vlastnosti jsou dány především častým kontaktem ptáka s vodou. [4]

## 2.4 Husí peří

Husí peří je nejčastěji používané peří ze všech druhů. Někdy je uváděno, že se používá i peří kachní, ale v praxi se s ním v podstatě nesetkáme. Jediné peří, které je vedle husího ještě v současné době používané, je peří kajčí, je však velice drahé, a proto si ho většina lidí nemůže dovolit. Pro zajímavost cena kajčího peří se pohybuje okolo 1500EUR/1 kg a více. [2]

Husí peří je intenzivně bílé, někdy s odstínem do modra či šeda, je téměř bez lesku, poměrně dost robustní, v horních částech má souvislý prapor, v dolních částech je prapor naopak prachovitý. Husí peří má široký prapor, který se rozšiřuje směrem k vrcholu a je široce zaoblené. Prachovitá část sahá do třetiny někdy až do poloviny délky praporu. Pro svoji barvu, strukturu a omak, lze dobře rozeznat husí peří od kachního. Dá se říci, že husí peří v kombinaci cena vs. kvalita nemá konkurenci. [3]

## 2.5 Prachové peří

*„Z peří je nejvhodnější použít prachové peří (u husy je to 30g – cca 20% všeho peří). Prachové peří nemá žádný stvol, je to „vločka“ s velmi jemnými prachovými částicemi (cca 0,001 – 0,002g/jednu vločku), které mají bohatě rozvětvený povrch – cca 1000 komor u jedné prachové částice. Prachové peří má vysokou absorpční schopnost a životnost. Pozn. Na 1 bundu je potřeba cca 10 – 20 hus.“* uvádí ve svých skriptech Oděvní materiály Ing. Dagmar Růžičková (2003, s. 124) [7]

V laboratořích bylo změřeno, že při stejné hmotnosti prachového peří a syntetického materiálu, je prachové peří dvakrát teplejší. [7]

Prachové peří, stejně jako jakékoliv jiné materiály, můžeme nějak posuzovat. K tomu nám složí dvě metody. První metoda je stanovení procentního obsahu prachového peří ve směsi např. 90/10, 80/20. [6] [8]

Další metoda je stanovení tzv. loftu peří v kubických palcích. Loft peří je schopnost peří vyplnit maximální objem při určité hmotnosti a zatížení. [6]

Tento údaj je testován systémem IDBF v daných laboratořích. *„Podstatou testu IDBF je měření objemu jedné unce (28,35g) péřové směsi, uložené ve vysokém skleněném válci se stupnicí a zatížené pokličkou o konstantní hmotnosti 68,4g. Měření probíhá v laboratorních podmínkách za konstantní teploty a vlhkosti ovzduší. Naměřený objem je standardně vyjadřován v kubických palcích (1 kubický palec (cuin)=6,387cm<sup>3</sup>). Velmi kvalitní čistý husí prach (tj. směs, která by se teoreticky dala*

*označit jako 100/0) dosahuje plnivosti 950 až 1000 cuin.“* je uvedeno v katalogu firmy Warmpeace Podzim/zima 2010/11 (s. 5). [6]

Hodnota plnivosti 100/0 je, co se týče výplňkového materiálu, nežádoucím jevem, protože toto peří zabírá pomalu objem, což nevyhovuje potřebám uživatele, v jehož zájmu je, aby peří vyplnilo co nejrychleji maximální objem. Proto se prachové peří směsuje s klasickými pírky, které jsou pružnější a navíc neabsorbují vlhkost. Protože přidáním klasických pírek naopak stoupá hmotnost a snižuje se plnivost, je důležité najít vhodný poměr směsi a loft peří pro daný výrobek. Např. pro přikrývky a polštáře stačí peří 20/80, naopak pro spací pytle do extrémně nízkých podmínek se používají směsi 90/10 s 600cuin, 750cuin a 900cuin (vysoce kvalitní náplň). [6]

### 3. Spací pytle

Se spacím pytle se setkal téměř každý dospělý jedinec. Jen málo lidí se však o spací pytle zajímá podrobněji, proto se v této kapitole můžete stručně seznámit s rozdělením spacích pytlů, s nejdůležitějšími parametry a s normou EN 13573, která popisuje současné hodnocení spacích pytlů.

#### 3.1 Rozdělení spacích pytlů

Spací pytel (v některých oblastech nazývaný jako spacák) je uzavřený ochranný vak, který slouží ke spánku ve volné přírodě. Spací pytle nejčastěji dělíme podle klimatu, ve kterém se spací pytle používají. Jsou to:

- letní
- zimní
- 3sezónní

Zimní spací pytle by šly ještě rozdělit do kategorií zimní a expediční, přičemž kategorie expediční vyjadřuje spací pytle sloužící do nejnáročnějších vysokohorských podmínek s extrémně nízkou teplotou. [9] [8]

Jako další způsob dělení lze uvažovat podle použitého materiálu na výplně spacích pytlů. Tato kategorie však úzce souvisí s faktem, v jakých podmínkách bude spací pytel používán. Všeobecně podle výplňkového materiálu spací pytle rozdělit ani nejde, protože každá firma si volí náplně sama podle svého mínění a podle vědeckého pokroku, kterého při zdokonalování spacích pytlů dosáhla.

### 3.2 Nejdůležitější vlastnosti spacího pytle

Spací pytel se nemalou částí podílí na dosažení komfortu při pobytu v přírodě. Proto je pro uživatele nutné, při výběru zohlednit jeho vlastnosti a schopnosti. Mezi nejdůležitější vlastnosti, které uživatel posuzuje, by měly spadat:

- termoizolační schopnost
- vodoodpovědnost, res. vodotěsnost
- hmotnost
- konstrukce
- objem
- náplň
- propustnost vodních par
- tvar
- vrchový materiál [6] [8]

#### 3.2.1 Termoizolační schopnosti

Nejčastějším způsobem určení použitelnosti je pro běžného uživatele zhodnocení stanovených teplot měřených v normovaných laboratořích. Každý spacák by měl mít na etiketě uveřejněny čtyři teploty, jejichž příklad je uveden v tabulce. [8]

Tab. 1 Tepelné hodnocení spacího pytle

$T_{MAX}$	$T_{COMFORT}$	$T_{LIMIT}$	$T_{EXTREME}$
+5°C	-8°C	-16°C	-36°C

$T_{MAX}$ ,  $T_{COMFORT}$  a  $T_{LIMIT}$  jsou horní, dolní a limitní hodnoty tepelného komfortu. Při překročení horní hranice pociťuje uživatel příliš velké teplo, je nutné podotknout, že tento problém lze odstranit rozepnutím spacího pytle.  $T_{COMFORT}$  je pak hodnota, kdy člověk ve spacím pytli pociťuje úplný tepelný komfort a  $T_{LIMIT}$  je pak hodnota, kdy se ve spacím pytli uživatel vyspí, aniž by ho ohrožoval chlad.  $T_{EXTREME}$  je pak teplota, kdy je uživatel ještě chráněn před poškozením zdraví. [6] [8] [9]

Stanovení těchto teplot popisuje norma EN 13537. Norma sice není závazná, ale je v zájmu každého dobrého výrobce tuto normu respektovat, byť k dokonalosti této normy je ještě daleko. Problematika této normy bude popsána v následující kapitole. [12]

Je důležité zmínit, že stanovené teploty jsou přepočítány na muže. Toto je důležité vzít v potaz, protože limitní teplota ženy je o 5°C nižší než u muže. Z tabulky pak vyplývá, že limitní teplota ženy se přibližuje komfortní teplotě muže. Proto by při výběru spacího pytle měly ženy respektovat tento fakt. [6]

### **Faktory ovlivňující tepelnou izolaci**

V případě ideálního spacího pytle by bylo nejvhodnější, kdyby uvnitř pytle bylo vakuum nebo nepohyblivý vzduch, což je ale logicky zcela nemožné, protože vakuum nelze v pytli vytvořit a pohybu vzduchu nejde zase zamezit. Protože teplejší vzduch uniká z pytle ven, neboť je lehčí, je cílem v každém spacím pytli vytvořit takovou izolaci, která by proudění vzduchu co nejvíce zpomalila. V podstatě musí dobrý izolant zamezit tvorbě velkého prostoru vzduchu, vytvořit uvnitř male prostůrky (čím menší prostor, tím méně se vzduch pohybuje) a mít co nejmenší tepelnou vodivost. V případě spacích pytlů musí mít izolace co nejnižší hmotnost. Jako izolační výplňkový materiál se nejvíce osvědčilo peří, případně i rouno z umělých vláken. [11]

Dalším důležitým faktorem tepelné izolace je navlhavost, protože s rostoucí vlhkostí roste i tepelná vodivost. A pak je ještě podstatná schopnost materiálu udržet konstantní tloušťku stěn spacího pytle, neboť platí, že čím větší tloušťka stěn, tím větší izolační schopnosti spacího pytle. V následující tabulce (Tab. 2) jsou pro přehled uvedeny tepelné vodivosti různých materiálů. [11]



Tab. 2 Tepelné vodivosti materiálů [11]

Materiál	Měrná tepelná vodivost [ $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ]
Vakuum	0
Suchý vzduch	0,024
Polystyren	0,040
Peří, umělá vlákna (rouno)	0,05 – 0,07
Sníh	0,12 – 1,3
Voda	0,5
Led	2,2

Další zajímavou informací je srovnání tzv. ideálního spacího pytle s klasickým spacím pytle (Tab. 3).

Tab. 3 Porovnání klasického spacího pytle s pytle ideálním [11]

Síla stěny spacáku [mm]	Ideální spacák - teplota limitní - neproudící vzduch	Klasický spacák - teplota limitní - reálná izolace
20	2	20
40	-28	80
60	-59	-4
80	-87	-16

### Norma EN 13537

Norma EN 13537 popisuje metodiku měření izolačních schopností spacích pytlů. Jak již bylo řečeno, tato norma není závazná, přesto ji však používá několik institutů z Evropy, Asie a Ameriky. V podstatě jde o porovnání izolačních schopností

jednotlivých spacáků měřených podle dohodnutých parametrů v ideálním stavu. Norma vyjadřuje tepelný odpor vztažený k tepelnému výkonu osoby. Tepelný výkon osoby je předem stanovený, tudíž lze mezi sebou jednotlivé spací pytle porovnávat. Samozřejmě se dá tepelný výkon „normové osoby“ přepočítat na konkrétního jedince. Celý přepočet závisí na různých tělesných parametrech, dá se najít na internetu. [10] [12]

Norma je však pro spoustu běžných uživatelů trochu matoucí. Spací pytle se sice porovnat dají, a jistě dosáhnou takových výsledků, které jsou uváděny na etiketě, je však nutné podotknout, že pouze za podmínek, které byly v laboratoři. Z čehož tedy plyne, že uživatel by musel spát ve spacím pytli nejspíše v laboratoři, neboť průběh měření probíhá za pokojových teplot, bez vlivu vnějších a vnitřních faktorů. Uživatel musí tedy akceptovat ten fakt, že v běžných klimatických podmínkách na spací pytel působí ještě vlhkost, která má pak bezesporu velký vliv na funkci spacího pytle při styku s okolím, především pak se zápornou teplotou. Z toho tedy také plyne, že se při porovnání různých spacích pytlů dle normy EN 13537 některé méně izolační spací pytle moc neodlišují od těch extrémně izolačních. Tuto odlišnost pak každý uživatel pozná na vlastním těle až během používání (což může být někdy až zdraví nebezpečné). [10]

*„ Stručně řečeno, pokud měříme nový suchý spacák na panákoví, který se nepotí, vychází nám pro neprodyšné i prodyšné spací pytle naprosto stejné výsledky a EN 13537 považuje oba takové kousky za naprosto rovnocenné. V praxi se pak z neprodyšného spacáku stává potní lázeň, která samozřejmě veškeré izolační vlastnosti spacáku postaví na hlavu a za mrazu se takový spacák se takový spacák dokonce stane zledovatělou masou nepotřebného materiálu. Evropská norma ale není schopna tento rozdíl postihnout a uživatele nijak nevaruje“* uvádí pan Pavel Habětín v ročence o outdoorovém vybavení Malý průvodce světem outdooru 2010 (2010, s. 14 až 15). [10]

Pan Pavel Habětín, majitel firmy Warmpeace, se v současnosti snaží apelovat na autory normy EN 13537, aby normu pozměnili a doplnili o další nezbytné údaje, které uživatel při výběru spacího pytle nemá šanci zjistit pouhým omakem. Navrhuje takovou podobu normy, která by zahrnovala údaj o limitní teplotě, prodyšnosti a vodoodpudivosti (respektive vodotěsnosti). Všechny tyto hodnoty by uživatelům

usnadnili orientaci v celé problematice a dokázali by lépe charakterizovat opravdovou funkci spacího pytle. [10]

### 3.2.2 Vodotěsnost spacího pytle

Vodotěsnost je důležitým parametrem spacího pytle. Byť se o této vlastnosti moc nemluví, je jasné, že pokud spacák není vodotěsný, jeho izolační schopnosti rapidně klesají za působení vlhkosti. Tento parametr je důležitý pro všechny typy spacích pytlů, pro péřové spací pytle však ještě důležitější v tom smyslu, že peří za působení velkého množství vlhkosti rychle degraduje a těžko se suší. Protože se peří používá zejména u zimních spacích pytlů, je jasné, že se v těchto podmínkách spacák suší mnohem hůře než v běžných letních měsících.

Většina výrobců se snaží používat vrchní materiály spacího pytle takové, aby spací pytle byly co nejvíce vodotěsné. Protože pak vodotěsnost úzce koresponduje z propustností pro vodní páry, je nutné této problematice věnovat pozornost, neboť spacák může být vodotěsný, ale měl by odvádět vodní páry od těla, jinak bude uživatel ve spacím pytli jako v potní lázni, což rozhodně není žádoucí.

### 3.2.3 Hmotnost spacího pytle

Hmotnost je uváděna na etiketě našité na spacím pytli i na všech prospektech o daném spacím pytli. Nejvíce je hmotnost důležitá u expedičních spacích pytlů, protože každý gram je pro horolezce velkou zátěží. U expedičních spacích pytlů se hmotnost spacího pytle pohybuje okolo 2kg. Hmotnost spacího pytle se dá ovlivnit použitím lehčích materiálů s lepšími vlastnostmi, a u péřových spacáků pak kvalitou prachového peří (použitím peří se schopností velké expanze, s čímž pak souvisí loft peří.). V současné době se například pohybuje plošná hmotnost vrchních materiálu okolo 30g/m<sup>2</sup>. [6] [8]

### 3.2.4 Konstrukce spacích pytlů

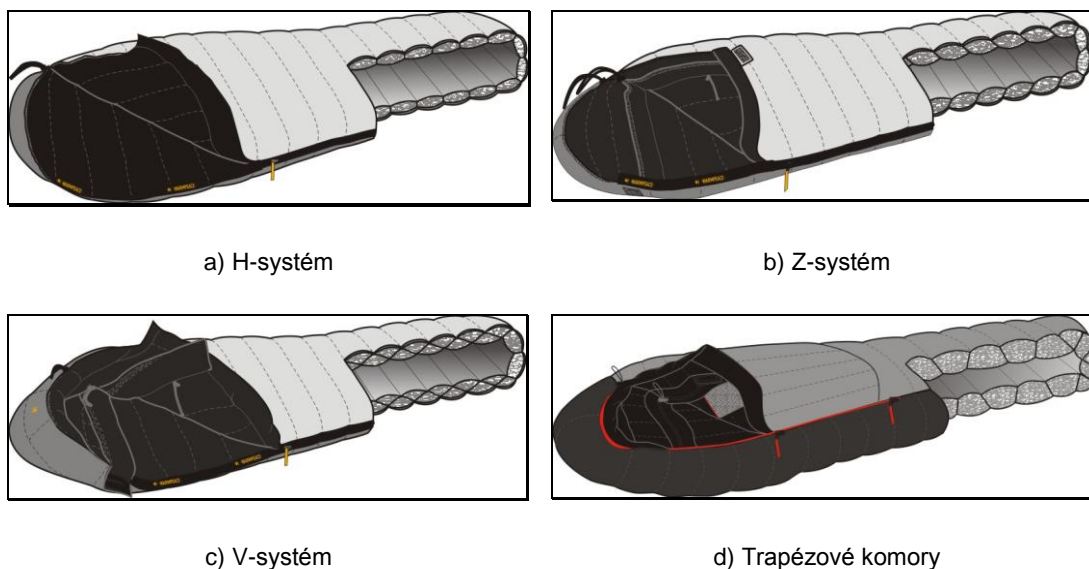
Konstrukce je důležitá pro každý spací pytel a samozřejmě se odlišuje konstrukce letních spacích pytlů od konstrukcí zimních spacích pytlů. Konstrukce ovlivňuje tepelné izolační vlastnosti a musí být zvolena tak, aby se izolační náplň ve spacím pytli nepohybovala. Lépe řečeno na všech místech spacího pytle by měla být tloušťka konstantní, obsah výplně by se neměl shlukovat do určitých míst. [6]

Co se týče konstrukce zimních spacích pytlů, jsou nejběžnější tyto typy konstrukcí:

- konstrukce s komorovým systémem H
- konstrukce s komorovým systémem Z
- konstrukce s komorovým systémem V
- systém trapézových komor

Konstrukce s komorovým systémem H (Obr. 4a) se používá především u nenáročných letních spacáků. Komory jsou od sebe odděleny pouze krátkými stěnami. Konstrukce s komorovým systémem Z (Obr. 4b) jsou tvořeny tak, aby jedna komora částečně překrývala druhou. Tento systém dobře udržuje teplý vzduch uvnitř spacího pytle. Konstrukce s komorovým systémem V (Obr. 4c) se používá u silně izolujících zimních spacích pytlů, především pak u péřových spacích pytlů s větším objemem peří. Tyto tři systémy jsou označeny písmeny, protože v průřezu spacích pytlů tyto konstrukce daná písmena připomínají. [6]

Posledním typem konstrukce je systém trapézových komor (Obr. 4d). Tento systém je vhodný u těch spacích pytlů, kde je nutné zajistit silnou izolační vrstvu mezi vnitřním prostředím a okolím. Tento systém má výhodu v tom, že brání pohybům náplně, ale naopak umožňuje protřepávání či pozvolný pohyb náplně během praní či sušení. [6]



Obr. 4 Typy konstrukcí spacích pytlů

Při konstruování spacího pytle nejde jen o zvolení komorového systému, ale i o „doladění“ různých detailů, jako jsou umístění zdrhovadel, krytí zdrhovadel, použití a umístění zateplovacích límců, tvar a možnost uzavření kapuce, poutka na pověšení spacího pytle při vysoušení, barevnosti spacího pytle, atd. [6]

### 3.2.5 Objem spacího pytle

Pro běžného uživatele je důležitý údaj o objemu. Ke zmenšení skladného objemu spacího pytle slouží kompresní obal. Tento obal je opatřen popruhy, kterými se postupně zmenšuje objem složeného spacího pytle. Dobrý kompresní obal sníží objem složeného spacího pytle až o 40%. Kompresní obaly jsou rozděleny do klasických velikostí M, L, XL. Občas dochází k záměně kompresního obalu s obalem transportním. Obal transportní slouží pro méně objemné spací pytle. [6]



Obr. 5 Kompresní obal [6]

### 3.2.6 Náplň spacího pytle

Při volbě náplně spacího pytle je nutné akceptovat účel použití spacího pytle a vlastnosti, kterých má spací pytel dosahovat. Všeobecně se však jako náplně spacích pytlů nejčastěji používají syntetické materiály a husí peří. [6]

Například na zimní spací pytle používá firma Warmpeace jako syntetické náplně Primaloft a Thermolite. Primaloft má patentovanou mikrovláknennou strukturu, která zapříčiňuje úsporné hospodaření s množstvím lidské energie. V podstatě se Primaloft používá tam, kde nelze využít husí peří. Thermolite se skládá z dutých vláken, která má dobře vyvážený poměr mezi plnivostí, objemem a hmotností. [6]

Jak již bylo zmíněno, každý výrobce si náplně volí sám podle svého uvážení. Obecně se však vyskytují náplně s různě tvarovanými či dutými syntetickými vlákny (např. Micro-tec, Loftlite, Pertex, atd.) a péřové náplně. [8]

### 3.2.7 Vrchový materiál

Stejně jako je tomu u použití náplní spacích pytlů, je důležité vhodně zvolit vrchový materiál. Vše samozřejmě závisí na budoucím užití spacího pytle a na teplotních podmínkách, ve kterých má být spací pytel používán. S použitím vrchového materiálu a náplně souvisí i propustnost spacího pytle pro vodní páry, neboť pro dosažení komfortu uživatele je nezbytné, aby spací pytel dobře odváděl pot od těla, ale zároveň nepropouštěl vlhkost dovnitř k tělu. Zároveň se u spacího pytle musí akceptovat dosažení co nejnižší hmotnosti, což bezesporu vrchový materiál velice ovlivňuje, a nepropustnost náplně v případě užití peří. Samozřejmě jsou pak i další vlastnosti, které hrají důležitou roli ve výběru druhu vrchového materiálu, jako je například pevnost materiálu. [8]

Firma Warmpeace do spacích pytlů používá vrchové materiály Colibry DRY, Colibry DWR, Smile Skin Polybushed a Nylon DWR.

Stručná charakteristika vrchových materiálů firmy Warmpeace:

#### Colibry DRY

- chrání před deštěm a sněhem
- vysoce propustný pro vodní páry
- věkuvzdorný [6]

#### Colibry DWR

- složen z nejtenčích vláken
- možné užití v kombinaci s péřovými náplněmi
- dosahuje nejlepších vlastností pro užití péřových náplní
- nejnižší gramáž – 30g/m<sup>2</sup> [6]

#### Smile Skin Polybrushed

- příjemné na tělo (jako bavlna)
- dobré řízení vlhkosti
- rychleschnoucí, lehký
- užití pro vnitřní stěny spacích pytlů [6]

#### Nylon DWR

- věkuvzdorný
- vodotěsný
- odolný proti pronikání částic náplně
- výborná propustnost pro vodní páry
- kombinace s péřovými náplněmi
- gramáž 56 g/m<sup>2</sup> [6]

### 3.2.8 Propustnost vodních par

Tento parametr závisí na použití vrchového materiálu a náplně. Neodváděné vodní páry uvádějí uživatele do vysokého diskomfortu a navíc v chladném prostředí kondenzují a velice snižují tepelně izolační vlastnosti spacího pytle. Dalším problémem pak je, že vodní páry, které zkondenzují, mohou v mrazivém prostředí vytvořit ledovou vrstvu a tím rapidně zvýšit měrnou tepelnou vodivost, tedy zvýšit únik tepla. Toto je nemalý problém, se kterým se na expedičních výpravách uživatelé potýkají, a může to v některých případech znamenat velký problém zapříčiňující smrt. Proto je důležité této vlastnosti věnovat pozornost a do budoucna by bylo vhodné tento parametr začlenit do normy EN 13573.

## 4. Komfort

Komfort je v současné době pojem, který budí stále větší zájem u veřejnosti, ale i u výrobců a distributorů oblečení a jiných oděvních výrobků. Stalo se již standardem, že zákazníci požadují jistou záruku komfortu. Pro většinu firem to tedy znamená zvýšení zájmu o tuto tematiku. Následující kapitola bude tedy zaměřena právě na komfort.

### 4.1 Druhy komfortu

- funkční komfort skládající se z komfortu fyziologického, senzorického, patofyziologického
- psychologický komfort vyjadřuje individualitu každého jedince [7]

#### 4.1.1 Fyziologický komfort

Fyziologickým komfortem rozumíme stav lidského těla, který je člověkem vnímán jako pohodlí a v němž jsou fyziologické funkce v optimu. Pocit pohodlí je založen na subjektivním vnímání každého jedince, na vnímání chladu a tepla pomocí podkožních receptorů. Ve stavu fyziologického komfortu může člověk setrvat neomezenou dobu.

Oděv či jiný textilní výrobek, se kterým je uživatel v kontaktu, vytváří kolem lidského těla mikroklima, jež se neustále podílí na vytváření komfortu či diskomfortu. Např. pokud máme výrobek s vyhovujícími tepelnými vlastnostmi ale nepropouštějící vodní páry, pot neprojde přes textilii a následně se začne zvyšovat vlhkost vzduchu pod oděvem. [7] [14]

#### **Vlhkost vzduchu pod oděvem**

*„V podmínkách tepelné pohody se relativní vlhkost vzduchu pod oděvem (ve vrstvě vzduchu mezi pokožkou a první vrstvou oděvu) pohybuje v rozmezí 35 – 60%. Může být o něco nižší než vlhkost okolního vzduchu v důsledku vyšší teploty vzduchu ve vrstvě mezi tělem a oděvem. Nejdůležitější je dynamika vzduchu pod oděvem, která ovlivňuje schopnost oděvu (vlivem materiálu a střihu) odvádět pot z povrchu těla do okolního prostředí.“* uvádí ve skriptech TUL Oděvní materiály Ing. Dagmar Růžičková (2003, s. 6 až 7). [7]



Pokud se lidské tělo nachází v teplém prostředí, kde je odvádění potu nedostatečné, lidský organismus se začne přehřívat, pot zůstává na pokožce a v oděvu, což může mít za následek i zdravotní komplikace (především pak u dětí a seniorů, neboť tyto skupiny mají problém s termoregulací). [14]

Ke zvýšení vlhkosti vzduchu pod oděvem může dojít i v chladném prostředí. Pokud se tak stane, svědčí to o nevhodných tepelně-izolačních vlastnostech a nízkém odvodu vodních par oděvem. [7]

V souvislosti s vlhkostí vzduchu pod oděvem se setkáváme i s pojmem vlhkost pokožky. Vlhkost pokožky je dána množstvím vyloučeného potu (Tab. 4). Pot se vylučuje potními žlázami. Množství potních žláz na lidském těle je individuální. [7]

Tab. 4 Množství vyloučeného potu při různých činnostech [7]

Druh činnosti	Množství [g/m <sup>2</sup> /hod]	vody
Spánek	35 – 40	
Sezení	50 – 60	
Stání	60 – 70	
Chůze	140 – 160	
Běh	450 – 550	

### **Teplota vzduchu pod oděvem**

*„Pro oblečeného člověka je jedním z ukazatelů přiměřenosti oděvu podmínkám jeho použití, teplota vzduchu mezi povrchem těla a první oděvní vrstvou. Optimální úroveň této teploty je dána fyzickou aktivitou člověka. Např. pro osobu ve stavu klidu představuje pohodu teplota vzduchu v oblasti trupu 30 – 32°C, ale pro osobu vykonávající těžkou fyzickou práci teplota 15°C. Pro hodnocení teploty vzduchu pod oděvem je potřeba přihlížet k individuální fyzické aktivitě jedince. Ukazatel teploty vzduchu v různých vrstvách oděvu může být využit ke srovnávacímu hygienickému hodnocení výrobku pro různé účely použití.“* uvádí ve skriptech TUL Oděvní materiály Ing. Dagmar Růžicková (2003, s. 8).

Ne vždy je žádoucí, aby neklesala teplota vzduchu pod oděvem v chladnějším prostředí a to zejména při náročné fyzické aktivitě (např. cyklistika). [7]

Teplota vzduchu pod oděvem závisí především na tepelně-izolačních vlastnostech výrobku a na množství vyprodukovaného tepla lidským tělem. Teplota těla se nachází v rozmezí 29°C – 36°C, přičemž teplota v okolí hlavy, hrudníku, břicha, atd. je 35°C – 36°C, teplota odlehlých částí lidského těla je 29°C – 31°C. [14]

Za hlavní fyziologické vlastnosti jsou považovány:

- tepelně izolační vlastnosti
- propustnost vodních par
- prodyšnost

### ***Subjektivní hodnocení fyziologického komfortu (diskomfortu)***

Mimo pocit fyziologického komfortu můžeme fyziologický pocit subjektivně hodnotit do dvou skupin a to pocit tepla versus pocit chladu. Každou skupinu můžeme následně rozdělit do několika podskupin v závislosti na intenzitě pocitu. [7]

Teplo

- mírné teplo
  - o projevuje se počínajícím pocitem tepla, následně počínajícím pocením v periferních oblastech lidského těla
  - o s tímto pocitem lze nepřetržitě vyvíjet fyzickou aktivitu
- teplo
  - o projevuje se pocitem tepla a pocením po celém těle
  - o pot se odpařuje oděvem z povrchu těla, po těle neztéká
  - o fyzickou aktivitu lze provozovat pouze v omezené době
- horko
  - o přehřátí organismu s nejvyšší intenzitou pocení
  - o ztížené dýchání
  - o pot ztéká po těle, není odpařován oděvem
  - o pokud tento pocit přetrvává, mohou nastat zdravotní komplikace [7] [14]

## Chlad

- chladno
  - lokální mrazení v odlehlých částech těla
  - lze částečně zamezit fyzickou aktivitou
- zima
  - pocit chladu po celém těle
  - mění se vzhled pokožky
  - krátkodobý pohyb se zvýšenou fyzickou aktivitou
- tuhnutí
  - podchlazení organismu
  - ochromený pohyb končetin
  - může se dostavit šok a následně smrt [7] [14]

Tab. 5 Podmínky fyziologického komfortu [14]

Teplota pokožky	33°C – 35°C
Relativní vlhkost vzduchu	50±10%
Rychlost proudění vzduchu	25±10cm.s <sup>-1</sup>
Obsah CO <sub>2</sub>	0,07%
Nepřítomnost vody na pokožce	

### 4.1.2 Senzorický komfort

Senzorický komfort je popisován mechanickým a tepelným kontaktem mezi oděvem a lidskou pokožkou. Pocity vejmu styku pokožky s textilíí mohou být příjemné (splývavost, měkkost, atd.) či nepříjemné (škrábání, kousání, atd.). Senzorický komfort z části úzce souvisí s fyziologickým komfortem (např. při výskytu potu). [7]

## 4.2 Tělesná termoregulace

Tělesná termoregulace je proces, při kterém je tělo udržováno v optimální teplotě. Celý proces je řízen centrálním nervovým systémem a je nezbytný pro přežití každého jedince. Proces termoregulace funguje na bázi metabolických přeměn, které probíhají dvojnásobem, a to jako chemická či fyzická termoregulace. [7]

**Chemická termoregulace** je tělesný jev, při kterém dochází k chemickým reakcím, jež zapříčiňují látkové přeměny, a tím tvorbu tepla. Tato termoregulace je závislá na fyzické aktivitě a zdraví jedince. V tabulce jsou uvedeny příklady fyzické zátěže a následné tvorby tepla. [7]

Tab. 6 Tvorba tepla při různé zátěži

Činnost organismu	Tvorba tepla [J/s]
Klid na lůžku	81,4
Stoj	116,3
Chůze	314,0
Těžká fyzická práce	348,9
Běh	918,7

**Fyzikální termoregulace** závisí na fyzikálních jevech při odvodu tepla z organismu. Celý proces je často nazýván jako výdej tepla a je uskutečňován pomocí cév pod pokožkou. [7]

### 4.2.1 Tepelná bilance

*„Tato bilance představuje vyrovnanost mezi teplem generovaným metabolickými přeměnami a tepelnými ztrátami. Pokud dojde k nerovnováze, teplota těla začne buď narůstat, nebo klesat. K udržení přibližné rovnováhy si člověk intuitivně vytváří nad povrchem těla vnější mechanickou tepelnou bariéru představenou vhodným oblečením, nebo i jinými způsoby.“* uvádí J. Kuneš, Z. Veselý, M. Honner v knize Tepelné bariéry (2003, s. 245)

Pro vyjádření vztahu tepelné bilance můžeme použít vzorec:

$$Q_M - Q_{DP} - Q_V - Q_{RL} - Q_{RS} = Q_R + Q_C = Q_{KO}, \quad (1)$$

kde zkratky znamenají:

- $Q_M$  - vnitřní metabolický vývin tepla v lidském těle
- $Q_{DP}$  - tepelná ztráta difuzí vodní páry povrchem těla
- $Q_V$  - tepelná ztráta odpařováním potu z povrchu těla
- $Q_{RL}$  - tepelná ztráta latentní respirací
- $Q_{RS}$  - tepelná ztráta suchou respirací
- $Q_{KO}$  - přenos tepla z povrchu těla na vnější povrch oděvu (vedení tepla oděvem)
- $Q_R$  - přenos tepla sáláním z povrchu oděného těla
- $Q_C$  - přenos tepla konvekcí z povrchu oděného těla

Tento vzorec vyjadřuje rovnováhu mezi teplem vytvořeným a teplem vydaným. Na tuto rovnováhu působí spousta faktorů jako např. teplota okolí, vlhkost, metabolismus či tepelné vlastnosti oděvu. Oděv se stává nedílnou součástí termoregulace, tvoří jakousi bariéru, která napomáhá proti přehřátí či podchlazení lidského těla. [7] [13]

### 4.3 Způsoby přenosu tepla mezi člověkem a okolím

#### 4.3.1 Přenos tepla vedením

Přenos tepla tímto způsobem by se dal nazvat jako „kontaktní způsob“ odvodu tepla. Tento přenos je uskutečněn v případě, že je oděv v těsném kontaktu s kůží. Celý proces funguje na bázi předávání kinetické energie, tudíž musí být teplota okolí nižší než teplota těla. Čím vyšší je rozdíl teplot mezi tělem a okolím, tím je přenos tepla vedením rychlejší. Proces nezávisí jen na rozdílu teplot, ale i na tloušťce vrstvy přilehlého oděvu, množství statického vzduchu v oděvu a na vnějším pohybu vzduchu. Přenos tepla vedením se uskutečňuje především na chodidlech a při sezení či ležení. [7]

Na přenos tepla vedením se vztahuje Fourierův zákon o tepelném toku, dle zdroje [7]:

$$q = -\lambda * \frac{\Delta t}{\Delta x} [W/m^2] \quad (2)$$

$\lambda$  - tepelná vodivost

$\frac{\Delta t}{\Delta x}$  - teplotní gradient

Celkový tepelný odpor je závislý na počtu vrstev, z čehož plyne, že se vypočítá součtem jednotlivých odporů vrstev.

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

kde zkratky znamenají:

$R_{CL}$  celkový odpor

$R_n$  jednotlivé odpory vrstev

Součtem odporu celkového a odporu mezní vrstvy získáme odpor totální.

$$R_{TOT} = R_{CL} + R_E, \quad (4)$$

kde zkratky znamenají:

$R_{TOT}$  totální odpor

$R_E$  odpor mezní vrstvy

#### 4.3.2 Přenos tepla prouděním

Jedná se o nejvýznamnější způsob přenosu tepla mezi člověkem a okolím. Teplo přenášejí částice tekutin pohybující se rychlostí  $v$  [m/s]. V tzv. tepelné mezní vrstvě teplotní spád. Tloušťka mezní vrstvy je rozdílná, podle toho, zda se jedná o proudění laminární či turbulentní. Druh proudění vyjadřuje tzv. Reynoldsovo číslo  $Re$ . [14]

$$Re = \frac{v_s * d}{\nu}, \quad (5)$$

kde zkratky znamenají:

$v_s$  - střední hodnota proudění kapaliny v daném průřezu

$d$  - průměr trubice

$\nu$  - dynamická viskozita tekutiny

Pokud platí, že  $Re > 2300$ , jedná se o proudění turbulentní. Pokud tomu tak není, jedná se o proudění laminární. [14]

Vzniklý teplotní spád na tepelné mezní vrstvě závisí na vnějším tepelném odporu  $R_{mezní}$  vrstvy  $R_E$ .

$$R_E = \frac{1}{\alpha}, \quad (6)$$

kde zkratka znamená:

$\alpha$  - koeficient přestupu tepla

Pro koeficient přestupu tepla platí, dle zdroje [14]:

$\alpha = 2,38 * (t_{sk} - t_a)^{0,25}$  - pro volné proudění

$\alpha = 3,5 + 5,2 * v$  - pro nucenou konvekci s rychlostí proudění 0-1 m/s

$\alpha = 8,7 * v^{0,6}$  - pro nucenou konvekci s vyšší rychlostí proudění

#### 4.3.3 Přenos tepla radiací (sáláním)

Lidské tělo může přijímat nebo vydávat teplo radiací. Vše je závislé na teplotě okolí, vlhkosti a odhalení. O výdej tepla se jedná v tom případě, že je teplota okolí nižší než teplota těla. Radiace (záření či sálání) je elektromagnetické vlnění, které se šíří rychlostí 300 000 000 m/s. Podle délky vlny lze rozlišit několik typů záření: gama záření (nejkratší vlnové délky), rentgenové záření, extrémní ultrafialové záření, ultrafialové záření, optické záření, infračervené záření, submilimetrové záření, mikrovlnné záření a radiové záření. [7] [14]

Následující vzorec vyjadřuje způsob výpočtu tepelného toku, který se přenáší mezi objektem a okolím. Jako objekt lze považovat i lidské tělo. [14]

$$q = \sigma * \varepsilon * (T_1^4 - T_2^4), \quad (7)$$

kde zkratky znamenají:

$T_1, T_2$  - teploty rovnoběžných rovin

$\varepsilon$  - povrchová emisivita

$\sigma$  - radiační konstanta;  $\sigma = 5,67 * 10^{-8}$

#### 4.3.4 Přenos tepla odpařováním

Nejčastější ztráty způsobené odpařováním vznikají v případě přehřátí těla. Tento odvod tepla odchází z kůže pocením a závisí na měrném skupenském výparném teple a rozdílu parciálních tlaků vodních par. Musí platit, že tlak páry při určité teplotě kůže v mezivrstvě je vyšší než tlak okolního vzduchu. Tento způsob tepelné ztráty je nejvyšší, pokud je tělo odhalené, protože pod oděvem je nízký rozdíl parciálních tlaků. Je tedy důležité zohlednit sorpční a transportní vlastnosti použitých textilií u všech vrstev oděvu. [7]

#### 4.3.5 Přenos tepla dýcháním

Tepelné ztráty jsou dány rozdílem mezi množstvím vdechovaných vodních par a množstvím vydechovaných vodních par.

Všech pět způsobů odvodu tepla se podílí na termoregulaci lidského těla. Pokud sečteme hodnoty všech odvodů, dostaneme údaj o množství tepla, které je vyrobeno lidským metabolismem. Pro zajímavost je uvedena následující tabulka (Tab. 7), která ukazuje velikost objemů tepelných odvodů v závislosti na činnosti organismu. [7]



Tab. 7 Velikost objemů tepelných obvodů v závislosti na činnosti organismu [7]

	$v_K \rangle v_o$	$v_K \langle v_o$
	$P_K \rangle P_o$	$P_K \langle P_o$
$Q_v$ (vedení)	20	10
$Q_p$ (proudění)	5	10
$Q_z$ (záření)	50	0
$Q_o$ (odpařování)	20	60
$Q$	5	20

$v_o = 34^\circ C$  - teplota okolí

#### 4.4 Termofyziologický komfort

Termofyziologický komfort lze dle zdroje [14] hodnotit podle následujícího vzorce:

$$TK_T = \alpha_1 i_{mT} + \alpha_2 F_i + \alpha_3 K_d + \alpha_4 \beta_T + \alpha_5 K_f + \beta, \quad (8)$$

kde zkratky znamenají:

$i_{mT}$  index prostupu vodních par

$F_i$  schopnost krátkodobého přijímání vodních par

$K_d$  hodnota vyrovnávání vlhkosti

$\beta_T$  hodnota vyrovnávání teploty

$K_f$  pufrační veličina

Konstanty:

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= -5,640 & \alpha_4 &= -4,512 \\ \alpha_2 &= -0,375 & \alpha_5 &= -4,532 \\ \alpha_3 &= -1,587 & \beta &= 11,553\end{aligned}$$

Senzorický komfort lze hodnotit dle vzorce vytvořeného analogicky ze vzorce pro termofyziologický komfort, dle zdroje [14]:

$$TK_H = \alpha_1 i_{mt} + \alpha_2 i_k + \alpha_3 i_B + \alpha_4 i_o + \alpha_5 n_k + \alpha_6 s + \beta, \quad (9)$$

kde zkratky znamenají:

$i_{mt}$	index prostupu vodních par
$i_o$	povrchový index (drsnost, chlupatost)
$n_k$	počet dotykových bodů
$i_k$	index lepidlosti
$i_B$	index snášivosti
$s$	úhel ohybu

Konstanty:

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= -2,537 & \alpha_4 &= 2,09 * 10^{-2} \\ \alpha_2 &= 1,88 * 10^{-2} & \alpha_5 &= 1,71 * 10^{-2} \\ \alpha_3 &= 2,29 * 10^{-3} & \alpha_6 &= 3,86 * 10^{-2} \\ & & \beta &= 0,36\end{aligned}$$

Podle zdroje [14] můžeme z hodnot komfortu senzorického a termofyziologického dostat komfort celkový, dle vzorce:

$$TK_{celkový} = 0,34 * TK_H + 0,66 * TK_T \quad (10)$$

## 4.5 Metody hodnocení termofyziologického komfortu

### 4.5.1 Thermo-Labo

Přístroj vyvinuli Kewabata a Yoneda v roce 1983. Jako objektivně stanovenou veličinu zvolili maximální hodnotu kontaktního tepelného toku  $q_{\max}$  [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ], který se vypočítá z přechodové křivky teploty. Podstata měření je taková, že se přikládá přehřátý měděný blok na textilii. Textilie je umístěna na nádobě, která je udržována na konstantní teplotě. Zadní strana je izolována polystyrenovou pěnou. Teplotní čidlo je připevněno k této straně. Tepelný zdroj je zahřát BT BOXEM (měděný blok) na danou teplotu, která je vyšší než teplota okolí. Nevýhoda tohoto způsobu měření je následné náročné matematické zpracování výsledků, časová náročnost měření a žádná možnost automatizace přístroje z důvodu těžkopádnosti měření. [14]

### 4.5.2 Alambeta

Tento přístroj (Obr. 6) měří hodnoty závislé (tepelná jímavost, tepelný tok) i nezávislé na čase (tepelný odpor, tepelná vodivost). Přístroj je schopen vyhodnotit statistické údaje během měření. V přístroji je zabudováno samokontrolující se zařízení, jež zabraňuje chybám, které nastanou při měření. Objektivně stanovená veličina je tepelná jímavost. Teplota kontaktní plochy je 35°C, podobně jak je tomu u teploty lidského těla. [14]

Přístroj měří následující hodnoty: tepelnou jímavost  $b$ , plošný odpor vedení tepla  $r$ , tloušťku materiálu  $h$ , poměr maximálního a ustáleného tepelného toku  $p$ , tepelný tok  $q$ , měrnou tepelnou vodivost  $\lambda$ , měrnou teplotní vodivost  $a$ . [14]

#### **Definice parametrů měřených přístrojem Alambeta:**

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

- množství tepla, jež proteče jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot 1K
- hodnota udaná přístrojem Alambeta se musí dělit  $10^3$

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

- poměr tloušťky materiálu a měrné tepelné vodivosti
- hodnota udaná přístrojem Alambeta se musí dělit  $10^3$

$$r = \frac{h}{\lambda}, \quad (11)$$

kde zkratky znamenají:

h tloušťka

$\lambda$  měrná tepelná vodivost

Tepelný tok  $q$  [ $W/m^2$ ]:

- množství tepla šířící se z hlavice přístroje o teplotě  $t_2$  do textilie o počáteční teplotě  $t_1$  za jednotku času

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

- schopnost látky vyrovnávat teplotu
- hodnota udaná přístrojem Alambeta se musí dělit  $10^6$

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

- množství tepla, které proteče při rozdílu teplot 1 K jednotkou plochy za jednotku času v důsledku akumulace tepla v jednotkovém objemu

$$b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c}, \quad (12)$$

kde zkratky znamenají:

$\lambda$  měrná tepelná vodivost

$\rho \cdot c$  tepelná kapacita

Měrná tepelná kapacita  $c$  [ $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ ]:

- tepla potřebné k ohřátí 1kg látky o 1 K
- s rostoucí teplotou měrná tepelná kapacita roste

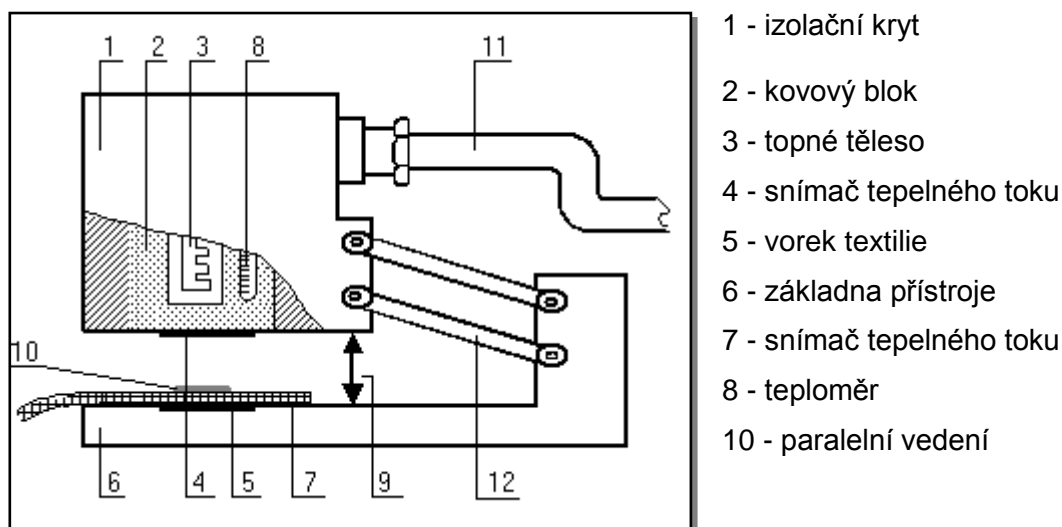
Poměr maximálního a ustáleného toku  $p$  [1]:

$$p = \frac{q_{MAX}}{q_s}, \quad (13)$$

kde zkratky znamenají:

$q_{MAX}$             maximální tok

$q_s$                 ustálený tok



Obr. 6 Schéma přístroje Alambeta [14]

„Princip první verze tohoto přístroje spočívá v aplikaci systému na přímé měření tepelného toku 4 připevněného k povrchu kovového bloku 2 s konstantní teplotou, která se liší od teploty vzorku. Po zahájení měření měřící hlavice 1 se zmiňovaným měřícím systémem poklesne a dotkne se povrchu měřeného vzorku 5, který je umístěn na základě přístroje 6 pod měřící hlavou. V tomto okamžiku se povrchová teplota vzorku náhle změní a počítač začne zaznamenávat průběh tepelného toku. Současně fotoelektrický senzor měří tloušťku vzorku. Všechna data jsou zpracována počítačem podle původního programu, který zahrnuje matematický model charakterizující nestacionární teplotní pole v tenké desce vystavené různým okrajovým podmínkám.

K simulaci reálných podmínek při hodnocení tepelného omaku je měřící hlavice zahřátá na teplotu 32°C (viz topné těleso 3 a teploměr 8), které odpovídá průměrné teplotě lidské pokožky, zatímco textilie je udržovaná na teplotě 22°C. Podobně časová

*konstanta systému na měření tepelného toku, který měří přímo tepelný tok mezi automaticky ovládanou měřicí hlavicí a textilií, vykazuje podobné hodnoty (0,07sec) jako lidská pokožka. Tímto je plného signálu snímače dosaženo během 0,2sec. Oprávněnost použití tepelné jímavosti jako nového parametru hodnotícího tepelný omak textilií byla potvrzena dvěma testy, kde výsledky relativního subjektivního pocitu 100 osob byly srovnatelné s hodnotami tepelné jímavosti dosažené pomocí přístroje ALAMBETA.“* popisují ve svých skriptech Prof. Hes a Bc. Sluka (2005, s. 24 a 25) [14]

## 5. Odvod vlhkosti

### 5.1 Odvod plynné vlhkosti

Tato kapitola úzce souvisí s podkapitolou s názvem Přenos tepla odpařováním. Vlhkost je odváděna ve formě páry. Odvod nastává dvěma způsoby, a to vedením nebo prouděním. Vše závisí na rozdílu mezi parciálním tlakem povrchu těla a parciálním tlakem okolí. Pokud je gradient parciálních tlaků dostatečně velký, pak se z povrchu těla odvede tepelný tok  $q$  [ $W/m^2$ ]. [14]

$$q = m * L, \tag{14}$$

kde zkratky znamenají:

$m$  - odpar vlhkosti

$L$  - výparné teplo vody; při 20°C je 2 400 000 J/kg

S tímto výparným teplem může člověk dosáhnout komfortu, pouze pokud je vlhkost nižší než 60%. [14]

#### 5.1.1 Přenos plynné vlhkosti vedením (difuzí)

Pokud jsou mezi jednotlivými vrstvami malé mezery, oděv má nízkou prodyšnost, pak se vodní pára odvádí vedením.

Podle prvního Fickova zákona můžeme vyřknout vztah, dle zdroje [14]:

$$m^* = -D_p * \frac{\Delta p_{parc}}{\Delta x} = -D_p * \frac{(P_{WSAT} - P_{WE})}{h}, \tag{15}$$

kde zkratky znamenají:

$m^*$  - množství páry, které je přenášeno vzduchovou mezerou

$D_p$  - difuzní koeficient

$\frac{\Delta p_{parc}}{\Delta x}$  - gradient parciálního tlaku

$h$  - tloušťka

Ve vztahu můžeme, dle zdroje [14], místo gradientu tlaku použít gradient koncentrace hmotnosti:

$$m^* = -D_C * \frac{\Delta C}{\Delta x} = -D_C * \frac{(C_{WSAT} - C_{WE})}{h}, \quad (16)$$

kde zkratky znamenají:

$C$  - gradient koncentrace hmotnosti

Stavová rovnice plynu, dle zdroje [14]:

$$D_P = D_C * \frac{M_W}{R * T}, \quad (17)$$

kde zkratky znamenají:

$M_W$  - molární koncentrace vodní páry

$R$  - plynová konstanta

$T$  - absolutní teplota vodní páry

### 5.1.2 Přenos plynné vlhkosti prouděním

$$m^* = \beta_P (p_{WSAT} - p_{WE}) = \beta_C (C_{WSAT} - C_{WE}), \quad (18)$$

kde zkratky znamenají:

$\beta_P$  - koeficient přestupu vlhkosti

Koeficient přestupu vlhkosti prouděním  $\beta_P$  roste s rychlostí vzduchu. Pro nízké rychlosti vzduchu může být vypočítán koeficient přestupu tepla  $\alpha$  podle Lewisova zákona:

$$\alpha = \beta_C * c_{pA}, \quad (19)$$

kde zkratky znamenají:

$\alpha$  - koeficient přestupu tepla

$c_{pA}$  - specifické teplo vlhkého vzduchu



## 5.2 Odvod kapalné vlhkosti

Jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, lidské tělo neustále produkuje svou termoregulační činností pot. Pokud je tělo neoděné, pro odpar potu stačí rozdíl parciálních tlaků páry. Celý proces je popsán v minulých kapitolách. V této kapitole bude popsán způsob odvodu potu ze zahaleného lidského těla a to čtyřmi způsoby: kapilárně, migračně, difuzí a sorpčně.

### 5.2.1 Kapilární odvod kapalné vlhkosti

Tento způsob odvodu vlhkosti spočívá v tom, že pot v kapalné formě vzlíná kapilárami do plochy textilní vrstvy. Tento proces se může opakovat u několika textilních vrstev, v tom případě se jedná o tzv. knotový efekt. Intenzita prostupu vlhkosti závisí na spádu parciálních tlaků  $\Delta P$ . Kapilární odvod závisí na smáčecí schopnosti textilní vrstvy, popř. vrstev, povrchovém napětí vláken a potu. [7] [14]

$$\Delta P = 2\gamma \left[ \left( \frac{p_r \cdot \cos \Theta_r}{r} \right) - \left( \frac{p_R \cdot \cos \Theta_R}{R} \right) \right], \quad (20)$$

kde zkratky znamenají:

$\Delta P$	- kapilární tlak
$R$	- efektivní poloměr velkých pórů
$r$	- efektivní poloměr malých pórů
$\gamma$	- povrchové napětí vody
$\Theta$	- kontaktní úhel
$p$	- zvětšení vnitřního povrchu kapilárních kanálů

Rovnice vyjadřuje úměru kapilárního tlaku, který zapřičiňuje pohyb vlhkosti směrem od velkých pórů k malým pórům, s povrchovým napětím vody a s funkcí cos kontaktního úhlu. [7] [14]

### 5.2.2 Migrační odvod vlhkosti

*„Migrace potu (vody) na povrchu vláken vzniká několika způsoby. Oděvní vrstva se nachází na teplotním spádu mezi teplotou těla, resp. mikroklíma a teplotou okolí,*

proto za těchto podmínek může dojít ke kondenzaci vlhkosti na povrchu vláken. Tato voda je odvedena do kapilár nebo migruje na povrchu vláken. K migraci dochází zároveň u vody, která byla do textilie dopravena kapilaritou (tedy kapalinou). Nastává u vláken, která nemají schopnost nasákavosti – nepřijímají vodu do své struktury.“ uvádí ve skriptech TUL Oděvní materiály Ing. Dagmar Růžičková (2003, s. 22). [7]

### 5.2.3 Difuzní odvod vlhkosti

Difuze je popsána v kapitole odvodu plynné vlhkosti. Celý proces závisí na rozdílu parciálních tlaků, vlhkost postupuje ve směru nižšího parciálního tlaku páry. Celý proces lze popsat vztahem odvezeným z prvního Fickova zákona. Pokud chybí tzv. pumpovací efekt, lze určit odpor průchodu vodní páry vzorcem, dle zdroje [14]:

$$R_{wp} = \frac{\xi * h}{\varepsilon * D_p}, \quad (21)$$

kde zkratky znamenají:

$R_{wp}$  - odpor průchodu vodní páry jednotky

$\xi$  - faktor tortuosity

$\varepsilon$  - koeficient porosity

Pokud klesá koeficient porosity  $\varepsilon < 1$  a roste faktor tortuosity  $\xi > 1$ , zvyšuje se odpor proti přenosu vlhkosti. Z toho plyne, že pleteniny mají nižší odpor proti přenosu vlhkosti, protože mají vyšší koeficient porosity  $\varepsilon$  než např. tkaniny. [14]

### 5.2.4 Sorpční odvod vlhkosti

Tento proces je nejpomalejší ze všech uvedených procesů pro odvod vlhkosti. Aby se uskutečnil proces sorpce, musí textilie aspoň z části obsahovat vlákna se sorpčními schopnostmi. [7]

Všechny způsoby transportu vlhkosti se na odvodu potu podílí současně. Způsob kapilární odvádí vlhkost ve formě kapaliny, způsoby difuzní, migrační a sorpční pak ve formě kapalin i vodních par. Pro dosažení komfortu je nejlepší kombinace difuzního a sorpčního způsobu odvodu vlhkosti. [7]

## 6. Zjišťování tepelně komfortních vlastností

Celá zkouška byla prováděna na přístroji Alambeta. Laboratoř, kde bylo prováděno měření a příprava vzorků, byla po dobu měření klimatizována.

Klimatické podmínky při měření:

- vlhkost – 39-42%
- teplota – 23-24,1°C

Bohužel i přes veškeré snahy nebylo možné v laboratoři zajistit konstantní teplotu a vlhkost.

### 6.1 Příprava vzorků

Pro měření byly použity vzorky o rozměrech 190x190mm. Celkem bylo měřeno 36 vzorků (polštářků), z toho 18 vzorků bylo z jedné strany opatřeno textilií z vlny typu merino a z druhé strany tkaninou Colibry DWR a 18 vzorků bylo ušito pouze z tkaniny Colibry DWR. Všechny vzorky byly naplněny husím peřím charakteru 90/10. Husí peří neprošlo žádnou chemickou ani tepelnou úpravou.

12 vzorků (6 vzorků s merinem a 6 vzorků bez merina) bylo naplněno na průměrnou hmotnost 18,4g.

Dalších 12 vzorků (6 vzorků s merinem a 6 vzorků bez merina) bylo plněno konstantním plněním bez ohledu na výslednou hmotnost. Tento postup byl zvolen v průběhu měření a to kvůli rozdílným plošným hmotnostem textilie s merinem a tkaniny Colibry DWR, což u „plnění na stejnou hmotnost vzorků“ vedlo k „znevýhodnění“ vzorků s merinem, neboť textilie s merinem má větší plošnou hmotnost, a tedy vzorky s touto textilií obsahovaly velice málo peří. Výsledná průměrná hmotnost vzorků bez merina byla 10g a hmotnost vzorků s merinem byla 19,4g. Konstantní plnění bylo zajištěno dodáním peří o průměrné hmotnosti a to 7,8g. Všechny hmotnosti byly zjištěny za suchého stavu po sušení v sušícím zařízení po dobu 40 min.

Plošná hmotnost tkaniny Colibry DWR je 30g/m<sup>2</sup> a plošná hmotnost pleteniny z vlny typu merino je 160g/m<sup>2</sup>. Všechny materiály pro výrobu vzorků poskytla firma Warmpeace.

## 6.2 Zavlhčování vzorků

Vzorky byly zavlhčovány roztokem vody a rychlosmáčedla Spolion 8 v poměru 2 kapky rychlosmáčedla na 2l vody. Kapalná vlhkost byla do vzorků aplikována injekční stříkačkou. Vzorky byly poté ponechány v laboratoři v uzavřených igelitových obalech po dobu 12 hodin. Laboratoř byla po celou dobu klimatizovaná. Poté následovalo samotné měření na přístroji Alambeta a sušení v sušícím zařízení nastaveném na teplotu 90°C po dobu 40minut. Následně byly vzorky ponechány cca 4 hodiny volně v laboratoři. Poté následovalo dosušení po dobu 10minut v 90°C a následně se aplikovala další vlhkost. Vlhkost byla stanovena dvěma způsoby. U vzorků se stejnou hmotností „bez merina“ a „s merinem“ byla vlhkost určena procentním poměrem vůči celkové hmotnosti vzorků, a následně přepočítána na gramy. U vzorků s konstantní hmotností náplně (tedy s různou hmotností vzorků „bez merina“ a „s merinem“) byla hmotnost vlhkosti pro oba druhy vzorků stejná.

## 6.3 Měření na přístroji Alambeta

Na přístroji Alambeta se měří stacionární i dynamické vlastnosti. Mezi stacionární vlastnosti patří tepelný odpor  $r$ , tloušťka  $h$  či měrná tepelná vodivost  $\lambda$ , mezi dynamické vlastnosti se naopak řadí tepelná jímavost  $b$  nebo tepelný tok  $q$ . Definice zmíněných parametrů, schéma i popis přístroje byly popsány v kapitole 5.5.2 Alambeta.

Pro hodnocení termofyziologických vlastností byly vybrány parametry tepelná měrná vodivost  $\lambda$  a plošný odpor vedení tepla  $r$ , přičemž větší pozornost byla kladena na tepelnou měrnou vodivost  $\lambda$ , neboť tento parametr nezávisí na tloušťce materiálu a lépe charakterizuje skutečné izolační schopnosti materiálu.

Od každého typu vzorku (tedy vzorku lišící se zaplněním, vlhkostí a použitím vrchového materiálu) byly vyrobeno 6 stejných vzorků. Každý z těchto 6 vzorků byl měřen třikrát a zapsána byla střední hodnota, tudíž bylo získáno 6 hodnot pro každý vzorek s danou vlhkostí a s daným zaplněním. To znamená, že při 5 vlhkostech bylo u jednoho typu vzorku celkem naměřeno 30 hodnot. Protože byly měřeny 4 typy vzorků, celkem naměřených hodnot bylo 120.

## 7. Vyhodnocení naměřených veličin

Protože bylo zpracováváno malé množství dat, byla na vyhodnocení základních charakteristik, dle zdroje [15], použita analýza malých výběrů pro  $4 \leq n \leq 20$  navrhnutá Hornem. Při této analýze se vychází z hloubek pivotů, které odpovídají výběrovým kvartilům (F).

$$\text{Hloubka pivotu je } H = (\text{int}((n+1)/2))/2 \text{ nebo } H = (\text{int}((n+1)/2 + 1))/2, \quad (22)$$

podle toho, u kterého vzorce vyjde celé číslo.

$$\text{Dolní pivot je } x_D = x_{(H)}, \text{ horní pivot je } x_H = x_{(n+1-H)}. \quad [15] \quad (23)$$

Odhadem polohy, dle zdroje [15], je pivotová polosuma:

$$P_L = \frac{x_D + x_H}{2}. \quad (24)$$

Odhadem rozptýlení je, dle zdroje [15], pivotové rozpětí:

$$R_L = x_H - x_D. \quad (25)$$

Náhodná veličina  $T_L$  má přibližně symetrické rozdělení. Kvantily této náhodné veličiny najdeme v tabulce. [15]

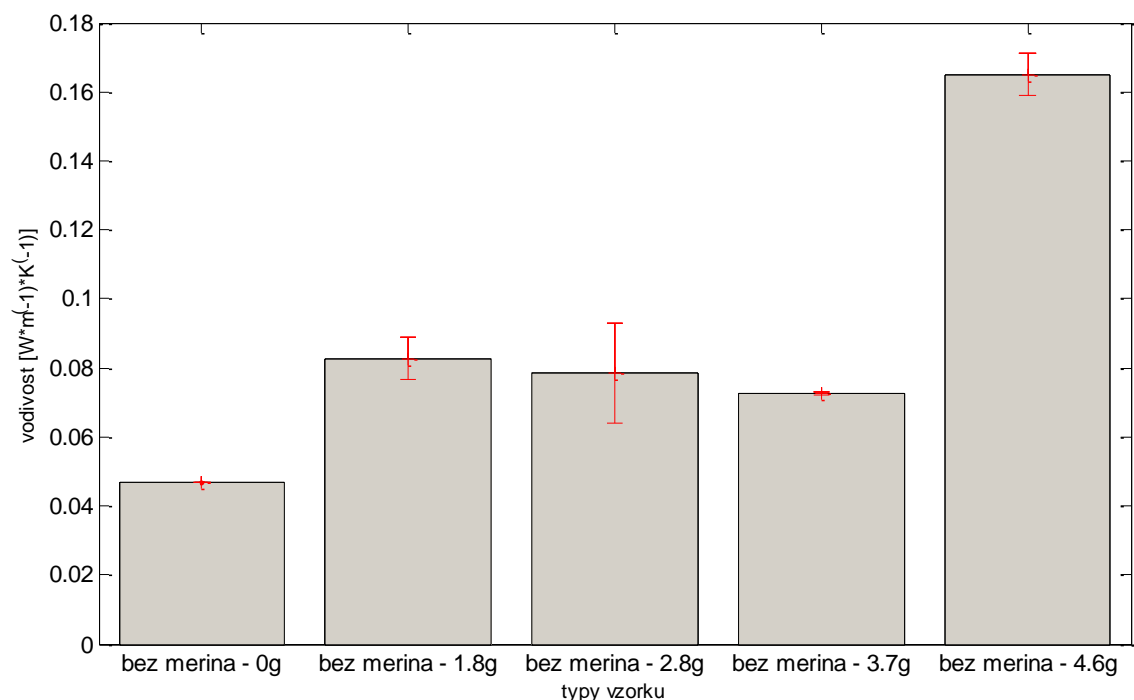
$$T_L = \frac{P_L}{R_L} = \frac{x_D + x_H}{2(x_H - x_D)} \quad (26)$$

Pro 95% interval spolehlivosti dle zdroje [15] platí:

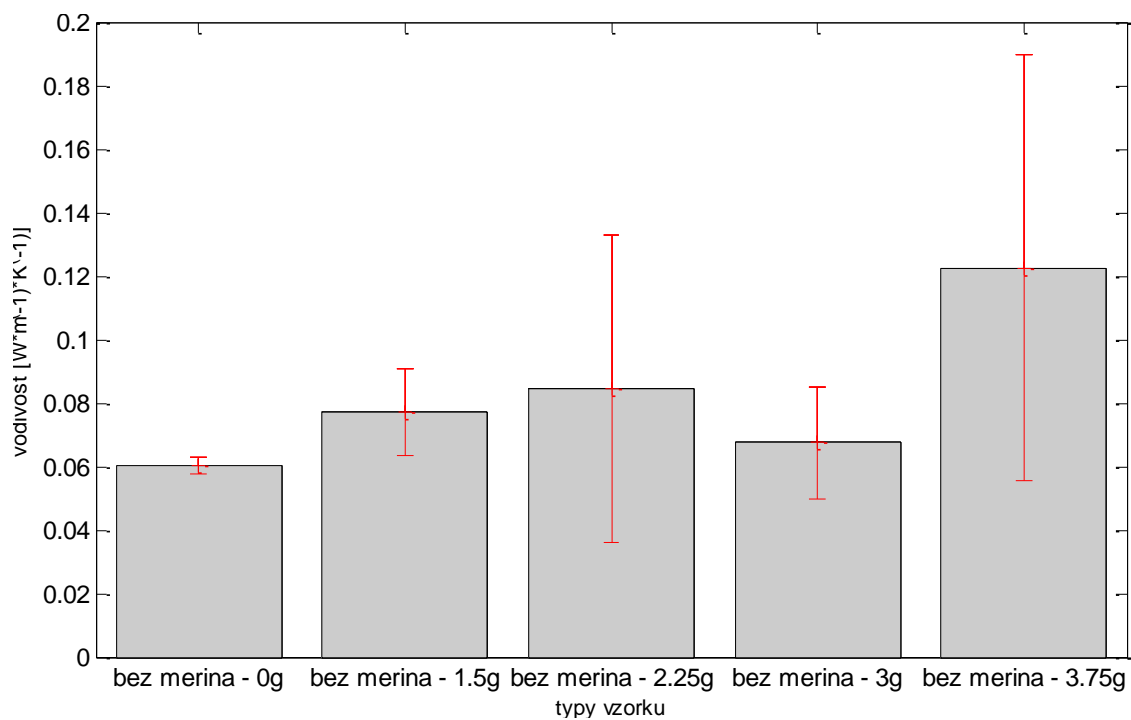
$$P_L - R_L t_{L,0,975}(n) \leq \mu \leq P_L + R_L t_{L,0,0975}(n) \quad (27)$$

Podle výše uvedených obecných charakteristik odhadů parametrů polohy byly pro větší přehlednost vytvořeny sloupcové grafy, kde výška sloupce odpovídá pivotové polosumě a červená přímka odpovídá intervalu spolehlivosti. Je nutné říci, že vzorky s obsahem merina jsou označeny „s merinem“, vzorky bez obsahu merina jsou označeny „bez merina“. Vlhkostní přivažek je vyjádřen v gramech a je zapsán za pomlčkou u popisku sloupců. V práci budou uveřejněny ukázkové grafy, ostatní grafy jsou umístěny v příloze.

7.1.1 Tepelná měrná vodivost  $\lambda$

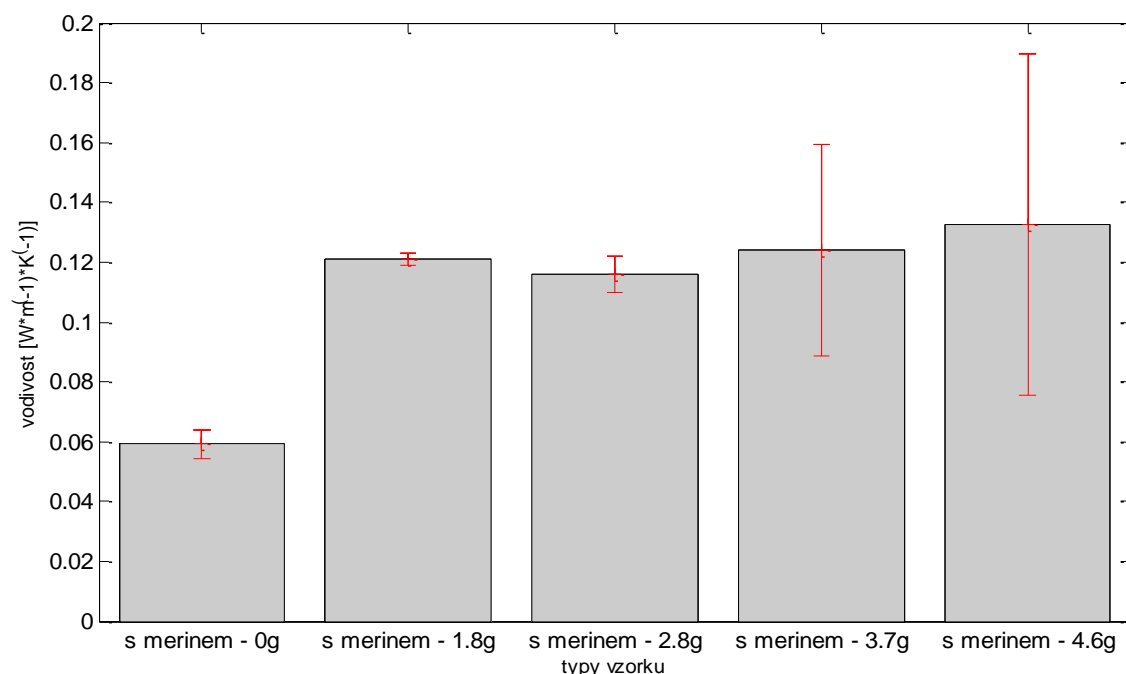


Obr. 7 Měrná tepelná vodivost v závislosti na rostoucím hmotnostním přívážku vlhkosti

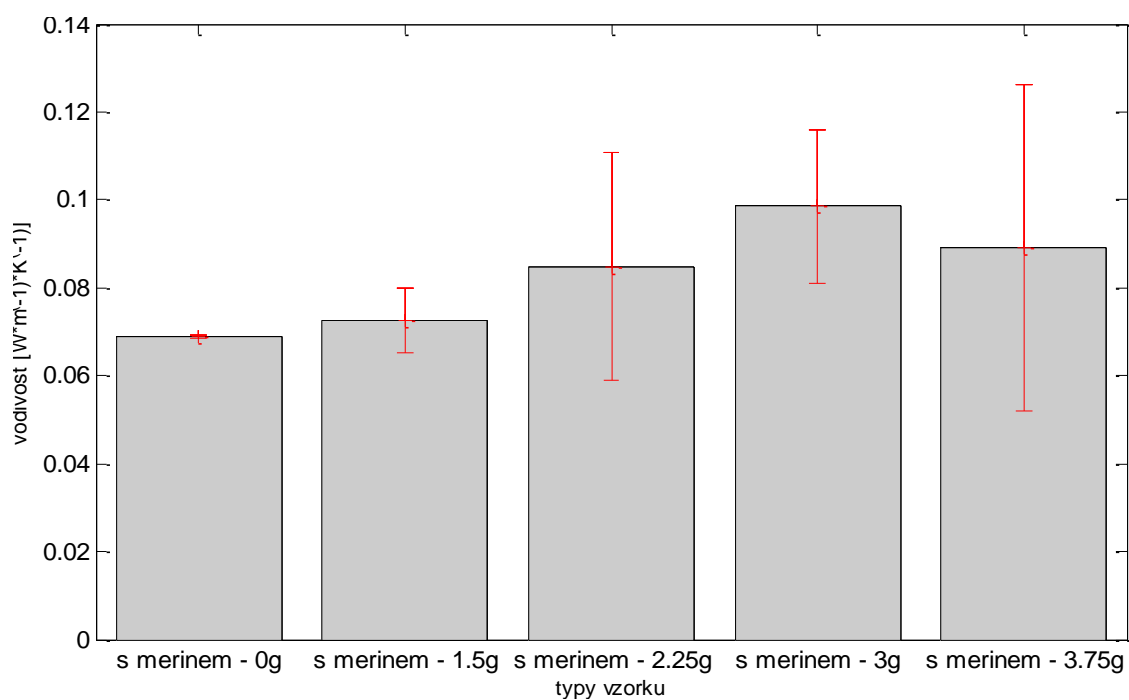


Obr. 8 Měrná tepelná vodivost v závislosti na rostoucím hmotnostním přívážku vlhkosti

Na obr. 7 a 8 je zobrazen graf tepelné vodivosti pro vzorky bez obsahu merina s různým vlhkostním přívazkem. Původní průměrná hmotnost vzorku za sucha byla (u obr. 7) 18,4g a (u obr. 8) 19,4g. Z grafu je patrné, že předpokládaný růst tepelné vodivosti se zvyšováním vlhkosti není tak jednoznačný, jak bylo předpokládáno.



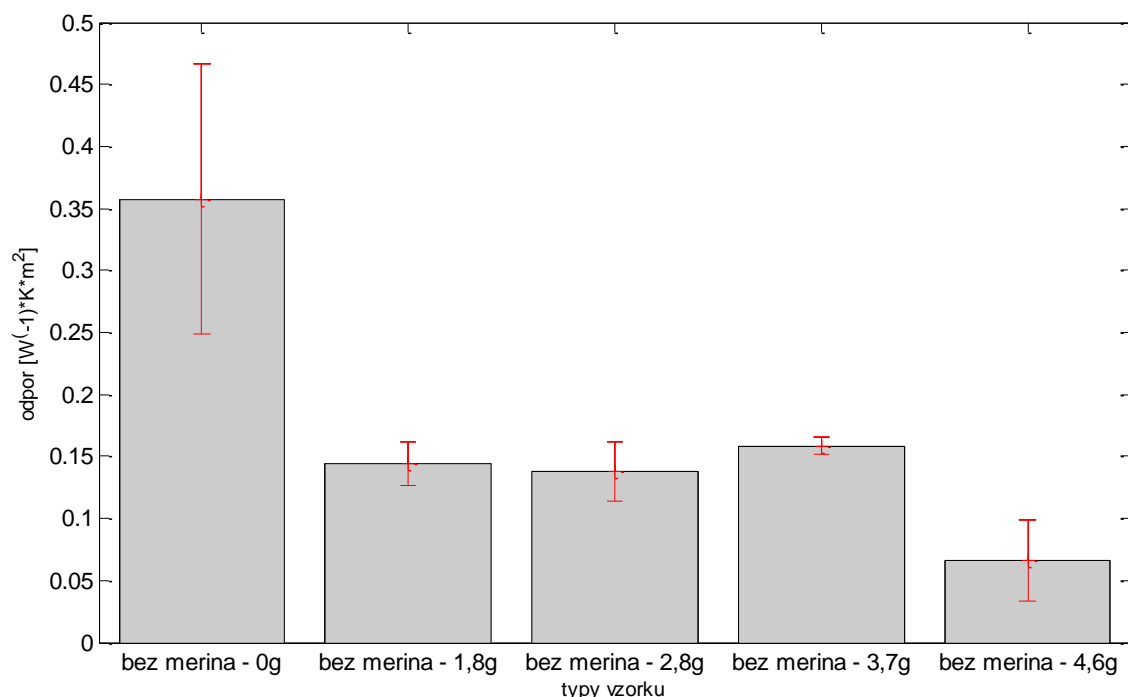
Obr. 9 Měrná tepelná vodivost v závislosti na rostoucím hmotnostním přívazku vlhkosti



Obr. 10 Měrná tepelná vodivost v závislosti na rostoucím hmotnostním přívazku vlhkosti

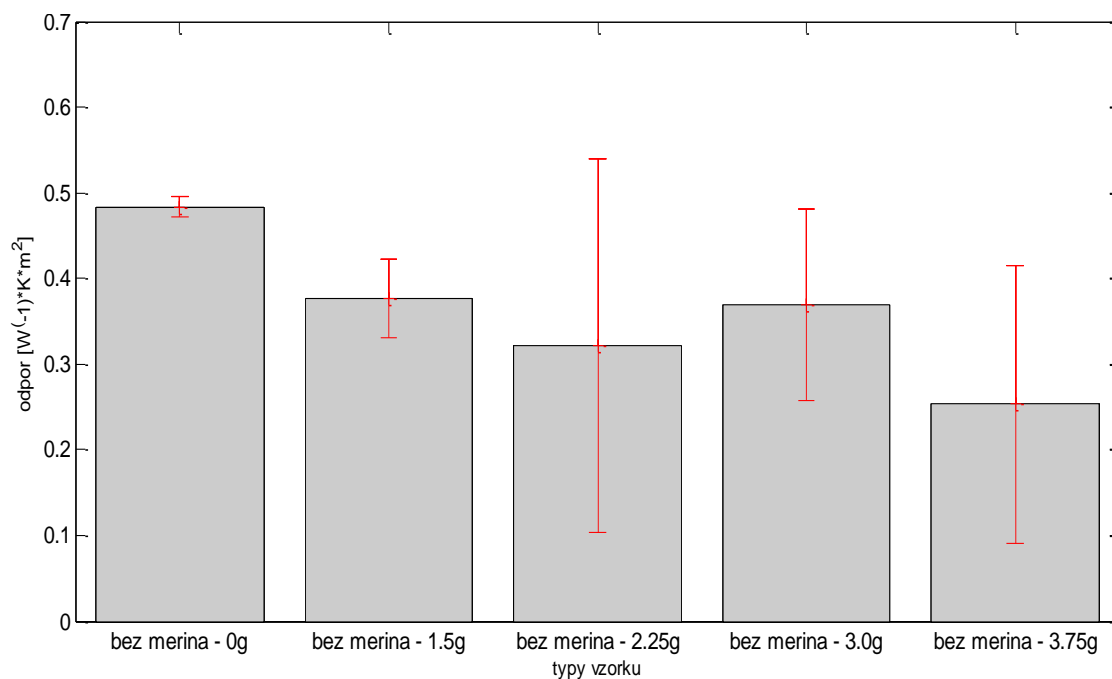
Na obr. 9 a 10 je zobrazen graf tepelné vodivosti pro vzorky s obsahem merina s různým vlhkošním přívážkem. Původní hmotnost vzorku za sucha byla (u obr. 9) 18,4g a (u obr. 10) 19,4g. Z grafů je vidno, že tepelná vodivost u vzorků s merinem má, mimo jedné hodnoty u každého grafu, lehce vzrůstající sklon. Ovšem rozptyl hodnot s rostoucím množstvím vlhkosti téměř vždy též roste.

### 7.1.2 Plošný odpor vedení tepla



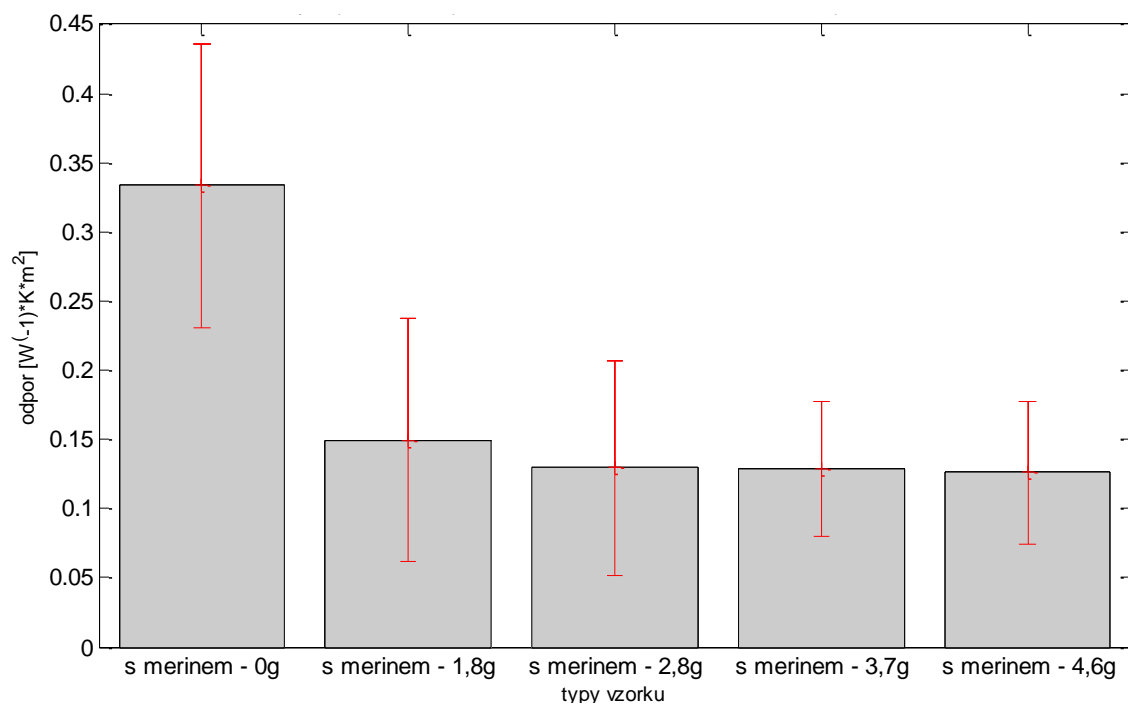
Obr. 11 Plošný odpor vedení tepla v závislosti na rostoucím hmotnostním přívážku vlhkosti



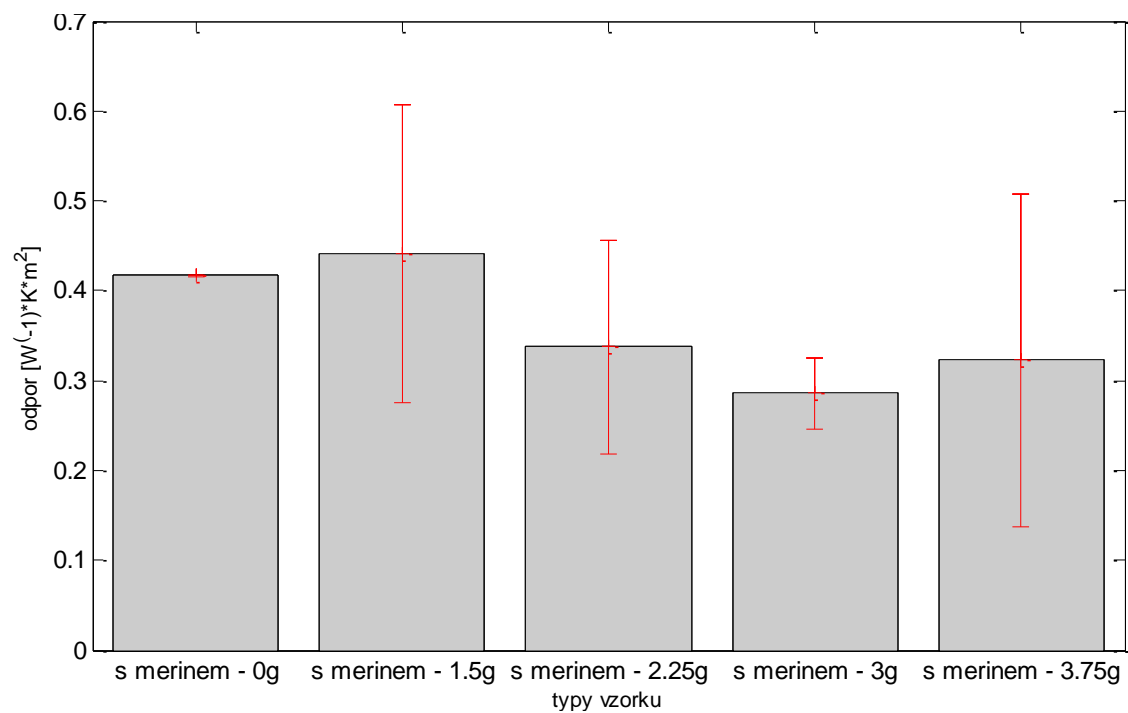


Obr. 12 Plošný odpor vedení tepla v závislosti na rostoucím hmotnostním přívážku vlhkosti

Na obr. 11 a 12 je zobrazen graf tepelného odporu pro vzorky bez obsahu merina s různým vlhkostním přívážkem. Původní hmotnost vzorku za sucha byla 18,4g (obr. 11) a 19,4g (obr. 12). Tepelný odpor má celkem klesající sklon, což je poměrně logické, protože tepelný odpor závisí na měrné tepelné vodivosti a také na tloušťce, která s rostoucí vlhkostí u péřových náplní též klesá.



Obr. 13 Plošný odpor vedení tepla v závislosti na rostoucím hmotnostním přívážku vlhkosti

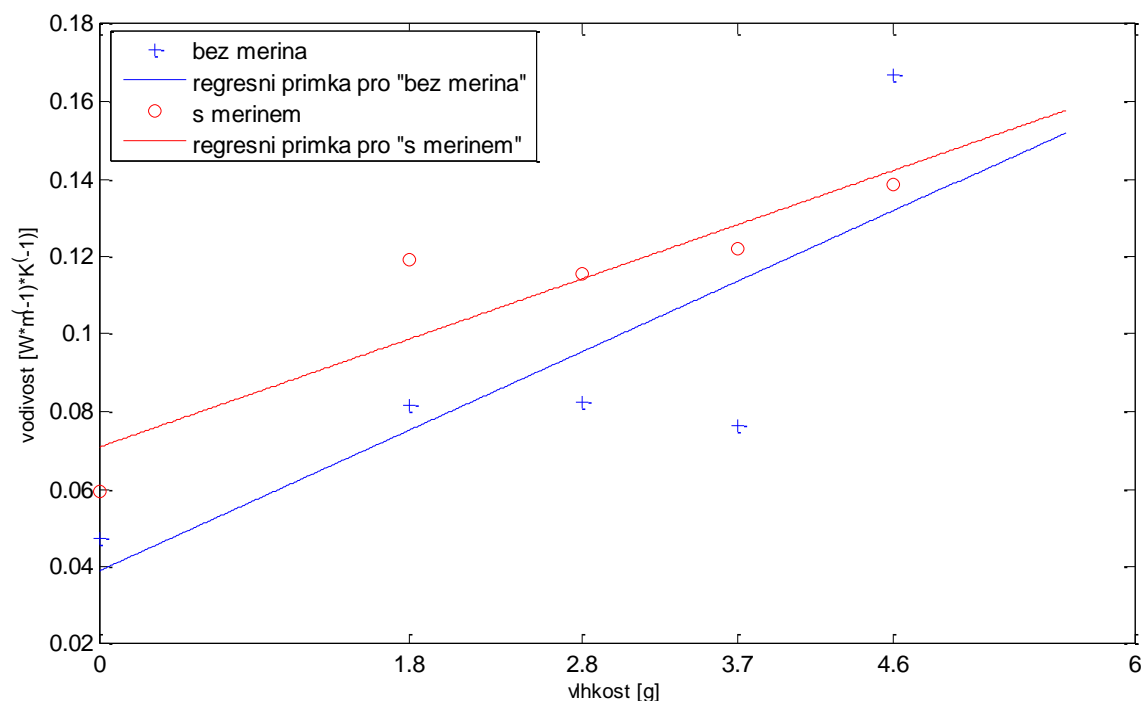


Obr. 14 Plošný odpor vedení tepla v závislosti na rostoucím hmotnostním přívážku vlhkosti

Obr. 13 a 14 zobrazuje grafy tepelného odporu pro vzorky s obsahem merina s rostoucím hmotnostním přívazkem vlhkosti s původní hmotností vzorku za sucha 18,4g (obr. 13) a 19,4g (obr. 14). Z grafu je patrné, že má odpor též klesající sklon s rostoucí hmotností, ovšem také je vidno, že rozptyl hodnot je poměrně dost velký.

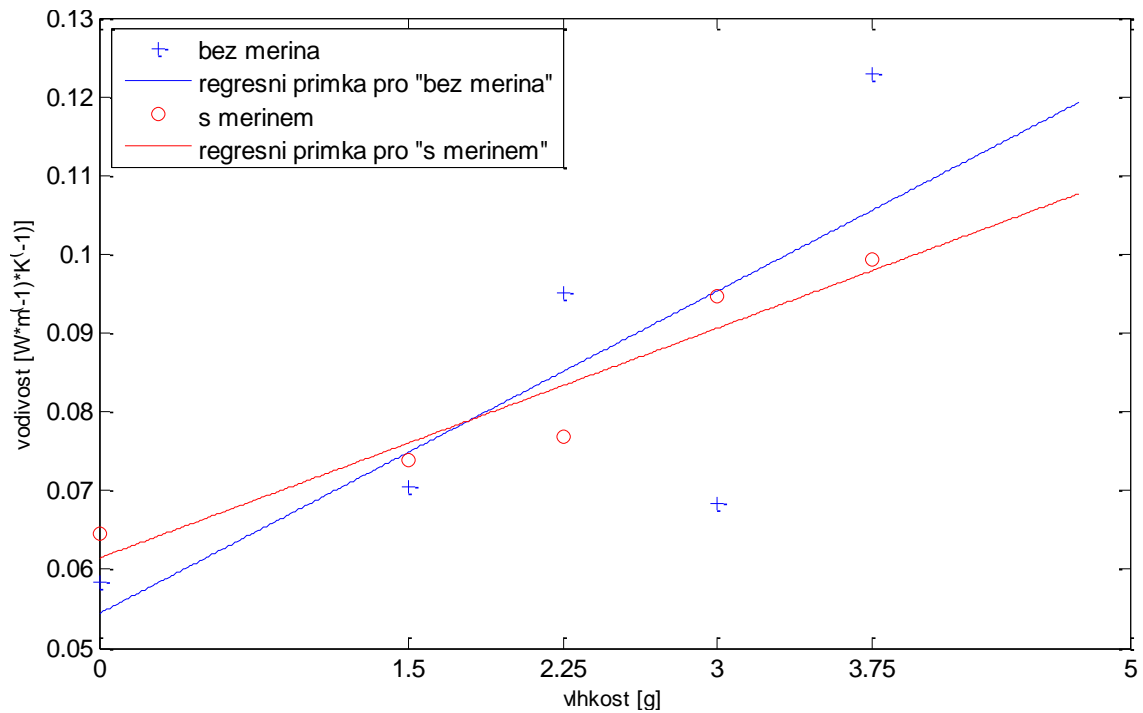
### 7.1.3 Bodové grafy pro měrnou tepelnou vodivost

Protože se ve sloupcových grafech dosti špatně porovnává, budou zobrazeny grafy bodové, které, stejně jako grafy sloupcové, vycházejí z Hornovy analýzy malých výběrů. Bodové grafy budou zobrazeny pouze pro měrnou tepelnou vodivost, protože jak již bylo zmíněno, tato vlastnost má pro firmu Warmpeace větší význam, neboť odpor se dá ovlivnit tloušťkou, ale vodivost nikoliv.



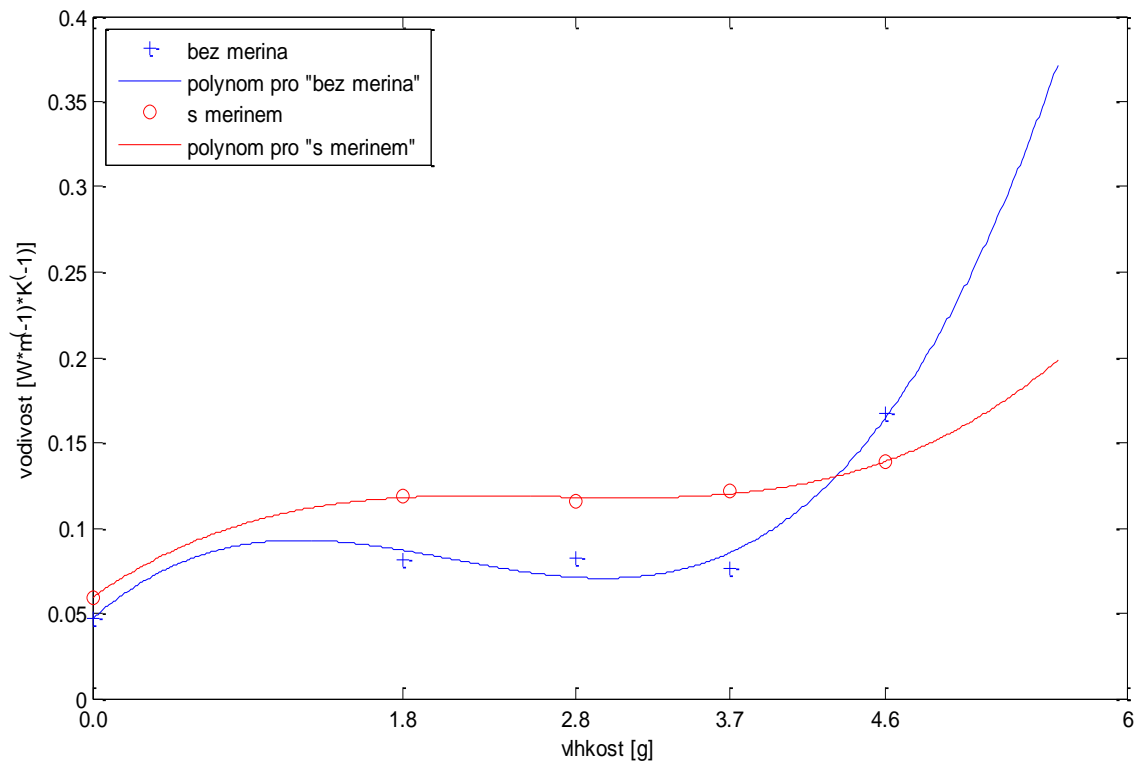
Obr. 15 Vliv vlhkosti na měrnou tepelnou vodivost

Rovnice regrese:  $y_1 = 0,0202 x + 0,0390$  ,  $y_2 = 0,0155 x + 0,0708$



Obr. 16 Vliv vlhkosti na měrnou tepelnou vodivost

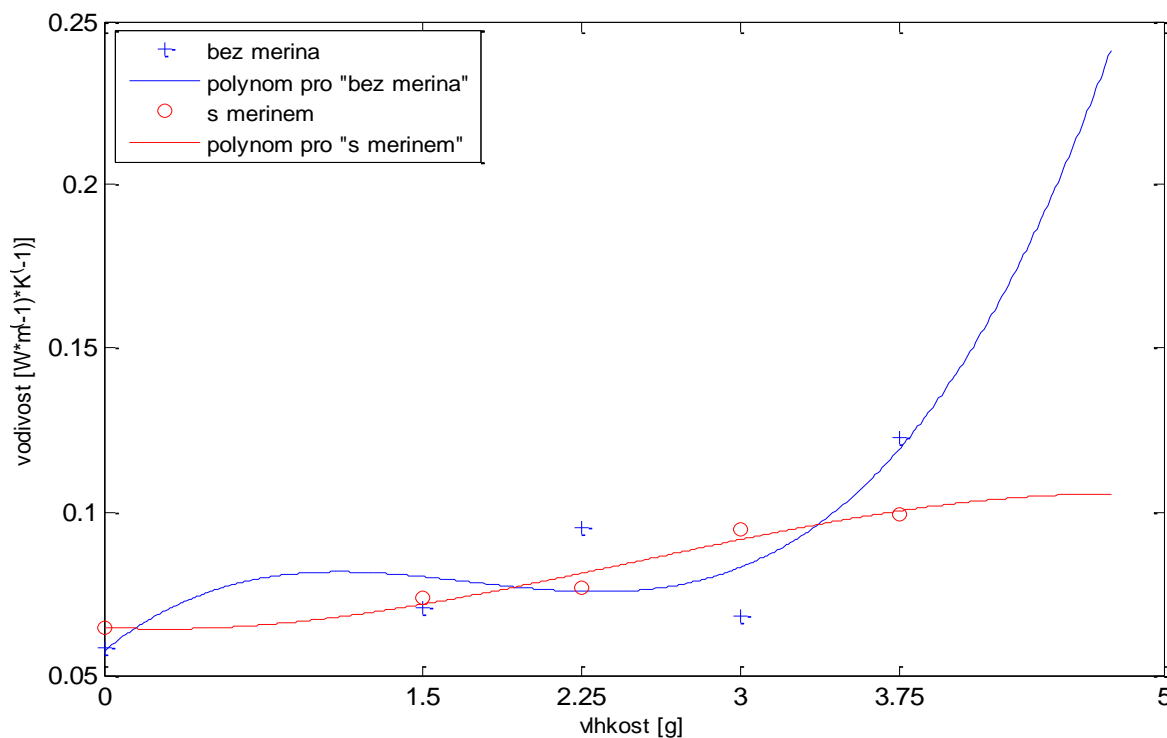
Rovnice regrese:  $y_1 = 0,0136 x + 0,0544$  ,  $y_2 = 0,0097 x + 0,0614$



Obr. 17 Vliv vlhkosti na měrnou tepelnou vodivost

Rovnice regrese:  $y_1 = 0,0082 x^3 - 0,0515 x^2 + 0,0883 x + 0,0468$

Rovnice regrese:  $y_2 = 0,0034 x^3 - 0,0271 x^2 - 0,0703 x + 0,0594$



Obr. 18 Vliv vlhkosti na měrnou tepelnou vodivost

Rovnice regrese:  $y_1 = 0,0067 x^3 - 0,0344 x^2 + 0,0518 x + 0,0575$

Rovnice regrese:  $y_2 = -0,0009 x^3 + 0,0070 x^2 - 0,0038 x + 0,0647$

Výše zobrazené grafy na obr. 15, 16, 17 a 18 vyjadřují vliv vlhkosti na tepelnou vodivost jak pro vzorky s merinem, tak pro vzorky bez merina. Jsou odlišeny proložením různých typů regresí, na obr. 15 a 16 jsou body proloženy regresní přímkou, na obr. 17 a 18 jsou body proloženy polynomem. Protože se však ze statistického hlediska 6 hodnotami těžko prokládá regrese (jak přímkou, tak polynomem), bude v následující kapitole provedena další analýza.

## 7.2 Analýza závislosti měrné tepelné vodivosti na zaplnění, vlhkosti a použitém materiálu

Celá analýza byla prováděna v programu Matlab. Vytvořený skript bude pro přehlednost uveden v příloze. Analýza byla prováděna ze všech proměřených vzorků. U analýzy nebyla akceptována hmotnost vzorku, neboť ta tepelnou vodivost materiálu neovlivňuje.

Pro stanovení závislosti měrné tepelné vodivosti  $\lambda$  na zaplnění, míře vlhkosti a obsahu vlny byl stanoven, dle zdroje [16], regresní model

$$\lambda_i = a + bz_i + cy_i + du_i + \varepsilon_i, \quad (28)$$

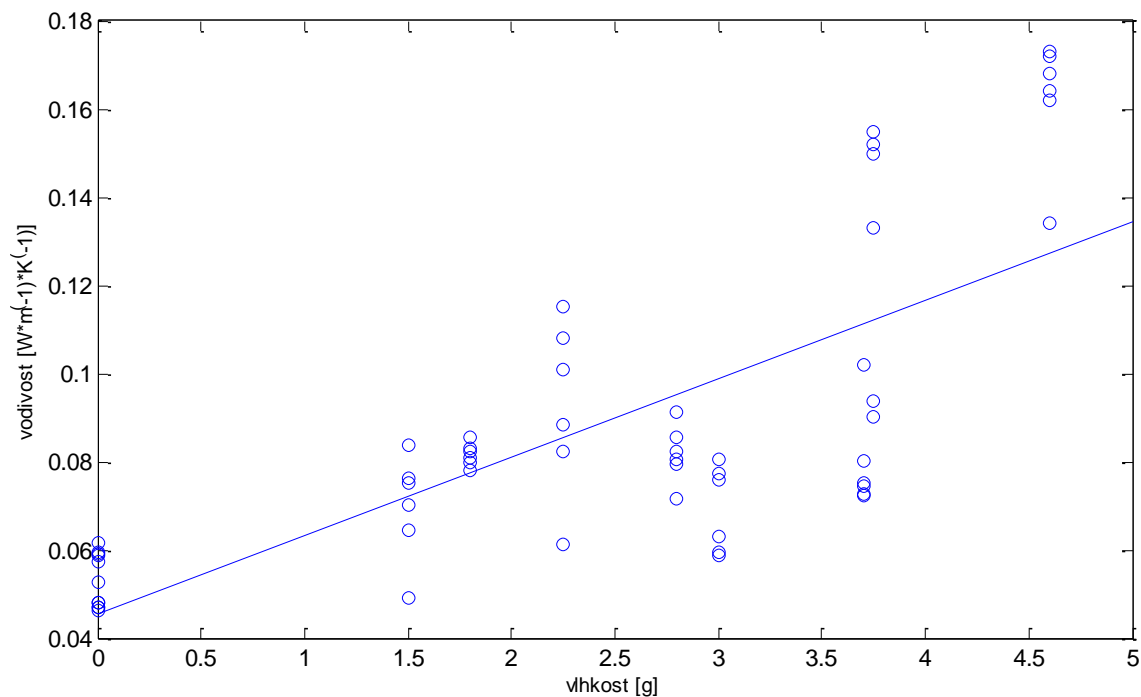
kde zkratky znamenají:

- $a$       absolutní člen
- $b$       regresní koeficient nezávislé proměnné  $z$ , která představuje parametr zaplnění
- $c$       regresní koeficient nezávislé proměnné  $y$ , která odpovídá parametru vlhkosti
- $d$       regresní koeficient proměnné  $u$ , která představuje parametr obsah merinové vlny
- $\varepsilon$       náhodné chyby

V programu Matlab bylo z naměřených a vypočtených dat zjištěno, že interval spolehlivosti koeficientu  $b$  ( $b = 0,0529$ ) prochází nulou ( $IS_b = \langle -0,0416 ; 0,1457 \rangle$ ), tedy ho můžeme považovat za nulový (dle zdroje [16]), z čehož plyne, že  $\lambda$  není závislá na  $b$ . Tím se tedy původní regresní model zjednodušuje na  $\lambda_i = a + cy_i + du_i + \varepsilon_i$ , kde koeficienty jsou  $a = 0,0487$ ;  $c = 0,0164$ ;  $d = 0,0096$ , a jejich intervaly spolehlivosti jsou pak  $IS_a = \langle 0,0402 ; 0,0572 \rangle$ ;  $IS_c = \langle 0,0137 ; 0,0191 \rangle$ ;  $IS_d = \langle 0,0016 ; 0,0176 \rangle$ .

Protože  $u$  (parametr obsah vlny) je diskrétní veličina, tak se celý soubor rozdělí, podle parametru  $u$ , na dvě části – na soubor obsahující vlnu a soubor neobsahující

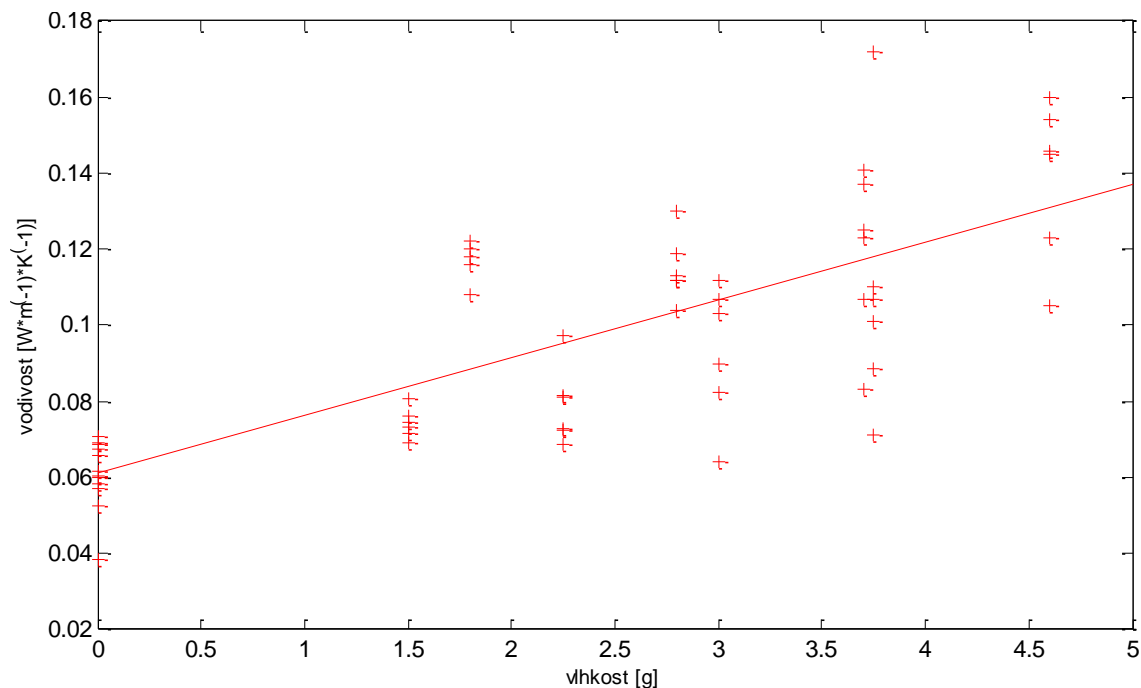
vlnu. U každého z těchto dvou souborů je popsána závislost  $\lambda$  na vlhkosti podle regresního modelu  $\lambda_i = a + cy_i + \varepsilon_i$  (viz obr. 13,14)



Obr. 19 Vliv vlhkosti na tepelnou vodivost u vzorků bez obsahu merina

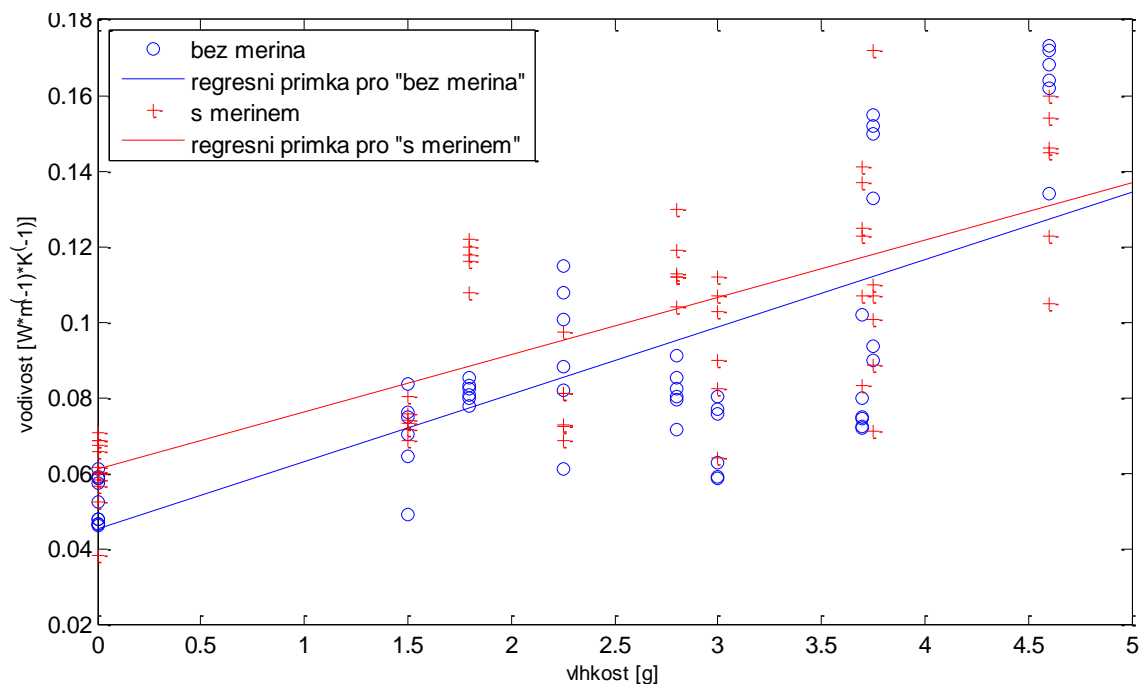
Rovnice regrese:  $y = 0,0456 \cdot x + 0,0177$





Obr. 20 Vliv vlhkosti na tepelnou vodivost u vzorů s obsahem merina

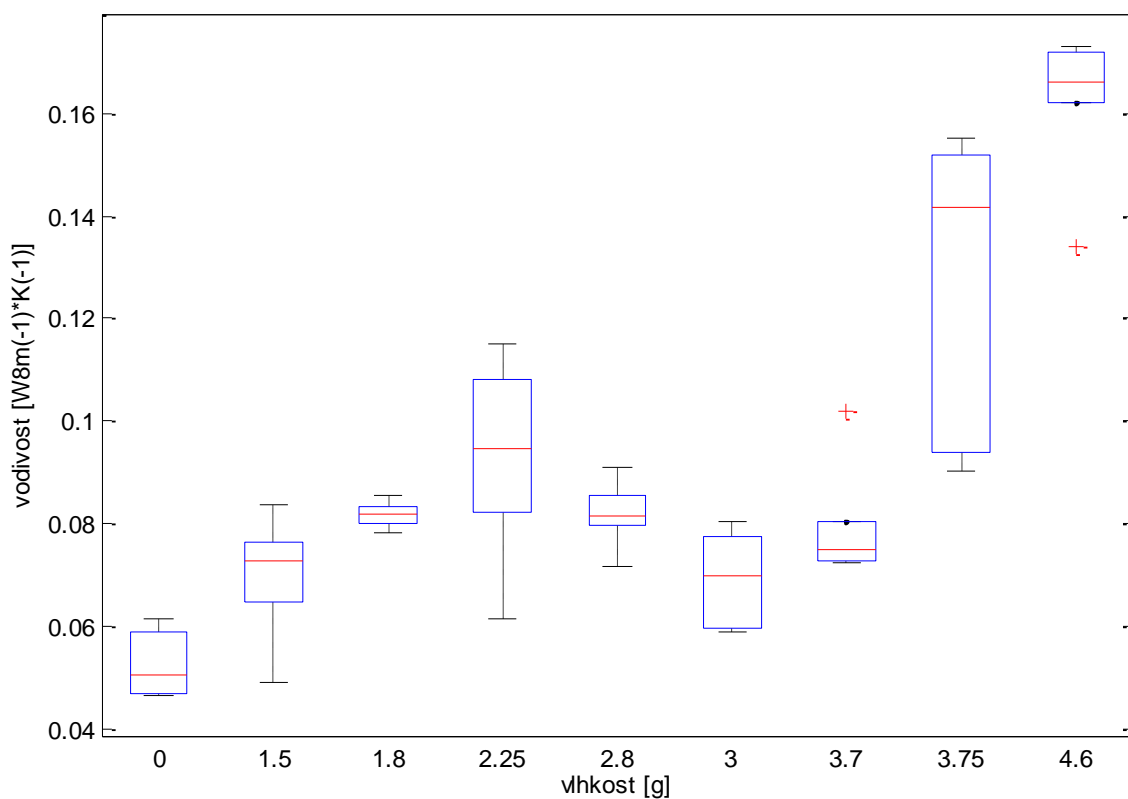
Rovnice regrese:  $y = 0,0141 x + 0,0151$



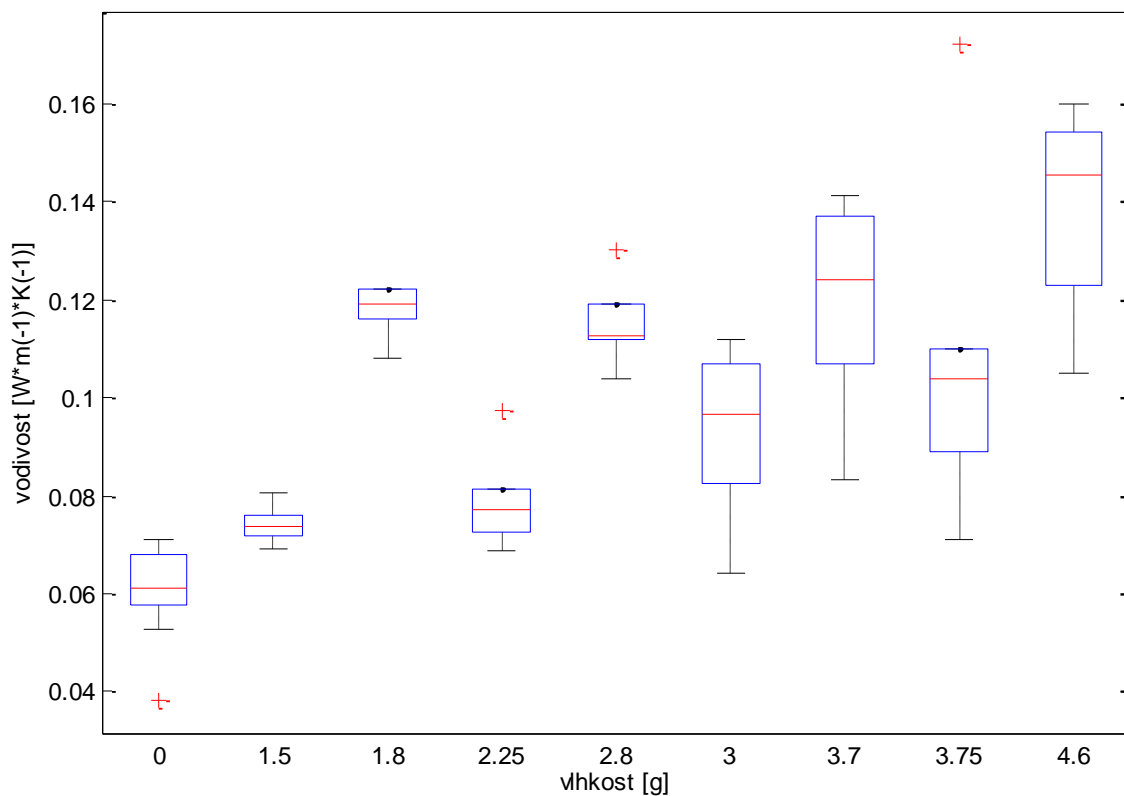
Obr. 21 Porovnání vlivu vlhkosti na tepelnou vodivost u vzorků s obsahem merina a bez obsahu merina

Z obr. 21 je vidět, že se tepelná vodivost s rostoucí vlhkostí u obou typů vzorků zvyšuje, nicméně vliv vlhkosti na vzorky s merinovou vlnou je menší než na vzorky bez

merinové vlny. Lze předpokládat, že od určitého stupně vlhkosti budou vzorky s obsahem merinové vlny dosahovat lepších (nižších) hodnot tepelné vodivosti.



Obr. 22 Krabicový graf pro vzorky bez obsahu vlny



Obr. 23 Krabicový graf pro vzorky s obsahem vlny

Z krabicových grafů (Obr. 21, 22) je vidět, že rozptýlení dat je různé při odlišných vlhkostech. V podstatě směrem k vyšší vlhkosti se rozptyl dat zvětšuje. Z průběhu experimentu nelze konstatovat, jestli jsou rozptyly výsledků způsobeny náhodností dat nebo nepřesností přístroje.

## 8. Návrh konstrukce spacího pytle s použitím merinové vlny

Protože z výsledků měření vyplynulo, že při použití textlie z merinové vlny má výrobek se zvyšující se vlhkostí nižší vliv na růst tepelné vodivosti, bude v následující kapitole uveřejněn návrh konstrukce nového spacího pytle.

### 8.1 Návrh inovace spacího pytle Horizont 1400

Spací pytel Horizont 1400 je ušit z vrchového materiálu Colibry DWR. Tento materiál je velice lehký a vhodný k použití v kombinaci s peřím. Spací pytel je naplněn husím peřím v poměru 90/10 s velmi vysokým loftem a to 900cuin. Řadí se mezi expediční a polární spací pytle. Kvůli velké izolaci, které musí spací pytel dosahovat, je třeba, aby stěny spacího pytle byly co nejširší, a proto je u spacího pytle zvolena konstrukce se systémem trapézových komor. Dále jsou u spacího pytle doladěny různé detaily, jako např. ergonomická konstrukce kapuce, stahování pružnou tkanicí se samosvorkou, zateplovací 3D límec s pružnou tkanicí a uzavíráním na suchý zip, použití speciálních suchých zipů, které se nechytají na oblečení a nedráždí pokožku či vnitřní kapsa. [6]



Obr. 24 Spací pytel Horizont 1400 [6]

Tab. 8 Teplotní charakteristika dle normy EN 13537

$T_{MAX}$	$T_{COMFORT}$	$T_{LIMIT}$	$T_{EXTREME}$
0°C	-25°C	-35°C	-58°C

Objem spacího pytle v kompresním obalu je 30x30cm (15l). Hmotnost náplně (tedy husího peří) je od 1400g po 1550g, podle délky spacího pytle. Celková hmotnost (včetně obalu) je od 2225g do 2440g. [6]

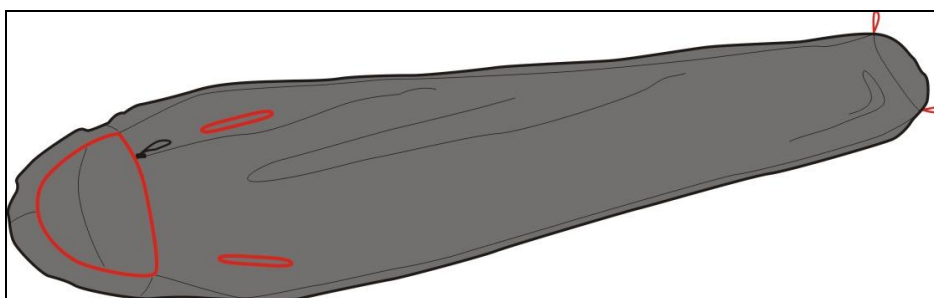
„ *Horizont 1400 je převratnou novinkou v nabídce Warmpeace. Je určen polárníkům, k expedičním účelům a všude tam, kde je velký mráz a relativně suché prostředí. Uživatelé v polárních oblastech při dlouhodobém používání trpí mrznutím kondenzátu tělesné vlhkosti, která prochází náplní spacáku a sráží se na jeho vnější straně, kde mrzne, vytváří bariéru pro další odpařování a zároveň zvolna odtává do náplně spacáku, kterou tím znehodnocuje a ruší její loft a izolační vlastnosti. Kodstranění tohoto jevu je třeba, aby byl materiál spacího pytle co nejprodyšnější a aby do spacáku vstupovalo co nejmenší možné množství tělesných výparů.*“ je uvedeno v katalogu Podzim/zima 2010/2011 firmy Warmpeace (s. 8).

## 8.2 Merino Inlet

Pro odstranění zmíněného problému bylo třeba využít nějakého absorbentu vlhkosti. Jako nejlepší se jevila merinová vlna. Má dobré izolační schopnosti, je dobrý absorbent vlhkosti a navíc při zvlhnutí vytváří sorpční teplo. Dalším problémem v konstrukci spacího pytle bylo, kam merinovou vlnu umístit. Nejdříve bylo uvažováno, že se merinová vlna umístí jako vnitřní vrchový materiál spacího pytle. Tam ale nastával problém, že vyrobit takovou tkaninu z merinové vlny, která by byla lehká, plnila svou funkci absorbentu a ještě by nepropouštěla peří, je poměrně dost technologicky i finančně nákladné. Další variantou se jevílo použít merinovou vlnu jako součást textilie, která je uvnitř spacího pytle a vytváří komorový systém. Vzhledem k obtížnosti výroby se musela i tato varianta zamítnout. Poslední možností bylo tedy vytvořit vložku z merinové vlny. Při subjektivních testech spolumajitele firmy pana Mgr. Pavla Habětína se mu merinová vložka jevíla jako vynikající tah ke zlepšení komfortu při používání spacího pytle, proto se rozhodl tuto merinovou vložku začlenit do svého sortimentu pro nastávající zimní sezonu 2010/2011. Nová merinová vložka se

v současnosti jmenuje Merino Inlet a je už nyní v katalogu firmy Warmpeace Podzim/zima 2010/2011.

Merino Inlet (obr. 25) je vnitřní vložka z jemné merinové vlny. Do spacího pytle je umístěna hlavně za účelem absorbentu, může však být i částečným izolantem. Je vytvořena tak, aby se v ní uživatel mohl v rámci možností pohybovat. Má průramky na ruce a je vyrobena v černé barvě, aby se lépe sušila. Výhodou merinové vložky je, že schne na slunci značně rychleji než samotný spací pytel. Je vyrobena z merinového vlněného úpletu o plošné hmotnosti 160g/m<sup>2</sup>. Hmotnost vložky se pohybuje od 420g po 435g.



Obr. 25 Merino Inlet

## 9. Obecný odhad tepelné vodivosti materiálu ve vlhkém stavu

Abychom mohli předběžně určit tepelnou vodivost, aniž bychom museli užít měřicího přístroje, můžeme použít zjednodušený matematický model pro tepelnou vodivost. Tento matematický model zahrnuje vodivost materiálu a vodivost vody, přičemž se předpokládá, že tepelná vodivost vody je  $0,5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  a tepelná vodivost materiálu je  $0,05 - 0,07 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ . V modelu jsou mezery vyplněny vodou ne vzduchem, proto se model skládá pouze ze dvou částí. Je nutno podotknout, že tento model slouží pouze k odhadu tepelné vodivosti, ne k přesnému určení, tudíž není nutno akceptovat vzduchové efekt a různé jevy ovlivňující výslednou tepelnou vodivost.

Uvažujme, že se v případě péřových vzorků jedná o paralelní propojení tepelného odporu textilie  $R_T$  a tepelného odporu vody  $R_W$ , což znamená, že mezivláknenné kanálky jsou zaplněny vodou. V případě paralelního propojení tepelných odporů je možno sčítat relativní vodivosti materiálu a vody  $\lambda_T$  a  $\lambda_W$  jako vážený součet a určit tak výslednou tepelnou vodivost  $\lambda_{RES}$ .

$$\lambda_{RES} = \varepsilon \lambda_T + (1 - \varepsilon) \lambda_W, \quad (29)$$

kde zkratky znamenají:

$\lambda_{RES}$  výsledná tepelná vodivost

$\lambda_T$  tepelná vodivost textilie

$\lambda_W$  tepelná vodivost vody

$\varepsilon$  součinitel zaplnění, pomocí kterého se určuje plošný podíl materiálu a vody

Pokud se tedy podíváme na odhad minima a maxima zavlhčených vzorků na 50% vlhkost.

- odhad minimální hodnoty tepelné vodivosti:

$$\lambda_{RES} = 0,5 * 0,05 + 0,5 * 0,5$$

$$\lambda_{RES} = 0,275 \text{ W} * \text{m}^{-1} * \text{K}^{-1}$$

- odhad maximální hodnoty tepelné vodivosti

$$\lambda_{RES} = 0,5 * 0,07 + 0,5 * 0,5$$

$$\lambda_{RES} = 0,285 \text{ W} * \text{m}^{-1} * \text{K}^{-1}$$

Tento model můžeme transformovat pro odhad tepelné vodivosti, pokud ve vzorku místo vody bude led.

$$\lambda_{RES} = \varepsilon\lambda_T + (1 - \varepsilon)\lambda_I, \quad (30)$$

kde zkratky znamenají:

$\lambda_{RES}$  výsledná tepelná vodivost

$\lambda_T$  tepelná vodivost textílie

$\lambda_I$  tepelná vodivost ledu

$\varepsilon$  součinitel zaplnění, pomocí kterého se určuje plošný podíl materiálu a ledu

Pak odhad minimální a maximální tepelné vodivosti bude:

- odhad minimální hodnoty tepelné vodivosti:

$$\lambda_{RES} = 0,5 * 0,05 + 0,5 * 2,2$$

$$\lambda_{RES} = 1,125 \text{ W} * \text{m}^{-1} * \text{K}^{-1}$$

- odhad maximální hodnoty tepelné vodivosti

$$\lambda_{RES} = 0,5 * 0,07 + 0,5 * 2,2$$

$$\lambda_{RES} = 1,135 \text{ W} * \text{m}^{-1} * \text{K}^{-1}$$

Z výpočtu je vidět, že pokud by se ve vzorku nacházel led, dá se říci, že se tepelná vodivost zvýší více jak čtyřikrát. Proto je nutné zabránit tvorbě ledu v materiálu, protože jinak se izolační schopnosti materiálu podstatně sníží. V případě spacích pytlů byla prozatím navržena merinová vložka, která má funkci absorbentu vlhkosti, podstatně rychleji schne než celý spací pytel a zabraňuje tvorbě ledu.



## Závěr

Hned v úvodu práce byla formulována domněnka, že by problematiku s pronikáním vlhkosti od lidského těla ke spacímu pytlí, s její následnou kondenzací a mrznutím, mohlo odstranit použití vhodného absorbentu. Jako absorbent vlhkosti byla zvolena textilie z merinové vlny. Důvody, proč byla zvolena právě merinová vlna, byly formulovány už v úvodu práce. Jsou to dobrá absorpce materiálu, vyzařování sorpčního tepla a dostačující izolační schopnosti.

Měření bylo prováděno na vzorcích 190X190mm. Vždy bylo vytvořeno šest vzorků ušitých z původní tkaniny Colibry DWR a šest vzorků ušitých z Colibry DWR na jedné straně a z merinové pleteniny na straně druhé. Popis přípravy vzorku spolu s charakteristikou materiálů jsou v práci podrobně popsány.

Z naměřených dat vyplynuly následující poznatky. Při použití merinové vlny se tepelná vodivost za sucha nezlepší, ba naopak, spíše se zhorší. Zhoršení však není tak velké, aby bylo citelné pro uživatele. Nicméně merinová vlna má plnit svou funkci dodatečného izolantu spíše ve vlhkém stavu než za sucha, takže posuzovat změnu tepelné vodivosti vzorku s merinovou vlnou za suchého stavu je bezpředmětné.

Co se týče vzorků za působení vlhkosti, žádoucím jevem bylo, aby vzorky s merinovou vlnou měly nižší tepelnou vodivost nebo aby měly nižší sklon k růstu tepelné vodivosti se zvyšujícím se množstvím dodané vlhkosti. Po zpracování výsledků se ukázalo, že u vzorků s obsahem merinové vlny skutečně nedochází k tak velkému nárůstu tepelné vodivosti. Výsledky nebyly sice až tak jednoznačné, neboť s rostoucím množstvím vlhkosti se zvyšoval i rozptyl naměřených dat, ale to mohla zapříčinit náhodnost dat, nepřesnost přístroje způsobená obsahem vlhkosti v měřeném vzorku či nestejně rozložená vlhkost ve vzorku.

Nicméně průběh a výsledky měření poukázaly na to, že aby bylo měření objektivní, musí být akceptovány vnitřní a vnější okolní vlivy, které působí na spací pytel, neboť z hodnoty tepelné vodivosti a následně tepelného odporu nelze přepočítat skutečné teplotní charakteristiky spacího pytle, jak to prozatím popisuje norma EN 13537.

Protože měření ukázalo, že textilie s obsahem merinové vlny skutečně znatelně zvýší komfort uživatele spacího pytle, rozhodl se pan Mgr. Pavel Habětín, ředitel a

spolumajitel firmy Warmpeace, pro inovaci expedičního spacího pytle Horizont 1400. Protože nebylo možné sehnat takovou textilií s obsahem merinové vlny, která by šla použít v kombinaci s péřovou náplní, muselo být přistoupeno ke konstrukci samostatné vložky. Výhodou vložky je, že nejen, že plní funkci absorbentu vlhkosti, ale navíc v porovnání se spacím pytlek znatelně rychleji schne a slouží jako dodatečný izolant. Tato vložka už je nyní v nabídce firmy Warmpeace pro nastávající zimní sezónu 2010/2011 s názvem Merino Inlet.

V závěru práce je nutné podotknout, že inovace spacího pytle Horizont 1400 vytvořená dodáním merinové vložky Merino Inlet, se setkala s kladným ohlasem některých horolezců, kteří mají zkušenosti s užíváním expedičních spacích pytlů.

## Seznam použité literatury

- [1] Warmpeace, dostupné z: <http://www.warmpeace.cz/historie-firmy.html>
- [2] Kacovský, J.: Peří. Praha, 1957, typové číslo: L18-B2-3-II
- [3] Tuška, J., Burda, Z., Vodrážka, G.: Peří, jeho vlastnosti, získávání, zpracování a použití. Praha, 1975, typové číslo: DT 637.631
- [4] Kočová, B.: Problematika péřových výplní pro textilní průmysl: bakalářská práce. Liberec: TU, 2006
- [5] Malinská, M.: Tepelně-izolační vlastnosti prachového peří: bakalářská práce. Liberec: TU, 2008
- [6] Warmpeace: Podzim/zima 2010/2011: katalog
- [7] Růžičková, D.: Oděvní materiály. Skriptum, Liberec: TU, 2003, ISBN 80-7083-682-2
- [8] Staněk, J.: Standardizace textilních výrobků I. Skriptum, Liberec: TU, 2005, ISBN 80-7372-029-9
- [9] Spací pytle, dostupné z <http://www.warmpeace.cz/2-spaci-pytle.html>
- [10] Malý průvodce světem outdooru 2010.
- [11] Najdi svůj spacák. Spacák nehřeje, ale izoluje, dostupné z: <http://www.svetoutdooru.cz/clanek/?107339-najdi-svuj-spacak-spacak-nehreje-ale-izoluje>
- [12] Najdi svůj spacák. Normy na měření spacích pytlů, dostupné z: <http://www.svetoutdooru.cz/clanek/?107342-najdi-svuj-spacak-normy-na-mereni-spacich-pytlu>
- [13] Kuneš, J., Veselý, Z., Honner, M.: Tepelné bariéry. Praha, 2003, ISBN 80-200-1218-4
- [14] Hes, L., Sluka, P.: Úvod do komfortu textilií. Skriptum, Liberec: TU, 2005, ISBN 80-7083-926-0
- [15] Meloun, M., Militký, J.: Statistická analýza experimentálních dat. Praha, 2004, ISBN 80-200-1254-0
- [16] Anděl, J.: Matematická statistika. Praha, 1985, typové číslo: L11-C3-III-84/17991

## Seznam příloh

- I. Seznam autorizovaných prodejen zboží od společnosti WARMPEACE
- II. Seznam všech nabízených zimních spacích pytlů v sezoně 2009/2010
- III. Měrná tepelná vodivost v závislosti na rostoucí vlhkosti
- IV. Měrná tepelná vodivost v závislosti na rostoucí vlhkosti
- V. Plošný odpor vedení tepla
- VI. Plošný odpor vedení tepla
- VII. Skript z programu Matlab použitý na analýzu malých výběrů
- VIII. Skript z programu Matlab použitý na analýzu závislosti měrné tepelné vodivosti na zaplnění, vlhkosti a použitém materiálu

# Přílohy

## I. Seznam autorizovaných prodejen zboží od společnosti WARMPEACE

Město	Obchod	Adresa
Bernartice nad Odrou	UAX SHOP	Bernartice nad Odrou 131
Brno	ALPSPORT	Josefská 3
Brno	HUDY SPORT	Orlí 20
Brno	HUDY SPORT	Veveří 13
Čáslav	FIDO SPORT	Gen.Moravce 235
České Budějovice	HUDY SPORT	Rudolfovská 11
České Budějovice	SPORT KAMZÍK	Široká 19
Česká Lípa	UP SPORT	Moskevská 8
Frýdek Místek	HUDY SPORT	Nám. Svobody 43
Frýdek Místek	KOLUMBUS	Vrchlického 1660
Frýdek Místek	SPORT MAG	Farní 20
Haviřov	SUMMIT SPORT	Hlavní 47
Havlíčkův Brod	EXTREM SPORT	Smetanovo nám. 3290
Holešov	PINGU SPORT s.r.o.	Palackého 726
Hradec Králové	HUDY SPORT	Šafaříkova 581B
Hradec Králové	SEWER OUTDOOR	Resslova 600
Hradec Králové	CHO OJU SPORT	Gočárova třída 846
Hronov	ALBISPORT	Jiráskova 96
Hřensko	HUDY SPORT	Hřensko 131
Jablonec nad Nisou	HUDY SPORT	Podhorská 22
Jeseník	SPORT CENTRUM	Nám.Svobody 877
Jičín	HUDY SPORT	Husova 59
Jihlava	HUDY SPORT	Kosmákova 21
Karlovy Vary	HUDY SPORT	Západní 11
Kladno	HORAL SPORT	nám.Starosty Pavla 17
Kladno - Kročehlavy	SAMBAR	Dělnická 244
Krnov	BIVAK SPORT	Hlavní nám. 14
Kvilda	SPORT KVILDA	Kvilda č.p. 158
Liberec	HUDY SPORT	5.května 15
Liberec	KH SPORT	Pražská 376/36a
Náchod	PINGUIN	Běloveská 187
Olomouc	HORTEZ	8.května 16
Olomouc	HUDY SPORT	Ostružnická 19
Olomouc	MADER SPORT	Denisova 20
Ostrava	360 OUTDOOR SHOP	Tyršova 28
Ostrava	ALPSPORT	Tyršova 25
Ostrava	GEKKO SPORT OUTDOOR	& Jiráskovo nám. 4

Ostrava	HUDY SPORT	Na Hradbách 6
Ostrava - Poruba	HUDY SPORT	Hlavní třída 557
Ostrava - Mariánské Hory	TRAIL SPORT	28.října 269
Pardubice	HUDY SPORT	17.listopadu 400
Pelhřimov	SPORT VACÍK	Masarykovo nám. 31
Písek	PANDA	Prokopova 26
Plzeň	HUDY SPORT	Goethova 2
Polička	HARTMAN OUTDOOR	Riegrova 239
Poniklá	MOUNTAIN SHOP (Singing Rock)	Poniklá 317
Praha 1	ALPSPORT	Na Florenci 35
Praha 1	HUDY SPORT	Havlíčková 11
Praha 1	HUDY SPORT	Na Perštýně 14
Praha 2	HANIBAL	Korunní 16
Praha 2	HUDY SPORT	Slezská 8
Praha 2	HOLAN SPORT	Slavíkova 5 (nám. J.z Poděbrad)
Praha 5	HUDY SPORT	Lidická 43
Praha 6	C.A.P.	Jose Martiho 31
Praha 6	HUDY SPORT	Dejvická 48
Praha 7	HUDY SPORT	Strossmayerovo nám. 10
E-shop Praha 7	MALL.CZ	Dělnická 213/12
Praha 8	NAMCHE	Heydukova 1589/6
Praha 9	HUDY SPORT	Českomoravská 41
Přerov	FACE SPORT	Mostní 13
Rožnov p. Radhoštěm	PEMI OUTDOOR SPORT	Palackého 2191
Sedlčany	SPORT&OUTDOOR	nám. T.G. Masaryka 36
Strakonice	HUDY SPORT	U Sv. Markéty 117
Šumperk	TILAK	Krátká 1
Šumvald	HEŘMAN SPORT	Šumvald 274
Tábor	HUDY SPORT	Pražská 233
Telč	RAL SPORT	Palackého 27
Trutnov	STACH SPORT	Palackého 83
Uherské Hradiště	KATMAI SPORT	Masarykovo nám. 157/158
Ústí nad Labem	HUDY SPORT	Masarykova 3125
Vyškov	PROSPORTS	Masarykovo nám. 46
Zábřeh	DENALI SPORT	ČSA 9
Zlín	BESKYD SPORT	Kvítková 475
Zlín	HUDY SPORT	Vodní 453
Zlín	OUTDOOR SPORT	Třída Tomáše Bati 1547
Znojmo	TOPSPORT	Horní Česká 48

## II. Seznam všech nabízených zimních spacích pytlů v sezoně 2009/2010

### WINTERLITE 1050 180cm



- zdrhovadlo YKK se dvěma protisměrnými běžci v bočním švu na levé nebo pravé straně, umožňující případné spojení dvou spacích pytlů dohromady
- komorová konstrukce typu Z
- kapuce s pružnou tkanicí
- zateplovací límeček s pružnou tkanicí a uzavíráním na suchý zip
- vnitřní kapsička
- skladovací a kompresní obal vel.L

#### Hodnoty dle Evropské normy EN 13 537

**Komfort:** +2°C až -16°C (ženy -9°C)

**Extrém:** -36°C

*Zkuste si vyjmout **WINTERLITE 1050** z kompresního obalu a položit jej před sebe. Před Vašima očima se z malého válečku stane naducaná peřina. To celé samo a velmi rychle. Péřová náplň s loftem 750 cuin spacák z lehkého Colibri materiálu doslova „nafoukne“. Spacák **WINTERLITE 1050** je určen především do mrazivého prostředí, kde se vnější vlhkost vyskytuje převážně v pevném skupenství. Jeho předností je rychlý a vysoký loft, který není vykoupen nadměrnou hmotností či neforemným objemem spacáku ve sbaleném stavu.*



**Číslo stylu:** 0059

**Hmotnost:** 1585g

**Materiál:** Colibri DWR

**Náplň:** 1050g husí peří 90/10, 750cuin

**Velikosti:** 180cm Levý zip, 180cm Pravý zip

### EXPLORER 900 180cm



- expediční spací pytel do extrémních podmínek
- zdrhovadlo YKK se dvěma protisměrnými běžci v bočním švu na levé nebo pravé straně, umožňující případné spojení dvou spacích pytlů dohromady
- komorová konstrukce typu V
- ergonomicky konstruovaná kapuce s pružnou tkanicí
- zateplovací límeček s pružnou tkanicí a uzavíráním na suchý zip
- vnitřní kapsička
- skladovací a kompresní obal vel.L

#### Hodnoty dle Evropské normy EN 13 537

**Komfort:** +5°C až -13°C (ženy -6°C)

**Extrém:** -33°C

***EXPLORER 900** je odlehčeným řešením pro zimní a vlhké podmínky. Stejně jako jeho o 300 gramů plnější příbuzný, je **EXPLORER 900** určen do nízkých záporných teplot a může být i použit v prostředí s vyšší vlhkostí, aniž by se tím snížila izolační funkce náplně. I zde nejde o nepronikavost či vodotěsnost, ale o vysokou vodoodpudivost spojenou se slušnou prodyšností, díky které zůstává péřová směs i uživatel uvnitř spacáku v suchu a teple. Vzhledem k dobrému parametru tepelné odolnosti, která tento spacák stále řadí mezi zimní a extrémní, je **EXPLORER 900** oblíben pro zajímavý objem a hmotnost i mírnější náklady.*



**Číslo stylu:** 0061

**Hmotnost:** 1790g

**Náplň:** 900g husí peří 90/10, 750cuin

**Velikosti:** 180cm Levý zip, 180cm Pravý zip

## EXPLORER 1200 180cm



- expediční spací pytel do extrémních podmínek
- zdrhovadlo YKK se dvěma protisměrnými běžci v bočním švu na levé nebo pravé straně, umožňující případné spojení dvou spacích pytlů dohromady
- komorová konstrukce typu V
- ergonomicky konstruovaná kapuce s pružnou tkanicí
- zateplovací límeček s pružnou tkanicí a uzavíráním na suchý zip
- vnitřní kapsička
- skladovací a kompresní obal vel.XL

### Hodnoty dle Evropské normy EN 13 537

**Komfort:** +5°C až -16°C (ženy -8°C)

**Extrém:** -36°C

*EXPLORER 1200 je tradičně považován za to nejextremnější, co Warmpeace v kolekci spacáků nabízí. Za extrémní může být v tomto případě považována nejen nízká záporná teplota, do které je spacák především určen, ale i vlhkost prostředí, ve kterém může být používán.*

*Nejde o spacák nepromokavý nebo dokonce vodotěsný. To opravdu ne. Jde však o spacák vysoce vodoodpudivý, který díky materiálu Colibri DRY neztrácí s odolností proti vlhku mnoho ze své prodyšnosti, která je jedním ze základních předpokladů správného fungování spacáku.*

*Podle zpráv od uživatelů, byl EXPLORER 1200 již úspěšně používán ve všech velehorách světa a navštívil jak jižní, tak i severní pól naší planety. Je příliš teplý k použití v jiných než opravdu zimních podmínkách, ve který je však naprosto spolehlivým prostředkem zdravého přežití.*



**Číslo stylu:** 0062

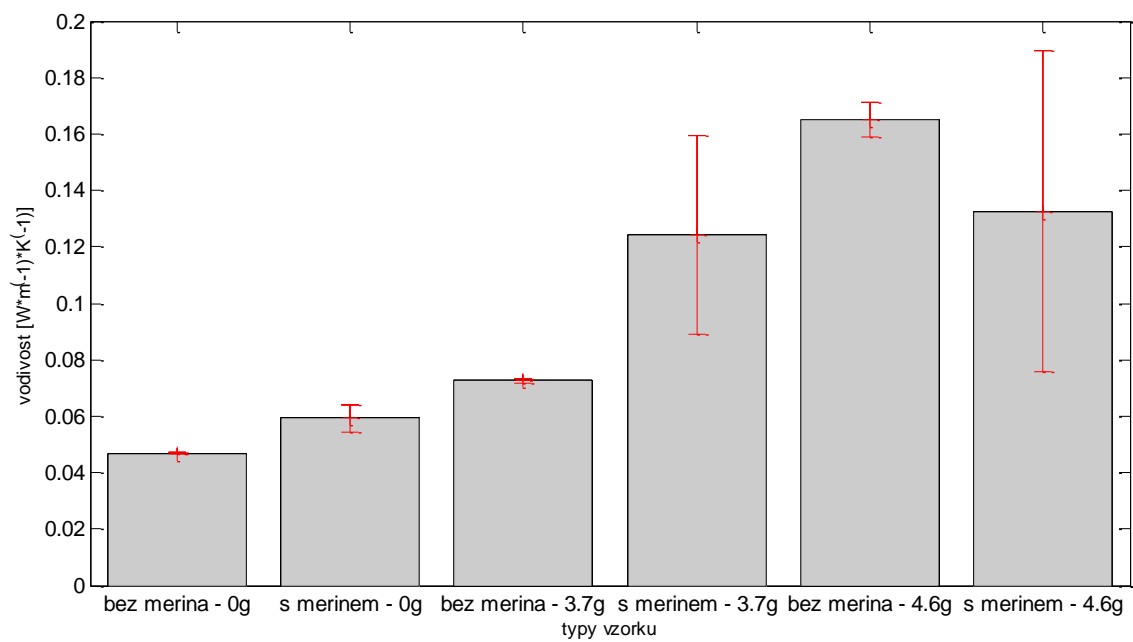
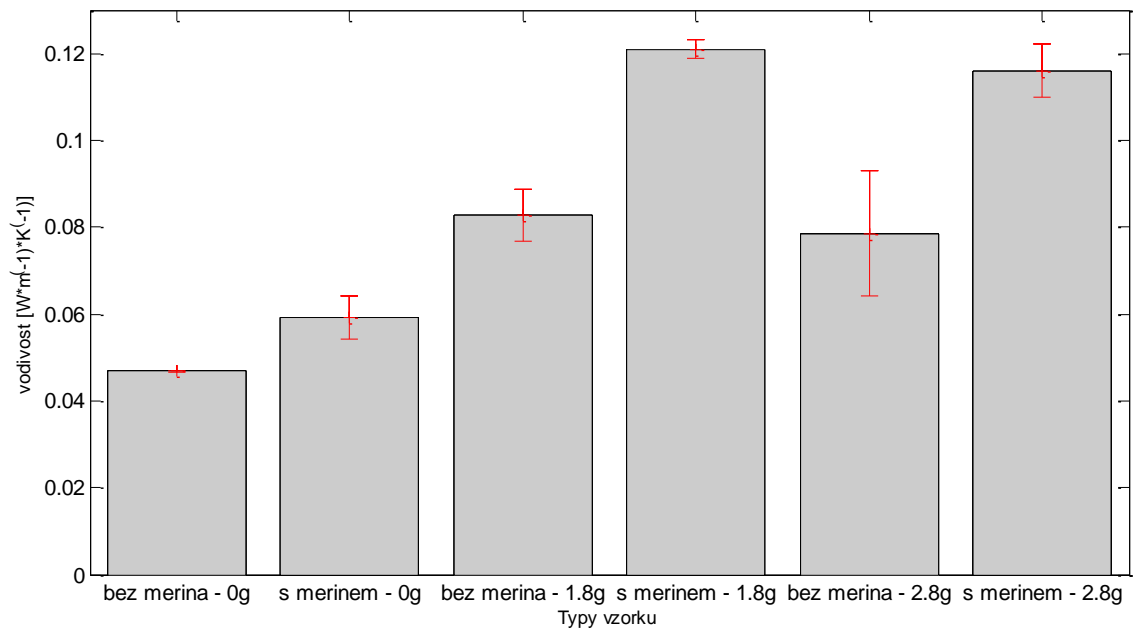
**Hmotnost:** 2100g

**Náplň:** 1200g husí peří 90/10, 750cuin

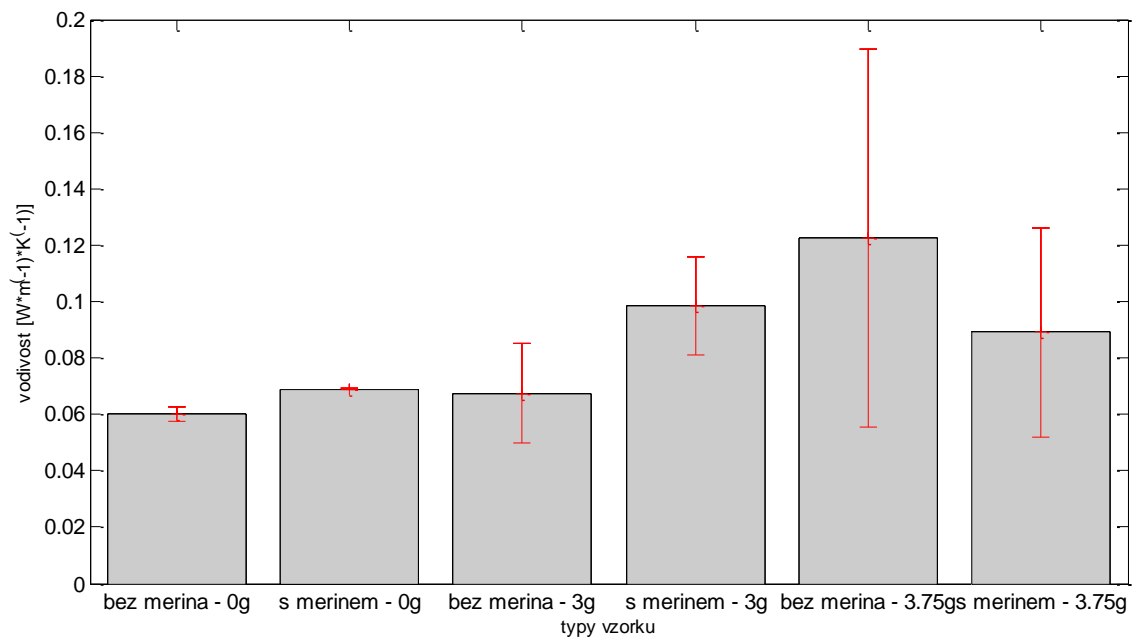
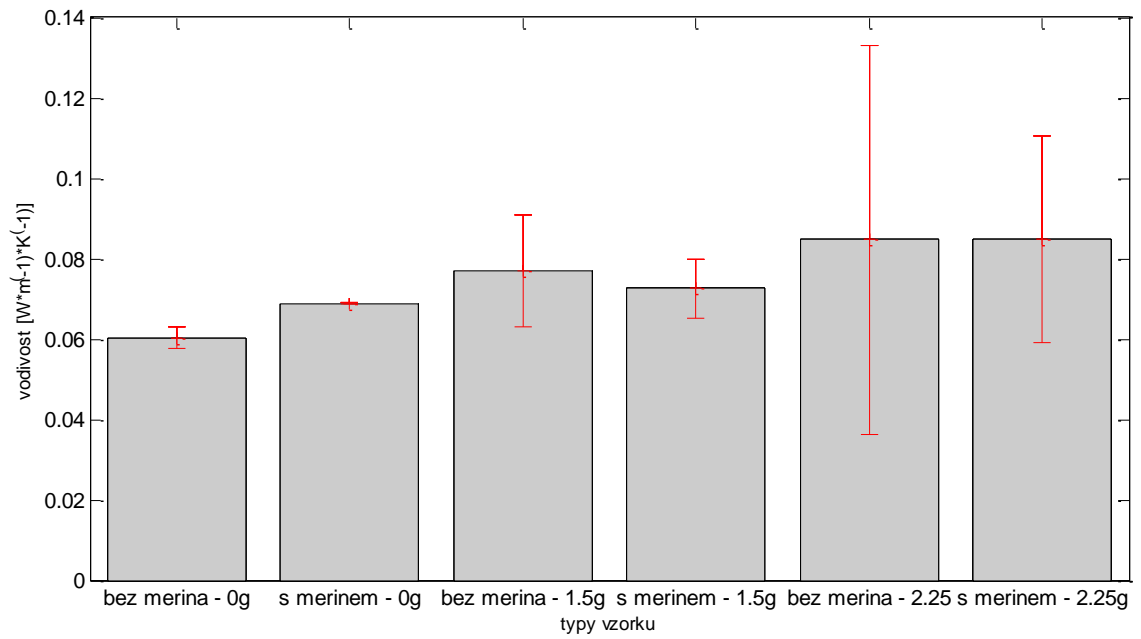
**Velikosti:** 180cm Levý zip, 180cm Pravý zip



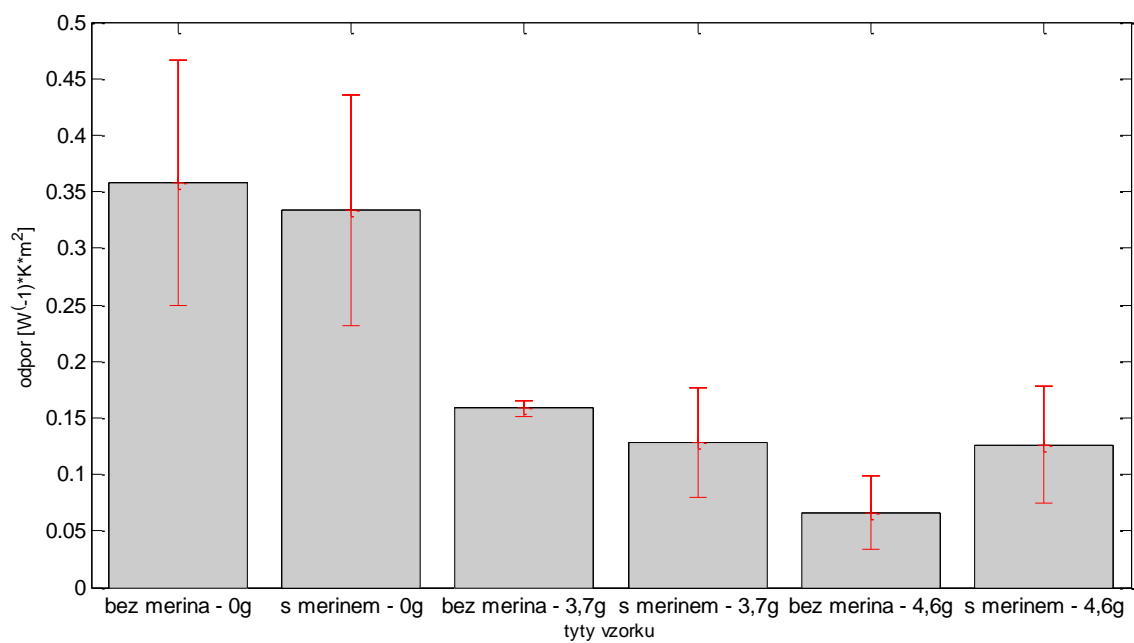
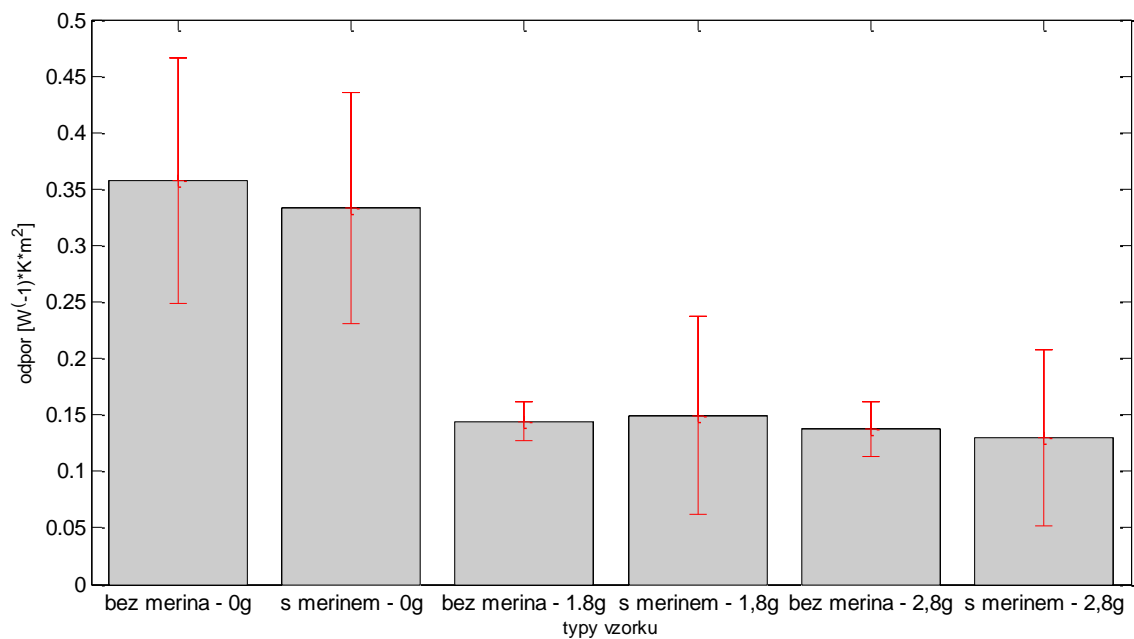
### III. Měrná tepelná vodivost v závislosti na rostoucí vlhkosti



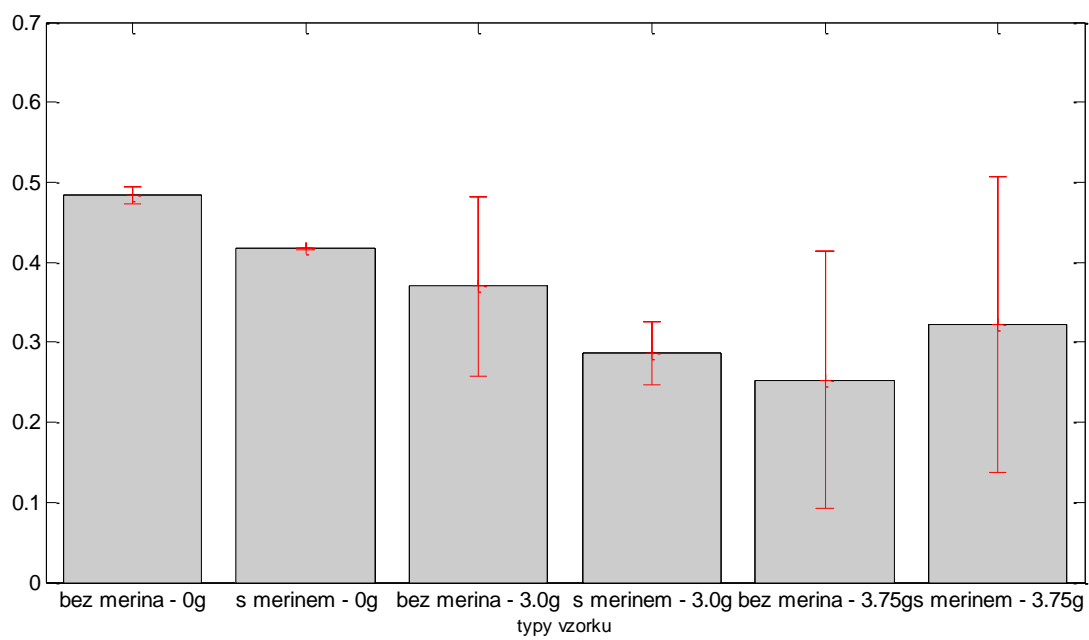
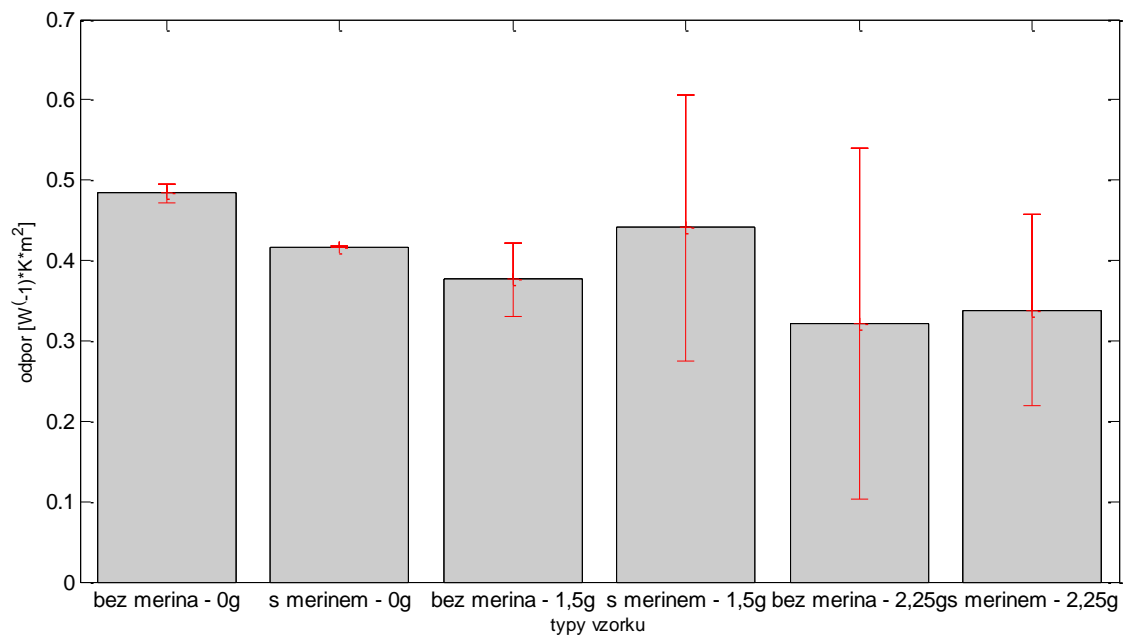
#### IV. Měrná tepelná vodivost v závislosti na rostoucí vlhkosti



## V. Plošný odpor vedení tepla



## VI. Plošný odpor vedení tepla



## VII. Skript z programu Matlab použitý na analýzu malých výběrů

```
clear,clc,close all

% load data1
clear,clc
x=[stupně vlhkosti];
data=[];
data=data';
[r s]=size(data);
datai=sort(data);

N=size(data,1);
H=[fix((N+1)/2+1)/2 fix((N+1)/2)/2 ];
G=H-round(H);
H=H(find(G==0));
xD=H;
xU=(N+1-H);
K6=1.035;

PL=[];
RL=[];
for i=1:s
    PL=[PL; (datai(xD,i)+datai(xU,i))/2];
    RL=[RL; (datai(xU,i)-datai(xD,i))] ;
    % bar(PL),hold on
    % errorbar(PL,RL*K6,'r+'),hold on
end
ISD=PL-RL*K6;
ISH=PL+RL*K6;
stupen=3;

PL1=PL(1:2:length(PL));
p1 = polyfit(x,PL1',stupen)
plot(x,PL1,'+b'), hold on
xx=0:0.01:max(x+1);
y1 = polyval(p1,xx);
plot(xx,y1)

PL2=PL(2:2:length(PL));
p2 = polyfit(x,PL2',stupen)
plot(x,PL2,'or')
y2 = polyval(p2,xx);
plot(xx,y2,'r')
```

## VIII. Skript z programu Matlab použitý na analýzu závislosti měrné tepelné vodivosti na zaplnění, vlhkosti a použitém materiálu

```
%% Data
t = xlsread('Sesit1.xls');
T = zeros(size(t, 1), 4);
T(:, 1) = t(:, 9);      % zaplnění
T(:, 2) = t(:, 10);     % vlhkost
T(:, 3) = t(:, 11);     % vlna (ano/ne)
T(:, 4) = t(:, 12);     % lambda
clear n t

%% Model l = a + b*x + c*y + d*z + e
[b bint] = regress(T(:,4), [ones(size(T, 1), 1) T(:, 1:3)]);
% podle intervalů spolehlivosti můžeme považovat druhý koeficient b za
% nulový, pokračujeme s předpokladem, že lambda nezávisí na zaplnění

%% Model l = a + c*y + d*z + e
[b bint] = regress(T(:,4), [ones(size(T, 1), 1) T(:, 2:3)]);
V0 = T(T(:,3)==0, [2 end]);
[V0(:,1) idx] = sort(V0(:, 1), 1);
V0(:, 2) = V0(idx', 2);
V1 = T(T(:,3)==1, [2 end]);
[V1(:,1) idx] = sort(V1(:, 1), 1);
V1(:, 2) = V1(idx', 2);

%% Body zvlášť podle obsahu vlny
figure;plot(V0(:, 1), V0(:, 2), 'o');title('V0');
c = regress(V0(:, 2), [ones(size(V0, 1), 1) V0(:, 1)]);
line([0 5], [c(1) c(1)+c(2)*5], 'Color', 'Blue');

figure;plot(V1(:, 1), V1(:, 2), '+r');title('V1')
d = regress(V1(:, 2), [ones(size(V1, 1), 1) V1(:, 1)]);
line([0 5], [d(1) d(1)+d(2)*5], 'Color', 'Red');

%% Body společně
figure;plot(V0(:, 1), V0(:, 2), 'o');
c = regress(V0(:, 2), [ones(size(V0, 1), 1) V0(:, 1)]);
line([0 5], [c(1) c(1)+c(2)*5], 'Color', 'Blue');

hold on;plot(V1(:, 1), V1(:, 2), '+r');
d = regress(V1(:, 2), [ones(size(V1, 1), 1) V1(:, 1)]);
line([0 5], [d(1) d(1)+d(2)*5], 'Color', 'Red');
title('V0 - modrá, V1 - červená')

%% Krabicový graf
% Pro vzorek bez vlny
B0 = reshape(V0(7:end, 2), 6, []);
B0 = [repmat(NaN, 6, 9); B0];
B0(1:6, 1) = V0(1:6, 2);
d = diff(V0(:, 1));
figure;boxplot(B0, [0; V0([0; d]>0)]);

% Pro vzorek s vlnou
B1 = reshape(V1(7:end, 2), 6, []);
B1 = [repmat(NaN, 6, 9); B1];
B1(1:6, 1) = V1(1:6, 2);
```

```
d = diff(V1(:, 1));  
figure;boxplot(B1, [0; V1([0; d]>0)]);
```