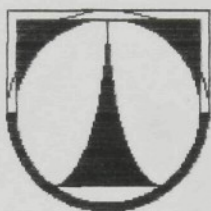


**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**fakulta textilní**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**1997**

**Václav Kopecký**

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**fakulta textilní**

**Katedra textilních materiálů**

**Obor**

**31-12-8**

**Technologie textilu a oděvnictví**

**VLIV TEPLoty A VLHKOSTI  
NA TEPELNÝ ODPOR SPACÍCH PYTLŮ**

**Václav Kopecký**

**KTM-328**

**Vedoucí práce**

**Doc.Ing. Bohumila Košková CSc.**

**Rozsah práce**

**Počet stran 60**

**Počet tabulek 11**

**Počet obrázků 12**

**Počet grafů 8**

**Počet příloh 7**

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Katedra textilních materiálů

Školní rok: 1996/97

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro Václava K O P E C K É H O  
obor 31-12-8 technologie textilu a oděvnictví

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb.  
o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Vliv teploty a vlhkosti na tepelný odpor  
spacích pytlů

### Zásady pro vypracování :

- 1) Seznamte se s metodou měření tepelného odporu textilií, vyvinutou na KEL
- 2) Navrhněte a realizujte možná zpřesnění měření
- 3) Na upravené aparatuře proměřte tepelný odpor vybraných spacích pytlů v závislosti na teplotě a vlhkosti
- 4) Porovnejte naměřené výsledky s parametry spacích pytlů, specifikovanými výrobcem

## OBSAH

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. ÚVOD.....                                                           | 7  |
| 2. TEORETICKÁ ČÁST.....                                                | 9  |
| 2.1. SPACÍ PYTEL A JEHO SYSTÉM.....                                    | 9  |
| 2.1.1. Základní charakteristika .....                                  | 9  |
| 2.1.1.1. Tepelně izolační schopnosti.....                              | 9  |
| 2.1.1.2. Vodoodpudivost a prodyšnost.....                              | 10 |
| 2.1.1.3. Hmotnost a objem.....                                         | 10 |
| 2.2. PŘENOS TEPLA .....                                                | 11 |
| 2.2.1. Přenos tepla vedením - kondukce .....                           | 12 |
| 2.2.2. Přenos tepla prouděním - konvekce.....                          | 15 |
| 2.2.3. Přenos tepla zářením (sáláním) - radiace.....                   | 17 |
| 2.2.4. Prostup tepla .....                                             | 18 |
| 2.3. TEPELNÝ ODPOR RESP. TEPELNÁ PROPUSTNOST.....                      | 19 |
| 2.3.1. Charakteristika tepelného odporu spacích pytlů.....             | 20 |
| 2.4. VLIVY NA TEPELNÝ ODPOR SPACÍCH PYTLŮ .....                        | 21 |
| 2.4.1. Vliv teploty na tepelnou propustnost resp. tepelný odpor.....   | 21 |
| 2.4.2. Vliv vlhkosti na tepelnou propustnost resp. tepelný odpor ..... | 21 |
| 2.4.3. Vliv použitých materiálů na tepelný odpor spacích pytlů.....    | 22 |
| 2.4.3.1. Vliv použitých materiálů pro vrchní a vnitřní vrstvu.....     | 22 |
| 2.4.3.2. Vliv použitých materiálů pro náplně spacích pytlů.....        | 23 |
| 2.4.4. Vliv konstrukce spacích pytlů na tepelný odpor .....            | 26 |
| 2.4.5. Vliv skladování a údržby na tepelně izolační vlastnosti .....   | 27 |
| 2.4.6. Ostatní vlivy na tepelný odpor spacího pytle .....              | 28 |
| 2.5. METODA MĚŘENÍ TEPELNÉ PROPUSTNOSTI SPACÍCH PYTLŮ NA TUL .....     | 29 |
| 2.5.1. Použití metody .....                                            | 29 |
| 2.5.2. Princip a popis metody .....                                    | 29 |
| 2.5.3. Zpracování výsledků měření metody.....                          | 31 |
| 2.6. OSTATNÍ METODY MĚŘENÍ TEPELNÉ PROPUSTNOSTI SPACÍCH PYTLŮ .....    | 32 |
| 2.6.1. Metoda s poticím se torzem EMPA /13/.....                       | 32 |
| 2.6.2. Metoda Cu - figury (Kansas State University - USA) /8/.....     | 33 |
| 2.6.3. Testování speciálními expedicemi /7/ .....                      | 33 |
| 2.6.4. Ostatní metody měření tepelné propustnosti /4/.....             | 33 |
| 2.6.5. Zhodnocení metod měření tepelné propustnosti.....               | 34 |

|                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....</b>                                       | <b>35</b> |
| 3.1. NÁVRH A REALIZACE ZPŘESNĚNÍ METODY MĚŘENÍ SPACÍHO PYTLÉ.....         | 35        |
| 3.2. POUŽITÉ MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ A ZAJIŠTĚNÍ MĚŘENÍ.....                      | 38        |
| 3.2.1. <i>Pomůcky použité metody pro měření spacích pytlů.....</i>        | 38        |
| 3.2.2. <i>Zajištění podmínek pro měření.....</i>                          | 39        |
| 3.2.3. <i>Testované spaci pytle.....</i>                                  | 39        |
| 3.3. ROZDĚLENÍ MĚŘENÍ.....                                                | 40        |
| 3.4. MĚŘENÍ .....                                                         | 40        |
| 3.4.1. <i>Měření ve venkovních podmínkách.....</i>                        | 41        |
| 3.4.2. <i>Měření v klimatické komoře.....</i>                             | 41        |
| 3.4.3. <i>Doplňková měření.....</i>                                       | 42        |
| 3.5. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ .....                                    | 43        |
| 3.5.1. <i>Zpracování výsledků venkovního měření.....</i>                  | 46        |
| 3.5.2. <i>Zpracování výsledků měření v klimatické komoře.....</i>         | 50        |
| 3.6. VÝSLEDKY A JEJICH DISKUSE.....                                       | 53        |
| 3.6.1. <i>Přesnost a reprodukovatelnost.....</i>                          | 53        |
| 3.6.2. <i>Vliv teploty.....</i>                                           | 53        |
| 3.6.3. <i>Vliv vlhkosti.....</i>                                          | 54        |
| 3.6.4. <i>Ostatní vlivy.....</i>                                          | 55        |
| 3.6.5. <i>Porovnání hodnot naměřených a hodnot uváděných výrobcí.....</i> | 55        |
| 3.6.6. <i>Přepočet hodnot.....</i>                                        | 56        |
| <b>4. ZÁVĚR.....</b>                                                      | <b>59</b> |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... | 60 |
|--------------------------------|----|

Všechny použité symboly jsou vysvětleny přímo v textu.

#### PŘÍLOHY

Příloha č.1 - Doplňková zkouška : Propustnost vodních par

Příloha č.2 - Doplňková zkouška : Nasákavost náplní

Příloha č.3 - Seznam použitých spacích pytlů pro měření

Příloha č.4 - Informace o použitých termistorech

Příloha č.5 - Detail péřové náplně (péřový prach)

Příloha č.6 - Detail péřové náplně (drobná pirka)

Příloha č.7 - Detail řezu náplně ze syntetických dutých vláken PES

## 1. ÚVOD

Jedním z nevyřešených problémů v oblasti textilního zkušebnictví a hodnocení užitných vlastností výrobků je problematika objektivního stanovení tepelně izolačních vlastností resp. tepelného odporu spacího pytle a jejich změny v závislosti na teplotě okolí a relativní vlhkosti okolí resp. na dalších vlivech.

Dosud není platná norma, která by přesně stanovovala metodiku a podmínky měření tepelných vlastností spacích pytlů, uvažujeme-li normy, popisující metodiku měření tepelných vlastností různých plošných textilií. To však za podmínek, které naprosto neodpovídají podmínkám, v nichž jsou používány spací pytle. Z těchto a dalších důvodů vyplývá snaha o vyvinutí a zdokonalení metody pro určování tepelné propustnosti spacího pytle. Tato snaha vznikla hlavně proto, aby bylo možné se na etiketách spacích pytlů setkávat s jednotným označováním u různých výrobců spacích pytlů. Většina výrobců spacích pytlů si totiž stanovuje údaje týkající se tepelně-izolačních vlastností podle vlastního klíče.

Aby metoda mohla být považována za objektivní z hlediska tepelně izolačních vlastností či jednotného označování, vylučuje experiment prováděný s člověkem. Ten přichází v úvahu při experimentech pro zavádění více vrstev apod., kde je třeba porovnání z pohledu fyziologického komfortu a kde není ještě dostatečně známá reakce člověka.

Norma /10/, která se týká spacích pytlů, stanoví pro spací pytel kritéria stejná jaká platí pro všechny textilní výrobky a blíže spací pytle klasifikuje do jednotlivých skupin zejména vzhledových vad. Co musí obsahovat etiketa textilního výrobku, to řeší zákon na ochranu spotřebitele. U spacího pytle je nutné ovšem také uvést do jakých teplot uživatel může spací pytel použít. Někteří výrobci tyto hodnoty stanovují na základě expedic, individuálních zkušeností, jiní na bázi informací dodavatele materiálů pro náplně nebo jen podle hmotnosti náplně.

Zde vzniká potřeba jednotné metody hodnocení spacích pytlů pro určování tepelně izolačních vlastností za různých reprodukováných podmínek. Nejvýhodnější se zdá být přepočtení tepelného určení spacího pytle z hodnoty tepelného odporu.

Stanovení tepelného odporu spacího pytle je velmi obtížné, poněvadž spací pytel je při svém využití součástí celého systému. Do tohoto systému můžeme zahrnout zejména tyto články :

- uživatel (fyzicky, psychicky)/4/,/18/
- terén pod spacím pytlem
- podložka pod spacím pytlem
- klimatické podmínky (teplota, relativní vlhkost, tlak)
- konstrukce spacích pytlů
- skladování a údržba

## **2. TEORETICKÁ ČÁST**

### **2.1. SPACÍ PYTEL A JEHO SYSTÉM**

Spací pytle se nyní nachází téměř všude, na letních tábořištích, doma, v armádě, na cestách, túrách nebo při různých expedicích. Spací pytel je jednou z nejdůležitějších součástí vybavení pro aktivity ve volné přírodě. Závisí na něm nejen zdárný průběh cest, výprav či expedic, ale v některých případech je kvalita spacího pytle i zárukou zachování zdraví nebo dokonce i života uživatele.

#### **2.1.1. Základní charakteristika**

Spací pytel musí zajišťovat optimální výměnu tepla a vlhkosti mezi tělem a okolím. Pouze dobrý spánek v teple a suchu přináší lidskému tělu odpočinek a regeneraci sil. Aby spací pytel takový spánek umožňoval a zároveň nebyl pro uživatele obtížným zavazadlem, musí mít vždy v optimální rovnováze zejména tyto vlastnosti :

- tepelně izolační schopnosti
- vodoodpudivost a prodyšnost
- hmotnost a objem

Užitné vlastnosti spacích pytlů mohou být stanoveny pro různé účely odlišně např. vysokohorský turista bude mít jiné požadavky než letní táborník apod.

##### **2.1.1.1. Tepelně izolační schopnosti**

Úroveň tepelně izolačních schopností je dána konstrukcí spacího pytle a kvalitou a množstvím izolační náplně. Nároky na úroveň těchto schopností jsou úměrné předpokládanému využití spacího pytle. Jedním z měřítek úrovně izolačních schopností zatím také je tzv. „loft“, neboli objemnost komor spacího pytle, kterou jsou schopny použité materiály tvořit.

### 2.1.1.2. Vodoodpudivost a prodyšnost

Vodoodpudivost a prodyšnost je zajišťována zejména vlastnostmi použitých, vrchového a vnitřního, materiálů. Vodoodpudivá úprava vnějšího materiálu zamezuje absorpci vlhkosti z okolí do izolační náplně. Prodyšnost vnitřního a vnějšího materiálu je důležitá pro přechod vodních par produkovaných organismem z vnitřního prostoru do okolí. Přechod je nutný, aby vlhkost nekondenzovala v izolační náplni a snižovala tak tepelně-izolační vlastnosti. Jde tedy o to zda tyto částečně protichůdné požadavky a do jaké míry je lze splnit.

Z těla zdravého člověka se vypaří v běžných klimatických podmínkách cca 0,75-1,5 litru vodní páry denně. K zajištění komfortu při spánku je potřeba tuto páru odvést do okolí, aby nekondenzovala ve vodu uvnitř spacího pytle resp. v jeho náplni. Vodoodpudivost a prodyšnost zachovávají suché, jak lidské tělo, které se tak pomaleji ochlazuje, tak izolační náplň, která si udržuje vysokou objemnost. Ve vlhkém prostředí je totiž velice rychle odváděno z těla teplo (několikanásobně rychleji než v suchém prostředí), což přispívá ke snížení tepelně-izolačního efektu spacího pytle. Problematikou se hlouběji zabývá práce /13/.

### 2.1.1.3. Hmotnost a objem

Hmotnost ve smyslu hmotnosti výrobku z důvodu jeho transportu a objem ze dvou hledisek : sbalený ( minimální ) a rozbalený ( maximální ). Tyto vlastnosti závisí na druhu a množství použitých materiálů. Materiál se určuje hlavně s ohledem na účel použití.

## 2.2. PŘENOS TEPLA

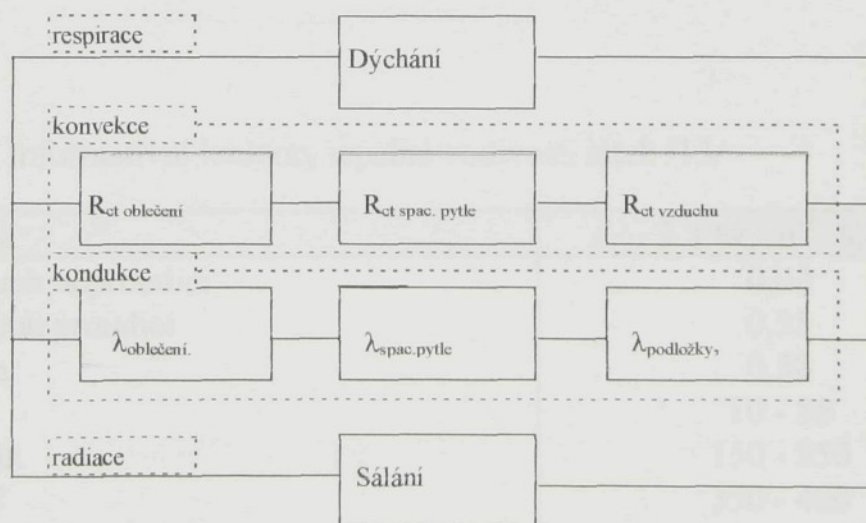
Přenos (sdílení) tepla, termokinetika, se zabývá jevy týkajícími se přenosu resp. šíření tepla /12/. Tvoří součást termomechaniky.

Existuje-li v prostoru rozdíl teplot, může docházet k přenosu energie z oblasti o vyšší teplotě do oblasti s nižší teplotou. Mezi tělesy s různou teplotou dochází k výměně pohybové energie jejich strukturních částic (molekul, atomů, volných elektronů). Proto se teplejší těleso ochlazuje a chladnější ohřívá. Rozdíl teplot je podmínkou vzniku tepelného toku. To znamená, že podmínkou pro přenos tepla je existence nerovnoměrného - nehomogenního teplotního pole.

Různé vlastnosti těles v praxi i v přírodě podstatně závisejí na teplotě, čili jsou přímo ovlivňovány přenosem tepla.

Sdílení tepla může probíhat různými způsoby, z nichž tři lze považovat za základní : **přenos tepla vedením (kondukce)**  
**prouděním (konvekce)**  
**sáláním (radiace)**

U spacích pytlů se setkáváme prakticky se všemi druhy přenosu tepla. Názorně to ukazuje obr.1 s rozlišením jednotlivých druhů tepelných ztrát /13/.



Obrázek 1 Model tepelných ztrát spacího pytle

Obrázek 1 ukazuje model jednotlivých tepelných odporů, s vyznačením všech mechanismů transportu tepla, vyskytující se v praxi spacích pytlů (význam symbolů je vysvětlen dále).

2.2.1. Přenos tepla vedením - kondukce

Vyskytuje se hlavně u pevných těles, pokud existuje rozdíl teplot. U tekutin za předpokladu makroskopického klidu. Vedení tepla je způsobeno pohybem mikročástic (molekul, atomů), jejichž kmitáním se přenáší energie z míst s vyšší teplotou na místa s nižší teplotou. Vedení tepla je vyvoláno tzv. molekulárním pohybem elementárních částic, tyto v tuhých látkách kmitají okolo svých základních poloh.

Pro běžné případy vedení tepla vyhovuje lineární vztah mezi hustotou tepelného toku a gradienty teploty, **Fouriérův zákon**

$$q' = - \lambda \cdot \text{grad}(t)$$

(1)

kde  $\lambda$  tepelná vodivost [ W. m<sup>-1</sup> .K<sup>-1</sup>]

t teplota [°C,K]

q' hustota tepelného toku [ W. m<sup>-2</sup> ]

Součinitel úměrnosti v rovnici (1) je fyzikální vlastností látek a nazývá se **tepelná vodivost**.

Tab. 1 Informativní hodnoty tepelné vodivosti látek /13/

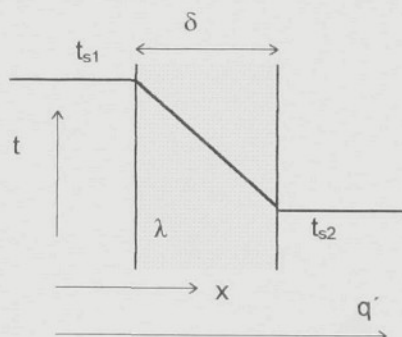
| látka             | $\lambda$ [ W. m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ] |
|-------------------|---------------------------------------------------|
| vzduch neproudící | 0,02                                              |
| vzduch proudící   | 0,55                                              |
| voda              | 0,58                                              |
| ocel              | 10 - 55                                           |
| hliník            | 150 - 250                                         |
| měď               | 350 - 400                                         |
| minerální vlna    | 0,05 - 0,07                                       |
| sklo              | 0,7 - 1,3                                         |
| kapaliny          | 0,09 - 0,7                                        |

Největší tepelnou vodivost mají kovy a nejnižší tepelnou vodivost vzduch a plyny v klidu (bez vzniku proudění tepla). Nízká tepelná vodivost vzduchu je základem tepelně izolačních materiálů. **Tepelné izolanty jsou látky s  $\lambda < 0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$** .

U plynů je tepelná vodivost funkcí tlaku a teploty. Tento fakt hraje roli při používání spacích pytlů ve vyšších nadmořských výškách. Pro malé změny teploty a tlaku se obvykle počítá se střední hodnotou tepelné vodivosti  $\lambda$ , vypočtenou z extrémních hodnot teploty a tlaku. U pevných a kapalných látek bývá tepelná vodivost jen funkcí teploty. U pevných látek závisí hodnota  $\lambda$  na dalších faktorech. Např. tepelnou vodivost izolací zvyšuje přítomnost vlhkosti, tedy podstatně zhoršuje jejich tepelně izolační vlastnosti.

### Stacionární jednorozměrné vedení tepla neohraničenou stěnou rovinnou

Stacionární pole předpokládá, že v závislosti na čase se nemění teplota.



Obrázek 2 Znáznornění vedení tepla rovinnou stěnou

Legenda k obrázku 2       $\delta$  - tloušťka stěny[m],  $\lambda$  - tepelná vodivost [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ],  
 $t_{s1}$  - teplota vnitřní stěny [ $^{\circ}\text{C}$ ],  $t_{s2}$  - teplota vnější stěny [ $^{\circ}\text{C}$ ],  $q'$  - hustota tepelného toku  
 [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ]

Předpoklady :  $\lambda = \text{konst}$ ,  $y = z = \infty$  úvaha o směru vedení tepla skrze materiál ve směru  $x$  o tloušťce  $\delta$  a na povrchových rovinách stěny teploty  $t_{s1} > t_{s2}$

$$q = -\lambda \cdot \frac{dt}{dx} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$$

pro tloušťku stěny  $\delta$  a teploty  $t_{s1}$  a  $t_{s2}$  lze psát tepelný tok představující přenesené teplo jednotkovou plochou  $1 \text{ m}^2$

$$q = -(\lambda / \delta) \cdot (t_{s1} - t_{s2})$$

a

$$Q = q \cdot A \quad [W]$$

je teplo pro plochu  $A$

Tepelná vodivost charakterizuje schopnost látky vést teplo za stacionárních podmínek, kdy je tepelný tok ustálený tak, že se rozložení teplot uvnitř látek nemění.

Poměr  $(\lambda / \delta)$  značí tepelnou propustnost materiálu a jeho převrácená hodnota vyjadřuje tepelný odpor rovinné stěny vedení tepla o tloušťce  $\delta$ .



Obrázek 1: Tepelná vodivost

Legenda k obr. 1:  $\delta$  - tloušťka stěny [m],  $t_{s1}$  - teplota stěny [°C],  $t_{s2}$  - teplota stěny [°C],  $Q$  - množství tepla

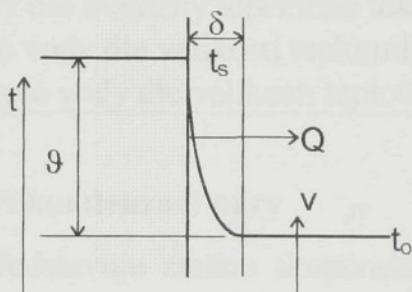
Ukázka výpočtu tepelné vodivosti:  $\lambda = \frac{Q \cdot \delta}{A \cdot (t_{s1} - t_{s2})}$

$$Q = \lambda \cdot (t_{s1} - t_{s2}) \cdot A \quad [W]$$

### 2.2.2. Přenos tepla prouděním - konvekce

Přenos tepla prouděním je možný pouze v tekutém prostředí. Přenos tepla se děje přemísťováním makročástic - promícháváním tekutiny a je pevně spjat s přenosem samotného prostředí. K přenosu tepla prouděním dochází při makroskopickém promíchávání teplejších částí tekutiny s chladnějšími, jak ukazuje obrázek 3. Předpokladem je neizotermické proudění tekutin tj. teplotní pole s nenulovým gradientem teploty.

Z hlediska fyzikální podstaty rozeznáváme **proudění volné a proudění nucené**. Volné proudění je vyvoláno vztakovými silami. Nucené proudění je v technických případech zpravidla vyvoláno čerpadlem, kompresorem, ventilátorem apod. Podle charakteru se proudění dělí na laminární a turbulentní.



Obrázek 3 Znáornění přestupu tepla

Legenda k obr.3  $\delta$  - mezní vrstva [ m ],  $\theta = t_s - t$  - teplotní rozdíl [ °C ],  $v$  - rychlost proudění [  $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  ],  $Q$  - odvedené teplo

Newton zahrnul celou problematiku do jediného **součinitele přestupu tepla**  $\alpha$  [  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$  ]. Proudění je popsáno **Newtonovou rovnicí** :

$$Q = \alpha \cdot (t_s - t) \cdot A \text{ [ W ]}$$

|     |          |                                                                      |                                 |
|-----|----------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| kde | $\alpha$ | je součinitel přestupu tepla                                         | $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$ |
|     |          | a je závislý na rychlosti proudění vzduchu , viskozitě tekutiny atd. |                                 |
|     | A        | plocha stěny                                                         | $[m^2]$                         |
|     | $t_s$    | teplota stěny                                                        | $[^{\circ}C]$                   |
|     | t        | teplota tekutiny                                                     | $[^{\circ}C]$                   |

Tento druh přenosu tepla je v praxi spacích pytlů velmi výrazný a hraje spolu s vedením tepla hlavní roli u tepelných ztrát spacích pytlů v závislosti na klimatických podmínkách.

Příklady součinitelů jednotlivých typů tekutin jsou uvedeny v tabulce 3.

Tab.3 Přibližné směrné hodnoty součinitele přestupu tepla  $\alpha$  pro nejčastější případy

| Tekutina                                                 | $\alpha [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$ |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| plyny dle intenzity proudění                             | $10^0 - 10^1$                          |
| přehřátá vodní pára dle intenzity proudění               | $10^1 - 10^2$                          |
| voda dle intenzity proudění                              | $10^2 - 10^4$                          |
| bublinkový var vody dle intenzity tepelného toku         | $10^3 - 10^4$                          |
| blánová kondenzace vody dle velikosti teplotního spádu   | $10^3 - 10^4$                          |
| kapičková kondenzace vody dle velikosti teplotního spádu | $10^4 - 10^5$                          |

Přestup tepla při kondenzaci páry

Vypařování kapaliny představuje změnu skupenství kapalného v plynné na fázovém rozhraní tj. např. na hladině kapaliny v důsledku gradientu parciálního tlaku páry v paroplynné směsi nad hladinou kapaliny. Teplo potřebné pro změny skupenství kapalného v plynné se při vypařování odvádí konvekcí. Rozeznáváme **kondenzaci blánovou**, jestliže kondenzát je smáčivá kapalina resp. smáčivý povrch, která vytváří na ochlazovaném povrchu souvislou vrstvu (blánu). Druhým typem je **kondenzace kapičková** a ta vytváří na povrchu kapičky. Hodnota součinitele přestupu tepla  $\alpha$  je největší u kapičkové kondenzace v důsledku velkého zvětšení ochlazovací plochy kapkami kondenzátu a nejmenší u volné konvekce plynů při malých rozdílech a rychlostech plynu. Z hlediska druhu fáze tekutiny je u plynů menší v důsledku malé hmotnosti a velké volné dráhy molekul plynu.

Významnou roli hraje kondenzace vodní páry v praxi spacích pytlů. Jedná-li se o např. málo prodyšný materiál, kondenzuje vodní pára v náplni a tím snižuje jeho celkový tepelný odpor.

### 2.2.3. Přenos tepla zářením (sáláním) - radiace

Oproti dvěma předchozím způsobům je tento způsob fyzikálně zcela odlišný. Energie je přenášena od zdroje k příjemci elektromagnetickými vlnami. Tepelné záření navazuje na viditelné spektrum a jinak se nazývá infračervené záření. Mezi dvěma systémy, mezi kterými dochází k přenosu energie zářením, nemusí být přítomna látka.

Pokud je povrch tělesa absolutně černý, platí **Stefan-Boltzmanův zákon** :

$$q = \sigma \cdot T^4 \quad [W \cdot m^{-2}]$$

kde  $\sigma$  koeficient sálavosti černého tělesa  $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}]$

$T$  teplota povrchu sálajícího tělesa  $[K]$

Pro povrch reálného tzn. šedého tělesa je nutné hustotu výkonu záření  $q$  vynásobit emisivitou  $\varepsilon$  z intervalu  $<0,1>$ , která charakterizuje vlastnost povrchu materiálu a její určení je velmi obtížné. Tento vztah platí i pro pohltivost záření, takže se oba jevy obvykle kompenzují

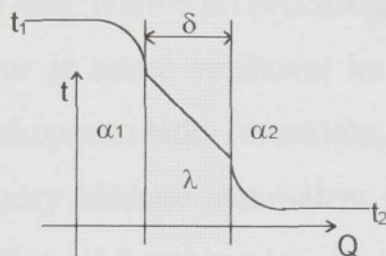
V technické praxi je radiace významná v oboru vysokých teplot, u spacích pytlů je zanedbatelná.

Tohoto druhu přenosu tepla je vhodné použít např. pro testování homogenity izolace tj. zjišťování kritických míst izolačních přípravků resp. spacích pytlů. To je možné realizovat za pomoci infračerveného teploměru nebo pomocí snímku v oblasti infračerveného spektra.

### 2.2.4. Prostup tepla

Kombinace vedení a proudění tepla dělicí stěnou s přestupem tepla z tekutiny do stěny na jedné straně stěny a přestupem tepla ze stěny do tekutiny na straně druhé, se nazývá prostup tepla. Veličina pro řešení prostupu tepla se nazývá **součinitel prostupu tepla k**.

Prostup tepla rovinnou stěnou o tloušťce  $\delta$  [m] a tepelné vodivosti  $\lambda$  pro teploty tekutin  $t_1$  a  $t_2$  a součinitele přestupu tepla  $\alpha_1$  a  $\alpha_2$  (viz obr.4).



Obrázek 4 Znázornění prostupu tepla rovinnou stěnou

**Tepelný tok** prostupem tepla rovinnou stěnou je dán vztahem :

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$$

potom **celkové teplo** plochou A je

$$Q = k \cdot A \cdot (t_1 - t_2) = \frac{1}{R_T} \cdot A \cdot (t_1 - t_2) \quad [\text{W}]$$

a kde  $k$  je součinitel prostupu tepla

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$$

$\delta$  je tloušťka rovinné stěny [m]

$\lambda$  je tepelná vodivost stěny [ W . m<sup>-1</sup> .K<sup>-1</sup>]

$\alpha_1, \alpha_2$  je součinitel přestupu tepla [ W . m<sup>-2</sup> .K<sup>-1</sup>]

### 2.3. TEPELNÝ ODPOR RESP. TEPELNÁ PROPUSTNOST

Při úvaze a analogii s elektrickou vodivostí je možné tvrdit, že tepelný odpor je reciproká hodnota tepelné propustnosti.

Je přímou charakteristickou tepelně izolačních schopností. Vyjadřuje odpor, který klade materiál resp. textilie při průchodu tepla.

Tepelný odpor je nutné vztahovat ke konkrétnímu fyzikálnímu ději, kdy má podat informaci o schopnosti látky (materiálu, vrstvy) tepelně izolovat. Proto je vhodné rozdělit tepelné odpory kladené materiálem při vedení tepla, při proudění tepla, při sálání tepla a také při jejich kombinaci.

Tepelný odpor stěny spacího pytle nejlépe vystihuje tepelný odpor při prostupu tepla rovinnou stěnou, což lze označit jako převrácenou hodnotu součinitele prostupu tepla :

$$R_T = \frac{1}{k} \quad [ K . m^2 . W^{-1} ]$$

**Tepelný odpor při prostupu tepla** rovinnou stěnou vyjadřuje převrácená hodnota součinitele prostupu tepla **k** a je dán součtem jednotlivých tepelných odporů při přestupu tepla do a ze stěny a tepelného odporu rovinné stěny :

$$R_T = \frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad [ K . m^2 . W^{-1} ]$$

kde  $\delta$  je tloušťka rovinné stěny [ m ]

$\lambda$  je tepelná vodivost stěny [ W . m<sup>-1</sup> .K<sup>-1</sup>]

$\alpha$  je součinitel přestupu tepla [ W . m<sup>-2</sup> .K<sup>-1</sup>]

$k$  je koeficient prostupu tepla [ W . m<sup>-2</sup> .K<sup>-1</sup>]

Z rovnice plyne, že tepelný odpor je vždy větší než největší dílčí tepelný odpor a naopak součinitel prostupu tepla je vždy menší než nejmenší hodnota součinitele

přestupu tepla  $\alpha$  nebo hodnota tepelné propustnosti  $\lambda \cdot \delta^{-1}$ . Je-li na povrchu stěny velký rozdíl mezi součiniteli přestupu tepla  $\alpha_1$  a  $\alpha_2$ , tj.  $\alpha_1 \gg \alpha_2$ , je možné tepelný odpor  $\alpha_1^{-1}$  zanedbat.

$$R_T = \frac{1}{k} \quad [\text{K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}]$$

### 2.3.1. Charakteristika tepelného odporu spacích pytlů

Tepelný odpor spacího pytle závisí na schopnosti vytvořit dostatečný prostor mezi vnitřní a venkovní vrstvou, v němž tím pádem je obsaženo značné množství vzduchu v pórech s jeho minimálním prouděním. Stěnu uvažujeme jako homogenní materiál s určitou tepelnou vodivostí (zjednodušeně závisí na tloušťce, tepelné vodivosti stěny a na proudění vzduchu v okolí). Tepelný odpor z velké části ovlivňuje počet a velikost pórů naplněných dobře izolujícím vzduchem mezi vrchní a vnitřní vrstvou, a dále na rychlosti proudění vzduchu v okolí ale i mezi póry, který odvádí teplo se zvyšujícím se prouděním intenzivněji.

Tepelná vodivost proto má být co nejnižší při zachování dostatečné mechanické pevnosti a při co nejnižší hmotnosti výrobku.

Pokud by se celkový tepelný odpor spacího pytle měl rozdělit na dílčí tepelné odpory, jedná se zjednodušeně o paralelní kombinaci tepelných odporů jednotlivých mechanismů přenosu tepla, jak to názorně ukazuje obrázek 1(str.8).

## **2.4. VLIVY NA TEPELNÝ ODPOR SPACÍCH PYTLŮ**

### **2.4.1. Vliv teploty na tepelnou propustnost resp. tepelný odpor**

Neoddělitelným údajem každé hodnoty tepelné propustnosti izolačního materiálu je teplota, při které se tepelná propustnost zjišťovala. Tepelná propustnost se zvyšuje především podílem tepla přenášeného zářením při současném zvýšení tepelné vodivosti vzduchu v pórech vedením a prouděním. Rovněž se zvyšuje i tepelná vodivost základního materiálu./2/

Změna vodivosti s teplotou se všeobecně udává jako lineární závislost.

Koeficient tepelné vodivosti je ovlivňován teplotou tak, že se vzestupem teploty klesají izolační vlastnosti.

To však nemusí vždy platit u kombinace kondukce a konvekce, poněvadž při vyšší hodnotě rozdílu teplot se zase zvyšuje pohyb molekul a tím rychlost vzduchu působící na koeficient prostupu tepla opačným způsobem.

### **2.4.2. Vliv vlhkosti na tepelnou propustnost resp. tepelný odpor**

Velmi důležitý vliv na tepelně izolační vlastnosti materiálů má vlhkost. Svoji přítomností v těchto materiálech velmi nepříznivě působí na jejich izolační vlastnosti, neboť zvyšuje tepelnou vodivost a tím snižuje tepelný odpor.

Tepelná vodivost se zvyšuje s přibývajícím vlhkostí. Zvýšení vodivosti je možné zdůvodnit lehce tím, že část vzduchových pórů se zaplní vodou, která má až 25-krát vyšší vodivost než vzduch (viz tab.1) nebo druhým důvodem je zvětšení plochy materiálu, kterou se může materiál ochlazovat. Provlhnutím ztrácí materiál izolačně nejdůležitější suché vzduchové póry. Ty se změní díky obsahu vody na tepelné mosty. Kromě toho vzniká při difúzi par zvýšený přenos tepla ve větších pórech. Na jejich teplé straně se voda (pot) odpařuje a na opačné chladné kondenzuje. S kondenzací plynů a par se v praxi v atmosféře setkáváme velmi často, jedná se o skupenskou

změnu, při níž se uvolní skupenské teplo kondenzační (výparné) a dojde tak k přenosu tepla, který urychluje ochlazování. Izolační schopnosti se ještě zhorší v oblasti změny skupenství z kapalného na pevné (voda na led). Ten má totiž vodivost ještě vyšší než voda.

### 2.4.3. Vliv použitých materiálů na tepelný odpor spacích pytlů

Spací pytel je tvořen vrstvou vrchní, vnitřní, které současně slouží i k zajištění vrstvy třetí - náplně, z hlediska izolačních vlastností té nejdůležitější.

#### 2.4.3.1. Vliv použitých materiálů pro vrchní a vnitřní vrstvu

Hlavním úkolem **vrchní vrstvy** je ochrana izolační náplně před větrem, deštěm a sněhem. Rovněž je důležitá ochrana proti větru, čímž se zvyšuje tepelně izolační schopnost spacího pytle, protože se omezuje rychlejší proudění vzduchu uvnitř. Důležitá je určitá prodyšnost a propustnost pro vodní páry produkované organismem, aby svou kondenzací v prostoru izolační náplně resp. uvnitř nesnižovala její tepelně izolační schopnost resp. komfort. Pro vrchní vrstvu se vesměs používají tkaniny z polyamidu různě dostavené s možnými finálními úpravami resp. vrstvené ve formě několikavrstvého laminátu spolu s membránou nebo je membrána použita na samostatném vaku pro spací pytel. Ta má své opodstatnění v propustnosti molekul vodních par a nepropustnosti molekul vody. Důležitá je zajištěná dostatečná prodyšnost a optimální plošná hmotnost k zajištění fyziologického komfortu.

*Používá se:*

- *tkanin z polyamidu se zátěrem proti prolézání izolační náplně, vodoodpudivou úpravou např. Uspal*
- *mikrovláknenné lehké tkaniny např. Pertex (s plošnou hmotností  $56 \text{ g/m}^2$ )*
- *membránové textilie např., GoreDryLoft apod.*

S **vnitřní vrstvou** přichází do přímého styku uživatel ve spánku a proto jsou zde dva hlavní směry pro používané tkaniny:

*materiál přírodní* - bavlna (lépe saje - v extrémních teplotách nežádoucí, protože v nízkých teplotách organismu rychleji odvádí teplo a snižuje tak tepelně izolační schopnost )

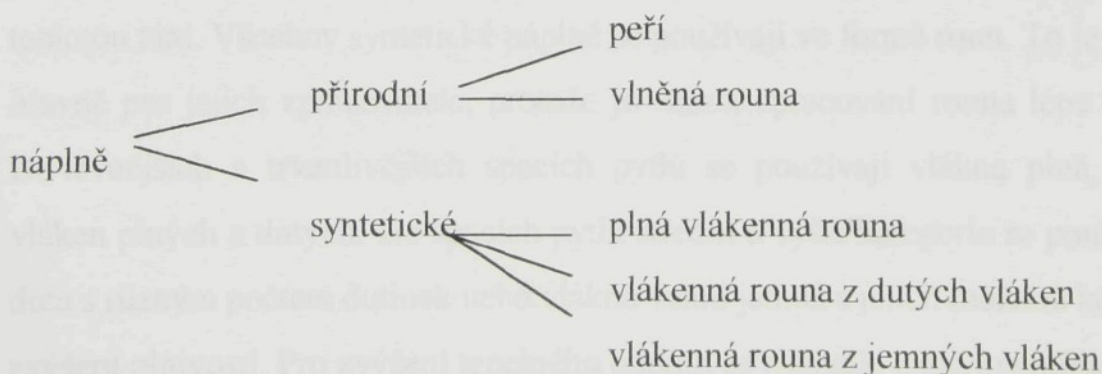
*materiál syntetický* -PAD (minimální savost je výhodou v extrémních podmínkách a má nižší hodnotu tepelné vodivosti než ostatní syntetická vlákna)/14/.

Zkoumáním materiálů pro tyto vrstvy se zabývá práce /5/.

#### 2.4.3.2.Vliv použitých materiálů pro náplně spacích pytlů

Nejdůležitější vrstvou spacího pytle z hlediska zajištění tepelně izolačních vlastností je materiál náplně. Tepelně izolační náplň svým množstvím a kvalitou ve spojení s konstrukcí určuje tepelně izolační schopnost spacího pytle. Je to zejména náplň, která tvoří největší podíl hmotnosti spacího pytle, jeho izolace a možnosti jejího sbalení.

V současné době se používají různé náplně a je možné je rozdělit do dvou základních skupin: náplně syntetické a přírodní. Oba druhy materiálů se v mnohém odlišují a jeden druhým nelze plně nahradit a závisí tedy na uživateli, který zvolí. Je možné izolační náplně rozdělit podle různých kritérií na:



## Syntetické náplně

Syntetická vlákna zaznamenala v poslední době obrovský skok kupředu a rovněž z různých důvodů nárůst popularity.

Syntetické náplně se používají především v místech s vyšší vlhkostí vzduchu, protože ze vzduchu nenabírají ze vzdušné vlhkosti svou sorpcí tak snadno vlhkost, která pak značně zhoršuje tepelně izolační vlastnosti, jako tomu je u některých přírodních náplní. Dalším důvodem většího používání syntetických náplní je biologický aspekt textilních materiálů, konkrétně alergie uživatelů. Z celkové populace jsou totiž 3 % alergické na roztoče a jejich extremity, 19 % alergické na plísňe a ostatní. Z dotázaného vzorku mladých lidí je to ještě horší bilance 8 % na roztoče, 31 % na plísňe a 36 % na potraviny, léky a pyl /6/.



Obrázek 5 Detail rouna  
Thinsulate Lite Loft 3M

Pro syntetické náplně se používají vesměs polyestery, popř. bikomponentní vlákno polyester/polyolefin z důvodu lepšího termického zpevnění rouna vlákny s nižší teplotou tání. Všechny syntetické náplně se používají ve formě roun. To je také výhoda hlavně pro jejich zpracovatele, protože je snazší zpracování rouna lépe zpevněného. Do levnějších a trvanlivějších spacích pytlů se používají vlákna plná, příp. směsi vláken plných a dutých. Do spacích pytlů střední a vyšší kategorie se používají vlákna dutá s různým počtem dutinek nebo vlákna velmi jemná s jejich možnou kombinací pro zvýšení plnivosti. Pro zvýšení tepelného odporu se neustále experimentuje nad různým

počtem dutinek, jejich tvarem, jemností vláken, stupněm zkadeření vláken, způsobem jejich zpevnění, jejich údržbě apod.

### **Přírodní náplně**

Z přírodních materiálů vhodných pro náplně spacích pytlů se v současné době používá výhradně peří. V minulosti k těmto materiálům patřilo i např. vlněné rouno, ale bylo pro svou hmotnost, sorpci vody, dlouhé sušení nahrazeno a vytlačeno syntetickými náplněmi. Zatímco peří se zatím plnohodnotně, alespoň co se týká tepelně izolačních vlastností při určité hmotnosti, nedaří nahradit.

**Peří** je přirozená ochrana ptáků, buď chovaných jako domácí zvířectvo nebo divokých. Peří se tedy rozlišuje podle ptáka, na kterém vyrostlo na : kachní, husí, kajčí atd. Pro náplně spacích pytlů se používá pouze peří drané složené ze dvou frakcí (složek): prachu a drobných pírek. Kvalita peří se nejčastěji označuje poměrem těchto dvou složek nebo plnicí silou. Poměr prachu a drobných pírek do značné míry určuje i tepelně izolační vlastnosti spacího pytle a také jeho životnost.

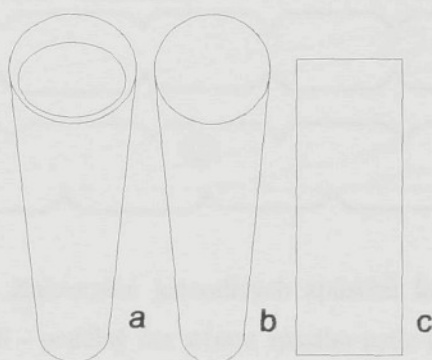
Levné, ale pohodlné a velmi trvanlivé spací pytle obsahují směs 50:50. Kvalitní, středně lehké a dostatečně trvanlivé se plní směsí peří v poměru 70:30. Extrémní, velmi lehké spací pytle bývají s náplní 80:20. Tato směs má optimální poměr plnivosti a životnosti (velmi obtížně nahraditelná syntetickými vlákny).

Ultralehké a extrémně stlačitelné spací pytle s omezenou životností se plní poměrem 90:10. Poměry 80:20 a 90:10 lze dosáhnout výhradně jen u husího peří, kachní je určeno do levnějších a hrubších spacích pytlů. Velmi důležitou roli hraje způsob chovu ptáka. to ovlivňuje navlhavost péřové náplně ze vzdušné vlhkosti, pokud není dostatečně promaštěná. Maximální plnivosti dosahují náplně s vysokým procentem prachového peří ve spojení s lehkými a jemnými tkaninami.

#### 2.4.4. Vliv konstrukce spacích pytlů na tepelný odpor

Funkce spacího pytle je dána nejen kvalitou použitých materiálů, ale velmi důležitou roli v koordinaci s nimi hraje konstrukce. Hlavními konstrukčními prvky jsou:

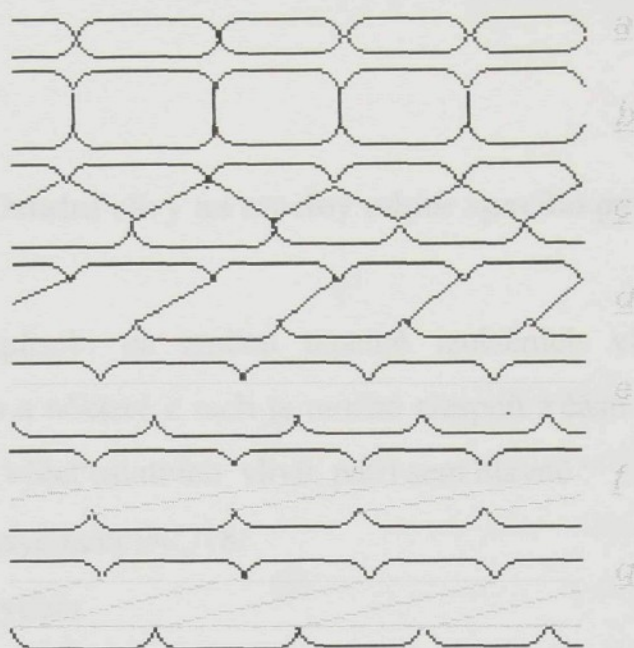
- **střih spacího pytle**



Obrázek 6 Schématické zobrazení  
střihů spacích pytlů a - mumie s kapucí,  
b - mumie bez kapuce, c - dekový

- **způsob umístění izolační náplně**

Důležité je vyloučení vzniku tepelných mostů z vnitřní na vrchní stranu. Tím se zabrání obrovským tepelným ztrátám. Tvar a výška izolační vrstvy jsou závislé na účelu použití toho kterého spacího pytle. Schematicky to ukazuje obrázek 7.



Obrázek 7 Znázornění jednotlivých způsobů konstrukce náplně ve spacím pytli - podélný řez stěnou spacího pytle (shora) a - prošívání deka, b - H-komory, c - delta komory, d - Z-komory, e - sendvičová konstrukce, f - šindelová konstrukce, g - kombinace šindelové a sendvičové konstrukce

#### • způsob všití zdrhovadla

Je nutné klást velký důraz i na řešení tohoto pro uživatele potřebného prvku, poněvadž tímto kritickým místem se při jeho nevhodné konstrukci ztratí značná část energie. K zamezení výrazného úniku tepla proto přispívá např. jednoduchá léga s náplní, dvojité překrytí légou, dvě různě uložená zdrhovadla aj.

#### 2.4.5. Vliv skladování a údržby na tepelně izolační vlastnosti

Nezanedbatelný vliv na rovněž údržba a skladování spacího pytle na jeho tepelně izolační vlastnosti. Náplň, pokud se dlouhodobě bez užívání ponechá stlačená do minimálního objemu, ztrácí vlivem dlouhodobého zatížení tlakem, ohybem a dalším kombinovaným namáháním svou relaxační schopnost, snižuje se tím schopnost zaujmout určitý objem a tím i schopnost lépe izolovat. Rovněž praní chemickými prostředky má vliv hlavně na přirozenou mastnotu peří nebo ztrátu hydrofobní úpravy

vrchové textilie. Proto se pro praní spacích pytlů používají resp. doporučují speciální prací prostředky.

#### **2.4.6. Ostatní vlivy na tepelný odpor spacího pytle**

Vlivů, které působí na změnu tepelně izolačních vlastností kromě výše uvedených, je mnoho a některé z nich je možné alespoň z části vyloučit. Pokud by se mohl provést stručný výčet ostatních vlivů, patří sem hlavně :

- uživatel (fyzicky, psychicky)/4/,18/
- terén pod spacím pytle
- podložka pod spacím pytle
- klimatické podmínky (tlak)

## **2.5. METODA MĚŘENÍ TEPELNÉ PROPUSTNOSTI SPACÍCH PYTLŮ NA TUL**

### **2.5.1. Použití metody**

Jedná se o metodu vyvinutou speciálně pro měření tepelně izolačních vlastností spacích pytlů. Spací pytle je totiž nutné na rozdíl od většiny metod zjišťujících tepelně izolační vlastnosti měřit jako celek. Nikoliv pouze jeho stěnu a nejen ve stlačení velkým problémem pro aplikaci ostatních metod je rozměr spacího pytle. Tato metoda pro možnost objektivního hodnocení proměřuje spací pytel ve stavu v jakém ho uživatel sám používá. Metoda je jednoduchá, poměrně přesná, automatizovaná a levná.

Vyhodnocení vychází z jednoduchého tepelného modelu spacího pytle, který však dává dobrou shodu s teoretickým modelem.

Všeobecně je měření tepelně izolačních vlastností látek a materiálů resp. výrobků je obtížné a náročné. Vlivem náhodných chyb je zatíženo dost velkou chybou a omezená je i reprodukovatelnost. Dosažení uspokojivých výsledků vyžaduje nejen použití vhodné metody, ale i praktické zkušenosti v této oblasti měření.

Tato jednoduchá a spolehlivá metoda poskytuje objektivní výsledky, ať už pro porovnání výrobků jednotlivých výrobců, typů, provedení, hodnocení nových typů materiálů pro spací pytle nebo pro hodnocení případných reklamací. To proto, že objektivně změřený parametr se těší větší důvěře než jakákoliv subjektivní hodnocení.

### **2.5.2. Princip a popis metody**

Měřicí metoda vychází z jednoduchého modelu spacího pytle s osobou, který vede na lineární diferenciální rovnici, která je obdobou Newtonovy metody chladnutí pro zjišťování měrné tepelné kapacity [15]. Pro realizaci měření je osoba modelována nádobou s teplou vodou. Spací pytel s touto nádobou je umístěn do prostředí s nízkou

teplotou okolí, která má být nejlépe konstantní a sleduje se pokles teploty lázně ve spacím pytli způsobený prostupem tepla stěnou spacího pytle.

K poklesu teploty lázně dochází hlavně **prostupem tepla stěnami spacího pytle** do okolí. Lineární model předpokládá, že pro nekonečně malou dobu  $d\tau$  je prošlé teplo dáno vztahem

$$dQ_1 = k \cdot A \cdot (t - t_o) \cdot d\tau = \frac{1}{R_T} \cdot A \cdot (t - t_o) \cdot d\tau \quad (1)$$

kde  $k$  součinitel prostupu tepla  $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$

$A$  plocha povrchu nádoby  $[m^2]$

$t$  okamžitá teplota lázně  $[K]$

$t_o$  konstantní teplota okolí  $[K]$

$d\tau$  nekonečně malá doba  $[s]$

$dQ_1$  prošlé teplo stěnou spacího pytle  $[J]$

Teplo, které projde stěnou spacího pytle je zároveň odebráno lázni a její teplota poklesne o  $dt$  ( $dt < 0$ ) tedy

$$dQ_2 = -m \cdot c_p \cdot dt \quad (2)$$

kde  $m$  hmotnost lázně  $[kg]$

$c_p$  měrná teplo izobarické  $[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$

$c_{pvody} = 4186,8 J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$

$dt$  změna teploty  $[K]$

$dQ_2$  teplo odebrané lázni  $[J]$

Podle zákona o zachování energie jsou

$$dQ_1 = dQ_2$$

$$k \cdot A \cdot (t - t_o) \cdot d\tau = m \cdot c_p \cdot dt \quad (3)$$

Za předpokladu, že lázeň má počáteční teplotu  $t_m$ , pak řešení této rovnice má tvar

$$\Theta = \Theta_m \cdot \exp(-K_B \cdot \tau) \quad (4)$$

$$K_B = \frac{k \cdot A}{m \cdot c_p} \quad (5)$$

|     |                        |                                                                            |         |
|-----|------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------|
| kde | $K_B$                  | konstanta modelu charakterizující trend poklesu teploty lázně [ $s^{-1}$ ] |         |
|     | $\theta = t - t_o$     | okamžitý rozdíl teplot lázně a okolí                                       | [K] (6) |
|     | $\theta_m = t_m - t_o$ | počáteční maximální rozdíl těchto teplot                                   | [K] (7) |
|     | $\tau$                 | čas                                                                        | [s]     |

Vztah (4) s definicemi (5),(6) a (7) je výchozím vztahem popisované metody.

Vzhledem k velké tepelné kapacitě vody (měřící lázně) a dobrým izolačním vlastnostem spacího pytle je pokles teploty lázně pomalý, stačí tedy měřit teplotu v poměrně dlouhých intervalech. Protože i celková doba měření je dlouhá i několik hodin, je vhodné, aby byla teplota snímána automaticky.

Pro snímání teploty existuje spousta čidel, z nichž se pro známý rozsah teplot a cenovou dostupnost hodí nejlépe termistory, které se změnou teploty mění svůj odpor impedanci a to na nich způsobí změnu úbytku napětí.

V zásadě lze použít dva způsoby měření :

- přímo měřit odpor termistoru multimetrem a po sériové lince převádět výsledek měření do osobního počítače. Proti tomuto způsobu se staví zejména bez přídavných zařízení nemožnost měření více než dvou teplot současně.
- převést odpor na napětí a to snímat pomocí A/D převodníku zapisovat do osobního počítače. Výhodou je možnost snímání více termistorů současně, nevýhodou dlouhé přívodní dráty od termistorů.
- měření odporu termistorů speciální metodou a přenos dat rozhraním.

Automatizování metody je realizováno programem v Turbo Pascalu, který snímá hodnoty odporu termistorů ukládá do datového souboru a pro optickou kontrolu obsluhy i na stínítko monitoru.

### 2.5.3. Zpracování výsledků měření metody

Úkolem měření je určit koeficient prostupu tepla stěnou spacího pytle. Proto je vhodné exponenciální závislost (4) zjednodušit převedením na lineární závislost. Po zlogaritmování rovnice (4) obdržíme vztah

$$\ln(\Theta) = \ln(\Theta_m) - K_B \cdot \tau \quad (8)$$

Ze směrnice časové závislosti  $\ln(\theta)$  určíme konstantu  $K_B$  měřeného systému a pomocí vztahu (5) součinitel prostupu tepla  $k$ .

Zpracování výsledků je automatizované a používá sady programů v Turbo Pascalu. V prvním programu uživatel vybere soubor měření, který chce vyhodnotit, a zvolí parametry, jak chce měření vyhodnotit. V dalším se provede ořezání zvolené křivky, aby se odstranily nepřesnosti, ke kterým dochází na počátku resp. konci měření. Dále se metodou nejmenších čtverců určí koeficienty rovnice (8), zejména koeficient měření  $K_B$ . Posledním krokem je zobrazení shody naměřených hodnot s teoretickým předpokladem a zápis dat do textového souboru.

## 2.6. OSTATNÍ METODY MĚŘENÍ TEPELNÉ PROPUSTNOSTI SPACÍCH PYTLŮ

U nás zatím neexistuje jiná metoda, která by byla vhodná pro určování tepelně izolačních vlastností spacích pytlů. V zahraničí se ovšem o zavedení různých metod pro tuto oblast neustále různé instituty pokoušejí a vyvíjí je směrem k simulaci chování lidského organismu apod. U všech metod je nezbytné, aby byly zkoušky prováděny při podobných podmínkách, v jakých bude spací pytel používán, tzn. v rozloženém stavu a simulací uživatele. Ve stručnosti je vhodné se s jednotlivými známými metodami seznámit.

### 2.6.1. Metoda s potícím se torzem EMPA /13/

Nejnovější metoda švýcarského institutu EMPA (Federální zkušebna - Švýcarsko) využívá nově vyvinutého zařízení, nazvaného podle jeho funkce potícím se torzo (válec). Slouží ke zjišťování tepelného odporu spacího pytle a následně k určování mezní nízké teploty použití spacího pytle. Zařízení je vytvořeno jako válec se čtyřmi vrstvami na povrchu, které mají co nejlépe simulovat chování lidské pokožky. Jednotlivé vrstvy jsou z teflonu, polyetylenu, polyamidu a hliníku a na válci je 36 potících trysek, u kterých je možné regulovat množství dávkované vodní páry

simulující pocení organismu, přibližující co nejvíce test praktickým podmínkám lidského pocení, kdy organismus produkuje nepřetržitě určité množství potu. Do torza je přitom dodávána voda konstantní teploty 35°C z připojené nádrže s neustálým ohřevem a tepelný odpor se vyjadřuje z energetické bilance přirovnané produkci metabolismu ve spánku. Test probíhá v klimatické komoře při teplotě okolí -20°C. Používané zařízení je velmi nákladné.

#### **2.6.2. Metoda Cu - figury (Kansas State University - USA) /8/**

Tato metoda využívá vyhřívané měděné figuríny vložené ve spacím pytli a testovaném v klimatické komoře.

#### **2.6.3. Testování speciálními expedicemi /7/**

Jedná se o způsob nejméně objektivní z uvedených metod, poněvadž je založen pouze na subjektivním hodnocení určitého uživatele v tomto případě velmi fyzicky zdatného. Tento test poskytne informaci do jaké teploty se v tom kterém spacím pytli cítil testující jak pohodlně. Neposkytuje informaci, která by mohla poskytnout hodnotu tepelného odporu výrobku pro jeho srovnání s jinými výrobky stejného nebo jiných výrobců nebo sloužící tabulkovému přepočtu.

#### **2.6.4. Ostatní metody měření tepelné propustnosti /4/**

Ostatní metody zjišťování tepelné propustnosti zjišťují hlavně tepelně izolační vlastnosti při vedení tepla. Tato měření probíhají vesměs na malých vzorcích materiálů v laboratorních podmínkách a navíc při zatížení tj. ve stlačení, což příliš nepopisuje celkové tepelně izolační vlastnosti spacích pytlů. Tyto metody jsou proto hlavně určeny ke zjišťování vlastností jednotlivých materiálů, vytvořených vzorků, stanovení dílčích

tepelných odporů apod., nikoliv pro stanovení celkového tepelného odporu spacích pytlů. Patří mezi tyto metody zejména :

Měření na TP-2

Měření na přístroji Alambeta

Měření dle normy ASTM 1518

Metoda dle Bocka

Metoda dle Markese

Metoda dle Malčíka

Podrobně se jimi zabývá práce /4/.

### **2.6.5. Zhodnocení metod měření tepelné propustnosti**

Metody uvedené v kapitole 2.6.1. nejsou vhodné k hodnocení spacích pytlů komplexně, nýbrž slouží k přesnému zjištění dílčích tepelně izolačních vlastností např. různých materiálů pro vrchní vrstvu, vnitřní vrstvu, náplň popř. spodní prádlo, izolační podložku apod.

### 3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Jak již bylo uvedeno, ztrácí význam provádět experiment s člověkem pro zjišťování tepelně izolačních vlastností, poněvadž je silně subjektivní. Může však dobře posloužit při zavádění nové teorie z hlediska fyziologie, které ještě nejsou vyzkoušeny a pomůže odhalit skryté možnosti v oblasti fyziologického komfortu. Touto problematikou se zabývala práce /4/.

Tato studie má podat obraz o vlivu teploty a vlhkosti na tepelný odpor spacího pytle a to objektivním a reprodukovatelným způsobem. Používá k tomu metody vyvinuté na TUL a částečně upravené z důvodu vyšší přesnosti měření. Metoda spočívá ve fyzikální podstatě prostupu tepla rovinnou stěnou a odebírání tepla látky při jejím ochlazování. Z těchto předpokladů a ze zákona o zachování energie vychází definiční vztah metody.

#### 3.1. NÁVRH A REALIZACE ZPŘESNĚNÍ METODY MĚŘENÍ SPACÍHO PYTLE

Pro úspěšné eliminování chyby měření je třeba si uvědomit jakým způsobem se těleso ve spacím pytlí ochlazuje, aby se co nejvíce omezil vliv tzv. náhodných jevů na celkovou chybu měření.

I.

Z toho důvodu je vhodné používat nádobu jedné velikosti. Volba nádoby nabízí minimálně dvě možnosti :

- simulace celého lidského organismu (pro tuto variantu by bylo vhodné použít nádobu s hmotností a povrchem přibližně se rovnající hodnotám lidského organismu)
- nebo simulace jednotlivých částí organismu nádobou s malým objemem, což se zdá být z praktického hlediska výhodnější i pro manipulaci s nádobou, i pro analogii rychlejšího chladnutí např. končetin apod. jak ukazuje snímek /8/ infračerveného spektra lidského organismu.

U jednotné nádoby je i větší přesnost hodnocení proti použití více nádob, kde při zjištění přesnosti metody třeba provést více měření.

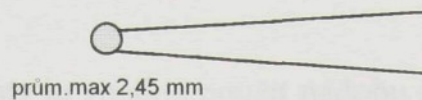
## II.

Je rovněž vhodné zamezit vzniku různých vzduchových výdutí uvnitř spacího pytle, které také značným způsobem ovlivňují variační koeficient metody. To je možné vyřešit použitím lidské figuríny, kterou se vyplní prostor tak, jak jej za normálních podmínek vyplní uživatel. Nádobu s kapalinou je uložena podél figuríny v prostřední části spacího pytle na straně u zdrhovadla. Zamezí se tak zvýšenému prodění vzduchu v prostoru uvnitř spacího pytle, což také sníží variabilitu získaných výsledků.

## III.

Nejdůležitějším prvkem metody je snímač, kterým je snímána teplota nádoby s kapalinou. Prvků, které jsou schopny snímat teplotu je mnoho, např. termočlánky, termistory aj. Pro tento případ se jeví jako nejvhodnější termistor vzhledem k jeho ceně, rozsahu měřených teplot, své citlivosti. Vyvinutá metoda používala termistor tuzemské výroby s označením KTY 10 se jmenovitou hodnotou  $100\Omega$ , nekalibrovaný a to vyžaduje kalibrování termistoru nejlépe před každým měřením, což měření prodlužuje. Nevýhodou je zmiňovaná nízká jmenovitá hodnota odporu, která dává prostor projevu nežádoucích odporů dlouhých přívodních drátů.

Zlepšení metody spočívá v použití termistoru kalibrovaného, citlivějšího a s vyšší jmenovitou hodnotou pro odstranění rušivého vlivu na přívodních kontaktech. Takovým řešením je perličkový termistor od firmy OMEGA s označením 44033 s odporem  $2252\ \Omega$  při  $25^{\circ}\text{C}$ . Termistor má citlivost  $0,2^{\circ}\text{C}$  pro oblast teplot od  $0^{\circ}\text{C}$  do  $75^{\circ}\text{C}$  a jeho znázornění je na obrázku 8. Pracovní oblast teplot je od  $-80^{\circ}\text{C}$  do  $+75^{\circ}\text{C}$  a maximální měřitelná teplota je  $100^{\circ}\text{C}$ . Doba ustálení dobře tepelně vedoucím oleji je 1s a na vzduchu 10s.



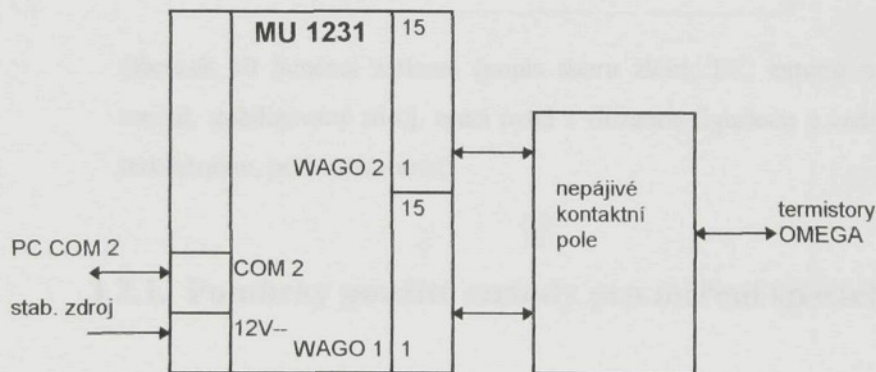
Obrázek 8 Použitý termistor ke snímání teploty

Toleranční křivky a kalibrační hodnoty jsou uvedeny v dokumentaci dodávané výrobcem (viz příloha 1).

#### IV.

Původní zapojení termistorů ve formě odporového děliče s normálovými odpory používalo jako napěťový zdroj suchého článku se jmenovitým napětím 1,5 V u něhož je omezena životnost a poskytovaná hodnota napětí není konstantní, což se projevuje na nežádoucí změně odporu termistoru. Vývody jednotlivých odporových děličů jsou připojeny k internímu A/D převodníku v PC.

Pro zdokonalení metody je použito připojení externího měřicího modulu s vysokým rozlišením, jehož analogové vstupy jsou realizovány na bázi A/D převodníku.



Obrázek 9 Znáznornění propojení s modulem MU 1231

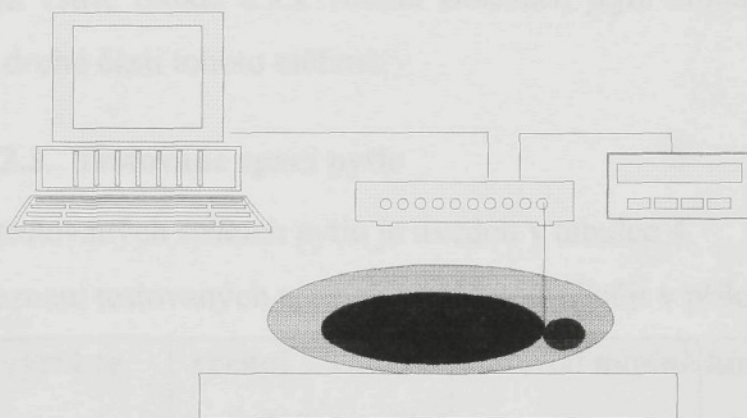
Externí měřicí modul je ovládaný z PC po komunikační lince COM2 pomocí implementované sady makroinstrukcí. Externí modul Micro Unit 1231 umožňuje připojit až 6 termistorů současně na svorky WAGO1,2. Napětí je modulu dodáváno ze stabilizovaného zdroje 12V--. Velkou výhodou tohoto zapojení je možnost zapojení bez normálových rezistorů a jen dvouvodičově. Způsob propojení od svorek WAGO1,2 je proveden pomocí nepájivého kontaktního pole, jak ukazuje obrázek 8. Možnosti různého připojení termistorů na svorky WAGO 1,2 prozrazuje /9/.

V.

Pro snímání teploty je vhodné použít nádobu s drážkou u níž má termistor větší styčnou plochu. Termistor je k nádobě připevněn samolepící etiketou.

### 3.2. POUŽITÉ MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ A ZAJIŠTĚNÍ MĚŘENÍ

Schématické zobrazení jednotlivých součástí měřicího zařízení je na obrázku 10.



Obrázek 10 Schéma zařízení (popis shora zleva: PC, externí měřicí modul, stabilizovaný zdroj, spací pytel s vloženou figurínou a nádoba s termistorem, podvrstva-terén)

#### 3.2.1. Pomůcky použité metody pro měření spacích pytlů

Osobní počítač s procesorem 486 DX 33 MHz , 8 MB RAM ,120 MB HDD

Externí měřicí modul Micro Unit 1231 s přípravkem pro adresování na COM 2 a firmware

Stabilizovaný zdroj Tesla EA 1605 na rozsahu 12V--

Termistory OMEGA 44033 5 kusů

Spojovací materiál (nepájivé kontaktní pole, lanka, pájka, izolace aj.)

Nádoby na kapalinu (nejlépe polyetylenová od Dobré vody)

Figurína vytvořená z odpadních textilních surovin

### 3.2.2. Zajištění podmínek pro měření

Pro měření spacích pytlů je nutné zajistit konstantní podmínky měření, což v praxi znamená hlavně neměnnou teplotu a vlhkost okolí. Proto byla měření ve venkovních podmínkách prováděna v nočních hodinách, aby teplota co nejméně kolísala a nebyla rušena náhlými výkyvy teplot.

Naprosto nejvhodnější pro zajištění těchto podmínek se jeví využití klimatické komory s možným nastavením teplot s širokým intervalu. V tomto směru nám maximálně vyšla vstříc Škoda a.a.s. Mladá Boleslav, jejíž klimatickou komoru bylo možné využít k druhé části tohoto měření.

### 3.2.3. Testované spací pytle

Přehled testovaných spacích pytlů je uveden v tabulce 4.

Tab. 4 Seznam testovaných spacích pytlů (podrobněji v příloze č.3)

| Označení              | výrobce                     | vrchní<br>materiál | vnitřní<br>materiál | materiál náplně     | hmotnost<br>náplně   | hmotnost<br>spac. pytle |
|-----------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|
| R.Mesner<br>(RM)      | Ferrino (I)<br>(K-servis)   | PAD                | bavlna              | PES dutá<br>vlákna  | 1100 g               | 1900                    |
| Continents<br>(NL-5)  | Northland<br>(K-servis)     | PAD                | bavlna              | PES dutá<br>vlákna  | 350 g/m <sup>2</sup> | 1900 g                  |
| Scotland<br>(VK)      | VK                          | PAD                | PAD                 | peří 50/50          | 1000                 | 1550                    |
| Mumy<br>extra II      | Schwarzkopf<br>Sport v.o.s. | PAD                | PAD                 | PES jemná<br>vlákna | 1150 g               | 1700 g                  |
| Trek extra<br>II (TE) | Schwarzkopf<br>Sport v.o.s. | PAD                | PAD                 | PES jemná<br>vlákna | 1050 g               | 1500 g                  |
| Climber<br>(CL)       | Schwarzkopf<br>Sport v.o.s. | PAD                | PAD                 | PES jemná<br>vlákna | 1200 g               | 1750 g                  |
| Milos<br>(NL+10)      | Northland<br>(K-servis)     | PAD                | bavlna              | PES jemná<br>vlákna | 250 g/m <sup>2</sup> | 1500 g                  |

### 3.3. ROZDĚLENÍ MĚŘENÍ

Měření bylo rozděleno do dvou základních částí a doplňkových měření :

- **měření ve venkovních podmínkách** pro zjištění přesnosti měření a závislosti tepelného odporu na venkovní teplotě a na relativní vlhkosti vzduchu  $R_T = f(t)$  a  $R_T = f(\varphi)$
- **měření v klimatické komoře** pro získání závislostí  $R_T = f(t)$  a  $R_T = f(\varphi)$  v širších mezích okolní teploty.

### 3.4. MĚŘENÍ

K měření tepelně izolačních vlastností spacích pytlů popsanou metodou je použit následující postup :

- 1) Instalace zařízení pro snímání teploty.
- 2) Ohřev kapaliny na teplotu blízkou teplotě lidského organismu tj. přibližně 35°C a její připravení do nádoby s drážkou pro termistor.
- 3) Připevnění termistoru nádobu s kapalinou, na níž se má sledovat pokles teploty.
- 4) Příprava spacího pytle do prostředí, v němž má měření probíhat. Spací pytel je s uvnitř vsunutou figurínou pro zamezení vzniku nežádoucích vzduchových výdutí ovlivňujících tepelnou propustnost stěnou spacího pytle zejména při použití nádoby s malým objemem.
- 5) Vložení nádoby na sledování poklesu teploty do spacího pytle vedle figuríny podélně.
- 6) Ověření správné funkce termistorů, zda nedošlo ke zkratování přívodů termistorů pomocí programu **mu1231.exe** dodávaného s měřicím modulem MU 1231 a případné odstranění chyby.
- 7) Spuštění programu **mer-cas.exe** pro záznam poklesu teploty v čase se zadáním potřebných atributů pro identifikaci (jméno a přípona souboru s možným komentářem). Tento program ukládá snímaná data do datového souboru \*.dat.

8) Po době ustálení cca 5 minut od počátku měření běží záznam poklesu teploty v nádobě. Program může být zastaven rozhodnutím, že pokles teploty již dává možnost určení směrnice poklesu teploty a měření může být ukončeno.

#### **3.4.1. Měření ve venkovních podmínkách**

Tato měření byla prováděna v nočních hodinách pro využití konstantních podmínek. Při prováděných měřeních se teplota okolí pohybovala okolo 0°C a v úvahu byly brány jen podmínky, kdy nepůsobil rušivě silný vítr, déšť a sníh, které značně ovlivnily průběh měření a tím potvrdily teoretické předpoklady projevu zvýšeného proudění či vyšší vodivosti vody popř. sněhu.

Měření se prováděla na betonu s povrstvením asfaltovou lepenkou. Spací pytle byly při měření minimálně 1m od sebe vzdálené, aby se neovlivňovaly vzájemným stíněním při proudění vzduchu.

Okolní teplotu bylo nutné měřit rovněž rtuťovým teploměrem z důvodu nedostatku v ovládání externího modulu resp. vyloučení možnosti měřit termistorem nižší teplotu než 7°C (externí modul není schopen s daným ovladačem měřit s daným termistorem hodnotu odporu vyšší než 5 k $\Omega$ , které v kalibračních tabulkách odpovídá teplotě 7,87°C; chyba softwaru) a vlasovým vlhkoměrem byla snímána vlhkost.

#### **3.4.2. Měření v klimatické komoře**

Tato měření vyžadovala maximální koncentraci a koordinaci všech prováděných úkonů, poněvadž provoz klimatické komory je velmi nákladný a do značné míry bylo možno zrealizovat tato měření jen díky spolupráci se zaměstnanci vývojového závodu automobilky Škoda v Mladé Boleslavi. To za plného provozu vývojového závodu v klimatických komorách (2m<sup>3</sup> a 4m<sup>3</sup>) firmy Heraeus Votsch-Nema řízených počítačem s rozsahem teplot -40°C až 100°C.

Pro měření spacích pytlů bylo použito teplot  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $-20^{\circ}\text{C}$  pro získání závislosti tepelného odporu spacích pytlů na teplotě. Závislosti tepelného odporu na relativní vlhkosti okolí 10% a 90% se nám nepodařilo regulovat v důsledku poruchy klimatické komory v systému zvlhčování.

Okolní teplota v klimatické komoře je signalizována neustále na displeji a následně upravována chladícím resp. ohřívacím agregátem.

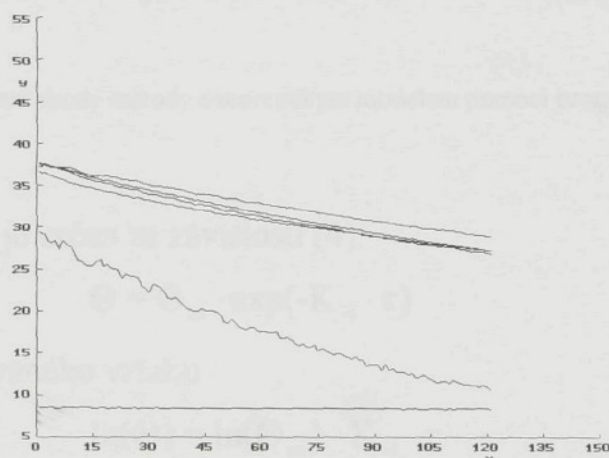
### **3.4.3. Doplnková měření**

Pro přehledné porovnání tepelně izolačních vlastností stěn spacího pytle a vlastností s nimi souvisejícími byly vyrobeny vzorky obsahující syntetickou náplň a pérovou náplň o stejné hmotnosti do stejného polyamidového pouzdra. Zkoušena u nich byla nasákavost vody, propustnost vodních par, změna tepelné propustnosti před a po nasáknutí a prodyšnost. Tato doplňková měření jsou uvedena v příloze této práce.

### 3.5. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

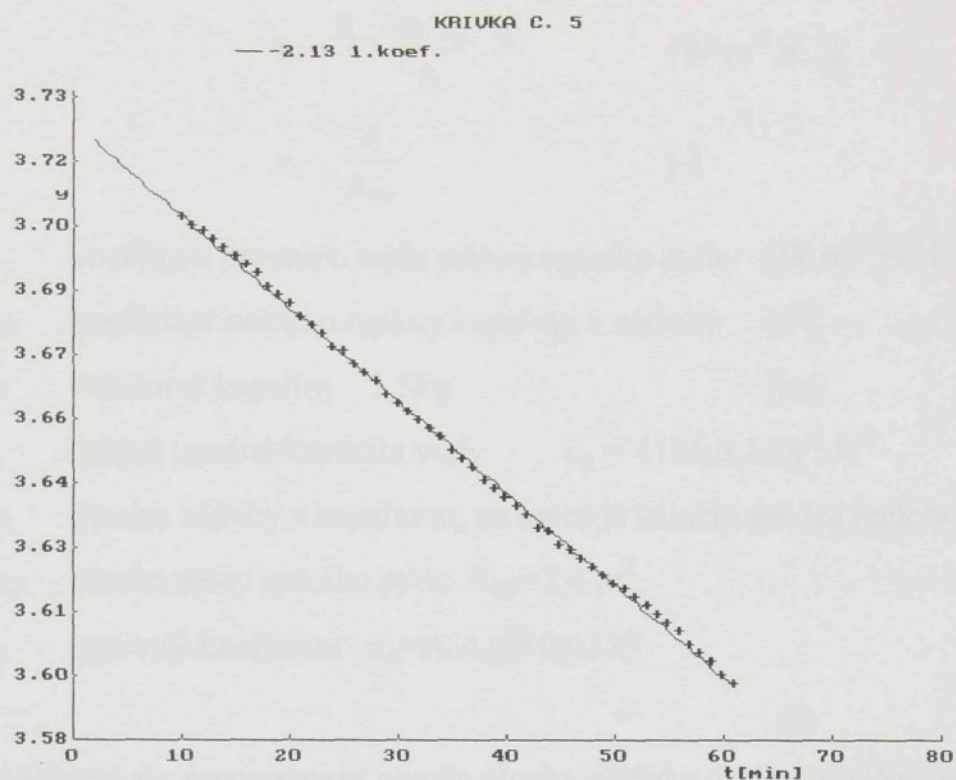
Po provedeném měření spacích pytlů je nutné z datového souboru výsledky vyhodnotit, aby bylo možné je dále zpracovávat. Výsledky jsou vyhodnocovány podle uvedeného schématu :

1) Pomocí přejmenování datového zaznamenaného souboru \*.dat na soubor variace.dat a programu **prubtab.exe** a je možné prohlédnout tvar a způsob poklesu teplot tento zobrazený graf je možno pomocí programu **hc602.exe** uložit např. do souboru ve formátu \*.tif. Příklad ukazuje obr. 11



Obrázek 11 Znáznornění poklesu teploty kapaliny v nádobě

- 2) Datový soubor \*.dat upravit programem **vybreg.exe** pro výpočet regrese a uložení ve tvaru \*.reg.
- 3) Pomocí programu **orezreg.exe** je možné v případě potřeby počáteční nebo koncové hodnoty ořezat a pracovat dále s již ořezaným souborem \*.ore.
- 4) Pro výpočet koeficientů  $K_B$  jako parametrů regresních křivek je používáno programu **regri.exe** a k zobrazení shody s lineárním modelem chladnutí slouží program **prubore.exe**, jak ukazuje obrázek 12.



Obrázek 12 Zobrazení shody metody s teoretickým modelem pomocí programu prubore.exe

5) Koeficient  $K_B$  je určen ze závislosti (4):

$$\Theta = \Theta_m \cdot \exp(-K_B \cdot \tau) \quad (4)$$

a následně logaritmovaného vztahu

$$\ln(\Theta) = \ln(\Theta_m) - K_B \cdot \tau \quad (8)$$

kde  $K_B$  konstanta modelu charakterizující trend poklesu teploty lázně [ $s^{-1}$ ]

$\theta = t - t_0$  okamžitý rozdíl teplot lázně a okolí [K]

$\theta_m = t_m - t_0$  počáteční maximální rozdíl těchto teplot [K]

$\tau$  čas [s]

### Určení součinitele prostupu tepla stěnou spacího pytle

Aby bylo možné touto metodou určit z této hodnoty  $K_B$  součinitel prostupu tepla  $k$  stěnou spacího pytle a z něho její tepelný odpor je nezbytné upravit definiční vztah (5) opravným koeficientem  $\epsilon_A \cdot k$

$$k = \frac{K_B \cdot m \cdot c_p \cdot \varepsilon_A}{A} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (9)$$

$$\varepsilon_A = \frac{A}{A_{SP}} \quad [-]$$

|     |                 |                                                                                               |                                                      |
|-----|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| kde | k               | součinitel prostupu tepla stěnou spacího pytle                                                | $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$ |
|     | $K_B$           | koeficient poklesu teploty kapaliny v nádobě                                                  | $[\text{s}^{-1}]$                                    |
|     | m               | hmotnost kapaliny 1,5kg                                                                       | $[\text{kg}]$                                        |
|     | $c_p$           | měrná tepelná kapacita vody $c_p = 4186,8 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ |                                                      |
|     | A               | plocha nádoby s kapalinou, na které je snímán pokles teploty $A = 0,09 \text{ m}^2$           |                                                      |
|     | $A_{SP}$        | plocha stěny spacího pytle $A_{SP} = 2,4 \text{ m}^2$                                         |                                                      |
|     | $\varepsilon_A$ | opravný koeficient $\varepsilon_A = A/A_{SP} = 0,0375$                                        |                                                      |

Koeficient  $\varepsilon_A$  reprezentuje poměr plochy nádoby a plochy stěny spacího pytle, protože teplo odvedené z nádoby je odvedeno skrz stěnu spacího pytle do prostředí s nižší teplotou okolí. Koeficient  $\varepsilon_A$  je konstanta spacího pytle. Plocha nádoby **A** je vypočtena jako průměrná hodnota povrchu válce a pro používanou nádobu je **0,09 m<sup>2</sup>** a plocha spacího pytle **A<sub>SP</sub>** je určena z rozměru spacího pytle a je uvažována **2,4 m<sup>2</sup>**

### Určení tepelného odporu stěny spacího pytle

Tepelný odpor stěny spacího pytle **R<sub>T</sub>** je roven převrácené hodnotě součinitele prostupu tepla **k**

$$R_T = \frac{1}{k} \quad [\text{K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}] \quad (10)$$

3.5.1. Zpracování výsledků venkovního měření

Při venkovním měření bylo měření prováděno se třemi spacími pytlí. Podrobné informace o použitých spacích pytlích jsou uvedeny v tabulce 4 resp. v příloze.

Přesnost a reprodukovatelnost měření

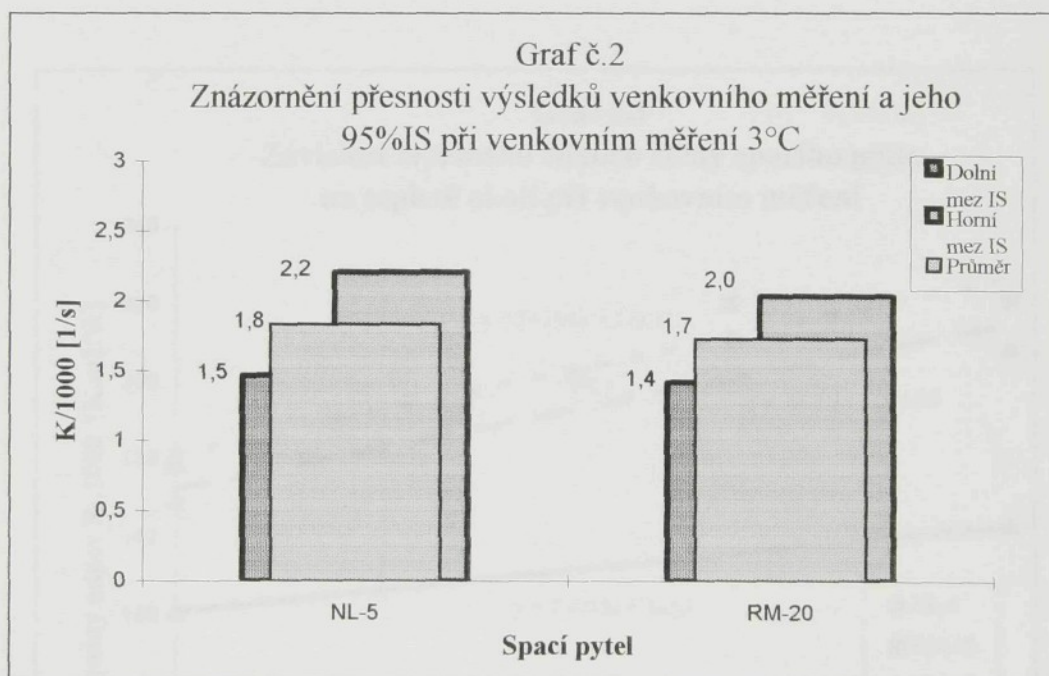
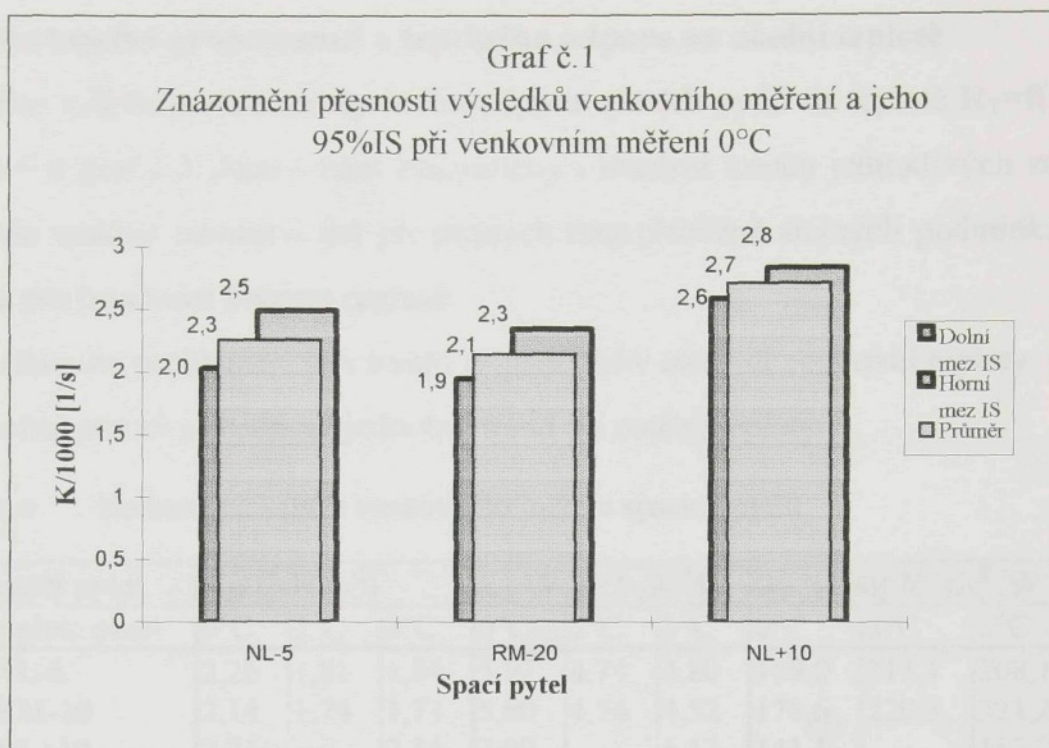
Důkazem zpřesnění vyvinuté metody je lepší shoda přepočtené regresní přímky s teoretickou lineární závislostí, poněvadž při snížení odchylky od tohoto teoretického modelu se zvyšuje přesnost určení koeficientu  $K_B$ .

Příklad shody teorie s měřením znázorňuje obrázek 12

Hodnoty koeficientů  $K_B$  pro určení přesnosti a reprodukovatelnosti použité metody pro měření spacích pytlů ve venkovních podmínkách ukazuje tabulka 5  
Hodnoty jsou ovlivněny mj. chybou způsobenou nekonstantní relativní vlhkostí vzduchu v rozmezí 44 -75%.

Tabulka 5     Hodnoty konstanty metody  $K_B$  ukazující na přesnost a reprodukovatelnost metody

| měření    | $K_B/1000 [s^{-1}]$         |           |           |          |           |
|-----------|-----------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|
|           | spací pytel, okolní teplota |           |           |          |           |
|           | NL-5,0°C                    | RM-20,0°C | NL+10,0°C | NL-5,3°C | RM-20,3°C |
| i         |                             |           |           |          |           |
| 1         | 2,06                        | 1,96      | 2,60      | 2,08     | 2,00      |
| 2         | 2,57                        | 2,25      | 2,87      | 2,18     | 1,85      |
| 3         | 2,18                        | 2,01      | 2,74      | 1,75     | 1,57      |
| 4         | 2,49                        | 2,47      | 2,75      | 1,81     | 1,88      |
| 5         | 2,21                        | 2,03      | 2,74      | 1,36     | 1,34      |
| 6         | 2,06                        | 2,14      | 2,55      |          |           |
| průměr    | 2,3                         | 2,1       | 2,7       | 1,8      | 1,7       |
| sm.odch.  | 0,2                         | 0,1       | 0,1       | 0,2      | 0,2       |
| var.koef. | 9%                          | 8%        | 4%        | 16%      | 14%       |
| 95% IS    | 2,0-2,5                     | 1,9-2,3   | 2,6-2,8   | 1,4-2,2  | 1,4-2,0   |



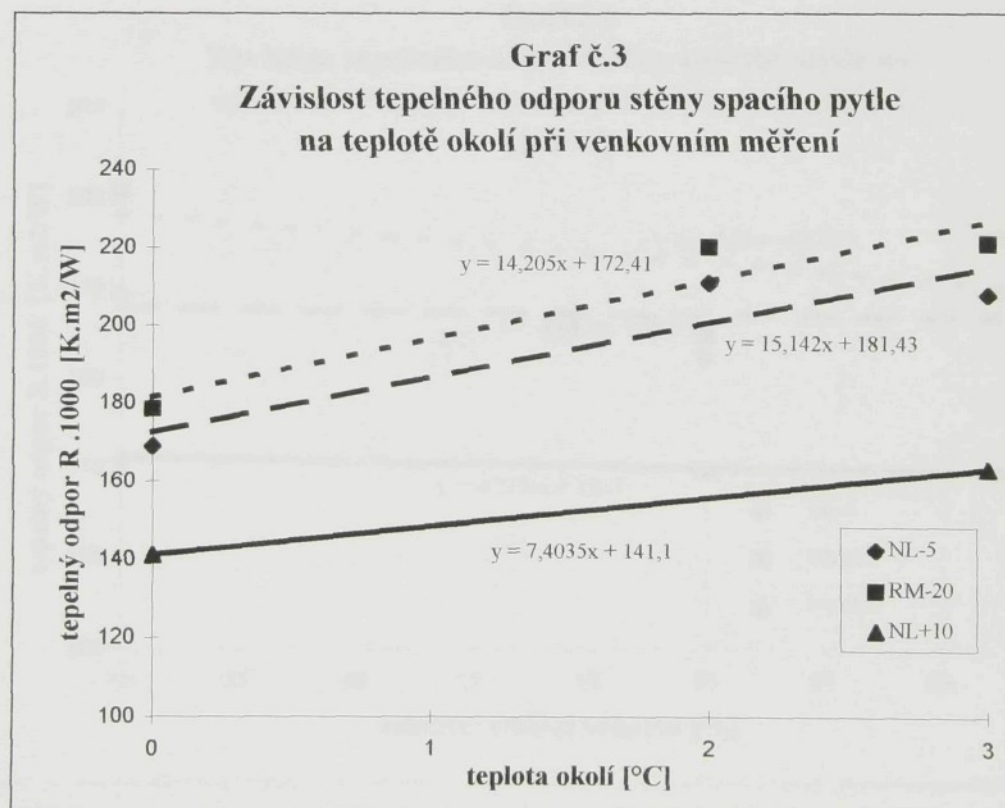
### Závislost tepelné propustnosti a tepelného odporu na okolní teplotě

Pro zjištění závislosti tepelného odporu spacích pytlů na teplotě  $R_T=f(t)$  slouží tabulka 6 a graf č.3. Jsou v něm znázorněny i lineární trendy jednotlivých závislostí. Z důvodu malého množství dat při stejných resp.přibližně stejných podmínkách byla zvolena pro proložení lineární regrese.

Hlavním problémem je v tomto případě úzký interval venkovní teploty, při které není možné přesně odhadnout jednotný trend při změně teploty.

Tabulka 6      Hodnoty získané z venkovního měření spacích pytlů

| spací pytel   | $K_B/1000 [s^{-1}]$ |      |      | $k [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$ |      |      | $R_T \cdot 1000 [K \cdot m^2 \cdot W^{-1}]$ |       |       |
|---------------|---------------------|------|------|-----------------------------------|------|------|---------------------------------------------|-------|-------|
| teplota okolí | 0°C                 | 2°C  | 3°C  | 0°C                               | 2°C  | 3°C  | 0°C                                         | 2°C   | 3°C   |
| NL-5          | 2,26                | 1,81 | 1,84 | 5,92                              | 4,74 | 4,80 | 169,0                                       | 211,1 | 208,1 |
| RM-20         | 2,14                | 1,74 | 1,73 | 5,60                              | 4,54 | 4,52 | 178,6                                       | 220,3 | 221,2 |
| NL+10         | 2,71                |      | 2,34 | 7,09                              |      | 6,12 | 141,1                                       |       | 163,3 |

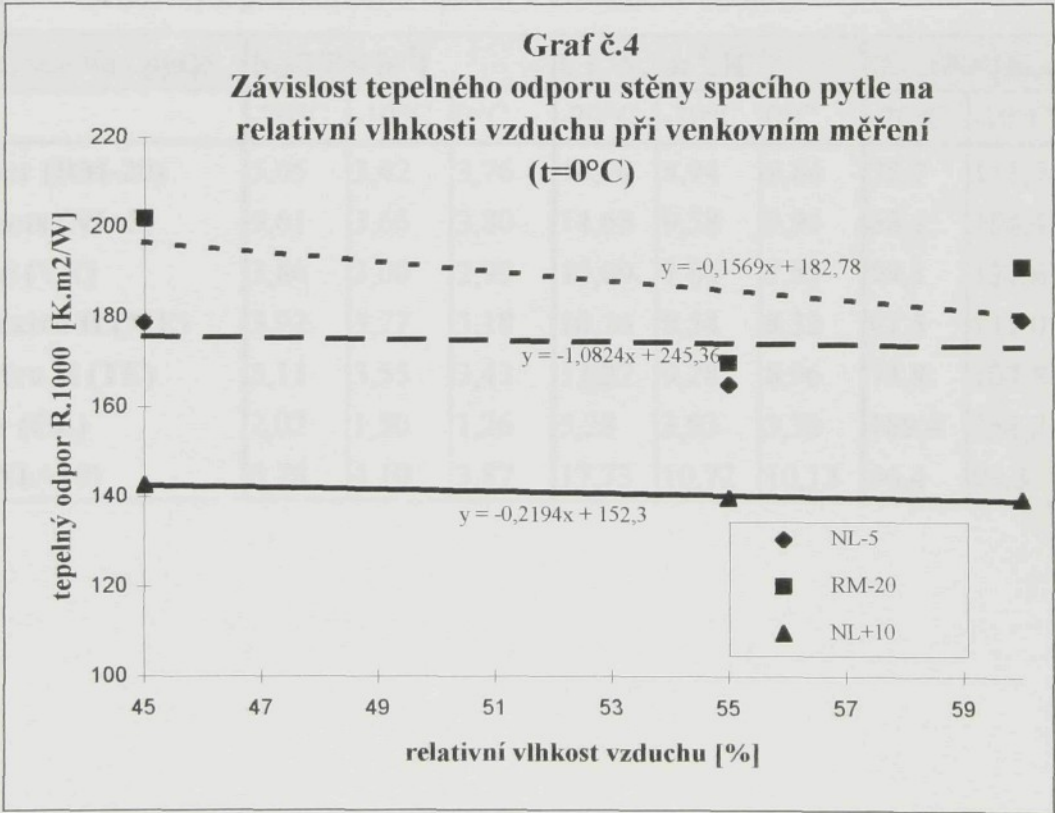


**Závislost tepelné propustnosti a tepelného odporu na relativní vlhkosti vzduchu**

Pro zjištění závislosti tepelného odporu spacích pytlů na relativní vlhkosti vzduchu  $R_T=f(\varphi)$  slouží tabulka 6b a graf č.4. Jsou tam znázorněny i lineární trendy jednotlivých závislostí. Z důvodu malého množství dat při stejných resp.přibližně stejných podmínkách byla zvolena pro proložení lineární regrese. Hodnoty jsou pro teplotu okolí přibližně 0°C.

Tabulka 7      Hodnoty konstanty metody  $K_B$ , součinitele prostupu tepla  $k$  a tepelného odporu  $R_T$  získané venkovním měřením spacích pytlů

| spací pytel       | $K_B/1000 [s^{-1}]$ |      |      | $k [W.m^{-2}.K^{-1}]$ |      |      | $R_T .1000[K.m^2.W^{-1}]$ |       |       |
|-------------------|---------------------|------|------|-----------------------|------|------|---------------------------|-------|-------|
| relativní vlhkost | 45%                 | 55%  | 60%  | 45%                   | 55%  | 60%  | 45%                       | 55%   | 60%   |
| NL-5              | 2,14                | 2,32 | 2,13 | 5,59                  | 6,06 | 5,57 | 178,7                     | 165,1 | 179,4 |
| RM-20             | 1,89                | 2,25 | 2,00 | 4,95                  | 5,89 | 5,23 | 202,0                     | 169,8 | 191,1 |
| NL+10             | 2,68                | 2,74 | 2,74 | 7,01                  | 7,16 | 7,17 | 142,6                     | 139,7 | 139,5 |



3.5.2. Zpracování výsledků měření v klimatické komoře

Při měření v klimatické komoře bylo použito pro možnost porovnání více spacích pytlů z různých kategorií použití. Přesnost měření v klimatické komoře nebylo možné sledovat, aby bylo možné dojít k co nejobsáhlejším výsledkům z hlediska závislosti  $R_T=f(t)$ . Hodnoty konstanty metody, součinitele prostupu tepla stěnou spacího pytle  $k$  a tepelného odporu jsou uvedeny v tabulce 8 a závislost tepelného odporu na okolní teplotě zachycuje graf 5.

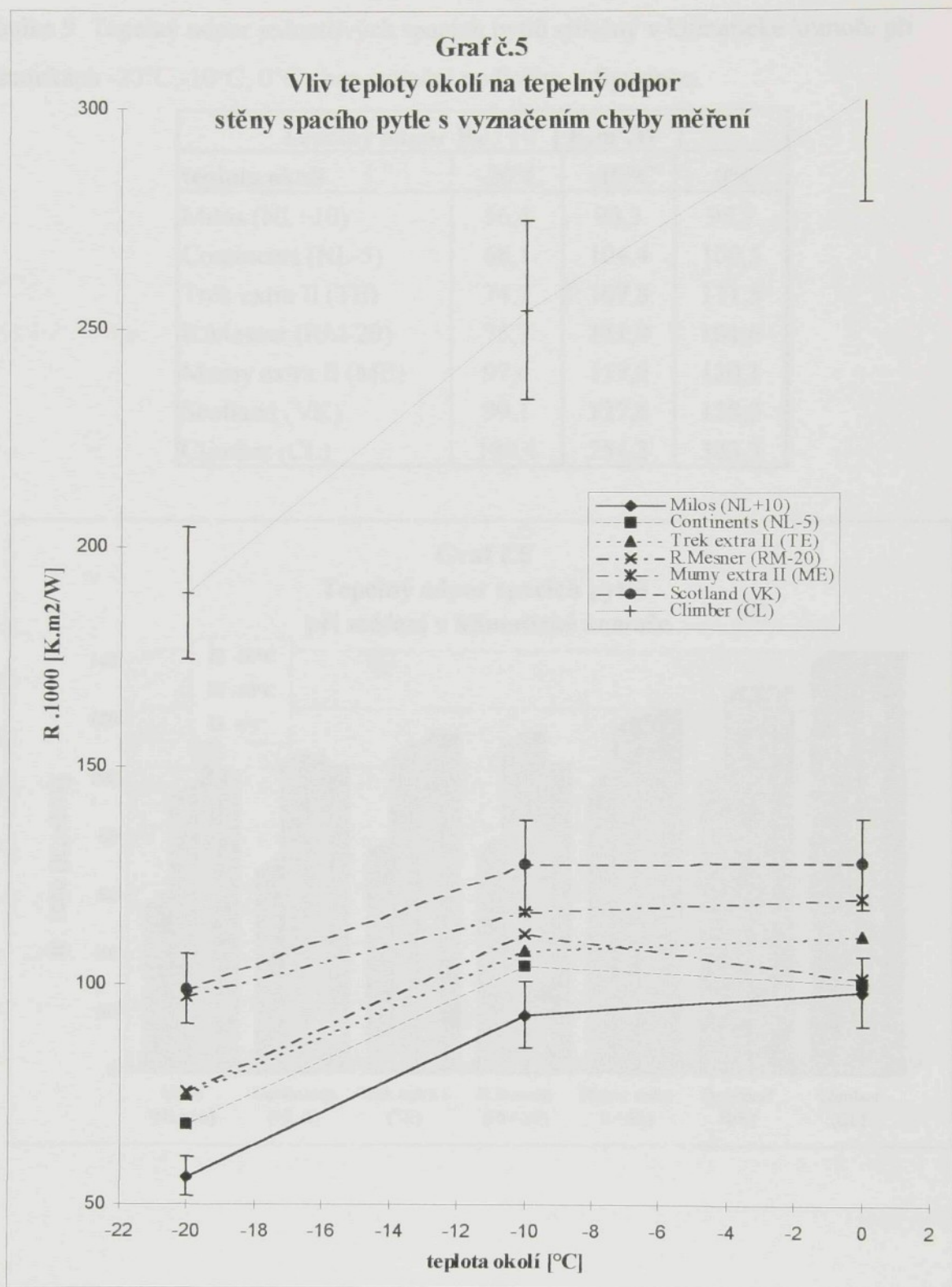
Teplota okolí byla nastavena postupně na  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $-20^{\circ}\text{C}$  na řídicí jednotce klimatické komory. Původně zamýšlený experiment s konstantní teplotou a různou vlhkostí se nepodařilo realizovat z důvodu vyřazení funkce vlhčícího zařízení klimatické komory.

Tabulka 8      Hodnoty z provedeného měření v klimatické komoře

| označení spacího pytle    | $K_B/1000\text{ [s}^{-1}\text{]}$ |       |      | $k\text{ [ W. m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{]}$ |       |       | $R_T\text{ .1000[K.m}^2\text{.W}^{-1}\text{]}$ |       |       |
|---------------------------|-----------------------------------|-------|------|----------------------------------------------|-------|-------|------------------------------------------------|-------|-------|
|                           | -20°C                             | -10°C | 0°C  | -20°C                                        | -10°C | 0°C   | -20°C                                          | -10°C | 0°C   |
| <b>R.Mesner (RM-20)</b>   | 5,05                              | 3,42  | 3,76 | 13,20                                        | 8,94  | 9,84  | 75,7                                           | 111,9 | 101,6 |
| <b>Continents (NL-5)</b>  | 5,61                              | 3,66  | 3,80 | 14,68                                        | 9,58  | 9,94  | 68,1                                           | 104,4 | 100,6 |
| <b>Scotland (VK)</b>      | 3,86                              | 3,00  | 2,99 | 10,09                                        | 7,84  | 7,81  | 99,1                                           | 127,6 | 128,0 |
| <b>Mumy extra II (ME)</b> | 3,92                              | 3,27  | 3,18 | 10,26                                        | 8,54  | 8,32  | 97,5                                           | 117,0 | 120,2 |
| <b>Trek extra II (TE)</b> | 5,11                              | 3,55  | 3,43 | 13,37                                        | 9,28  | 8,96  | 74,8                                           | 107,8 | 111,6 |
| <b>Climber (CL)</b>       | 2,02                              | 1,50  | 1,26 | 5,28                                         | 3,93  | 3,30  | 189,4                                          | 254,2 | 303,3 |
| <b>Milos (NL+10)</b>      | 6,78                              | 4,10  | 3,87 | 17,73                                        | 10,72 | 10,13 | 56,4                                           | 93,3  | 98,7  |

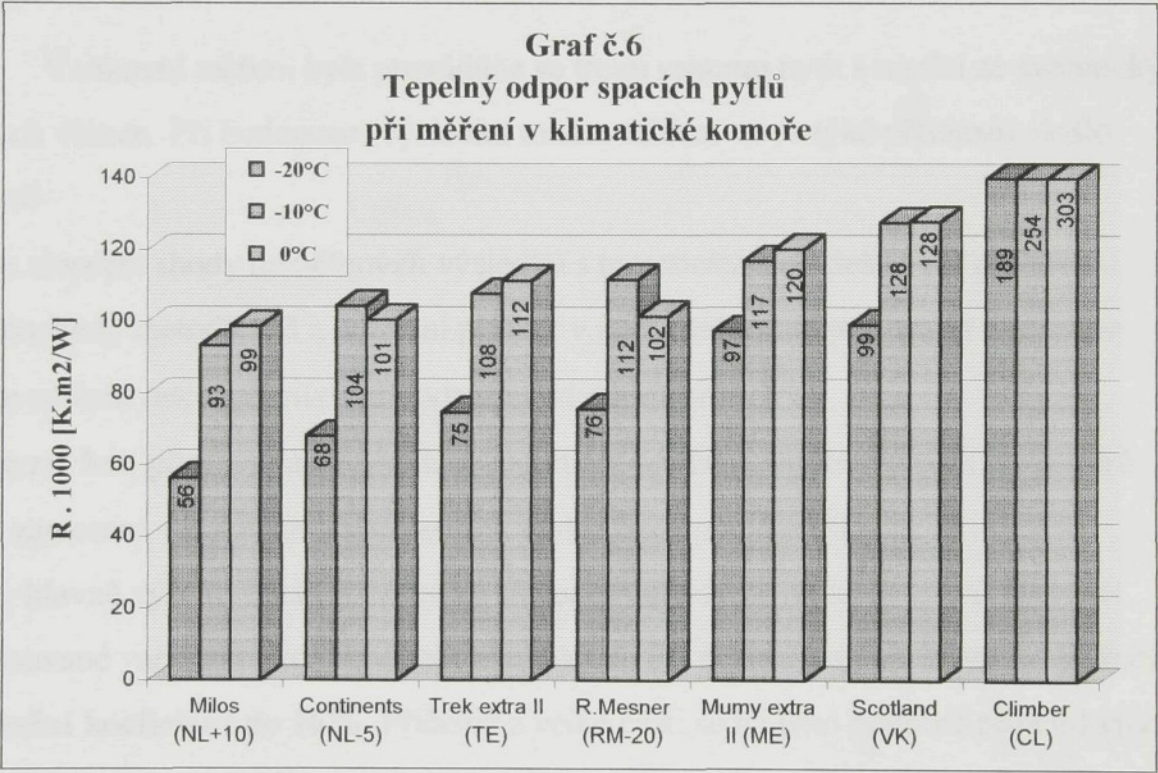
Graf č.5

Vliv teploty okolí na tepelný odpor  
stěny spacího pytle s vyznačením chyby měření



Tabulka 9 Tepelný odpor jednotlivých spacích pytlů zjištěný v klimatické komoře při podmínkách -20°C,-10°C, 0°C , bez izolační podložky, s figurínou.

| Tepelný odpor $R_T \cdot 10^3$ [K.m <sup>2</sup> .W <sup>-1</sup> ] |       |       |       |
|---------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| teplota okolí                                                       | -20°C | -10°C | 0°C   |
| Milos (NL+10)                                                       | 56,4  | 93,3  | 98,7  |
| Continents (NL-5)                                                   | 68,1  | 104,4 | 100,5 |
| Trek extra II (TE)                                                  | 74,7  | 107,8 | 111,5 |
| R.Mesner (RM-20)                                                    | 75,7  | 111,9 | 101,6 |
| Mumy extra II (ME)                                                  | 97,4  | 117,0 | 120,1 |
| Scotland (VK)                                                       | 99,1  | 127,6 | 128,0 |
| Climber (CL)                                                        | 189,4 | 254,2 | 303,3 |



### 3.6. VÝSLEDKY A JEJICH DISKUSE

Při měření ve venkovních podmínkách bylo nejprve nutné zjistit, zda je daná metoda vhodná a s jakou přesností schopna určovat tepelný odpor spacího pytle a ukázat na její reprodukovatelnost při jejím dalším praktickém využití.

#### 3.6.1. Přesnost a reprodukovatelnost

Venkovní měření byla prováděna se třemi spacími pytli s náplní ze syntetických dutých vláken. Při hodnocení výsledků tohoto měření co se týká přesnosti, došlo hlavně :

- ke zlepšení shody naměřených výsledků s teoretickým modelem při zjišťování konstanty metody KB z regresní přímky v porovnání s neupraveným zařízením
- ke snížení rušivých vlivů přírodních vodičů termistorů
- ke zvýšení přesnosti a věrohodnosti snímání použitím kalibrovaných termistorů
- k zamezení výrazných vzduchových výdutí použitím figuríny.

Díky hlavně výše uvedeným změnám původní metody došlo ke zvýšení přesnosti popisované variačním koeficientem v tabulce 5. Při provedených měřeních byl docílen **variační koeficient do 16%**. Přičemž z velké části se na jeho hodnotě projevil vliv nepříliš konstantních klimatických podmínek (vliv větru, kolísání okolní teploty ). Na základě tohoto tvrzení je možné docílit v klimatické komoře ještě poklesu variačního koeficientu.

#### 3.6.2. Vliv teploty

Z důvodu časového omezení měření v klimatické komoře bylo prováděno pouze jedno měření při konkrétních klimatických podmínkách na jednotlivých spacích pytlích. Aby byla zjištěna závislost tepelného odporu na okolní teplotě, probíhalo

měření za podmínek okolní teploty  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$  s jednotlivými spacími pytlí uvedenými v tabulce 4.

Potvrdilo se, že u spacích pytlů v oblasti nízkých teplot **se se zvyšují se teplotou okolí, zvyšuje tepelný odpor** (viz tabulka 8 a 9 a graf č.5) tzn., že klesá tepelná propustnost stěny spacího pytle. Stejná závislost plyne i z měření venkovního, ale to bylo prováděno pouze v úzkém intervalu teplot okolí ( $0-3^{\circ}\text{C}$ , viz tabulka 6 a graf č.3).

Z měření v klimatické komoře bez izolační podložky a vyhodnocení grafem č.6 vyplývá, že se rozdíly mezi jednotlivými spacími pytlí zvětšují se snižující se teplotou okolí, a proto je pro jejich hodnocení tato teplota vhodnější. Dokazuje to i studie /13/, kde je jako teplota okolí použita teplota  $-20^{\circ}\text{C}$ .

### 3.6.3. Vliv vlhkosti

Závislost tepelného odporu na relativní vlhkosti vzduchu se v klimatické komoře nepodařilo naměřit pro poruchu klimatické komory, ale z venkovního měření sice v úzkém intervalu (45-60%) vyplývá předpokládaný **pokles tepelného odporu s rostoucí relativní vlhkostí vzduchu** tzn., že tepelná propustnost stěny spacího pytle roste se zvyšující se relativní vlhkostí vzduchu ( viz tabulka 7 a graf č.4).

Vliv vlhkosti, který může měnit tepelný odpor, je v zásadě dvojí :

- vliv relativní vlhkosti vzduchu, jež nemá tak významný vliv jak ukazuje i graf č.4
- a vliv vlhkosti kondenzující ve spacím pytlí hlavně díky neustálé produkci potu.

Na základě práce /13/ lze považovat tento vliv za velmi významný, protože stěnou spacího pytle prochází pouze okolo 30% produkovaného potu ve formě vodní páry a zbylá část kondenzuje ve spacím pytlí a výrazně snižuje tepelný odpor. Zpráva uvádí, že  $T_{\min}$  snižuje o 10 až  $20^{\circ}\text{C}$ . Spací pytle s nižší tepelnou izolací jsou pro svou vyšší propustnost vodních par, méně ovlivněny efektem pocení (páru snadněji propouští).

3.6.4. Ostatní vlivy

Při venkovním měření byly spací pytle položeny na betonu se suchou asfaltovou izolací, zatímco v klimatické komoře byly položeny na nerezové perforované podlaze, pod níž proudil vzduch. Důsledkem tohoto rozdílu je velký rozdíl v hodnotách tepelného odporu venkovního měření a měření v klimatické komoře.

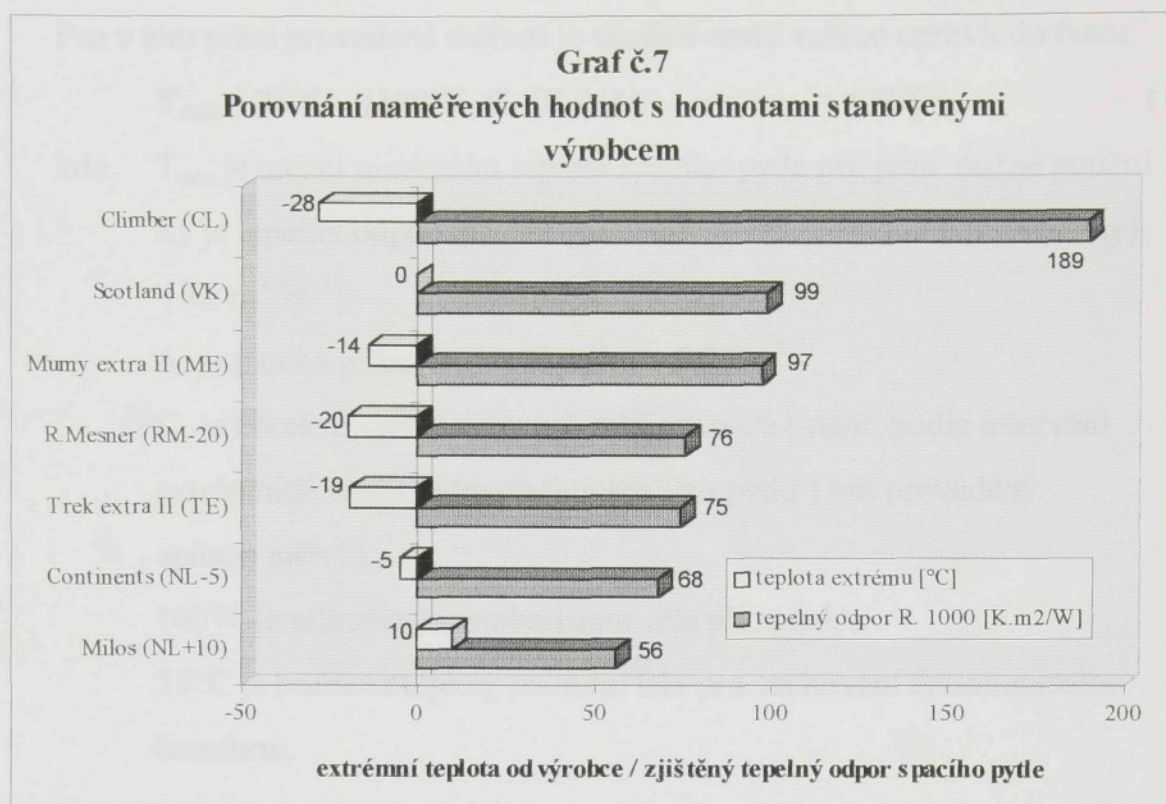
Zpráva /13/ uvádí, že až 80% tepla se ztrácí směrem do podložky, což potvrzuje myšlenku, jakým způsobem může izolační podložka zlepšit či zhoršit tepelně izolační vlastnosti systému spacího pytle.

3.6.5. Porovnání hodnot naměřených a hodnot uváděných výrobcí

Nejdůležitějším z hlediska uživatelů není hodnota tepelného odporu, protože málokterému uživateli prozradí cokoli o použití, nýbrž teplotní určení konkrétního spacího pytle, tzn.do jaké teploty lze spací pytel použít. Porovnání jednotlivých hodnot od výrobce a hodnot tepelných odporů je uvedeno v tabulce 10.

Tabulka 10 Srovnání udávaných doporučených hodnot teplotního určení spacích pytlů z hodnotami získanými měřením při okolní teplotě -20°C bez izolační podložky.

| Spací pytel        | Tepelný odpor<br>$R_T \cdot 10^3$ [ K.m <sup>2</sup> .W <sup>-1</sup> ]<br>při -20°C | Teplotní určení<br>výrobce<br>extrém [°C] |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Milos (NL+10)      | 56,4                                                                                 | +10                                       |
| Continents (NL-5)  | 68,1                                                                                 | -5                                        |
| Trek extra II (TE) | 74,7                                                                                 | -19                                       |
| R.Mesner (RM-20)   | 75,7                                                                                 | -20                                       |
| Mumy extra II (ME) | 97,4                                                                                 | -14                                       |
| Scotland (VK)      | 99,1                                                                                 | 0                                         |
| Climber (CL)       | 189,4                                                                                | -28                                       |



Z výše uvedených důvodů je vhodné pomocí převodního vztahu zjištěnou hodnotu  $R_T$  převést na mezní teplotu použití spacího pytle.

### 3.6.6. Přepočet hodnot

Tento problém vyřešili ve zkušebně EMPA převodním vztahem pro získání  $T_{\min}$ :

$$T_{\min} = 35^{\circ}\text{C} - (100\text{W} \cdot (R_{TSP} + R_{TUW})/A) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (11)$$

kde  $R_{TSP}$  je tepelný odpor spacího pytle v systému (s izolační podložkou)

$R_{TUW}$  je tepelný odpor spodního prádla [ $\text{K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ ]

$A$  je plocha průměrného člověka =  $1,85 \text{ m}^2$

100W je průměrný metabolismus těla při spánku

$35^{\circ}\text{C}$  je hodnota teploty povrchu těla pro zachování fyziologického komfortu.

Pro v této práci provedená měření je vhodné tento vzorec upravit do tvaru

$$T_{\min} = 35^{\circ}\text{C} - (100\text{W} \cdot C \cdot (R_T)/A) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (12)$$

kde  $T_{\min}$  je mezní minimální teplota spacího pytle pro jeho možné použití

$R_T$  je tepelný odpor spacího pytle v systému (bez izolační podložky)

$[\text{K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}]$

$A$  je plocha průměrného člověka =  $1,85 \text{ m}^2$

$C$  je korekce - empiricky určená konstanta ( např. podle intervalu extrémních teplot jednotlivých spacích pytlů ) pro prováděný způsob měření.

$100\text{W}$  je průměrný metabolismus těla při spánku

$35^{\circ}\text{C}$  je hodnota teploty povrchu těla pro zachování fyziologického komfortu.

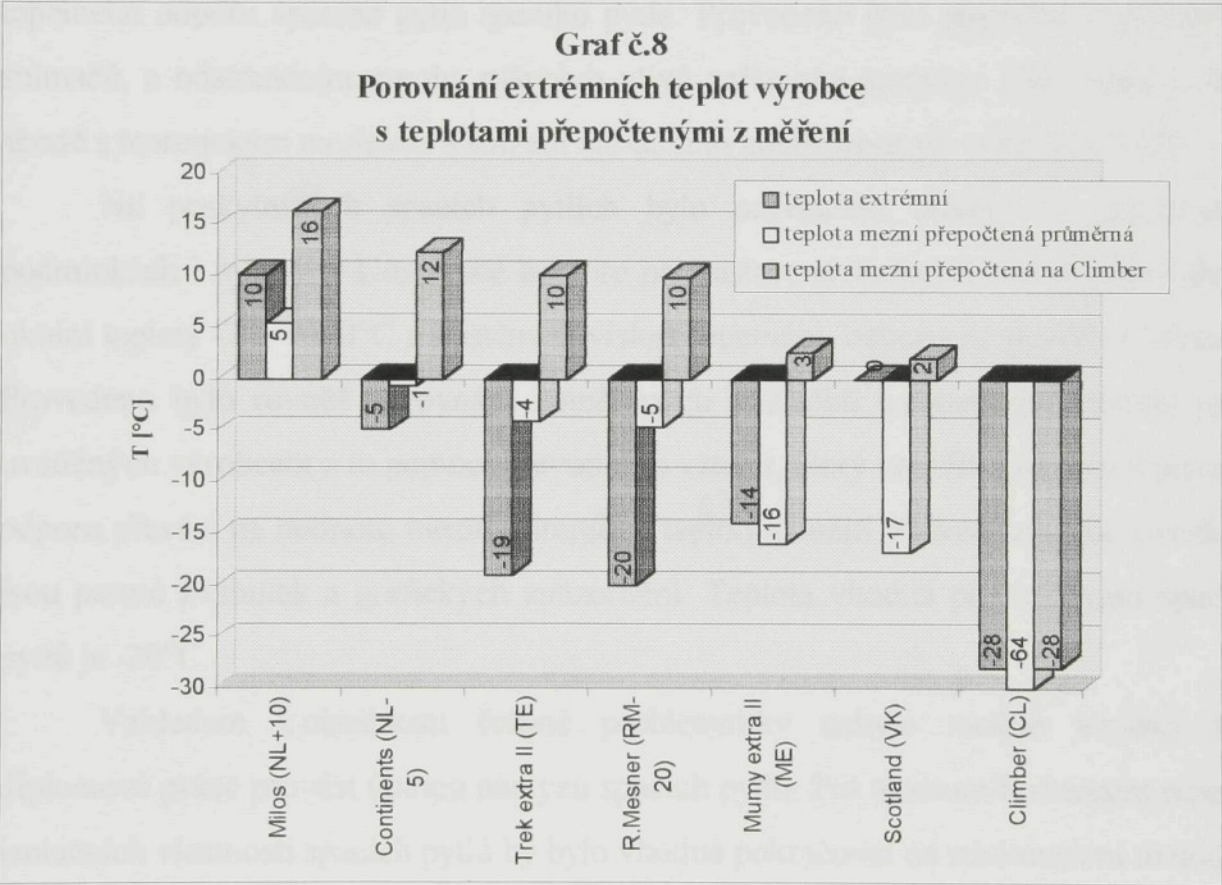
Výpočet mezní minimální teploty podle vztahu (12) je vhodný pro transformaci hodnot tepelného odporu na údaj rozměrově srovnatelný s údajem od výrobců, tedy z  $\text{K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$  na  $^{\circ}\text{C}$ .

Různé hodnoty korekce a jejich vliv na změnu  $T_{\min}$  spacího pytle při přepočtu pomocí vztahu (12) z tepelného odporu jsou uvedeny v tabulce 11 a pro vztaženou hodnotu  $C$  k nejlépe izolujícímu měřenému spacímu pytli zpětně určenou z extrémních hodnot od výrobců jednotlivých spacích pytlů jsou v grafu č.8 porovnání  $T_{\min}$  vypočtených a  $T_{\text{ext}}$  od výrobce.

Tabulka 11    Porovnání hodnot určených výrobcem a přepočtených z hodnot tepelných odporů jednotlivých spacích pytlů při korekci podle jednotlivých spacích pytlů.

Tučně vyznačené hodnoty  $T_{min}$  označují spací pytel, z jehož  $T_{ext}$  byla vypočtena korekce C

| Korekce C          |                                                      |                | 8,2            | 10,9        | 13,3         | 13,4         | 9,3          | 6,5        | 6,2          | 9,7                 |
|--------------------|------------------------------------------------------|----------------|----------------|-------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|---------------------|
| spací pytel        | $R_{T.1000}$<br>[K.m <sup>2</sup> .W <sup>-1</sup> ] | $T_{ext}$ [°C] | $T_{min}$ [°C] |             |              |              |              |            |              | $T_{min}$<br>průměr |
| Milos (NL+10)      | 56,4                                                 | 10             | <b>10,0</b>    | 1,9         | -5,7         | -6,0         | 6,6          | 15,1       | 16,2         | <b>5,5</b>          |
| Continents (NL-5)  | 68,1                                                 | -5             | 4,8            | <b>-5,0</b> | -14,2        | -14,5        | 0,8          | 10,9       | 12,3         | <b>-0,7</b>         |
| Trek extra II (TE) | 74,8                                                 | -19            | 1,9            | -8,9        | <b>-19,0</b> | -19,3        | -2,6         | 8,6        | 10,1         | <b>-4,2</b>         |
| R.Mesner (RM-20)   | 75,7                                                 | -20            | 1,4            | -9,5        | -19,7        | <b>-20,0</b> | -3,1         | 8,3        | 9,8          | <b>-4,7</b>         |
| Mumy extra II(ME)  | 97,5                                                 | -14            | -8,2           | -22,2       | -35,4        | -35,8        | <b>-14,0</b> | 0,6        | 2,6          | <b>-16,1</b>        |
| Scotland (VK)      | 99,1                                                 | 0              | -8,9           | -23,2       | -36,6        | -37,0        | -14,8        | <b>0,0</b> | 2,0          | <b>-16,9</b>        |
| Climber (CL)       | 189,4                                                | -28            | -49,0          | -76,2       | -101,8       | -102,5       | -60,2        | -31,9      | <b>-28,0</b> | <b>-64,2</b>        |



## 4. ZÁVĚR

Úkolem této práce bylo zpřesnění metody pro zjišťování tepelného odporu spacích pytlů, proměření tepelného odporu v závislosti na teplotě a relativní vlhkosti okolí a porovnání naměřených hodnot s hodnotami udávanými výrobcem.

V rámci teoretické části byly řešeny obecné zákonitosti popisující problematiku přenosu tepla a tepelných izolací ve vztahu ke spacím pytlům, vlivů na tepelný odpor spacího pytle i obecně, různé metody zjišťování tepelného odporu spacích pytlů a vhodnost jejich použití a obecně systému spacího pytle.

V rámci experimentu bylo navrženo a provedeno zpřesnění metody měření tepelného odporu spacího pytle spacího pytle. Provedeno bylo použitím kvalitnějších snímačů, a odstraněním mnoha rušivých vlivů zařízení i systému. Tím došlo k lepší shodě s teoretickým modelem a snížení variačního koeficientu při měření do 16%.

Na poskytnutých spacích pytlích bylo provedeno měření ve venkovních podmínkách i měření v klimatické komoře při nastavených konstantních podmínkách okolní teploty  $-20, -10, 0^{\circ}\text{C}$  a zjištěna závislost tepelného odporu na teplotě a vlhkosti. Provedeno bylo rovněž porovnání naměřených výsledků s parametry spacích pytlů uváděných výrobcem a to pomocí převodního vztahu, který umožní hodnotu tepelného odporu převést na hodnotu mezní minimální teploty použití. Veškeré získané závislosti jsou patrné z tabulek a grafických znázornění. Teplota vhodná pro testování spacích pytlů je  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Vzhledem k obsáhlosti řešené problematiky nebylo možné v rámci této diplomové práce provést úplnou analýzu spacích pytlů. Pro studium hodnocení tepelně izolačních vlastností spacích pytlů by bylo vhodné pokračovat na zdokonalení metody a provádět další experimenty pro odhalení dílčích faktorů ovlivňujících tepelný odpor spacího pytle. Konkrétně se jedná např. o závislost tepelného odporu spacího pytle na použité izolační vrstvě, vrstvě pod izolační vrstvou, při použití další vrstvy např. oblečení apod.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY :**

- /1/ KOŠEK, M.: Automatizované vyhodnocení tepelně izolačních vlastností spacího pytle
- /2/ KUNA, L.: Tepelné izolácie a meranie tepelných strát, SVTL 1963
- /3/ OČENÁŠEK, J. A KOL.: Použití konstrukčních a izolačních desek, SNTL Praha 1960
- /4/ KRMÁŠKOVÁ, P.: Diplomová práce, Objektivní hodnocení fyziologického komfortu spacích pytlů, Technická univerzita Liberec 1996
- /5/ PROKEŠOVÁ, I.: Diplomová práce, Studie použití oděvních materiálů pro ochranné oděvy z hlediska jejich stálosti v extrémně nízkých teplotách, Technická univerzita Liberec 1995
- /6/ MARČINČIN, A. A KOL.: čl. „Bioaktivne chemické vlákna“, str.24-27, Vláknó a textil 1/96,
- /7/ MALÁŠEK, P.: Tramtária Outdoor Magazín 1997, Malý průvodce světem spacích pytlů, str.161-169
- /8/ IMBODEN, O.: National Geographic 1982 - Special Report Energy, The Cooper Man, page 57
- /9/ Uživatelská příručka externího měřicího modulu MU1231
- /10/ ČSN 800831
- [11/ HEJZLAR, R.: Sdílení tepla, skriptum ČVUT FJFI 1993
- /12/ STŘEDA, I.: Termomechanika, skriptum ČVUT FS 1992
- /13/ Weder, M.:Analyse of sleeping bags at low temperatures with a sweating torso, EMPA 1996
- /14/ BLAŽEJ, A., ŠUTÁ, Š.: Vlastnosti textilných vláken, Alfa Bratislava 1983
- /15/ BROŽ, J A KOL.: Základy fyzikálního měření I., SPN Praha 1983
- /16/ FIREMNÍ MATERIÁLY 3M, 1997
- /17/ FIREMNÍ MATERIÁLY SCHWARZKOPF SPORT V.O.S.,1997
- /18/ KUNEŠ, J. : Modelování tepelných procesů, STNL Praha 1989

# Propustnost vodních par různých materiálů srovnávaná pomocí přístroje PERMETEST

Propustnost vodních par (PVP) různých materiálů se vyjadřuje jako poměr proudění vodní páry austriáckým i celkem přes určitou plochu za jednotku času a jednotku tlakového rozdílu. Tato hodnota je definována v normě EN ISO 9107 a 9108. Zjednodušeně lze říci, že čím vyšší je PVP, tím více vodní páry materiál propustí.

Podmínky měření:

Teplota podkladu: 23°C, tlak vodní páry: 1000 Pa

Přístroj: Permetest 2000, měřicí plocha: 0,01 m², tlakový rozdíl: 10 Pa

Materiál a jeho PVP (g/m².s):

Materiál: Dřevotřísková deska (DTP) - PVP: 0,001 g/m².s  
Materiál: Kámen - PVP: 0,001 g/m².s  
Materiál: Křída - PVP: 0,001 g/m².s  
Materiál: Gips - PVP: 0,001 g/m².s  
Materiál: Cement - PVP: 0,001 g/m².s  
Materiál: Teflon - PVP: 0,001 g/m².s  
Materiál: Teflon - PVP: 0,001 g/m².s  
Materiál: Teflon - PVP: 0,001 g/m².s  
Materiál: Teflon - PVP: 0,001 g/m².s  
Materiál: Teflon - PVP: 0,001 g/m².s

## PŘÍLOHY

Propustnost vodních par různých materiálů



## Propustnost vodních par textilními materiály zjišťovaná pomocí přístroje PERMETEST

Propustnost vodních par (PVP) textilními materiály se vyjadřuje jako procento prošlé vodní páry materiálem z celkového uvolněného množství na vyhřívané podložce. Tato schopnost propouštět vodní páru je velmi důležitá z hlediska zachování fyziologického komfortu.

*Podmínky a pomůcky :*

klimatické podmínky : teplota 22°C, relativní vlhkost vzduchu 45%

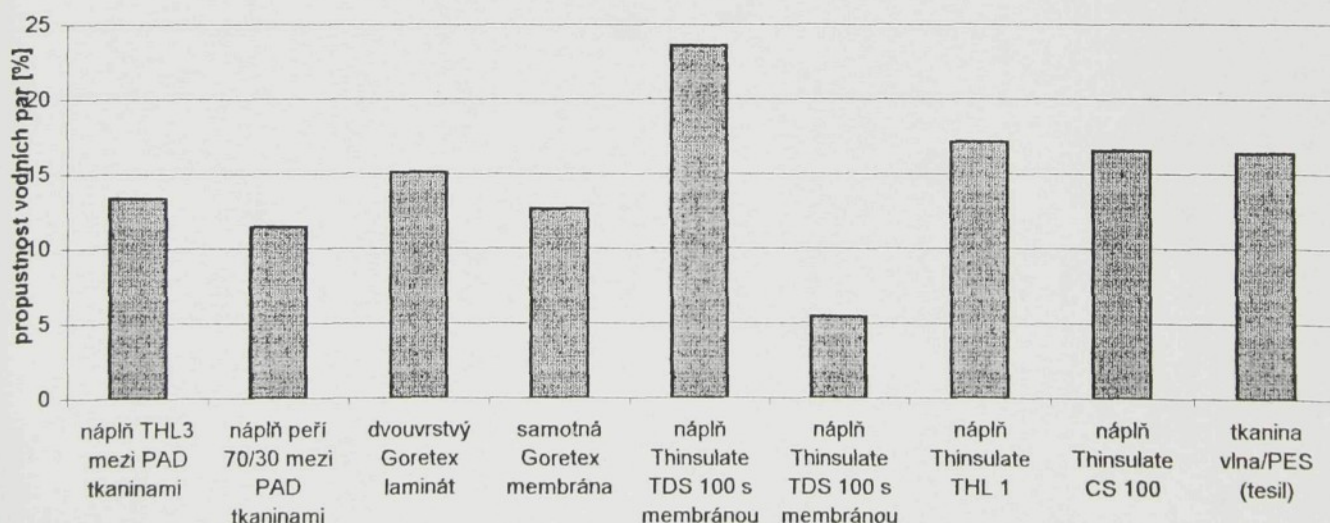
přístroj Permetest se zapisovačem ZP 5/2069 , 220V/0,4A , rychlost proudění vzduchu 1,5 m/s.

*Naměřené a vypočtené hodnoty :*

Naměřené hodnoty jsou odečteny z výpisu zapisovače v mV (rozsah 100 mV) a procento prošlé vodní páry se vypočte jako poměr hodnoty s vloženou textilií a bez ní a označuje se propustnost vodních par v %

| Materiál                                            | PVP [%] |
|-----------------------------------------------------|---------|
| náplň THL3 mezi PAD tkaninami                       | 13,38   |
| náplň peří 70/30 mezi PAD tkaninami                 | 11,48   |
| dvouvrstvý Goretex laminát                          | 15,10   |
| samotná Goretex membrána                            | 12,68   |
| náplň Thinsulate TDS 100 s membránou z rubní strany | 23,62   |
| náplň Thinsulate TDS 100 s membránou z lící strany  | 5,44    |
| náplň Thinsulate THL 1                              | 17,17   |
| náplň Thinsulate CS 100                             | 16,56   |
| obleková tkanina vlna/PES (tesil)                   | 16,40   |

Propustnost vodních par různými materiály



Z grafu je patrný rozdíl v propustnosti vodních par u jednotlivých vzorků, zejména pak připravených se syntetickou a péřovou náplní. Při srovnání vzorků simulujících vrstvy spacího pytle s různými materiály použitými pro náplň. Pro vzorky s náplní péřovou byla naměřena nižší propustnost vodních par než u mikrovláknenného rouna Thinsulate THL3.

Stanovení nasákavosti

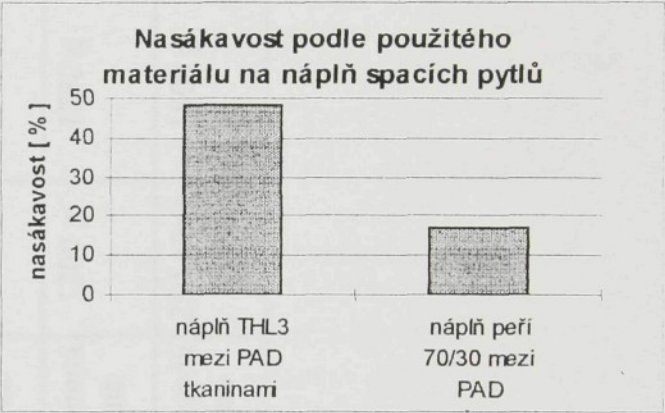
podle ČSN 800831

Nasákavost je schopnost plošné textilie přijímat a fyzikálně vázat vodu při ponoření za stanovené teploty a doby. Vyjadřuje se v %. Zkouší se v ovzduší dle ČSN 800060.

Podstata : Klimatizované vzorky se po zvážení ponoří za definovaných podmínek do destilované vody definované teploty. Po uplynutí stanovené doby se vzorky vyjmou, nechá se z nich okapat přebytečná voda a znovu se zváží. Z toho se vypočte nasákavost

$$N = [(m_1 - m_0) / m_0] \cdot 100 \quad [ \% ]$$

| vzorek                              | nasákavost [ % ] |
|-------------------------------------|------------------|
| náplň THL3 mezi PAD tkaninami       | 48,34            |
| náplň peří 70/30 mezi PAD tkaninami | 17,06            |



Tabulka č. 4+

| Označení                  | konstrukce | výrobce                  | vrchní materiál | vnitřní materiál | materiál náplně  | hmotnost náplně | hmotnost spac. pytle | horní teplota komfortu | dolní teplota komfortu | extrémní teplota | rozměr |
|---------------------------|------------|--------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------|--------|
| <b>R.Mesner (RM)</b>      | MLZ-S      | Ferrino (I) (K-servis)   | PAD             | bavlna           | PES dutá vlákna  | 1100 g          | 1900                 | 10                     |                        | -20              | 230x80 |
| <b>Continents (NL-5)</b>  | MLZ-S      | Northland (K-servis)     | PAD             | bavlna           | PES dutá vlákna  | 350 g/m2        | 1900 g               | 20                     | 8                      | -5               | 230x80 |
| <b>Scotland (VK)</b>      | M-delta    | VK                       | PAD             | PAD              | peří 50/50       | 1000            | 1550                 | 20                     | 5                      | 0                | 210x75 |
| <b>Mumy extra II (ME)</b> | MZ-S       | Schwarzkopf Sport v.o.s. | PAD             | PAD              | PES jemná vlákna | 1150 g          | 1700 g               | 8                      | -3                     | -14              | 225x85 |
| <b>Trek extra II (TE)</b> | MZ-S       | Schwarzkopf Sport v.o.s. | PAD             | PAD              | PES jemná vlákna | 1050 g          | 1500 g               | 5                      | 0                      | -19              | 225x85 |
| <b>Climber (CL)</b>       | MLZK-Š     | Schwarzkopf Sport v.o.s. | PAD             | PAD              | PES jemná vlákna | 1200 g          | 1750 g               | -7                     | -14                    | -28              | 225x85 |
| <b>Milos (NL+10)</b>      | MKZ        | Northland (K-servis)     | PAD             | bavlna           | PES jemná vlákna | 250 g/m2        | 1500 g               | 25                     | 18                     | 10               | 225x75 |

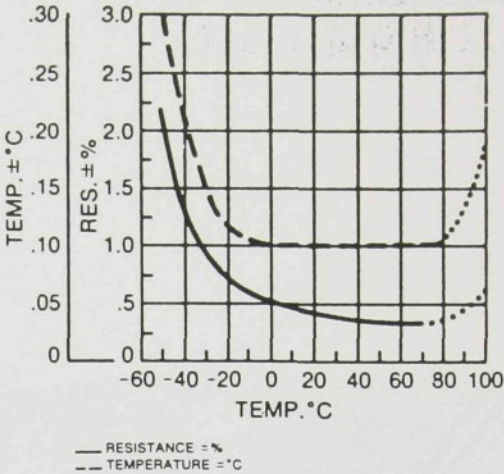
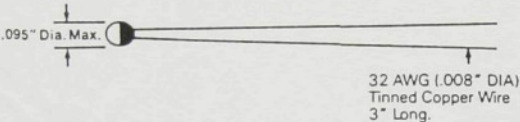
LEGENDA: M    mumiový střih  
D    dekový spací pytel  
Z    spací pytel má zadržovadlo  
L    vytvořený límec pro utažení nad rameny  
delta    náplň uložena v delta komorách  
S    sendvičová konstrukce náplně  
Š    šindelová konstrukce náplně

Informace o použitých termistorech



44033

Precision Thermistor  
Resistance: 2252 Ohms @ 25°C  
Operator's Manual: M0078/1290



TOLERANCE CURVES

OMEGA thermistors provide highly accurate and stable temperature sensing for applications of temperature measurement, control, indication and compensation.

The thermistor is a temperature sensitive resistor. They are manufactured from special formulations of powdered metal oxides compressed into a small disc that is sintered, coated with silver and then epoxy encapsulated.

Most thermistors have a negative temperature coefficient; that is, their resistance decreases with increasing temperature. A slight temperature change causes a rapid and pronounced change in electrical resistance. Accurate measurement of the resistance gives a direct reading of the precise temperature of the thermistor.

Interchangeability Range: ±0.1°C from 32 to 167°F (0 to 75°C). (See Tolerance Curves Below)

Max. Operating Temp.: 212°F (100°C). Extended operation on continued cycling above 75° will cause thermistor to eventually exceed tolerances.

Storage and Working Temperature: -112° to +167°F (-80° to +75°C)

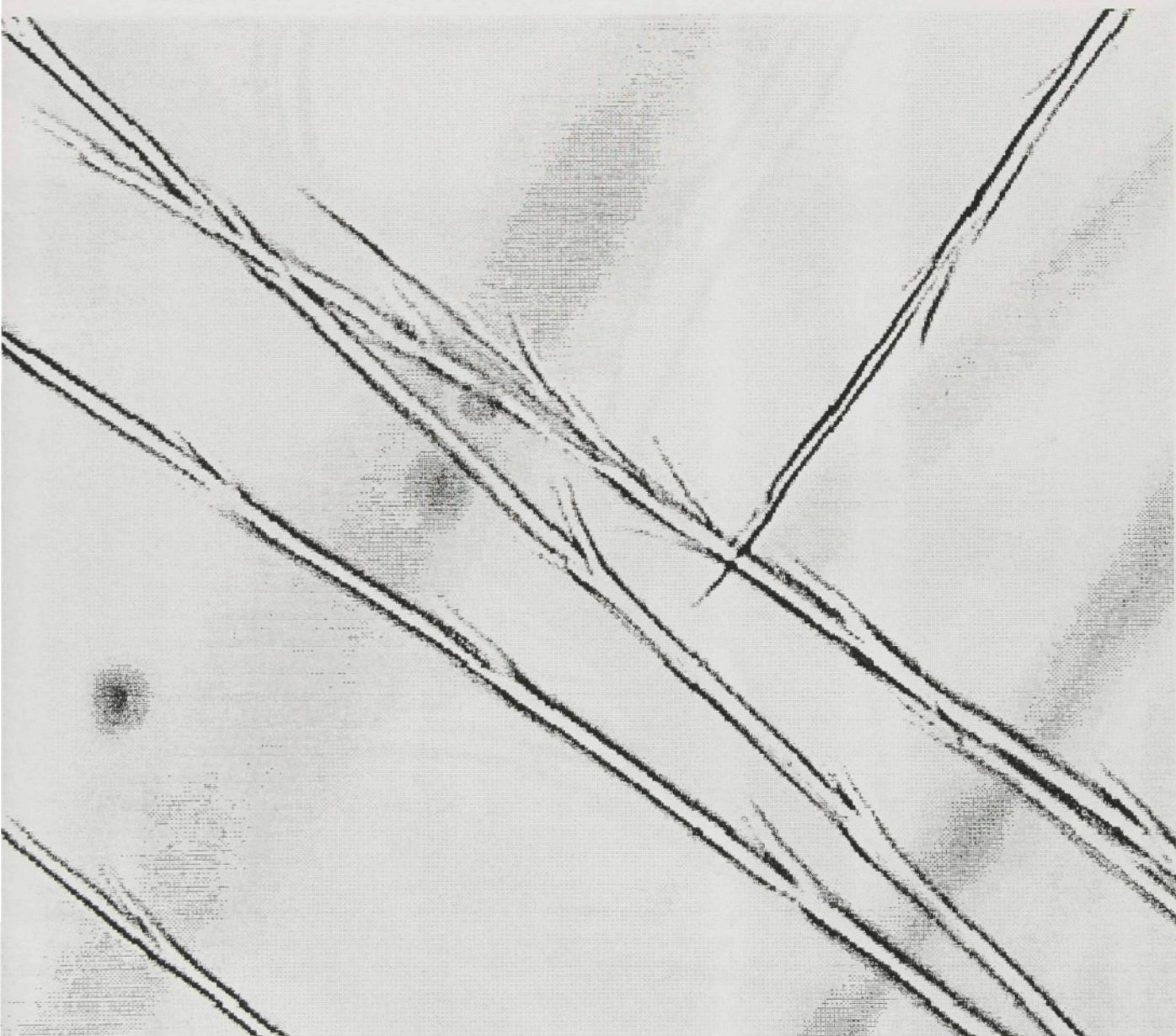
Color Code: Orange epoxy body, orange end.

Time Constant, Max: 1 sec. in well stirred oil, 10 sec. in still air. Time constant is the time required for a thermistor to indicate 63% of a newly impressed temperature.

Dissipation Constant, Min: 8mW/°C in well stirred oil, 1mW/°C in still air. Dissipation constant is the power in milliwatts to raise a thermistor 1°C above surrounding temperature.

| RESISTANCE VERSUS TEMPERATURE -40° to +100°C |            |            |            |            |            |
|----------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| TEMP°C RES                                   | TEMP°C RES | TEMP°C RES | TEMP°C RES | TEMP°C RES | TEMP°C RES |
|                                              | -20 21.87K | + 10 4482  | + 40 1200  | + 70 394.5 |            |
|                                              | 19 20.64K  | 11 4273    | 41 1152    | 71 381.2   |            |
|                                              | 18 19.48K  | 12 4074    | 42 1107    | 72 368.5   |            |
|                                              | 17 18.40K  | 13 3886    | 43 1064    | 73 356.2   |            |
|                                              | 16 17.39K  | 14 3708    | 44 1023    | 74 344.5   |            |
|                                              | 15 16.43K  | 15 3539    | 45 983.8   | 75 333.1   |            |
|                                              | 14 15.54K  | 16 3378    | 46 946.2   | 76 322.3   |            |
|                                              | 13 14.70K  | 17 3226    | 47 910.2   | 77 311.8   |            |
|                                              | 12 13.91K  | 18 3081    | 48 875.3   | 78 301.7   |            |
|                                              | 11 13.16K  | 19 2944    | 49 842.8   | 79 292.0   |            |
|                                              |            |            |            |            |            |
|                                              | -10 12.46K | + 20 2814  | + 50 811.3 | + 80 282.7 |            |
|                                              | 9 11.81K   | 21 2690    | 51 781.1   | 81 273.7   |            |
|                                              | 8 11.19K   | 22 2572    | 52 752.2   | 82 265.0   |            |
|                                              | 7 10.60K   | 23 2460    | 53 724.5   | 83 256.7   |            |
|                                              | 6 10.05K   | 24 2354    | 54 697.9   | 84 248.6   |            |
|                                              | 5 9534     | 25 2252    | 55 672.5   | 85 240.9   |            |
|                                              | 4 9046     | 26 2156    | 56 648.1   | 86 233.4   |            |
|                                              | 3 8586     | 27 2064    | 57 624.8   | 87 226.2   |            |
|                                              | 2 8151     | 28 1977    | 58 602.4   | 88 219.3   |            |
|                                              | 1 7741     | 29 1894    | 59 580.9   | 89 212.6   |            |
|                                              |            |            |            |            |            |
|                                              | 0 7355     | + 30 1815  | + 60 560.3 | + 90 206.1 |            |
|                                              | -1 6989    | 31 1739    | 61 540.5   | 91 199.9   |            |
|                                              | 2 6644     | 32 1667    | 62 521.5   | 92 193.9   |            |
|                                              | 3 6319     | 33 1599    | 63 503.3   | 93 188.1   |            |
|                                              | 4 6011     | 34 1533    | 64 485.8   | 94 182.5   |            |
|                                              | 5 5719     | 35 1471    | 65 469.0   | 95 177.1   |            |
|                                              | 6 5444     | 36 1412    | 66 452.9   | 96 171.9   |            |
|                                              | 7 5183     | 37 1355    | 67 437.4   | 97 166.9   |            |
|                                              | 8 4937     | 38 1301    | 68 422.5   | 98 162.0   |            |
|                                              | 9 4703     | + 39 1249  | 69 408.2   | 99 157.3   |            |

## Detail péřové náplně (péřový prach)



z = 400: 1  
H100x

## Detail péřové náplně (drobná pírká)



$Z = 400:1$

$Z = 400\times$

## Detail příčného řezu náplně ze syntetických dutých vláken PES



$z = 400 \times$