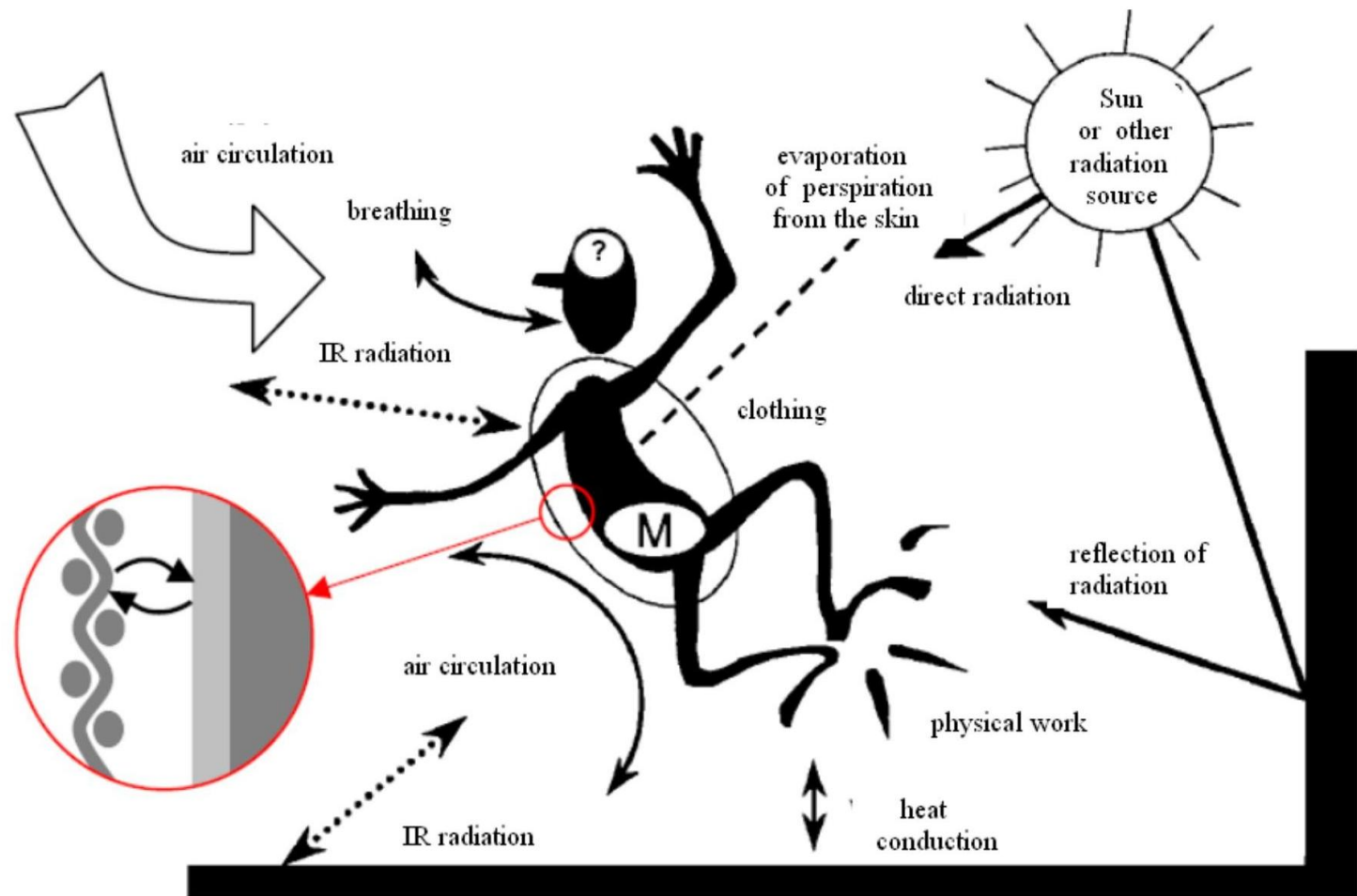


Smart clothing

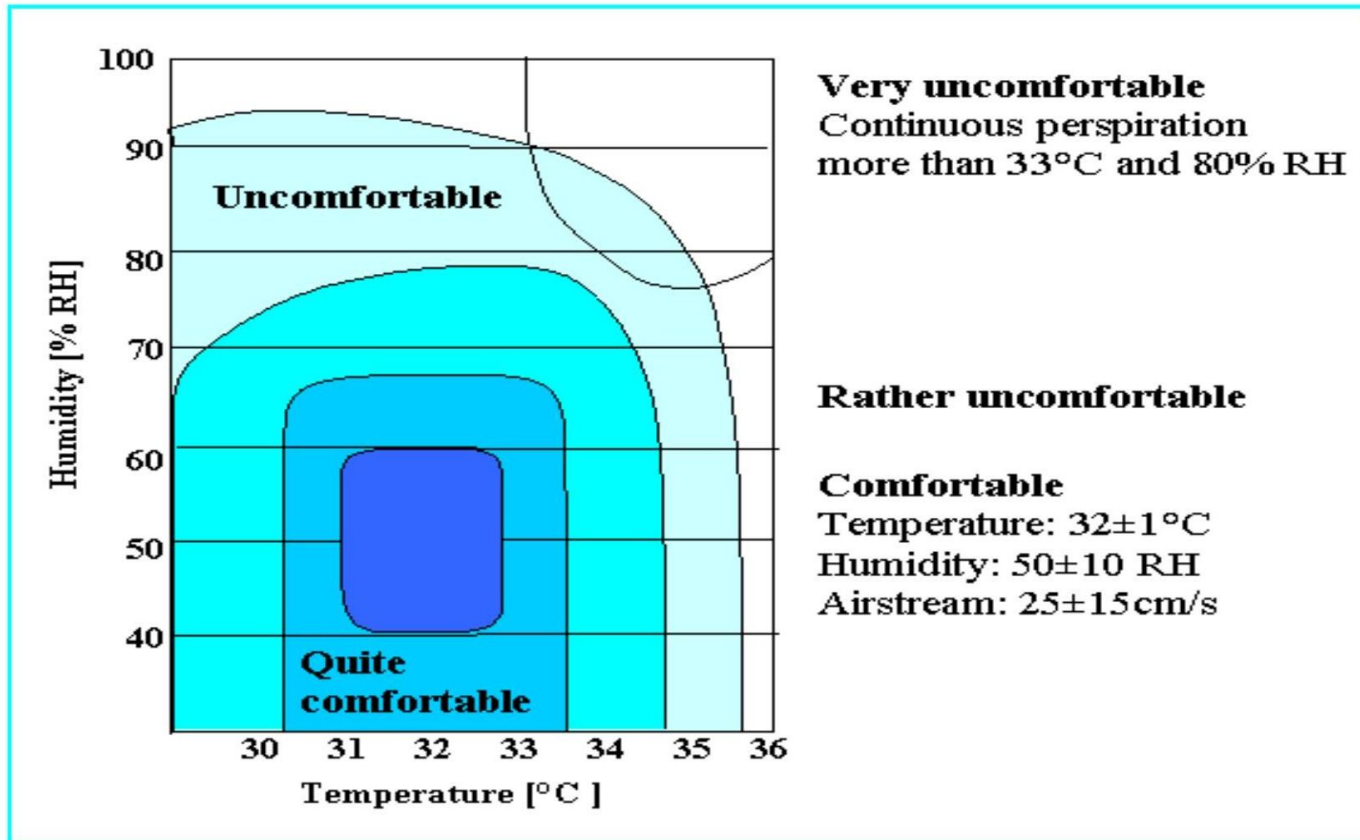
Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.



Oděvní komfort

- Komfort při nošení je důležité nejen pro pohodu při sportu , ale i při práci pro celkový výkon
- Komfort oděvů je i pro výrobce důležitý a je hlavní prodejní aspekt
- Oděvní komfort zahrnuje:
- **Termofyziologický komfort** nošení - ovlivňuje termoregulaci člověka; zahrnuje procesy přenosu tepla a vlhkosti při nošení
- **Senzorický komfort** při dotyku s pokožkou zahrnuje vjemy z textilu a pocity nositele
- **Ergonomický komfort** nošení - přiměřenou volnost pohybu nositele
- **Psychologický komfort** nošení - ovlivněný módou, tradicí, společnostmi...

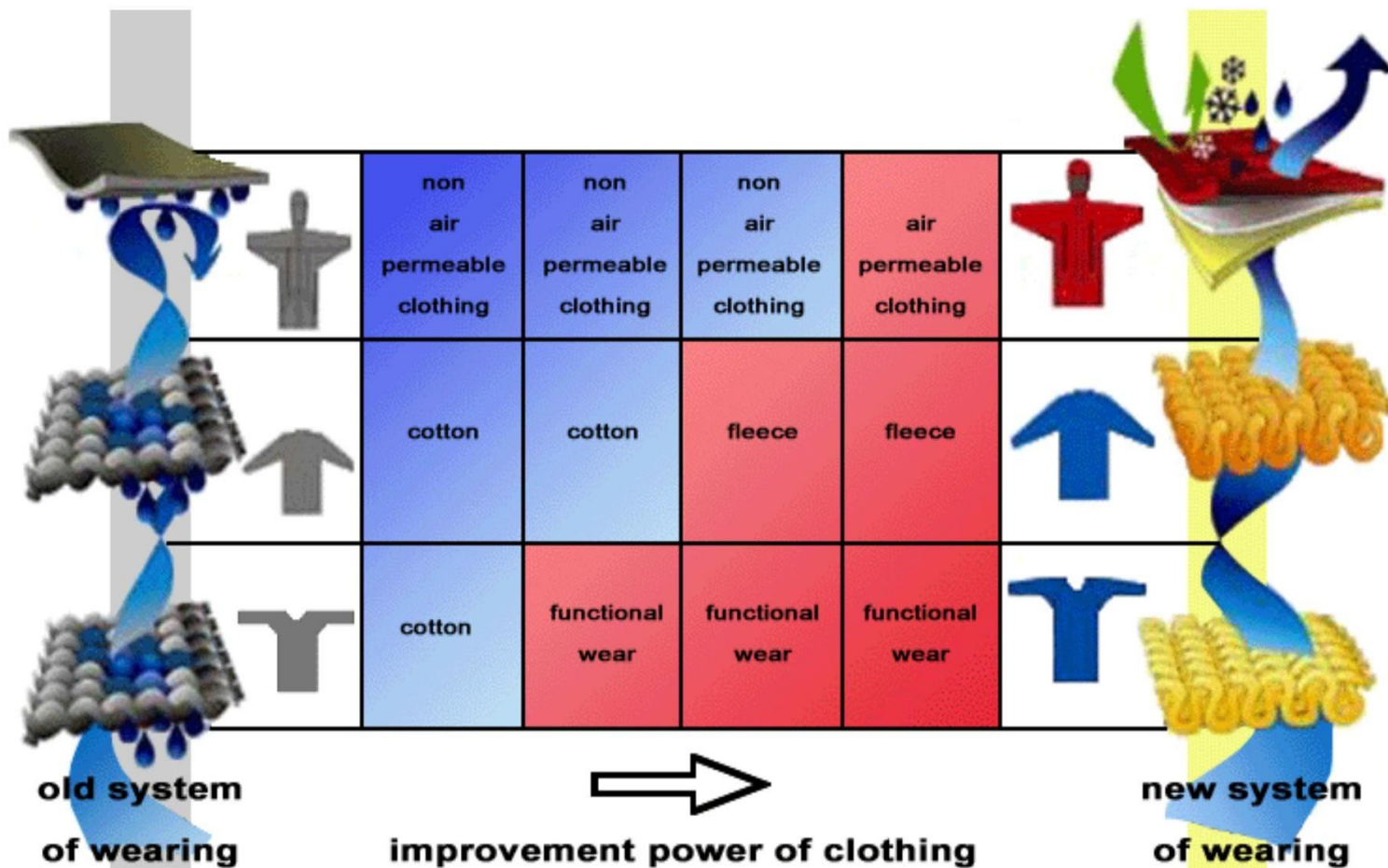
Oblasti tepelné pohody člověka



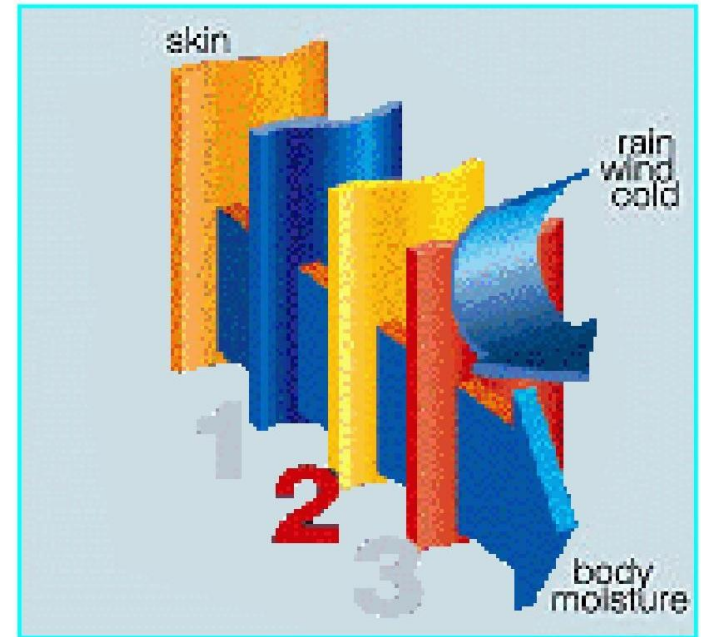
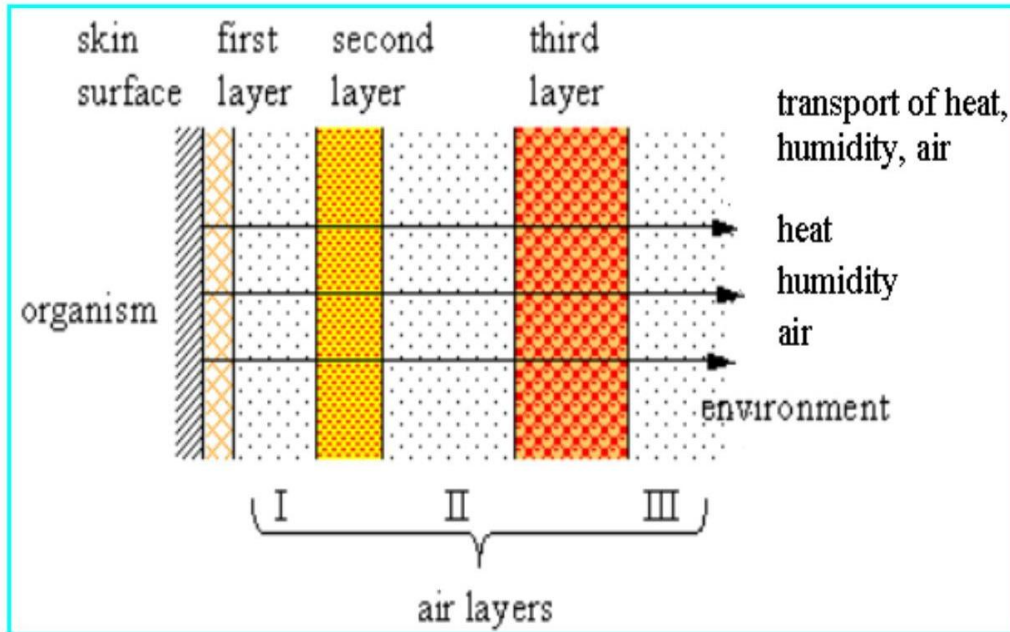
Podmínky tepelné pohody:

relativní vlhkost vzduchu je asi 50±10 %, teplota je asi 32±1°C a proud vzduchu je 25±15 cm/s.

Porovnání starého a nového systému oděvů



Oděvní systém

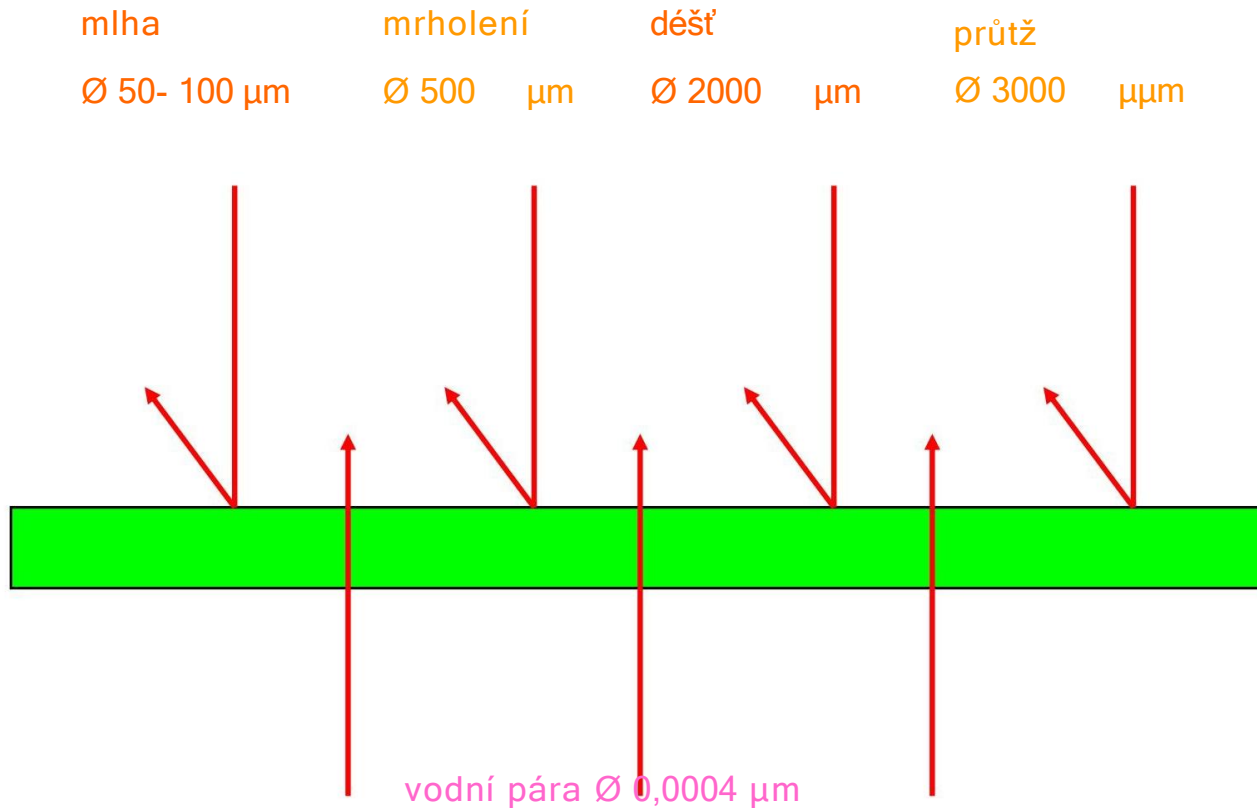


První vrstva - spodní prádlo (dopravuje vlhkost potu) z povrchu pokožky ven (do druhé vrstvy)

Druhá vrstva - tepelně izolační vrstva

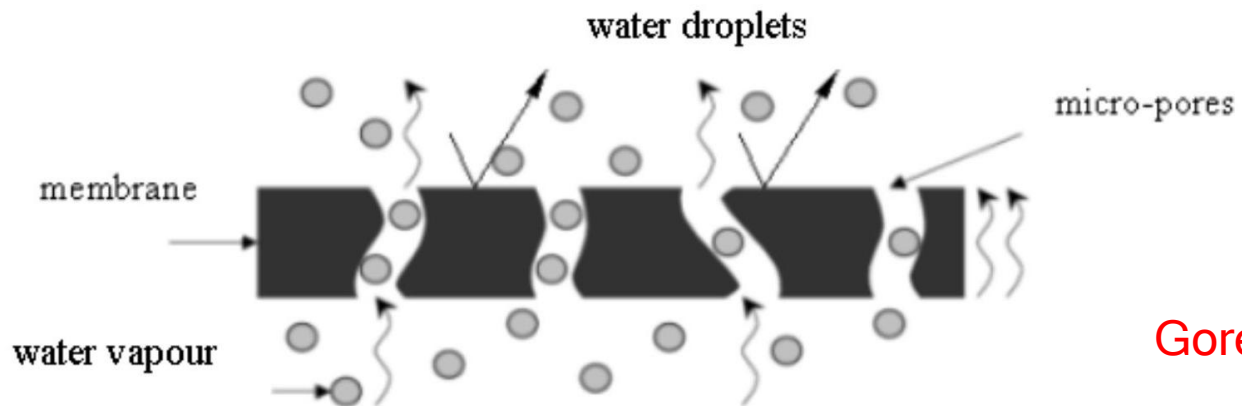
Třetí vrstva - vnější vrstva (bariérová funkce)

Bariérové textilie mají dobrou ochranu proti vodě, ale mají dobrou propustnost a transport par:



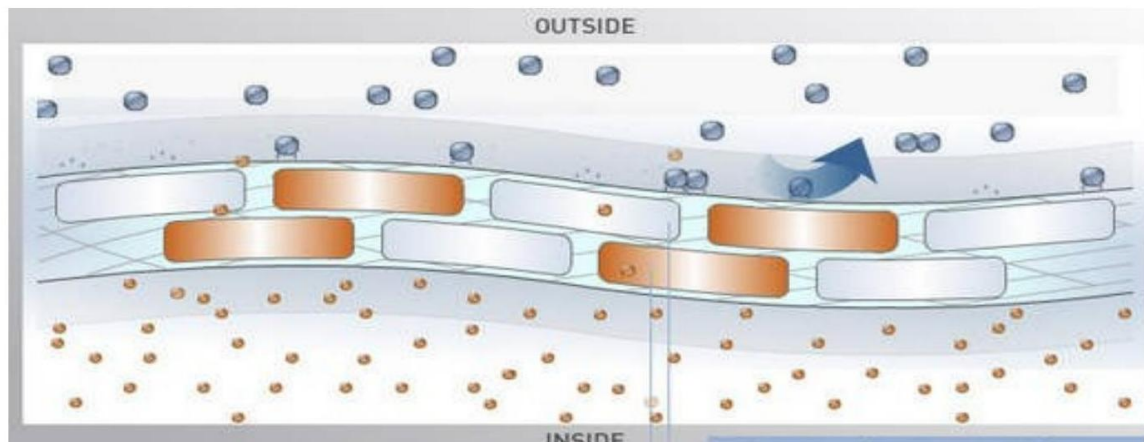
Rozměry vodních kapek za různých podmínek, propustnost bariéry

1/Transport vlhkosti póry - mikroporézní teflonový film



Gore-tex

2/hydrofilní membrána bez pórovité struktury - hydrofilní molekuly (transportují vlhkost fyzikálně-chemickým procesem)



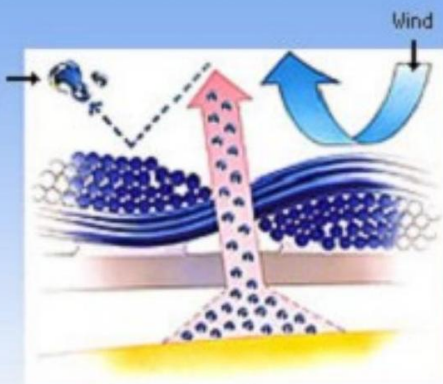
Sympatex

Přenos vodní páry

Porézní membrána

Waterproof, moisture permeable mechanism

Drops of water (10,000–2,000,000 Å diameter) are too big to penetrate the membrane.



Toray
(GII účastníka)

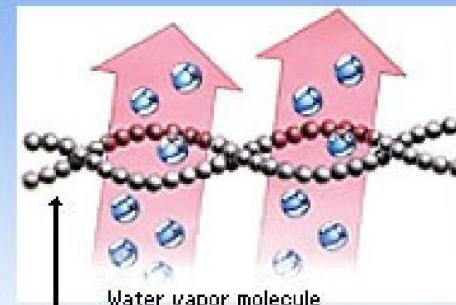
Absorbovat a rozptýlit-
neporézní membrána

Textilie využívá pohyb molekul polymeru
monolitické membrány účinně absorbuje
nahromaděné výpary potu na vnitřním
povrchu látky a přenáší ji na druhou stranu

Pára potu snadno prochází
mezimolekulárními
otvory

Water vapor permeating mechanism

As the microclimate temperature rises, the membrane's polymer molecules move more actively, expanding the inter-molecular openings to accelerate the fabric's moisture permeability.

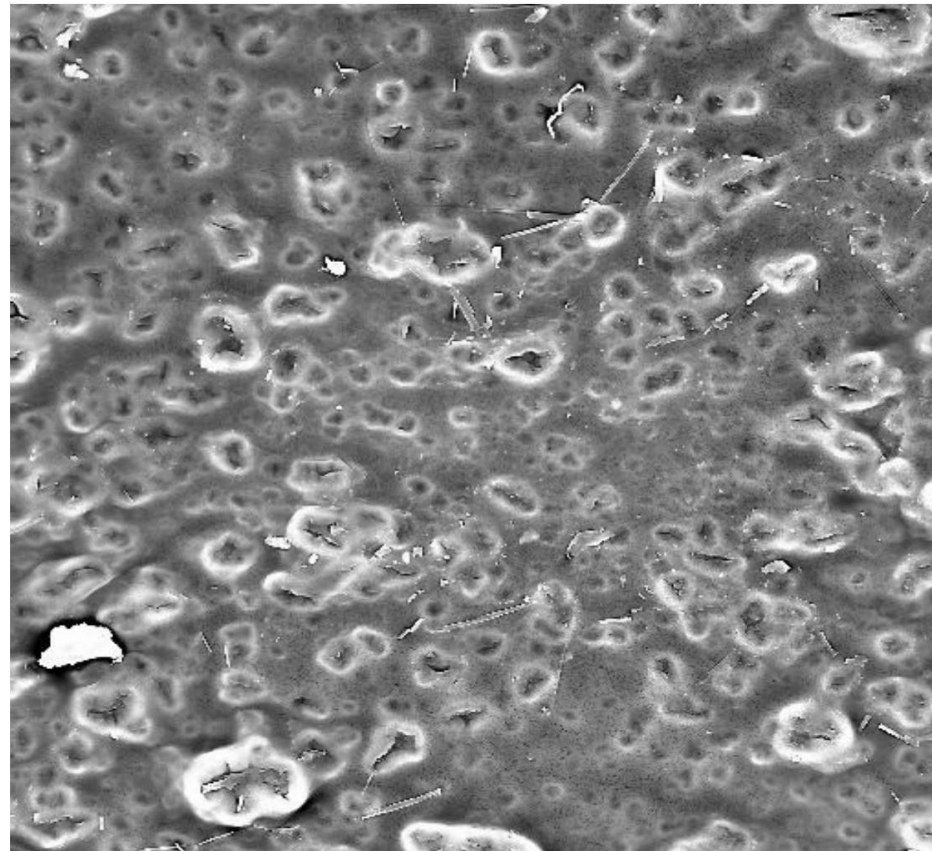


Toray
(Dermizax)

Membrane
polymer molecule

Funkční materiály

Gore - tex 2v



SEM MAG: 500 x
HV: 30.0 kV

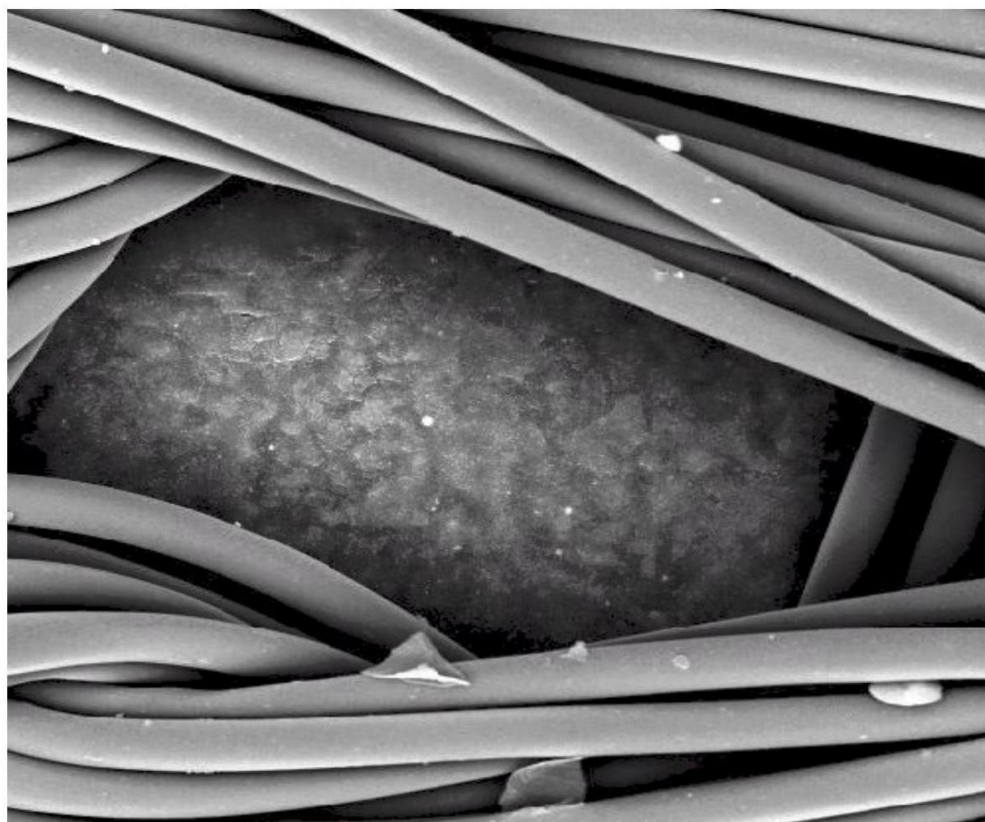
DET: BE Detector
DATE: 07/12/06

100 µm

Vega ©Tescan
TU Liberec

Funkční materiály

Toray (Dermizax)



SEM MAG: 500 x
HV: 30.0 kV
VAC: HiVac

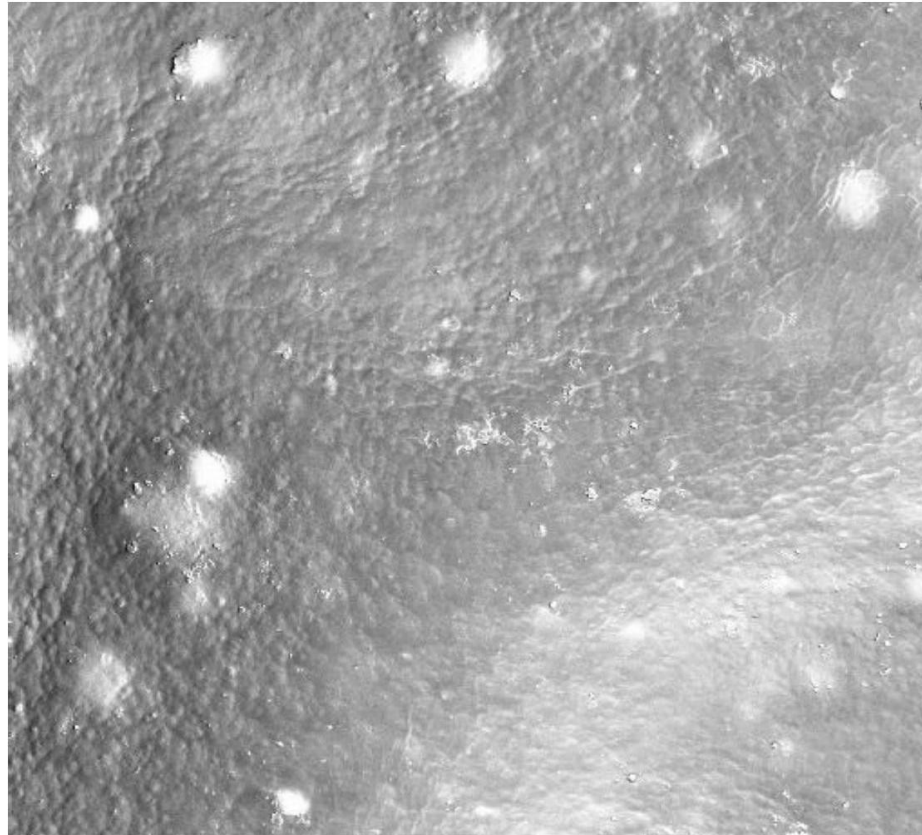
DET: BE Detector
DATE: 11/23/07
Device: TS5130

100 um

Vega ©Tescan
T111 ihorec

Funkční materiály

Sympatex



SEM MAG: 1.00 kx
HV: 30.0 kV

DET: BE Detector
DATE: 07/13/06

50 µm

Vega ©Tescan
TU Liberec

Transport vlhkosti z povrchu pokožky

LIDSKÝ ORGANISMUS Z HLEDISKA JEHO TERMOREGULÁRNÍCH AKTIVITVYRÁBÍ VODU **VE FORMĚ POTU**.

✓ ODPAŘOVÁNÍ POTU JE DŮLEŽITÝM FAKTOREM TERMOREGULACE ORGANISMU

✓ teplota jádra organismu do 34°C -export c. 0,03 lh⁻¹ potu do okolí, nad 34°C až 0,4 lh⁻¹.



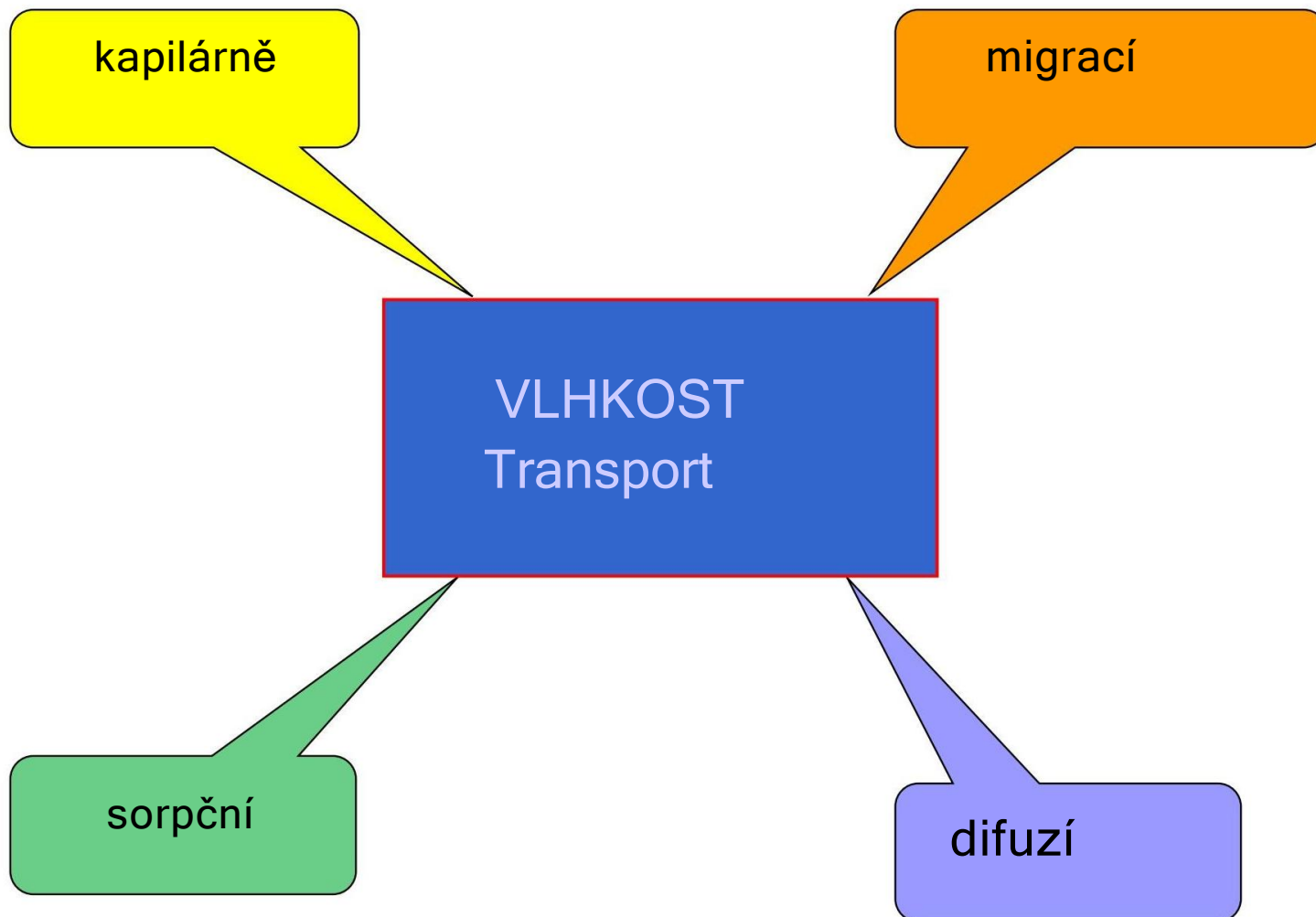
odpaření 1 l potu způsobí odvod tepla téměř 2,4 MJ

Produkce vlhkosti za 24 hod

- **Zatížení člověka**

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1. Pomalá chůze | 1000 g/m ² |
| 2. Turistika s malou zátěží | 3500 g/m ² |
| 3. Lyžování, | 4000 g/m ² |
| 4. Snowboarding | 10000g/m ² |
| 5. Treking při střední až velké zátěži | 24 000 g/m² |

Transport vlhkosti - oblečený organismus

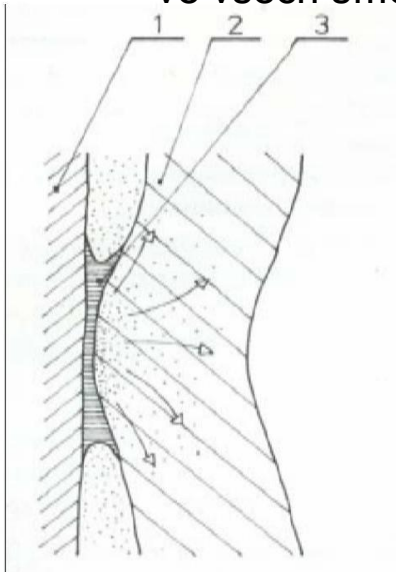


Kapilární transport vlhkosti

Pot v kapalném stavu je odváděn první textilní vrstvou, přičemž stoupá kapilárou

ve všech směrech na textilní povrch

, tzv. Wickův efekt.



Rychlost přenosu je dána tlakovým gradientem ΔP

VLIV

Kapilární schopnosti dané textilií,
povrchovým napětím vláken a potem

1 - kůže

2 - mikroklima 3 -

tekuté pocení

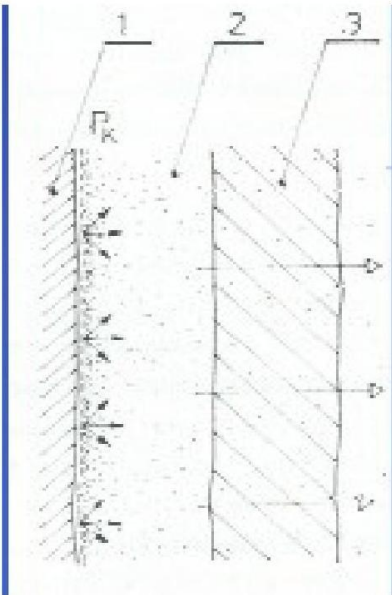
Migrační transport vlhkosti

Pot se šíří po povrchu vláken, předpokladem je vlhkost kondenzace na povrchu vláken

Difúzní transport vlhkosti

Transport vodní páry do prostředí závisí na rozdílu parciálního tlaku vodní páry. (Fickova rovnice)

Brzdění přenosu vod. par - vrstvy oblečení nemají stejný difúzní odpor



VLIV

Textilní suroviny, z nichž jsou vyráběny jednotlivé textilie (změna geometrie bobtnáním).

Nástin teoretické analýzy

1. Propustnost vodní páry difuzí

$$W_d = \frac{1}{Ret \cdot \Phi \cdot T_m}$$

[gm⁻² .h⁻¹ .Pa⁻¹]

kde:

Φ T_m . . . latentní teplo vypařování při teplotě T_m (0,672

Whg⁻¹ při $T_m=35^\circ\text{C}$)

Ret . . . Výparný odpor textilií průniku vodní páry [m² .Pa.W⁻¹]

Standardní podmínky 20°C; 40% rel. vlhkost

$W_d = 0,1869 \text{ gm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$ množství

transportované páry



Příklad

Bariérová textilie:

plocha větrovky = 1,56 m² Ret = 14,1 m²
.Pa.W-1

Lidské tělo:

~~teplota = 35°C~~

relativní vlhkost = 80% parciální tlak vodní páry
= 4212,3Pa

Venku:

teplota = 20°C relativní vlhkost = 40%

parciální tlak vodní páry = 893,1Pa

$$Wd_{\text{celkový}} = Wd p A = 1550,9 \text{ gh}^{-1}$$

2. Transport tepla

Fourierova hypotéza:

šíření tepla v tělese
proudění tepelné energie je

dáno:

$$q_{cond} = -a \cdot \nabla \cdot (\rho \cdot c_v \cdot \vartheta) \quad [\text{Wm}^{-2}]$$

kde:

q_{cond} . . . tok vedení tepla [Wm^{-2}] a . Součinitel teplotní vodivosti [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]
· Laplaceův operátor ∇ . . dílčí hmotnost ρ [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

c_v měrné teplo [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] teplota [K] ϑ

Formula modification

$$q_{cond} = -a \cdot \nabla \cdot (\rho \cdot c_v \cdot \vartheta)$$

where:

q_{cond} . . . heat conduction flow [W.m⁻²]

a heat conductance [m².s⁻¹]

∇ Laplace's operator

ρ partial mass density [kg.m⁻³]

c_v specific heat [J.kg⁻¹.K⁻¹]

ϑ temperature [K]

λ Součinitel teplelné vodivosti [W.m⁻¹.K⁻¹]

$$a \cdot \rho \cdot c_v = \lambda$$

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

=>

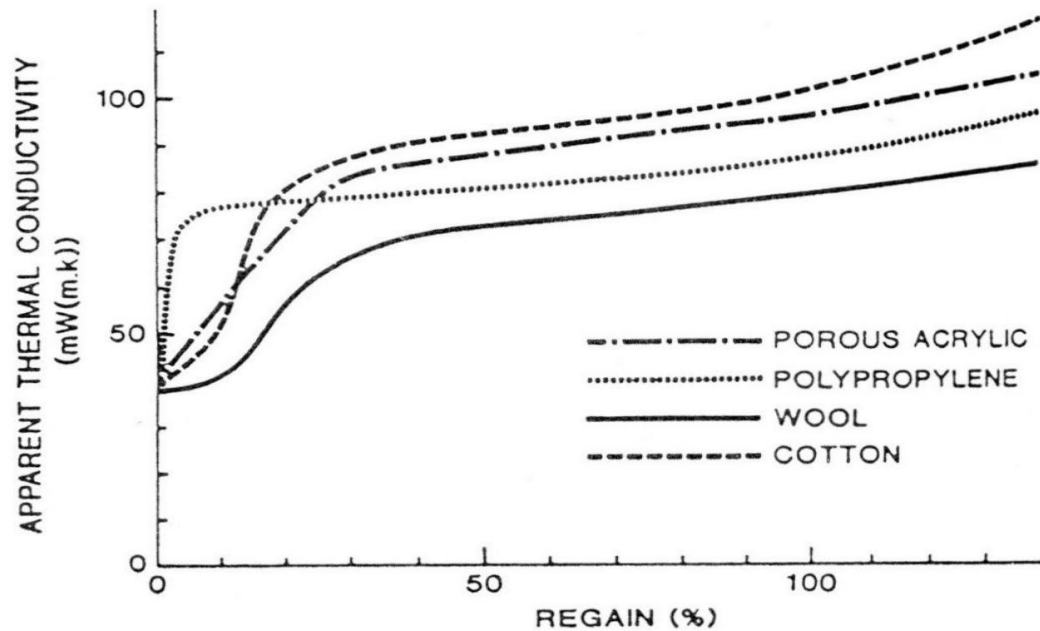
$$q_{cond} = -\lambda \cdot \nabla \cdot \vartheta$$

Vliv tepelné vodivosti

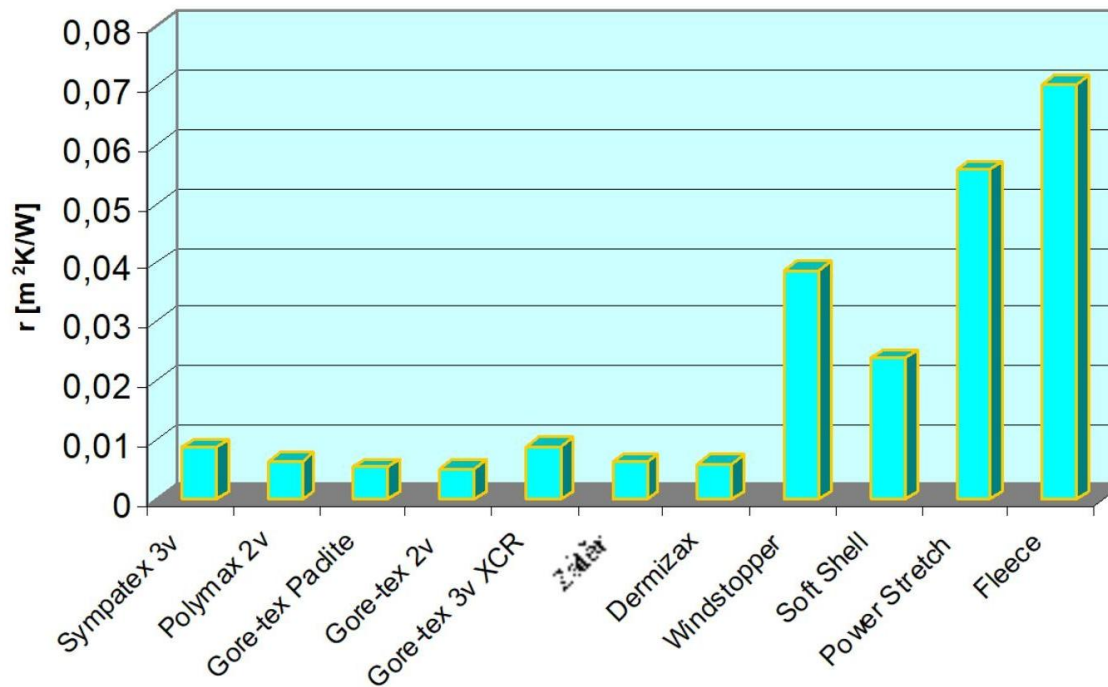
- Z výše uvedeného vztahu je patrné, že intenzita prostupu tepla je dána konkrétní hodnotou součinitele tepelné vodivosti λ , která je ovlivněna druhem oděvního materiálu, počtem vrstev oděvu a zejména vzduchem uzavřeným uvnitř oděvních materiálů. Vzduch má tepelnou vodivost $= 0,024 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}]$ je významný tepelně izolační materiál, ale závisí na vlhkosti.
- Izolační schopnost vzduchu oděvu se snižovala se zvyšující se vlhkostí oděvního materiálu. Hodnota tepelné vodivosti ovlivňuje transport tepla, proto odvod vzdušné vlhkosti z vrstev oděvu značně ovlivňuje celkový přenos tepla a tím fyziologický komfort oděvu.

Tepelná vodivost

- Vztah tepelné vodivosti a vlhkosti



Porovnání plošného tepelného odporu měřených materiálů



3. Transport vlhkosti

Ize popsat vztahem (Ffickův zákon) pro celkový transport:

$$q_{dif} = -D_i \cdot \nabla \cdot \rho_i$$

kde :

D_i koeficient difúzního transportu hmoty pro i-složku [m² .s⁻¹].

$\nabla \rho_i$ gradient dílčí hmotnostní hustoty pro i-složku [kg.m⁻³]

Jednotkový průtok vlhkosti:

$$q_{dif} = D_i \cdot \frac{M_i}{R_m \cdot T} \cdot \frac{p_i' - p_i''}{s} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}]$$

kde:

R_m univerzální plynová konstanta [kJ.kmol.K-1]

M_i molární hmotnost [mol]

T teplota [°C]

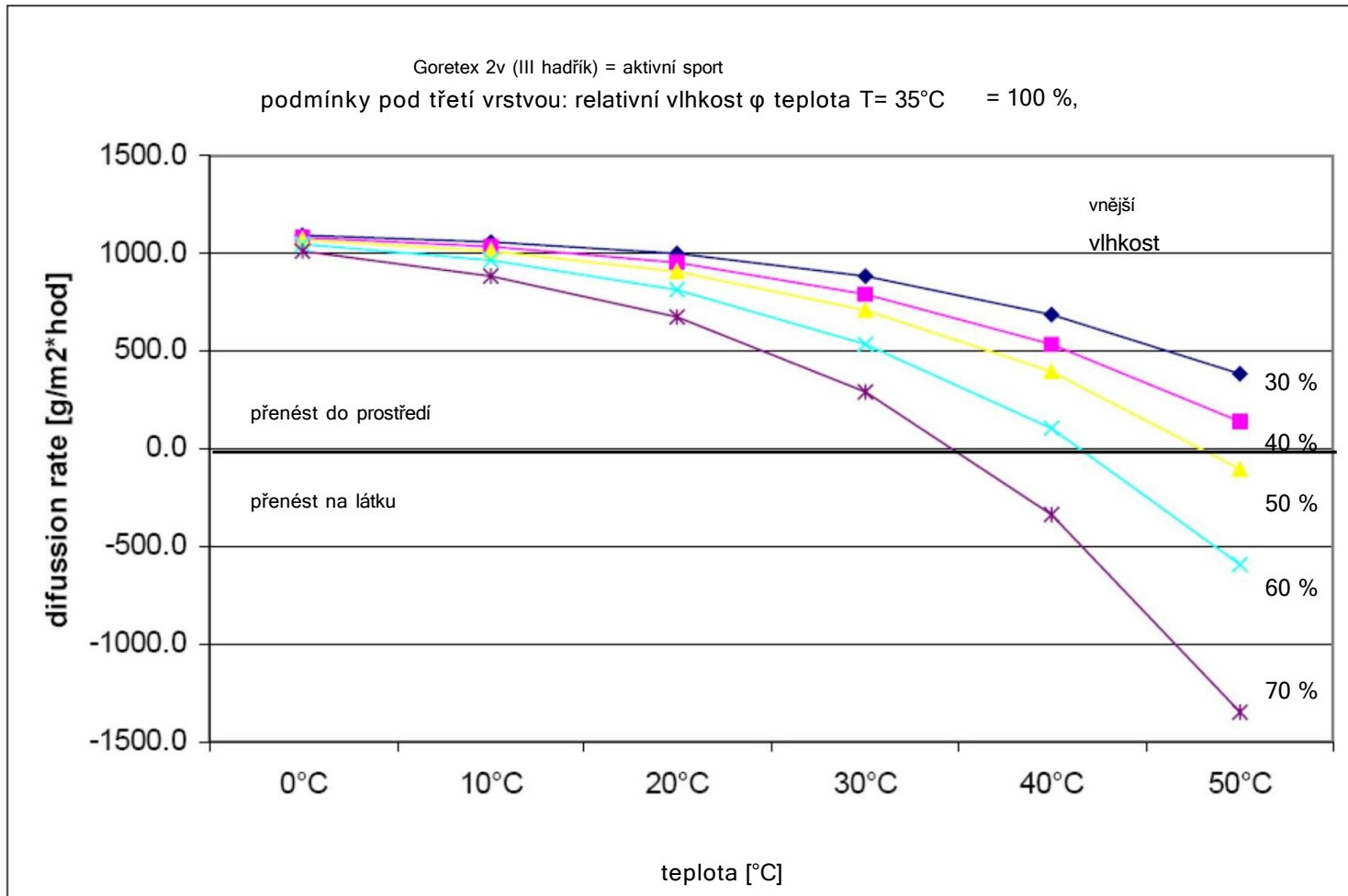
s tloušťka vrstvy [m],

p_i' parciální tlak uvnitř porézního oděvního materiálu [Pa]

p_i'' parciální tlak vně porézního oděvního materiálu [Pa]

Transport difúze páry

Lidská kůže: $T_1=35^\circ\text{C}$, $\rho_1=100\%$

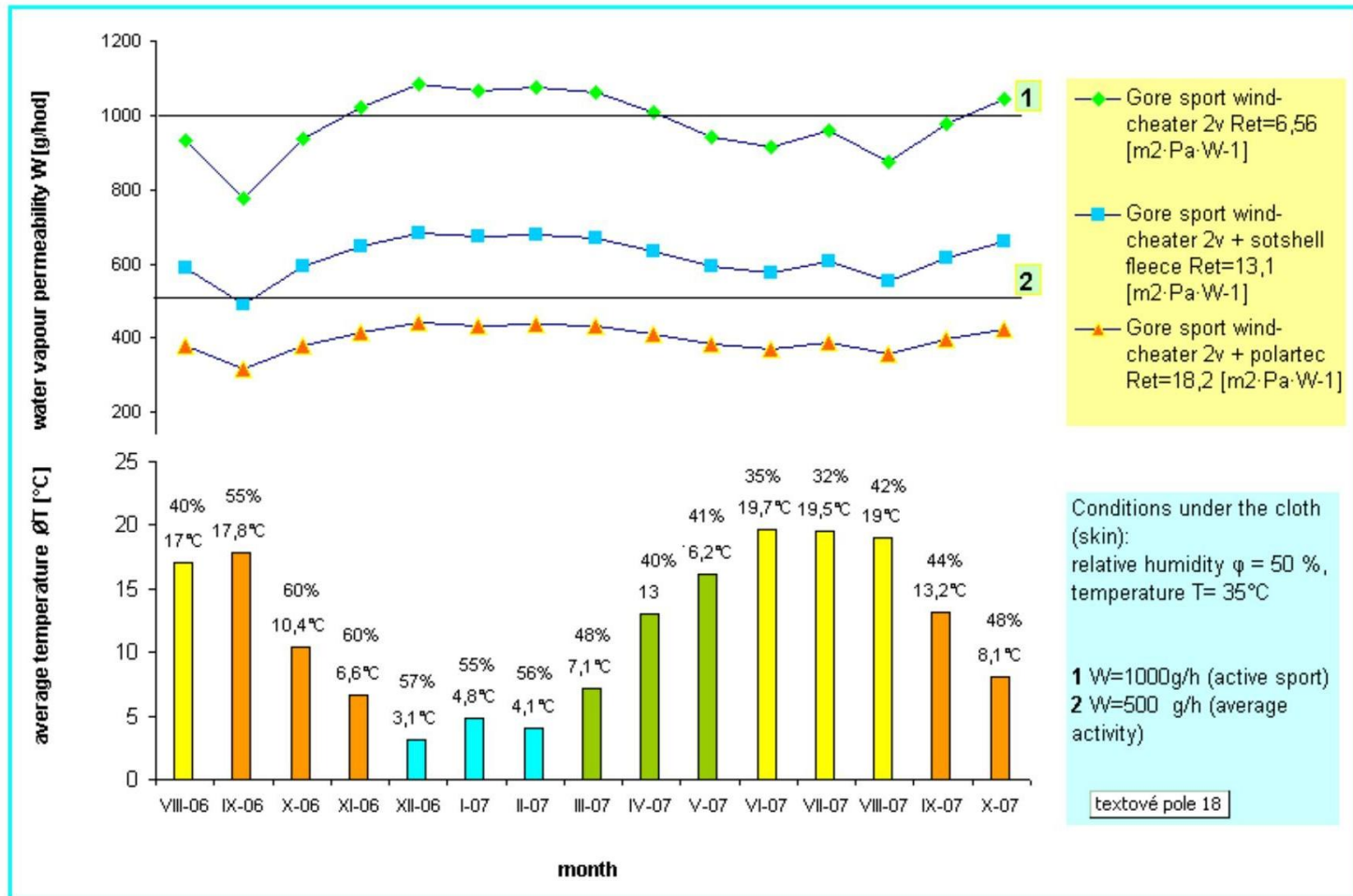


Výsledky

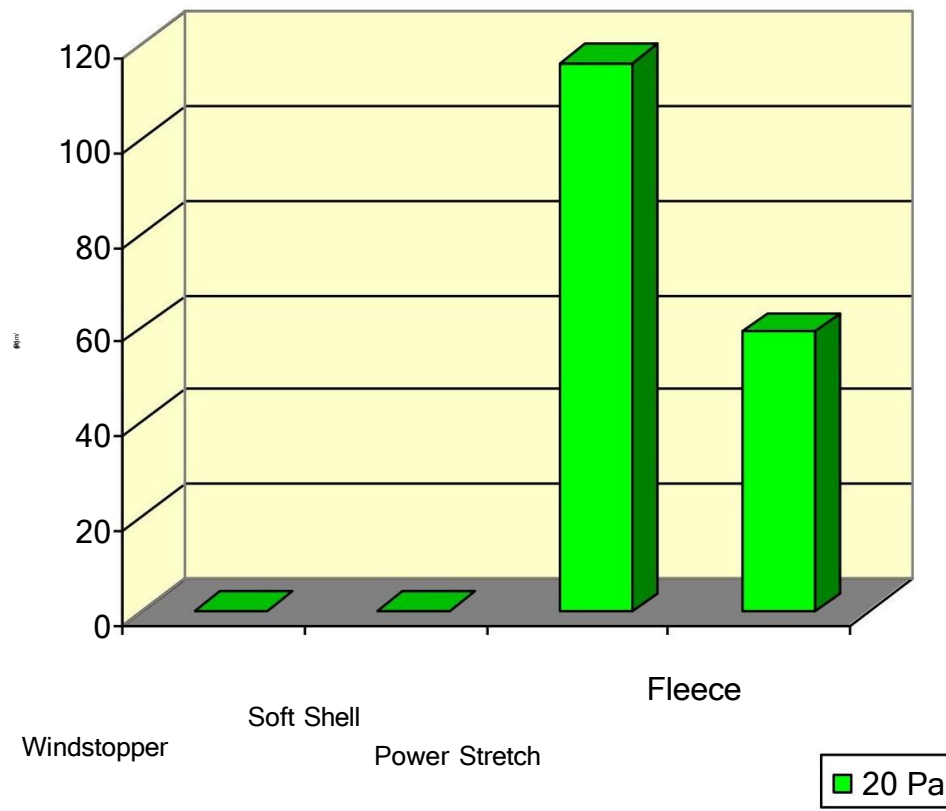
- Když jsou parciální tlaky vyvážené a nedochází k žádnému difúznímu proudění vlhkosti,
- Při kladných hodnotách difúzní tok je vlhkost vedena přes bariérovou textilií do okolí a inteligentní textilie dobře funguje,
- Při záporných hodnotách difúzního toku naopak vlhkost přichází z okolí do oděvu, což je evidentní chyba daná záporným rozdílem parciálního tlaku,
- I při nízké okolní teplotě /0°C 10°C/ je difúzní proud vždy omezen

Transport vlhkosti probíhá obecně i jinými mechanismy kapilárně, sorpcí, ale u bariérových textilií lze předpokládat, že dominantní bude difúzní cesta.

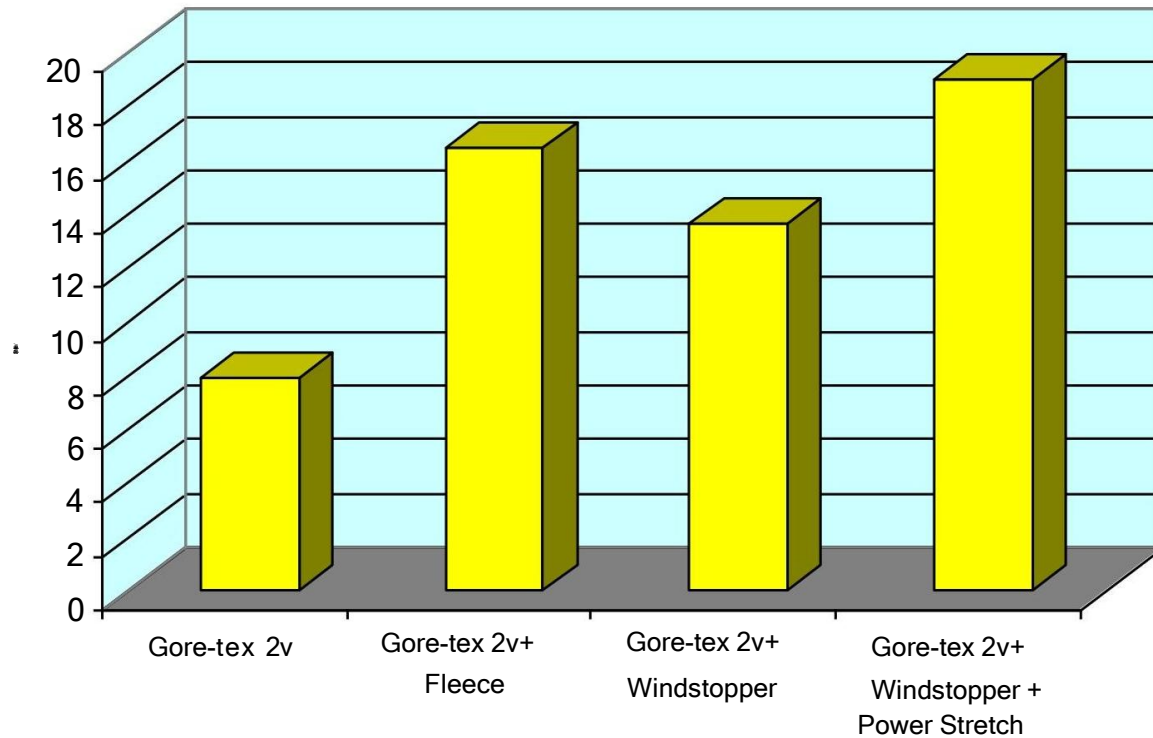
Propustnost vodní páry v závislosti na okolní teplotě



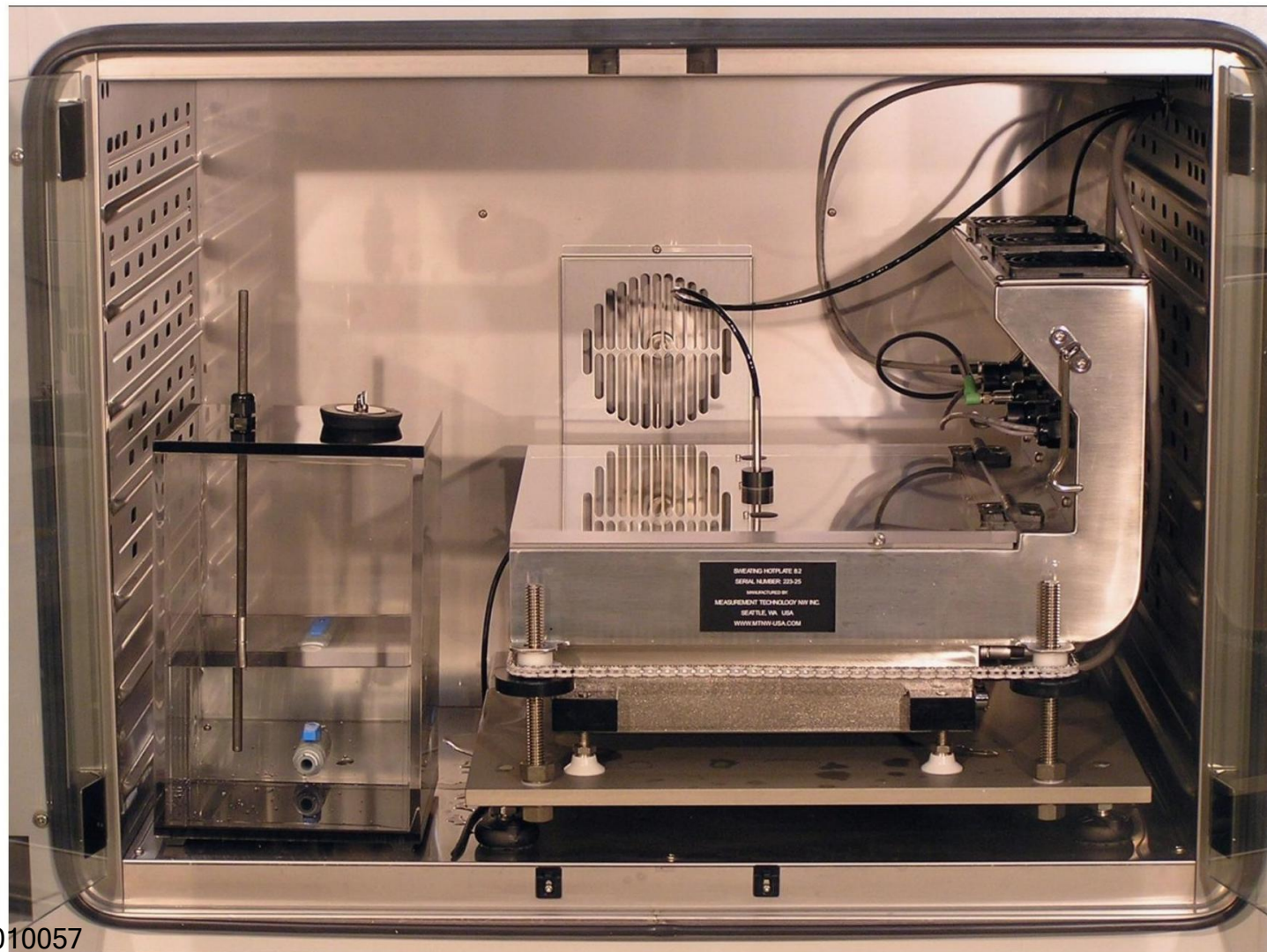
Porovnání prodyšnosti fleecových materiálů



Vliv vrstev na zvýšení odolnosti proti propustnosti vodních par



Sweated Guarded Hotplate vyvinutý společností Measurement
Technologie Severozápad



P1010057

53

Metody měření propustnosti vodní páry

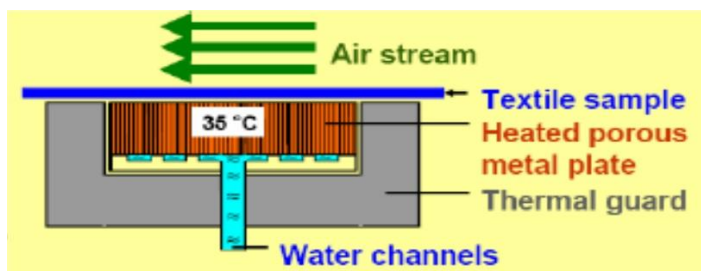
Existují dva nejčastější způsoby měření propustnosti vodní páry:

a) Metoda „MWTR“ (MWTR = rychlost prostupu par vlhkosti)

Měří se, kolik gramů vodní páry se přenesse k odpaření přes 1 metr čtvereční měřené látky po dobu 24 hodin. Výsledky tohoto měření jsou vyjádřeny v $\text{g/m}^2 / 24\text{h}$.



Meření výparného odporu Ret

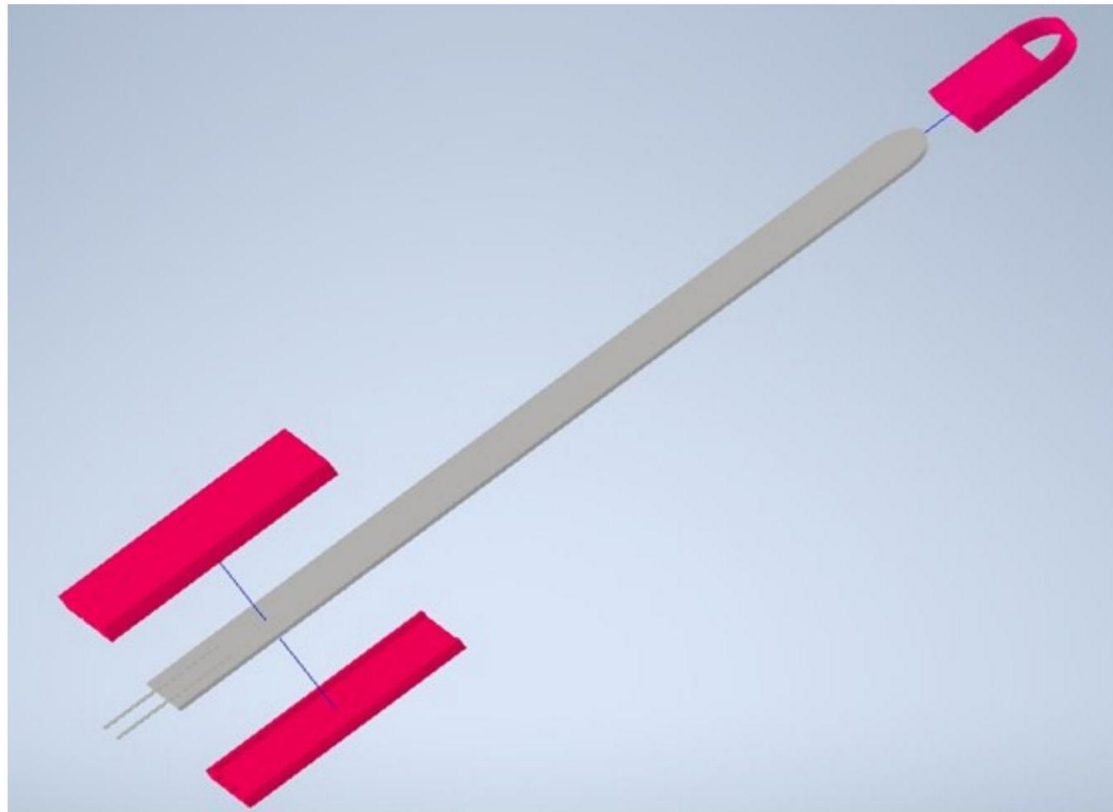


- Měření výparného odporu se provádí na SGHP podle normy ČSN EN 11092, kde teplota hot plate je 35°C, 100%vlhkost ; teplota v komoře je 35°C a relativnívlhkost 40%. Výsledek je $Ret \text{ m}^2 \cdot \text{Pa} / \text{w} = \text{s} / \text{m}$.
- Přibližné hodnoty prodyšnosti vodních par“
- $Ret < 6$ velmi dobrá prodyšnost
- $6 < Ret < 13$ dobrá prodyšnost
- $13 < Ret < 20$ uspokojivá prodyšnost
- $20 <$ neuspokojivá prodyšnost

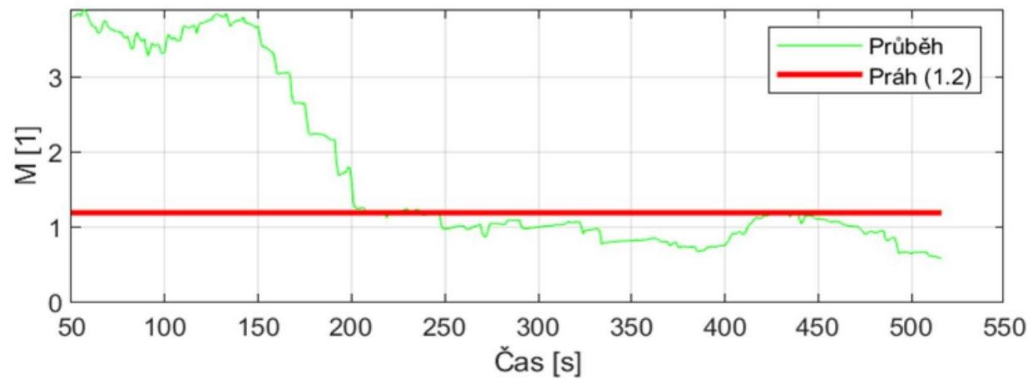
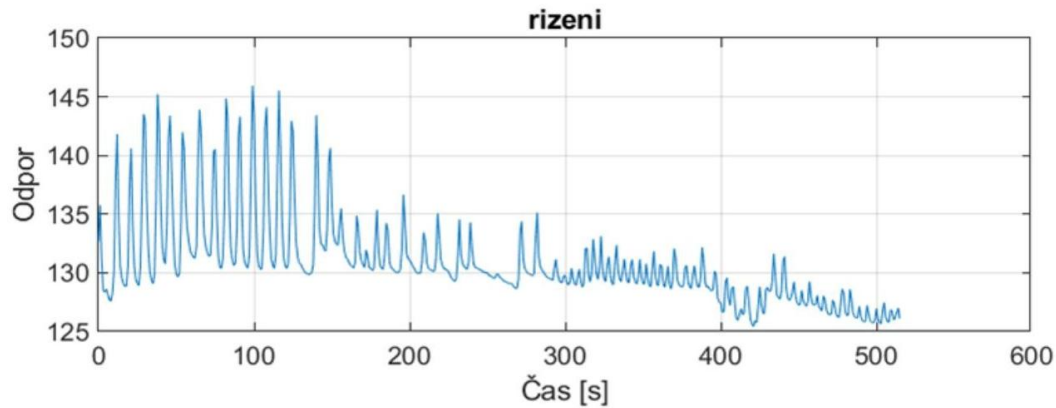
Monitorování dýchání

- Sledování dechové frekvence je důležité jak u nemocných lidí , tak i u osob, u kterých se vyžaduje zvýšená koncentrace a soustředění (řidiči, piloti, operátoři na letištích, ve strojírenství nebo v železniční dopravě). U sledovaných hodnot je nutné rozpoznat několik stavů, a to především odlišovat kdy je nositel v pohybu (chůze, běh), kdy sportuje, kdy je v klidu, a hlavně kdy má zdravotní problémy. Na základě změny dechové frekvence jsme schopni předvídat nástup únavy a následného mikrosněpku.
- Monitorování dechové frekvence se zakládá na principu pohybu hrudníku při dýchání, tento pohyb jsme schopni zaznamenat za pomoci senzorů umístěných v plošné textílii oděvu. Sensory musí být umístěny v oděvu tak aby nenarušovaly fyziologický komfort, dali se snadno udržovat (možnost vyjmutí), byly cenově dostupné a především bezpečné jak pro nositele tak i pro samotný oděv např. aby se nezahřivali.

Monitorování životních funkcí pomocí senzorů umístěných do SMART oděvů, zejména procesu dýchání pomocí ohybového čidla z grafu. Čidlo bylo umístěno v přední části testovacího T Shirt. Což provádí na KOD Ing. Michal Martinka, Ph.D.



Monitorování dýchání - simulace řízení a nástup únavy



Monitorování dýchání

Experimenty ukázaly, že změna dechové frekvence je spojena s příchodem únavy a mikrospánku, predikce tohoto jevu v budoucnu pomůže při včasné varování před únavou a mikrospánkem a sníží tak počet nehod způsobených tímto problémem.

Jako nejlepší z testovaných senzorů se ukázala varianta s ohybovým čidlem. Tomuto typu senzoru nevadily okolní šumy způsobené vibracemi vozu. Díky své jednoduchosti a jeho pořizovací ceně a díky svým malým rozměrům nikterak nenarušuje komfort oděvu a jeho údržbu.

Význam tohoto experimentu je značný a až v důsledku vysokého podílu způsobeným únavou a mikrospánkem. Včasná detekce těchto jevů může vést k reálnému snížení nehodovosti.

Závěr

Smart textilní materiály a možnosti monitorování životních funkcí jsou odrazem značného pokroku užitných vlastností těchto materiálů a lze očekávat jejich dobré komerční rozšíření. Proto je důležité již nyní se výzkumem a aplikačním vývojem zabývat. Jsou zřejmé limity jejich použití, ale přesto již nyní jejich vlastnosti přináší značné výhody a nové uživatelské benefity. Na př. Inteligentní barierové textilie zvyšují komfort nošení, ale při malém rozdílu parciálních tlaků nefungují.

Děkuji za pozornost