



Experimentální studie vlivu vzduchové mezery mezi pokožkou a textilií

Diplomová práce

Studijní program: N3957 – Průmyslové inženýrství

Studijní obor: 3911T023 – Řízení jakosti

Autor práce: **Kamila Bártová**

Vedoucí práce: Ing. Denisa Karháňková





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering ■

Experimental study of an air gap between skin and textile impact

Master thesis

Study programme: N3957 – Industrial Engineering

Study branch: 3911T023 – Quality Control

Author: **Kamila Bártová**

Supervisor: Ing. Denisa Karháňková



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kamila Bártová**

Osobní číslo: **T14000087**

Studijní program: **N3957 Průmyslové inženýrství**

Studijní obor: **Řízení jakosti**

Název tématu: **Experimentální studie vlivu vzduchové mezery mezi pokožkou a textilií**

Zadávací katedra: **Katedra hodnocení textilií**

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

1. Vypracovat rešerši o vlivu vlhkosti na tepelně izolační vlastnosti textilie. Obeznámit základní pojmy: paropropustnost, výparný odpor, vedení tepla, komfort, diskomfort.
2. Připravit vzorky pro měření v suchém stavu a pak v šesti stupních vlhkosti (100%, 70%, 50%, 20%, 10% a 5%). Vyrobit mezikruží pro simulaci vzduchové mezery, která bude mít tloušťku 2, 4, 5, 7, 8 a 10mm. Zvolit vhodný experimentální postup pro měření chladícího efektu.
3. Simulovat efekt vzduchové mezery mezi pokožkou a textilií na přístroji Permetest. Pomocí experimentálního měření zjistěte vliv vzduchové mezery mezi pokožkou a textilií v několika stupních vlhkosti na chladící tepelný tok (RWVP) a výparný odpor (Ret). Naměřená experimentální data statisticky a graficky zpracujte.
4. Vyhodnotit vliv vzduchové mezery na chladící tepelný tok a výparný odpor.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 50 - 60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- [1] Hes, Luboš., Mario de Araujo: Simulation of the Effect of Air Gaps between the Skin and a Wet Fabric on Resulting Cooling Flow. Textile Research Journal 80(14), 2010.
- [2] Wallachová, Klára.: Vliv vzduchové mezery mezi pokožkou a textilií na hodnoty paropropustnosti měřené na přístroji typu Skin Model. Liberec: Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Bakalářská práce 2011.
- [3] Anton Aruputharaj, Mani Senthilkumar, G Nalankilli: Analysis of thermal comfort characteristics of moisture management finished knitted fabrics made from different yarns Journal of Industrial Textiles July 2013 vol. 42 no. 1 19-33
- [4] Yehu Lu, Jun Li, Xiaohui Li, and Guowen Song: The effect of air gaps in moist protective clothing on protection from heat and flame. Journal of Fire Sciences, March 2013; vol. 31, 2: pp. 99-111., first published on September 12, 2012

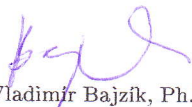
Vedoucí diplomové práce: Ing. Denisa Karháňková
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání diplomové práce: 30. března 2016

Termín odevzdání diplomové práce: 5. května 2017


Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka




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

V Liberci dne 10. března 2017

Prohlášení

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

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

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

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

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

Datum:

Podpis:

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Denise Karhánkové za pomoc při realizaci, za důležité připomínky a cenné rady, které mi ve vypracování diplomové práce velmi pomohly. Poděkování patří také doc. Ing. Vladimíru Bajzíkovi, za umožnění odborné konzultace při statistickém zpracování a připomínky týkající se obsahu práce.

ANOTACE

V diplomové práci byl popsán experiment vlivu vzduchové mezery na chladicí tepelný tok a výparný odpor. V teoretické části byly objasněny pojmy, jako je přirozená termoregulace, termofyziologický komfort, způsoby měření paropropustnosti a výparného odporu. Cílem diplomové práce bylo vyhodnotit vliv vzduchové mezery o různých velikostech u měřených materiálů v šesti stupních vlhkosti na chladicí tepelný tok a výparný odpor. Poté následovalo vyhodnocení naměřených dat na vliv vzduchové mezery mezi pokožkou a textilií v několika stupních vlhkosti na chladicí tepelný tok (RWVP) a výparný odpor (Ret).

Klíčová slova:

PERMETEST, mokrá tkanina, vzduchová vrstva, propustnost pro vodní páry, výparný odpor, termo-fyziologický komfort

ANNOTATION

The experiment examining affect of an air gap on a cooling heat flow and evaporative resistance was described in the thesis. Concepts of thermoregulation, thermophysiological comfort, ways of measuring breathability and evaporative resistance were described in a theoretical part. The aim of the theses was to evaluate the influence of air gaps of various sizes in measured materials in six grades of humidity on cooling heat flow and evaporative resistance. Evaluation of measured data of an air gap affect between skin and fabrics in several grades of humidity on cooling heat flow (RWVP) and evaporative resistance (Ret) followed.

Keywords:

PERMETEST, wet fabric, air gap, water vapour permeability, evaporative resistance, thermo-physiological comfort

Obsah

Seznam použitých zkratk	10
Úvod	12
1 Teoretická část	9
1.1 Rešerše.....	9
1.2 Komfortní vlastnosti.....	18
1.2.1 Definice komfortu	18
1.3 Přirozená termoregulace těla	18
1.4 Přenos tepla mezi lidským tělem a okolním prostředím.....	19
1.4.1 Tepelná výměna vedením (kondukcí)	20
1.4.2 Tepelná výměna prouděním (konvekcí)	21
1.4.3 Tepelná výměna vyzařováním (radiací)	23
1.4.4 Tepelná výměna odpařováním (evaporací)	24
1.4.5 Tepelná výměna dýcháním (respirací)	25
1.5 Odvod plynné vlhkosti z povrchu lidského těla	25
1.5.1 Odvod kapalné vlhkosti z povrchu lidského těla.....	25
1.6 Sorpční vlastnosti	26
1.6.1 Sorpční vlastnosti vláken.....	26
Hygroskopičnost.....	27
Bobtnání	27
Navlhavost.....	28
1.6.2 Typy vláken dle sorpčních vlastností	28
Hydrofilní vlákna	28
Hydrofobní vlákna.....	28
1.6.3 Druhy vlhkostí ve vlákně.....	29
1.7 Hodnocení termofyziologického komfortu	29
1.7.1 Tepelný odpor.....	29
1.7.2 Výparný odpor.....	30
1.7.3 Relativní propustnost vodních par.....	30
1.7.4 Paropropustnost	30
1.7.5 Metoda DREO	31
1.7.6 Skin model.....	31
Přístroj PERMETEST	32

2	Experimentální část	33
2.1	Testované materiály	33
2.2	Vzduchová mezera	38
2.3	Metodika měření.....	38
	Metodika měření a popis fází	39
3	Vyhodnocení dat.....	41
3.1	Analýza rozptylu ANOVA.....	41
3.2	Vícefaktorová analýza rozptylu.....	41
3.3	Vyhodnocení naměřených dat pomocí analýzy rozptylu VZ1 a VZ2	44
3.4	Vliv vlhkosti a tloušťky vzduchové mezery na RWVP a Ret pro pleteninu	50
3.5	Vyhodnocení naměřených dat pomocí analýzy rozptylu VZ3, VZ4, VZ5 a VZ6.....	52
3.6	Vliv vlhkosti a tloušťky vzduchové mezery na RWVP a Ret pro tkaninu	61
4	Závěr	66
5	Použitá literatura	68
	Přílohy	71

Seznam použitých zkratek

c	elektromagnetické záření se šíří vakuem	[m/s]
conf.	interval spolehlivosti	[-]
CV	variační koeficient	[%]
d	objem	[m]
E	hustota zářivého toku dopadajícího	[W/m ²]
E _a	hustota zářivého toku absorbovaného	[W/m ²]
E _r	hustota zářivého toku odraženého	[W/m ²]
E _t	hustota zářivého toku prošlého objektem	[W/m ²]
F	tepelný tok expozice	[J/cm ² .s]
f	frekvence	[Hz]
h	tloušťka materiálu	[m]
m	hmotnost textilie	[kg]
M _{dry}	hmotnost suché tkaniny	[g]
M _{wet}	hmotnost mokré tkaniny	[g]
p	relativní paropropustnost pro vodní páru	[%]
P _a	parciální tlak vodní páry ve vzduchu	[Pa]
P _a	parciální tlak vodní páry ve vzduchu	[Pa]
P _m	parciální tlak na povrchu měřicí hlavičky	[Pa]
q	tepelný tok	[W/m ²]
Q*	tepelný výkon	[W]
q _o	tepelný tok, procházející nezakrytou měřicí hlavicí	[W/m ²]
q _v	tepelný tok, procházející hlavicí zakrytou měřeným	[W/m ²]
R	tepelný odpor	[m ² K/W]
R _a	tepelný odpor vzduchu	[m ² KW ⁻¹]
R _{CL}	celkový tepelný odpor oděvu	[m ² K/W]
R _{ct}	tepelný odpor zkoušeného vzorku	[m ² .K/W]
RE	vnější tepelný odpor	[Pa]
R _{et}	výparný odpor	[m ² Pa/W]
R _f	tepelný odpor vlákna	[m ² KW ⁻¹]
R _t	celkový tepelný odpor	[m ² K/W]
R _w	tepelný odpor vody	[m ² KW ⁻¹]
RWVP	chladičí tepelný tok	[%]
S	plocha textilie	[m ⁻²]
s	směrodatná odchylka	[-]
T	druhý stupeň doby hoření	[s]
t _a	teplota vzduchu proudícího kanálem podél měřicí hlavičky	[°C]

t_m	teplota povrchu měřicí hlavice	[°C]
TPP	tepelná ochranná funkce	[cal/cm ²]
U	vlhkost vzorku	[%]
\bar{x}	aritmetický průměr	[-]
α	absorbance	[-]
α	koeficient přestupu tepla	[W/m ² .K]
α_c	koeficient přestupu tepla	[W/m ² K]
α_e	koeficientem přestupu tepla zářením	[W/m ² K]
λ	tepelná vodivost	[W/m.K]
ν	dynamická viskozita tekutiny	[m ² /s]
ρ	reflektance	[-]
ρ_s	plošná hmotnost	[kg/m ²]
τ	transmitance	[-]

Úvod

Na přelomu 20. a 21. století s příchodem nových materiálů, technologických postupů a spoustou dalších novinek, prošla nejen Česká republika v oblasti textilního průmyslu velkým vývojem. S tím, jak se neustále zlepšují a vyvíjejí funkční vlastnosti materiálů, se také zvyšují nároky na komfortní vlastnosti textilií, které mají obrovský vliv na dosažení pocitu spokojenosti a následný fyzický či psychický výkon člověka.

Na základě takového vývoje jsou na trhu v dnešní době stále více dostupnější a levnější textilie, které mají zabezpečit komfort za jakéhokoli počasí. Každý produkt je svojí technologií určen na specifickou aktivitu, ať už sportovní nebo jinou. Je proto velmi důležité, aby si každý dobře uvědomil, do jakých podmínek zakoupené oděvy bude používat a jestli jsou pro tento typ aktivit vhodné.

Jak se s postupem času vyvíjejí nové a lepší materiály, co se týká vlastností, vyvíjejí se i přístroje a techniky, které nám pomáhají tyto vlastnosti identifikovat a zkoumat.

Téma diplomové práce bylo zvoleno „vliv vzduchové mezery mezi pokožkou a textilií“. Cílem diplomové práce bylo vyhodnotit vliv vzduchové mezery o různých velikostech, v šesti stupních vlhkosti, na chladicí tepelný tok a výparný odpor daných měřených materiálů.

1 Teoretická část

V následující rešeršní části je uvedeno několik článků týkajících se experimentů zaměřených na témata, která se zabývala vlivem vzduchové mezery mezi pokožkou a textilií, za použití různých tloušťek mezivrstev. Další články byly zaměřeny na zkoumání chladícího tepelného toku a tepelného odporu textilií v suchém a v mokřém stavu. Do rešerše byly také vybrány studie a experimenty, které se zaměřují na problematiku měření chladícího tepelného toku na přístroji Permetest, který byl rovněž použit pro měření vzorků v této práci.

1.1 Rešerše

Tématem vlivu vlhkosti a vzduchové mezery mezi pokožkou a textilií na hodnoty propustnosti pro vodní páry se ve své Diplomové práci zabývala K. Wallachová. Zkoumané vzorky byly v keprové vazbě, materiálového složení z polypropylenu, polyesteru a bavlny. V práci byl měřen tepelný tok, paropropustnost a výparný odpor jak v suchém, tak v mokřém stavu. Na vytvoření vzduchové mezery bylo použito mezikruží s tloušťkou 2, 4, 6, 8 a 10 mm. Z hodnot, které byly naměřeny na přístroji Permetest vyplynulo, že nejvyšší chladící tepelný tok byl zjištěn u textilií měřených bez vzduchové mezery. U textilií se vzduchovou mezerou 6, 8 a 10 mm byl naměřen chladící tepelný tok nejnižší. Nejvyšší výparný odpor byl naměřen u všech textilií se vzduchovou mezerou $h = 10$ mm. Naopak nejnižší výparný odpor byl naměřen bez použití vzduchové mezery (0 mm) a se vzduchovou mezerou 2 mm. Bylo zjištěno, že pro materiály platí to, že se vzrůstající vlhkostí vzorku vzrůstá i chladící tepelný tok [1].

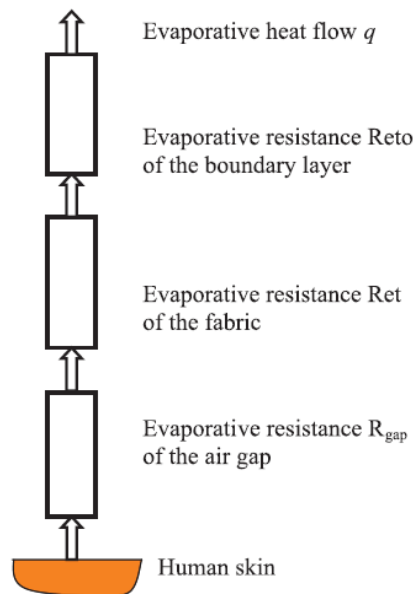
Obdobným výzkumem paropropustnosti mokřých textilií, kde byl zkoumán efekt vzduchových vrstev mezi pokožkou nositele a textilií na celkový chladící efekt pociťovaný na pokožce nositele, se zabývala studie profesora Hese, L. a M. de Araujo. Hodnoty paropropustnosti byly měřeny na přístroji Permetest, kde byla napodobena vzduchová mezera pomocí distančních kroužků, které byly vloženy mezi hlavici Permetestu a textilii. S narůstajícím obsahem vlhkosti v textilii se zvyšovala i relativní paropropustnost (relativní tok tepla odpovídající za ochlazování těla), naopak teplota textilie klesala vlivem odparu vody z povrchu textilie. V případě, kdy byla mezi hlavici Permetestu a „mokrou“ textilii vložena vzduchová mezera o tloušťce 2 a 4 mm, relativní paropropustnost (neboli relativní ochlazující

tok RWVP) byl nižší, než když byla textilie v přímém kontaktu s měřícím povrchem přístroje. Vliv vlhkosti textilie na měřené veličiny byl ve výsledku zanedbatelný. Naměřené hodnoty ovlivnil minimálně, naopak zásadní byl význam tloušťky vzduchové mezery mezi textilií a hlavicí Permetestu.

Celkový tepelný tok (q_{tot}), zahrnující celý mechanismus, může být vyjádřen jako suma proudění tepel procházejících jednak z pokožky a jednak z povrchu textilie tímto způsobem:

$$q_{tot} = (q_{skin} + q_{fab}) \quad [W/m^2] \quad (1)$$

V experimentu bylo použito pět různých tkanin, kde bylo odhaleno to, že vlivem poklesu teploty mokré textilie nelze cítit stejnou účinnost po celém těle. Největší chladicí účinek byl vyzorován, když byla textilie v mokrém stavu a byla v přímém kontaktu s pokožkou. A to znamenalo, že když textilie není v kontaktu s pokožkou, chladicí účinnost je menší. Výsledkem práce bylo zjištění, že chladicí efekt se vzduchovou mezerou je několikanásobně nižší, než při přímém kontaktu s pokožkou [12].



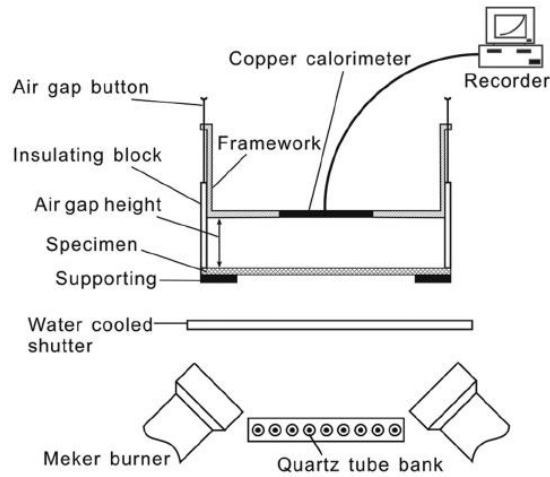
Obr.1: Efekt vzduchových vrstev mezi pokožkou nositele a textilií na celkový ochlazující tok [12]

Ve studii M. Bogusławska-Bączek a L. Hese byl použit stejný princip měření, avšak experiment byl komplexnější a proveden na 30 různých tkaninách lišících se složením, plošnou hmotností a strukturou. Relativní vlhkost měřených vzorků vzhledem k ultra suchému stavu byla 25 %, 50 % a 75 %. V experimentu byla měřena veličina chladicí tepelný tok WVP a výparný odpor RET daných tkanin na přístroji PERMETEST. Bylo provedeno tzv.

přímé měření, kdy byl mokrý vzorek položen přímo na měřicí povrch přístroje. Následně bylo provedeno měření s vložením fólie mezi mokrý vzorek a měřicí povrch přístroje. Rozdíl mezi oběma měřeními vyjádřil míru relativního ochlazení, jinak uváděnou též jako relativní WVP látky v mokrém stavu. Z měření efektivního relativního WVP u zkoumaných tkanin vyplynulo, že 50 % relativní obsah vlhkosti byl významným bodem, kde se měnilo WVP u mokrých tkanin. Určitý pokles WVP u testovaných tkanin v mokrém stavu indikoval, že v případech, kdy bylo oblečení s vyšší mírou vlhkosti, může nositel oděvu trpět velkým tepelným nepohodlím. Z výsledku bylo zřejmé, že použití vodě-odpuzejícího ošetření nebo hydrofobní úpravy u svrchních oděvů je velmi důležité [14].

Cílem práce A. Aruputharaj, M. Senthilkumar a G. Nalankilli bylo prozkoumat tepelné charakteristiky komfortu vybraných pletenin (bavlna, polyester) pomocí analýzy tepelného chování materiálů s úpravou řízení vlhkosti (MMF). Účelem bylo najít vhodné produkty pro různé klimatické podmínky. Řízení vlhkosti znamená kontrolovaný pohyb odpařování vody a potu z povrchu kůže do okolí skrze materiál. Cílem této práce bylo prozkoumat tepelné charakteristiky komfortu vybraných pletených tkanin (bavlna, polyester) pomocí analýzy tepelného chování látek s úpravou řízení vlhkosti (MMF). Účelem bylo najít vhodné produkty pro různé klimatické podmínky. Pro tyto MMF látky byly analyzovány tepelné charakteristiky jako tepelná vodivost, tepelný odpor, absorpce tepla a relativní paropropustnost. Veličiny byly stanoveny pomocí přístroje Alambeta a Permetest. Výsledky testu ukázaly, že pletené tkaniny vyrobené z různých typů přízí mají větší vliv na tepelné vlastnosti. Ošetření materiálu úpravou MMF vedlo k vyšší tepelné vodivosti a absorpci, nižšímu tepelnému odporu. Mezi pěti tkaninami bylo pozorováno, že 100 % polyesterové tkaniny mají rychlejší přenos tepla, rychlejší odpařování potu z kůže přes tkaninu a také chladnější pocit na dotek [2].

Použití vzduchových mezer a vlhkosti v ochranných oděvech (např. požárnických uniforem), má velký vliv na výsledek tepelné ochrany, který byl zkoumán Y. Lu, J. a X. Li, G. Song. V této studii proběhlo měření pomocí přístroje TPP (thermal protective performance). Velikost vzduchových mezer se pohybovala mezi 0-24 mm s odstupy po 3 mm, pro simulaci různých vzduchových mezer přítomných v ochranných oděvech. Po nastavení velikosti vzduchové mezery byl na jehlu pod komorou připevněn vzorek. Testovací tkanina byla vystavena vysoce intenzivnímu konvekčnímu/radiačnímu teplu až do dosažení Stollova kritéria. Po expozici byla měděná hlavice ochlazena.



Obr. 2: Schéma zařízení TPP (thermal protective performance) pro měření vzduchové mezery[3]

Pro stanovení TPP byl použit vztah:

$$TPP = F \times T \text{ [cal/cm}^2\text{]} \quad (2)$$

kde TPP tepelná ochranná funkce [cal/cm²],

F tepelný tok expozice [J/cm².s]

T druhý stupeň doby hoření [s]

Množství vlhkosti ve vzorku bylo stanoveno dle vztahu:

$$\text{Moisture content} = \frac{M_{wet} - M_{dry}}{M_{dry}} \times 100 \text{ [%]} \quad (3)$$

kde M_{wet} hmotnost mokré tkaniny [g]

M_{dry} hmotnost suché tkaniny [g]

Výsledky ukázaly, že vliv vzduchových mezer byl ovlivněn množstvím vlhkosti přidané do struktury vzorku. Bylo prokázáno, že vlhkost v materiálu významně zvýšila ochranu před teplem. Pozitivní vliv dále zesílilo množství vlhkosti, pokud vzduchová mezera nepřesáhla 12 mm. Výsledky naznačily, že design ochranných oděvů by měl brát v úvahu

kombinovaný vliv velikosti vzduchové mezery a vlhkosti. Na základě současné studie se zdá být nejlepším řešením pro dosažení maximální tepelné ochrany aplikace vzduchové mezery 9-12 mm [3].

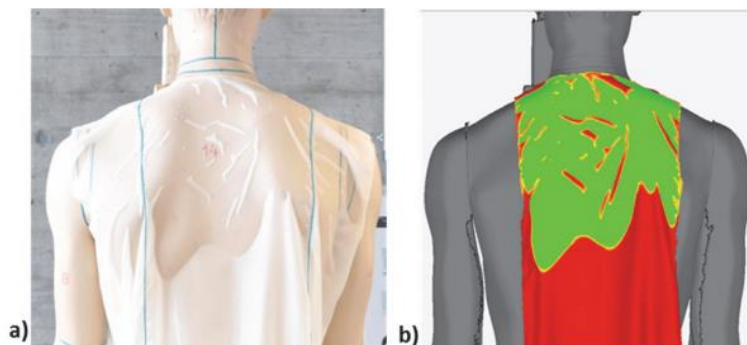
Cílem studie M. M. Mushtaqa a L. Hese bylo prozkoumat, jaký je vztah mezi obsahem vlhkosti v látce a tepelným odporem tohoto materiálu. Pro testování byly použity denimové vzorky vyrobené z bavlny, polypropylenu a polyesteru. Tepelný odpor vzorků byl přeměřen při různých úrovních vlhkosti a porovnán s rovnicí vyvinutou pro předpovídání tepelného odporu při různých stupních vlhkosti. V této studii bylo cílem naleznout metodu měření tepelného odporu látky v podmínkách dynamické vlhkosti. Byly stanoveny čtyři rovnice pro výpočet tepelného odporu vlákna a vzduchu za různých úrovní vlhkosti. Data vypočtená dle predikovaných rovnic se téměř shodovala s experimentálními daty získanými měřeními na přístroji Alambeta. Výzkumníci určili šest různých možností výpočtu tepelného odporu vláken, vzduchu a vlhka, ze kterých odvodily rovnice. Do úvahy byly vzaty rozdíly mezi vypočtenými a skutečně naměřenými hodnotami a za pomoci modelů byli výzkumníci schopni otestovat simulace. Ačkoliv i další modely výpočtu dávaly podobné výsledky, níže uvedený model podal nejlepší výsledky nejvíce se shodující s hodnotami naměřenými [4].

$$Rt = \frac{Ra Rf}{Ra+Rf} + Rw \quad [m^2KW^{-1}] \quad (4)$$

kde	Rw	tepelný odpor vody	$[m^2KW^{-1}]$
	Rf	tepelný odpor vlákna	$[m^2KW^{-1}]$
	Ra	tepelný odpor vzduchu	$[m^2KW^{-1}]$
	Rt	celkový tepelný odpor	$[m^2KW^{-1}]$

Může být řečeno, že uvedeného modelu může být použito k předpovídání celkového tepelného odporu denimového oblečení. Tato matematická rovnice vyjadřuje, jak denimová látka reaguje za mokrých podmínek. Výpočet zahrnuje specifické parametry vláken. Tento model výpočtu pomůže výrobcům ve vývoji oděvů určených do velmi vlhkého prostředí. Na jeho základě mohou odhadovat možné snížení tepelného odporu v důsledku vlhkosti vstřebané látkou [4].

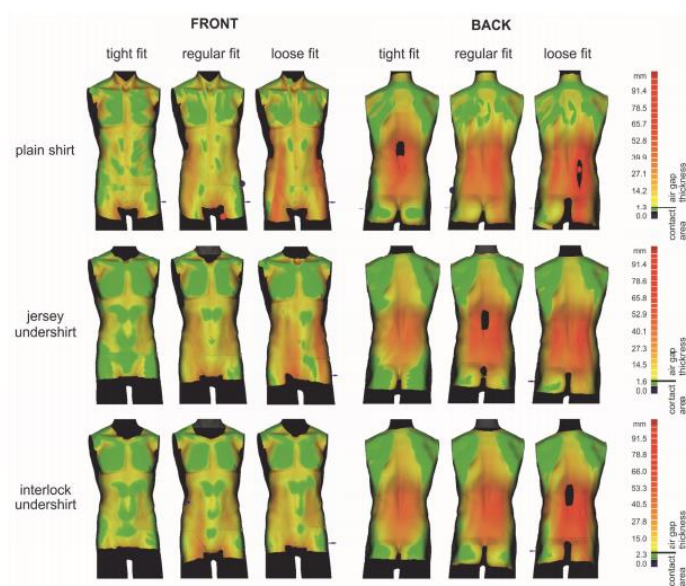
V práci J. Frackiewicz-Kaczmarek, A. Psikuta, M. A. Bueno a M. Rossiho, která je zaměřena na Hodnocení velikosti a tvaru vzduchových mezer u různě vlhkých oděvů je prezentováno rozmístění vzduchových mezer (bublin) a kontaktních ploch ve vztahu k různým obsahům vlhkosti v nátělnících vyrobených z materiálů o různé nasákavosti. Vyhodnocení proběhlo za pomoci termokamery.



Obr. 3: Hodnocení velikosti a tvaru vzduchových mezer a) mokré tílko b) 3D test vzduchové mezery mokrého tílka[5]

Výsledky ukázaly, že vliv obsahu vlhkosti na zkoumané parametry se zřetelně lišily dle částí těla a střihu oblečení. Rozdíl byl větší u bavlny než u polyesterových nátělníků a nátělníků s obsahem spandexu. Přímá souvislost se strukturou vzorků nebyla ale jasně prokázána. Bylo ale odhaleno, že střih oděvu zásadně ovlivní rozložení vzduchových mezer (bublin) a kontaktních ploch [5].

Dále se autoři předešlého článku zabývali přenosem tepla a vlhkosti v oblečení. V této studii bylo zkoumáno umístění vzduchové mezery a kontaktní plochy u trička a nátělníku, za použití tří dimenzionální skenovací techniky ve vztahu ke stylu oděvu, jeho střihu, vlastnostem materiálů a částí těla.



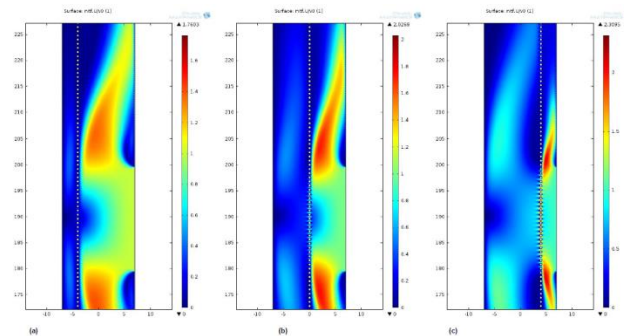
Obr. 4: Analýza (3D test) vzduchové mezery a kontaktní plochy [6]

Z výsledků vyplynulo, že na horním trupu byla tloušťka vzduchové mezery stylem a střihem oděvu neovlivněna, zatímco tvar kontaktní plochy byl změněn. Na spodní části těla se tloušťka vzduchové mezery a kontaktní plocha měnily přímo úměrně s růstem volnosti střihu [6].

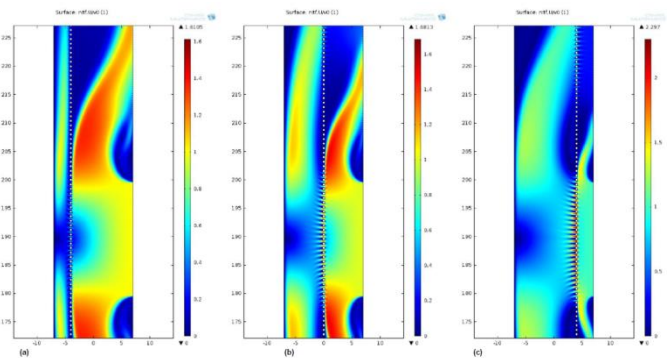
A. Ghazy provedl analýzu vzduchové mezery mezi oděvem určeným k ochraně proti ohni a pokožkou, hraje zásadní roli v hodnocení ochranné těchto oděvů. Čím přesnější je analýza vzduchové mezery, tím více komplexní je i její model. Tento experiment představil nový typ vzduchové mezery. Stál na půl cesty mezi přesností a komplexností, oproti jiným dvěma modelům, které již v literatuře existují. Různé parametry, které ovlivňují přenos tepla ve vzduchové mezeře, a tedy i ochrannou funkci oděvu byly prozkoumány následně. Výsledky nového modelu vzduchové mezery byl porovnán s těmito dvěma jinými modely. Navzdory své jednoduchosti, nový model vzduchové mezery předpověděl výslednou ochrannou funkci oděvu tak přesně, jako při reálném užití. [8].

Vědci Y. Sun, W. J. Jasper a E. A. Den Hartog řešili otázku týkající se přenosu tepla s ohledem na rychlost proudění vzduchu a efektu vzduchové mezery mezi povrchem pokožky a spodním prádlem. Dále se také zabývali otázkou, jaký účinek má velikost a počet větráků na přenos tepla vzhledem k optimalizaci tepelné ztráty mezi pokožkou a oděvem. Vliv rychlosti proudění vzduchu a tloušťky vzduchové mezery s nastavením na přenos tepla u konvekčního

ochlazovacího systému, byl studován za pomoci použití simulačního modelu 2-D Computational Fluid Dynamics (CFD). Studovaná byla tři různá nastavení, jedno s použitím osmi větráků o velikosti 1cm (model 8x1), další se čtyřmi větráky o velikosti 2cm (model 4x2) a poslední se čtyřmi větráky o velikosti 1cm (4x1 model). Dále byla nastavena různá rychlost proudění vzduchu na vstupu, pohybovala se v rozmezí od 0,25m/s až 1m/s. V modelu byly použity vzduchové mezery o velikosti 3mm, 7mm a 11mm. Tyto simulace nám ukázaly, že koeficienty tepelného přenosu konvekcí a odpařováním se liší dle rychlosti vstupního vzduchu.

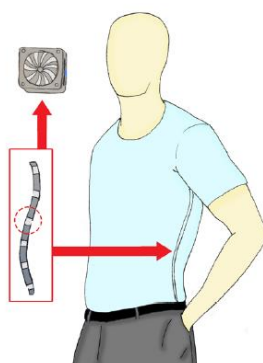


Obr. 5: Lokální (bodová) normalizovaná rychlost vzduchu ve (a) 3mm vzduchové mezeře, (b) 7 mm vzduchové mezeře a (c) 11 mm mezeře při rychlosti proudění vzduchu na vstupu 0,25m/s [16]



Obr.6: Lokální (bodová) normalizovaná rychlost vzduchu ve (a) 3mm vzduchové mezeře, (b) 7 mm vzduchové mezeře a (c) 11 mm mezeře při rychlosti proudění vzduchu na vstupu 1m/s [16]

Při aplikaci nižších rychlostí proudění vstupního vzduchu spolu s rostoucí mezerou mezi pokožkou a spodním prádlem zároveň narůstal i koeficient tepelného přenosu. Při užití vyšších rychlostí proudění vstupního vzduchu byly nevyšší hodnoty přenosu tepla vykazovány u vzduchových mezer 3 mm a 11 mm.



Obr.7: Nositelné konvekční chladicí systémy[16]

Zdvojnásobení velikosti nebo počtu větráků nevedlo zároveň k zdvojnásobení koeficientů tepelného přenosu konvekcí a odpařováním, jak by se dalo očekávat. Na základě tohoto výzkumu byl navržen konvenční chladicí systém takových rozměrů, aby mohl být součástí oděvu. [16].

L. Hes a L. Carmen se ve své práci věnovali popisu speciálního měřicího zařízení pro měření tepelné vodivosti textilie v mokřém stavu a experimentálnímu stanovení tepelné vodivosti vybraných pletenin v mokřém stavu. Přístroje používané pro hodnocení termofyziologického komfortu textilie vyžadují zdlouhavé snímání. Vlivem odpařování vlhkosti z textilie během tohoto měření, nelze přesně určit vliv vlhkosti na tepelný odpor a určení ochlazujícího tepelného toku [W/m^2]. Z výsledků vyplynulo, že se zvyšující se vlhkostí textilie se tepelný odpor podstatně snižuje. To bylo způsobeno nahrazením vzduchu v pórech textilie vodou. Která má vyšší tepelnou vodivost. Také bylo zjištěno, že některé textilie s určitou strukturou a složením si udržují vyšší tepelný odpor i v mokřém stavu. Prezentovaná studie potvrdila, že přístroj Pemetest umožňuje měřit simulaci celkového tepelného pocitu při nošení mokřého oblečení, např. v podpaží, kde dochází k ochlazení tepelného toku vlivem odpařování potu. Výsledky ukázaly, že s rostoucí vlhkostí textilie od 5% - 60% se propustnost pro vzduch lineárně snižovala, ale celkový tepelný tok se vlivem odparu vody pomalu zvyšoval spolu s vlhkostí textilie. Závěrem lze říci, že mokřá textilie omezuje odpařování potu, ale kompenzuje ochlazující efekt pokožky odpařováním ze svého mokřého povrchu [15].

1.2 Komfortní vlastnosti

Studie zabývající se tepelnými vlastnostmi tkanin získaly v posledních letech na důležitosti, protože jsou přímo spjaté s oděvním komfortem.

1.2.1 Definice komfortu

Komfort je stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimu, a kdy okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané našimi smysly. Subjektivně je tento pocit brán jako pocity pohody. Nepřevládají ani pocity tepla ani chladu, je možné v tomto stavu setrvat a pracovat. Komfort je vnímán všemi lidskými smysly kromě chuti, v následujícím pořadí důležitosti: hmat, zrak, sluch, čich.

Při diskomfortu mohou nastat pocity tepla nebo chladu. Pocity tepla se dostavují při větším pracovním zatížení nebo při působení teplého a vlhkého klimatu. Pocity chladu se dostavují především jako reakce na nízkou teplotu klimatu nebo nízké pracovní zatížení.

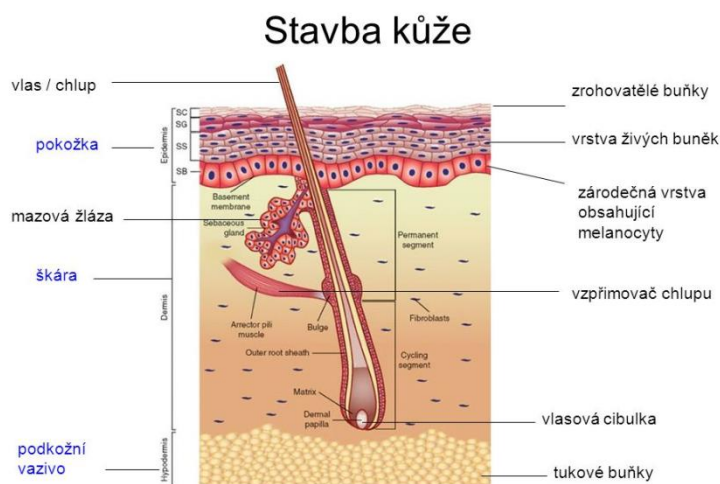
Komfort dělíme na psychologický, sensorický, termofyziologický a patofyziologický. Je v lidské přirozenosti vyžadovat stále vyšší stupeň uspokojenosti potřeb a tedy i komfortu [9].

U některých druhů oblečení očekáváme jeho speciální vlastnosti. Chceme, aby bylo tělo chráněno proti povětrnostním vlivům, před větrem a deštěm a zároveň, aby odvádělo pot. Tyto vlastnosti nám zaručují potřebný komfort. U některých pracovních profesí mohou být tyto vlastnosti i zásadní pro přežití, např. uniformy hasičů.

1.3 Přirozená termoregulace těla

Termoregulační funkce je důležitá pro udržování stálé vnitřní teploty organismu, která je přibližně 37°C. Termoregulační funkce kůže je ovlivněna okolní teplotou a vzdušnou vlhkostí. Pokožka se přímo podílí na termoregulaci, změnou tepelných ztrát do vnějšího prostředí v závislosti na prokrvení (konvekce, kondukce a iradiace). Pot produkovaný potními žlázami zvyšuje ztráty tepla odpařováním (evaporací). Význam evaporace se snižuje v prostředí s vysokou relativní vlhkostí vzduchu. Termoregulace je řízena vegetativním nervovým systémem z termoregulačních center v hypotalamu [10].

Kůže je hlavní orgán termoregulace. Plocha kůže u dospělého člověka dosahuje přibližně 1,6 až 1,8 metru čtverečního. Její hmotnost činí přibližně 7 procent celkové tělesné hmotnosti. Tloušťka kůže se v závislosti na její lokalizaci na jednotlivých částech těla pohybuje od 1 do 4 mm. Kůže se skládá ze tří hlavních vrstev: pokožka, škára a podkožní vazivo. Ke kůži řadíme také kožní adnexa (připojené orgány), jako jsou potní a mazové žlázy, nehty, vlasy atd. Struktura kůže je znázorněna na obrázku [11].



Obr.8: Histologie kůže [11]

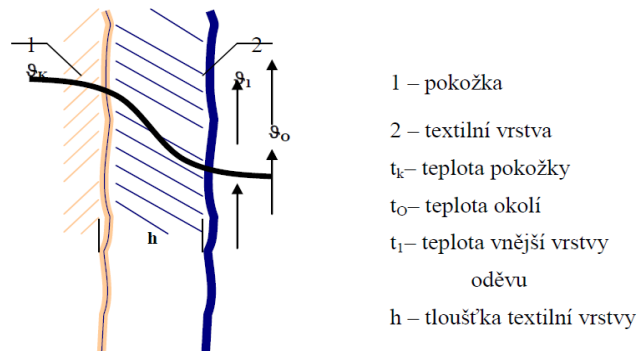
Pokožka slouží jako tepelná bariéra a jako ochrana celého těla před chladem a teplem. Postupem do horních vrstev pokožky dlaždice postupně rohovatí, odumírají a odlupují se. Škára je střední vrstva, která rozhoduje o pružnosti, mechanické odolnosti a pevnosti kůže. Součástí škóry jsou nervová zakončení, díky kterým vnímáme teplo, chlad a bolest. Poslední vrstvou je podkožní vazivo tvořící izolační vrstvu chránící proti teplotním vlivům i mechanickému poškození [11].

1.4 Přenos tepla mezi lidským tělem a okolním prostředím

Mezi živými organismy a jejich okolím dochází k přenosu tepla. Protože je přenos tepla složitý děj, zavádí se řada zjednodušení, která pak usnadní tvorbu modelů pro matematický popis sledovaných dějů. Sdílení tepla se může zhruba rozčlenit: tepelná výměna vedením (kondukcí), tepelná výměna prouděním (konvekci) a tepelná výměna sáláním (zářením, radiací).

1.4.1 Tepelná výměna vedením (kondukcí)

Kondukcce je vedení tepla, ke kterému dochází přímým kontaktem mezi dvěma subjekty, které si předávají tepelnou energii. Čím vyšší je rozdíl teplot mezi tělem a okolím, tím je přenos tepla vedením rychlejší. Jde o přenos tepla chodidly, dotykem při sezení, anebo celé kontaktní části při spánku, či při styku těla s vnější tepelnou bariérou [9].



Obr.9: Přenos tepla vedením [9]

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

$$q = -\lambda \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x} \quad (5)$$

Tepelná vodivost je u každého z materiálů různá, u kovů je tepelná vodivost nejvyšší. Polymery mají malou vodivost, která je v intervalu 0,2 až 0,4 [$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$]. Tepelná vodivost vody je o 25x vyšší než u polymerů, proto je nežádoucí, aby se voda vyskytovala v textilích [9].

Pro tento přenos tepla je důležitý vztah pro tepelný odpor. Silnější materiály jsou schopny udržet více tepla, proto je tepelný odpor vyšší. Tepelný odpor má vztah:

$$R = \frac{h}{\lambda} \quad (6)$$

h	tloušťka materiálu	[m]
λ	tepelná vodivost	[$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$]
R	tepelný odpor	[$\text{m}^2 \text{K}/\text{W}$]

Celkový tepelný odpor oděvu R_{CL} [$m^2 K/W$] závisí na celkové ploše jednotlivých vrstev, jednotlivé plochy se musí sčítat. Pro celkový tepelný odpor platí vztah:

$$R_{CL} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + \dots \quad (7)$$

Celkový tepelný tok je ovlivněn tepelným výkonem Q^* [W] prochází oděvem o ploše A_{CL} vedením v důsledku teplotního gradientu $\Delta t = (t_s - t_E)$ je dána rovnicí:

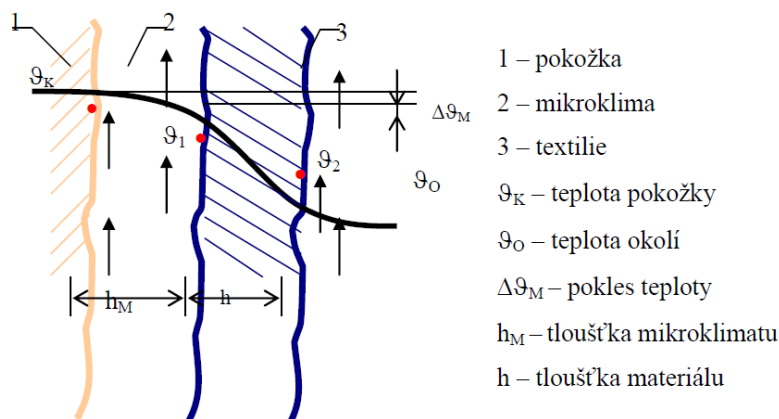
$$Q^* = A_{CL} \cdot q = \Delta t \cdot \frac{A_{CL}}{R_{TOT}} \quad (8)$$

$$R_{TOT} = R_{CL} + R_E \quad (9)$$

R_E je odpor vnější mezní vrstvy závisející na rychlosti proudění vzduchu.

1.4.2 Tepelná výměna prouděním (konvekce)

Tento přenos je nejvýznamnější přenos mezi člověkem a okolím, je to přenos tepla na základě molekul vody nebo plynu, které se pohybují rychlostí v [m/s]. Teplo se přenáší tak rychle, jak rychle proudí molekuly vody kolem objektu. [9].



Obr10: Přenos tepla prouděním [9]

Rozlišujeme dva typy proudění mezi člověkem a okolím. Laminární, kde jsou trajektorie pohybu částic v urovnaném stavu. Tloušťka tepelné mezní vrstvy je u tohoto typu proudění vyšší, než u proudění turbulentního. Proudění turbulentní je charakterizováno různou trajektorií drah částic tekutin. Turbulentní proudění nastává v okamžiku, kdy

bezrozměrné Reynoldsovo číslo R_e převyšuje hodnotu 2300. Toto číslo je definováno vztahem [9].:

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (10)$$

d	objem	[m]
ν	dynamická viskozita tekutiny	[m ² /s]
R_e	Reynoldsovo číslo	[-]

Koeficient přestupu tepla α_c [W/m²K] je relativně nízký pro přirozené proudění a vzrůstá pro vynucené proudění. Pro podmínky typické pro užití oděvu, koeficient přestupu tepla může být spočítán následujícími přibližnými vztahy:

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

$$\alpha = 3,5 - 5,2 \nu \quad \text{pro nucenou konvekci s rychlostí 0-1 m/s}$$

$$\alpha = 8,7 \nu^{0,6} \quad \text{při vyšších rychlostech proudění}$$

Teplotní spád při přestupu tepla prouděním uvnitř tepelné mezní vrstvy je důsledkem tzv. vnějšího tepelného odporu $R_{\text{mezní vrstvy}} = R_E$, který musí být zahrnut do celkového tepelného odporu R_{TOT} . R_E lze stanovit ze vztahu:

$$R_E = \frac{1}{\alpha} \quad (11)$$

α	koeficient přestupu tepla	[W/m ² .K]
----------	---------------------------	-----------------------

V oděvních systémech se část tepla přenáší i zářením, což lze vyjádřit lineárním koeficientem přestupu tepla zářením α_c [9].

1.4.3 Tepelná výměna vyzařováním (radiací)

Organismus tak jako jakýkoliv jiný hmotný objekt o teplotě vyšší než je hodnota absolutní nuly vyzařuje do okolí tepelné elektromagnetické záření. Pro lidský organismus je významné infračervené záření o vlnové délce 5–20 μm . Množství vyzařené energie je dle Stefan-Boltzmanova zákona přímo úměrné čtvrté mocnině absolutní teploty tělesa. Zcela stejným mechanismem však působí okolní tělesa na lidský organismus. Celková vyzářená energie je tedy dána rozdílem čtvrtých mocnin povrchové teploty lidského těla a teploty těles v jeho bezprostředním okolí. S radiací přímo souvisí i tzv. tepelná pohoda člověka v obytných prostorech, na níž má vliv jak teplota vzduchu v místnosti, tak i teplota povrchu stěn. (Součet těchto dvou teplot je cca 37 °C) [19].

Elektromagnetické záření se šíří vakuem o rychlosti $c = 3 \times 10^8$ [m/s]. Záření má vlnový charakter o délce vlny λ [m] s frekvencí záření f [MHz]. A lze ho vyjádřit:

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad (12)$$

Podle vlnových délek rozlišujeme záření gama, které má nejkratší vlnovou délku, dále pak záření rentgenové (RTG), extrémní ultrafialové (EUV), ultrafialové, optické, infračervené, submilimetrové, mikrovlnné a radiové. Pokud záření dopadne na povrch, může dojít k jeho odrazu, k jeho pohlcení nebo průchodu záření objektem. Lze to vyjádřit bilanční rovnicí:

$$E = E_r + E_a + E_t \quad (13)$$

Kde	E	hustota zářivého toku dopadajícího	[W/m ²]
	E_r	hustota zářivého toku odraženého	[W/m ²]
	E_a	hustota zářivého toku absorbovaného	[W/m ²]
	E_t	hustota zářivého toku prošlého objektem	[W/m ²]

Do rovnice zavedeme označení reflektance ρ , absorptance α a transmittance τ a vyplyne matematicky model 1. Kirchhoffova zákona:

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad (14)$$

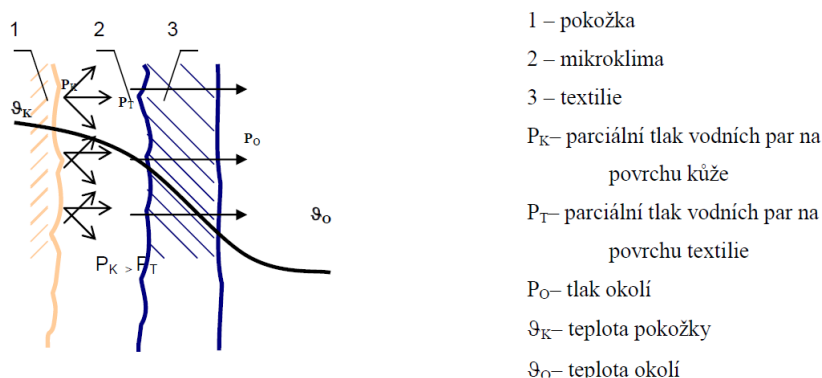
Reflektance – odrazivost, je poměr světla odraženého od objektu k celkovému množství světla dopadajícího na objekt.

Absorptance – pohlcení, je poměr množství světla absorbovaného v objektu k celkovému množství světla dopadajícího na objekt.

Transmittance – propustnost, je poměr množství světla, které prochází objektem, k celkovému množství světla dopadajícího na objekt [9].

1.4.4 Tepelná výměna odpařováním (evaporací)

Lidské tělo se brání přehřátí organismu produkcí potu, který se z povrchu kůže odpařuje a odebírá tak určité množství tepla. Při ztrátě 1 g vody vydává tělo energii 2,5 kJ. Při tělesné práci převládá odpařování (evaporace) nad sáláním (radiací). Výdej tepla evaporací je možný i při 100 % vlhkosti vzduchu, pokud je teplota kůže vyšší než teplota okolního vzduchu. Pro tento mechanismus jsou určující: rychlost proudění, teplota vzduchu a nasycení vzduchu vodními parami. Špatně proudící vlhký vzduch nad povrchem pokožky (vznikající například špatně zvoleným oblečením) odpařování výrazně zpomaluje. Dochází tím k nárůstu T_c i T_s a efektivita výdeje tepla výrazně klesá [9].



Obr.11: Přenos tepla evaporací [9]

1.4.5 Tepelná výměna dýcháním (respirací)

Při vdechování vzduchu jsou teplo a vodní páry přenášeny konvencí. Dýchání vnitřní (respirace) je výměna plynů mezi dýchacími cestami, krví a buňkami a jeho množství je dáno rozdílem vodních par vdechovaných a vydechovaných [9].

1.5 Odvod plynné vlhkosti z povrchu lidského těla

Vlhkost v plynné formě může být vedena obdobně jako teplo, a to vedením nebo prouděním. Množství takto odvedené vodní páry je závislé na gradientu mezi koncentrací (parciálním tlakem), nasycené páry na povrchu lidské pokožky a aktuální koncentrací (parciálním tlakem) vodních par v okolním prostředí.

Při dostatečném gradientu se odparem vlhkosti z povrchu lidské pokožky odvede teplo, které má při 20 °C hodnotu 2400 kJ/kg. Nazývá se výparné teplo vody a definice říká, že tělo při odpaření 1 kg vody ztrácí tepelnou energii o hodnotě 2400 kJ. Tím, že je hodnota výparného tepla tak vysoká je umožněno dosáhnout termofyziologického komfortu i při vysokých teplotách [10].

1.5.1 Odvod kapalné vlhkosti z povrchu lidského těla

Ochlazovací efekt potu vznikne pouze při jeho odpaření z lidské pokožky. Jestliže povrch pokožky nic nezakrývá, je jedinou podmínkou fungování tohoto mechanismu dostatečný rozdíl parciálních tlaků páry. Oblečení tento způsob odvodu znemožňuje, a tak je situace u oblečeného člověka odlišná a řídí se jinými principy. Odvod vlhkosti skrze textilii lze rozdělit do tří skupin [10].

Difuzí - vlhkost se odvádí prostřednictvím pórů textilie. Odvod je závislý na čtyřech různých parametrech, a to na koeficientu porozity textilie, délce pórů, parciálním tlaku mezi pokožkou a textilií a parciálním tlaku vnějšího okolí. Čím vyšší je porozita, tím lépe textilie pot odvede, naopak čím jsou póry delší, tím se zvyšuje odpor pro vedení. Ovšem zásadní vliv má ale parciální tlak, vniklá vlhkost je odváděna směrem k nižšímu parciálnímu tlaku. Pokud tedy tlak okolí bude nižší, pot nebude přes textilii pryč od pokožky odveden [10].

Kapilárně - pot se odpařuje do první textilní vrstvy, která je tvořena vlákny, která svým tvarováním zvyšují svou drsnost, a ty jsou tak více kompaktní. Jde o takzvaný knotový efekt. Pokud jsou tato vlákna uspořádána blízko sebe, je kapilární odvod vysoce účinný [10].

Sorbci - odvod vlhkosti sorpcí je spojen se schopností textilie přijímat molekuly vody. Sorbční odvod je tedy závislý na četnosti hydrofilních skupin ve vlákne, na které se pak molekuly vody vážou. Tento proces odvodu vlhka je však nejpomalejší [10].

1.6 Sorpční vlastnosti

Absorpce zahrnuje různé fyzikální pochody, jako vstřebávání par, plynů, kapalin a energie. Pro textilní vlákno je nejdůležitější sorbční vlastností pohlcování vodní páry. U tohoto druhu fyzikálního jevu rozlišujeme několik druhů sorpcí – absorpci, adsorpci a desorpci.

Absorpce

Je proces, kdy dochází k pohlcování sorbované látky a její difúzi do hmoty a následnému pronikání mezi atomy a molekuly sorbentu. Vlivem povrchových sil dochází při tomto procesu k hromadění kapaliny, plynu, páry nebo rozpuštěných částic na povrchu tuhé látky. Zadržené množství závisí na koncentraci látky, která se nachází v příslušné fázi. Molekuly uvnitř látky jsou v rovnováze, protože na sebe působí vnitřními silami. Molekuly, které jsou na povrchu látky, jsou v rovnováze pouze částečně, což znamená, že v rovnováze jsou jen, ty, které působí dovnitř látky. Síly působící navenek jsou tedy volné a mohou přitahovat částice z okolí [7].

1.6.1 Sorpční vlastnosti vláken

Sorpční schopnost vláken je dána jejich molekulární strukturou, resp. četností hydrofilních skupin, na které se vážou molekuly vody. Současně s vnikem vody do vlákna toto bobtná, tj. zvětšuje objem, resp. plochu průřezu, a mění mechanické vlastnosti. Kromě dvou vláken (len a bavlna) u všech ostatních klesá hodnota pevnosti za mokra nebo je téměř konstantní (jen u nesorpčních). Z uvedených vlastností dále vyplývají změny, ke kterým

dochází např. při údržbě textilních výrobků, jakými jsou praní a čištění, jako je např. sráživost, snížená barevnost [7].



Obr.12: Sorpční vlastnosti vláken [7]

Hygroskopičnost

Je druhem sorpce, která se vztahuje ke schopnosti vlákna přijímat a zadržovat vlhkost. Vlákná jsou po určité mez schopna vyrovnávat svou vnitřní vlhkost s vlhkostí vzduchu, aniž by došlo k projevení vlhkosti na povrchu. Maximální navlhavost je u každého vlákna jiná. Vždy je ale vyšší než vlhkost, která je obchodně přípustná. Dovolená vlhkost je vztažena na suchou váhu. Vyjadřuje se tedy v % sušiny. Bavlna má přípustnou obchodní vlhkost 8,5% [7].

Bobtnání

Probíhá při namáčení vlákna do vody nebo do jiné kapaliny. Vláknko mění svůj objem. Bobtnání závisí na teplotě, tlaku a času. Při bobtnání se výrazně zvětšuje objem vlákna nežli jeho délka. Bobtnání v šířce je způsobeno tím, že amorfni struktury vlákna jsou uloženy na šířku. Krystalické struktury jsou uloženy převážně podél vláken, proto je bobtnání v délce méně výrazné. Molekuly vody se při bobtnání dostávají do amorfni částí vlákna, do krystalické části pronikají jen velmi málo [7].

Navlhavost

Je schopnost absorbovat vodu. Důležité je zejména pohlcování atmosférické vlhkosti. Vlhkost pohlčená vlákny závisí na samotném materiálu, a také na teplotě a relativní vlhkosti. Pohlcování vody vlákny u vláken téhož druhu roste, pokud se zvyšuje relativní vlhkost vzduchu, naopak klesá, pokud roste teplota. Textilní vlákna přijímají vlhkost, dokud nedosáhnou rovnovážného stavu - jev nazývaný absorpce.

Pokud dochází ke klesání relativní vlhkosti, vlákna část své vlhkosti ztrácejí, protože tuto vlhkost odevzdávají okolnímu vzduchu až do rovnovážného stavu s okolím - jev zvaný desorpce. Rovnováha je dosažena, když nepřibývá ani neubývá hmotnost vlákenného materiálu. Pohlcování nebo vydávání vlhkosti po změně klimatických podmínek nějakou dobu trvá. Rovnovážný stav je nazýván sorpční rovnováhou. Na to, aby vlákno bylo v rovnovážném stavu, je třeba působení 6 až 8 hodin. Pro dosažení přesné sorpční rovnováhy je třeba někdy i několika dní, protože v blízkosti rovnovážného stavu probíhá změna velmi pomalu. Za normálních atmosférických podmínek je rovnovážného stavu vlákenného materiálu dosaženo asi po 24 hodinách. Rovnovážná vlhkost je vlhkost vláken, vyjádřená poměrem množství vody k váze suchého vlákna [17].

1.6.2 Typy vláken dle sorpčních vlastností

Hydrofilní vlákna

Porézní (mají k vodě afinitu) jsou schopna vázat a transportovat vodu. Mezi hydrofilní patří všechna vlákna přírodní a chemická obsahující hydrofilní skupiny [17].

Hydrofobní vlákna

Neporézní (není afinita k vodě) tj. nemohou vázat vodu specifickými vazbami a jejich povrch je nesmáčivý. Voda se u svazků těchto vláken šíří kapilárními silami. V polymerech působí voda především jako plastifikátor snižující teplotu zesklnění a zvyšující tažnost. Voda ovlivňuje pozitivně také elektrickou vodivost a snižuje měrnou hmotnost [17].

1.6.3 Druhy vlhkostí ve vlákně

Můžeme rozlišit celkem čtyři druhy vlhkosti. Tyto druhy jsou děleny podle toho, jak je voda vázána na vlákenný materiál:

Adhezní vlhkost: Udržuje se především na povrchu vláken a lze ji odstranit mechanickými účinky.

Kapilární vlhkost: Může být v kapilárách jednotlivých vláken, v dutinách mezi jednotlivými vlákny příze nebo plošné textilie. Tato vlhkost se dá odstranit termickým sušením.

Chemicky vázaná voda: S chemickou strukturou vlákna tvoří chemickou sloučeninu. Pokud bychom chemicky vázanou vlhkost odstranili, došlo by k narušení struktury materiálu.

Hygroskopicky vázaná vlhkost: Je to vlhkost, kterou pojmu vlákna ze vzduchu. Je možné ji odstranit pouze při teplotě vyšší, než je teplota nasycených par při daném tlaku okolí [7].

1.7 Hodnocení termofyziologického komfortu

Termofyziologický komfort poskytovaný oděvem resp. textilií lze hodnotit na základě zjištěných (naměřených/získaných) termofyziologických vlastností textilií. Zjednodušeně ho lze charakterizovat pomocí dvou základních parametrů: tepelného a výparného odporu. Existuje několik metod, kterými lze tyto vlastnosti měřit. Tyto metody jsou popsány v následujícím textu [20].

1.7.1 Tepelný odpor

Tepelný odpor R_{ct} [$m^2.K/W$] vyjadřuje odpor proti prostupu tepla vzorkem. Je dán rozdílem teploty t_m , z jedné strany vzorku a teploty vzduchu t_a z druhé strany vzorku., při přenosu tepla konvekcí. Stanovení tepelného odporu je dáno normou ISO 11092 dle vzorce:

$$R_{ct} = (t_m - t_a) \cdot (q_v^{-1} - q_o^{-1}) \quad [m^2.K/W] \quad (15)$$

t_m	teplota povrchu měřicí hlavice	[°C]
t_a	teplota vzduchu proudícího kanálem podél měřicí hlavice	[°C]
q_v	tepelný tok, procházející hlavicí zakrytou měřeným vzorkem	[W/m ²]
q_o	tepelný tok, procházející nezakrytou měřicí hlavicí	[W/m ²]

1.7.2 Výparný odpor

Výparný odpor klade látka při prostupu vodní páry, čím menší je, tím je lepší propustnost vodních par. Udává se veličinou R_{et} [$m^2.Pa/W$] a hodnocení dle normy ISO 11092 dnes nejčastěji používanou metodou.

$$R_{et} = (P_m - P_a) \cdot (q_v^{-1} - q_o^{-1}) \quad [m^2.Pa/W] \quad (16)$$

P_a	parciální tlak vodní páry ve vzduchu	[Pa]
P_m	parciální tlak na povrchu měřicí hlavičky	[Pa]
q_v	tepelný tok, procházející hlavicí zakrytou měřeným vzorkem	[W/m ²]
q_o	tepelný tok, procházející nezakrytou měřicí hlavicí	[W/m ²]

1.7.3 Relativní propustnost vodních par

Propustnost vodních par je definována jako pronikání částic vodní páry, kterou člověk vyprodukuje, přes oděv do vnějšího okolí. Relativní propustnost textilií pro vodní páry p [%] je nenormalizovaný, ale velmi praktický parametr, kde 100 % propustnost představuje tok q_o vyvozený odparem z volné hladiny o stejném průměru jaký má měřený vzorek. Zakrytí této hladiny měřeným vzorkem se pak tepelný tok sníží na hodnotu q_v . Platí:

$$p = 100 \cdot \left(\frac{q_v}{q_o}\right) \quad [%] \quad (17)$$

q_v	tepelný tok, procházející hlavicí zakrytou měřeným vzorkem	[W/m ²]
q_o	tepelný tok, procházející nezakrytou měřicí hlavicí	[W/m ²]

1.7.4 Paropropustnost

Velichinou paropropustnosti je p [$g/m^2.24hod$]. Jde o veličinu starší než všechny výše uváděné, přesto se s ní spotřebitelé setkají častěji.

Tabulka 1: Klasifikace paropropustnosti [10]

Výparný odpor	Vyhodnocení paropropustnosti	Hodnota paropropustnosti
Ret < 6	velmi dobrá	Nad 20 000 g/m ² . 24 hod.
Ret 6 - 13	dobrá	20 000 - 9000 g/m ² . 24 hod.
Ret 13 - 20	uspokojivá	9000 - 5000 g/m ² . 24 hod.
Ret > 20	neuspokojivá	Nad 5000 g/m ² . 24 hod.

1.7.5 Metoda DREO

Metodou DREO lze měřit výparný odpor. Při této metodě je upevněn vzorek mezi dvě polopropustné destičky. Spodní destička pod vzorkem odděluje vzorek od přímého kontaktu s vodou, která je pod destičkou umístěna. Nad vrchní destičkou proudí suchý vzduch, který má také ochrannou funkci. Voda, pod spodní vrstvou je zahřívána, tím se vytváří vodní pára, která prochází nejdříve první polopropustnou vrstvou, dále vzorkem materiálu podle schopností materiálu propouštět vodní páry, následně prochází druhou polopropustnou vrstvou a proudem vzduchu je odvedena pryč. Měření se provádí asi 15 minut. Zásadní je zde ztráta vody, která je zjištěna odečítáním na stupnici skleněné kapiláry [9].

1.7.6 Skin model

Skin modelu se říká simulátor potíci se lidské pokožky, pracuje na principu vyhřívání a zavlhčení porézní desky, kde dochází k přenosu tepla a hmoty, stejně jako mezi lidskou pokožkou a okolím. Měření se provádí buď za stacionárních podmínek v klimatickém prostředí, nebo za podmínek nestacionárních, tj. kombinací různých teplot, relativních vlhkostí a různou rychlostí proudění vzduchu [9].

Přístroj PERMETEST

Tento přístroj je svou podstatou tzv. SKIN MODEL malých rozměrů založený na přímém měření tepelného toku q procházejícího povrchem tepelného modelu lidské pokožky. Přístroj měří bez mechanického poškození materiálu tepelný odpor, výparný odpor a relativní propustnost vodních par během pár minut (cca 5 minut). Povrch modelu (měřicí hlavice) je porézní, zvlhčován a překrytý separační fólií, která zabraňuje styku s vodou. Na povrch hlavice je přiložen vzorek, jehož vnější strana je vystavena proudění vzduchu. Měřicí hlavice je zahřívána/ochlazována na teplotu okolního vzduchu, který je do přístroje nasáván. Před měřením musí být přístroj zkalibrován příslušnou kalibrační textilií, při měření se nejdříve změří tzv. referenční vrstva (bez vzorku) a až poté probíhá měření daného vzorku.



Obr. 13: Měřicí přístroj Permetest [9]

2 Experimentální část

Cílem diplomové práce bylo zjistit, jaký vliv má vzduchová mezera mezi pokožkou a textilií na celkový chladicí tepelný tok a celkový výparný odpor. Podstatou měření byla simulace stavu, kdy je člověk oblečen do jedné vrstvy mokrého oděvu.

Studie efektu vzduchové vrstvy na RWVP vyžadují použití rychlejších a přesnějších měřících metod než jsou běžně používané. Proto byl v této práci použit přístroj PERMETEST, který umožňuje stanovení RWVP [%] a výparného odporu Ret [$\text{m}^2\text{Pa/W}$] suchých i mokrých textilií během 3 až 5 minut. Vzduchové mezery 2, 4, 5, 7, 8 a 10 mm mezi „pokožkou“-měřící hlavicí přístroje a tkaninou byly vytvořeny pomocí mezikruží o příslušné tloušťce h_m . Pomocí tohoto experimentálního měření bylo zjištěno, jaký vliv má vzduchová mezera mezi pokožkou a textilií na chladicí tepelný tok (RWVP) a výparný odpor (Ret). Celkový chladicí účinek, který člověk pocítuje, nastane, pouze v situaci, kdy je textilní materiál mokrý. Závisí na tom i to, zdali se mokrý materiál nachází přímo na pokožce nebo v nějaké určité vzdálenosti od ní. Testované vzorky byly proměřovány v suchém stavu a následně zvlhčeny na 5 %, 10 %, 20 %, 50 %, 70 % a 100 % vlhkost. V průběhu měření vzorků docházelo ke značné ztrátě vlhkosti, pokud bylo procento zvlhčení vysoké, naopak se snižujícím se obsahem vlhkosti v materiálu docházelo ke ztrátě vlhkosti minimálně. Vzorky byly měřeny v klimatizované laboratoři při teplotě 23°C s relativní vlhkostí 45%. Měření každého vzorku se opakovalo pětkrát ve všech stupních vlhkosti a všech velikostech mezních vrstev.

Data, která byla naměřena v experimentu, byla poté statisticky zpracována s využitím analýzy rozptylu - ANOVA. Následně byl graficky vyhodnocen vliv vzduchové mezery na chladicí tepelný tok a výparný odpor textilie.

V experimentu bylo zjišťováno, jaký má vliv vzduchová mezera a složení materiálů na chladicí tepelný tok a výparný odpor u měření. Každý vzorek materiálu se měřil v šesti stupních vlhkosti s vloženou vzduchovou mezerou h_m .

2.1 Testované materiály


Pro tento experiment bylo vybráno šest vzorků, které se lišily materiálovým složením a konstrukčními parametry. Dva vzorky byly z pleteniny, dva vzorky z tkaniny ve vazbě keprové a dva vzorky z tkaniny ve vazbě plátnové. Vzorky byly vyrobeny ze 100 % polyesteru nebo ze 100 % bavlny o rozměrech 20 x 20 cm.




Obr.14: Vzorky použité v experimentu

Přesnější popis vzorků je uveden v následujících tabulkách.


Tabulka 2: Testované materiály – VZ1 100 % polyester - pletenina

Popis	Vzorek 1	
Složení materiálu	100% polyester	
Konstrukční parametry	pletenina zátažná	
Tloušťka [mm]	0,43	
Hmotnost [g]	5,05	
Plošná hmotnost [g/m²]	126,3	
Velikost vzorku	20x20cm	


Tabulka 3: Testované materiály – VZ2 100 % bavlna - pletenina

Popis	Vzorek 2	
Složení materiálu	100% bavlna	
Konstrukční parametry	pletenina zátažná	
Tloušťka [mm]	0,57	
Hmotnost [g]	5,91	
Plošná hmotnost [g/m²]	147,8	
Velikost vzorku	20x20cm	


Tabulka 4: Testované materiály – VZ3 100 % polyester - tkanina

Popis	Vzorek 3	
Složení materiálu	100% polyester	
Konstrukční parametry	tkanina vazba keprová	
Tloušťka [mm]	0,32	
Hmotnost [g]	5,67	
Plošná hmotnost [g/m²]	141,7	
Velikost vzorku	20x20cm	


Tabulka 5: Testované materiály – VZ4 100 % polyester - tkanina

Popis	Vzorek 4	
Složení materiálu	100% polyester	
Konstrukční parametry	tkanina plátňová vazba	
Tloušťka [mm]	0,37	
Hmotnost [g]	5,96	
Plošná hmotnost [g/m²]	149,2	
Velikost vzorku	20x20cm	

Tabulka 6: Testované materiály – VZ5 100 % bavlna - tkanina

Popis	Vzorek 5	
Složení materiálu	100% bavlna	
Konstrukční parametry	tkanina vazba plátňová	
Tloušťka [mm]	0,33	
Hmotnost [g]	7,90	
Plošná hmotnost [g/m²]	197,5	
Velikost vzorku	20x20cm	

Tabulka 7: Testované materiály – VZ6 100 % bavlna - tkanina

Popis	Vzorek 6	
Složení materiálu	100% bavlna	
Konstrukční parametry	tkanina vazba keprová	
Tloušťka [mm]	0,26	
Hmotnost [g]	7,16	
Plošná hmotnost [g/m²]	179,0	
Velikost vzorku	20x20cm	

Nastříhané vzorky o rozměru 20x20 cm byly zváženy, a poté vloženy do sušicího boxu na dobu jedné hodiny při teplotě 105°C. Po uplynutí jedné hodiny byly vyndány, zváženy a vloženy zpět do sušicího boxu na další hodinu. Po uplynutí této doby byly opět zváženy, a pokud se hmotnost nezměnila, nemuselo se nadále v sušení pokračovat. Tímto způsobem byla zjištěna hmotnost ultra suchých vzorků bez přítomnosti vlhkosti.

Cílem bylo změřit každý vzorek s různými obsahy vlhkosti - 5, 10, 20, 50, 70 a 100%. Pro dosažení požadovaných vlhkostí byly vzorky ponořeny do nádoby s dostatečným množstvím destilované vody, kam bylo přidáno i malé množství smáčedla, aby byla vlhkost vpravena do vzorků stejnoměrně. V nádobě byly ponechány po dobu 30 minut z důvodu dostatečného nasáknutí vodou. Po uplynutí doby smáčení byly vzorky vyjmuty a zváženy. Podle vzorce byla vypočítána vlhkost vzorků U:

$$U = \frac{(m_v - m_s)}{m_s} \cdot 100 \quad [\%] \quad (18)$$

- U vlhkost vzorku [%]
- m_s hmotnost ultra-suchého vzorku [g]
- m_v hmotnost vlhkého vzorku [g]

Pokud dosažená vlhkost vzorku byla vyšší než požadovaná, byl vzorek dále sušen v boxu při teplotě 105°C, kde byl ponechán podle potřeby, dokud požadované vlhkosti nebylo dosaženo. Jestliže byla vlhkost po vyjmutí nižší než požadovaná, celý proces smáčení a sušení se opakoval, dokud nebylo dosaženo optima (požadované vlhkosti).

2.2 Vzduchová mezera

Po přípravě vzorků o daných rozměrech následovalo zhotovení mezikruží, které simulovalo vzduchovou mezeru mezi pokožkou a textilií. K tomu byl použit plošný materiál s prodejním označením IFO pěna-odlehčená o tloušťkách 2 mm, 4mm, 5mm, 7mm, 8 mm, 10 mm. Mezikruží bylo tvarováno přímo na hlavici Permetestu, tak aby ji kopírovalo, pokud by mezikruží přesahovalo, bylo by pro přístroj komplikované hodnoty naměřit.

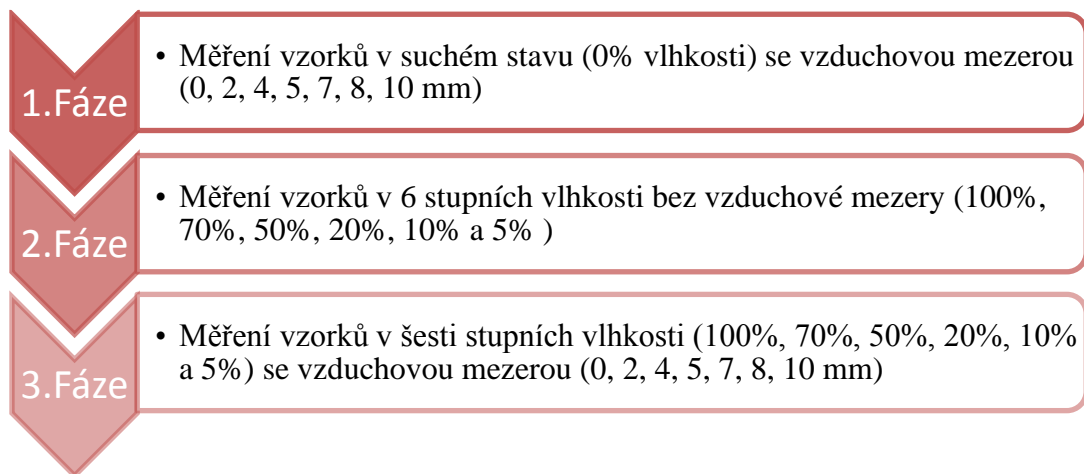


Obr.15: Vzduchové mezery použité v experimentu

2.3 Metodika měření

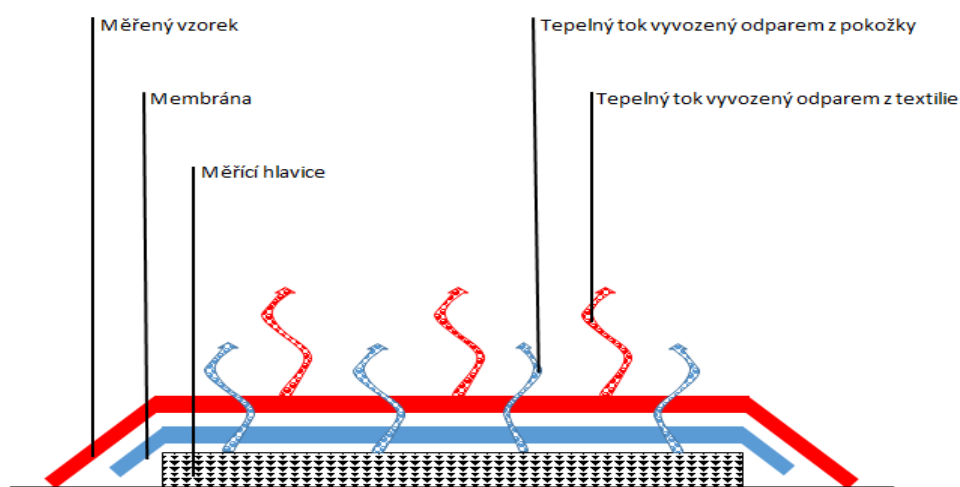
Experiment se sestával z měření RWVP a Ret vzorků v suchém stavu bez vložení mezikruží, následně stejného měření i s různými stupni obsahu vlhkosti. Vzorky o různém stupni vlhkosti byly dále měřeny s vloženým mezikružím 2, 4, 7, 8 a 10mm.

Jednotlivé kroky postupu měření při stanovení RWVP a Ret v suchém a mokřém stavu jsou popsány níže:



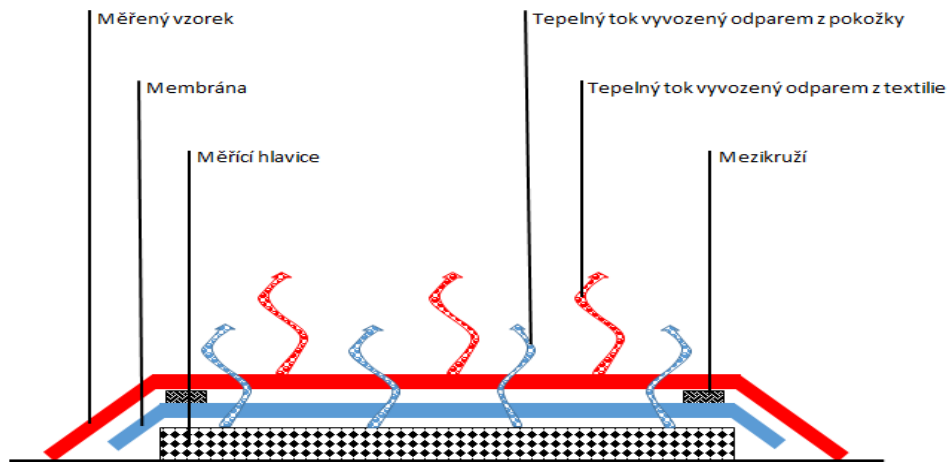
Metodika měření a popis fází

Pomocí přístroje Permetest byl zaznamenán tepelný tok vycházející z měřicí hlavice a vystihující tepelný tok vniklý odparem potu z povrchu lidské pokožky. Dále byl zaznamenán tepelný tok vzniklý odpařováním vody z povrchu vzorku. Hlavice přístroje byla překryta polopropustnou membránou, která propouští pouze vodní páru, nikoli vodu, zároveň byla hlavice zahřívána a zavlhčována. Toto schéma bylo použito jako simulace pocení při běžném užívání oděvu a je zobrazeno na následujícím obrázku. Je zde znázorněn chladící účinek mokré textilie ležící na pokožce.



Obr. 16: Simulace celkového chladícího toku mokré textilie bez mezní vrstvy

Dále bylo na základě těchto dvou tepelných toků možné stanovit celkový výparný odpor (R_{et}), celkový chladící tepelný tok (RWVP). Na tom, jak velký chladící efekt nastane, závisí i tepelný odpor vzduchové vrstvy mezi tkaninou a pokožkou. Mezivrstvu mezi textilií a polopropustnou membránou Permetestu tvořilo mezikruží o různých tloušťkách. Toto schéma je na následujícím obrázku.



Obr.17: Simulace vzduchové mezery mezi pokožkou a textilií

Při měření vzorků za sucha byl sledován tepelný tok, paropropustnost a výparný odpor, který se měnil s mezní vrstvou, která byla aplikována od 0-10mm. Tento postup bychom mohli přirovnat stavu, kdy je člověk oblečen do jedné vrstvy suchého oděvu.

Následně byly měřeny vzorky za mokra, kde byl sledován chladící efekt mokré tkaniny RWVP a R_{et} , kde se zvyšující mezní vrstvou (také od 0-10mm) se měnily stupně vlhkosti vzorku. Tato simulace stavu se podobá pocitu, kdy je člověk oblečen do jedné vrstvy mokrého oděvu.

3 Vyhodnocení dat

V této části byla vyhodnocena data, která byla získána měřením na přístroji Permetest, kde byl měřen chladicí tepelný tok a výparný odpor mezi mezivrstvou a použitým materiálem. K vyhodnocení dat byla použita analýza rozptylu – Anova, u které jsou nejdůležitější hodnoty, a z těch se určují, zda faktory mají či nemají vliv. Záměrem bylo zjistit, zdali má mezní vrstva vliv na RWVP a RET.

3.1 Analýza rozptylu ANOVA

V praktické části jsou sledovány účinky několika různých podmínek (faktorů), kterým jsou vystaveny různé skupiny. Podmínky působí na jednotlivé skupiny reprezentují v těchto případech různé pokusné zásahy (z nichž jeden může představovat standardní ošetření, které slouží jako kontrola). V těchto případech nás bude zajímat, zda existují rozdíly mezi jednotlivými skupinami, tzn. potřebujeme porovnat jejich průměry navzájem pro všechny možné páry. Základním úkolem analýzy rozptylu je posouzení hlavních a interakčních účinků jednotlivých faktorů na závisle proměnnou (proměnné) kvantitativního typu [18].

3.2 Vícefaktorová analýza rozptylu

V praxi se často setkáváme s pokusy, kdy sledujeme více působících faktorů. Pokud zkoumáme vliv dvou a více faktorů působících na závisle proměnnou, hovoříme o vícefaktorové analýze rozptylu. Při tomto postupu rozlišujeme mezi hlavními efekty a efekty, které jsou způsobeny interakcemi mezi faktory při působení na závisle proměnnou. Hlavní efekt je přímý efekt faktoru na závisle proměnnou. Interakční efekt představuje spojený efekt kombinace dvou nebo více faktorů na závisle proměnnou.

Nejjednodušším případem vícefaktorové analýzy rozptylu je analýza rozptylu dvojného třídění (two-way ANOVA), při níž zkoumáme vliv dvou faktorů na závisle proměnnou. Interpretace výsledků analýzy rozptylu pro dvojné třídění závisí silně na přítomnosti interakcí mezi faktory. Interakce představují jediný podstatný problém při zobecnění postupu analýzy rozptylu jednoduchého třídění pro použití při hodnocení působení více faktorů. Konečná interpretace výsledků analýzy rozptylu dvojného (i vícenásobného)

třídění pak spočívá ve vyhodnocení vlivu kombinací hlavních a interakčních efektů působících v experimentu [18].

Pro zjištění vlivu rozdílných vlastností vzorků byla zvolena analýza rozptylu – ANOVA a regresní analýza. Výsledky a grafy byly zpracovány v programu Minitab. Pro porovnání vlivu materiálu a konstrukčních parametrů vzorků, byly vzorky rozděleny do několika skupin. U každé dané skupiny byly zobrazeny výsledné RWVP, R_{et} a to pro každou ze šesti mezních vrstev (2, 4, 5, 7, 8, 10mm) v kombinaci s jednotlivými zavlhčeními (0, 5, 10, 20, 50, 70, 100%). Měření každého vzorku se opakovalo pětkrát ve všech stupních vlhkosti a všech velikostech mezních vrstev.

- První skupinou byly vzorky z pleteniny. Vzorek VZ1 se lišil od VZ2 pouze v tom, že VZ1 byl materiálového složení ze 100 % polyesteru, VZ2 byl ze 100 % bavlny.
- V druhé skupině byly tkaniny ve vazbě keprové. VZ3 byl ze 100 % polyesteru a VZ6 byl ze 100 % bavlny
- Třetí skupinou byly vzorky ve vazbě plátňové. Vzorek VZ4 byl ze 100 % polyesteru a VZ5 ze 100 % bavlny.
- V poslední skupině byly komplexně hodnoceny všechny vzorky tkanin. Porovnávají tak byly data pro vzorky VZ3 ze 100 % polyesteru ve vazbě keprové, vzorek VZ4 ze 100 % polyesteru ve vazbě plátňové, vzorek VZ5 ze 100 % bavlny ve vazbě plátňové a vzorek VZ6 ze 100 % bavlny ve vazbě keprové.

V tabulkách jsou vyhodnoceny zvlášť výsledky pro R_{et} a RWVP. Každá mezivrstva je zobrazena zvlášť s p-hodnotou pro vzorek a zavlhčení. Pokud je p-hodnota větší než 0,05 tak faktor nemá vliv, ale jeli menší, než 0,05 tak je ovlivněn faktorem.

Tab.8: Souhrnná tabulka naměřených hodnot RWVP a R_{et} - Regresní analýza

vzorek	měřená veličina	rovnice	p-hodnota constant	p-hodnota zavlhčení	p-hodnota mezivrstva	p-hodnota regrese
VZ1	R_{et}	průměr R_{et} = 2,41 - 0,0232 zavlhčení + 1,15 mezivrstva [mm]	0,000	0,009	0,000	0,000
VZ2	R_{et}	průměr R_{et} = 3,40 - 0,0257 zavlhčení + 1,22 mezivrstva [mm]	0,000	0,000	0,000	0,000
VZ3	R_{et}	průměr R_{et} = 2,54 - 0,0188 zavlhčení + 1,19 mezivrstva [mm]	0,000	0,008	0,000	0,000
VZ4	R_{et}	průměr R_{et} = 2,66 - 0,0276 zavlhčení + 1,20 mezivrstva [mm]	0,000	0,000	0,000	0,000
VZ5	R_{et}	průměr R_{et} = 1,96 - 0,0262 zavlhčení + 1,35 mezivrstva [mm]	0,000	0,000	0,000	0,000
VZ6	R_{et}	průměr R_{et} = 2,71 - 0,0333 zavlhčení + 1,22 mezivrstva [mm]	0,000	0,000	0,000	0,000
VZ1	RWVP	průměr RWVP = 75,9 + 0,0479 zavlhčení - 4,80 mezivrstva [mm]	0,000	0,077	0,000	0,000
VZ2	RWVP	průměr RWVP = 67,7 + 0,0301 zavlhčení - 3,96 mezivrstva [mm]	0,000	0,190	0,000	0,000
VZ3	RWVP	průměr RWVP = 76,2 + 0,0336 zavlhčení - 4,57 mezivrstva [mm]	0,000	0,354	0,000	0,000
VZ4	RWVP	průměr RWVP = 72,3 + 0,143 zavlhčení - 4,75 mezivrstva [mm]	0,000	0,000	0,000	0,000
VZ5	RWVP	průměr RWVP = 73,5 + 0,0803 zavlhčení - 5,48 mezivrstva [mm]	0,000	0,002	0,000	0,000
VZ6	RWVP	průměr RWVP = 69,2 + 0,0958 zavlhčení - 4,78 mezivrstva [mm]	0,000	0,004	0,000	0,000

Pro zjištění zkoumaného regresního parametru ve zvoleném modelu se vychází z t-testu o nulové hodnotě regresního parametru. Jeho primární hypotézou H_0 je tvrzení, že regresní parametr je pro model nevhodný. Alternativní hypotézou H_1 je tvrzení, že regresor je

pro model vhodný. Indikátorem, který rozhodne zamítnutí, či přijetí hypotézy, je testová p-hodnota, která se porovnává s hodnotou α , kde α představuje zvolenou hladinu významnosti v procentuálním vyjádření $100 \times (1-\alpha)$, na které se daná hypotéza testuje. V tomto případě analýzy byla zvolena standardní hladina významnosti 95 %. Pro zamítnutí hypotézy H_0 musí platit vztah, že p-hodnota je menší než α , p-hodnota pro přijetí alternativní hypotézy H_1 nesměla dosáhnout hodnoty 0,05 [18].

V souhrnné tabulce regresní analýzy byly vyhodnoceny p-hodnoty pro odhad regresních koeficientů. Absolutní hodnoty konstant byly pro všechny regresní rovnice nulové, z toho vyplývá, že pokud je výsledek menší než 0,05 má faktor vliv na jednotlivé p-hodnoty. Nulové p-hodnoty vyšly také pro odhad regresních koeficientů u mezivrstev a celkový význam regresních rovnic. P-hodnoty u zavlhčení mají vliv pouze u některých hodnot, u vzorků VZ1, VZ2, VZ3 pro RWVP však vliv nemají.

3.3 Vyhodnocení naměřených dat pomocí analýzy rozptylu VZ1 a VZ2

V následujících tabulkách jsou materiály rozdělené do skupin. Hodnoceny byly zvlášť pleteniny a tkaniny, tkaniny byly dále děleny podle vazeb a následně vyhodnoceny celkově.

V tabulce 9 jsou hodnoceny vzorky VZ1 a VZ2, jedná se v obou případech o pleteniny, pouze z jiného materiálového složení. Bylo zvoleno členění, které tyto dva materiály porovnálo.

Tab.9: Tabulka naměřených hodnot RWVP a R_{et} - Anova pro vzorky VZ1 a VZ2

vzorek	měřená veličina	mezivrstva	p-hodnota vzorek	p-hodnota zavlhčení
VZ1 a VZ2	R_{et}	mezivrstva [mm] = 0	0,003	0,326
VZ1 a VZ2	R_{et}	mezivrstva [mm] = 2	0,003	0,031
VZ1 a VZ2	R_{et}	mezivrstva [mm] = 4	0,128	0,277
VZ1 a VZ2	R_{et}	mezivrstva [mm] = 5	0,203	0,032
VZ1 a VZ2	R_{et}	mezivrstva [mm] = 7	0,262	0,377
VZ1 a VZ2	R_{et}	mezivrstva [mm] = 8	0,141	0,069
VZ1 a VZ2	R_{et}	mezivrstva [mm] = 10	0,250	0,319
VZ1 a VZ2	RWVP	mezivrstva [mm] = 0	0,005	0,610
VZ1 a VZ2	RWVP	mezivrstva [mm] = 2	0,009	0,065
VZ1 a VZ2	RWVP	mezivrstva [mm] = 4	0,147	0,620
VZ1 a VZ2	RWVP	mezivrstva [mm] = 5	0,241	0,518
VZ1 a VZ2	RWVP	mezivrstva [mm] = 7	0,090	0,257
VZ1 a VZ2	RWVP	mezivrstva [mm] = 8	0,527	0,697
VZ1 a VZ2	RWVP	mezivrstva [mm] = 10	0,150	0,089

V této tabulce je řešena analýza rozptylu, jeho primární hypotézou H_0 je tvrzení, že regresní parametr je pro model nevhodný. Alternativní hypotézou H_1 je tvrzení, že regresor je pro model vhodný. Pro zamítnutí hypotézy H_0 musí platit vztah, že p-hodnota je menší než α , p-hodnota pro přijetí alternativní hypotézy H_1 nesměla dosáhnout hodnoty 0,05 [18].

V tabulce naměřených hodnot RWVP a R_{et} byly vyhodnoceny analýzou rozptylu vzorky VZ1 a VZ2, které měly stejné konstrukční parametry, jednalo se o zátažné pleteniny, ovšem materiálové složení bylo rozdílné. Z vyhodnocených dat bylo zřejmé, že materiálové složení vzorků má vliv pouze pro mezní vrstvu 0 a 2 mm, jak pro hodnoty R_{et} , tak hodnoty RWVP. Po porovnání bylo také zjištěno, že pro větší mezní vrstvy tam již vliv materiálu na tyto vlastnosti není tak zásadní.

Ve sloupci, kde byl řešen vliv zavlhčení, hodnoty u mezní vrstvy 0 mm kolísají a rozdíl není zcela průkazný. U mezní vrstvy o velikosti 2mm naopak vliv má, ale pouze u hodnot R_{et} . Zavlhčení má také vliv pro mezní vrstvu o velikosti 5mm pro hodnoty R_{et} .

Hodnoty materiálů měřené na R_{et} a RWVP pro mezní vrstvu 0 a 2mm

V následujících tabulkách jsou uvedeny hodnoty R_{et} a RWVP v závislosti na vlhkosti vzorku se vzduchovou mezerou 2 mm a 0 mm. Jednalo se o dva naměřené materiály, jeden z nich byl ze 100 % polyesteru VZ1 a druhý ze 100 % bavlny VZ2. Oba tyto vzorky byly pleteniny a byly měřeny v různých stupních vlhkosti. Tyto dvě mezní vrstvy byly vybrány z důvodu výsledků závislostí v analýze rozptylu.

Při porovnání naměřených dat RWVP vzorků VZ1 a VZ2 se vzduchovou mezerou o tloušťce 2 mm a bez vzduchové mezery a různých stupních vlhkosti lze říci, že nejnižších hodnot bylo naměřeno u vzorku VZ1 a VZ2 s mezní vrstvou 2 mm. Hodnoty VZ1 s nulovou mezní vrstvou stoupaly a hodnoty VZ2 s nulovou mezní vrstvou byly nepatrně nižší. Bylo prokázáno, že má VZ1 a VZ2 bez vzduchové mezery nejmenší chladicí tepelný tok s porovnáním VZ1 a VZ2 s mezní vrstvou 2 mm. Vyšší chladicí tepelný tok byl naměřen u VZ1 a VZ2 s mezní vrstvou 2 mm.

Tab.10: Naměřené hodnoty vzorku VZ1 bez vzduchové mezery

VZ1 bez mezní vrstvy	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,01	3,84	87,83	3,37	3,81	0,87	29,04	0,25	0,28
70	69,84	0,46	87,90	0,40	0,45	1,10	24,05	0,26	0,29
50	50,06	0,76	87,33	0,67	0,76	1,00	17,32	0,17	0,19
20	20,00	0,68	86,57	0,59	0,67	0,83	24,98	0,21	0,24
10	10,03	0,69	89,07	0,61	0,69	1,27	9,12	0,12	0,14
5	4,84	1,22	77,87	0,95	1,08	2,23	6,84	0,15	0,17
0	0,00	1,62	80,73	1,31	1,48	1,37	11,18	0,15	0,17

Tab.11: Naměřené hodnoty vzorku VZ1 se vzduchovou mezerou 2 mm

VZ1 s mezní vrstvou 2mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,01	1,13	70,73	0,80	0,91	2,63	9,56	0,25	0,28
70	69,84	0,89	68,50	0,61	0,69	2,83	7,35	0,21	0,24
50	50,06	0,84	65,47	0,55	0,62	3,43	4,45	0,15	0,17
20	20,00	5,56	64,20	3,57	4,04	3,50	11,43	0,40	0,45
10	10,03	1,82	68,50	1,25	1,41	4,03	6,24	0,25	0,28
5	4,84	2,76	67,93	1,88	2,13	3,97	5,82	0,23	0,26
0	0,00	1,46	65,17	0,95	1,08	2,87	8,78	0,25	0,28

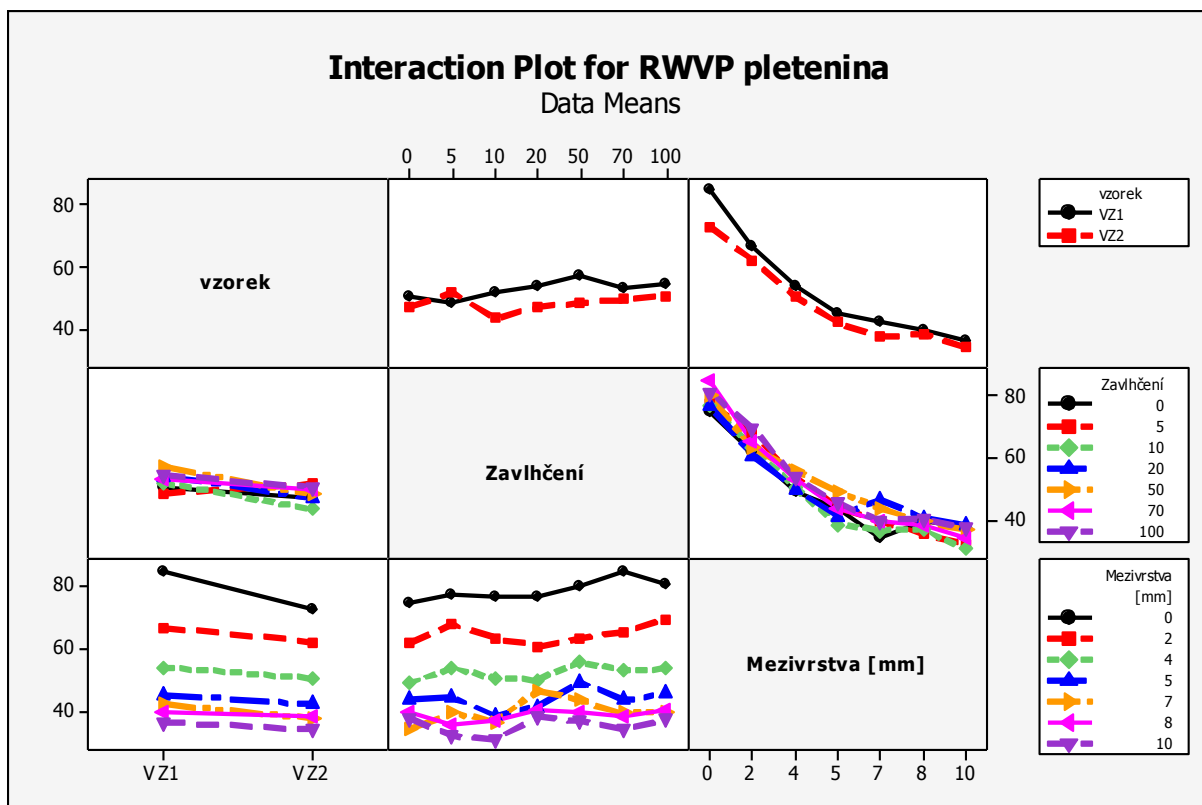
Tab.12: Naměřené hodnoty vzorku VZ2 bez vzduchové mezery

VZ2 - bez mezní vrstvy	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	99,99	2,01	75,00	1,51	1,71	2,13	7,16	0,15	0,17
70	69,56	1,35	82,30	1,11	1,26	1,40	7,14	0,10	0,11
50	49,96	0,34	73,23	0,25	0,28	2,30	7,53	0,17	0,19
20	19,98	0,15	67,70	0,10	0,11	3,07	1,88	0,06	0,07
10	9,96	1,33	65,73	0,87	0,98	3,37	6,86	0,23	0,26
5	5,29	3,91	77,03	3,01	4,42	2,70	12,83	0,35	0,40
0	0,00	1,32	69,50	0,92	1,04	2,90	1,99	0,06	0,07

Tab.13: Naměřené hodnoty vzorku VZ2 se vzduchovou mezerou 2 mm

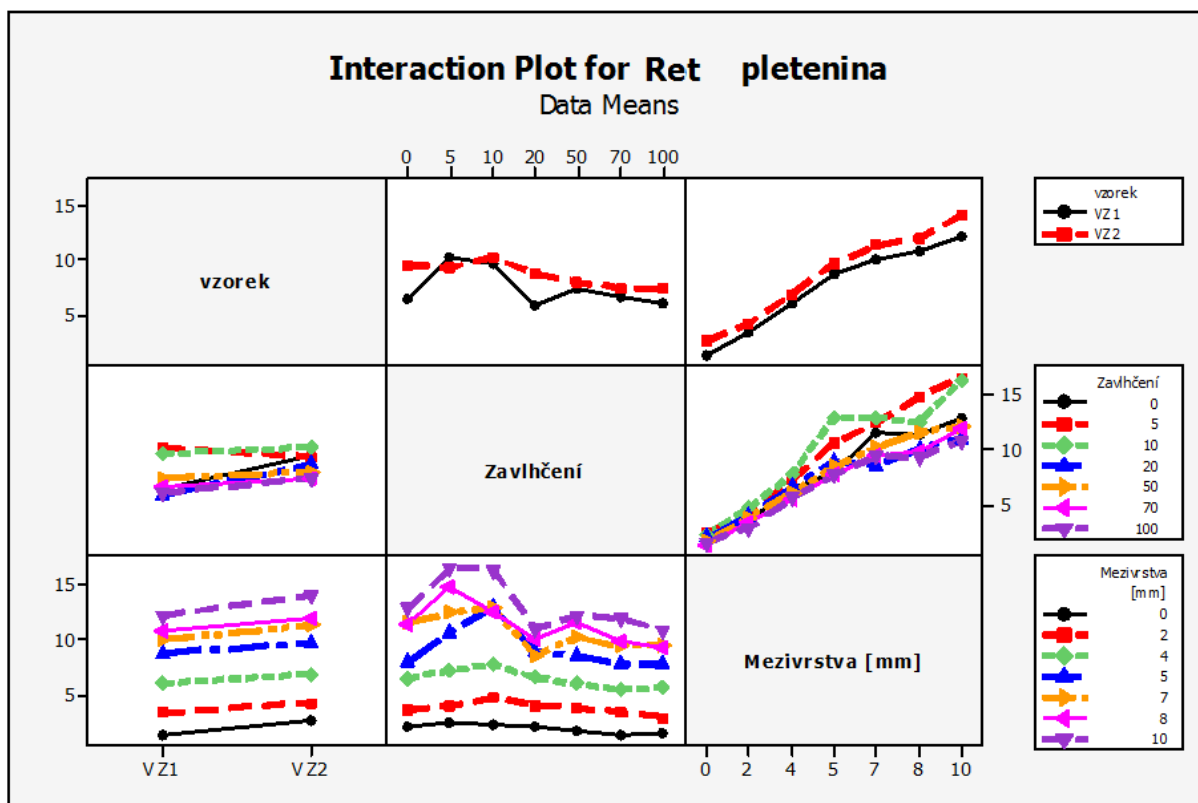
VZ2 s mezní vrstvou 2mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	99,99	0,81	69,10	0,56	0,63	3,17	9,65	0,31	0,35
70	69,56	0,97	62,73	0,61	0,69	3,80	2,63	0,10	0,11
50	49,96	1,37	61,87	0,85	0,96	4,27	4,88	0,21	0,24
20	19,98	1,56	58,07	0,91	1,03	4,47	5,63	0,25	0,28
10	9,96	1,28	58,90	0,75	0,85	5,40	1,85	0,10	0,11
5	5,29	1,32	68,13	0,90	1,02	4,07	2,84	0,12	0,14
0	0,00	1,93	58,70	1,14	1,29	4,47	5,17	0,23	0,26

V tabulkách kde byl vyhodnocen výparný odpor VZ1 a VZ2 bez vzduchové mezery a VZ1 a VZ2 se vzduchovou mezerou 2 mm v závislosti na vlhkosti. Měřeny byly vzorky ze zátažné pleteniny. S nejnižším výparným odporem se jeví naměřené vzorky bez vzduchové mezery jak u vzorku VZ1, tak i u druhého použitého vzorku VZ2. Naopak nejvyšší výparný odpor textilie byl naměřen u vzorku se vzduchovou mezerou 2 mm u obou vzorků VZ1 a VZ2. Z tohoto měření plyne, že čím vyšší je chladicí tepelný tok, tím nižší je výparný odpor měřeného vzorku. Další naměřené vzorky s mezními vrstvami jsou uvedeny v příloze.



Obr.18: Interakce RWVP zátěžná pletenina – VZ1a VZ2

V obrázku 18 je znázorněno vzájemné působení mezi vzorkem, zavlhčením a mezivrstvou. V interakci mezi vzorkem a zavlhčením vyplývá to, že čím větší zavlhčení vzorku je, tak se RWVP zvyšuje. Dále je v grafu znázorněno vzájemné působení mezi vzorkem a mezivrstvou, kde je patrné, že čím menší je vzduchová mezera, tím narůstá RWVP a s navýšením vzduchové mezery je RWVP nižší. Vzorek s označením VZ1 má mírně vyšší hodnoty než vzorek s označením VZ2, ale s klesající mezivrstvou RWVP roste. U zavlhčení a vzorku není vidět žádná závislost, také mezi zavlhčením a mezivrstvou není vidět žádná závislost. Ze vzájemného působení mezi vzorkem a mezivrstvou je vidět, že s klesající mezivrstvou výsledky RWVP u vzorků rostou, mezi vzorkem a zavlhčením není také vidět žádná závislost.

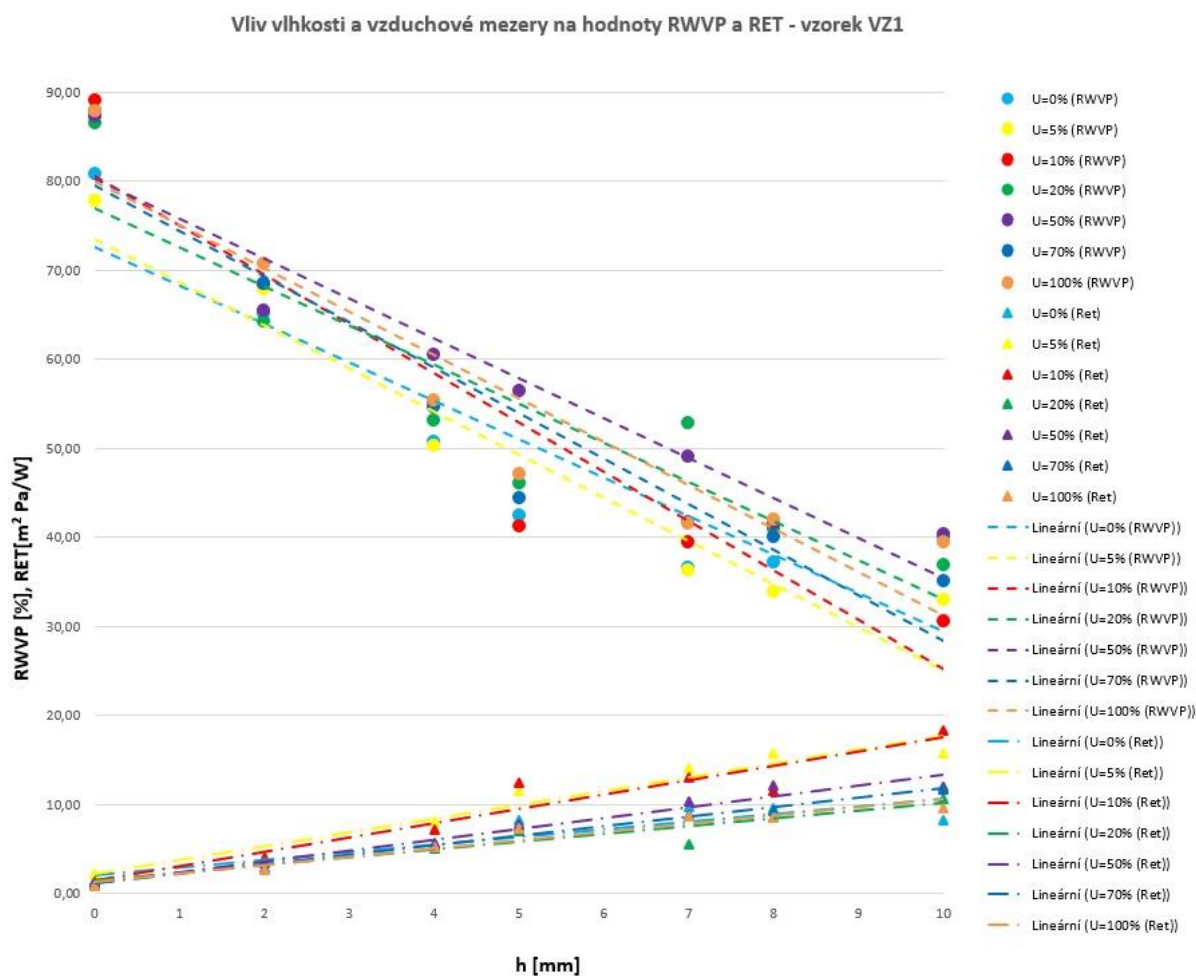


Obr.19: Interakce R_{et} zátažná pletenina – VZ1 a VZ2

Na tomto grafu je znázorněna interakce mezi vzorkem, zavlhčením a mezivrstvou. Ve vzájemném působení mezi vzorkem a zavlhčením je zobrazeno, že čím větší zavlhčení vzorku je, tak se R_{et} snižuje. Další znázornění v grafu ukazuje interakce mezi vzorkem a mezivrstvou, graf vykresluje to, že čím je vzduchová mezera menší, tak se R_{et} snižuje. Proto s navýšením vzduchové mezery se R_{et} navyšuje. Vzorek VZ2 je mírně posunut nad vzorkem VZ1 a s narůstající mezivrstvou se R_{et} snižuje. U interakce mezi zavlhčením a vzorkem není vidět žádná závislost. Také u interakce mezi zavlhčením a mezivrstvou není vidět žádná závislost. V této interakci mezi vzorkem a mezivrstvou je vidět, že se vzrůstající mezivrstvou výsledky R_{et} u vzorků nepatrně vzrůstají. V interakci mezi vzorkem a zavlhčením není také vidět žádná závislost.

3.4 Vliv vlhkosti a tloušťky vzduchové mezery na RWVP a Ret pro pleteninu

V grafu je vynesena vliv vlhkosti a vzduchové mezery na hodnoty RWVP a R_{et} . Na ose x jsou zobrazeny hodnoty pro tloušťku mezní vrstvy a na ose y jsou vyneseny hodnoty pro RWVP a R_{et} . Body v grafu nám určují zavlhčení vzorku v závislosti na tloušťce vzduchové mezery. Zde byl měřen vzorek VZ1 - zátažná pletenina ze 100 % polyesteru. Různé stupně vlhkosti jsou od sebe v grafu, pro lepší orientaci, odlišeny různými barvami lineárních regresních přímk.

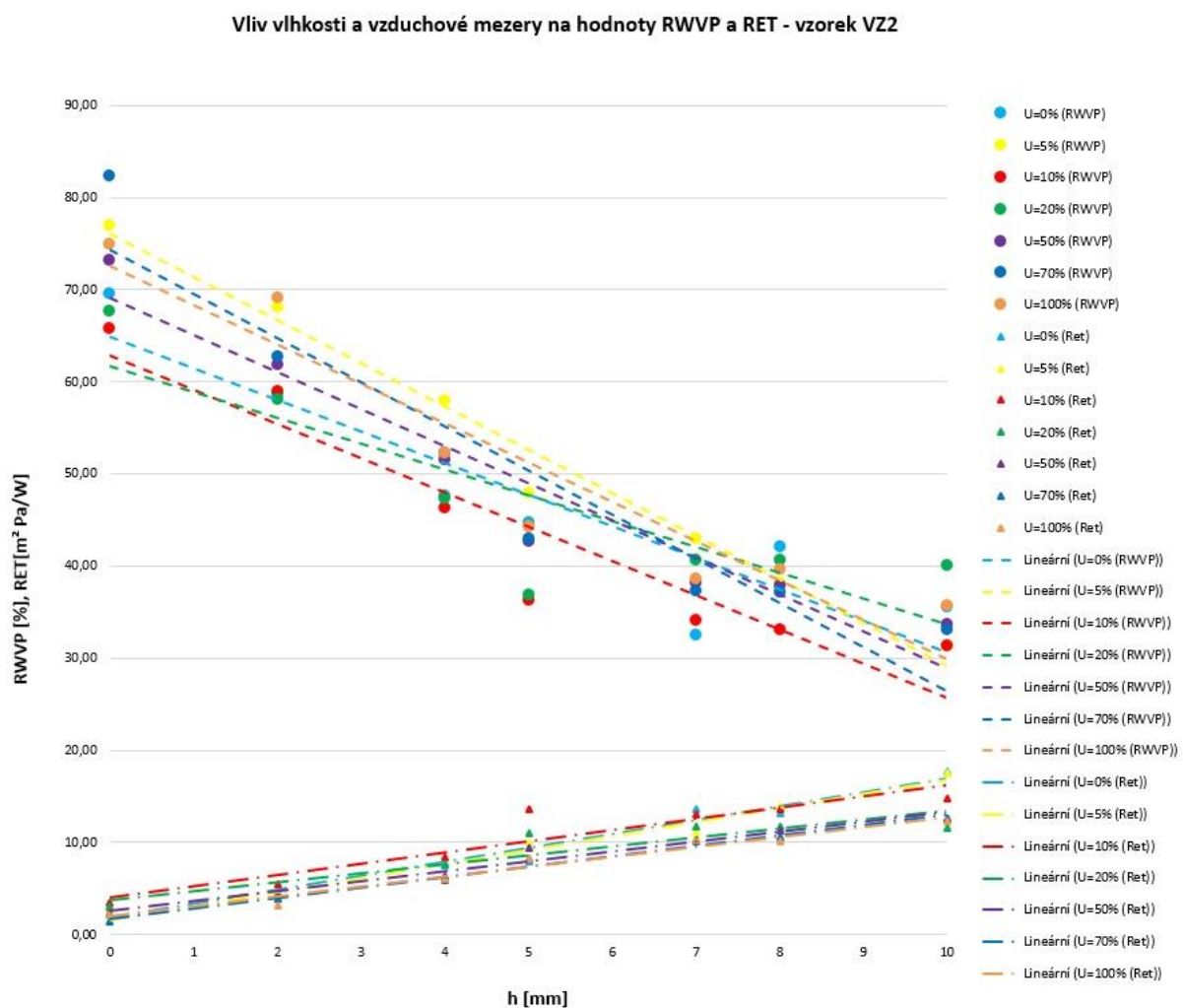


Obr.20: Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na hodnoty RWVP a R_{et} – VZ1 pletenina

V grafu, ve kterém jsou znázorněny naměřené hodnoty vzorku VZ1 je patrné, že pokud se zvyšuje vzduchová mezera, klesá chladicí tepelný tok textilie u všech velikostí

mezních vrstev. Pokud klesá chladicí tepelný tok, tak zároveň s ním se zvyšují hodnoty výparného odporu.

Nejvyšší chladicí tepelný tok (RWVP) a nejnižší výparný odpor (R_{et}) je v grafu vidět, pokud byl materiál zavlhčen na 50-100% (hnědá a fialová linie). Pokud byl vzorek zavlhčen na 0-5% (žlutá a modrá linie), byly naměřeny nejnižší hodnoty chladicího tepelného toku (RWVP) a nejvyšší výparný odpor (R_{et}). Zde se potvrdili praktické zkušenosti ze života, pokud je zavlhčená textilie v kontaktu přímo s pokožkou, organismus pociťuje diskomfort. Na to má vliv i velikost vzduchové mezery, čím je dál zavlhčená textilie od pokožky, tím je pociťovaný chladicí účinek menší.



Obr.21: Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na hodnoty RWVP a R_{et} – VZ2 pletenina

Ve druhém grafu, který byl zaměřen na vliv vlhkosti a vzduchové mezery na hodnoty RWVP a R_{et} u vzorku VZ2, který byl také konstrukčně řešen jako pletenina, jen jeho složení bylo ze 100 % bavlny. Z grafu vyplynulo, že pokud se zvyšuje vzduchová mezera, klesá

chladicí tepelný tok textilie. Pokud klesá chladicí tepelný tok, tak zároveň s ním se zvyšují hodnoty výparného odporu. O těchto dvou pleteninách VZ1 a VZ2 můžeme říci, že se v grafu chovají obdobně.

3.5 Vyhodnocení naměřených dat pomocí analýzy rozptylu VZ3, VZ4, VZ5 a VZ6

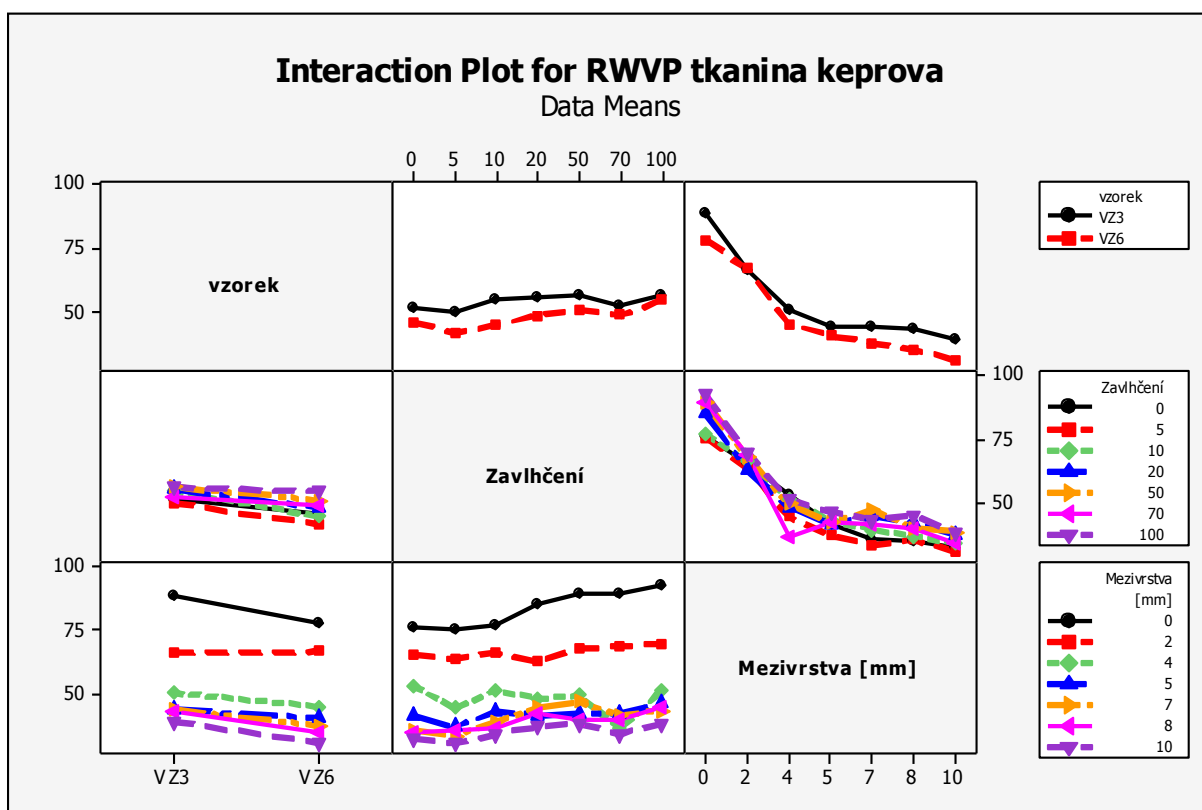
V tabulce 10 - 12 jsou hodnoceny vzorky VZ3, VZ4, VZ5 a VZ6, tyto materiály jsou ve všech případech tkaniny. Nejdříve byly rozděleny vzorky podle konstrukčních parametrů a následně vyhodnoceny. Poté bylo provedeno vyhodnocení všech vzorků tkanin dohromady, aby byly zjištěny případné vlivy mezi vzorky.

Tab.14: Tabulka naměřených hodnot RWVP a R_{et} - Anova pro vzorky VZ3 a VZ6

vzorek	měřená veličina	mezivrstva	p-hodnota vzorek	p-hodnota zavlhčení
VZ3 a VZ6	R_{et}	mezivrstva [mm] = 0	0,064	0,152
VZ3 a VZ6	R_{et}	mezivrstva [mm] = 2	0,015	0,302
VZ3 a VZ6	R_{et}	mezivrstva [mm] = 4	0,031	0,503
VZ3 a VZ6	R_{et}	mezivrstva [mm] = 5	0,027	0,025
VZ3 a VZ6	R_{et}	mezivrstva [mm] = 7	0,997	0,359
VZ3 a VZ6	R_{et}	mezivrstva [mm] = 8	0,860	0,050
VZ3 a VZ6	R_{et}	mezivrstva [mm] = 10	0,775	0,456
VZ3 a VZ6	RWVP	mezivrstva [mm] = 0	0,016	0,118
VZ3 a VZ6	RWVP	mezivrstva [mm] = 2	0,738	0,664
VZ3 a VZ6	RWVP	mezivrstva [mm] = 4	0,181	0,283
VZ3 a VZ6	RWVP	mezivrstva [mm] = 5	0,061	0,183
VZ3 a VZ6	RWVP	mezivrstva [mm] = 7	0,056	0,179
VZ3 a VZ6	RWVP	mezivrstva [mm] = 8	0,000	0,037
VZ3 a VZ6	RWVP	mezivrstva [mm] = 10	0,004	0,266

V této tabulce je řešena analýza rozptylu, jeho primární hypotézou H_0 je tvrzení, že regresní parametr je pro model nevhodný. Alternativní hypotézou H_1 je tvrzení, že regresor je pro model vhodný. Pro zamítnutí hypotézy H_0 musí platit vztah, že p-hodnota je menší než α , p-hodnota pro přijetí alternativní hypotézy H_1 nesměla dosáhnout hodnoty 0,05 [18].

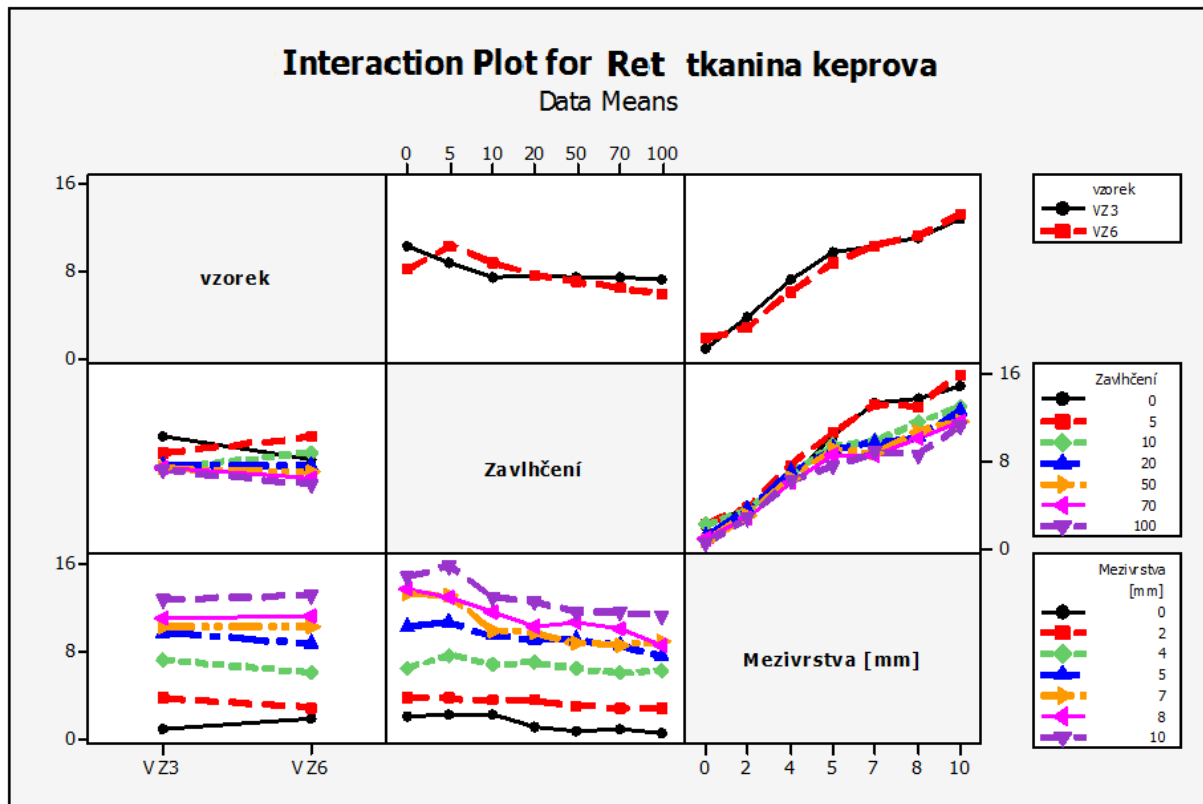
V této tabulce byly porovnány vzorky VZ3 a VZ6 z naměřených hodnot RWVP a R_{et} , kde konstrukční parametr vzorku byla tkanina ve vazbě keprové. Z vyhodnocených dat analýzou rozptylu těchto vzorků bylo zjištěno, že typ vzorku má vliv pro mezivrstvy 2, 4 a 5mm pro hodnoty R_{et} , typ vzorku má také vliv na hodnoty RWVP pro mezní vrstvy 0, 8 a 10mm. Vlivu zavlhčení bylo zjištěno u mezivrstvy 5mm pro hodnoty R_{et} a 8mm pro hodnoty RWVP. Pro vliv zavlhčení u dalších mezních vrstev hodnoty kolísají a rozdíly nic nevykazují.



Obr. 22: Interakce RWVP tkanina ve vazbě keprové – VZ3a VZ6

Jedná se o znázornění interakcí mezi vzorkem, zavlhčením a mezivrstvou. U vzájemného působení mezi vzorkem a zavlhčením je na první pohled zřejmé, že čím větší zavlhčení vzorku je, tak u RWVP hodnoty rostou. Z interakce mezi vzorkem a mezivrstvou v grafu vyplývá to, že pokud je mezní vrstva menší, tím narůstá RWVP, pokud se vzduchová mezera zvýší, tak je RWVP nižší. Vzorek VZ3 je nepatrně nad vzorkem VZ6 a jestliže byla snížena mezivrstva tak RWVP roste. U interakcí mezi zavlhčením a vzorkem, zavlhčením a mezivrstvou nejsou vidět žádné závislosti. V interakci mezi vzorkem a zavlhčením není také

vidět žádná závislost. Vliv mezi vzorkem a mezivrstvou ukazuje, že pokud byla použita větší mezivrstva, výsledky RWVP u vzorků klesají.



Obr. 23: Interakce R_{et} tkanina ve vazbě keprové – VZ3a VZ6

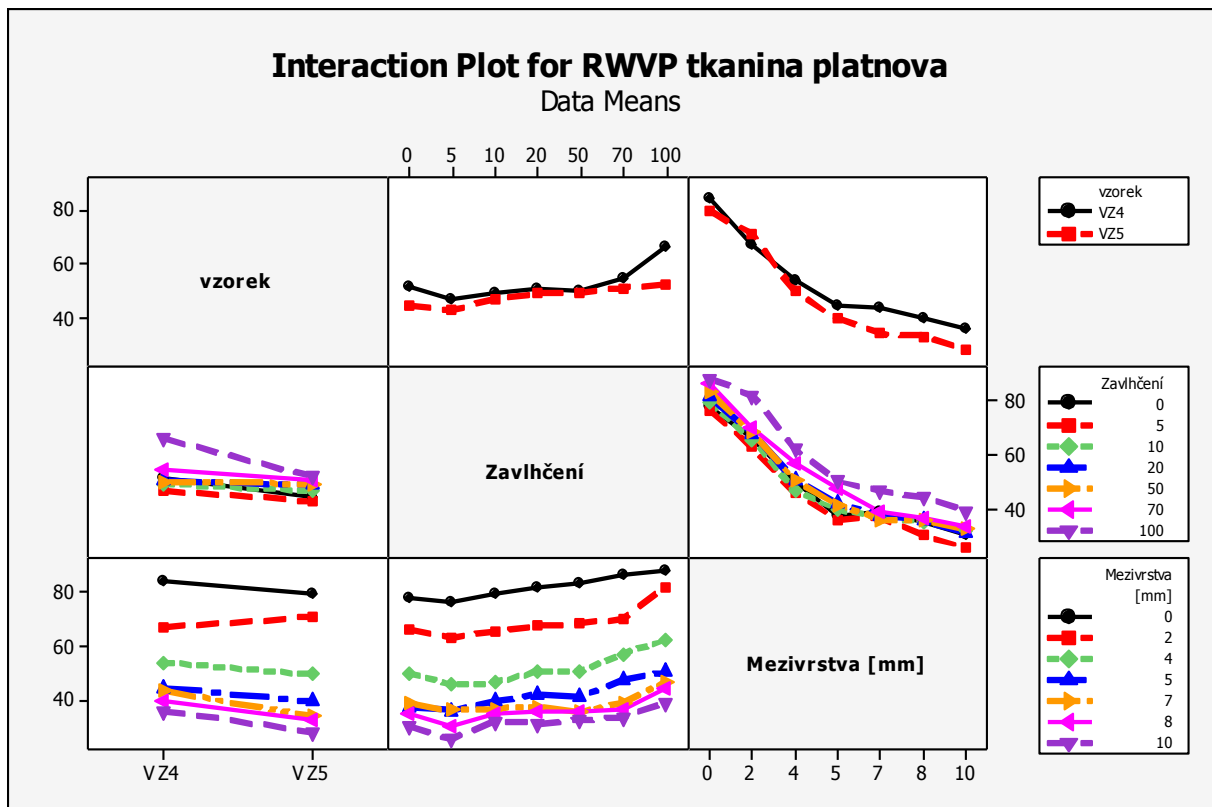
Na tom to vzájemném působení mezi vzorkem a zavlhčením je znázorněno, že čím se zvyšuje zavlhčení vzorku, R_{et} se nepatrně snižuje. Následující graf vykazuje interakci mezi vzorkem a mezivrstvou. V souhrnném grafu je vidět, že čím je vzduchová mezera menší, tak se R_{et} snižuje. Pokud se vzduchová mezera zvyšuje, tak R_{et} má vyšší hodnoty. U vlivu mezi zavlhčením a vzorkem není vidět žádná závislost a stejně tak i mezi zavlhčením a mezivrstvou. V této interakci mezi vzorkem a mezivrstvou je vidět, že se vzrůstající mezivrstvou výsledky R_{et} u vzorků mírně rostou. U vzájemného působení mezi vzorkem a zavlhčením není také vidět žádná závislost.

Tab.15: Tabulka naměřených hodnot RWVP a R_{et} - Anova pro vzorky VZ4 a VZ5

vzorek	měřená veličina	mezivrstva	p-hodnota vzorek	p-hodnota zavlhčení
VZ4 a VZ5	R_{et}	mezivrstva [mm] = 0	0,273	0,247
VZ4 a VZ5	R_{et}	mezivrstva [mm] = 2	0,018	0,141
VZ4 a VZ5	R_{et}	mezivrstva [mm] = 4	0,494	0,140
VZ4 a VZ5	R_{et}	mezivrstva [mm] = 5	0,393	0,101
VZ4 a VZ5	R_{et}	mezivrstva [mm] = 7	0,081	0,475
VZ4 a VZ5	R_{et}	mezivrstva [mm] = 8	0,753	0,164
VZ4 a VZ5	R_{et}	mezivrstva [mm] = 10	0,488	0,135
VZ4 a VZ5	RWVP	mezivrstva [mm] = 0	0,071	0,184
VZ4 a VZ5	RWVP	mezivrstva [mm] = 2	0,203	0,095
VZ4 a VZ5	RWVP	mezivrstva [mm] = 4	0,219	0,263
VZ4 a VZ5	RWVP	mezivrstva [mm] = 5	0,046	0,064
VZ4 a VZ5	RWVP	mezivrstva [mm] = 7	0,006	0,334
VZ4 a VZ5	RWVP	mezivrstva [mm] = 8	0,016	0,125
VZ4 a VZ5	RWVP	mezivrstva [mm] = 10	0,002	0,048

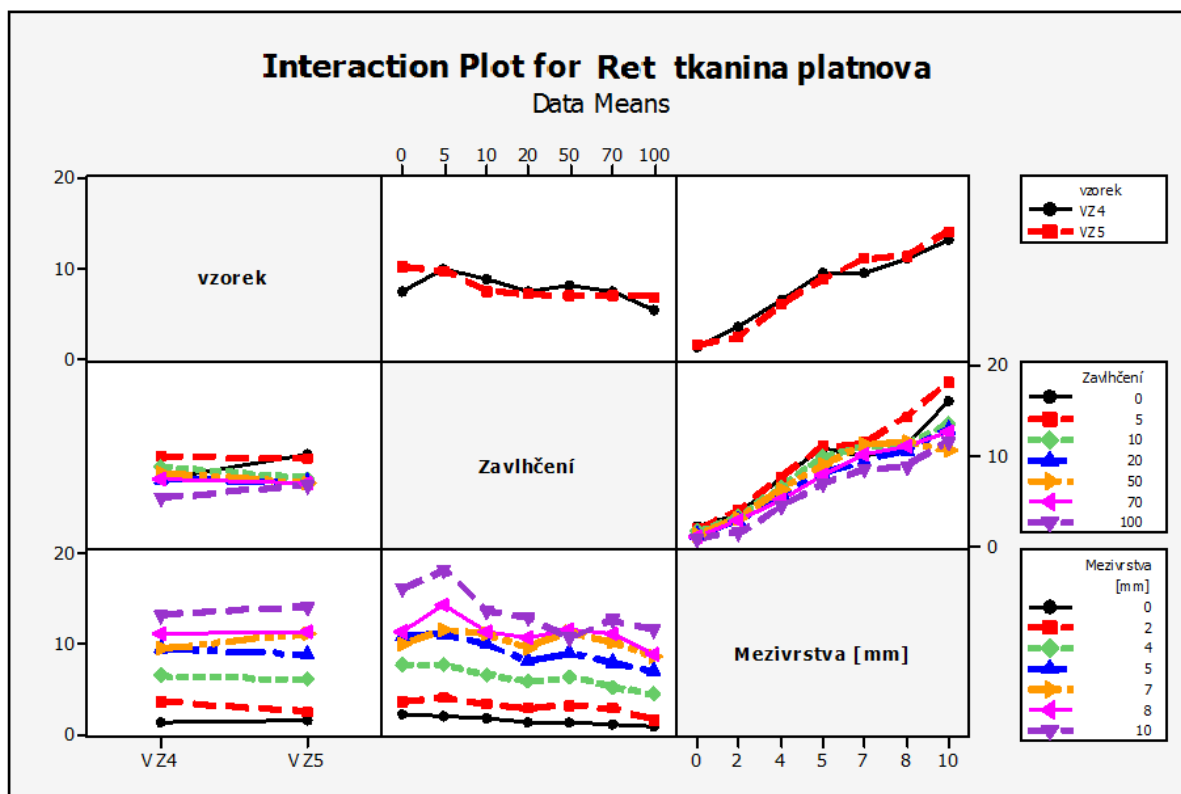
V této tabulce je řešena analýza rozptylu, jeho primární hypotézou H_0 je tvrzení, že regresní parametr je pro model nevhodný. Alternativní hypotézou H_1 je tvrzení, že regresor je pro model vhodný. Pro zamítnutí hypotézy H_0 musí platit vztah, že p-hodnota je menší než α , p-hodnota pro přijetí alternativní hypotézy H_1 nesměla dosáhnout hodnoty 0,05 [18].

Z naměřených hodnot RWVP a R_{et} v této tabulce byly řešeny vzorky z tkaniny ve vazbě plátňové, jednalo se o vzorky VZ4 a VZ5, které byly vyhodnoceny analýzou rozptylu. U vzorků bylo zjištěno, že typ vzorku má vliv pro mezivrstvy 2mm u hodnot R_{et} . Typ vzorku má vliv pro mezivrstvy 5, 7, 8 a 10mm pro hodnoty RWVP. Vlivu zavlhčení, bylo prokázáno pouze u mezivrstvy 10mm u RWVP. Zkoumány byly i vlivy zavlhčení pro další mezní vrstvy pro hodnoty RWVP a R_{et} , kde bylo zjištěno, že hodnoty kolísají a rozdíl není prokazatelný.



Obr.24: Interakce RWVP tkanina ve vazbě plátnové – VZ4a VZ6

V obrázku 23 je znázorněna interakce mezi vzorkem, zavlhčením a mezivrstvou. U vzájemného působení mezi vzorkem a zavlhčením je vidět, že pokud se zvyšuje zavlhčení vzorku tak RWVP hodnoty nemají vliv, pouze v zavlhčení 100% je velký nárůst. Z interakce mezi vzorkem a mezivrstvou v grafu vyplývá to, že čím je mezní vrstva menší, tím narůstá RWVP, pokud se vzduchová mezera zvýší, tak je RWVP nižší. U interakce mezi zavlhčením a vzorkem je vidět, že se 100 % zavlhčením se RWVP zvyšuje. Na dalších interakcích mezi zavlhčením a mezivrstvou a mezi vzorkem a zavlhčením nejsou vidět žádné závislosti. Interakce mezi vzorkem a mezivrstvou ukazuje, že pokud byla použita větší mezivrstva, výsledky RWVP u vzorků rostou.



Obr. 25: Interakce R_{et} tkanina ve vazbě plátňové – VZ4a VZ6

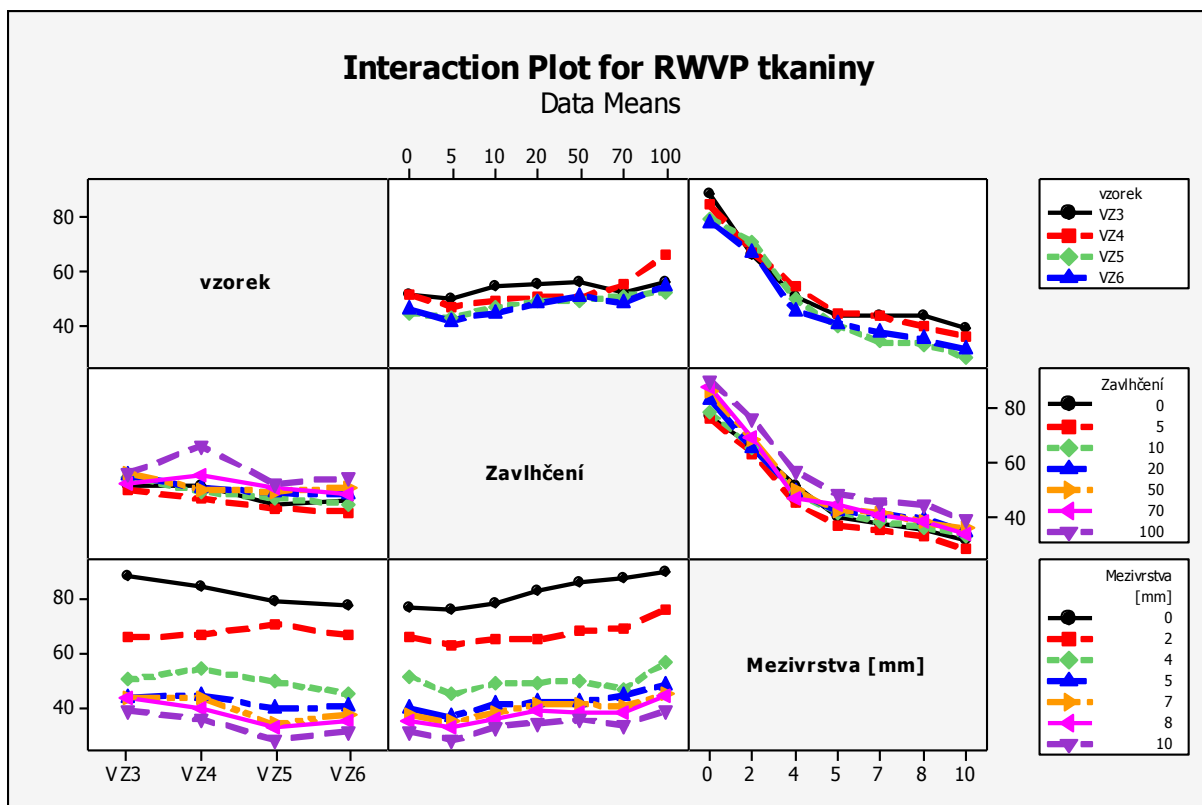
Na tom to vzájemném působení mezi vzorkem a zavlhčením je znázorněno, že čím se zvyšuje zavlhčení vzorku, R_{et} se nepatrně snižuje. Následující graf vykazuje interakci mezi vzorkem a mezivrstvou, v grafu je vidět, že čím je vzduchová mezera menší, tak se R_{et} snižuje. Pokud se vzduchová mezera zvyšuje, tak R_{et} má vyšší hodnoty. U interakce mezi zavlhčením a vzorkem není vidět žádná závislost. Také u interakce mezi zavlhčením a mezivrstvou není vidět žádná závislost. V této interakci mezi vzorkem a mezivrstvou je vidět, že se vzrůstající mezivrstvou výsledky R_{et} u vzorků slabě rostou. U interakce mezi vzorkem a zavlhčením není také vidět žádná závislost.

Tab.16: Tabulka naměřených hodnot RWVP a R_{et} - Anova pro vzorky VZ, VZ4, VZ5 a VZ6

vzorek	měřená veličina	mezivrstva	p-hodnota materiál	p-hodnota zavlhčení	p-hodnota interakce
VZ3,VZ4,VZ5, VZ6	R_{et}	mezivrstva [mm] = 0	0,004	0,001	0,060
VZ3,VZ4,VZ5, VZ6	R_{et}	mezivrstva [mm] = 2	0,001	0,028	0,770
VZ3,VZ4,VZ5, VZ6	R_{et}	mezivrstva [mm] = 4	0,076	0,100	0,914
VZ3,VZ4,VZ5, VZ6	R_{et}	mezivrstva [mm] = 5	0,020	0,000	0,212
VZ3,VZ4,VZ5, VZ6	R_{et}	mezivrstva [mm] = 7	0,287	0,207	0,440
VZ3,VZ4,VZ5, VZ6	R_{et}	mezivrstva [mm] = 8	0,724	0,006	0,911
VZ3,VZ4,VZ5, VZ6	R_{et}	mezivrstva [mm] =10	0,449	0,016	0,917
VZ3,VZ4,VZ5, VZ6	RWVP	mezivrstva [mm] = 0	0,000	0,001	0,097
VZ3,VZ4,VZ5, VZ6	RWVP	mezivrstva [mm] = 2	0,267	0,077	0,839
VZ3,VZ4,VZ5, VZ6	RWVP	mezivrstva [mm] = 4	0,110	0,487	0,591
VZ3,VZ4,VZ5, VZ6	RWVP	mezivrstva [mm] = 5	0,004	0,004	0,388
VZ3,VZ4,VZ5, VZ6	RWVP	mezivrstva [mm] = 7	0,002	0,240	0,882
VZ3,VZ4,VZ5, VZ6	RWVP	mezivrstva [mm] = 8	0,000	0,007	0,669
VZ3,VZ4,VZ5, VZ6	RWVP	mezivrstva [mm] =10	0,000	0,022	0,792

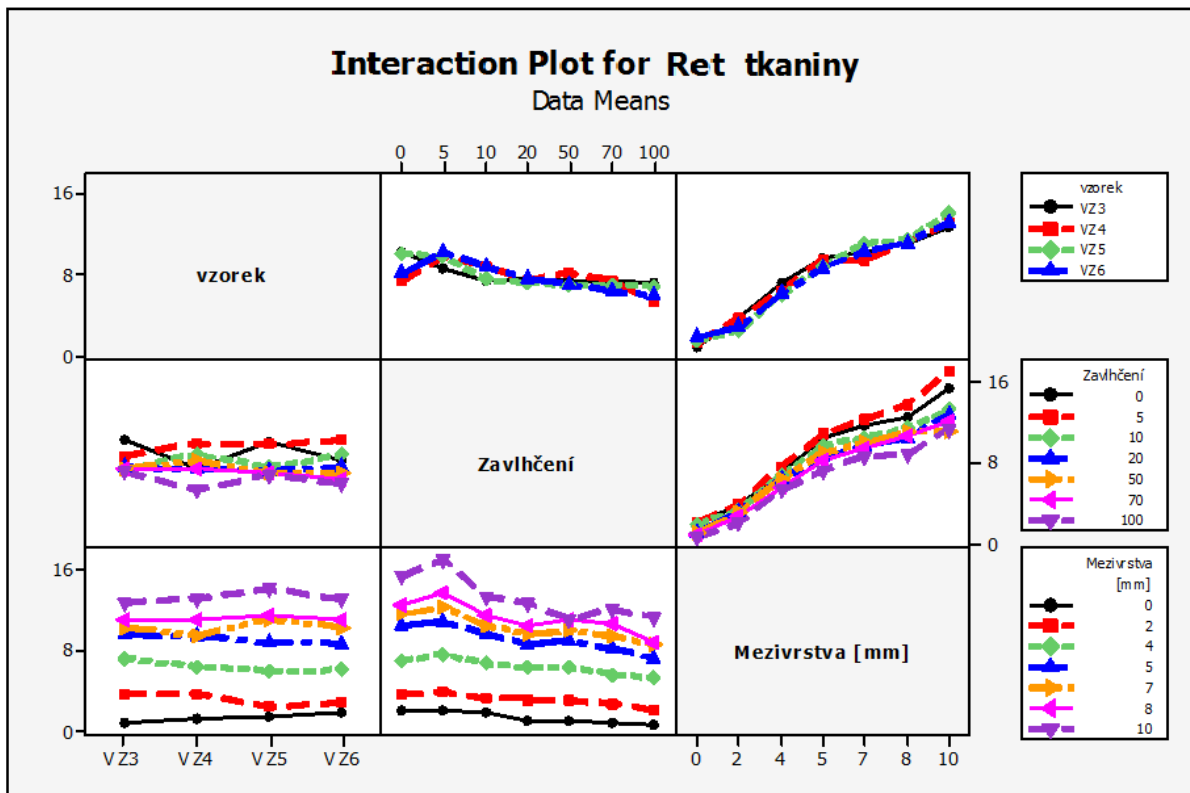
V této tabulce byly porovnány vzorky VZ3, VZ4, VZ5 a VZ6 z naměřených hodnot RWVP a R_{et} , konstrukčním parametrem všech porovnávaných vzorků byla tkanina. Z vyhodnocení analýzou rozptylu u těchto vzorků bylo zjištěno, že typ materiálu a zavlhčení na R_{et} má vliv pro mezivrstvy 0, 2 a 5mm. A mezivrstvy 8 a 10mm mají vliv pouze pro zavlhčení pro hodnoty R_{et} .

Při vyhodnocení vzorků pro RWVP na závislost typu materiálu a zavlhčení byly zjištěny vlivy pro mezivrstvy 0, 5, 8 a 10mm. U mezivrstvy 7mm byl vliv pouze pro materiál. U ostatních vzduchových mezer nebyl zaznamenán žádný vliv.



Obr.26: Interakce RWVP tkanina ve vazbě plátňové s keprové – VZ3, VZ4, VZ5 a VZ6

Graf znázorňuje vzájemné působení mezi vzorkem, zavlhčením a mezivrstvou. Porovnány jsou zde vzorky V3, VZ4, VZ5 a VZ6, které jsou tkaniny, ale o různých konstrukčních parametrech a složení materiálu. Interakce ukazuje vztah mezi vzorkem a zavlhčením a zde je vidět, že pokud se zvyšuje zavlhčení vzorku, tak RWVP hodnoty mají malý vliv. Vzájemné působení mezi vzorkem a mezivrstvou ukazuje, že čím je mezní vrstva menší, tím narůstá RWVP, pokud se vzduchová mezera zvýší, tak je RWVP nižší. U interakcí mezi zavlhčením a vzorkem je vidět, že se 100 % zavlhčením se RWVP zvyšuje. Na další interakci mezi zavlhčením a mezivrstvou nejsou vidět žádné závislosti. U vzájemného působení vzorku a zavlhčení je znázorněno, že čím je větší zavlhčení, tím je RWVP menší. Interakce mezi vzorkem a mezivrstvou ukazuje, že pokud byla použita větší mezivrstva, výsledky RWVP u vzorků rostou.



Obr. 27: Interakce R_{et} tkanina ve vazbě plátňové s keprové – VZ3, VZ4, VZ5 a VZ6

Na tomto vzájemném působení mezi vzorkem a zavlhčením je znázorněno, že čím se zvyšuje zavlhčení vzorku, tím se R_{et} snižuje. Jedná se také o vzorky VZ3, VZ4, VZ5 a VZ6. Následující graf vykazuje interakci mezi vzorkem a mezivrstvou, v grafu je vidět, že čím je vzduchová mezera menší, tak se R_{et} snižuje. Pokud se vzduchová mezera zvyšuje, tak hodnoty R_{et} se navyšují. U interakce mezi zavlhčením a vzorkem a také mezi zavlhčením a mezivrstvou není vidět žádná velká závislost. V této interakci mezi vzorkem a mezivrstvou je vidět, že se vzrůstající mezivrstvou výsledky R_{et} u vzorků rostou.

3.6 Vliv vlhkosti a tloušťky vzduchové mezery na RWVP a Ret pro tkaninu

V předchozí kapitole byly porovnávány hodnoty pouze pro vzorky z pleteniny, v této části jsou hodnoceny vzorky, které mají stejný konstrukční parametr - tkanina. V grafu je vynesena vliv vlhkosti a vzduchové mezery na hodnoty RWVP a R_{et} . Na ose x jsou zobrazeny hodnoty pro tloušťku mezní vrstvy a na ose y jsou vyneseny hodnoty pro RWVP a R_{et} . Body v grafu nám určují zavlhčení vzorku v závislosti na tloušťku vzduchové mezery. Naměřené hodnoty jsou pro tkaniny vazeb keprové a plátňové.

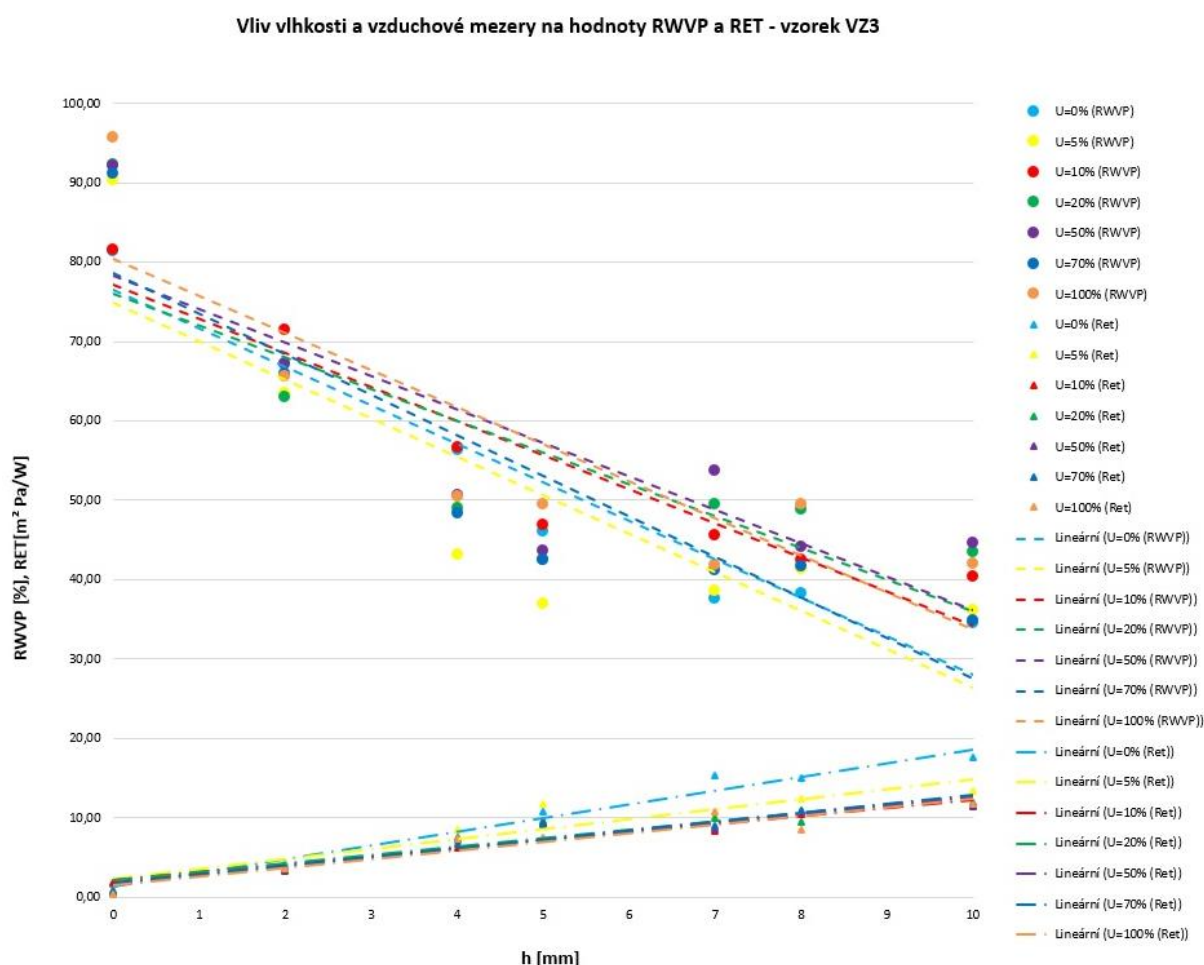
Jedná se o vzorky:

VZ3 – tkanina ve vazbě keprové a složení 100 % polyester,

VZ4 – tkanina ve vazbě plátňové ze 100 % polyesteru,

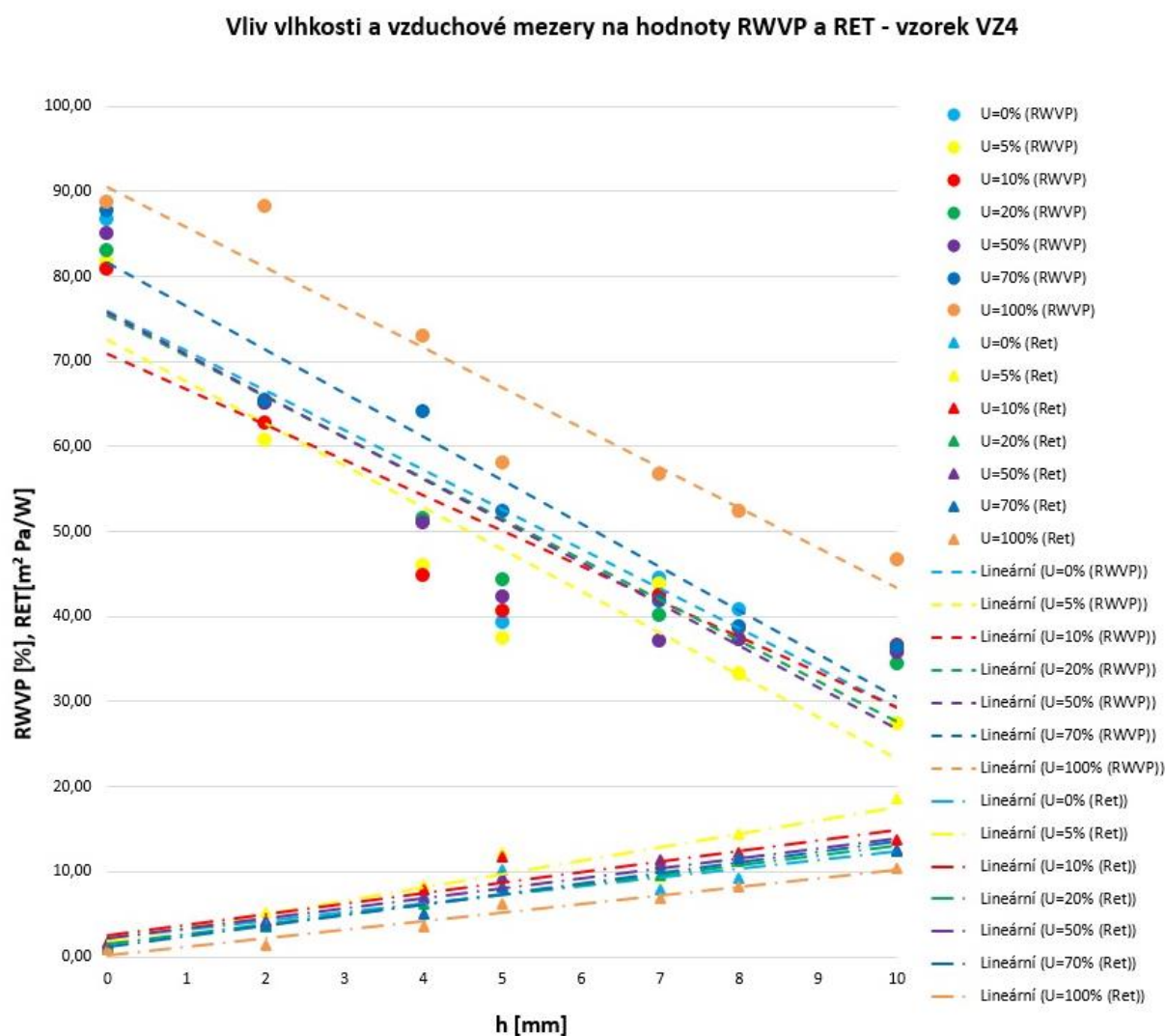
VZ5 – tkanina ve vazbě plátňové ze 100 % bavlny,

VZ6 – tkanina ve vazbě keprové ze 100 % bavlny.



Obr.28: Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na hodnoty RWVP a R_{et} – VZ3 tkanina

V tomto grafu byla měřena tkanina ve vazbě keprové ze 100 % polyesteru označená jako vzorek VZ3, byl zde pozorován vliv vlhkosti a vzduchové mezery na hodnoty RWVP a R_{et} . Při měření tkanin z různého materiálu byl pozorován stejný vliv vzduchové mezery na hodnoty chladícího tepelného toku (RWVP) a výparný odpor (R_{et}), jako u předchozích měření. Z grafů je zřejmé, že s navyšující se vzduchovou mezerou klesá chladící tepelný tok textilie a zvyšují se hodnoty výparného odporu. Zde se také potvrdili praktické zkušenosti ze života, pokud je zavlhčená textilie v kontaktu přímo s pokožkou, organismus pociťuje diskomfort. Na to má vliv i velikost vzduchové mezery, čím je dál zavlhčená textilie od pokožky, tím je pociťovaný chladící účinek menší. Následné grafy byly vyhodnoceny stejně.



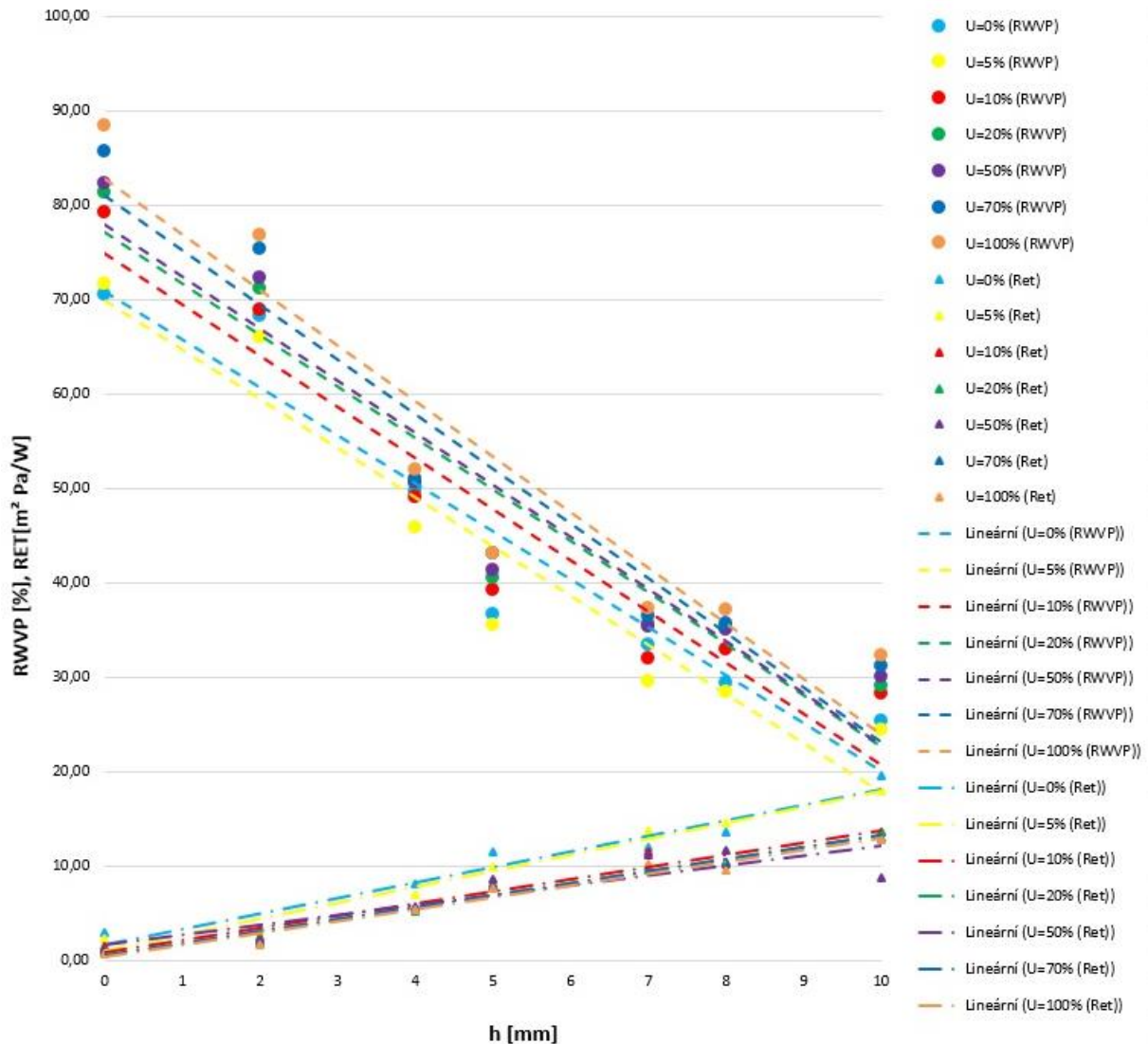
Obr.29: Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na hodnoty RWVP a R_{et} – VZ4 tkanina

Stejně jako na obrázku 28 je vyneseno vliv vlhkosti a vzduchové mezery na hodnoty RWVP a R_{et} . Na ose x jsou zobrazeny hodnoty pro tloušťku mezní vrstvy a na ose y jsou vyneseny hodnoty pro RWVP a R_{et} . Body v grafu nám určují zavlhčení vzorku v závislosti na tloušťku vzduchové mezery.

V grafu 29 jsou uvedeny naměřené hodnoty u vzorku VZ4 ze 100 % polyesteru v různých stupních vlhkosti a různých tloušťkách mezivrstev. Linie jsou pro lepší orientaci barevně odlišeny. V grafu jsou znázorněny naměřené hodnoty vzorku VZ4, ze kterých je zřejmé, že se zvyšující se vzduchovou mezerou, klesá chladící tepelný tok textilie u všech velikostí mezních vrstev.

Nejvyšší chladící tepelný tok (RWVP) a nejnižší výparný odpor (R_{et}) je v grafu vidět, pokud byl materiál zavlhčen na 70-100% (hnědá a modrá linie). Jestliže byl vzorek zavlhčen pouze na 5-10% (žlutá a červená linie), nejnižší hodnoty byly naměřeny u chladícího tepelného toku (RWVP) a nejvyšší výparný odpor (R_{et}). Nejvyšší hodnoty RWVP byly naměřeny s nulovou a s 2 mm mezní vrstvou.

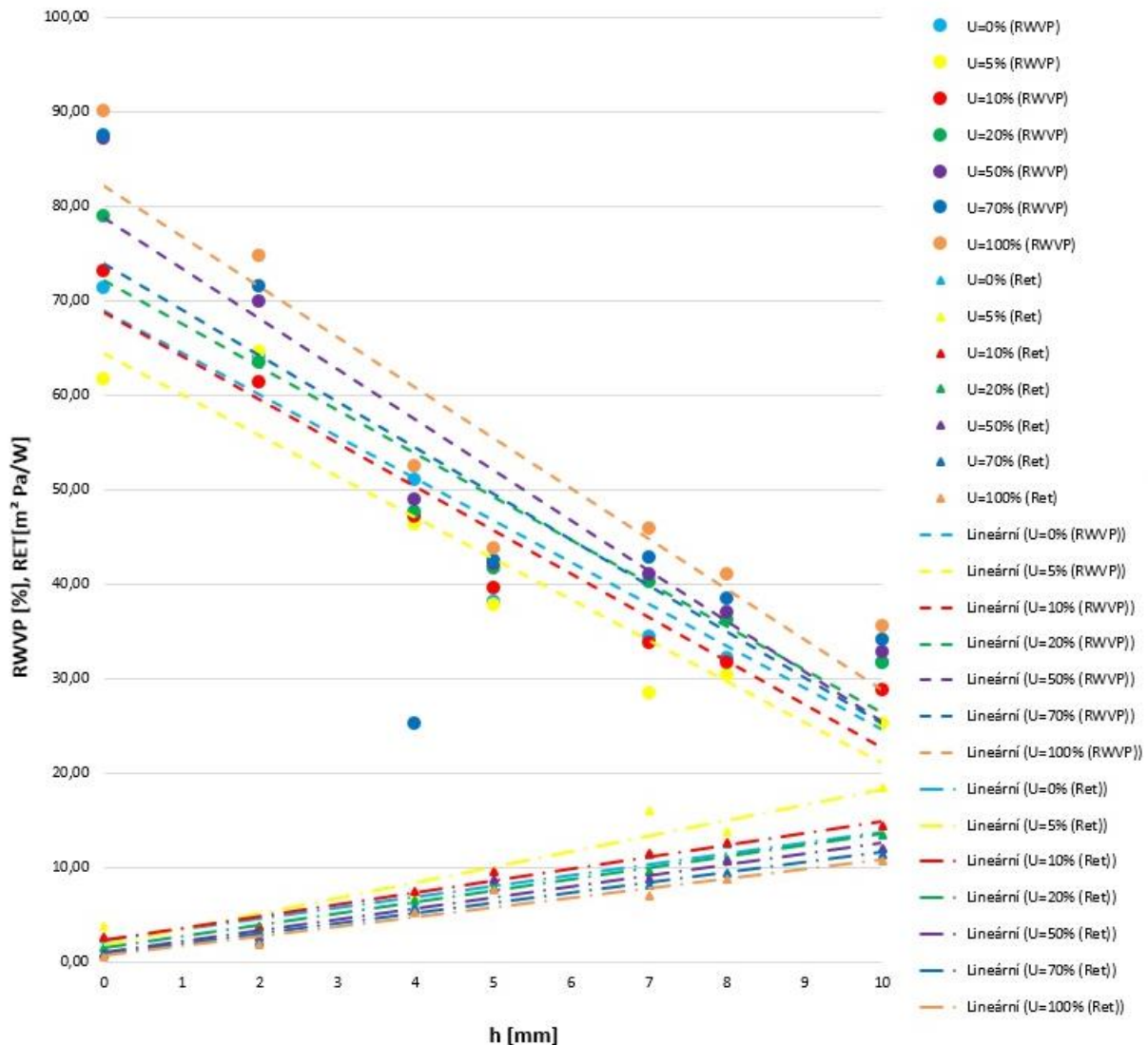
Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na hodnoty RWVP a RET - vzorek VZ5



Obr.30: Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na hodnoty RWVP a R_{et} – VZ5 tkanina

V grafu 30 byl hodnocen vzorek VZ5 ze 100 % bavlny, který nám ukazuje, že hnědá linie 100 %, kde jsou naměřeny nejvyšší hodnoty chladícího tepelného toku, naopak žlutá linie vykresluje 5 % zavlhčení a má hodnoty nejnižší. Pokud tloušťka vzduchové mezery narůstá, chladící tepelný tok klesá a výparný odpor naopak narůstá.

Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na hodnoty RWVP a RET - vzorek VZ6



Obr.31: Vliv vlhkosti a vzduchové mezery na hodnoty RWVP a R_{et} – VZ6 tkanina

Z obrázku 31, kde byl hodnocen vzorek VZ6 je také patrné, stejně jak v předchozích grafech, že pokud je vyšší obsah vlhkosti ve vzorku materiálu, tím se zvyšuje RWVP a výparný odpor je nižší.

Všechny znázorněné grafy mají shodné to, že pokud je RWVP v nejvyšším bodě, R_{et} má v tomto případě hodnoty nejnižší. U vlivu zavlhčení je vidět to, že nejvyšší hodnoty RWVP mají vzorky s nejnižšími nebo s nulovými vzduchovými mezerami.

4 Závěr

Cílem diplomové práce bylo vyhodnotit vliv vzduchové mezery mezi pokožkou a oděvem na chladicí tepelný tok (dále jen RWVP) a výparný odpor (dále jen R_{et}), a to při různých stupních vlhkosti daného oděvu, což simulovalo termofyziologický komfort pociťovaný člověkem, který je oblečen v mokré vrstvě oděvu, která se dotýká přímo jeho pokožky. U oděvu v suchém stavu byla místo RWVP hodnocena paropropustnost. Bylo měřeno 6 vzorků různých konstrukčních parametrů. Dvě tkaniny ve vazbě plátňové a dvě ve vazbě keprové, z toho jedna vždy ze 100 % bavlny a druhá ze 100 % polyesteru, dále 2 pleteniny - jedna ze 100 % bavlny a druhá ze 100 % polyesteru. Měření vzorků probíhalo na přístroji Permetest.

Z vyhodnocení dat vlivu vzduchové mezery na hodnoty RWVP plyne, že pokud jsou vzduchové mezery mezi pokožkou a oděvem 0-2 mm, je RWVP vyšší, než u mezních vrstev o větší velikosti. Protože při velikosti vzduchové mezery vyšší než 4 mm se hodnoty RWVP začaly zřetelně snižovat. Když byly použity vzduchové mezery ještě větší, a to o velikostech 7-10 mm chladicí tepelný tok se snížil ještě výrazněji. Z naměřených výsledků lze soudit, že se zvyšující se vzduchovou mezerou se chladicí tepelný tok (RWVP) snižuje, jinak řečeno chladicí účinek vlhké textilie klesá úměrně se zvyšující se vzduchovou mezerou.

Naopak při vyhodnocení vlivu vzduchové mezery na hodnoty R_{et} lze říci, že pokud byla vzduchová mezera 0-2 mm, hodnoty R_{et} byly nejnižší. Při použití vzduchové mezery 4-10 mm, byly hodnoty R_{et} nejvyšší oproti ostatním. A to i oproti hodnotám při použití vzduchové mezery 7-10 mm. Lze tedy konstatovat, že s „rostoucí“ vzduchovou mezerou roste i výparný odpor (R_{et}).

Při členění materiálů podle složení vzhledem k hodnotám RWVP lze z testovaných vzorků říci, že nejnižší chladicí tepelný tok má vzorek složený ze 100 % polyesteru, u naměřených materiálů složených ze 100 % bavlny byl zjištěn nejvyšší nárůst chladicího tepelného toku s přibývajícím vlhkostí. Pokud jsou vzorky s vyšší hmotností, hodnoty tepelného chladicího toku jsou vyšší a s rostoucí tloušťkou se hodnoty snižují. Také bylo z hodnot pozorováno, že na chladicí tepelný tok nemá vliv konstrukční parametr vzorku. U těchto materiálů bylo zjištěno, že pokud byl měřený vzorek bez vzduchové mezery, chladicí tepelný tok se zvyšoval lineárně s navýšením vlhkosti v materiálu. V případech, kdy byla použita vzduchová mezera, hodnota chladicího tepelného toku se snižovala, vliv zavlhčení materiálu již neměl takový vliv.

Z analýzy naměřených hodnot všech šesti textilních materiálů vyplývá, že vlhkost materiálu a tloušťka vzduchové mezery mezi pokožkou a oděvem, zásadně ovlivní výsledný RWVP a R_{et} , a tím i vnímaný termofyziologický komfort. Bylo potvrzeno, že pokud se mokrá textilní materiál nedotýká přímo pokožky, je komfort výrazně lepší.

5 Použitá literatura

[1] Wallachová, Klára.: Vliv vzduchové mezery mezi pokožkou a textilií na hodnoty paropropustnosti měřené na přístroji typu Skin Model. Liberec: Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Bakalářská práce 2011.

[2] Aruputharaj, Anton , Senthilkumar, Mani , G Nalankilli: Analysis of thermal comfort characteristics of moisture management finished knitted fabrics made from different yarns Journal of Industrial Textiles July 2013 vol. 42 no. 1, 19-33.

[3] Yehu Lu, Jun Li, Xiaohui Li, and Guowen Song: The effect of air gaps in moist protective clothing on protection from heat and flame. Journal of Fire Sciences, March 2013; vol. 31, 2: pp. 99-111., first published on September 12, 2012.

[4] Mangat, Muhammad, Mushtaq, Hes, Luboš: Thermal Resistance of Denim Fabric under Dynamic Moist Conditions and its Investigational Confirmation. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2014, Vol. 22, 6(108).

[5] Frackiewicz-Kaczmarek, Joanna, Psikuta, Agnes, Bueno, M., and M. Rossi: Quantitative evaluation of air gap thickness and contact area between body and garment Textile Research Journal, December 2015; vol. 85, 20: pp. 2196-2207., first published on March 26, 2015.

[6] Frackiewicz-Kaczmarek, Joanna, Psikuta, Agnes, Bueno, M., and M. Rossi: Effect of garment properties on air gap thickness and the contact area distribution. Textile Research Journal, November 2015; vol. 85, 18: pp. 1907-1918., first published on March 26, 2015.

[7] Sorpční vlastnosti vláken, *skripta* [Online] [cit. 2017-03-15]

Dostupné z: http://www.kmi.tul.cz/studijni_materialy/data/2013-04-17/08-29-36.pdf

[8] Ghazy, Ahmed: Study of the air gap between fire-protective clothing and the skin. Journal of Industrial Textiles September 2014 44: 257-274.

- [9] Hes, Luboš., SLUKA, P. Úvod do komfortu textilií. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. 109 s. ISBN 80-7083-926-0.
- [10] Knížek, Roman. Oděvy pro sportovní a outdoorové aktivity. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013. ISBN 978-80-7494-012-5.
- [11] Trojan, Stanislav. Lékařská fyziologie. 3. dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada-Avicenum, 1999, 612 s. ISBN 80-716-9788-5.
- [12] Čihák, Radomír. Anatomie 3. 2., upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2004, 673 s. ISBN 80-247-1132-4.
- [13] Hes, Luboš., Mario de Araujo: Simulation of the Effect of Air Gaps between the Skin and a Wet Fabric on Resulting Cooling Flow. Textile Research Journal 80(14), 2010.
- [14] Bogusławska-Bączek, Monika, Hes Luboš: Analysis and Determination of Effective Water Vapour Permeability of Wet Woven Fabrics. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2014, Vol. 21, No. 1 (97).
- [15] Hes, Luboš, Loghin, Carmen: Heat, Moisture and Air Transfer Properties of Selected Woven Fabrics in Wet State. Journal of Fiber Bioengineering and Informatics 2010 Vol. 2 No. 3.
- [16] Yu Sun, Warren Jasper and Emiel A DenHartog: Effects of Air Velocity, Air Gap Thickness and Configuration on Heat Transfer of a Wearable Convective Cooling System, J Textile Sci Eng 5: 227. doi:10.4172/2165-8064.1000227.
- [17] Konstrukční parametry plošných textilií, *skripta* [Online] [cit. 2017-03-15]
Dostupné z: http://www.kmi.tul.cz/studijni_materialy/data/2015-04-09/08-59-56.pdf
- [18] Hendl, Jan. Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat. Vyd. 2., opr. Praha: Portál, 2006. ISBN 80-7367-123-9.

[19] Termoregulace. [Online] [cit. 2017-04-25]

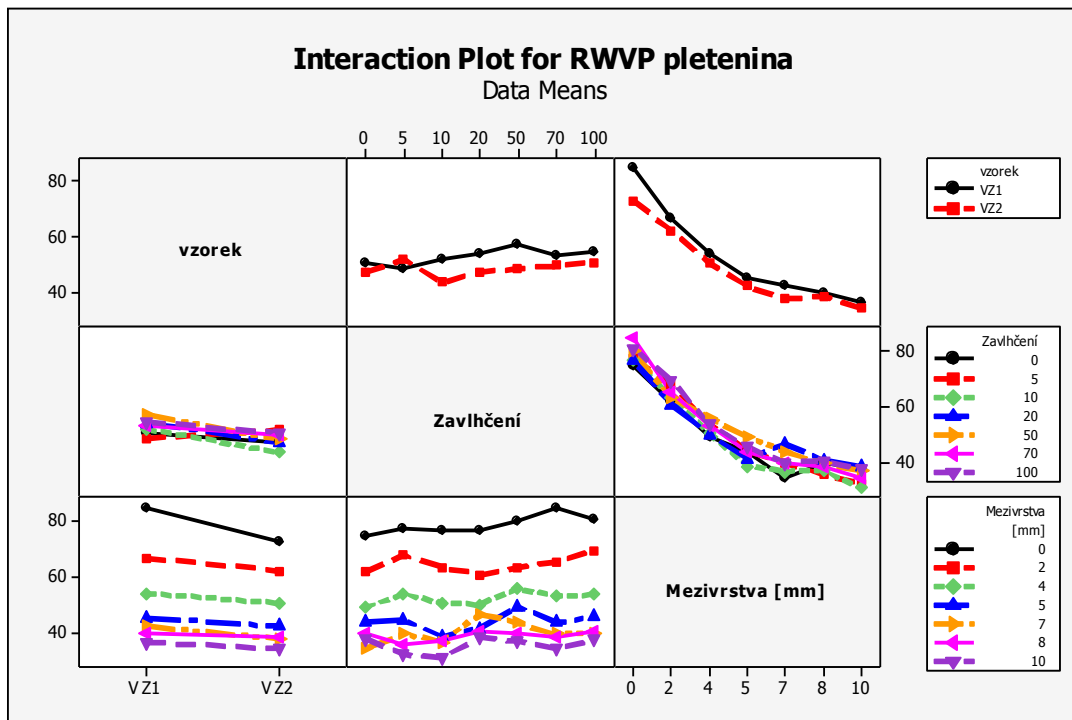
Dostupné z: <http://www.wikiskripta.eu/index.php/Termoregulace>

[20] Stanovení termofyziologických vlastností textilií. *Interní norma č. 23-304-01/01.*

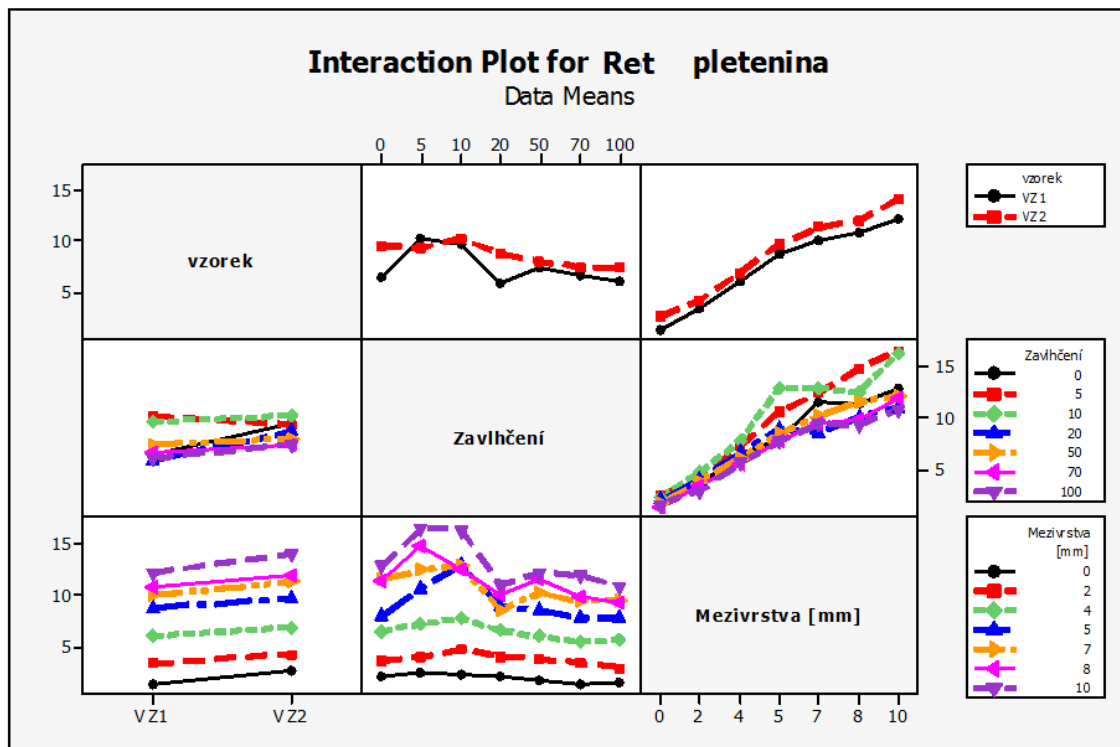
[Online] [cit.2017-04-25]

Dostupné z: https://www.google.cz/?gws_rd=ssl#q=Intern%C3%AD+norma+%C4%8D.+23-304-01/01+Stanoven%C3%AD+termofyziologick%C3%BDch+vlastnost%C3%AD+textili%C3%AD&spf=68

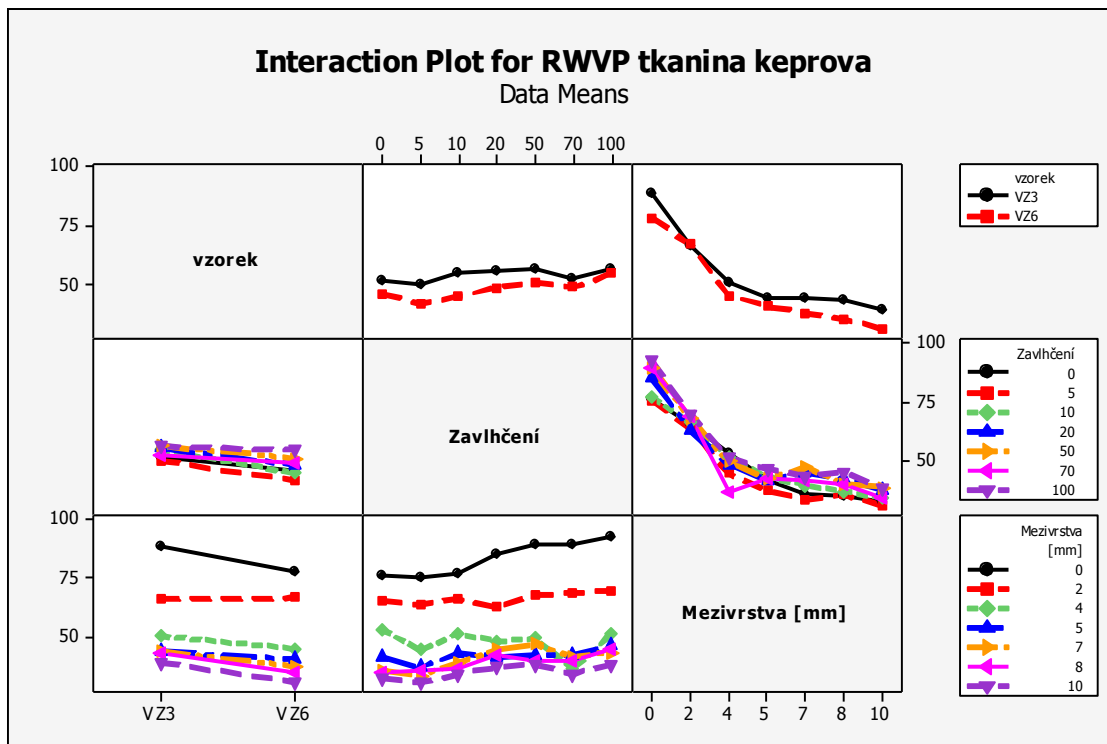
Přílohy



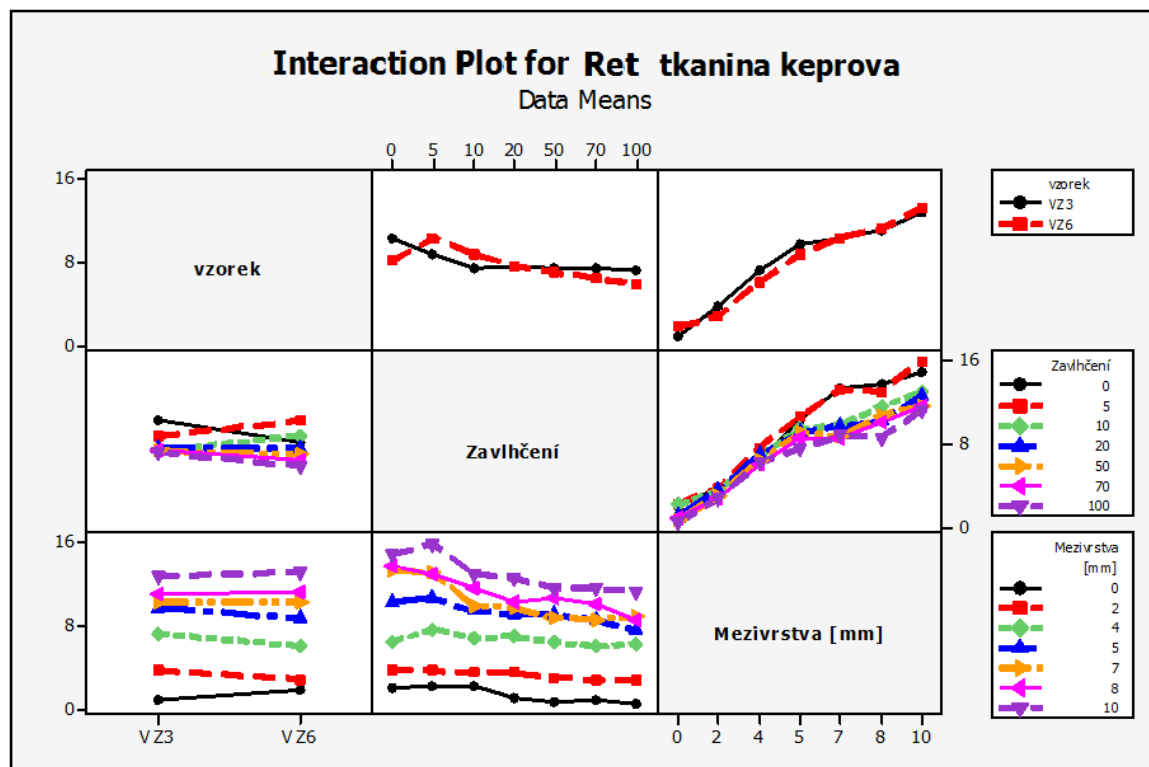
Obr.1: Interakce RWVP pletenina – VZ1a VZ2



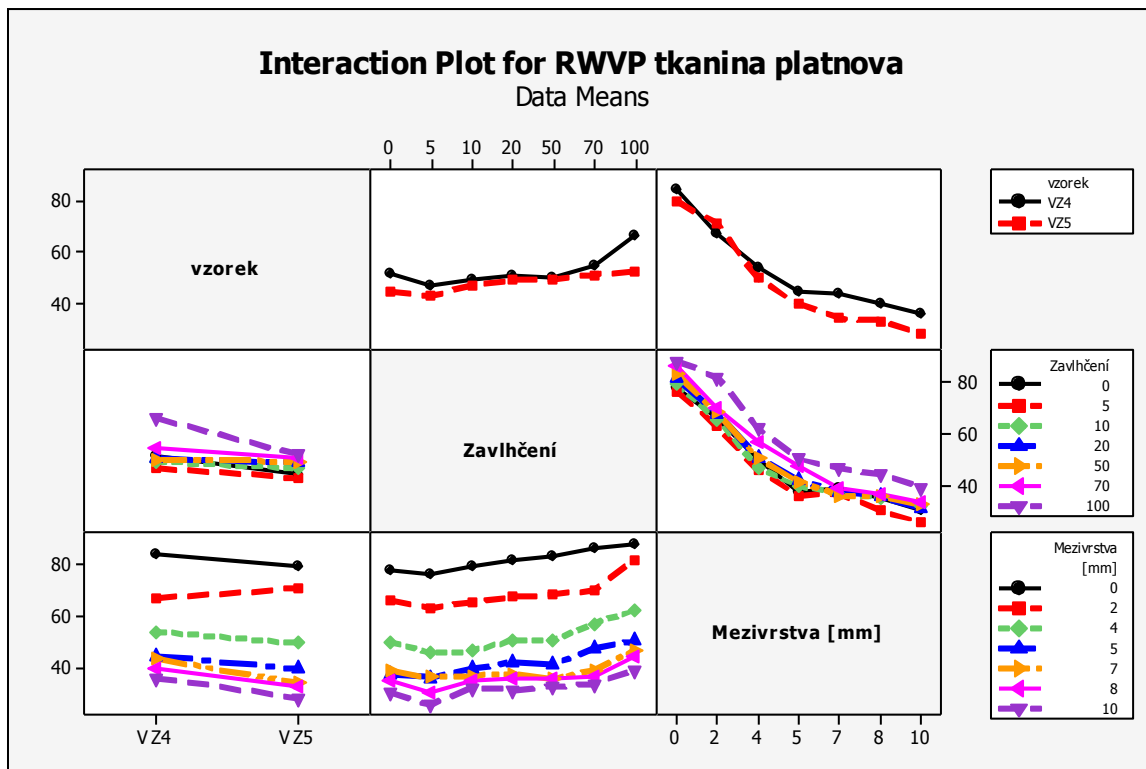
Obr.2: Interakce Ret pletenina – VZ1a VZ2



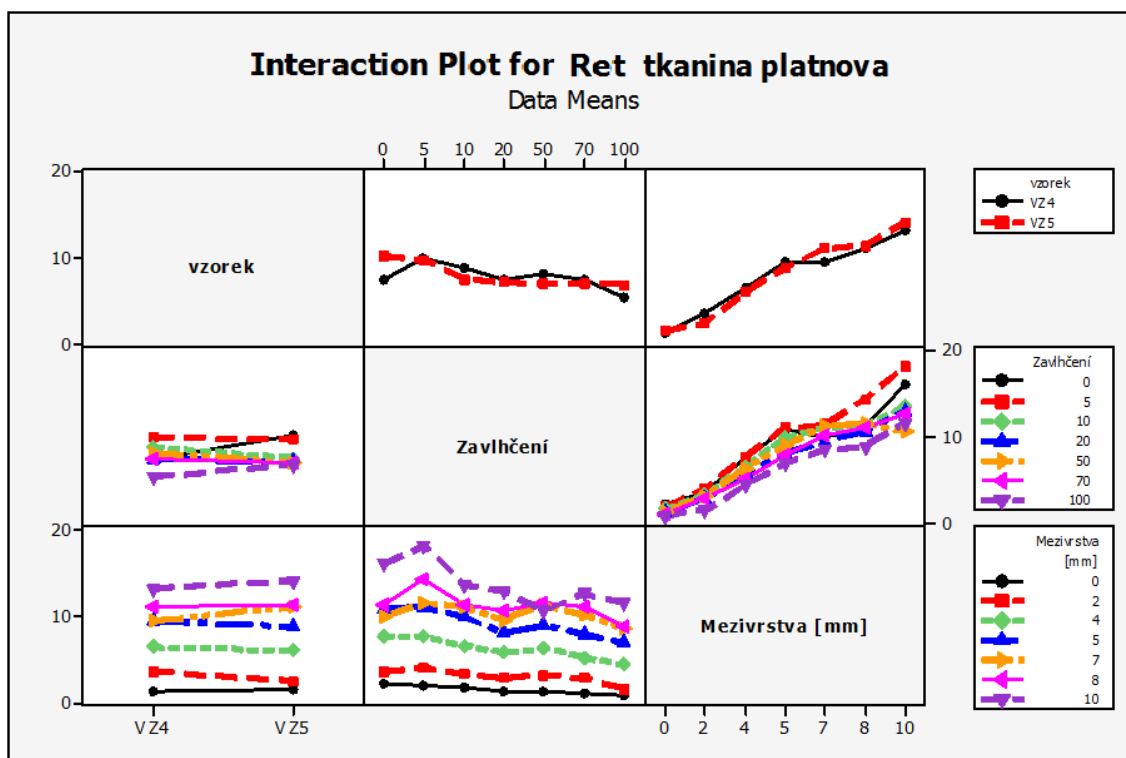
Obr. 3: Interakce RWVP tkanina – VZ3 a VZ6



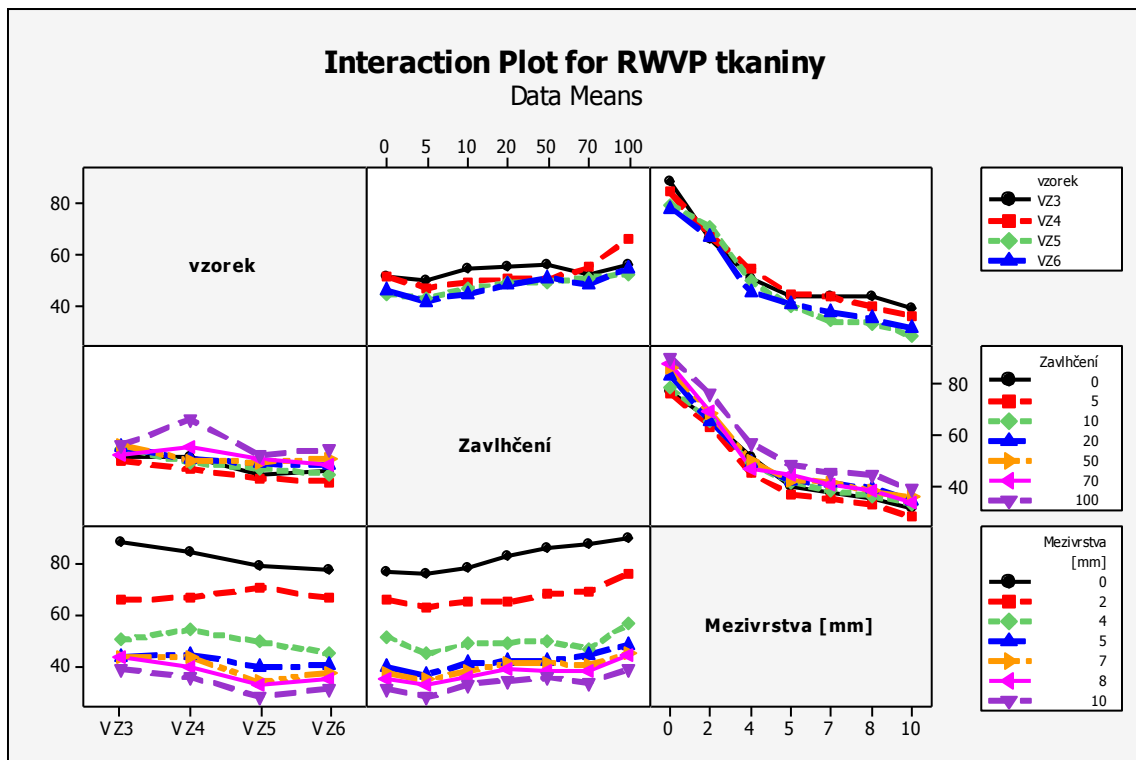
Obr. 4: Interakce R_{et} tkanina – VZ3 a VZ6



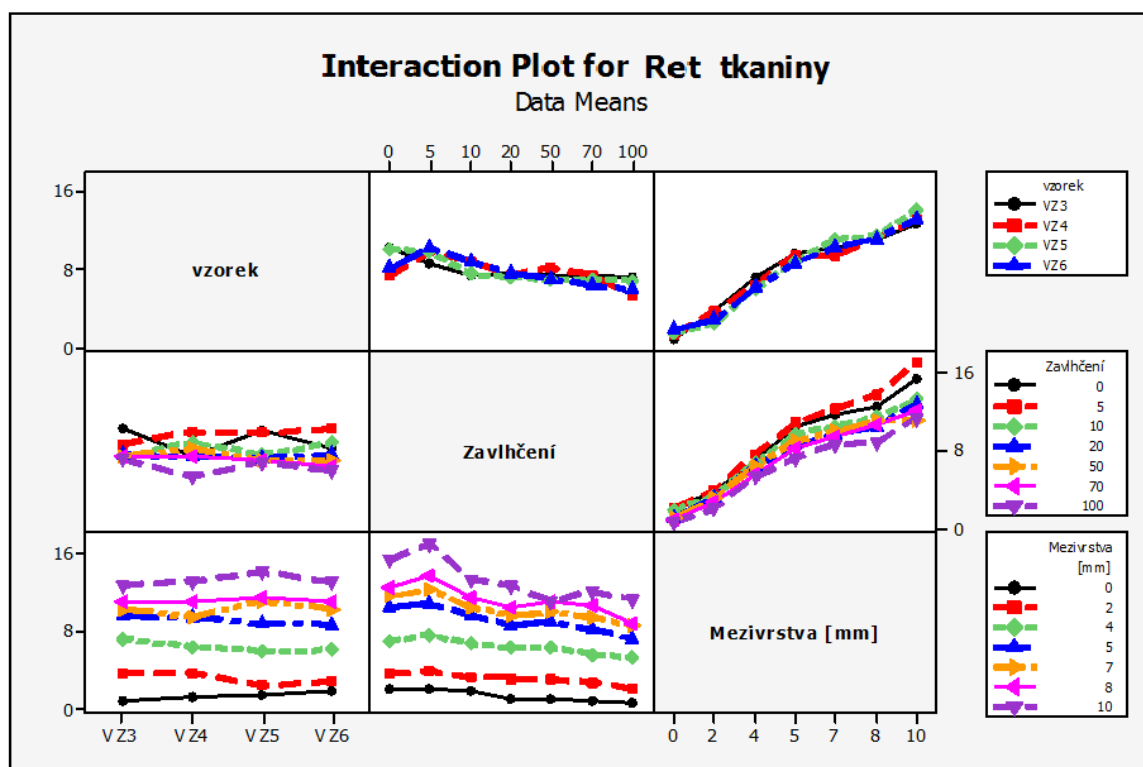
Obr.5: Interakce RWVP tkanina – VZ4 a VZ5



Obr. 6: Interakce R_{et} tkanina – VZ4 a VZ5



Obr. 7: Interakce RWVP tkanina – VZ3, VZ4, VZ5 a VZ6



Obr. 8: Interakce Ret tkanina – VZ3, VZ4, VZ5 a VZ6

Tabulka 1: VZ1-100% polyester - zátěžná pletenina- h=0 mm

VZ1 bez mezní vrstvy	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,01	3,84	87,83	3,37	3,81	0,87	29,04	0,25	0,28
70	69,84	0,46	87,90	0,40	0,45	1,10	24,05	0,26	0,29
50	50,06	0,76	87,33	0,67	0,76	1,00	17,32	0,17	0,19
20	20,00	0,68	86,57	0,59	0,67	0,83	24,98	0,21	0,24
10	10,03	0,69	89,07	0,61	0,69	1,27	9,12	0,12	0,14
5	4,84	1,22	77,87	0,95	1,08	2,23	6,84	0,15	0,17
0	0,00	1,62	80,73	1,31	1,48	1,37	11,18	0,15	0,17

Tabulka 2: VZ1-100% polyester - zátěžná pletenina- h=2 mm

VZ1 s mezní vrstvou 2mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,01	1,13	70,73	0,80	0,91	2,63	9,56	0,25	0,28
70	69,84	0,89	68,50	0,61	0,69	2,83	7,35	0,21	0,24
50	50,06	0,84	65,47	0,55	0,62	3,43	4,45	0,15	0,17
20	20,00	5,56	64,20	3,57	4,04	3,50	11,43	0,40	0,45
10	10,03	1,82	68,50	1,25	1,41	4,03	6,24	0,25	0,28
5	4,84	2,76	67,93	1,88	2,13	3,97	5,82	0,23	0,26
0	0,00	1,46	65,17	0,95	1,08	2,87	8,78	0,25	0,28

Tabulka 3: VZ1-100% polyester - zátěžná pletenina - h=4 mm

VZ1 s mezní vrstvou 4mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,01	2,63	55,37	1,46	1,65	5,17	2,96	0,15	0,17
70	69,84	1,18	54,63	0,64	0,72	5,10	3,40	0,17	0,19
50	50,06	6,59	60,50	3,99	4,52	5,60	9,45	0,53	0,60
20	20,00	1,34	53,13	0,71	0,80	5,53	4,55	0,25	0,28
10	10,03	2,02	55,20	1,11	1,26	7,23	3,48	0,25	0,28
5	4,84	2,07	50,33	1,04	1,18	8,13	4,32	0,35	0,40
0	0,00	1,40	50,77	0,71	0,80	5,33	2,86	0,15	0,17

Tabulka 4: VZ1-100% polyester - zátěžná pletenina - h=5 mm

VZ1 s mezní vrstvou 5mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,01	1,51	47,13	0,71	0,80	7,27	3,46	0,25	0,28
70	69,84	1,36	44,47	0,60	0,68	7,50	4,00	0,30	0,34
50	50,06	1,85	56,37	1,04	1,18	7,70	4,68	0,36	0,41
20	20,00	1,56	46,10	0,72	0,81	7,07	2,95	0,21	0,24
10	10,03	1,11	41,30	0,46	0,52	12,47	1,23	0,15	0,17
5	4,84	1,15	41,27	0,47	0,53	11,57	1,80	0,21	0,24
0	0,00	1,21	42,47	0,51	0,58	8,17	9,27	0,76	0,86

Tabulka 5: VZ1-100% polyester - zátěžná pletenina - h=7 mm

VZ1 s mezní vrstvou 7mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,01	1,45	41,47	0,60	0,68	8,70	2,30	0,20	0,23
70	69,84	1,08	41,73	0,45	0,51	8,77	1,74	0,15	0,17
50	50,06	0,51	49,13	0,25	0,28	10,33	1,48	0,15	0,17
20	20,00	1,62	52,80	0,85	0,96	5,57	4,52	0,25	0,28
10	10,03	1,16	39,40	0,46	0,52	13,07	1,59	0,21	0,24
5	4,84	0,69	36,23	0,25	0,28	14,13	0,82	0,12	0,14
0	0,00	1,71	36,60	0,62	0,70	9,67	1,58	0,15	0,17

Tabulka 6: VZ1-100% polyester - zátěžná pletenina - h=8 mm

VZ1 s mezní vrstvou 8mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,01	0,96	41,97	0,40	0,45	8,57	1,78	0,15	0,17
70	69,84	0,50	40,10	0,20	0,23	9,27	2,72	0,25	0,28
50	50,06	2,59	41,57	1,08	1,22	12,10	2,48	0,30	0,34
20	20,00	3,82	40,90	1,56	1,77	8,57	3,57	0,31	0,35
10	10,03	1,86	41,13	0,76	0,86	11,57	1,80	0,21	0,24
5	4,84	2,08	33,83	0,70	0,79	15,80	1,67	0,26	0,29
0	0,00	3,11	37,23	1,16	1,31	9,57	5,26	0,50	0,57

Tabulka 7: VZ1-100% polyester - zátěžná pletenina - h=10 mm

VZ1 s mezní vrstvou 10mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,01	1,52	39,50	0,60	0,68	9,50	3,80	0,36	0,41
70	69,84	1,03	35,10	0,36	0,41	11,60	0,86	0,10	0,11
50	50,06	2,98	40,37	1,20	1,36	12,00	3,82	0,46	0,52
20	20,00	1,44	36,80	0,53	0,60	10,63	4,24	0,45	0,51
10	10,03	1,31	30,50	0,40	0,45	18,27	1,38	0,25	0,28
5	4,84	3,84	32,93	1,27	1,44	15,73	1,94	0,31	0,35
0	0,00	1,94	40,07	0,78	0,88	8,17	3,74	0,31	0,35

Tabulka 8: VZ2 -100% bavlna - zátěžná pletenina- h=0 mm

VZ2 - bez mezní vrstvy	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	99,99	2,01	75,00	1,51	1,71	2,13	7,16	0,15	0,17
70	69,56	1,35	82,30	1,11	1,26	1,40	7,14	0,10	0,11
50	49,96	0,34	73,23	0,25	0,28	2,30	7,53	0,17	0,19
20	19,98	0,15	67,70	0,10	0,11	3,07	1,88	0,06	0,07
10	9,96	1,33	65,73	0,87	0,98	3,37	6,86	0,23	0,26
5	5,29	3,91	77,03	3,01	4,42	2,70	12,83	0,35	0,40
0	0,00	1,32	69,50	0,92	1,04	2,90	1,99	0,06	0,07

Tabulka 9: VZ2 -100% bavlna - zátěžná pletenina - h=2 mm

VZ2 s mezní vrstvou 2mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	99,99	0,81	69,10	0,56	0,63	3,17	9,65	0,31	0,35
70	69,56	0,97	62,73	0,61	0,69	3,80	2,63	0,10	0,11
50	49,96	1,37	61,87	0,85	0,96	4,27	4,88	0,21	0,24
20	19,98	1,56	58,07	0,91	1,03	4,47	5,63	0,25	0,28
10	9,96	1,28	58,90	0,75	0,85	5,40	1,85	0,10	0,11
5	5,29	1,32	68,13	0,90	1,02	4,07	2,84	0,12	0,14
0	0,00	1,93	58,70	1,14	1,29	4,47	5,17	0,23	0,26

Tabulka 10: VZ2 -100% bavlna - zátěžná pletenina - h=4 mm

VZ2 s mezní vrstvou 4mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	99,99	0,62	52,23	0,32	0,36	6,10	1,64	0,10	0,11
70	69,56	1,25	52,30	0,66	0,75	5,87	3,55	0,21	0,24
50	49,96	1,17	51,47	0,60	0,68	6,40	1,56	0,10	0,11
20	19,98	3,86	47,30	1,82	2,06	7,60	2,28	0,17	0,19
10	9,96	3,18	46,33	1,47	1,66	8,33	1,39	0,12	0,14
5	5,29	3,48	57,93	2,01	2,27	6,37	1,81	0,12	0,14
0	0,00	0,79	47,63	0,38	0,43	7,53	0,77	0,06	0,07

Tabulka 11: VZ2 -100% bavlna - zátěžná pletenina - h=5 mm

VZ2 s mezní vrstvou 5mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	99,99	1,47	44,33	0,65	0,74	8,23	1,40	0,12	0,14
70	69,56	4,66	42,90	2,00	2,26	8,20	2,44	0,20	0,23
50	49,96	0,95	42,63	0,40	0,45	9,33	0,62	0,06	0,07
20	19,98	0,94	36,80	0,35	0,40	10,97	0,53	0,06	0,07
10	9,96	0,89	36,27	0,32	0,36	13,63	0,42	0,06	0,07
5	5,29	4,22	47,93	2,02	2,29	9,90	2,67	0,26	0,29
0	0,00	3,49	44,70	1,56	1,77	7,93	0,73	0,06	0,07

Tabulka 1: VZ2 -100% bavlna - zátěžná pletenina - h=7 mm

VZ2 s mezní vrstvou 7mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	99,99	0,65	38,63	0,25	0,28	10,33	1,48	0,15	0,17
70	69,56	3,89	37,30	1,45	1,64	10,10	0,99	0,10	0,11
50	49,96	0,92	38,23	0,35	0,40	10,23	1,13	0,12	0,14
20	19,98	2,99	40,70	1,22	1,38	11,70	1,48	0,17	0,19
10	9,96	0,89	34,17	0,31	0,35	13,03	1,17	0,15	0,17
5	5,29	4,17	42,97	1,79	2,03	11,03	9,69	1,07	1,21
0	0,00	1,98	32,43	0,64	0,72	13,53	2,59	0,35	0,40

Tabulka 12: VZ2 -100% bavlna - zátažná pletenina - h=8 mm

VZ2 s mezní vrstvou 8mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	99,99	0,39	39,57	0,15	0,17	10,13	0,57	0,06	0,07
70	69,56	3,00	37,17	1,12	1,27	10,53	2,90	0,31	0,35
50	49,96	1,25	37,93	0,47	0,53	11,27	1,36	0,15	0,17
20	19,98	1,37	40,60	0,56	0,63	11,70	1,48	0,17	0,19
10	9,96	0,76	33,13	0,25	0,28	13,57	0,43	0,06	0,07
5	5,29	3,44	38,10	1,31	1,48	13,97	1,09	0,15	0,17
0	0,00	1,17	42,13	0,49	0,55	13,17	0,44	0,06	0,07

Tabulka 13: VZ2 -100% bavlna - zátažná pletenina - h=10 mm

VZ2 s mezní vrstvou 10mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	99,99	1,38	35,67	0,49	0,55	12,37	0,93	0,12	0,14
70	69,56	3,20	33,10	1,06	1,20	12,60	1,37	0,17	0,19
50	49,96	3,28	33,63	1,10	1,24	12,53	0,92	0,12	0,14
20	19,98	4,12	40,00	1,65	1,87	11,63	7,94	0,92	1,04
10	9,96	1,64	31,33	0,51	0,58	14,70	1,18	0,17	0,19
5	5,29	4,73	31,37	1,48	1,67	17,60	2,05	0,36	0,41
0	0,00	1,42	35,57	0,50	0,57	17,67	0,86	0,15	0,17

Tabulka 14: VZ3- 100% polyester - tkanina ve vazbě keprové - h=0 mm

VZ3 bez mezní vrstvy	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,11	0,84	95,67	0,81	0,92	0,33	45,83	0,15	0,17
70	69,28	0,91	91,23	0,83	0,94	0,80	12,50	0,10	0,11
50	49,89	1,33	92,17	1,22	1,38	0,60	16,67	0,10	0,11
20	19,99	1,02	92,23	0,95	1,08	0,63	18,23	0,12	0,14
10	9,96	0,55	81,53	0,45	0,51	1,77	3,27	0,06	0,07
5	4,86	0,91	90,30	0,82	0,93	0,80	21,65	0,17	0,19
0	0,00	2,85	81,43	2,32	2,63	1,67	3,46	0,06	0,07

Tabulka 15: VZ3- 100% polyester - tkanina ve vazbě keprové - h=2 mm

VZ3 s mezní vrstvou 2mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,11	0,72	65,57	0,47	0,53	3,70	4,68	0,17	0,19
70	69,28	6,22	65,93	4,10	4,64	3,47	7,26	0,25	0,28
50	49,89	0,93	67,20	0,62	0,70	3,53	1,63	0,06	0,07
20	19,99	0,24	62,93	0,15	0,17	3,97	1,46	0,06	0,07
10	9,96	3,89	71,50	2,78	3,15	3,33	13,86	0,46	0,52
5	4,86	0,81	63,57	0,51	0,58	4,10	8,45	0,35	0,40
0	0,00	1,42	67,00	0,95	1,08	4,20	4,12	0,17	0,19

Tabulka 16: VZ3- 100% polyester - tkanina ve vazbě keprové - h=4 mm

VZ3 s mezní vrstvou 4mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,11	1,19	50,50	0,60	0,68	7,30	1,37	0,10	0,11
70	69,28	5,40	48,37	2,61	2,95	6,67	4,82	0,32	0,36
50	49,89	1,57	50,60	0,79	0,89	7,37	1,57	0,12	0,14
20	19,99	0,97	48,97	0,47	0,53	7,47	0,77	0,06	0,07
10	9,96	5,06	56,60	2,86	3,24	6,30	11,00	0,69	0,78
5	4,86	3,56	43,20	1,54	1,74	8,50	1,18	0,10	0,11
0	0,00	1,11	56,40	0,62	0,59	7,13	0,81	0,06	0,07

Tabulka 17: VZ3- 100% polyester - tkanina ve vazbě keprové - h=5 mm

VZ3 s mezní vrstvou 5mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,11	2,57	49,57	1,27	1,44	7,60	1,32	0,10	0,11
70	69,28	1,51	42,53	0,64	0,72	9,20	1,09	0,10	0,11
50	49,89	0,93	43,67	0,40	0,45	9,33	0,62	0,06	0,07
20	19,99	1,06	42,47	0,45	0,51	9,63	2,40	0,23	0,26
10	9,96	0,65	46,83	0,31	0,35	9,37	1,63	0,15	0,17
5	4,86	5,48	36,93	2,03	2,30	11,77	0,98	0,12	0,14
0	0,00	1,20	46,07	0,55	0,62	10,87	1,41	0,15	0,17

Tabulka 18: VZ3- 100% polyester - tkanina ve vazbě keprové - h=7 mm

VZ3 s mezní vrstvou 7mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,11	1,43	41,90	0,60	0,68	10,77	1,07	0,12	0,14
70	69,28	4,31	41,27	1,78	2,01	9,07	7,34	0,67	0,76
50	49,89	0,65	53,70	0,35	0,40	8,63	0,67	0,06	0,07
20	19,99	0,91	49,47	0,45	0,51	9,97	2,32	0,23	0,26
10	9,96	3,49	45,67	1,59	1,80	8,37	8,65	0,72	0,81
5	4,86	3,71	38,57	1,43	1,62	10,30	8,41	0,87	0,98
0	0,00	1,20	37,63	0,45	0,51	15,33	0,75	0,12	0,14

Tabulka 19: VZ3- 100% polyester - tkanina ve vazbě keprové - h=8 mm

VZ3 s mezní vrstvou 8mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,11	2,76	49,47	1,37	1,55	8,53	5,41	0,46	0,52
70	69,28	8,15	41,77	3,40	3,85	10,90	3,31	0,36	0,41
50	49,89	0,66	44,07	0,29	0,33	10,77	2,14	0,23	0,28
20	19,99	2,09	48,93	1,02	1,15	9,53	4,24	0,40	0,45
10	9,96	0,83	42,57	0,35	0,40	10,53	0,55	0,06	0,07
5	4,86	2,72	41,40	1,13	1,28	12,37	1,87	0,23	0,26
0	0,00	0,66	38,23	0,25	0,28	15,07	0,38	0,06	0,07

Tabulka 20: VZ3- 100% polyester - tkanina ve vazbě keprové - h=10 mm

VZ3 s mezní vrstvou 10mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,11	6,16	42,10	2,59	2,93	11,83	6,56	0,78	0,88
70	69,28	2,27	34,90	0,79	0,89	11,90	2,22	0,26	0,29
50	49,89	3,69	44,57	1,64	1,86	11,47	6,77	0,78	0,88
20	19,99	1,87	43,47	0,81	0,92	11,67	0,99	0,12	0,14
10	9,96	1,73	40,40	0,70	0,79	11,67	0,99	0,12	0,14
5	4,86	1,78	36,17	0,64	0,72	13,37	1,73	0,23	0,26
0	0,00	1,17	34,53	0,40	0,45	17,67	0,86	0,15	0,17

Tabulka 21: VZ4- 100% polyester - tkanina ve vazbě plátnové - h=0 mm

VZ4 bez mezní vrstvy	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,14	0,64	88,73	0,57	0,65	0,80	12,50	0,10	0,11
70	69,82	0,80	87,77	0,70	0,79	0,90	11,11	0,10	0,11
50	49,96	0,89	85,00	0,75	0,85	1,43	14,52	0,21	0,24
20	19,95	0,66	82,97	0,55	0,62	1,23	12,39	0,15	0,17
10	10,05	1,22	80,80	0,98	1,11	1,70	5,88	0,10	0,11
5	5,08	1,28	81,60	1,04	1,18	1,40	12,37	0,17	0,19
0	0,00	1,27	86,63	1,10	1,24	1,23	9,36	0,12	0,14

Tabulka 22: VZ4- 100% polyester - tkanina ve vazbě plátnové - h=2 mm

VZ4 s mezní vrstvou 2mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,14	1,74	88,17	1,54	1,74	1,33	15,61	0,21	0,24
70	69,82	6,97	65,47	4,57	5,17	3,70	12,39	0,46	0,52
50	49,96	2,31	65,03	1,50	1,70	4,27	5,90	0,25	0,28
20	19,95	1,95	65,27	1,27	1,44	3,50	4,95	0,17	0,19
10	10,05	2,12	62,67	1,33	1,51	4,07	5,12	0,21	0,24
5	5,08	0,84	60,77	0,51	0,58	5,17	2,23	0,12	0,14
0	0,00	1,75	65,17	1,14	1,29	3,60	5,56	0,20	0,23

Tabulka 23: VZ4- 100% polyester - tkanina ve vazbě plátnové - h=4 mm

VZ4 s mezní vrstvou 4mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,14	4,40	73,03	3,21	3,63	3,47	13,63	0,47	0,53
70	69,82	1,36	64,13	0,87	0,98	5,10	3,92	0,20	0,23
50	49,96	3,88	50,97	1,98	2,24	6,93	2,20	0,15	0,17
20	19,95	1,76	51,47	0,91	1,03	6,20	3,23	0,20	0,23
10	10,05	3,78	44,77	1,69	1,91	7,87	3,20	0,25	0,28
5	5,08	3,25	46,00	1,49	1,69	8,47	1,80	0,15	0,17
0	0,00	6,94	51,23	3,56	4,03	7,17	2,90	0,21	0,24

Tabulka 24: VZ4- 100% polyester - tkanina ve vazbě plátňové - h=5 mm

VZA s mezní vrstvou 5mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,14	2,25	58,13	1,31	1,48	6,27	4,88	0,31	0,35
70	69,82	2,73	52,33	1,43	1,62	8,17	3,08	0,25	0,28
50	49,96	1,90	42,27	0,80	0,91	9,37	2,69	0,25	0,28
20	19,95	1,41	44,40	0,62	0,70	8,23	1,86	0,15	0,17
10	10,05	2,85	40,67	1,16	1,31	11,73	1,77	0,21	0,24
5	5,08	3,24	37,40	1,21	1,37	12,23	2,06	0,25	0,28
0	0,00	0,64	39,27	0,25	0,28	10,27	2,03	0,21	0,24

Tabulka 25: VZ4- 100% polyester - tkanina ve vazbě plátňové - h=7 mm

VZA s mezní vrstvou 7mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,14	2,06	56,77	1,17	1,32	6,90	1,45	0,10	0,11
70	69,82	2,51	41,87	1,05	1,19	10,43	2,93	0,31	0,35
50	49,96	2,56	37,17	0,95	1,08	11,47	1,33	0,15	0,17
20	19,95	2,62	40,13	1,05	1,19	9,60	2,76	0,26	0,29
10	10,05	1,41	42,50	0,60	0,68	10,83	2,32	0,25	0,28
5	5,08	2,63	43,80	1,15	1,30	9,37	2,69	0,25	0,28
0	0,00	3,21	44,47	1,43	1,62	7,93	7,60	0,60	0,68

Tabulka 26: VZ4- 100% polyester - tkanina ve vazbě plátňové - h=8 mm

VZA s mezní vrstvou 8mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,14	1,17	52,43	0,61	0,69	8,23	1,86	0,15	0,17
70	69,82	2,43	38,83	0,95	1,08	11,77	2,14	0,25	0,28
50	49,96	2,05	37,27	0,76	0,86	11,50	2,61	0,30	0,34
20	19,95	2,71	37,27	1,01	1,14	11,17	4,23	0,47	0,53
10	10,05	1,96	38,60	0,75	0,85	12,30	2,44	0,30	0,34
5	5,08	4,88	33,33	1,63	1,84	14,37	1,75	0,25	0,28
0	0,00	3,13	40,80	1,28	1,45	9,20	6,05	0,56	0,63

Tabulka 27: VZ4- 100% polyester - tkanina ve vazbě plátňové - h=10 mm

VZA s mezní vrstvou 10mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,14	2,31	46,67	1,08	1,22	10,43	2,41	0,25	0,28
70	69,82	1,99	36,43	0,72	0,81	12,40	1,61	0,20	0,23
50	49,96	2,65	35,83	0,95	1,08	12,57	4,66	0,59	0,67
20	19,95	1,93	34,47	0,67	0,76	12,40	1,61	0,20	0,23
10	10,05	1,65	36,53	0,60	0,68	13,67	3,05	0,42	0,48
5	5,08	2,01	27,47	0,55	0,62	18,67	1,35	0,25	0,28
0	0,00	3,97	36,17	1,44	1,63	12,63	18,06	2,28	0,32

Tabulka 28: VZ5- 100% bavlna - tkanina ve vazbě plátňové - h=0 mm

VZ5 bez mezní vrstvy	U [%]	CV %	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	99,90	0,68	88,43	0,60	0,68	0,77	7,53	0,06	0,07
70	70,05	1,52	85,80	1,31	1,48	0,93	12,37	0,12	0,14
50	49,71	1,16	82,40	0,95	1,08	1,27	9,12	0,12	0,14
20	19,92	1,47	81,37	1,19	1,35	1,20	14,43	0,17	0,19
10	9,94	1,77	79,27	1,40	1,58	1,57	16,06	0,25	0,28
5	4,99	2,51	71,70	1,80	2,04	2,30	15,06	0,35	0,40
0	0,00	1,75	70,57	1,23	1,39	2,97	7,78	0,23	0,26

Tabulka 29: VZ5- 100% bavlna - tkanina ve vazbě plátňové - h=2 mm

VZ5 s mezní vrstvou 2mm	U [%]	CV %	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,01	4,96	76,80	3,81	4,31	1,77	21,43	0,38	0,43
70	69,84	2,94	75,43	2,21	2,50	1,90	9,12	0,17	0,19
50	50,06	1,60	72,30	1,15	1,30	2,13	11,80	0,25	0,28
20	20,00	1,09	71,13	0,78	0,88	2,27	2,55	0,06	0,07
10	10,03	1,23	68,93	0,85	0,96	2,50	8,00	0,20	0,23
5	4,84	1,64	66,10	1,08	1,22	3,07	7,53	0,23	0,26
0	0,00	1,86	68,23	1,27	1,44	3,47	3,33	0,12	0,14

Tabulka 30: VZ5- 100% bavlna - tkanina ve vazbě plátňové - h=4 mm

VZ5 s mezní vrstvou 4mm	U [%]	CV %	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,01	1,00	52,00	0,52	0,59	5,33	1,08	0,06	0,07
70	69,84	1,37	51,00	0,70	0,79	5,43	4,63	0,25	0,28
50	50,06	1,94	50,70	0,98	1,11	5,77	3,61	0,21	0,24
20	20,00	1,49	50,53	0,75	0,85	5,30	3,27	0,17	0,19
10	10,03	1,22	49,10	0,60	0,68	5,37	2,15	0,12	0,14
5	4,84	1,74	45,90	0,80	0,91	6,97	3,61	0,25	0,28
0	0,00	6,53	49,70	3,24	3,67	8,10	3,70	0,30	0,34

Tabulka 31: VZ5- 100% bavlna - tkanina ve vazbě plátňové - h=5 mm

VZ5 s mezní vrstvou 5mm	U [%]	CV %	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,01	1,32	43,17	0,57	0,65	7,67	3,28	0,25	0,28
70	69,84	2,59	43,07	1,12	1,27	7,87	3,67	0,29	0,33
50	50,06	1,75	41,30	0,72	0,81	8,70	3,45	0,30	0,34
20	20,00	0,99	40,50	0,40	0,45	8,00	2,17	0,17	0,19
10	10,03	4,14	39,23	1,63	1,84	8,17	4,30	0,35	0,40
5	4,84	3,09	35,63	1,10	1,24	9,97	0,58	0,06	0,07
0	0,00	2,74	36,73	1,01	1,14	11,53	9,97	1,15	1,30

Tabulka 32: VZ5- 100% bavlna - tkanina ve vazbě plátňové - h=7 mm

VZ5 s mezní vrstvou 7mm	U [%]	CV %	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,01	3,40	37,37	1,27	1,44	10,17	11,36	1,15	1,30
70	69,84	1,67	36,57	0,61	0,69	10,03	4,03	0,40	0,45
50	50,06	3,60	35,43	1,27	1,44	11,23	2,72	0,31	0,35
20	20,00	12,08	35,73	4,32	4,89	9,67	16,72	1,62	1,83
10	10,03	1,43	32,00	0,46	0,52	11,47	1,01	0,12	0,14
5	4,84	1,40	29,63	0,42	0,48	13,77	1,68	0,23	0,26
0	0,00	4,57	33,43	1,53	1,73	11,93	5,05	0,60	0,68

Tabulka 33: VZ5- 100% bavlna - tkanina ve vazbě plátňové - h=8 mm

VZ5 s mezní vrstvou 8mm	U [%]	CV %	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,01	1,24	37,23	0,46	0,52	9,67	2,99	0,29	0,33
70	69,84	1,01	35,80	0,36	0,41	10,33	2,23	0,23	0,26
50	50,06	1,59	35,00	0,56	0,63	11,63	1,99	0,23	0,26
20	20,00	3,80	35,33	1,34	1,52	10,33	7,13	0,74	0,84
10	10,03	2,89	33,00	0,95	1,08	10,30	3,36	0,35	0,40
5	4,84	0,54	28,43	0,15	0,17	14,57	0,79	0,12	0,14
0	0,00	9,61	29,43	2,83	3,20	13,57	3,71	0,50	0,57

Tabulka 34: VZ5- 100% bavlna - tkanina ve vazbě plátňové - h=10 mm

VZ5 s mezní vrstvou 10mm	U [%]	CV %	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,01	2,33	32,40	0,75	0,85	12,77	1,20	0,15	0,17
70	69,84	1,12	31,23	0,35	0,40	13,00	1,33	0,17	0,19
50	50,06	4,03	30,10	1,21	1,37	8,73	75,96	6,63	7,50
20	20,00	2,48	29,10	0,72	0,81	13,57	0,85	0,12	0,14
10	10,03	1,22	28,30	0,35	0,40	13,60	1,27	0,17	0,19
5	4,84	1,66	24,37	0,40	0,45	17,93	2,25	0,40	0,45
0	0,00	5,75	25,33	1,46	1,65	19,60	2,22	0,44	0,50

Tabulka 35: VZ6- 100% bavlna - tkanina ve vazbě keprové - h=0 mm

VZ6 bez mezní vrstvy	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,07	3,02	90,00	2,72	3,08	0,60	33,33	0,20	0,23
70	70,08	4,91	87,50	4,29	4,85	0,80	33,07	0,26	0,29
50	49,92	4,21	87,13	3,67	4,15	0,83	27,71	0,23	0,26
20	19,95	4,68	78,87	3,69	4,18	1,53	19,92	0,31	0,35
10	9,97	1,16	73,07	0,85	0,96	2,57	11,90	0,31	0,35
5	5,04	4,43	61,63	2,73	3,09	3,77	14,62	0,55	0,62
0	0,00	1,50	71,33	1,07	1,21	2,47	4,68	0,12	0,14

Tabulka 36: VZ6- 100% bavlna - tkanina ve vazbě keprové - h=2 mm

VZ6 s mezní vrstvou 2mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,07	2,44	74,67	1,82	2,06	1,83	19,16	0,35	0,40
70	70,08	3,28	71,43	2,35	2,66	2,17	17,47	0,38	0,43
50	49,92	10,76	69,97	7,53	8,52	2,60	30,04	0,78	0,88
20	19,95	8,75	63,43	5,55	6,28	3,13	38,61	1,21	1,37
10	9,97	5,77	61,30	3,54	4,01	3,73	22,78	0,85	0,96
5	5,04	9,14	64,50	5,89	6,67	3,33	22,52	0,75	0,85
0	0,00	2,13	64,13	1,37	1,55	3,37	7,48	0,25	0,28

Tabulka 37: VZ6- 100% bavlna - tkanina ve vazbě keprové - h=4mm

VZ6 s mezní vrstvou 4mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,07	2,77	52,40	1,45	1,64	5,23	2,21	0,12	0,14
70	70,08	0,46	25,26	0,12	0,14	5,50	6,56	0,36	0,41
50	49,92	0,74	48,90	0,36	0,41	5,47	6,34	0,35	0,40
20	19,95	0,73	47,67	0,35	0,40	6,47	52,65	3,40	3,85
10	9,97	7,22	47,17	3,40	3,85	7,43	3,39	0,25	0,28
5	5,04	0,54	46,30	0,25	0,28	6,83	61,47	4,20	4,75
0	0,00	8,24	50,97	4,20	4,75	5,87	19,76	1,16	1,31

Tabulka 38: VZ6- 100% bavlna - tkanina ve vazbě keprové - h=5 mm

VZ6 s mezní vrstvou 5mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,07	2,34	43,77	1,03	1,17	7,60	2,63	0,20	0,23
70	70,08	2,98	42,43	1,27	1,44	7,83	2,66	0,21	0,24
50	49,92	5,66	42,17	2,39	2,70	8,77	15,32	1,34	1,52
20	19,95	9,91	41,73	4,14	4,68	8,50	7,16	0,61	0,69
10	9,97	3,84	39,53	1,52	1,72	9,50	6,57	0,62	0,70
5	5,04	5,15	37,87	1,95	2,21	9,50	2,11	0,20	0,23
0	0,00	3,13	38,17	1,19	1,35	9,60	6,83	0,66	0,75

Tabulka 39: VZ6- 100% bavlna - tkanina ve vazbě keprové - h=7 mm

VZ6 s mezní vrstvou 7mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,07	2,95	45,80	1,35	1,53	6,97	3,61	0,25	0,28
70	70,08	2,59	42,77	1,11	1,26	8,13	3,09	0,25	0,28
50	49,92	4,09	41,03	1,68	1,90	8,83	6,63	0,59	0,67
20	19,95	2,51	40,27	1,01	1,14	9,60	3,61	0,35	0,40
10	9,97	4,11	33,80	1,39	1,57	11,47	2,66	0,31	0,35
5	5,04	3,88	28,37	1,10	1,24	16,07	1,80	0,29	0,33
0	0,00	3,64	34,37	1,25	1,41	11,33	8,71	0,99	1,12

Tabulka 40: VZ6- 100% bavlna - tkanina ve vazbě keprové - h=8 mm

VZ6 s mezní vrstvou 8mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,07	4,15	41,03	1,70	1,92	8,73	2,88	0,25	0,28
70	70,08	1,73	38,47	0,67	0,76	9,43	3,24	0,31	0,35
50	49,92	1,80	36,93	0,67	0,76	10,63	1,44	0,15	0,17
20	19,95	1,80	36,17	0,65	0,74	10,90	8,15	0,89	1,01
10	9,97	1,91	31,63	0,60	0,68	12,67	6,43	0,81	0,92
5	5,04	2,64	30,33	0,80	0,91	13,77	1,68	0,23	0,26
0	0,00	1,12	32,20	0,36	0,41	12,40	1,61	0,20	0,23

Tabulka 41: VZ6- 100% bavlna - tkanina ve vazbě keprové - h=10 mm

VZ6 s mezní vrstvou 10mm	U [%]	CV [%]	RWVP [%]	S [%]	confi.	Ret [Pa.m ² /W]	CV [%]	s [%]	confi.
100	100,07	2,97	35,50	1,05	1,19	10,67	7,52	0,80	0,91
70	70,08	1,03	34,17	0,35	0,40	11,33	2,04	0,23	0,26
50	49,92	4,88	32,83	1,60	1,81	11,93	3,78	0,45	0,51
20	19,95	3,58	31,70	1,14	1,29	13,47	1,71	0,23	0,26
10	9,97	1,45	28,77	0,42	0,48	14,33	1,61	0,23	0,26
5	5,04	1,95	25,27	0,49	0,55	18,43	0,63	0,12	0,14
0	0,00	5,83	31,67	1,84	2,08	12,07	3,35	0,40	0,45