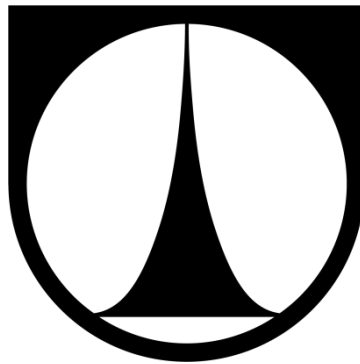


Technická Univerzita v Liberci

Textilní Fakulta

Produktové inženýrství



Diplomová práce

**VLIV VAZBY TKANINY NA JEJÍ KOMFORTNÍ
VLASTNOSTI**

Autor:
Vedoucí práce:

Bc. Jan Molnár
Ing. Marie Havlová, Ph.D.



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní



Vliv vazby tkaniny na její komfortní vlastnosti

Diplomová práce

Studijní program: N3957 – Průmyslové inženýrství
Studijní obor: 3901T073 – Produktové inženýrství
Autor práce: **Bc. Jan Molnár**
Vedoucí práce: Ing. Marie Havlová, Ph.D.



TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering ■

Influence of the weave structure on the fabric comfort properties

Master thesis

Study programme: N3957 – Industrial Engineering
Study branch: 3901T073 – Product Engineering
Author: **Bc. Jan Molnár**
Supervisor: Ing. Marie Havlová, Ph.D.

Zadání diplomové práce

Zásady pro vypracování:

- . V rešeršní části práce přehledně zpracujte možnosti teoretického vyjádření porosity tkaniny, zaměřte se zejména na ty modely porosity, které zohledňují typ vazby tkaniny. A dále, zpracujte kapitolu věnovanou možnostem experimentálního hodnocení komfortních vlastností tkanin (prodyšnost, paro-propustnost a tepelně-izolační vlastnosti).
- . Pro experiment zvolte soubory tkanin tak, aby hodnocené tkaniny v daném souboru měly vždy všechny konstrukční parametry stejné (vlákenný materiál, jemnost a konstrukce nití, dostava nití) a lišily se pouze typem vazby. Pro všechny experimentální tkaniny stanovte vhodnými metodami jednak porositu a dále její prodyšnost, paro-propustnost a tepelně-izolační vlastnosti.
- . Výsledky měření vyhodnoťte. Použitím metod regresní analýzy se pokuste definovat vzájemné vztahy mezi sledovanými vlastnostmi tkanin. Zaměřte se zejména na hodnocení vztahu mezi porositou tkaniny a jejími komfortními vlastnostmi. Pokuste se definovat, jaký vliv má vazba tkaniny na její prodyšnost, paro-propustnost a tepelně-izolační vlastnosti.

Doporučená literatura:

1. Matusiak, M., Sikorski, K. *Influence of the Structure of Woven Fabrics on Their Thermal Insulation Properties. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2011; Vol. 19(5), p. 46-53, ISSN 1230-3666.*
2. Havlová, M. Model of Vertical Porosity Occuring in Woven Fabrics and its Effect on Air Permeability. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2014; Vol. 22(4), p. 58-63, ISSN 1230-3666.*
3. Lee, S., Obendorf, S. K. Statistical modelling of water vapour transport through woven fabrics. *Textile Research Journal 2012; Vol. 82(3), p. 211-219*

Prohlášení

Byl jsem seznámen 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 vědom 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 vypracoval 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: 03. 05. 2018

Podpis:

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucí diplomové práce Ing. Marii Havlové, PhD. za odborné konzultace a cenné připomínky. Dále bych chtěl poděkovat panu prof. RNDr. Janu Píckovi, CSc. za konzultaci statistického vyhodnocení experimentální části. Děkuji také katedře hodnocení textilií a katedře materiálního inženýrství za poskytnuté rady a možnost využití laboratorní techniky.

Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům, rodině a přátelům, za to, že mne podporovali a stáli při mně po celou dobu studia.

Anotace

Diplomová práce se zabývá hodnocením vztahu mezi vazbou tkaniny a komfortními vlastnostmi. Cílem je pozorovat vliv vazby tkaniny na komfortní vlastnosti a následně popsání těchto vztahů.

Rešeršní část je věnována základní charakteristice textilie se zaměřením na strukturu tkaniny. V práci jsou popsány parametry staplové příze a vlastnosti tkaniny. Důležitou část tvoří porosita a její ovlivnění vazbou tkaniny. Rovněž jsou zde popsány měřené komfortní vlastnosti s možnostmi experimentálního měření. Sledované komfortní vlastnosti jsou prodyšnost, relativní paro-propustnost, výparný odpor, měrná tepelná vodivost, plošný odpor vedení tepla a tepelná jímavost.

V experimentální části jsou vypočteny rozdílné modely pro predikci porosity. Tyto modely jsou aplikovány na experimentální tkaniny a jsou hledány korelace s naměřenými hodnotami dílčích komfortních vlastností. Na závěr je také hodnocen vliv rozdílného materiálu, dostavy a jemnosti příze na komfortní vlastnosti.

Annotation

The thesis deals with evaluation of relationship between weave structure and comfort properties. The aim is to observe the influence of the weave structure on the comfort properties and further descriptions of these relationships.

Theoretical part is dedicated to description of basic characteristic of textile with focus on fabric structure. In this section are described the properties of staple yarns and fabrics. Important part stands for porosity and how it is influenced by the weave structure. Comfort properties together with the possibility of experimental measurements are also described. The evaluated comfort properties are air permeability, relative water vapour permeability, water vapour resistance, thermal conductivity, heat resistance and thermal absorptivity.

Experimental part contains different calculated models for porosity prediction. These models are applied on experimental fabrics and correlations are searched with measured values of particular comfort properties. Finally, the influence of the different material, yarn setting and count on the comfort properties is also evaluated.

Klíčová slova

Struktura tkaniny, vazba tkaniny, porosita tkaniny, prodyšnost, relativní paro-propustnost, výparný odpor, měrná tepelná vodivost, plošný odpor vedení tepla, tepelná jímavost.

Key words

Fabric structure, weave structure, fabric porosity, air permeability, relative water vapour permeability, water vapour resistance, thermal conductivity, heat resistance, thermal absorptivity.

Seznam symbolů a zkratk

A_1	[m ²]	otevřená plocha póru typu A ₁
A_2	[m ²]	otevřená plocha póru typu A ₂
A_3	[m ²]	otevřená plocha póru typu A ₃
A_4	[m ²]	otevřená plocha póru typu A ₄
A_p	[mm/s]	prodyšnost
b	[Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	tepelná jímavost
c	[Jkg ⁻¹ K ⁻¹]	měrná tepelná kapacita
CF	[1]	plošné zakrytí
CFF	[1]	koeficient provázanosti vazby
d	[mm]	průměr příze
d_a	[mm]	vzdálenost dvou měřených vzorků tkanin
d_o	[m]	průměr osnovní nitě
D_o	[1/m]	dostava osnovních nití
d_u	[m]	průměr útkové nitě
D_u	[1/m]	dostava útkových nití
E_U	[cm ²]	celková plocha všech vertikálních pórů podél útkových nití
E_n	[1]	počet flotujících nití ve střídě vazby
E_O	[cm ²]	celková plocha všech vertikálních pórů podél osnovních nití
E_{U1}	[cm ²]	velikost jednoho vertikálního póru pod útkovou nití
E_{O1}	[cm ²]	velikost jednoho vertikálního póru pod osnovní nití
FYF	[1]	flotážní koeficient
G_0	[g]	hmotnost misky před expozicí
G_1	[g]	hmotnost misky po expozici
g_i	[1]	hmotnostní podíl ve směsi
H	[Wm ⁻²]	celková ztráta tepla na m ² mokré desky
H_{DRY}	[Wm ⁻²]	celková ztráta tepla na m ² suché desky
l	[km]	délka
l_{fU}	[cm]	délka jedné flotáže útkové nitě
l_{fo}	[cm]	délka jedné flotáže osnovní nitě
M	[%]	navlhavost vláken
m	[g]	hmotnost úseku příze
N_c	[1]	počet přechodných úseků ve střídě vazby
N_i	[1]	počet vazných bodů ve střídě vazby
n_{so}	[1]	počet osnovních nití ve střídě vazby
n_{su}	[1]	počet útkových nití ve střídě vazby
p_1	[1]	počet pórů typu A ₁ ve střídě vazby
p_2	[1]	počet pórů typu A ₂ ve střídě vazby
p_3	[1]	počet pórů typu A ₃ ve střídě vazby
p_4	[1]	počet pórů typu A ₄ ve střídě vazby
P	[μm]	průměrná velikost průměru póru, kterým proudí vzduch
P_a	[Pa]	parciální tlak vodní páry ve vzduchu ve zkušebním prostoru
P_{abs}	[kg/m ² hod]	absolutní paro-propustnost
p_{fO}	[1]	počet flotáží podél osnovní nitě ve střídě vazby

p_{fU}	[1]	počet flotáží podél útkové nitě ve střídě vazby
P_G	[1]	podíl otevřené plochy tkaniny podle Gooijera
p_{lU}	[1]	počet nezakřížených úseků v útkové flotáži
p_{lO}	[1]	počet nezakřížených úseků v osnovní flotáži
P_m	[Pa]	nasyčený parciální tlak vodní páry na povrchu desky
P_{rel}	[%]	relativní paro-propustnost
p_s	[1]	počet stříd na 1cm^2
P_s	[1]	porosita stanovená z plošného zakrytí
P_{ver}	[1]	vertikální porosita
P_W	[1]	porosita stanovená na základě podílu hustot materiálu a tkaniny
Q	[J]	množství tepla
q_v	$[\text{W}/\text{m}^2]$	tepelný tok procházející měřicí hlavicí zakrytou měřeným vzorkem
q_0	$[\text{W}/\text{m}^2]$	tepelný tok procházející měřicí hlavicí nezakrytou měřeným vzorkem
r	$[\text{W}^{-1}\text{K}\text{m}^2]$	plošný odpor vedení tepla
r_0	$[\text{W}^{-1}\text{K}\text{m}^2]$	plošný odpor vedení tepla naměřený bez vzorku
R_{et}	$[\text{m}^2\cdot\text{Pa}/\text{W}]$	výparný odpor
R_{et0}	$[\text{m}^2\cdot\text{Pa}/\text{W}]$	výparný odpor naměřený bez vzorku
S	$[\text{m}^2]$	plocha průřezu příze
S_t	$[\text{m}^2]$	plocha testovaného vzorku
S_{FU}	$[\text{cm}^2]$	celková plocha útkových flotáží na 1cm^2
S_{FO}	$[\text{cm}^2]$	celková plocha osnovních flotáží na 1cm^2
s_o	[1]	setkání osnovních nití
s_u	[1]	setkání útkových nití
t	[mm]	tloušťka tkaniny
t_e	[hod]	doba expozice vzorku
T	[tex]	jemnost příze
ΔT	$[\text{°C}]$	rozdíl teplot mezi dvěma shodnými plochami
T_a	$[\text{°C}]$	teplota okolí
T_o	[tex]	jemnost osnovních nití
T_u	[tex]	jemnost útkových nití
T_{plate}	$[\text{°C}]$	průměrná hodnota horké desky
W_p	$[\text{kg}/\text{m}^2]$	plošná hmotnost tkaniny
z	[cm]	maximální velikost oddálení neprovazujícího úseku nitě
Z_o	[1]	zakrytí osnovními nitěmi
z_O	[cm]	průhyb osnovní nitě
Z_u	[1]	zakrytí útkovými nitěmi
z_U	[cm]	průhyb útkové nitě
ρ_F	$[\text{kg}/\text{m}^3]$	objemová měrná hmotnost vlákenného materiálu
ρ_{fi}	$[\text{kg}/\text{m}^3]$	objemová měrná hmotnost i-té komponenty ve směsi
ρ_{mx}	$[\text{kg}/\text{m}^3]$	objemová měrná hmotnost směsi
ρ_V	$[\text{kg}/\text{m}^3]$	objemová měrná hmotnost tkaniny
μ	[1]	průměrné zaplnění příze
λ	$[\text{W}\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}]$	měrná tepelná vodivost

Obsah

Úvod.....	7
Cíl diplomové práce	8
Rešeršní část.....	9
1. Parametry staplové přize.....	9
1.1. Jemnost přize.....	9
1.2. Průměr přize	9
1.3. Chlupatost přize.....	10
2. Vlastnosti tkaniny	11
2.1. Dostava tkaniny.....	11
2.2. Vazba tkaniny.....	11
2.3. Tloušťka tkaniny	13
2.4. Plošná hmotnost tkaniny	13
3. Porosita	14
3.1. Vybrané modely porosity	14
3.1.1. Výpočet porosity na základě plošného zakrytí	14
3.1.2. Výpočet porosity na základě podílu hustot.....	17
3.1.3. Typy pórů dle Backera	18
3.1.4. Model porosity tkaniny podle Gooijera.....	18
3.1.5. Horizontální a vertikální porosita	20
3.1.6. 2D model vertikální porosity dle Havlové	21
3.2. Koeficienty vazby FYF a CFF	23
4. Komfortní vlastnosti tkaniny	27
4.1. Prodyšnost	28
4.2. Paro-propustnost.....	29
4.3. Tepelně-izolační vlastnosti.....	33
Experimentální část.....	36
5. Parametry hodnocených tkanin.....	36
Průměry nití.....	38
Dostava nití	38
Tloušťka tkaniny	38
Experimentální měření plošné hmotnosti.....	38
Vazba hodnocených tkanin	39
6. Komfortní vlastnosti hodnocených tkanin	40
7. Výpočty modelů porosit.....	42
7.1. Diskuze výsledků modelů porosit	43
8. Výpočty korelací.....	43

8.1.	Předpokládané trendy závislostí a diskuse výsledků všech souborů.....	44
8.2.	Korelace pro jednotlivé soubory a diskuze výsledků.....	48
8.3.	Vyhodnocení souhrnných výsledků	53
9.	Predikce komfortních vlastností.....	56
9.1.	Predikce prodyšnosti A_p	56
9.2.	Predikce tepelné jímavosti b	59
9.3.	Predikce plošného odporu vedení tepla r	62
	Závěr.....	65
	Zdroje	69
	Seznam příloh.....	71

Úvod

Lidské tělo je aktivní systém, který reaguje na okolní podněty způsobem, který je závislý na úrovni fyzikálních faktorů. Takovéto faktory životního prostředí jako například teplota okolního vzduchu, vlhkost, pohyb vzduchu a UV záření ovlivňují fyziologický komfort člověka. Fyziologický komfort je silně spojený s tepelným komfortem, což je považováno za ideální stav tepelných podmínek prostředí, kdy člověk nepocítuje ani chlad, ani horko.

Tepelný komfort závisí na mnoha faktorech. Klíčovou roli hraje tepelná izolace oblečení, což vytváří bariéru mezi lidským organismem a okolním prostředím. Oděvy ovlivňují teplotu lidského těla a výměnu vlhkosti mezi lidským tělem a okolím a chrání tak před chladem, větrem, deštěm a UV zářením.

Vliv oblečení na pohodlí člověka je komplexní jev, který závisí na materiálu a struktuře oděvu. Krom použitého materiálu je důležitá také struktura oděvu, ze které se skládá. Mezi tyto parametry patří tloušťka, vazba tkaniny, poréznost atd. Struktura tkanin přímo ovlivňuje jejich komfortní vlastnosti jako například prodyšnost, paro-propustnost, tepelnou vodivost atd. Prodyšnost je definována jako schopnost tkaniny za stanovených podmínek transportovat vzduch z jedné stany materiálu na druhou. Paro-propustností je v tomto případě míněn průchod vodních par skrze textilii. Tepelná vodivost představuje množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot 1 K.

Samotná výroba jednotlivých druhů textilií je značně časově a finančně náročný proces a zjišťování konkrétních komfortních vlastností až na vyrobených materiálech je neekonomické. Tento důvod dal vzniknout různým modelům pro predikci komfortních vlastností, které ulehčují práci a dokáží již před vyroběním textilie napovědět, jaké komfortní vlastnosti bude výsledná textilie vlastnit. Tyto modely vychází většinou právě z parametrů, jako jsou tloušťka, vazba tkaniny, porosita atd.

Cíl diplomové práce

Ústředním tématem diplomové práce je sledování vlivu vazby tkaniny na komfortní vlastnosti. Na podobná témata byla vedena mnohá studie a odborné práce (např. [6],[15],[18],[19]), avšak tato diplomová práce sleduje na ucelených souborech tkanin více komfortních vlastností najednou.

Diplomová práce je rozdělena na rešeršní a experimentální část. Cílem rešeršní části je popsat parametry tkaniny, které přímo ovlivňují zmiňované komfortní vlastnosti. Rozvést problematiku porosity a jejích modelů, dále vliv tloušťky na komfortní vlastnosti. V neposlední řadě nastínění předpokladů pro experimentální část ohledně vlivů vazby tkaniny na vybrané komfortní vlastnosti.

V praktické části práce jsou uvedeny způsoby a výsledky měření vzorků tkanin na prodyšnost, paro-propustnost a tepelně-izolační vlastnosti. Vzorky v souboru jsou stejné dostavy, jemnosti nití a ze stejného materiálu, lišící se pouze vazbou tkaniny. Takovéto soubory jsou hodnoceny tři: dva z polyesteru s rozdílnou jemností nití 40tex a 16,5tex a směsové tkaniny 50% polypropylen a 50% bavlna s jemností 45tex. Zde je cílem experimentálně zjistit hodnoty komfortních vlastností a teoretické hodnoty prezentovaných modelů porosit.

Cílem je sledovat vliv vazby, potažmo prezentovaných modelů porosit na komfortní vlastnosti a v případě prokázání závislosti provést regresní analýzu mezi modely porosity a jejími komfortními vlastnostmi. Dále skrze regresní analýzu prezentovat model, který by dokázal predikovat komfortní vlastnosti na základě výpočtů modelů porosit. V poslední řadě je cílem okomentovat vliv vazby na zvolené komfortní vlastnosti.

Rešeršní část

V této části diplomové práce jsou uvedeny základní parametry a vlastnosti příze a tkaniny, které mají vliv na prodyšnost, paro-propustnost a termo-izolační vlastnosti.

1. Parametry staplové příze

1.1. Jemnost příze

Jemnost příze T [tex] je definována jako podíl hmotnosti úseku příze m [g] ku jeho délce l [km].

Z hlediska geometrie tkaniny slouží jemnost příze pro stanovení teoretického průměru nití. [1]

$$T = \frac{m}{l} \text{ [tex]} \quad (1)$$

1.2. Průměr příze

Průměr příze d je vždy smluvní hodnotou a bývá zpravidla nahrazen průměrem válce, v němž se nachází převážná většina vláken. Stanovení průměru osnovních a útkových nití d_o a d_u je možné buď experimentálně pomocí obrazové analýzy, pomocí přístroje USTER, anebo výpočty. Vzhledem k tomu, že neexistuje jednotná a jednoznačná definice průměru příze d [m], lze vyjádřit několika vztahy, které se liší různými přístupy[2].

Pokud je měřené vlákno o hustotě ρ_F [kg/m³] a příze o průměrném zaplnění μ [1], poté je možné vyjádřit průměr kruhového průřezu příze d [m] z hmotnosti úseku nitě m [g] [2].

$$m = \frac{\pi d^2 L}{4} * \rho_F * \mu = T_{[Mtex]} * l \quad (2)$$

$$d = \sqrt{\frac{4T_{[Mtex]}}{\pi \rho_F \mu}} \quad (3)$$

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi \mu}} \quad (4)$$

kde S [m²] je plocha průřezu příze stanovená jako

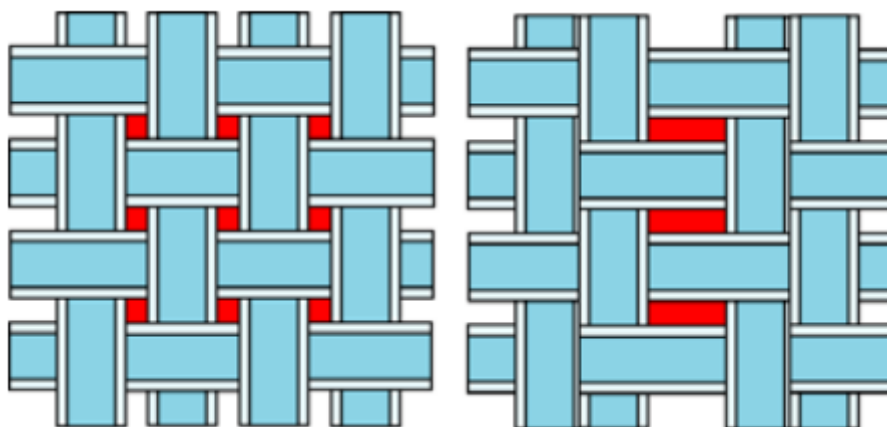
$$S = \frac{T}{\rho_F} \quad (5)$$

Parametr používaný k charakterizaci průměru příze nepravidelného tvaru je ekvivalentní průměr. Ten je roven průměru kruhu o stejné ploše, jako je plocha průmětu sledované příze.

1.3. Chlupatost příze

Příze jako taková nemá tvar dokonalého homogenního válce a její řez není zcela osově symetrický. Dle Neckáře [3], lze chlupatost charakterizovat jako množství volně se pohybujících konců vláken a vlákných smyček vystupujících z příze nebo plošné textile. Výsledné posouzení chlupatosti pak proběhne porovnáním počtu vláken vyčnívajících z těla příze a jejich délek kolmo k přízi. Tento fakt komplikuje přesné stanovení průměru nitě.

Chlupatost se u nití z monofilů nevyskytuje a póry jsou jasně ohraničené, avšak u staplových přízí společně s efektem nerovnoměrnosti dostavy nití má, dle Havlové [4], značný vliv na porositu tkaniny. V místech kde chlupatost příze překrývá póry mezi přízemi, dochází ke značné změně porosity. Tuto oblast nelze označit za zcela neprodyšnou ani za volně prodyšnou. Dle Havlové tvoří „přechodnou zónu“, která může mít značný vliv na prodyšnost. Vlivem nerovnoměrnosti dostav nití dojde ke zmenšení jednoho póru a zároveň ke zvětšení póru přilehlého, změna porosity je umocněna v případech chlupatosti přízí, které se v mnoha případech překrývají.



Obrázek 1 Schéma nerovnoměrného rozdělení nití. Vlevo rovnoměrně rozložená osnova, vpravo nerovnoměrná[4]

2. Vlastnosti tkaniny

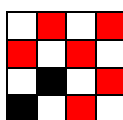
2.1. Dostava tkaniny

Dostava tkaniny udává počet osnovních či útkových nití na jednotku délky a měří se pro každou soustavu nití zvlášť. Jednotkou délky je nejčastěji 1cm, který také udává norma ČSN EN 1049-2 (80 0814) *Textilie TKANINY. KONSTRUKCE. METODY ANALÝZY Část 2: Stanovení dostavy* jako nejmenší zkoušenou délku. Dostava nebo-li hustota tkaniny závisí na silovém působení při procesu výroby, způsobu vazebního provázání, průměru nití a jemnosti nití. Dostava společně s průměrem osnovních a útkových nití ovlivňuje plošné zakrytí textilie. [5]

2.2. Vazba tkaniny

Způsob překřížení mezi útkovými a osnovními nitěmi se nazývá vazba tkaniny. Nejmenší pravidelně se opakující úsek vazby se nazývá střída vazby. V hodnocení prodyšnosti vazba tkaniny hraje velkou roli, zejména z důvodu jejího vlivu na porositu tkaniny. [5]

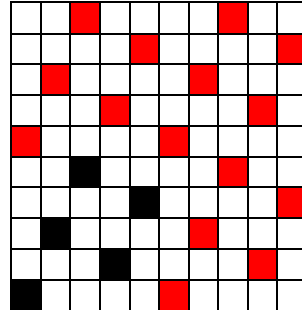
Základním druhem vazby je plátnová vazba, která je nejjednodušší a nejpevnější vazba s nejhustším provázáním. Střídu tvoří dvě nitě útkové a dvě nitě osnovní (2/2). Oproti zbylým dvěma vazbám neobsahuje flotáž, což je neprovazující úsek nitě. Flotáž zvyšuje tloušťku tkaniny a její prodyšnost a naopak ubírá na pevnosti tkaniny. [5]



Obrázek 2 Příklad střídy plátnové vazby

V rámci experimentální části byly měřeny vazby odvozené od vazby plátnové. Jedná se o vazby panama 3/3 a podélný ryps 3/3, jejichž střídy jsou uvedeny v experimentální části práce. Panamové vazby vzniknou rovnoměrným znásobením osnovních a útkových nití vázajících v plátně. Příčné rypsy tvoří vroubky ve směru útku, vroubky vzniknou zatkáním dvou nebo více vazných útků. Stejně tak jako panama obsahuje i ryps flotáž. [5]

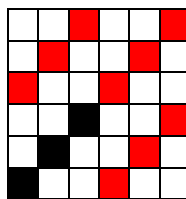
Druhým základním druhem vazby je vazba atlasová. Může být osnovní anebo útková. Tkanina vyrobená v atlasové vazbě je zpravidla těžší než tkanina vyrobená v plátnové vazbě, protože má vyšší dostavu nití. Nejmenší střída vazby atlasu je 5/5. [5]



Obrázek 3 Příklad střídy atlasové vazby

Ve střídě atlasové vazby jsou vazné body pravidelně rozděleny a vzájemně se nedotýkají. U útkových atlasů se nedotýkají osnovní body, u osnovních atlasů se nedotýkají body útkové. Vzdálenost vazných bodů se určuje postupným číslem. Vazby použité v experimentální části jsou atlas 1/5, atlas 2/4 a atlas 3/3 (viz tabulka 3 v experimentální části práce).

Posledním základním druhem je vazba keprová. Keprová vazba se vyznačuje svým charakteristickým šikmým úhlopříčným řádkováním levého či pravého směru. Sklon řádků se odvíjí od hustoty osnovy a útku, je-li osnova hustší, je sklon řádků strmější a naopak. Nejmenší střída keprové vazby je 3/3. [5]



Obrázek 4 Příklad střídy keprové vazby

Vazby použité v experimentální části jsou kepr 1/5, kepr 2/4, kepr $\frac{2}{1} \frac{1}{2}$ a kepr 2/1. Jejich střídy jsou rovněž uvedeny v tabulce 3.

2.3. Tloušťka tkaniny

Tloušťka tkaniny hraje roli zejména z hlediska termo-izolačních vlastností tkaniny a je definována jako kolmá vzdálenost mezi rubní a lící stranou textilie za předepsaného přítlaku. V idealizovaném případě by tloušťka odpovídala součtu průměrů osnovních a útkových nití, nicméně je tloušťka ovlivněna druhem vazby, dostavou, vlastnostmi materiálu a technologickým postupem. [5]

Měření tloušťky se provádí na tloušťkoměru, v případě této diplomové práce byl použit přístroj MESDAN LAB 1880 a samotné měření probíhalo dle normy EN ISO 5084 *Textilie - Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků*, za přítlaku 0,1 kPa.

Matusiak a Sikorski[6] prováděli hlubší zkoumání korelace, mezi tloušťkou tkaniny a termo-izolačními vlastnostmi a došli k závěru, že se jedná o hlavní ovlivňující faktor termo-izolačních vlastností v případě, že jsou všechny vzorky tkaniny vyrobeny ze stejného materiálu. Samotná tloušťka je pak ovlivněna jemností osnovních a útkových nití.

Další práci zabývající se vlivem tloušťky na komfortní vlastnosti tkaniny publikovali Lee a Obendorf [7]. Ti se zaměřili mimo jiné na vliv tloušťky na absolutní paro-propustnost tkaniny. Z jejich práce vyplývá, že je to právě tloušťka, která se nejvíce podílí na úrovni absolutní paro-propustnosti výsledné textilie.

2.4. Plošná hmotnost tkaniny

Plošná hmotnost vyjadřuje hmotnost tkaniny připadající na jednotku plochy. Dle normy ČSN EN 12127 *Textilie - Plošné textilie – Zjišťování plošné hmotnosti pomocí malých vzorků*, je to váha vzorku o rozměrech 10x10cm střižených po směru nitě.

Tento parametr lze zjistit pomocí vážení za dodržení podmínek stanovených ve zmíněné normě, anebo vztahem [8].

$$W_p = D_o \cdot T_o \cdot (1 + s_o) + D_u \cdot T_u \cdot (1 + s_u) \quad (6)$$

kde W_p [kg/m²] je plošná hmotnost tkaniny, D_o [1/m] je dostava osnovních nití, D_u [1/m] je dostava útkových nití, T_o [tex] je jemnost osnovních nití, T_u [tex] je jemnost útkových nití, s_o [1], resp. s_u [1] je setkání osnovních nebo útkových nití.

3. Porosita

Porosita je jedna z nejdůležitějších vlastností, která ovlivňuje prodyšnost a paro-propustnost tkaniny. Čím nižší je hodnota porosity, tím hůře vzduch proniká textilem a klesá tak prodyšnost textilie, což má značný vliv na celkový komfort tkaniny. Je to z důvodu toho, že materiál s menší plochou pórů přístupnou pro proudící vzduch, vyvíjí mnohem větší odpor vůči proudícímu vzduchu než materiály s vysokou porositou. Porosita hraje důležitou roli také u termo-izolačních vlastností textilie.

Porosita udává množství vzduchu ve tkanině, avšak nezohledňuje rozložení pórů ve tkanině, vzájemné uspořádání či tvar pórů. Jejího stanovení je možné docílit řadou experimentů či teoretickým postupem. Porosita, se vyjadřuje buďto poměrovým číslem v otevřeném intervalu od 0 do 1, anebo procentuálním vyjádřením od 0 do 100 %.

Ve tkanině rozlišujeme 3 druhy pórů. V první řadě póry uvnitř vláken. Dále mezivláknenné póry, což jsou póry uvnitř nitě vytvořené mezi vlákny a mezinitné póry, které se tvoří mezi osnovními a útkovými nitěmi. Pórům uvnitř vláken nelze přiřadit velkou váhu z hlediska prodyšnosti, neboť neprostupují celou tkaninou a na prodyšnost nemají žádný vliv [9].

3.1. Vybrané modely porosity

Výpočet porosity je většinou založen na přijetí určitého zjednodušení, teoretický výpočet porosity proto nemusí vždy odpovídat reálné hodnotě. Problematikou porosity a jejího vlivu na prodyšnost se zabývalo několik výzkumných prací (např.[15],[19],[20]). Zde je důležité rozdělit, zda byl brán v potaz způsob provázání osnovních a útkových nití, anebo byl tento faktor přehlížen, jako například při výpočtu porosity na základě plošného zakrytí.

3.1.1. Výpočet porosity na základě plošného zakrytí

Tento výpočet definuje porositu jako doplněk ke kolmému průmětu nití do roviny tkaniny, resp. k jejímu plošnému zakrytí. Vychází ze znalosti dostav a průměrů útkových a osnovních nití. Předpokladem je zpravidla kruhový průřez nití. Porosita P_s [1] z plošného zakrytí se vypočte dle vztahu [10]:

$$P_s = 1 - CF = 1 - (D_0d_0 + D_Ud_U - d_0d_UD_0D_U) \quad (7)$$

kde CF [1] je zakrytí textilie, Do [1/m] je dostava osnovních nití, Du [1/m] je dostava nití útkových, do [m] je průměr osnovní nitě a du [m] je průměr útkové nitě. Jedná se o 2D model, který zanedbává provázání nití a uvažuje pouze mezinitné póry [10].

Tento vztah použili Matusiak a Sikorski [6] ve své odborné práci, při zkoumání vlivu vazby na termo-izolační vlastnosti. Objevili korelaci (+0,49) mezi plošným zakrytím (rovnice (7)) a tepelnou vodivostí. Čím vyšší je plošné zakrytí, tím vyšší je tepelná vodivost.

Matusiak a Sikorski [6] ve své práci však také poznamenali, že tento faktor zakrytí nebere v potaz vliv vazby tkaniny. Tkaniny, které mají stejnou dostavu a průměr nití mají i stejný teoretický faktor zakrytí.

Výsledná korelace mezi faktorem zakrytí a termo-izolačními vlastnostmi byla relativně menší (+0,49), než pro koeficient pevnosti vazby CFF (+0,63)

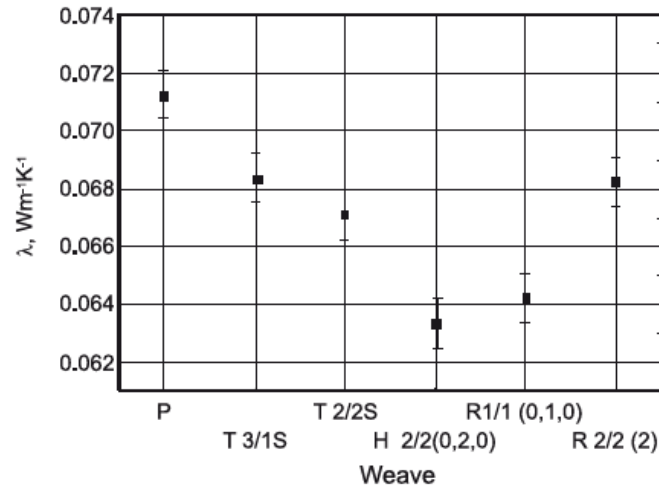
Plošným zakrytím se zabývali také Lee a Obendorf [7]. Na základě korelačních koeficientů ve své práci prezentovali regresní analýzu a uvedli rovnici pro predikci absolutní paro-propustnosti P_{abs} [kg/m² hod] [7] s koeficientem determinace $R^2 = 0,97$.

$$P_{abs} = -0,05 - t - 0,2CF - 0,06M + 0,002P + 11CF^2 + 0,025M^2 - 0,0017P^2 \quad (8)$$

kde t [mm] je tloušťka tkaniny, CF [1] je plošné zakrytí, M [%] je navlhavost vláken, P [μm] je průměrná velikost průměru póru, kterým proudí vzduch.

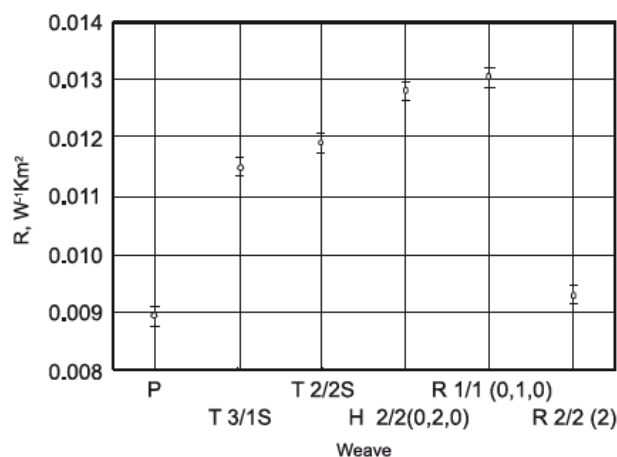
Ve své práci zkoumali vliv těchto faktorů na absolutní paro-propustnost: tloušťka tkaniny, průměrná velikost průměru póru, kterým proudí vzduch, plošné zakrytí, zákrut příze, navlhavost vláken a došli k závěru, že plošné zakrytí je po tloušťce v rámci jejich experimentu druhým nejdůležitějším faktorem pro predikci absolutní paro-propustnosti. Experiment sestával z 15 vzorků tkanin různých materiálů, dostav a vazeb.

V případě vlivu vazby na tepelnou vodivost tkaniny zjistila Matusiak a Sikorski[6], že tkaniny, které jsou pevněji provázané, mají také větší tepelnou vodivost, nežli tkaniny s volnější vazbou. Zde s největší vodivostí vystupuje plátnová vazba (viz obr. 5)



Obrázek 5 Vliv vazby tkaniny na tepelnou vodivost[6]

Další zkoumaný faktor byl tepelný odpor, kde prokázali, že hlavní významně ovlivňující faktor pro tepelný odpor je tloušťka textilie. Vazby hustě provázané a bez flotáže jako například vazba plátnová mají tloušťku menší než vazby volnější. Čím provázanější vazba, tím menší tloušťka a klesá i tepelný odpor. Tyto dvě proměnné spolu rostou v přímé úměře.



Obrázek 6 Vliv vazby tkaniny na tepelný odpor[6]

3.1.2. Výpočet porosity na základě podílu hustot

Za póry lze ve většině případů považovat všechny prostory uvnitř textilie, které jsou vyplněny vzduchem. Porosita pak může být vyjádřena jako procento vzduchu uvnitř textilie (v procentech nebo jako poměrové číslo). Z tohoto předpokladu vychází výpočet porosity na základě hustoty [12]:

$$P_w = 1 - \frac{\rho_V}{\rho_F} \quad (9)$$

kde ρ_F [kg/m³] je objemová měrná hmotnost vlákenného materiálu a ρ_V [kg/m³] je objemová měrná hmotnost tkaniny, která se dá také vyjádřit jako podíl hmotnosti tkaniny m [kg] a objemu tkaniny V [m³] na jednom m².

Za použití hodnot plošné hmotnosti textilie W_p [kg/m²] zjištěných společně s tloušťkou tkaniny t [m] a hustotou vláken ρ_F je možné užít následující vztah [12]:

$$P_w = 1 - \frac{W_p}{\rho_F \cdot t} \quad (10)$$

V případě užití směsi vlákenných materiálů je třeba hustotu vlákenného materiálu nahradit váženým průměrem ρ_{mx} objemových měrných hmotností jednotlivých materiálových složek ve směsi [12]:

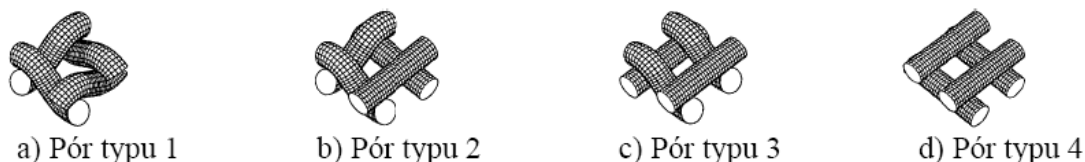
$$\rho_{mx} = \frac{1}{\sum_{i=1}^k \left(\frac{g_i}{\rho_{fi}} \right)} \quad (11)$$

kde ρ_{fi} je objemová hmotnost i -té komponenty, g_i je její hmotnostní podíl ve směsi.

Tento model bohužel není optimální pro hledání vztahů mezi prodyšností a vazbou tkaniny, protože nebere v potaz druh, lokaci a tvar póru. Další problém je, že vychází ze zjednodušení, kde textilie je chápána jako plochá destička s rovinným horním a spodním povrchem. Ve skutečnosti však reliéf plošné textilie není rovinný. Mezi výhody tohoto modelu patří např. zohlednění pórů uvnitř nití, které například u pletenin mohou hrát značnou roli v predikci komfortních vlastností. Dále také ve svém výpočtu zahrnuje vliv tloušťky, která by neměla být opomíjena, viz [6].

3.1.3. Typy pórů dle Backera

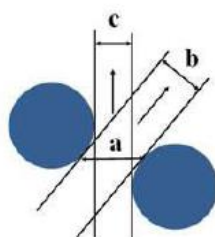
Z hlediska porosity tkaniny je důležité uvést základní typy pórů, které definoval Backer [13]. Dal tak vzniknout dalším modelům, které se odvíjejí od této definice. Jakákoliv tkanina může být popsána nejrůznějšími kombinacemi těchto čtyř základních pórových buněk.



Obrázek 7 Typy pórů dle Backera[13]

3.1.4. Model porosity tkaniny podle Gooijera

Gooijerův model zahrnuje typ použité vazby, tak i částečně prostorovou strukturu tkaniny. Tento model je postaven na myšlence, že vzduch proudí okolo příze i mimo kolmý směr. Dále bere v potaz tvarový rozdíl mezi jednotlivými druhy pórů, ale nezohledňuje jejich uspořádání v textilií. V modelu přijal tři podmínky. Každý pór přispívá k prodyšnosti stejnou měrou, proudění v pórech je pouze laminární a v poslední řadě průřezy nití jsou kruhové. Využil k tomu určené typy pórů, navržené Backerem a obohatil je o proudění i mimo kolmý směr, tedy šikmo kolem nití. Uvedl možnosti stanovení plochy póru [14] (viz obrázek 8).



Obrázek 8 Druhy proudění dle Gooijera[14]

V obrázku 8 značí:

- a) Řez v nejužším místě šikmého póru vedený rovnoběžně s rovinou tkaniny (Gooijer);
- b) Řez v nejužším místě póru, vedený kolmo na šikmý směr proudění vzduchu;
- c) Řez póru interpretovaného jako průmět otevřené plochy tkaniny do roviny

Z čehož odvodil průmět omočeného obvodu pórové buňky ve tkanině.

Výpočet otevřené plochy pórů $A_{1/2/3/4}$ [m²] je následující [14]:

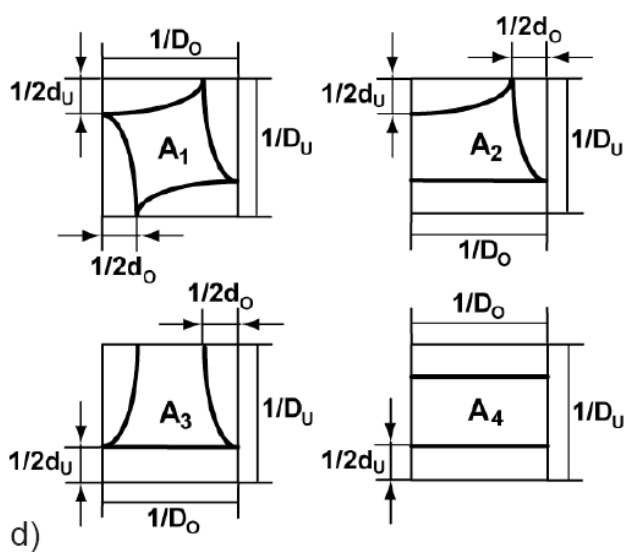
$$A_1 = \frac{1}{D_o D_u} - \frac{\pi}{4} d_u \left(\frac{1}{D_o} - \frac{d_o}{2} \right) - \frac{\pi}{4} d_o \left(\frac{1}{D_u} - \frac{d_u}{2} \right) \quad (12)$$

$$A_2 = \frac{1}{D_o D_u} - \frac{\pi}{8} d_o \left(\frac{1}{D_u} - \frac{d_u}{2} \right) - \frac{\pi}{8} d_u \left(\frac{1}{D_o} - \frac{d_o}{2} \right) - \frac{d_o \frac{1}{D_u}}{2} \quad (13)$$

$$A_3 = \frac{1}{D_o D_u} - \frac{d_o \frac{1}{D_u}}{2} - \frac{\pi}{4} d_u \left(\frac{1}{D_o} - \frac{d_o}{2} \right) \quad (14)$$

$$A_4 = \frac{1}{D_o D_u} - \frac{1}{D_u} d_o \quad (15)$$

kde D_o , D_u [1/m] jsou dostavy osnovních a útkových nití a d_o , d_u [m] průměry osnovních a útkových nití.



Obrázek 9 dvou-dimenzionální modely pórů dle Gooijera[14]

Podíl otevřené plochy tkaniny přístupné pro proud vzduchu P_G lze pak vyjádřit vztahem [9]:

$$P_G = \frac{p_1 A_1 + p_2 A_2 + p_3 A_3 + p_4 A_4}{\frac{1}{D_o} n_o \frac{1}{D_u} n_u} \quad (16)$$

kde n_o a n_u jsou počty vazných bodů ve střídě vazby ve směru osnovy a útku, p_1 až p_4 jsou počty pórů typu 1-4 obsažených ve střídě, D_o [1/m] je dostava osnovních nití, D_u [1/m] dostava útkových nití, A_1 až A_4 otevřená plocha čtyř typů pórů, stanovená podle vztahů (12,13,14 a 15).

Tento model je v této diplomové práci použit pro vypočítání horizontální porosity v experimentální části.

3.1.5. Horizontální a vertikální porosita

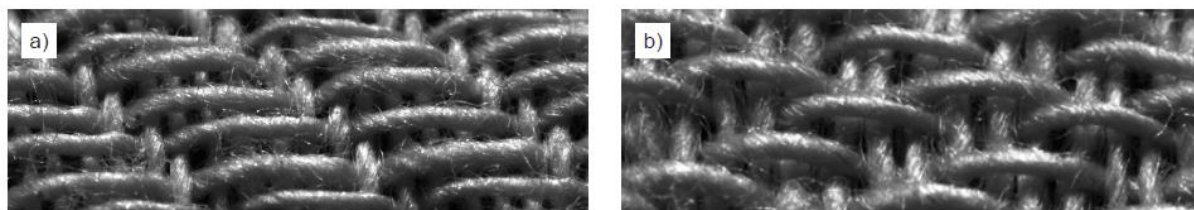
Horizontální porosita

Dle Havlové [15] je horizontální porosita v teorii klasického 2-D modelu, odvozena z pouhé geometrie průmětu příze a je definována jako doplněk k plošnému zakrytí (viz vztah (7)). Vzhledem k tomu, že tento model zcela zanedbává jakoukoliv 3D strukturu tkaniny a rozdíly jednotlivých pórů vlivem rozdílné vazby, je Havlovou označen jako nedostatečný pro popis vztahu mezi vazbou tkaniny a prodyšností.

Vertikální porosita

Termín vertikální porosita použila také ve své práci Havlová [15]. Vlivem proudění vzduchu může docházet k pohybu nití v delším neprovázaném úseku mezi osnovní a útkovou nití v příčném směru tkaniny. Takovýto úsek je nazýván flotáží. A právě délka volně flotujícího úseku nitě, resp. míra provázání nití v tkanině má na velikost deformace významný vliv. Takovéto flotáže pak mohou v proudícím vzduchu „plavat“ a mohou zde pak vznikat tzv. vertikální póry pod flotáží.

Havlová mimo jiné ve své práci [15] uvedla, že takovéto vertikální póry je možné v některých případech ve tkanině pozorovat i bez proudění vzduchu (viz obrázek 10).



Obrázek 10 Fotografie tkanin focené pod úhlem 45° se zachycenými vertikálními póry; a) kepr 1/5 b) atlas 2/4 [15]

3.1.6. 2D model vertikální porosity dle Havlové

Vertikální porositu blíže rozvádí Havlová [15] ve svém odborném příspěvku. Je zjevné, že tento druh porosity se nevyskytuje v plátňové vazbě z důsledku absence flotáže, avšak hraje roli v keprové a atlasové vazbě. Po dobu měření prodyšnosti, tyto neprovázané úseky tkaniny – flotáže, podléhají účinkům proudícího vzduchu do takové míry, že může docházet k jejich pohybu a nárůstu porosity ve vertikálním směru. Modelem projekce póru ve vertikální rovině je potom půl-elipsa (viz obr. 11) Model přijímá zjednodušující předpoklad, že jedna ze soustav zůstává v klidu, zatímco druhá se pohybuje.

Velikost E_{U1} [cm²] jednoho vertikálního póru, který se vyskytuje pod útkovou nití, se vypočítá ze vztahu:

$$E_{U1} = \frac{1}{2} \pi \cdot l_{fU} \cdot z_u \quad (17)$$

kde l_{fU} [cm] je délka jedné flotáže útkové nitě, která se stanoví dle vzorce:

$$l_{fU} = \frac{1}{D_o} \cdot p_{IU} \quad (18)$$

kde p_{IU} je počet nezakřížených úseků v této flotáži. Počet těchto flotáží podél útkové soustavy nití ve střídě vazby je p_{fU} . Počet stříd p_s na 1cm² [1/cm²] lze stanovit jako

$$p_s = \frac{D_o D_u}{n_{so} n_{su}} \quad (19)$$

kde D_o [1/cm] je dostava osnovních nití, D_u [1/cm] je dostava nití útkových, n_{so} je počet osnovních nití ve střídě a n_{su} je počet útkových nití ve střídě.

Celková plocha všech vertikálních pórů podél nití útkových na 1 cm² je stanovena dle vzorce:

$$E_U = \frac{\pi p_{IU}}{2 D_o} z_U p_{fU} \frac{D_o D_u}{n_{so} n_{su}} \quad (20)$$

Hodnota E_U [cm²] je třeba vycíslit pro každý typ flotáže zvlášť, respektive její délky, v případě že se opakují ve střídě rozdílné délky flotáže (např. kepr 2/4, kepr 3/4). Pro výpočet vertikálních pórů E_O [cm²] podél nití osnovních zaměníme indexy U a O .

Problematické bývá stanovení maximální velikosti oddálení neprovazujícího úseku nitě z [cm]. Experimentální vyčíslení pomocí měřicí techniky je problematické, jelikož míra vertikálního nárůstu porosity tkaniny se během měření mění. Pro alespoň řádové přiblížení bylo v práci [15] stanoveno jako:

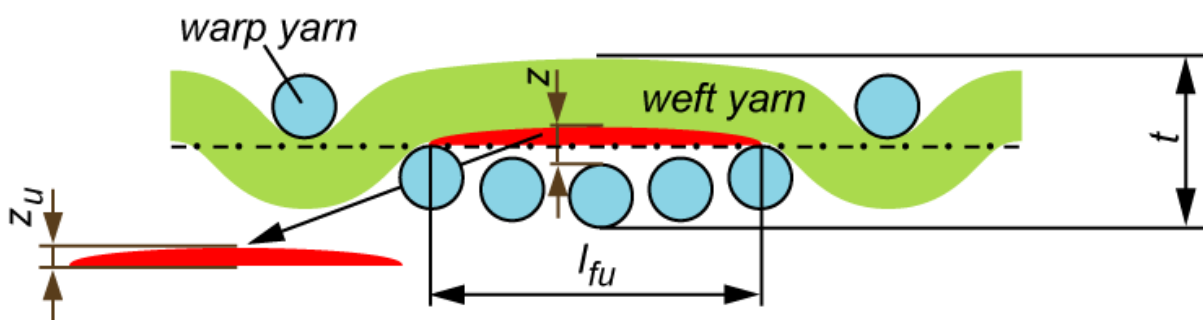
$$z = t - (d_o + d_u) \quad (21)$$

kde t [cm] je tloušťka tkaniny a d_o , d_u [cm] jsou průměry osnovních a útkových nití. Tloušťka tkaniny je měřena experimentálně za nejmenšího přtlaku (0,1kPa), vyvíjeného měřicí technikou z důvodu minimalizace vlivu stlačení vazby.

Hodnoty z_U a z_O představují výchylky útkové a osnovní nitě ve směru kolmém k ose tkaniny (viz obrázek 11) a jsou pak stanoveny jednoduchým vztahem:

$$z_O = \frac{1}{2}z \quad (22)$$

$$z_U = \frac{1}{2}z \quad (23)$$

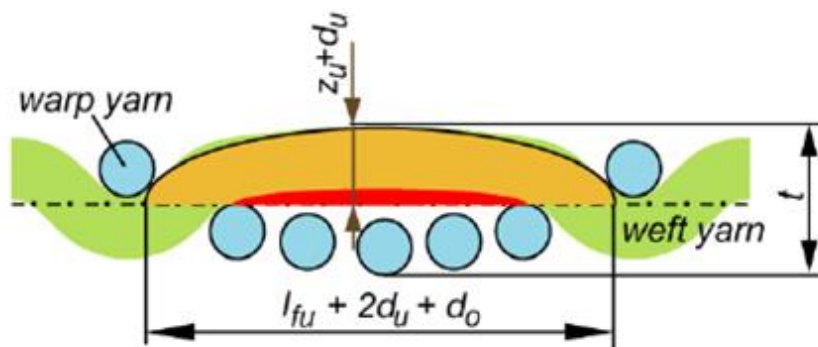


Obrázek 11 Eliptický model vertikálního póru [15]

Celková plocha útkových flotází (viz obrázek 12) na 1 cm^2 je pak stanovena dle následujícího vzorce:

$$S_{FU} = \frac{\pi}{2} \left(\frac{p_{lu}}{D_o} + 2d_u + d_o \right) (z_u + d_u) p_{fU} \frac{D_o D_u}{n_o n_u} \quad (24)$$

Pro výpočet celkové plochy osnovních flotází opět zaměníme indexy U a O .



Obrázek 12 Projekční plocha útkové flotáže [15]

Pro finální výpočet vertikální porosity pak platí následující vzorec [15]:

$$P_{ver} = \frac{E_O + E_U}{S_{FO} + S_{FU}} \quad (25)$$

kde E_U [cm²] a E_O [cm²] jsou celkové plochy vertikálních pórů podél útkových a osnovních nití a S_{FU} [cm²] a S_{FO} [cm²] jsou celkové plochy útkových a osnovních flotáží na 1 cm².

Tento model je použit pro vypočítání vertikální porosity v experimentální části.

3.2. Koeficienty vazby FYF a CFF

V několika odborných pracích (např. [16],[18],[19]) byly použity pro predikci prodyšnosti tyto koeficienty, které zohledňují provázanost vazby tkaniny a její vliv na prodyšnost.

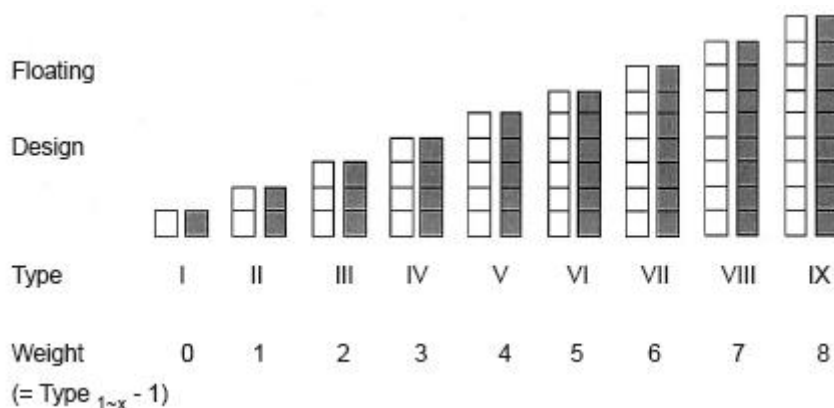
Flotážní koeficient FYF

Flotážní koeficient byl použit například v práci Milašiusa [16] a je vyjádřen vztahem:

$$FYF = \frac{((typ_{I-IX} - 1) \cdot E_n)}{N_i} \quad (26)$$

kde E_n je skutečný počet flotujících nití ve střídě vazby, (typ_{I-IX}) je tabulková hodnota, kterou je zapotřebí vybrat ve formě váhy vlivu flotáže (viz obrázek 13). V případě že délka neprovázané nitě je jeden přechodový bod (jako například v plátňové vazbě, viz obrázek 14) je váha takovéto flotáže 0. V případě, že neprovázanost nitě pokračuje přes dva přechodové

body je váha flotáže 1 atd. N_i je celkový počet vazných bodů ve střídě. FYF roste se zvyšující se délkou flotáží a naopak [16].



Obrázek 13 Typy a váhy flotujících nití [19]

Koeficient provázanosti vazby CFF

Tento faktor byl původně definován Ogawou [17], avšak pro omezenost modelu pouze na 10osnovních a 10 útkových nití, byl později přeformulován Morinem [18], pro možnost užití na komplexnějších strukturách tkanin.

$$CFF = N_c / N_i \quad (27)$$

kde N_c je počet přechodových úseků ve střídě vazby a N_i je počet vazných bodů ve střídě. Počet přechodových úseků lze popsat také jako počet zakřížených úseků ve střídě vazby [18].



Obrázek 14 Popis plátnové vazby

Na základě těchto dvou faktorů přišli Fatahi a Yazdi [19] s modelem pro odhad prodyšnosti. Potvrdili tak silnou korelaci mezi FYF/CFF a prodyšností tkaniny, kde FYF má silnou kladnou korelaci (+0,87) a CFF silnou zápornou korelaci (-0,81). Jinými slovy čím větší je faktor FYF , tím vyšší je prodyšnost. Naopak čím vyšší je CFF , o to menší je výsledná prodyšnost.

Experiment se skládal z osmi vzorků lišících se pouze vazbou tkaniny. Materiálově byla zvolena směšová tkanina 50%viskóza 50%polyester. Jemnost osnovních nití byla 20tex a 30tex pro nitě útkové. Všechny vzorky měly také stejnou dostavu nitě a to 24/cm v osnovním a 22/cm v útkovém směru.

Z výsledků experimentů a vyhodnocení dat regresní analýzou, vyvodili následující vztah:

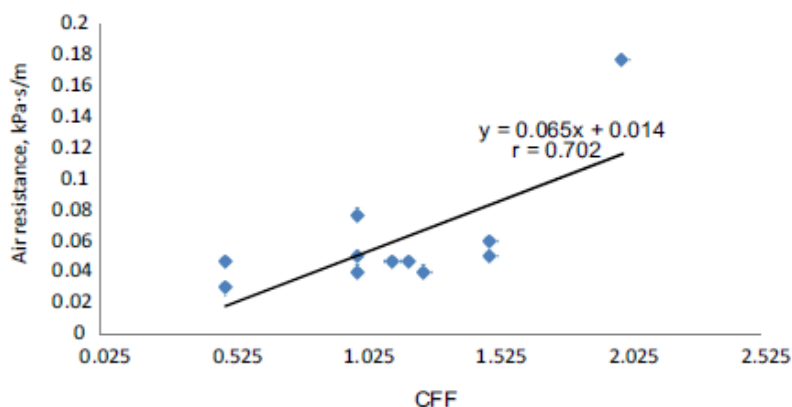
$$A_p = 13,24(CFF) + 24,01(FYF) - 20,55 \quad (28)$$

kde A_p je prodyšnost [$\text{cm}^3/\text{cm}^2\text{s}$] a kde za CFF dosadíme ze vzorce (27) a za FYF ze vzorce (26)

Ze vztahu je patrné, že koeficient FYF má větší vliv na prodyšnost nežli koeficient CFF . Jako značnou výhodu tohoto modelu uvádějí jeho autoři jednoduchost, možnost aplikace na všechny druhy tkaniny, schopnost predikovat prodyšnost před samotným vyrobením tkaniny a relativní přesnost odhadu ($R^2 = 0.91$).

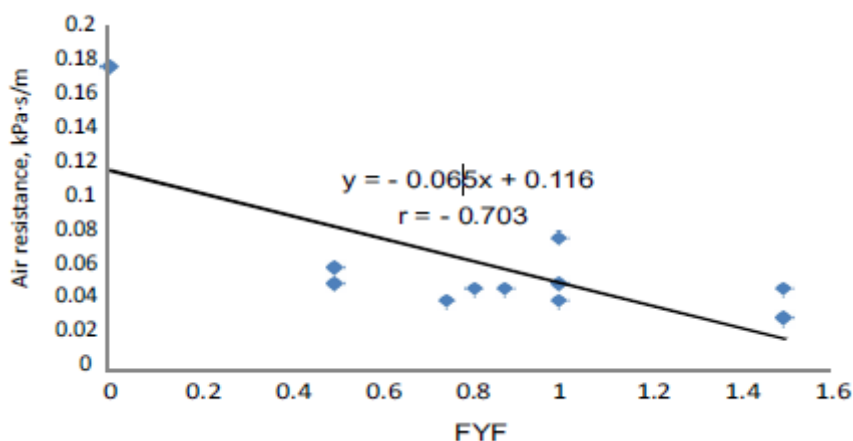
Vimal a Murugan[20] ve své práci tedy navázali na model, který uvedli Fatahi a Yazdi[19], ve které potvrdili korelace mezi FYF/CFF a prodyšností tkaniny. Pro svůj experiment použili tkaniny z bavlny o jemnosti 19,6tex, které se lišily vazbou a dostavou.

Jak lze vidět z obrázku 15, je zde prokazatelně silná korelace (+0,7) mezi faktorem CFF a odporem vzduchu vytvářeným textilií. Je zjevné, že čím větší je CFF koeficient, tím větší je i odpor vzduchu vytvářený textilií (je menší prodyšnost). Je to zejména vlivem absence flotáží ve tkanině a více provázaných úseků. Potvrdili tak výsledek, který publikovali Fatahi a Yazdi [19]



Obrázek 15 Vliv faktoru CFF na odpor vzduchu vytvářený textilií [20]

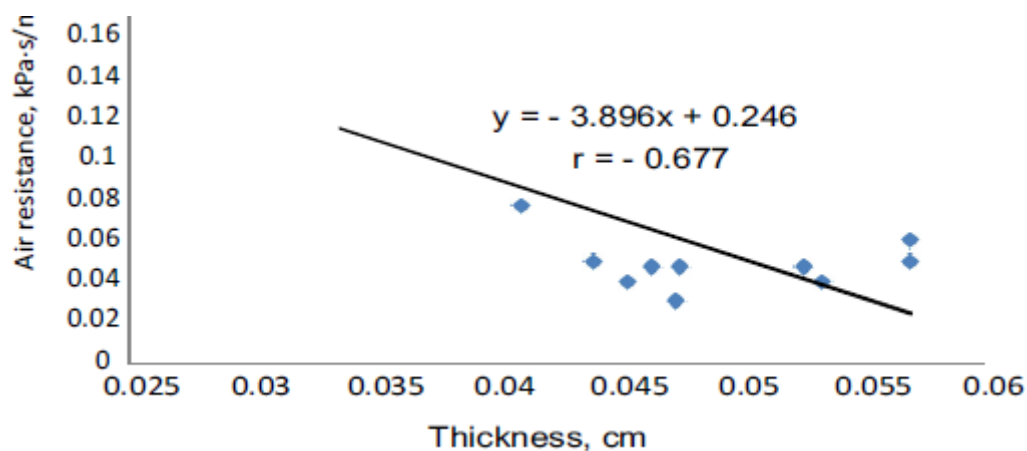
Stejně tak obrázek 16 znázorňuje vliv flotážního koeficientu *FYF* na odpor vzduchu kladeným tkaninou. V tomto případě je zde patrná silná záporná korelace (-0,7). Jinými slovy čím větší je *FYF* koeficient, tím nižší je odpor vzduchu (je větší prodyšnost). Opět tak potvrdili výsledky, které publikovali Fatahi a Yazdi [19].



Obrázek 16 Vliv faktoru *FYF* na odpor vzduchu vytvářený textilií[20]

Mimo jiné také provedli kontrolní výpočet korelace mezi faktory *CFF* a *FYF* s výsledkem absolutní záporné korelace (-1).

Vimal a Murugan [20] rovněž potvrdili významnost tloušťky tkaniny na prodyšnost tkaniny (na obrázku 17 uveden odpor vzduchu vytvářený textilií), a navázali tak na práci Matusiak a Sikorski [6], kteří ji uvedli jako jednu z hlavních vlastností zejména pro tepelný odpor.



Obrázek 17 Vliv tloušťky na odpor vzduchu vytvářený textilií [20]

4. Komfortní vlastnosti tkaniny

Komfort se dá definovat dle Hese [23] jako stav organismu, při kterém jsou fyziologické funkce v optimu, a kdy okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané našimi smysly. Subjektivně je tento pocit brán jako stav pohody. Okolní teplota je vyhovující a lze setrvat v současném prostředí nebo vykonávat práci. Na hodnocení komfortu se podílejí všechny smysly krom chuti. Můžeme je seřadit podle důležitosti následovně: hmat, zrak, sluch, čich. Zjednodušenou definicí komfortu je potom „absence znepokojujících a bolestivých vjemů“.

Komfort tkanin můžeme rozdělit do tří skupin [23]:

Psychologický komfort

Jedná se zejména o subjektivní pocity, které oblečení vyvolává při jeho nošení. Z hlediska běžného spotřebitele jsou to zejména klimatická hlediska (klimatické podmínky), ekonomická hlediska jako například výrobní prostředky a úroveň technologie. Dále pak kulturní hlediska spojená se zvyky, tradicemi a náboženstvím. Nebo například sociální hlediska, kdy se bere v potaz věk, vzdělání a klasifikace uživatele.

Senzorický komfort

Při doteku lidské pokožky a první vrstvy oděvu jsou vyvolány určité pocity. Tyto pocity zahrnuje senzorický komfort, který je popisuje. Pocity to mohou být příjemné jako například pocit jemnosti, splývavosti, anebo naopak nepříjemné a dráždivé, jako je škrábání, kousání a píchání. Z hlediska senzorického komfortu je v této diplomové práci posuzován vliv vazby tkaniny na tepelnou jímavost tkaniny

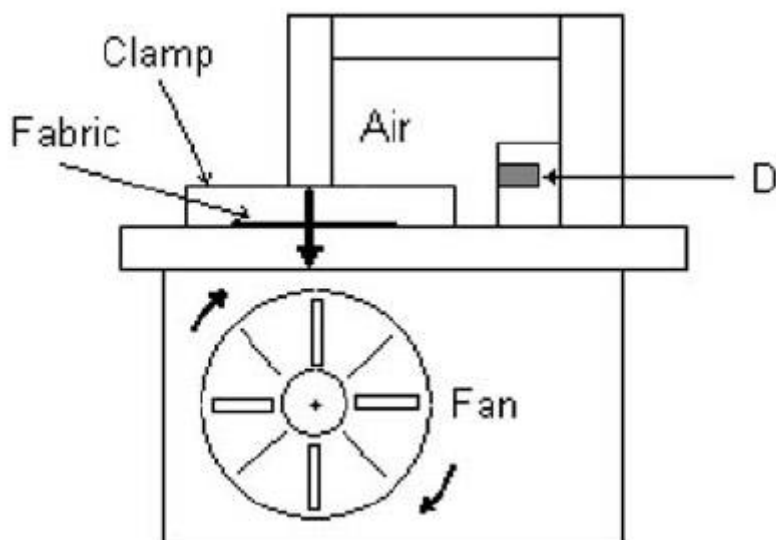
Fyziologický komfort

Poslední a z hlediska diplomové práce nejdůležitější komfort je komfort fyziologický. Ten popisuje schopnost textilií absorbovat a transponovat plynnou či kapalnou vlhkost, vytvářet tepelný odpor a ovlivňovat prodyšnost vzduchu mezi tělem a okolním prostředím. Zde je porovnávána prodyšnost, paro-propustnost a tepelně izolační vlastnosti tkanin.

4.1. Prodyšnost

Prodyšnost určuje prostupnost vzduchu tkaninou, jinými slovy průtok vzduchu kolmo přes zkušební vzorek za předem stanovených podmínek. Podle normy ČSN EN ISO 9237 *Textilie - Zjišťování prodyšnosti plošných textilií* je definována prodyšnost jako rychlost proudu vzduchu procházejícího kolmo na zkušební vzorek při specifikovaných podmínkách pro zkušební plochu, tlakový spád a dobu. V případě materiálů používaných v oděvním průmyslu je prodyšnost velice důležitým aspektem pro celkový komfort. V případě průmyslových tkanin prodyšnost udává jejich následné využití: například padáky, filtry, airbagy a podobně.

V experimentální části byl pro měření prodyšnosti použit přístroj FX 3300 od firmy TEXTTEST AG. Následující obrázek popisuje princip fungování přístroje FX 3300:



Obrázek 18 Schéma principu měření prodyšnosti na přístroji FX3300[25]

Tkanina (fabric) je držena svorkou (clamp). Sací ventilátor (Fan) nutí vzduch proudit kolmo skrze tkaninu a tok se postupně upravuje, dokud se nedosáhne požadovaného poklesu tlaku v celé ploše testovacího vzorku. V případě tohoto experimentu je to za tlaku 100 Pa. D je převodník, který určuje objemový průtok [m^3/s]. Tato hodnota dělená plochou vzorku (20cm^2) udává rychlost proudění vzduchu v [mm/s].

Alternativy pro měření prodyšnosti

Přístrojů, které měří na základě americké normy ASTM D737 (stejně tak jako FX3300) pro měření prodyšnosti je na trhu celá řada. Jako příklad můžeme uvést amerického výrobce Frazier®, který pracuje s normou ASTM D737. S obdobnou normou ČSN EN ISO 4638 *Měkké lehčené polymerní materiály - Stanovení propustnosti vzduchu* například pracuje přístroj TQD-G1 od firmy Labthink® [25]

4.2. Paro-propustnost

Paro-propustnost má velký význam z hlediska komfortu oděvů a to zejména z důvodu vlivu na ochlazování těla při odpařování potu z povrchu pokožky [23]. Úroveň ochlazování těla totiž závisí nejen na rozdílu parciálních tlaků vodních par na povrchu pokožky a ve vnějším prostředí, ale také na propustnosti oděvu pro vodní páry. Čím více je tkanina schopná transponovat vodní páry do okolního vzduchu, tím propustnější je. Propustností je v tomto případě míněn průchod vodních par skrze textilii.

Absolutní paro-propustnost

Absolutní paro-propustnost P_{abs} [kg/m² hod] je definována jako proudění vodních par za jednotku času skrze tkaninu za určené teploty a relativní vlhkosti dle vztahu [23]:

$$P_{abs} = \left(\frac{G_1 - G_0}{S_t \cdot t_e} \right) \quad (29)$$

kde G_0 je hmotnost misky před expozicí [g], G_1 je hmotnost misky po expozici, S_t je plocha testovaného vzorku [m²] a t_e je doba expozice [hodiny].

Relativní paro-propustnost

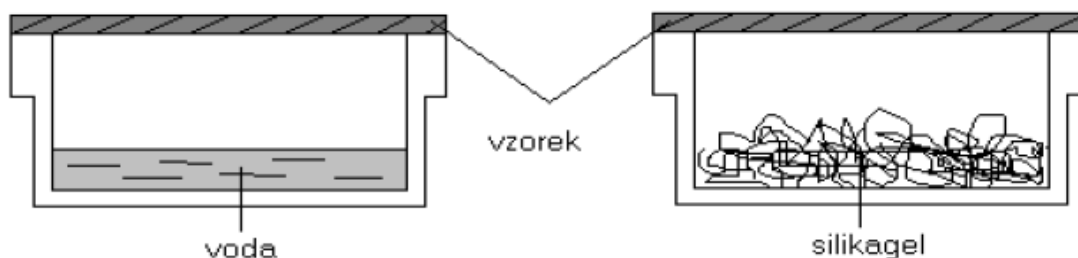
V případě výpočtu relativní paro-propustnosti P_{rel} [%] dosadíme do vztahu [23]:

$$P_{rel} = \left(\frac{G_1 - G_0}{G_0} \right) \quad (30)$$

kde G_0 je hmotnost misky před expozicí [g] a G_1 [g] je hmotnost misky po 6 hodinové expozici.

Dle Hese [23] je relativní paro-propustnost stanovena jako nenormalizovaný parametr v rozmezí 0-100%, kde 100% paro-propustnost představuje množství odpařené vodní páry z vodní plochy o daném rozměru bez zakrytí zkušebním vzorkem.

Měření relativní paro-propustnosti dle ČSN 80 0855 *Zjišťování relativní propustnosti vodních par plošnou textilií* funguje na principu úbytku vody v hliníkové misce zakryté zkušebním vzorkem po 6 hodinové expozici proudícího vzduchu o rychlosti 0,2 m/s v klimatizační skříni se stanovenou teplotou a relativní vlhkostí. Je možné použít metodu, kdy se místo úbytku vody váží příbytek hmotnosti silikagelu v misce zakryté zkušební textilií za stejných podmínek. Jelikož má silikagel nelineární sorpci, je tato metoda nepřesná a proto se od ní upouští.



Obrázek 19 Popis gravimetrických metod[23]

Výparný odpor

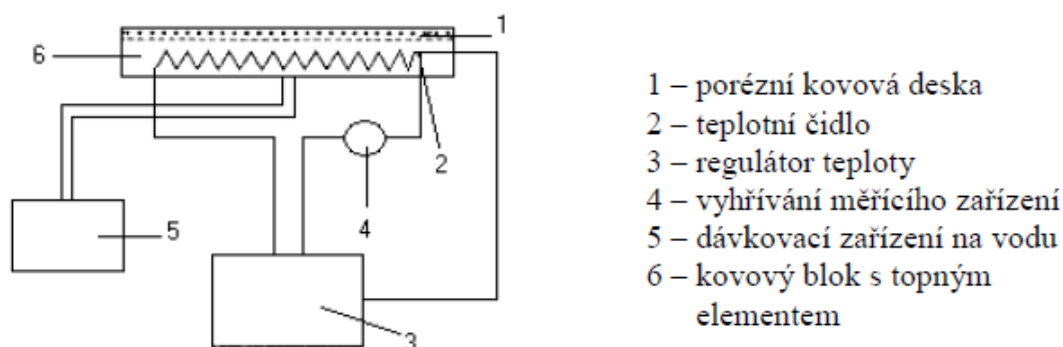
Zde je vhodné zavést parametr výparný odpor R_{et} [$m^2 \cdot Pa/W$], který přímo charakterizuje účinky odparu potu. Pro měření výparného odporu za laboratorních podmínek můžeme využít několika způsobů. V rámci diplomové práce je rozveden zejména model „sweating hot plate“ neboli také „skin model“. Test vyvinutý v Německém Hohensteinově Institutu [24] simuluje termoregulaci lidského těla a dokáže určit výparný odpor tkaniny. Hohensteinský „sweating hot plate“ představuje porózní ocelovou desku o rozměrech 20 cm x 20 cm, která je elektronicky vyhřívána na teplotu lidského těla (35°C). Celá deska je pak zakryta zkušebním vzorkem, strany desky mají ochranný kruh, aby jediný možný směr výparu mohl být skrze testovaný vzorek. Ze spodu porézní desky je přiváděna voda, která je skrze póry distribuována na desku. Tímto stylem simuluje lidskou pokožku. Celý model je pak umístěn do klimatické komory, za definované teploty a vlhkosti.

Výsledný výparný odpor pak lze definovat dle následujícího vztahu [25]:

$$R_{et} = \frac{P_m - P_a}{H - H_{DRY}} - R_{et0} \quad (31)$$

kde P_m [Pa] je nasycený parciální tlak vodní páry na povrchu desky, P_a [Pa] je parciální tlak vodní páry ve vzduchu ve zkušebním prostoru, H [Wm^{-2}] celková ztráta tepla na metr čtvereční mokré desky, H_{DRY} [Wm^{-2}] ztráta tepla suché desky a R_{et0} [$\text{m}^2\text{Pa/W}$] je výparný odpor naměřený bez zkušební vzorku.

Schéma fungování popsaného skin modelu popisuje obrázek 19:



Obrázek 20 Měřicí jednotka s kontrolou teploty a přívodem vody[23]

V experimentální části byl pro měření relativní paro-propustnosti a výparného odporu použit přístroj Permetest vyvinutý na Technické Universitě Liberec Hesem a kolegy [26]. Jedná se o zjednodušenou verzi testu vyvinutého v Německém Hohenstainově Institutu [24].

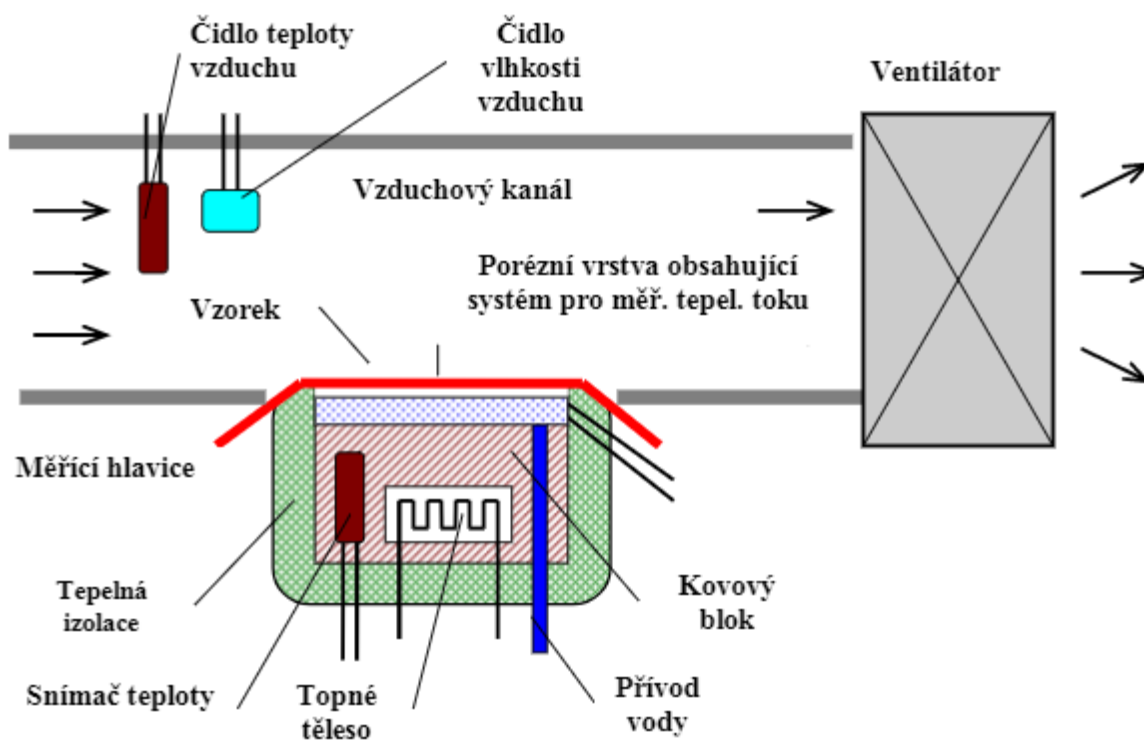
Přístroj funguje na principu SKIN MODEL-u [27], který je založen na principu přímého měření tepelného toku procházejícím povrchem tohoto tepelného modelu lidské pokožky, který je v průběhu testu zvlhčován na jeho porézním povrchu, čímž dochází k simulaci ochlazování lidské pokožky pocením. Vnější strana je ofukována, viz Obrázek 20. Při měření je topné těleso nastaveno na teplotu okolí, což je za normálních podmínek okolo 22°C. Při zahřívání se pak vlhkost v porézní vrstvě mění na páru a prostupuje tkaninou. Následný výparný tepelný tok je měřen snímačem a jeho hodnota je přímo úměrná paro-propustnosti textilie nebo nepřímo úměrná jejímu výparnému odporu.

Výsledný výparný odpor pak lze definovat dle následujícího vztahu [23]:

$$R_{et} = (P_m - P_a)(q_v^{-1} - q_0^{-1}) \quad (32)$$

kde P_m [Pa] je nasycený parciální tlak vodní páry na povrchu měřicí hlavice, P_a [Pa] je parciální tlak vodní páry ve vzduchu ve zkušebním prostoru při teplotě vzduchu ve zkušebním prostoru, q_v [W/m^2] plošná hustota tepelného toku procházející měřicí hlavici zakrytou měřeným vzorkem a q_0 [W/m^2] plošná hustota tepelného toku procházející měřicí hlavici nezakrytou měřeným vzorkem.

Následující obrázek popisuje princip fungování přístroje Permetest [26]:



Obrázek 21 Schéma principu měření výparného odporu na přístroji Permetest [26]

4.3. Tepelně-izolační vlastnosti

Z tepelně-izolačních vlastností byla vybrána tři, pro tuto diplomovou práci stěžejní, kritéria:

Měrná tepelná vodivost

Měrná tepelná vodivost λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$] [24] představuje množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot 1 K.

Je-li tepelný tok homogenní a ustálený, lze měrná tepelná vodivost vyjádřit následujícím vztahem [24]:

$$\lambda = \frac{d}{tS\Delta T} Q \quad (33)$$

kde Q [J] je množství tepla, které za čas t [s] projde mezi dvěma shodnými plochami obsahu S [cm^2] kolmými ke směru toku a vzájemně posunutými v tomto směru o vzdálenost d_a [cm], je-li mezi nimi rozdíl teplot ΔT [$^{\circ}\text{C}$].

Plošný odpor vedení tepla

Plošný odpor vedení tepla r [W^{-1}Km^2] [24] je měřen podobně jako výparný odpor a charakterizuje odpor proti prostupu tepla vzorkem při definované teplotě a při přenosu tepla konvekcí z jeho druhé strany do vzduchu. Při zachování homogenního a ustáleného tepelného toku lze plošný odpor vedení tepla vyjádřit následujícím vztahem:

$$r = \frac{t}{\lambda} \quad (34)$$

kde λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$] je součinitel měrné tepelné vodivosti (viz rovnice (33)) a t [mm] je tloušťka textilie.

Termo-izolační vlastnosti tkaniny jsou měřitelné v laboratorních podmínkách při měření průchodu tepla za suchého stavu. Jsou možné tři způsoby měření, nicméně všechny vycházejí z principu „hot plate“ neboli horké desky [24].

V první takzvané dvou-deskové metodě, jsou použity dvě desky pro měření průchodu tepla za větší teploty. Tento princip měření se používá zejména pro textilie, které nejsou vystaveny teplotě okolního vzduchu a jsou jednou ze složek vrstveného materiálu (například košile pod sakem).

U jedno-deskové metody dochází k zahřívání pouze jedné desky a dochází tak k simulaci vlivu okolního vzduchu na textílii, tento test je tedy vhodnější pro měření textilií, které přijdou do styku přímo s okolním vzduchem. Její nevýhodou je však špatná reprodukovatelnost testu.

Poslední metodou je pak, krytá jednodesková metoda, která je velmi podobná metodě jednodeskové, ale je přizpůsobena pro tlustší textilie, které vyžadují přesnější měření, avšak vyžaduje sofistikovanější kontrolu teploty na desce. Liší se tedy zejména krycím kroužkem, který udržuje po celou dobu testu stejnou teplotu a je opatřen izolantem od okolního prostředí. V případě měření za pomoci kryté jednodeskové metody lze pak výsledný tepelný odpor vyjádřit následujícím vztahem [24]:

$$r = \frac{T_{plate} - T_a}{H_{DRY}} - r_0 \quad (35)$$

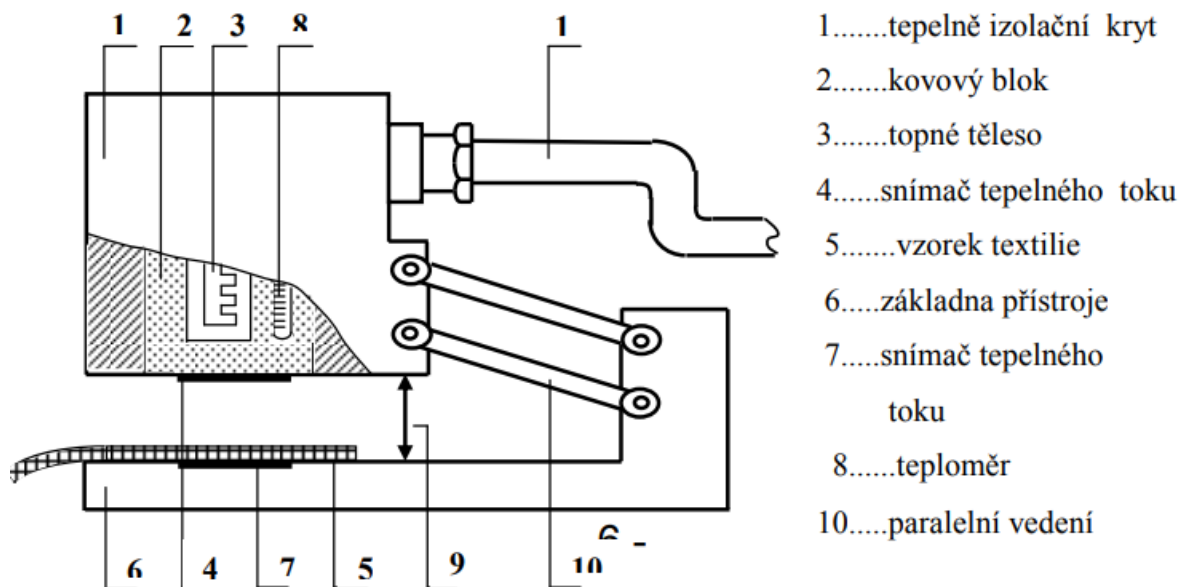
kde T_{plate} [°C] je průměrná hodnota teploty horké desky, T_a [°C] je teplota okolí, H_{DRY} [Wm⁻²] ztráta tepla suché desky a r_0 [W⁻¹Km²] je tepelný odpor naměřený bez testovaného vzorku.

Tepelná jímavost

Tepelná jímavost b [Wm⁻²s^{1/2}K⁻¹] zavedená Hesem [28] představuje množství tepla, které proteče při rozdílu teplot 1 K jednotkou plochy za jednotku času v důsledku akumulace tepla v jednotkovém objemu. Tepelná jímavost lze definovat následujícím vztahem [28]:

$$b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c} \quad (36)$$

kde λ [Wm⁻¹K⁻¹] je součinitel měrné tepelné vodivosti (viz rovnice (33)), ρ [kg·m⁻³] je hustota materiálu a c [J·kg⁻¹·K⁻¹] je měrná tepelná kapacita. Jako chladnější pocítujeme hmatem ten materiál, který má větší tepelnou jímavost (větší b). V experimentální části byl pro měření tepelně-izolačních vlastností použit přístroj Alambeta [29] vyvinutý na textilní fakultě TUL Hesem a Doležalem.



Obrázek 22 Schéma principu měření tepelně-izolačních vlastností na přístroji Alambeta [23]

Princip tohoto přístroje [27] spočívá v aplikaci systému na přímé měření tepelného toku připevněného k povrchu kovového bloku s konstantní teplotou, která se liší od teploty vzorku. Po zahájení měření hlavice se zmiňovaným měřicím systémem poklesne a dotkne se povrchu měřeného vzorku, který je umístěný na základně přístroje pod měřicí hlavou, která je vytápěna odporovou topnou vložkou. V tento okamžik se povrchová teplota vzorku náhle změní a počítač začne zaznamenávat průběh tepelného toku.

Alternativy pro měření tepelně-izolačních vlastností

Stanovení tepelných vlastností je poměrně složité a podléhá chybám. Velice sofistikovanou alternativní metodou k Alambetě je takzvaná FrontPhotoPyroElectric Method (FPPE), která funguje na principu laserové excitace, kdy je zkoumán modulovaný tepelný tok na tkanině, která je umístěna na povrchu pyroelektrického senzoru, za pomoci laseru [30].

Experimentální část

Na třech souborech tkanin bylo provedeno měření prodyšnosti, paro-propustnosti a vybraných tepelně-izolačních vlastností. Dále byl pro každý vzorek v souboru vypočítán model vertikální a horizontální porosity společně s modelem porosity na základě hustot P_w . Cílem bylo prokázat korelace mezi jednotlivými komfortními vlastnostmi a modely pro výpočty porosit. Vertikální porosita P_{ver} se mění s druhem vazby. Porosity plošného zakrytí jsou uvedeny dvě. Jedna s částečným zohledněným vlivem vazby P_G a druhá z plošného zakrytí P_S bez zohlednění druhu vazby.

5. Parametry hodnocených tkanin

Hodnocení vztahu mezi vazbou tkaniny a komfortními vlastnostmi bylo provedeno na třech souborech tkanin. Každý soubor sestával ze 7 tkanin (6 v případě 3. souboru.), které měly stejnou dostavu a jemnost nití a lišily se pouze vazbou tkaniny. Tabulka 1 zobrazuje popis jednotlivých souborů tkanin s údaji udávanými výrobcem. Od každé tkaniny bylo k dispozici 10 vzorků, na kterých bylo provedeno měření komfortních vlastností. Tabulka 2 dokládá přehled hodnocených tkanin právě s těmito základními charakteristikami, spolu s dalšími měřenými parametry tkanin a nití, které byly zjištěny za účelem testování (hodnoty v závorce reprezentují směrodatnou odchylku).

Tabulka 1 Popis souboru hodnocených tkanin

Název souboru tkanin	Materiál	Jemnost přízí udávaná výrobcem [tex]	Dostava osnovních nití udávaná výrobcem D_o [1/cm]	Dostava útkových nití udávaná výrobcem D_u [1/cm]	Průměry osnovních a útkových nití [mm]
SOUBOR 1	Polyester	40	21,2	21,2	0,305
SOUBOR 2	Polyester	16,5	31,8	31,8	0,177
SOUBOR 3	Polypropylen/ bavlna (50/50)	45	18	18	0,297

Tabulka 2 Charakteristika experimentálních tkanin

	Vazba tkaniny	Jemnost přízí [tex]	Tloušťka tkaniny [mm]	Plošná hmotnost tkaniny [kg/m ²]	Dostava osnovních nití <i>Do</i> [1/cm]	Dostava útkových nití <i>Du</i> [1/cm]	Průměry osnovních a útkových nití [mm]
SOUBOR 1 (PL)	A 1/5	40	0,766 _(0,02)	0,193 _(0,001)	21,2 _(0,7)	21,2 _(0,8)	0,305
	A 3/3	40	0,728 _(0,02)	0,196 _(0,001)	21,2 _(0,6)	21,2 _(0,8)	0,305
	A 2/4	40	0,735 _(0,01)	0,197 _(0,001)	21,2 _(0,7)	21,2 _(0,7)	0,305
	K1/5 Z	40	0,773 _(0,02)	0,196 _(0,001)	21,2 _(0,7)	21,2 _(0,6)	0,305
	K 2/4 Z	40	0,733 _(0,01)	0,197 _(0,001)	21,2 _(0,7)	21,2 _(0,6)	0,305
	K $\frac{21}{12}$ Z	40	0,650 _(0,02)	0,189 _(0,001)	21,2 _(0,9)	21,2 _(0,6)	0,305
	K 2/1 Z	40	0,681 _(0,01)	0,167 _(0,001)	21,2 _(0,6)	21,2 _(0,7)	0,305
SOUBOR 2 (PL)	A 1/5	16,5	0,503 _(0,01)	0,114 _(0,001)	31,3 _(0,6)	31,2 _(0,7)	0,177
	A 3/3	16,5	0,484 _(0,01)	0,118 _(0,001)	31,1 _(0,7)	31,2 _(0,8)	0,177
	A 2/4	16,5	0,484 _(0,02)	0,119 _(0,001)	31,3 _(0,8)	31,1 _(0,8)	0,177
	K1/5 Z	16,5	0,482 _(0,01)	0,118 _(0,001)	31,4 _(0,8)	31 _(0,6)	0,177
	K 2/4 Z	16,5	0,486 _(0,01)	0,119 _(0,001)	31,1 _(0,8)	31 _(0,4)	0,177
	K $\frac{21}{12}$ Z	16,5	0,411 _(0,02)	0,122 _(0,001)	30,7 _(0,7)	31 _(0,8)	0,177
	K 2/1 Z	16,5	0,387 _(0,01)	0,119 _(0,001)	31,2 _(0,8)	31,1 _(0,8)	0,177
SOUBOR 3 (PP/CO)	A 1/5	45	0,921 _(0,01)	0,197 _(0,001)	18 _(0,4)	18,4 _(0,4)	0,297
	P 3/3	45	0,846 _(0,02)	0,190 _(0,004)	18 _(0,7)	18 _(0,6)	0,297
	A 2/4	45	0,932 _(0,02)	0,198 _(0,004)	18,2 _(0,7)	18 _(0,8)	0,297
	K1/5 Z	45	0,877 _(0,02)	0,198 _(0,002)	18 _(0,9)	18,4 _(0,8)	0,297
	K 2/4 Z	45	0,803 _(0,02)	0,193 _(0,002)	18 _(0,7)	18,1 _(0,8)	0,297
	R 3/3	45	0,899 _(0,01)	0,198 _(0,002)	17,9 _(0,3)	18 _(0,3)	0,297

Průměry nití

Průměr nití hodnocených tkanin byl měřen pomocí přístroje USTER na katedře KTT, Technické university v Liberci. Tyto hodnoty byly pro potřeby diplomové práce převzaty z dřívějších experimentů.

Dostava nití

Dostava nití hodnocených tkanin byla měřena dle normy ČSN EN 1049-2 (80 0814) *Textilie – TKANINY. KONSTRUKCE. METODY ANALÝZY Část 2: Stanovení dostavy (mod ISO 7211 - 2:1984)*. Měření bylo prováděno v běžných klimatických podmínkách. Dle příslušné normy se měření provádělo vypáráním tkaniny. Zkušební délka byla stanovena 1 cm. Pro každou tkaninu byla měřena dostava na 10 různých místech. Výstupem zkoušky jsou stanovené průměrné hodnoty dostav nití osnovy D_o [1/cm] a útku D_u [1/cm].

Tloušťka tkaniny

Tloušťka hodnocených tkanin byla měřena dle normy ČSN EN ISO 5084 (80 0844) *Textilie – Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků*. Měření bylo provedeno dne 9.8.2017 na Technické univerzitě v Liberci, katedře KMI, pomocí přístroje MESDAN LAB 1880 a samotné měření probíhalo dle normy EN ISO 5084 za přitlaku 0,1 kPa. Hodnocené tkaniny se měřily s minimálním přitlakem 0,1 kPa, aby nedošlo k deformacím tkaniny, zejména v místech flotáží. Pro každou tkaninu byla její tloušťka měřena na 10-ti vzorcích, které byly stříhány v diagonálním směru, nejméně 10 cm od okraje tkaniny. Měření se provádělo za běžných klimatických podmínek.

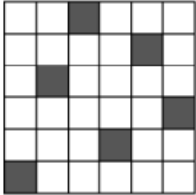
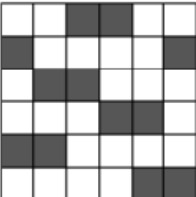
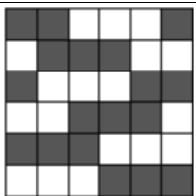
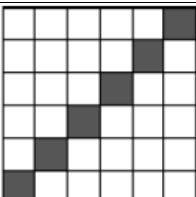
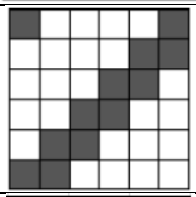

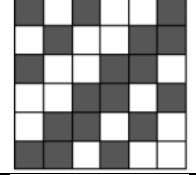
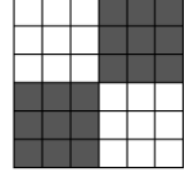

Experimentální měření plošné hmotnosti

Měření plošné hmotnosti bylo provedeno dne 9.8.2017 na Technické univerzitě v Liberci, katedře KTT. Podstatou měření plošné hmotnosti W_p [kg/m²] je zvážit hmotnost vzorku m [g] o rozměrech 10x10 cm. Plošná hmotnost každé hodnocené tkaniny byla měřena na 10 různých vzorcích.

Vazba hodnocených tkanin

Hodnocené tkaniny byly utkány v různých vazbách. Vazby tkanin jsou znázorněny v tabulce 3.

Tabulka 3 Vazby hodnocených tkanin

Vazba tkaniny	Popis vazby	Zakreslení vazby tkaniny
Atlas 1/5	Šestivazný nepravidelný útkový atlas Střída vazby 6x6	
Atlas 2/4	Šestivazný zesílený nepravidelný útkový atlas Střída vazby 6x6	
Atlas 3/3	Šestivazný zesílený nepravidelný útkový atlas Střída vazby 6x6	
Kepr 1/5 Z	Šestivazný útkový kepr pravého směru Střída vazby 6x6	
Kepr 2/4 Z	Šestivazný zesílený útkový kepr pravého směru Střída vazby 6x6	
Kepr 2/1 Z	Třívazný útkový kepr pravého směru Střída vazby 3x3	
Kepr $\frac{21}{12}$ Z	Střída vazby 6x6	
Panama 3/3	Střída vazby 6x6	
Ryps 3/3	Podélný pravidelný ryps Střída vazby 6x2	

6. Komfortní vlastnosti hodnocených tkanin

V experimentální části byly dále naměřeny, na výše zmíněných vzorcích, komfortní vlastnosti tkanin. Konkrétně relativní paro-propustnost, výparný odpor, prodyšnost, tepelná jímavost, plošný odpor vedení tepla a měrná tepelná vodivost. Tabulka 4 dokládá přehled hodnocených komfortních vlastností jednotlivých tkanin (hodnoty v závorce reprezentují směrodatnou odchylku).

Pro zjištění těchto údajů byly použity přístroje zmiňované v rešeršní části. Permetest pro relativní paro-propustnost a výparný odpor. Přístroj Alambeta pro tepelnou jímavost, plošný odpor vedení tepla a měrnou tepelnou vodivost. V poslední řadě přístroj FX 3300 pro prodyšnost na kterém bylo provedeno měření při tlakovém rozdílu 100Pa. Veškeré měření bylo provedeno 10x na 10 vzorcích v různých částech tkaniny, následně byl vypočítán aritmetický průměr. Vzorky před měřením nebyly vyprány a to zejména z důvodu zachování stavu dostavy nití od výrobce. Při praní by mohlo dojít ke změně původních konstrukčních parametrů tkanin a původní předpoklad o stejném průměru nití a stejných dostavách tkanin v jednom souboru by mohl být porušen. Předpokládá se, že polep při výrobě rezných tkanin byl nanesen rovnoměrně.

Tabulka 4 Experimentálně zjištěné komfortní vlastnosti tkanin

	Vazba tkaniny	Relativní paro-propustnost [%]	Výparný odpor [m ² .Pa/W],	Prodyšnost [mm/s]	Tepelná jímavost [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	Plošný odpor vedení tepla [W ⁻¹ Km ²]	Měrná tepelná vodivost [Wm ⁻¹ K ⁻¹]
SOUBOR 1 (PL)	A 1/5	64,07 _(1,1)	3,41 _(0,4)	1114 _(21,0)	139 _(5,7)	14,44*10 ⁻³ _(0,5)	47,1*10 ⁻³ _(1,6)
	A 3/3	65,19 _(1,1)	3,13 _(0,0)	811 _(44,1)	149 _(4,2)	14,39*10 ⁻³ _(0,6)	49,7*10 ⁻³ _(0,9)
	A 2/4	64,63 _(0,1)	3,28 _(0,1)	815 _(35,2)	146 _(9,2)	13,8*10 ⁻³ _(0,63)	49,1*10 ⁻³ _(1,49)
	K 1/5 Z	65,7 _(0,6)	3,36 _(0,2)	1052 _(44,9)	139 _(3,5)	15,3*10 ⁻³ _(0,18)	48,1*10 ⁻³ _(0,66)
	K 2/4 Z	64,63 _(0,1)	3,34 _(0,1)	994 _(24,5)	153 _(2,6)	14,0*10 ⁻³ _(0,14)	49,1*10 ⁻³ _(1,66)
	K $\frac{21}{12}$ Z	67,62 _(0,1)	3,31 _(0,1)	404 _(32,57)	174 _(7,9)	10,1*10 ⁻³ _(0,59)	51,5*10 ⁻³ _(2,41)
	K 2/1 Z	65,23 _(0,5)	9,83 _(0,8)	358 _(42,0)	178 _(7,5)	9,83*10 ⁻³ _(0,84)	51,3*10 ⁻³ _(3,21)
SOUBOR 2 (PL)	A 1/5	70,75 _(0,2)	2,64 _(0,2)	1793 _(26,2)	118 _(5,3)	12,3*10 ⁻³ _(0,62)	40,9*10 ⁻³ _(1,57)
	A 3/3	70,83 _(2,2)	2,59 _(0,2)	1388 _(78,4)	136 _(8,2)	11,1*10 ⁻³ _(0,41)	44,4*10 ⁻³ _(2,1)
	A 2/4	70,49 _(1,0)	2,36 _(0,1)	1552 _(51,3)	138 _(5,5)	11,3*10 ⁻³ _(0,25)	42,9*10 ⁻³ _(1,4)
	K 1/5 Z	70,71 _(0,9)	2,7 _(0,1)	1627 _(50,2)	126 _(4,1)	11,5*10 ⁻³ _(0,26)	42,1*10 ⁻³ _(1,6)
	K 2/4 Z	70,31 _(0,3)	2,63 _(0,1)	1580 _(91,1)	127 _(4,2)	11,2*10 ⁻³ _(0,39)	43,6*10 ⁻³ _(1,21)
	K $\frac{21}{12}$ Z	70,72 _(2,1)	2,4 _(0,2)	746 _(60,0)	143 _(7,2)	9,91*10 ⁻³ _(0,34)	42,5*10 ⁻³ _(2,6)
	K 2/1 Z	73,50 _(1,2)	2,07 _(0,1)	658 _(93,1)	141 _(9,4)	9,62*10 ⁻³ _(0,78)	40,2*10 ⁻³ _(1,62)
SOUBOR 3 (PP+CO)	A 1/5	64,24 _(0,9)	4,19 _(0,1)	957 _(34,1)	159 _(4,9)	17,2*10 ⁻³ _(0,91)	52,5*10 ⁻³ _(1,5)
	P 3/3	60,16 _(2,4)	4,92 _(0,2)	764 _(44,6)	168 _(4,4)	16,4*10 ⁻³ _(0,61)	50,7*10 ⁻³ _(1,29)
	A 2/4	60,1 _(1,3)	4,31 _(0,2)	709 _(64,2)	169 _(5,8)	17,31*10 ⁻³ _(0,61)	53,6*10 ⁻³ _(0,96)
	K 1/5 Z	64,1 _(0,6)	3,87 _(0,0)	748 _(44,5)	161 _(7,1)	16,33*10 ⁻³ _(0,71)	53,6*10 ⁻³ _(1,13)
	K 2/4 Z	67,19 _(0,6)	3,54 _(0,0)	806 _(56,2)	186 _(6,3)	14,7*10 ⁻³ _(0,36)	54,8*10 ⁻³ _(1,56)
	R 3/3	59,9 _(0,8)	4,71 _(0,1)	601 _(31,6)	163 _(5,6)	17,13*10 ⁻³ _(0,57)	52,5*10 ⁻³ _(1,72)

Veškeré experimentální hodnoty pro zmíněné vazby jsou přiloženy v přílohách (1-20).

7. Výpočty modelů porosit

Z hlediska diplomové práce je stěžejní znát modely porosity zohledňující vazbu tkaniny. Pro horizontální porositu byl zvolen výpočet dle rovnice (7), kde je zvažována porosita dle plošného zakrytí P_S . Tento model nezohledňuje vliv vazby tkaniny, proto byla horizontální porosita rozšířena o model P_G dle rovnice (16), který částečně zahrnuje vliv vazby. Dále druh porosity dle rovnice (10) P_W kde je zvažována porosita dle podílu hustot. Pro vertikální porositu je pak použit model P_{ver} dle Havlové s finálním vztahem dle rovnice (25). Tabulka 5 pak zobrazuje přehled jednotlivých porosit pro jednotlivé vazby v rámci souborů.

Tabulka 5 Přehled výsledků výpočtů modelů porosit

	Vazba	P_S	P_W	P_{ver}	P_G	CFE	FVF
SOUBOR 1 (PL)	A 1/5	0,1270	0,79605	0,1364	0,33983	0,67	1,33
	A 3/3	0,1270	0,79779	0,0823	0,33021	1,11	0,89
	A 2/4	0,1292	0,79167	0,1067	0,33304	1	1
	K 1/5 Z	0,1296	0,80566	0,1421	0,33983	0,67	1,33
	K 2/4 Z	0,1302	0,79141	0,1010	0,33304	0,67	1,33
	K $\frac{21}{12}$ Z	0,1248	0,73581	0,0160	0,32626	1,33	0,67
	K 2/1 Z	0,1249	0,71914	0,0377	0,32852	1,33	0,67
SOUBOR 2 (PL)	A 1/5	0,2012	0,85334	0,2658	0,41299	0,67	1,33
	A 3/3	0,2020	0,80390	0,2059	0,39588	1,11	0,89
	A 2/4	0,2005	0,80612	0,2258	0,40091	1	1
	K 1/5 Z	0,2005	0,83574	0,2252	0,41299	0,67	1,33
	K 2/4 Z	0,2000	0,80577	0,1917	0,40091	0,67	1,33
	K $\frac{21}{12}$ Z	0,2011	0,71914	0,0946	0,38884	1,33	0,67
	K 2/1 Z	0,1965	0,80568	0,0119	0,39282	1,33	0,67
SOUBOR 3 (PP+CO)	A 1/5	0,2236	0,83142	0,2820	0,43851	0,67	1,33
	P 3/3	0,2111	0,82435	0,1907	0,43851	0,67	1,33
	A 2/4	0,2005	0,82064	0,2732	0,42506	1	1
	K 1/5 Z	0,2111	0,81891	0,2523	0,43851	0,67	1,33
	K 2/4 Z	0,2124	0,82064	0,2205	0,42506	0,67	1,33
	R 3/3	0,2166	0,82821	0,1673	0,15065	1,33	0,67

7.1. Diskuze výsledků modelů porosit

Z hodnot uvedených v tabulce 5 lze porovnat teoretické výpočty druhů porosit jednotlivých typů tkanin v závislosti na vazbě v souboru. Z tabulky 5 je zjevné, že všechny zkoumané sady mají rozdílnou velikost celkové porosity vyskytující se v tkanině na základě výpočtů rozdílných modelů. Dle očekávání volnější vazby (jako například atlas 1/5 nebo kepr 1/5) s dlouhou flotážní nití vykazují vyšší výsledky porosity. To zejména pro model porosity P_{ver} , který byl na tomto principu koncipován. Z hlediska podílu objemových hmotností P_w je možné pozorovat výkyvy uvnitř jednotlivých sad, které také lze připsat vlivu vazby. Nejmenší variabilitu výsledků uvnitř souborů jeví model porosity z plošného zakrytí P_S . Tento fakt je důsledkem principu propočtu této porosity, kde jedinou proměnnou je dostava osnovní a útkové nitě D_o/D_u , která se u jednotlivých vzorků v rámci jednoho souboru lišila jen nepatrně. Průměry nití d_o/d_u v rámci jednoho souboru byly uvažovány jako neměnné.

8. Výpočty korelací

Následující tabulka 6 uvažuje závislost naměřených výsledků všech měření komfortních vlastností (nehledě na příslušnost vzorku do určitého souboru) a vypočtených modelů porosit společně s tloušťkou textilie. Pro výpočet Pearsonova korelačního koeficientu byl použit freeware software R© The R Foundation.

Tabulka 6 Výsledky korelací

PEARSON	P_S	P_{ver}	P_w	P_G	t	CFF	FYF
Relativní paro-propustnost [%]	0	-0,08	0,07	-0,01	-0,90	0,12	-0,12
Výparný odpor [m ² .Pa/W]	0,15	0,21	0	0,26	0,91	-0,20	0,20
Prodyšnost [mm/s]	0,26	0,54	0,67	0,26	-0,45	-0,53	0,53
Měrná tepelná vodivost [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	0	0,04	-0,29	0,03	0,88	-0,06	0,06
Tepelná jímavost [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	0	-0,17	-0,50	0,04	0,6	0,24	-0,24
Plošný odpor vedení tepla [W ⁻¹ Km ²]	0,22	0,50	0,39	0,35	0,91	-0,45	0,45

8.1. Předpokládané trendy závislostí a diskuse výsledků všech souborů

V rešeršní části práce je již nastíněno několik předpokladů závislostí, které se vyskytují mezi vazbou tkaniny a komfortními vlastnostmi a byly potvrzeny v řadách prací. (např: [6],[15],[19],[20])

Jako hlavní předpoklad je zde uvažována korelace mezi počtem/délkou flotujících nití a prodyšností tkaniny. Tato závislost byla potvrzena řadou autorů, mezi uvedené patří Vimal a Murugan [20], Fatahi a Yazdi [19], Havlová [15]. Jedná se tedy o závislost mezi prodyšností A_p a koeficienty FYF (0,87) [19] a CFF (-0,81) [19] společně s modelem vertikální porosity P_{ver} (+0,89)[15].

Další předpoklad vychází z práce Matusiak a Sikorski [6], kteří objevili významnou korelaci (+0,61) mezi plošným zakrytím a tepelnou vodivostí, kdy čím vyšší je plošné zakrytí, tím vyšší je tepelná vodivost. Předpokladem je tedy závislost modelu horizontální porosity P_S potažmo P_G , který v sobě zahrnuje částečně vliv vazby, a tepelné jímavosti b .

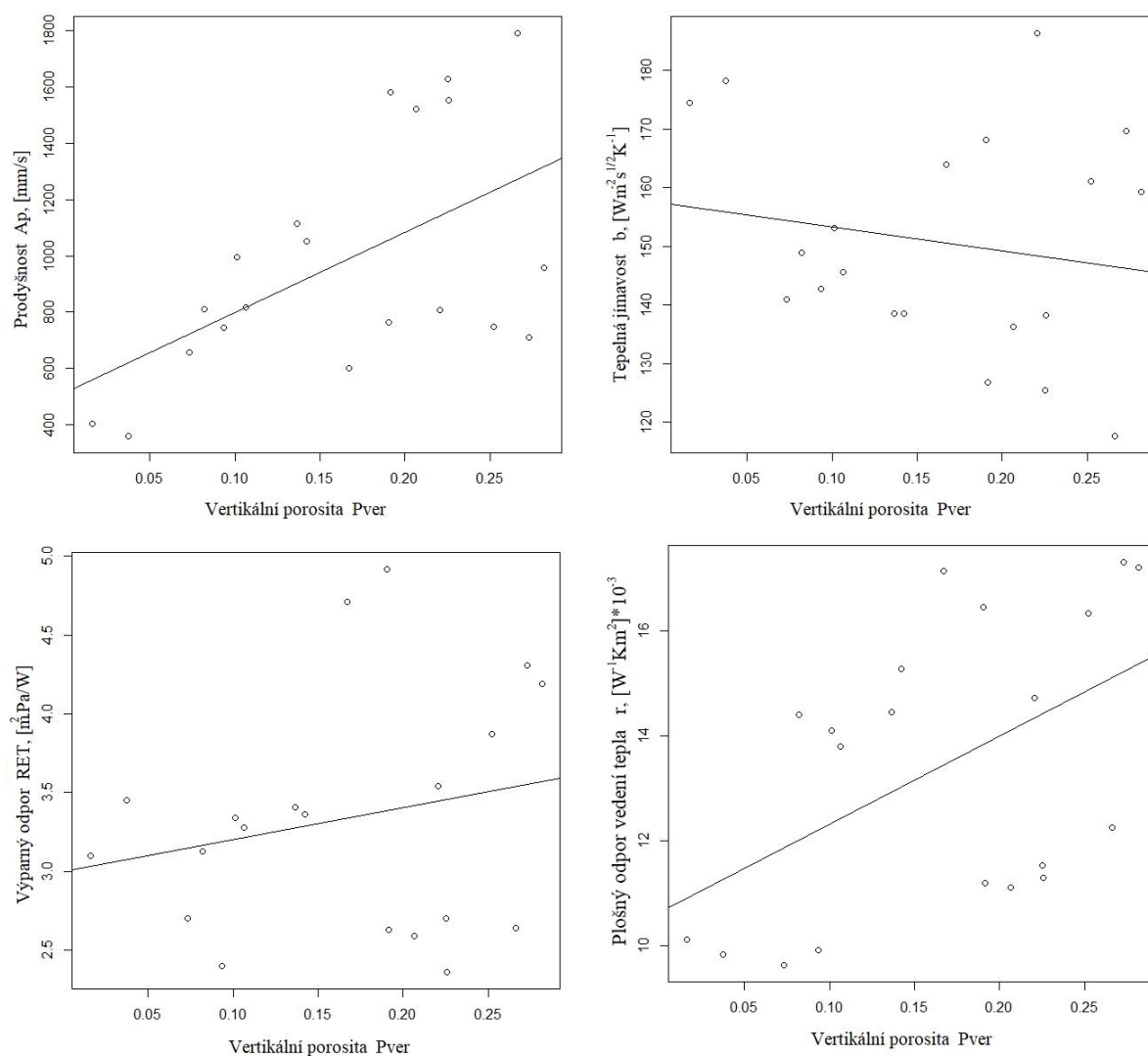
Jeden ze zavedených předpokladů vychází z práce autorů Lee, a Obendorf [7], kteří popsali závislost absolutní paro-propustnosti na tloušťce (-0,86). Společně s tloušťkou uvedli jako rozhodující faktor plošné zakrytí textilie.

V neposlední řadě byl několika autory (Matusiak a Sikorski [6] a Vimal a Murugan [19]) prokázán vliv tloušťky tkaniny na tepelný odpor (+0,89) [6]. Vazby hustě provázané a bez flotáže jako například vazba plátňová mají tloušťku menší než vazby volnější. Čím provázanější vazba, tím menší tloušťka a klesá i tepelný odpor. Můžeme zde tedy opět předpokládat vliv vertikální porosity P_{ver} a faktorů FYF/CFF na tepelný odpor r . V rámci experimentu je pozorována také samotná tloušťka, jakožto ovlivňující faktor komfortních vlastností.

Z tabulky 6 lze vyčíst převážně slabé/žádné korelace mezi jednotlivými modely a komfortními vlastnostmi. Řada prací potvrdila, že se vyskytuje silná korelace mezi $P_{ver}/FYF/CFF$ a prodyšností, avšak tabulka 6 ukazuje neuspokojivé výsledky, kde tyto modely mají korelační koeficienty o velikosti (+0,54) a (+0,53); (-0,53).

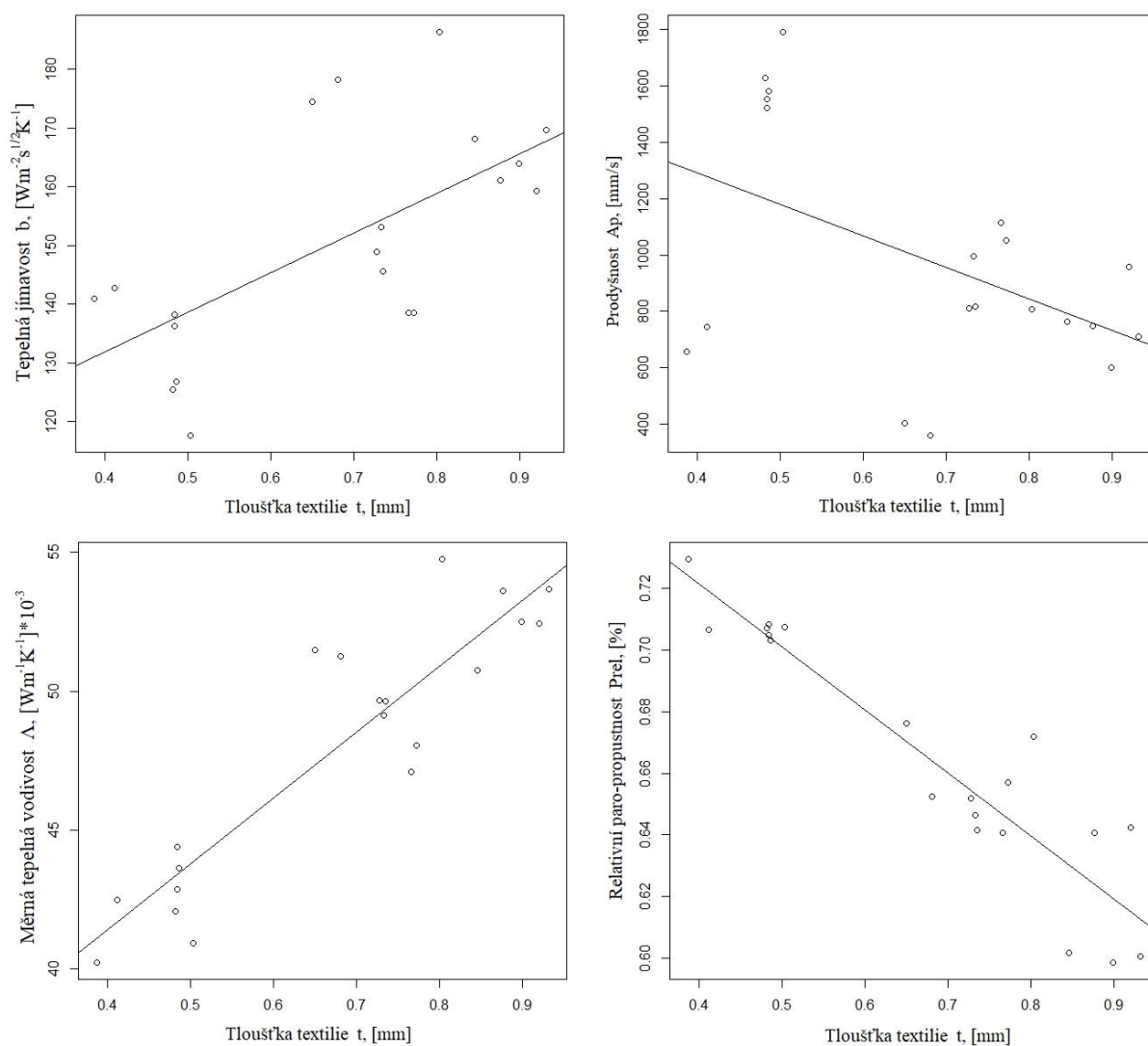
Nepotvrdil se ani druhý předpoklad o silné korelaci mezi horizontální porositou P_S potažmo P_G a tepelnou jímavostí b .

Zavedením korelačního diagramu pro model vertikální porosity P_{ver} a sledovaných komfortních vlastností je zjištěna velká variabilita dat. Data v rámci jednotlivých souborů mají tendenci se shlukovat a negativně ovlivňovat korelace výsledných dat. To může být částečně způsobeno rozdílnou dostavou, jemností nití, a nerovnoměrnou dostavou nití u odvozených plátňových vazeb. (viz Obrázek 23).

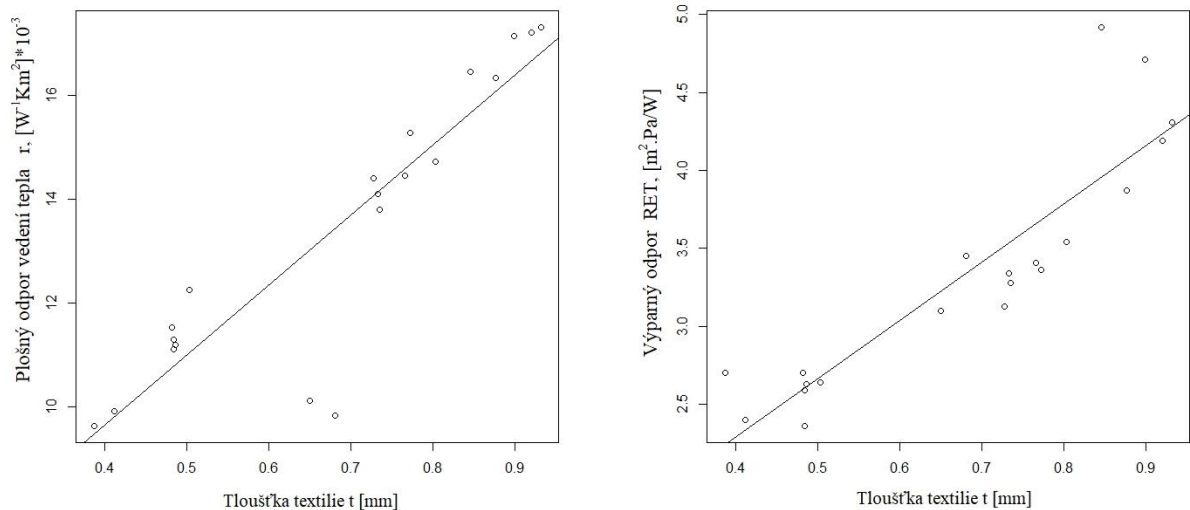


Obrázek 23 Korelační diagramy pro P_{ver}

Pro úplnost experimentu byla mezi sledované proměnné zařazena i tloušťka textilie. Zde se potvrdila práce Matusiakové[6], která označila tloušťku textilie jako jednoznačně nejdůležitější faktor pro plošný odpor vedení tepla, který má korelační koeficient (+0,91). Dále tepelná jímavost s korelačním koeficientem (+0,65), měrná tepelná vodivost (+0,88), výparný odpor (0,91) a relativní paro-propustnost (-0,90). Viz obrázek 24 a 25.



Obrázek 24 Korelační diagramy pro t



Obrázek 25 Korelační diagramy pro t

Jedná se tedy o první nezávislou proměnou, která má silné korelační koeficienty s komfortními vlastnostmi bez ohledu na původní soubor textilie.

8.2. Korelace pro jednotlivé soubory a diskuze výsledků

Z důvodu zjevného shlukování dat, které nepříznivě ovlivňují výslednou korelaci a z důvodu nenaplnění předpokladů z předchozí kapitoly je vhodné zavedení korelačních koeficientů pro jednotlivé soubory zvlášť.

Dalším důvodem pro hodnocení jednotlivých komfortních vlastností na základě testovaného souboru je rozdílnost použitého materiálu a rozdílné jemnosti nití, které mohou ovlivňovat výsledné komfortní vlastnosti. Autoři zmiňovaných prací ve svých experimentech ve většině případů pracují s tkaninami ze stejného materiálu a stejné jemnosti. V souboru 3 směšové tkaniny PP/CO se navíc jako v jediném vyskytují odvozené plátňové vazby panama a ryps, jejichž možný vliv je dále rozveden v následující kapitole.

Pro výpočet Pearsonova korelačního koeficientu byl použit freeware software R© The R Foundation. Pro korelační koeficienty je vypočítán test významnosti s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$. Významné korelační koeficienty jsou v tabulkách 7, 8 a 9 vyznačeny zeleně.

Tabulka 7 Výsledky korelací pro soubor PL1

Soubor PL1	P_S	P_{ver}	P_W	P_G	t	CFF	FYF
Relativní paro-propustnost [%]	-0,67	-0,66	-0,5	-0,58	-0,82	0,55	-0,55
Výparný odpor [m ² .Pa/W],	0,12	0,43	0	0,55	-0,75	-0,43	0,43
Prodyšnost [mm/s]	0,67	0,95	0,94	0,92	0,96	-0,96	0,96
Měrná tepelná vodivost [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	-0,46	-0,93	-0,86	-0,90	-0,92	0,92	-0,92
Tepelná jímavost [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	-0,59	-0,95	-0,85	-0,80	-0,98	0,84	-0,84
Plošný odpor vedení tepla [W ⁻¹ Km ²]	0,67	0,92	0,96	0,81	0,95	-0,85	0,85

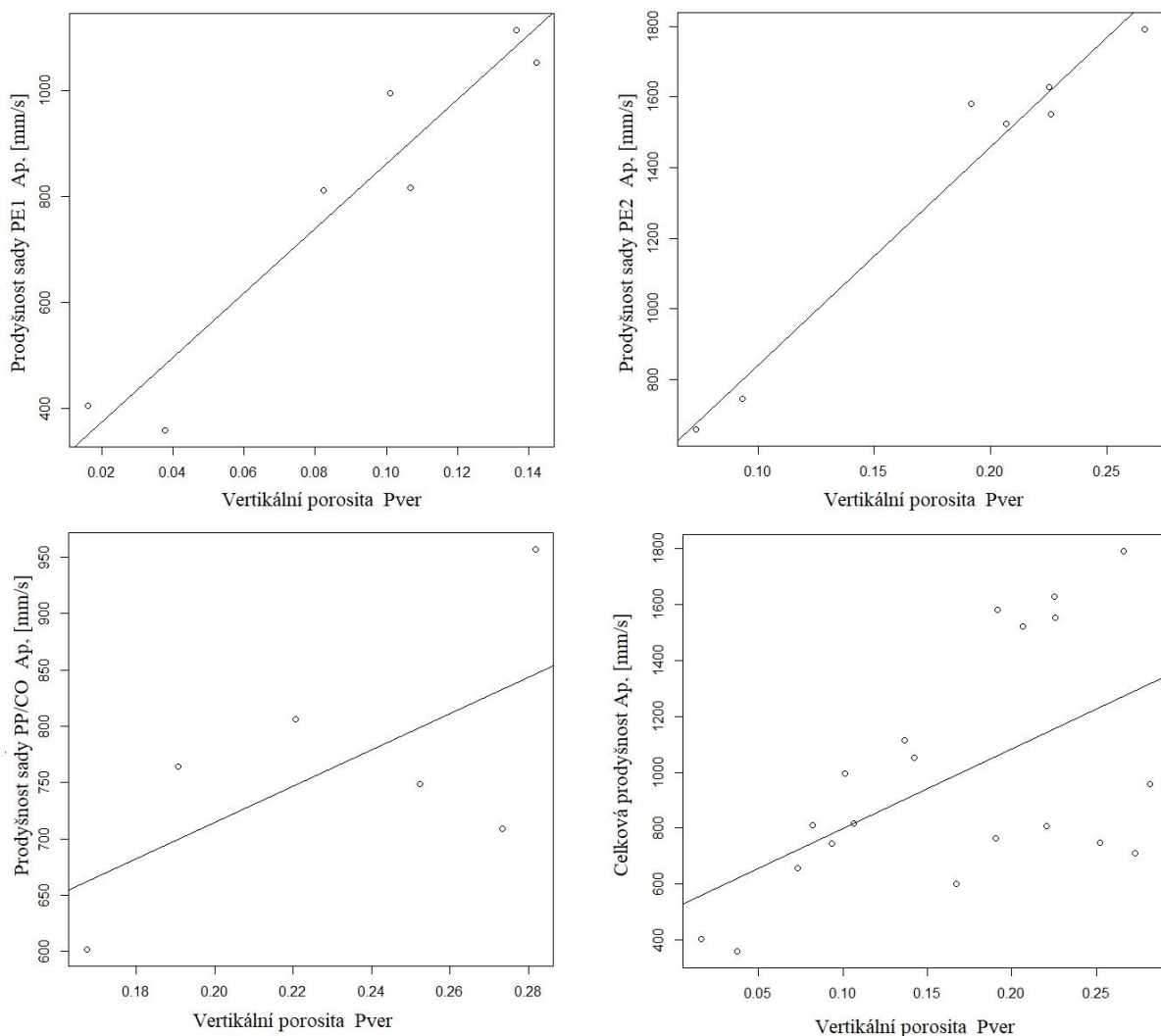
Tabulka 8 Výsledky korelací pro soubor PL2

Soubor PL2	P_S	P_{ver}	P_W	P_G	t	CFF	FYF
Relativní paro- propustnost [%]	-0,92	-0,64	-0,59	-0,45	-0,64	0,56	-0,56
Výparný odpor [m ² .Pa/W],	0,82	0,76	0,69	0,72	-0,10	-0,80	0,80
Prodyšnost [mm/s]	0,77	0,98	0,93	0,89	0,91	-0,88	0,88
Měrná tepelná vodivost [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	0,44	0,27	0,23	0	0,27	-0,11	0,11
Tepelná jímavost [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	-0,56	-0,80	-0,81	-0,93	-0,65	0,92	-0,92
Plošný odpor vedení tepla [W ⁻¹ Km ²]	0,80	0,98	0,96	0,93	0,96	-0,87	0,87

Tabulka 9 Výsledky korelací pro soubor PP/CO 3

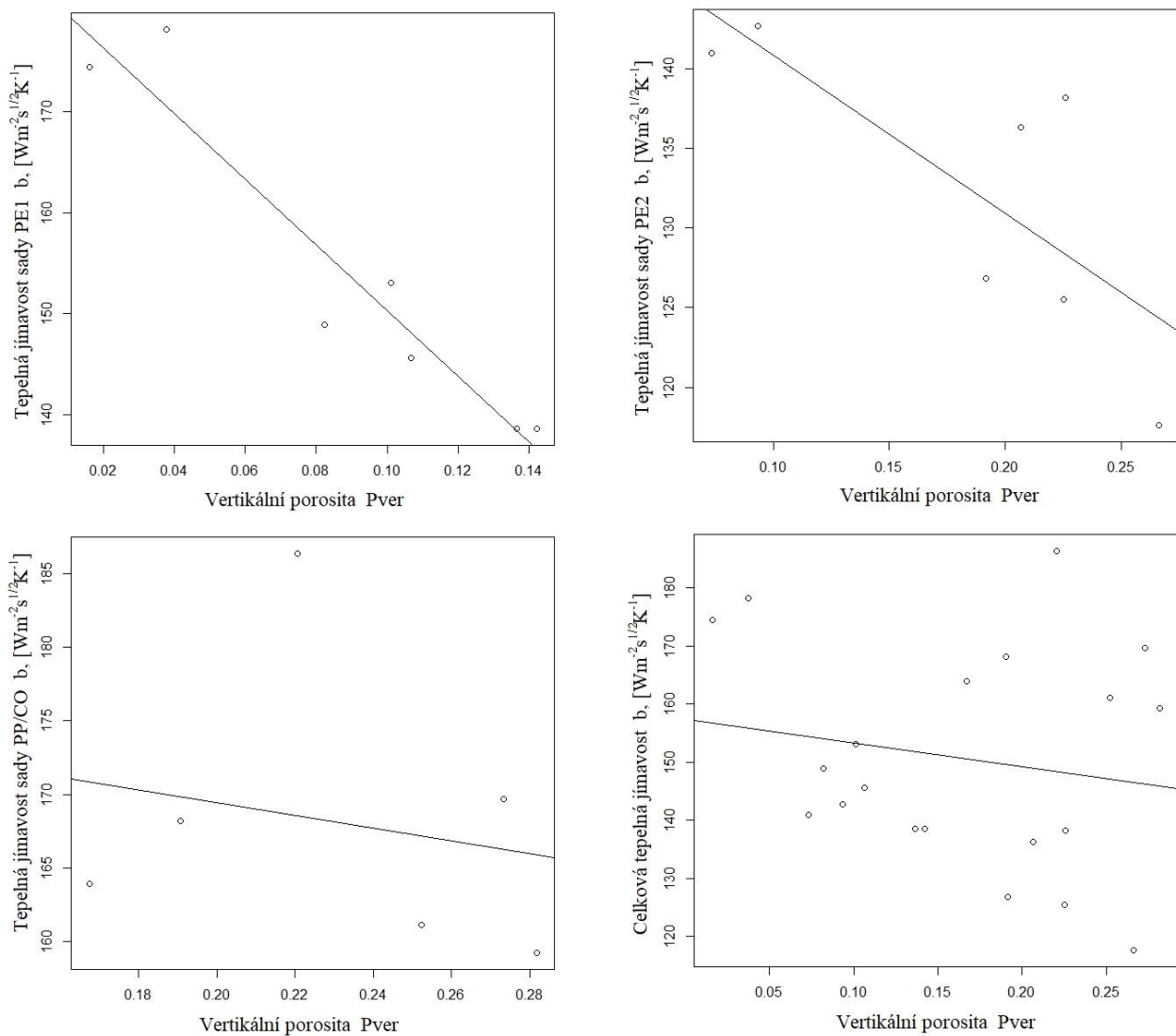
SOUBOR3(PP/CO)	P_S	P_{ver}	P_W	P_G	t	CFF	FYF
Relativní paro- propustnost [%]	0,01	0,33	-0,54	0,63	-0,48	-0,63	0,63
Výparný odpor [m ² .Pa/W]	0,07	-0,48	0,35	-0,45	0,22	0,45	-0,45
Prodyšnost [mm/s]	0,48	0,63	0	0,78	-0,09	-0,78	0,78
Měrná tepelná vodivost [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	-0,10	0,36	0	0,03	0,04	-0,03	0,03
Tepelná jímavost [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	-0,43	-0,20	-0,22	0,16	-0,35	-0,16	0,16
Plošný odpor vedení tepla [W ⁻¹ Km ²]	0,54	0,20	0,72	-0,49	0,77	0,49	-0,49

Z tabulek 7, 8 a 9 vyplývají rozdílné korelační koeficienty než ty, které vyšly při výpočtu bez zohlednění, z jakého souboru měřený vzorek pochází (viz tabulka 6). Pouhým porovnáním těchto tří tabulek lze vyvodit nejsilnější korelace, vyskytující se ve všech třech souborech. Z hlediska horizontální a vertikální porozity jsou to pak tyto komfortní vlastnosti: prodyšnost, tepelná jímavost a plošný odpor vedení tepla. Zde vzorky ze souboru 1 a 2 vykazují podobné korelační koeficienty, avšak vzorky ze třetího souboru mají korelační koeficienty menší. Je zřejmé, že soubory 1 a 2 ze stejného materiálu jeví obdobné korelace, zatímco ve třetím souboru se nenachází jediný statisticky významný korelační koeficient. Vysvětlením zde může být použití rozdílného materiálu, či dostavy a jemnosti nití společně s menším množstvím vzorků v souboru, kde ve směrovém souboru je vzorků 6 a u nesměrových 7. Z tohoto důvodu, je tento soubor z dalšího vyhodnocování regresní analýzou vynechán. Následující korelační diagramy zachycují rozdílné korelace mezi soubory mezi sledovanou nezávislou proměnnou P_{ver} a jednotlivými komfortními vlastnostmi.



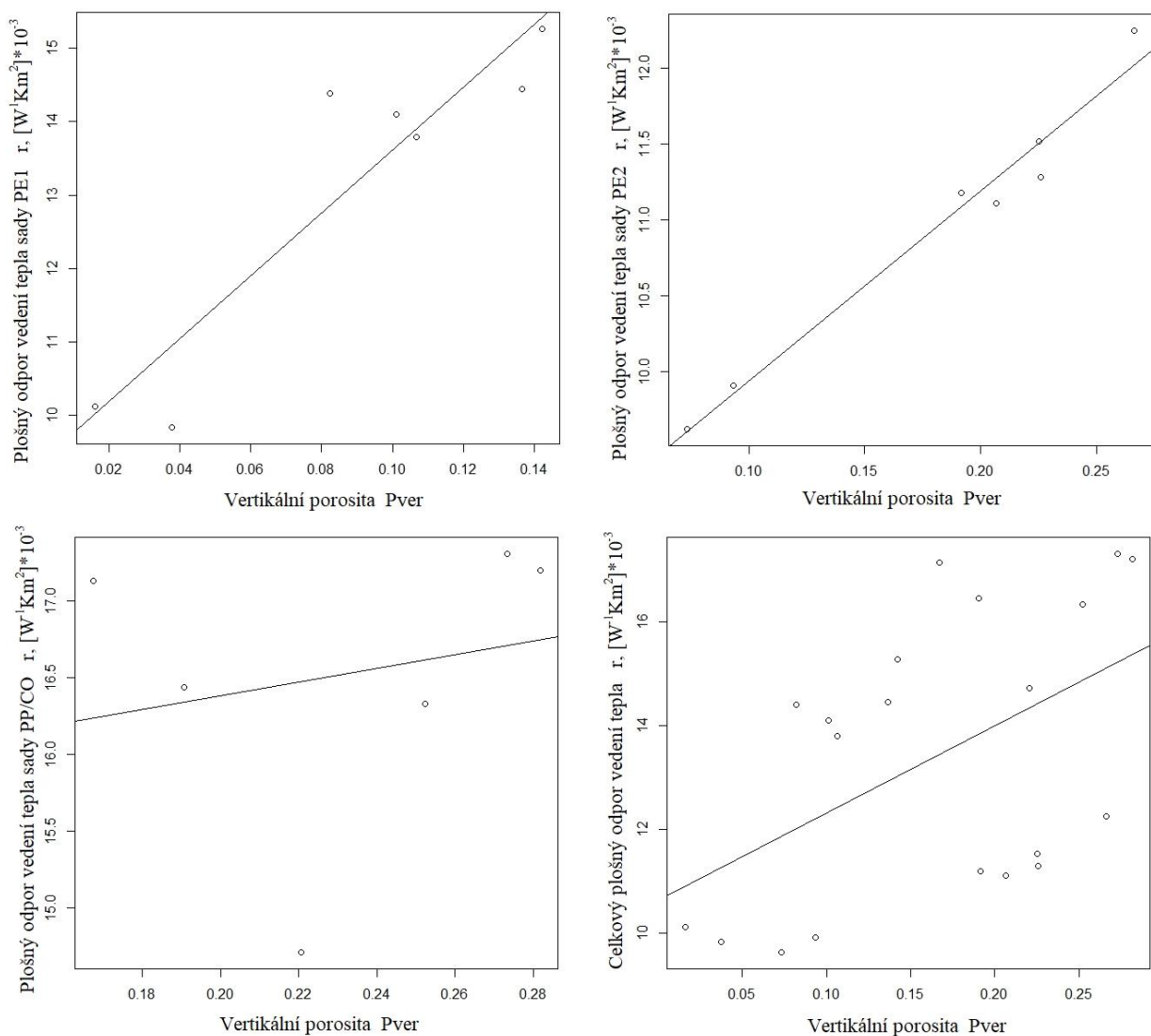
Obrázek 26 Porovnání korelací jednotlivých souborů mezi P_{ver} a A_p

Z obrázku 26 je patrné, že je zde bezesporu velice silná korelace mezi P_{ver} a prodyšností v prvním a druhém souboru, které jsou ze stejného materiálu a liší se pouze dostavou a jemností. Naopak je zde viditelné, že soubor ze směsi bavlny a polypropylenu má velice velkou variabilitu výsledků a výsledná korelace je slabší. Což potvrzuje předpoklad, že právě Soubor 3 z materiálové směsi bavlny a polypropylenu neblaze ovlivňuje celkovou korelaci při zanedbání souborového rozdělení měřeného vzorku.



Obrázek 27 Porovnání korelací jednotlivých souborů mezi P_{ver} a b

Stejně tak jako u porovnávání P_{ver} a prodyšnosti je možné dojít ke stejnému závěru pouhým porovnáním korelačních diagramů mezi soubory na obrázku 27. Na obrázku 27 je znázorněn stejný trend pro P_{ver} a tepelnou jímavost pro jednotlivé soubory jako u obrázku 26 pro prodyšnost. Opět je zde potvrzen předpoklad o ovlivnění celkové korelace třetím souborem tkanin z rozdílného materiálu.



Obrázek 28 Porovnání korelaci jednotlivých souborů mezi P_{ver} a r

Taktéž při porovnávání korelačních diagramů pro celkový plošný odpor vedení tepla dojdeme ke stejnému závěru. A to že korelace celku je negativně ovlivněna především výsledky třetího souboru z rozdílného materiálu. Stejný trend v korelačních diagramech lze pozorovat také u horizontální porosity P_G (viz přílohy 21-23)

Z obrázků 26, 27 a 28 je zjevné, že ve třetím souboru je prokazatelně slabší korelace s vychýlenými hodnotami. Z tohoto důvodu je vhodné zavést diskuzi ohledně vlivu odvozených plátňových vazeb panama 3/3 a ryps 3/3. Tento jev již popsala Havlová [15] ve svém odborném příspěvku, kde zmiňuje, že distribuce velikosti horizontálních pórů má významný vliv na prodyšnost tkaniny. Pokud dojde ve tkanině k nerovnoměrnému rozložení dostavy nití, vznikají extrémně malé a extrémně velké póry. Prodyšnost takovéto tkaniny

bude větší, než prodyšnost tkaniny, která má póry rozloženy rovnoměrně. Ačkoliv teoretická vertikální/horizontální porosita zůstává dle výpočtů neměnná, výsledné vlastnosti textilie se díky nerovnoměrnosti pórů mění. Zde zavedla domněnku, že vertikální a horizontální póry se vzájemně ovlivňují. Dále uvedla, že u tkanin s vyšší dostavou nití může být vliv vertikální porosity nižší z důvodu vyšší těsnosti. Dalším důležitým faktorem pro zbývající komfortní vlastnosti je rozdílnost materiálu, kterým je směšová tkanina a rozdíl v jemnosti nití. Z těchto důvodů jsou následně uvažovány pouze první dva soubory ze stejného materiálu pro regresní analýzu a predikci komfortních vlastností.

8.3. Vyhodnocení souhrnných výsledků

V případě vyloučení třetího souboru z rozdílného materiálu je možné potvrdit předpokládané trendy závislostí z kapitoly 8.1.

Prodyšnost A_p

Z tabulky 7, 8 a 9 vyplývá, že nejsilnější korelací mezi prodyšností má nezávislá proměnná vertikální porosity P_{ver} (+0,95; +0,98). Velice podobných výsledků také dosahují koeficienty vazby FYF a CFF . Dá se předpokládat, že za podobnými výsledky stojí podobný princip propočtů modelů, které jsou koncipovány na principu neprovázaných úseků nití. Statisticky významnou korelaci (+0,94; +0,93) jeví také model hustotní porosity P_w v obou souborech. U plošného zakrytí P_S se neprokázal vliv ani v jednom souboru tkanin, zatímco modifikovaný model plošného zakrytí P_G projevuje silnou korelaci (+0,92; +0,89) v obou souborech. Stejně tak tloušťka tkaniny t se jeví jako rozhodující faktor pro první a druhý soubor s korelacemi (+0,96; +0,91).

Tepelná jímavost b

V případě tepelné jímavosti je dle tabulek 7, 8 a 9 největší korelace s flotážním koeficientem FYF (-0,84; -0,92) a koeficientem provázanosti vazby CFF (+0,84; +0,92). Tento jev opět již poznamenala Matusiak [6] ve své práci, kdy ho odůvodnila větší těsností nití. Snižuje se tedy tloušťka, která zde hraje značnou roli. Nepatrně hůře zde obstál model vertikální porosity P_{ver} (-0,95; -0,80) a to zejména kvůli menší korelaci v druhém souboru. Jako jediný má kladnou korelaci faktor pevnosti vazby CFF . Korelace s modelem hustotní porosity P_w zde nabývá také záporných hodnot (-0,85; -0,81).

Samotná tloušťka tkaniny t se zde prokazuje také jako ovlivňující parametr tepelné jímavosti, jak již publikovala Matusiak [6], zde je však opět nutné podotknout, že se statisticky významná korelace potvrdila pouze v prvním souboru (-0,98). Horizontální porosita dle modelu P_G má o poznání silnější vliv (-0,80; -0,93) na tepelnou jímavost nežli pouhá porosita na principu plošného zakrytí P_S , která svůj vliv na tepelnou jímavost neprokázala v žádném souboru. Potvrdil se tak pouze předpoklad silné korelace mezi modifikovaným plošným zakrytím tedy modelem porosity P_G a tepelné jímavosti b .

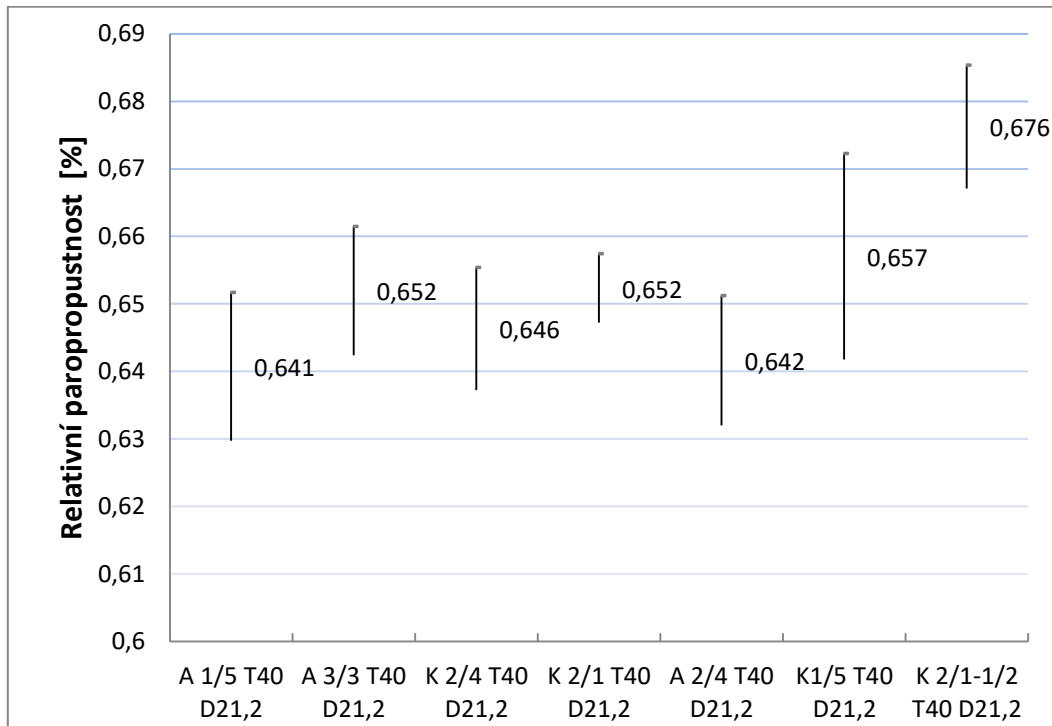
Plošný odpor vedení tepla r

V předchozích tabulkách 7, 8 a 9 se opět potvrdilo tvrzení Matusiak [6], že tloušťka je hlavním ovlivňujícím faktorem pro odpor vedení tepla s korelacemi (+0,95; +0,96) v prvních dvou souborech. Značný vliv má faktor vertikální porosity P_{ver} (+0,92; + 0,98) a koeficient FYF společně s koeficientem CFF . Byl tak potvrzen předpoklad o závislosti plošného tepelného odporu r a délkou/počtem flotáží ve střídě vazby společně s vertikální porositou P_{ver} . Zde je možné odůvodnit tento vliv právě vertikálními póry vznikajícími pod flotáží a přidávání tak do tloušťky textilie. Z toho důvodu má velký vliv i faktor pevnosti vazby CFF , neboť čím je větší CFF , tím je větší provázání a tkanina má menší tloušťku. Ze stejného důvodu (více materiálu ve tkanině) vychází pozitivně i vliv porosity na základě hustot P_W korelacemi (+0,96; +0,96). Korelace horizontálních porosit P_S a P_G vycházejí v prvních dvou souborech kladné. Opět model zahrnující vliv vazby tkaniny P_G prokazuje silnější závislosti a na rozdíl od pouhého plošného zakrytí vykazuje statisticky významné korelační koeficienty (+0,81; +0,93) v obou souborech.

Jakožto jediný parametr, který má přímý vliv na komfortní vlastnosti bez ohledu na původ soubor dat, se projevila tloušťka (+0,95; +0,96) a potvrdilo se tak tvrzení předchozích autorů o zásadním vlivu tloušťky na termo-izolační vlastnosti.

Relativní paro-propustnost $P-rel$, výparný odpor RET a měrná tepelná vodivost λ

U zbylých komfortních vlastností se z důvodu překrývání intervalů spolehlivosti středních hodnot experimentálních dat nepodařil prokázat vliv žádného z uvedených faktorů, jak je možno vypořádat z následujícího obrázku 29.



Obrázek 29 5% Interval spolehlivosti střední hodnoty v souboru PL1 pro paro-propustnost

Zbylé intervaly spolehlivosti je možno nalézt v příloze (viz přílohy 23-32).

Výsledná data proto nebylo možné následně vyhodnotit z hlediska vztahu k porositě. Nebylo tak možné potvrdit předpoklad o závislosti tloušťky na absolutní paro-propustnosti, kterou popsal Lee, a Obendorf [7]. Vyskytuje se zde prokazatelná korelace mezi tloušťkou a relativní paro-propustností v prvním souboru, nicméně z důvodu překrývajících se intervalů spolehlivosti středních hodnot na 5% hladině významnosti není možné z těchto výsledků vyvodit závěr.

9. Predikce komfortních vlastností

Pro predikci komfortních vlastností byly vždy vybrány ty modely porosity a koeficienty vazby, které měly prokazatelné korelace v obou souborech ze stejného materiálu PL1 a PL2.

V prvním kroku je provedena vícenásobná lineární regresní analýza pro všechny faktory současně. Následně je provedeno porovnání jednotlivých faktorů ze statistického hlediska pro vícenásobnou lineární regresní analýzu a diskuse jejich vlivu. V posledním kroku jsou výsledky porovnány a je rozhodnuto o vhodnosti použitého modelu pro predikci.

9.1. Predikce prodyšnosti A_p

Prodyšnost A_p má zjevné korelace se všemi sledovanými parametry krom plošného zakrytí P_S . Zde je nutné vzít v potaz, že byla potvrzena silná korelace (-1) [20] mezi koeficienty CFF a FYF , proto je v regresní analýze zahrnut pouze jeden - FYF . Při vytvoření vícenásobné lineární regresní analýzy pro nezávislé proměnné P_{ver} , P_G , P_W , FYF a t je koeficient determinace $R^2 = 0,98$. Obecný tvar regresní rovnice vypadá následovně:

$$A_p = a_1 + a_2 P_{ver} + a_3 P_W + a_4 P_G - a_5 FYF - a_6 t \quad (37)$$

kde a_1 až a_6 jsou regresní koeficienty.

Tabulka 10 Statistika pro regresní analýzu A_p se všemi proměnnými

	Koeficient	Chyba stř. hodnoty	t stat	p - hodnota
Abs. hodnota	-2659,91	5458,028	-0,48734	0,639091
P_{ver}	4163,414	1761,436	2,363647	0,045697
P_W	810,6171	1453,339	0,557762	0,592268
P_G	5121,295	11184,07	0,45791	0,659198
FYF	129,3975	403,2909	0,320854	0,756542
t	829,4334	2446,022	0,339095	0,743268

Tabulka 10 ukazuje odhady regresních koeficientů vícenásobné lineární regrese pro zmíněné proměnné. Sloupec koeficient udává velikost odhadu regresních koeficientů pro jednotlivé proměnné ve výsledné regresní rovnici. Chyba střední hodnoty udává směrodatnou odchylku daného regresního koeficientu. t-statistika umožňuje ověřit hypotézu, zda normální rozdělení, z něhož pochází určitý náhodný výběr, má určitou konkrétní střední hodnotu,

příčemž rozptyl je neznámý a p-hodnota lze definovat jako nejmenší hladina významnosti testu, při níž na daných datech ještě zamítneme nulovou hypotézu (H_0 : proměnná nemá statisticky prokazatelný vliv na komfortní vlastnost).

Z tabulky 10 je zjevné, že regresní koeficienty pro proměnné P_G , P_W , FYF , a t , mají p-hodnotu nad 0,05. To znamená, že tyto regresní koeficienty jsou statisticky nevýznamné a tudíž, že vliv uvedených proměnných je rovněž nevýznamný a je proto možné je z rovnice vyloučit pro neprokázaný vliv na prodyšnost v rámci rovnice. Na základě tohoto zjištění je na místě uvést upravený model pro predikci prodyšnosti A_p . Vertikální model P_{ver} , na rozdíl od koeficientu FYF , který není statisticky významný, kvantitativně popisuje rozměrové charakteristiky pórů vytvořených mezi nitěmi ve vertikálním směru, což může být velmi užitečné při navrhování tkanin jako např. filtry.

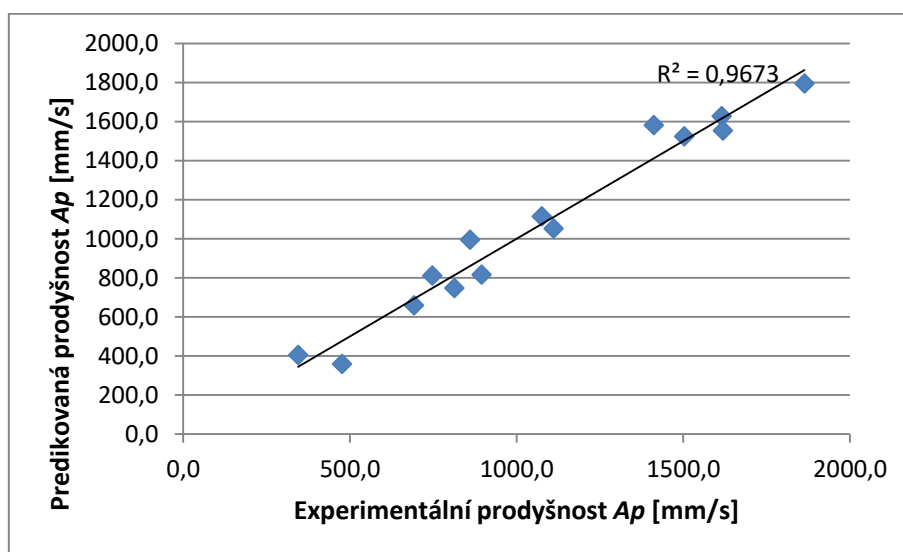
Výsledná rovnice pro proměnné P_{ver} s koeficientem determinace $R^2 = 0,97$ je následující:

$$A_p = 247,43 + 6073,1P_{ver} \quad (38)$$

s regresní analýzou v Tabulce 11 a přesnost regrese na Obrázku 30.

Tabulka 11 Statistika pro regresní analýzu A_p s P_{ver}

	Koeficient	Chyba stř. hodnoty	t stat	p - hodnota
Abs. hodnota	247,4343	49,87375	4,961213	0,00033
P_{ver}	6073,097	322,4429	18,83465	2,81E-10



Obrázek 30 Přesnost regresní analýzy A_p dle P_{ver}

Je tedy možné zavést domněnku, že model P_{ver} je sám o sobě dostačující pro predikci prodyšnosti A_p s koeficientem determinace $R^2 = 0,97$, při zařazení více proměnných se prokazuje jejich statistická nevýznamnost v rámci regresní analýzy.

Přesnost predikované prodyšnosti A_p je možné ověřit dosazením do rovnice (38) z vypočítaných hodnot uvedených v tabulce 5. Výsledné údaje uvádí následující tabulka:

Tabulka 12 Relativní odchylka naměřených a predikovaných hodnot A_p dle modelu (38)

	Tkanina	Predikované hodnoty A_p [mm/s]	Experimentální hodnoty A_p [mm/s]	Relativní Odchylka [%]
Soubor 1 PL	A 1/5 T40 D21,2	1076,1	1114,0	3%
	A 2/4 T40 D21,2	895,4	815,9	-10%
	A 3/3 T40 D21,2	747,1	811,0	8%
	K 1/5 Z T40 D21,2	1110,7	1052,0	-6%
	K 2/4 Z T40 D21,2	860,9	994,6	13%
	K $\frac{2}{1}$ / $\frac{1}{2}$ Z T40 D21,2	344,6	404,4	15%
	K 2/1 Z T40 D21,2	476,3	358,4	-33%
Soubor 2 PL	K 2/4 Z T16,5 D31,8	1411,7	1580,0	11%
	K 1/5 Z T16,5 D31,8	1615,1	1627,0	1%
	A 1/5 T16,5 D31,8	1863,6	1793,0	-4%
	K 2/1 Z T16,5 D31,8	692,3	658,1	-5%
	K $\frac{2}{1}$ / $\frac{1}{2}$ Z T16,5 D31,8	813,8	746,0	-9%
	A 2/4 T16,5 D31,8	1618,8	1552,0	-4%
	A 3/3 T16,5 D31,8	1502,9	1523,0	1%

Model (38), který je založen na principu vertikální porosity P_{ver} , by platil pouze pro tkaniny s konstrukčními parametry v rozmezí, v jakých se vyskytují zkoumané vzorky. Tudíž tkaniny ze staplové příze s dostavou nití od 21 do 32/cm, jemností od 16,5tex do 40tex a pouze v rámci tkanin, ze stejného materiálu, v tomto případě polyesteru. Z tabulky 12 lze vyčíst, že nejproblematictější z hlediska predikce prodyšnosti se jeví vazba K2/1, která má v prvním souboru nejvyšší relativní odchylku a nadhodnocuje tak prodyšnost vazby K 2/1 o 33%. Z tabulky 12 lze také pozorovat, že vazby s kratší flotáží/více provázané (K $\frac{2}{1}$ / $\frac{1}{2}$ a K 2/1) mají větší relativní odchylku, nežli vazby s delší flotáží (A 1/5 a K 1/5)

9.2. Predikce tepelné jímavosti b

Tepelná jímavost b má prokazatelné korelace v obou soborech mezi proměnnými P_{ver} , P_G , P_W a FYF (viz tabulky 7 a 8) Koeficient CFF je opět vynechán. Rovnice regresní přímky má koeficient determinace $R^2 = 0,94$. Obecný tvar regresní rovnice vypadá následovně:

$$b = a_1 - a_2 P_{ver} - a_3 P_G + a_4 P_W + a_5 FYF \quad (39)$$

kde a_1 až a_5 jsou regresní koeficienty. Odhady regresních koeficientů jsou uvedeny v Tabulce 13.

Tabulka 13 Statistika pro regresní analýzu b se všemi významnými proměnnými

	Koeficient	Chyba stř. hodnoty	t stat	p - hodnota
Abs. hodnota	468,8172	58,50448	8,013356	2,18E-05
P_{ver}	30,60436	48,35084	0,632964	0,542503
P_W	-317,472	77,57388	-4,09252	0,002707
P_G	-157,809	71,79767	-2,19797	0,055524
FYF	-14,2666	7,61709	-1,87298	0,093852

Stejně tak jako u prodyšnosti, je možné pozorovat p-hodnoty vyšší jak hladina významnosti $\alpha=0,05$ u proměnných FYF , P_G a P_{ver} . V modelu lze tedy brát v potaz pouze porositu P_W .

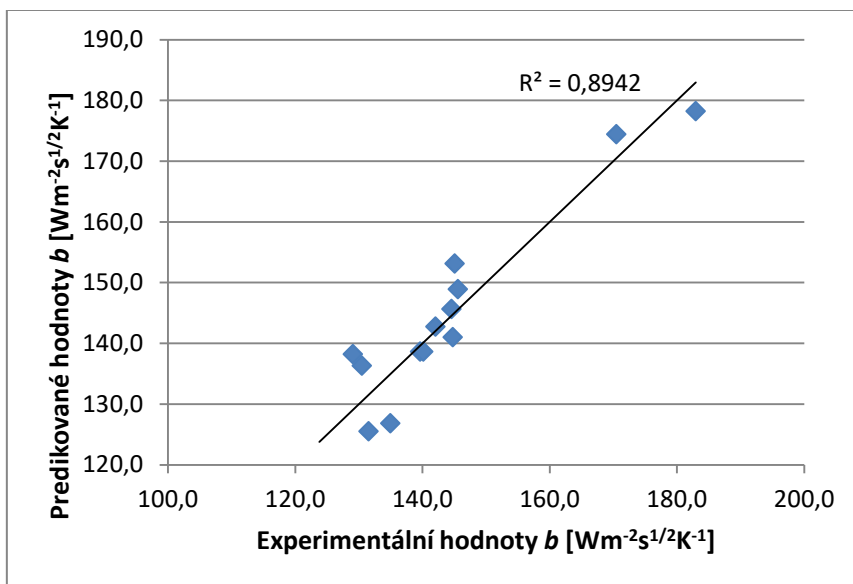
Výsledný vztah pro predikci tepelné jímavosti b na základě P_W s koeficientem determinace $R^2 = 0,89$ vypadá následovně:

$$b = 500 - 440P_W \quad (40)$$

Výsledky regresní analýzy jsou v Tabulce 14 a přesnost regrese na Obrázku 31.

Tabulka 14 Statistika pro regresní analýzu b s P_w

	Koeficient	Chyba stř. hodnoty	t stat	p hodnota
Abs. hodnota	500,051	35,46614	14,09939	7,87E-09
P_w	-440,914	43,7865	-10,0696	3,32E-07



Obrázek 31 Přesnost regresní analýzy b dle P_w

V případě tepelné jímavosti je možné říct, že pro její úspěšnou predikci je vhodné použít model postavený na podílu měrných hmotností P_w , který v sobě zahrnuje tloušťku. Pro hodnoty experimentální a predikované jsou výsledky uvedeny v Tabulce 15.

Tabulka 15 Relativní odchylka naměřených a predikovaných hodnot b dle modelu (40)

	Tkanina	Predikované hodnoty b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	Experimentální hodnoty b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	Relativní Odchylka [%]
Soubor 1 PL	A 1/5 T40 D21,2	139,7	138,6	-1%
	A 2/4 T40 D21,2	144,6	145,6	1%
	A 3/3 T40 D21,2	145,6	148,9	2%
	K1/5 Z T40 D21,2	140,2	138,6	-1%
	K 2/4 Z T40 D21,2	145,1	153,1	5%
	K $\frac{21}{12}$ Z T40 D21,2	170,5	174,4	2%
	K 2/1 Z T40 D21,2	183,0	178,2	-3%
Soubor 2 PL	K 2/4 Z T16,5 D31,8	135,0	126,8	-6%
	K 1/5 Z T16,5 D31,8	131,6	125,5	-5%
	A 1/5 T16,5 D31,8	123,8	117,6	-5%
	K 2/1 Z T16,5 D31,8	144,8	141,0	-3%
	K $\frac{21}{12}$ Z T16,5 D21,2	142,1	142,7	0%
	A 2/4 T16,5 D31,8	129,1	138,2	7%
	A 3/3 T16,5 D31,8	130,5	136,3	4%

Model (40) pro predikci tepelné jímavosti stejně tak jako model pro predikci prodyšnosti (38), je aplikovatelný pouze pro tkaniny s konstrukčními parametry v rozmezí, v jakých se vyskytují zkoumané vzorky v řízeném experimentu. Při pohledu na tabulku 15 nelze jednoznačně říci, která vazba je z hlediska predikce nejproblematictější. Z tabulky 15 je možné pozorovat, že relativní odchylka je větší v případě dat z druhého souboru PL 2, což může být způsobeno rozdílnou dostavou a jemností nití. Největší tepelnou jímavost projevily vazby K $\frac{21}{12}$ Z a K 2/1 Z, které jsou ze souboru nejvíce provázané a tím pádem nejtenčí. Naopak vazby s větší tloušťkou a menší provázaností K 1/5 Z a A 1/5 prokazují v souborech nejmenší tepelnou jímavost a model je správně predikuje.

9.3. Predikce plošného odporu vedení tepla r

Stejně jako v případě prodyšnosti Ap má i plošný odpor vedení tepla r zjevné korelace se všemi sledovanými parametry krom plošného zakrytí P_S . Koeficient CFR je opět vynechán z regresní rovnice. Při vytvoření regresního modelu pro nezávislé proměnné P_{ver} , P_G , P_W , FYF a t je koeficientem determinace $R^2 = 0,98$. Obecný tvar regresní rovnice vypadá následovně:

$$r = a_1 + a_2P_{ver} + a_3P_W + a_4P_G - a_5FYF - a_6t \quad (41)$$

kde a_1 až a_6 jsou regresní koeficienty. Výsledné odhady regresních koeficientů jsou uvedeny v tabulce 16.

Tabulka 15 Statistika pro regresní analýzu r se všemi významnými proměnnými

	Koeficient	Chyba stř. hodnoty	t stat	p - hodnota
Abs. hodnota	-63,077	21,0416	-2,99773	0,017131
P_{ver}	-16,293	6,790627	-2,39934	0,043221
P_W	48,87179	5,602863	8,722646	2,33E-05
P_G	63,52363	43,11642	1,473305	0,048892
FYF	-1,53024	1,554753	-0,98423	0,353828
t	26,94959	9,429819	2,857912	0,091219

Z výsledků uvedených v tabulce 16 je zřejmé, že statisticky významné jsou regresní koeficienty u proměnných P_{ver} , P_G a P_W . V tomto případě je nutné zmínit, že model porosity P_{ver} je koncipován na vzniku flotáže při proudění vzduchu tkaninou. Samotná podstata měření plošného odporu vedení tepla vznik tohoto póru vylučuje, neboť měření spočívá, zjednodušeně řečeno, na přitlačení tkaniny mezi dvě destičky, bez jakéhokoliv proudění vzduchu. Proto je model porosity P_{ver} z regresní analýzy pro predikci plošného odporu vedení tepla vyloučen.

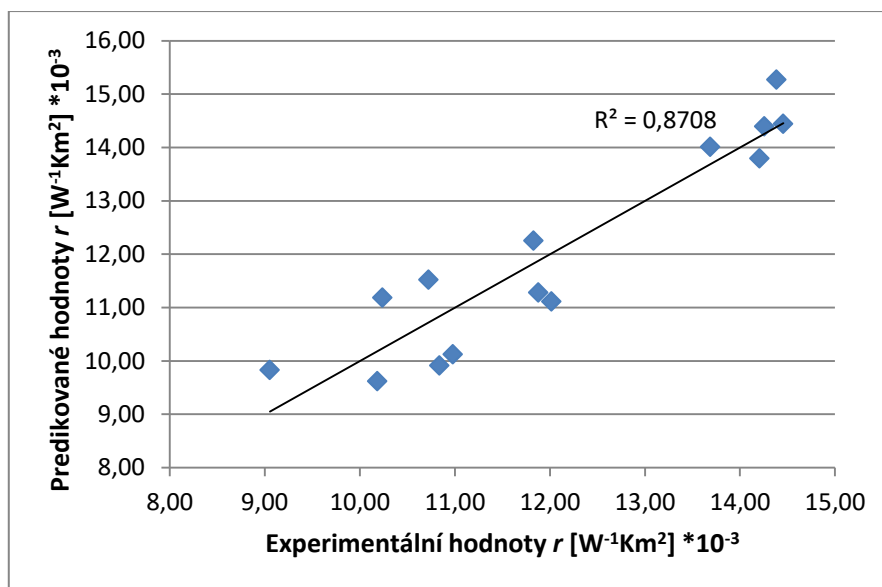
Výsledný vztah s hodnotou spolehlivosti $R^2 = 0,87$ je následující:

$$r = -14,11 - 66,78P_G + 62,71P_W \quad (42)$$

Výsledky regresní analýzy jsou v Tabulce 17 a přesnost regrese na Obrázku 32.

Tabulka 16 Statistika pro regresní analýzu r s proměnnými P_G a P_W

	Koeficient	Chyba stř. hodnoty	t stat	p - hodnota
Abs. hodnota	-14,1105	5,047297	-2,79566	0,017409
P_G	-66,7886	8,152553	-8,19235	5,21E-06
P_W	62,71922	8,231268	7,619631	1,03E-05



Obrázek 32 Přesnost regresní analýzy r dle P_W a P_G

Ačkoliv jednotlivé modely samy o sobě nedokáží příliš spolehlivě predikovat plošný odpor vedení tepla, při zavedení vícenásobné lineární regrese, je možné plošný odpor vedení tepla vcelku přesně odhadnout. V Tabulce 18 jsou opět porovnány experimentální hodnoty (tabulka 5) a hodnoty predikované s použitím rovnice (42).

Tabulka 17 Relativní odchylka naměřených a predikovaných hodnot r dle modelu (42)

	Tkanina	Predikované hodnoty r [$W^{-1}Km^2$] * 10^{-3}	Experimentální hodnoty r [$W^{-1}Km^2$] * 10^{-3}	Relativní Odchylka [%]
Soubor 1 PL	A 1/5 T40 D21,2	14,46	14,44	0%
	A 2/4 T40 D21,2	14,21	13,79	-3%
	A 3/3 T40 D21,2	14,26	14,39	1%
	K1/5 Z T40 D21,2	14,39	15,27	6%
	K 2/4 Z T40 D21,2	13,69	14,01	2%
	$K \frac{21}{12}$ Z T40 D21,2	10,98	10,12	-8%
	K 2/1 Z T40 D21,2	9,05	9,83	8%
Soubor 2 PL	K 2/4 Z T16,5 D31,8	10,24	11,18	8%
	K 1/5 Z T16,5 D31,8	10,72	11,52	7%
	A 1/5 T16,5 D31,8	11,83	12,25	3%
	K 2/1 Z T16,5 D31,8	10,19	9,62	-6%
	$K \frac{21}{12}$ Z T16,5 D31,8	10,84	9,91	-9%
	A 2/4 T16,5 D31,8	11,88	11,28	-5%
	A 3/3 T16,5 D31,8	12,02	11,11	-8%

Ani v případě modelu (42) pro predikci plošného odporu vedení tepla není možné tento model aplikovat na všechny tkaniny různých parametrů. Je tak třeba opět brát v potaz jaké parametry mají testované vzorky a materiál, z jakého jsou vyrobeny. Z tabulky 18 nelze jednoznačně říci, která vazba je z hlediska predikce nejproblematictější. Největší plošný odpor vedení tepla projevila vazba K 1/5 Z a vazba A 1/5. Nejmenší tepelný odpor prokázaly opět vazby nejvíce provázané a tím pádem nejtenčí $K \frac{21}{12}$ Z a K 2/1 Z.

Závěr

Cílem diplomové práce bylo zkoumat vliv vazby tkaniny na komfortní vlastnosti. Rešeršní část byla věnována popisu základních charakteristik nití a tkanin, které se na komfortních vlastnostech podílejí. Mezi základní uvedené parametry, které se vyskytují ve vztazích pro predikci komfortních vlastností, byly uvedeny jemnost a průměr příze, dostava tkaniny, vazba tkaniny, tloušťka, plošná hmotnost, zakrytí a porosita. Porosita byla dále rozvedena do několika vybraných metod pro její výpočet. Mezi porositu pro experimentální část byla zařazena vertikální porosita P_{ver} zavedená Havlovou [15], která v sobě přímo zahrnuje vliv vazby tkaniny. Dále například porosita na základě plošného zakrytí P_S , porosita na základě modifikovaného plošného zakrytí P_G a porosita na základě podílu hustot P_W . Mimo porositu byly také uvedeny koeficient flotáže FYF [15] a koeficient provázanosti vazby CFF [17]. Další kapitola byla věnována komfortním vlastnostem a jejich definicím. Hlavními a sledovanými komfortními vlastnostmi byly zde společně s definicemi a způsoby hodnocení uvedeny prodyšnost, relativní paro-propustnost, výparný odpor, měrná tepelná vodivost, plošný odpor vedení tepla a tepelná jímavost.

V Experimentální části byly zahrnuty výpočty modelů zmíněných porosit a faktorů vazeb zmíněných v rešeršní části. Dále obsahovala měření výše zmíněných komfortních vlastností na přístrojích FX 3300, Alambeta a Permetest. Měření proběhlo na třech souborech vzorků. V rámci skupiny je vždy 7 vzorků stejné dostavy, jemnosti a materiálu, lišící se pouze vazbou tkaniny. Dvě sady z materiálu polyester s rozdílnou jemností nití 40tex a 16,5tex. Třetí sada je směšová tkanina 50% polypropylen a 50% bavlna s jemností nití 45tex. Veškerá měření byla provedena desetkrát a vypočtena základní statistika.

Následně byly uvedeny korelační koeficienty společně s korelačními diagramy mezi naměřenými hodnotami komfortních vlastností a teoretických modelů porosit a faktorů.

Materiálové sady z polyesteru jevíly podobné a relativně silné korelace, oproti sadě ze směšové tkaniny. Bavlněná složka mohla ovlivňovat měření relativní paro-propustnosti a výparného odporu sorpcí vlhkosti, kterou polyesterová vlákna postrádají. Ve třetím souboru se nepodařilo potvrdit významnost korelačních koeficientů. Byl zaveden předpoklad o nerovnoměrné dostavě nití u odvozených plátňových vazbách a vlivu na výslednou porositu, kdy následně byl celý soubor vyřazen z dalšího statistického vyhodnocování.

Pro vyšetření závislosti komfortních vlastností na porositě byl zvolen (více násobný) lineární model, kde byly nezávislou proměnou výpočty modelů porosit a závislou proměnou naměřené hodnoty komfortních vlastností.

Model porosity na základě plošného zakrytí P_S se prokázal být nevhodný v rámci jednoho souboru z důvodu variability pouhých dostav nití, které se měnily pouze nepatrně. Větší vliv prokázala horizontální porosita na základě modifikovaného plošného zakrytí P_G . Jako nejvhodnější model pro sledování prodyšnosti se osvědčil model vertikální porosity P_{ver} , který v sobě zahrnuje tloušťku tkaniny, dostavu, průměr nitě a vliv flotáže, kde flotáž a tloušťka se jeví jako jedny z nepodstatnějších faktorů. Tento model se osvědčil napříč všemi soubory s rozdílnou dostavou a jemností nití, avšak pouze při vyhodnocování v jednotlivých souborech. Při konsolidování výsledků docházelo ke shlukování výsledků jednotlivých souborů a výsledné korelace byly tímto jevem ovlivněny.

Podarilo se prokázat vliv vazby na prodyšnost, plošný odpor vedení tepla a tepelnou jímavost. Z důvodů překrývání intervalů spolehlivosti středních hodnot experimentálních dat relativní paro-propustnosti, výparného odporu a měrné tepelné vodivosti nebylo možné prokázat vliv žádného z uvedených faktorů. Výsledná data nebylo možné následně vyhodnotit z hlediska vztahu k porositě.

Prezentovaný model (38) na základě vertikální porosity P_{ver} správně predikoval nejprodyšnější vazby A 1/5 a K 1/5 Z s nejdelsí flotující nití a největší tloušťkou (za přítlaku 0,1kPa). Vazby s kratší flotáží jako A 2/4, A 3/3 a K 2/4 Z se s podobnými hodnotami prodyšnosti umístily ve středu sledovaných souborů vazeb. V případě vazeb K 1/2 Z a K 2/12 Z se prokázalo, že se jedná o vazby nejméně prodyšné, které mají nejkratší flotáž a nejmenší tloušťku.

V případě tepelné jímavosti se model (40) založený na P_W shodl v predikci vazby s nejmenší jímavostí a to A 1/5 společně s K 1/5 Z. Model (40) se osvědčil i pro porovnání velikosti tepelné jímavosti stejné vazby ze dvou souborů shodného materiálu PL 1 a PL 2, kdy správně předpověděl menší hodnoty tepelné jímavosti pro tu sadu s menší výslednou porositou, ačkoliv vazba byla v obou případech stejná. Tento jev se nepodařilo prokázat ve třetím souboru, který byl z rozdílného materiálu směsové příze. Vazby s kratší flotáží jako A 2/4,

A 3/3 a K 2/4 Z se s podobnými hodnotami opět umístily uprostřed souboru. V případně vazby s největší jímavostí se potvrdily vazby nejkratší flotáže a nejmenší tloušťky $\kappa \frac{21}{12}$ Z a K 2/1 Z.

Silné korelace byly pozorovány také mezi P_G , P_W a plošným odporem vedení tepla. Model (42) postavený na zmíněných porozitách zde správně předpověděl rozdílné vazby s největším odporem vedení tepla pro soubor PL 1 a PL 2, kdy největší odpor projevila vazba K 1/5 Z a vazba A 1/5. Nejmenší tepelný odpor prokázaly opět vazby nejvíce provázané a tím pádem nejtenčí $\kappa \frac{21}{12}$ Z a K 2/1 Z.

Vliv vazby tkaniny na komfortní vlastnosti byl sledován skrze porositu, která se liší v závislosti na použité vazbě. Vzhledem k tomu, jaké zjednodušení sebou modely porosity přináší, je zřejmé, že se stále jedná o výsledky do značné míry teoretické a nepřesné. Model vertikální porosity P_{ver} , který jeví silné korelace mezi sledovanými komfortními vlastnostmi, je třeba modifikovat o základní prostorovou geometrii tkaniny. Jelikož uvažuje vznik póru při proudění vzduchu, je nevhodný pro odhad jiných komfortních vlastností, při kterých dochází k měření bez proudění vzduchu. Touto problematikou by se mohla zabývat navazující práce.

Modely pro predikci komfortních vlastností (38), (40), (42) sice dokázaly v rámci řízeného experimentu relativně přesně predikovat komfortní vlastnosti, avšak je třeba zmínit, že jejich použitelnost nelze globalizovat. Použité byly tkaniny ze staplové příze s dostavou nití od 21 do 32/cm, jemností od 16,5tex do 40tex a pouze v rámci tkanin, ze stejného materiálu, v tomto případě polyesteru. Další práce by zde mohly navázat na vliv použitého vlákenného materiálu (tkanin vyrobených z rozdílných materiálů, případně jejich směsí) na komfortní vlastnosti.

Seznam Obrázků

Obrázek 1 Schéma nerovnoměrného rozdělení nití. Vlevo rovnoměrně rozložená osnova, vpravo nerovnoměrná[4]	10
Obrázek 2 Příklad střídání plátnové vazby	11
Obrázek 3 Příklad střídání atlasové vazby	12
Obrázek 4 Příklad střídání keprové vazby	12
Obrázek 5 Vliv vazby tkaniny na tepelnou vodivost[6].....	16
Obrázek 6 Vliv vazby tkaniny na tepelný odpor[6]	16
Obrázek 7 Typy pórů dle Backera[13]	18
Obrázek 8 Druhy proudění dle Gooijera[14]	18
Obrázek 9 dvou-dimenzionální modely pórů dle Gooijera[14]	19
Obrázek 10 Fotografie tkanin focené pod úhlem 45° se zachycenými vertikálními póry; a) kepr 1/5 b) atlas 2/4 [15]	20
Obrázek 11 Eliptický model vertikálního póru [15]	22
Obrázek 12 Projekční plocha útkové flotáže [15].....	23
Obrázek 13 Typy a váhy flotujících nití [19].....	24
Obrázek 14 Popis plátnové vazby	24
Obrázek 15 Vliv faktoru CFF na odpor vzduchu vytvářený textilií [20].....	25
Obrázek 16 Vliv faktoru FYF na odpor vzduchu vytvářený textilií[20].....	26
Obrázek 17 Vliv tloušťky na odpor vzduchu vytvářený textilií [20]	26
Obrázek 18 Schéma principu měření prodyšnosti na přístroji FX3300[25]	28
Obrázek 19 Popis gravimetrických metod[23].....	30
Obrázek 20 Měřicí jednotka s kontrolou teploty a přívodem vody[23].....	31
Obrázek 21 Schéma principu měření výparného odporu na přístroji Permetest [26]	32
Obrázek 22 Schéma principu měření tepelně-izolačních vlastností na přístroji Alambeta.....	35
Obrázek 23 Korelační diagramy pro P_{ver}	45
Obrázek 24 Korelační diagramy pro t	46
Obrázek 25 Korelační diagramy pro t	47
Obrázek 26 Porovnání korelací jednotlivých souborů mezi P_{ver} a A_p	50
Obrázek 27 Porovnání korelací jednotlivých souborů mezi P_{ver} a b	51
Obrázek 28 Porovnání korelací jednotlivých souborů mezi P_{ver} a r	52
Obrázek 29 5% Interval spolehlivosti střední hodnoty v souboru PL1 pro paro-propustnost .	55
Obrázek 30 Přesnost regresní analýzy A_p dle P_{ver}	57
Obrázek 31 Přesnost regresní analýzy b dle P_w	60
Obrázek 32 Přesnost regresní analýzy r dle P_w a P_G	63

Zdroje

- [1] KŘEMENÁKOVÁ, D.: *Interní norma 108-01/01: Geometrické vlastnosti staplových přízí*, Výzkumné centrum Textil, TU v Liberci, 2002
- [2] NECKÁŘ, B. *Příze: Tvorba, struktura, vlastnosti*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1990.
- [3] NECKÁŘ, B., VOTRUBOVÁ, J.: *Část 2. Metoda měření a vyhodnocování chlupatosti*. 7. Národní konference Strutex. TU v Liberci, 2000.
- [4] HAVLOVÁ, M. *Detection of Fabric Structure Irregularities Using Air Permeability Measurements*. Journal of Engineered Fibers and Fabrics – Aug 27, 2013.
- [5] NECKÁŘ, B. *Dvanáct přednášek z textilního inženýrství V Liberci*: Technická univerzita, Textilní fakulta, 1998. ISBN 80-7083-319-X.
- [6] MATUSIAK, M., SIKORSKI K *Influence of the Structure of Woven Fabrics on Their Thermal Insulation Properties*. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2011; Vol. 19(5), p. 46-53, ISSN 1230-3666.
- [7] LEE, S., OBENDORF, S. K. Statistical modelling of water vapour transport through woven fabrics. Textile Research Journal 2012; Vol. 82(3), p. 211-219
- [8] DRAŠAROVA, J., NOVAČKOVA, J.: *System projektování textilních struktur část 2, Tkaniny*, Vyzkumne centrum Textil, TU v Liberci, 2004.
- [9] HAVRDOVÁ, M.: *Příspěvek k hodnocení prodyšnosti oděvních tkanin*, Disertační práce, TU v Liberci, 2004.
- [10] SIEMINSKI MA., and HOTTE GH. *The Porosity of the Textile materials*. Rayon Text Mo 1944; 25(12): 608-610.
- [11] HAVRDOVÁ, M. *Air Permeability and a Structure of Woven Fabrics*. Vlákna a Textil 2003; 10, 2: 86 – 90.
- [12] MILITKÝ, J., HAVRDOVÁ, M. *Porosity and air permeability of composite clean room textiles*. Int. J. of Clothing Science and Technology 2001; 13, ¾: 280 – 288.
- [13] BACKER, S.: *The relationship between the structural geometry of a textile fabric and its physical properties, Part IV: Interstice geometry and air permeability*, Textile Research Journal 21, 1951, str. 703 – 713.
- [14] GOOIJER, H.,: *Flow resistance of textile materials*, Thesis UT Enschede, 1998. ISBN 90-36511240.
- [15] HAVLOVÁ M. *Model of Vertical Porosity Occurring in Woven Fabrics and its Effect on Air Permeability*. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2014; 22, 4(106): 58-63.
- [16] MILAŠIUS, R, MILAŠIUS, V. *Investigation of Unevenness of Some Fabric Cross-Section Parameters*. Fibres & Textiles in Eastern Europe 2002; 10, 3: 47 – 49.

- [17] OGAWA Y., *Applied Clothing Materials— Consumption Performance* Koseikan, Japan, 1967, p.65.,
- [18] MORINO H, MATSUDAIRA M, FURUTANI M. *Predicting Mechanical Properties and Hand Values from the parameters of Weave Structure*, Textile Research Journal 2005; 18(x):
- [19] FATAHI I, YAZDI AA. *Predicting Air Permeability Property Values from the Parameters of Weave Structure*. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2012; 20, 3(92): 78-81.
- [20] J. VIMAL, T., MURUGAN R., SUBRAMANIAM V., *Effect of Weave Parameters on the Air Resistance of Woven Fabrics*, DOI: 10.5604/12303666.1172089
- [21] MILASIUŠ, V. *An Integrated Structure Factor for Woven Fabrics Part I: Estimation of the Weave*. Journal of the Textile Institute 2000; 91, 2: 268-270.
- [22] MILAŠIUŠ V, KATUNSKIS J, MILAŠIUŠ A. *Letter to the Editor comments on Predicting Mechanical Properties and Hand value from the Parameters of Weave structures*. Textile Research Journal 2007; 77(3): 184-185.
- [23] HES, L. a SLUKA, P. *Úvod do komfortu textilií*. 1. vyd. Liberec: TUL, 2005. 109 s. ISBN 80-7083-926-0
- [24] SONG, G., *Improving comfort in clothing*. Online-Ausg. Oxford: Woodhead Pub, 2011. ISBN 9780857090645. Str 117
- [25] XIAO X., ZENG Z., LONG A., LIN H., CLIFFORD M. a SALDAEVA E.. *An analytical model for through-thickness permeability of woven fabric*. Textile Research Journal [online]. 2011
- [26] HES, L., DOLEŽAL I. *A new portable computer-controlled skin model for fast determination of water vapour and thermal resistance of fabrics*. In: Asian Textile Conference (ATC 7), New Delhi, 2003.
- [27] HES, L., ARAUJO M.: *Simulation of the Effect of Air Gaps between the Skin and a Wet Fabrics on Resulting Cooling Flow*. Textile Research Journal, Vol 80(2010), No. 14, pp. 1488–1497
- [28] HES, L. (1987) *Thermal Properties of Nonwovens*, Proceedings of Congress Index 87, Geneva.
- [29] HES, L., DOLEŽAL I, Hanzl J, et al. *New method and apparatus for the objective evaluation of thermal contact properties of textile fabrics*, Melliand Textilber. 1990;71(9), pp. 679-681
- [30] FOURNIER, M., DUVAUT, M. CHIRTOC T. a J. M. BACHMANN. *Measurement of textile materials thermal properties*. The European Physical Journal Special Topics [online]. 2008, 153(1), 143-145 [cit. 2017-08-22]. DOI: 10.1140/epjst/e2008-00413-9. ISSN 1951-6355. Dostupné z: <http://www.springerlink.com/index/10.1140/epjst/e2008-00413-9>

Seznam příloh

Příloha 1 Experimentální hodnoty vazby A1/5 v soboru PE1	7
Příloha 2 Experimentální hodnoty vazby A3/3 v soboru PE1	7
Příloha 3 Experimentální hodnoty vazby A2/4 v soboru PE1	8
Příloha 4 Experimentální hodnoty vazby K2/1 v soboru PE1	8
Příloha 5 Experimentální hodnoty vazby A2/4 v soboru PE1	9
Příloha 6 Experimentální hodnoty vazby K1/5 v soboru PE1	9
Příloha 7 Experimentální hodnoty vazby K2/2-1/1 v soboru PE1	10
Příloha 8 Experimentální hodnoty vazby K2/4 v soboru PE2	10
Příloha 9 Experimentální hodnoty vazby A1/5 v soboru PE2	11
Příloha 10 Experimentální hodnoty vazby K2/2-1/1 v soboru PE2	11
Příloha 11 Experimentální hodnoty vazby A3/3 v soboru PE2	12
Příloha 12 Experimentální hodnoty vazby K1/5 v soboru PE2	12
Příloha 13 Experimentální hodnoty vazby K2/1 v soboru PE2	13
Příloha 14 Experimentální hodnoty vazby A/4 v soboru PE2	13
Příloha 15 Experimentální hodnoty vazby P3/3 v soboru PP/CO	14
Příloha 16 Experimentální hodnoty vazby A1/5 v soboru PP/CO	14
Příloha 17 Experimentální hodnoty vazby K2/4 v soboru PP/CO	15
Příloha 18 Experimentální hodnoty vazby R3/3 v soboru PP/CO	15
Příloha 19 Experimentální hodnoty vazby A2/4 v soboru PP/CO	16
Příloha 20 Experimentální hodnoty vazby K1/5 v soboru PP/CO	16
Příloha 21 5% IS střední hodnoty v souboru PE1 pro paro-propustnost	
Příloha 22 5% IS střední hodnoty v souboru PE2 pro paro-propustnost	
Příloha 23 5% IS střední hodnoty v souboru PP/CO pro paro-propustnost	20
Příloha 24 5% IS střední hodnoty v souboru PE1 pro měrnou tepelnou vodivost	
Příloha 25 5% IS střední hodnoty v souboru PE2 pro měrnou tepelnou vodivost	
Příloha 26 5% IS střední hodnoty v souboru PP/CO pro měrnou tepelnou vodivost	21
Příloha 27 5% IS střední hodnoty v souboru PE1 pro výparný odpor	
Příloha 28 5% IS střední hodnoty v souboru PE2 pro výparný odpor	
Příloha 29 5% IS střední hodnoty v souboru PP/CO pro výparný odpor	22

Příloha 1 Experimentální hodnoty vazby A1/5 v soboru PL1

A 1/5 T40 D21,2	Ap [mm/s]	m [g/20x20cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m ²]	do/du [cm]
1	1110	7,65	64,1%	3,5	45,5	130	14,9	0,82	21	22	0,191250	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	1130	7,69	65,5%	3,3	47	134	14,4	0,76	20	20	0,192250	
3	1070	7,72	64,8%	3,3	43,5	145	13,7	0,76	21	21	0,193000	
4	1090	7,77	63,6%	3,4	48,3	144	14,2	0,73	20	22	0,194250	
5	1110	7,70	63,2%	3,5	48	143	14	0,77	21	20	0,192500	
6	1120	7,78	63,5%	3,4	46,7	139	15,1	0,75	22	21	0,194500	
7	1110	7,72	62,2%	3,6	48,2	135	14,9	0,78	21	22	0,193000	
8	1130	7,79	66,5%	3,1	46,4	131	15,2	0,77	22	22	0,194750	
9	1120	7,71	63,2%	3,6	47,5	138	14,4	0,76	22	21	0,192750	
10	1150	7,70	64,1%	3,4	49,7	147	13,6	0,76	21	20	0,192500	
Průměr	1114	7,723	0,6407	3,41	47,08	138,6	14,44	0,766	21,1	21,1	0,193075	0,0305
SMĚR.OD.	21,0713	0,0419	0,0118	0,144	1,629	5,713	0,542	0,021	0,7	0,830	0,001	0,000

Příloha 2 Experimentální hodnoty vazby A3/3 v soboru PL1

A 3/3 T40 D21,2	Ap [mm/s]	m [g/20x20cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m ²]	do/du [cm]
1	870	7,87	64,6%	3,1	50,1	149	13,8	0,72	20	22	0,196750	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	866	7,93	64,1%	3,2	50,5	147	13,7	0,74	20	21	0,198250	
3	855	7,95	64,3%	3,1	49,1	149	14,5	0,75	21	20	0,198750	
4	852	7,85	63,4%	3,3	50,5	155	14	0,77	20	20	0,196250	
5	798	7,86	66,5%	3,1	49,1	146	14,2	0,74	21	20	0,196500	
6	778	7,83	66,4%	3,1	47,6	142	16,1	0,72	20	21	0,195750	
7	806	7,87	66,3%	3,1	50,7	157	14,5	0,7	22	22	0,196750	
8	789	7,85	65,1%	3,1	50,9	146	14	0,7	20	22	0,196250	
9	752	7,92	65,2%	3,1	48,9	148	14,1	0,7	20	22	0,198000	
10	744	7,87	66,0%	3,1	49,2	150	15	0,74	20	20	0,196750	
Průměr	811	7,88	0,6519	3,13	49,66	148,9	14,39	0,728	21,2	21	0,197	0,0305
SMĚR.OD.	44,5645	0,037	0,0103	0,064	0,992	4,158	0,675	0,022	0,663	0,894	0,0009	0,000

Příloha 3 Experimentální hodnoty vazby A2/4 v soboru PL1

K 2/4 T40 D21,2	Ap [mm/s]	m [g/20x20cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m ²]	do/du [cm]
1	966	7,83	64,0%	3,5	48,5	149	14,1	0,75	22	20	0,195750	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	1030	7,98	65,5%	3,2	50,1	153	14,2	0,72	21	21	0,199500	
3	961	7,89	65,5%	3,2	50,2	153	13,8	0,72	22	22	0,197250	
4	957	7,97	62,8%	3,7	50,1	158	14	0,76	21	21	0,199250	
5	1020	7,89	63,5%	3,5	50,8	156	13,8	0,71	22	20	0,197250	
6	1010	7,87	63,9%	3,5	44,6	151	14,1	0,79	20	21	0,196750	
7	1000	7,83	65,8%	3,2	49,9	152	13,9	0,71	21	21	0,195750	
8	1010	7,89	65,6%	3,2	49,1	151	13,9	0,72	21	20	0,197250	
9	993	7,83	64,6%	3,2	48,9	152	14,1	0,73	22	21	0,195750	
10	999	7,89	65,1%	3,2	49	156	14,2	0,72	20	20	0,197250	
Průměr	994,6	7,887	0,6463	3,34	49,12	153,1	14,01	0,733	21,2	20,7	0,197175	0,0305
SMĚR.OD.	24,051	0,051	0,010	0,180	1,655	2,625	0,145	0,025	0,748	0,640	0,001	0,000

Příloha 4 Experimentální hodnoty vazby K2/1 v soboru PL1

K 2/1 T40 D21,2	Ap [mm/s]	m [g/20x20cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m ²]	do/du [cm]
1	319	7,89	65,0%	3,5	53,9	178	9,6	0,7	21	22	0,197250	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	435	7,91	66,2%	3,5	51,4	187	9,7	0,686	22	22	0,197750	
3	421	7,95	64,6%	3,3	55,7	181	9,4	0,689	22	22	0,198750	
4	398	7,93	65,1%	3,5	50,2	178	9,3	0,699	20	21	0,198250	
5	336	7,89	64,5%	3,4	48,9	183	9,9	0,69	21	21	0,197250	
6	322	7,93	64,7%	3,5	53,5	175	9,6	0,675	21	21	0,198250	
7	367	7,92	65,7%	3,5	44,9	159	9,6	0,669	21	20	0,198000	
8	324	7,92	66,0%	3,3	54	186	12,3	0,668	21	21	0,198000	
9	322	7,93	65,3%	3,5	51,2	175	9,3	0,686	21	22	0,198250	
10	340	7,95	65,2%	3,5	49	180	9,6	0,685	22	20	0,198750	
Průměr	358,4	7,922	0,6523	3,45	51,27	178,2	9,83	0,6814	21,2	21,2	0,19805	0,0305
SMĚR.OD.	42,017	0,020	0,006	0,081	3,025	7,494	0,841	0,010	0,600	0,748	0,000	0,000

Příloha 5 Experimentální hodnoty vazby A2/4 v soboru PL1

A 2/4 T40 D21,2	Ap [mm/s]	m [g/20x20cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m ²]	do/du [cm]
1	785	7,85	65,5%	3,2	48,6	147	13,9	0,76	20	22	0,196250	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	818	7,94	65,0%	3,2	53,2	162	12,4	0,72	20	21	0,198500	
3	800	7,78	65,9%	3,1	51,4	155	13	0,71	22	20	0,194500	
4	895	7,92	62,5%	3,5	49,1	136	14,9	0,75	21	20	0,198000	
5	872	7,92	63,0%	3,4	48,5	142	13,9	0,73	22	20	0,198000	
6	793	7,86	64,6%	3,2	48,1	142	14	0,72	22	21	0,196500	
7	815	7,86	63,5%	3,4	49,3	159	13,8	0,76	20	22	0,196500	
8	794	7,90	63,5%	3,3	50,2	138	14,1	0,71	21	21	0,197500	
9	798	7,82	64,2%	3,2	48,9	138	13,9	0,76	21	21	0,195500	
10	789	7,81	63,9%	3,3	49	137	14	0,73	21	22	0,195250	
Průměr	815,9	7,866	0,6416	3,28	49,63	145,6	13,79	0,735	21	21	0,19665	0,0305
SMĚR.OD.	35,588	0,050	0,010	0,117	1,490	9,200	0,633	0,020	0,775	0,775	0,001	0,000

Příloha 6 Experimentální hodnoty vazby K1/5 v soboru PL1

K1/5 T40 D21,2	Ap [mm/s]	m [g/20x20cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m ²]	do/du [cm]
1	1060	7,81	63,9%	3,6	48,1	135	15,5	0,83	21	22	0,195250	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	1080	7,81	64,7%	3,5	48,9	137	15,4	0,79	21	22	0,195250	
3	1110	7,85	64,8%	3,5	46,9	138	15,1	0,76	22	22	0,196250	
4	1050	7,89	65,0%	3,4	47,9	137	15,2	0,77	20	21	0,197250	
5	1060	7,89	66,4%	3,2	48,7	137	15,6	0,78	21	21	0,197250	
6	1110	7,87	68,1%	3	47,9	140	15	0,74	21	22	0,196750	
7	960	7,83	63,2%	3,7	48,9	144	15,1	0,75	20	20	0,195750	
8	1020	7,85	68,5%	2,9	48,1	146	15,2	0,77	22	22	0,196250	
9	1000	7,81	65,6%	3,3	47	135	15,2	0,76	20	21	0,195250	
10	1070	7,81	66,8%	3,5	48,2	137	15,4	0,78	20	21	0,195250	
Průměr	1052	7,842	0,657	3,36	48,06	138,6	15,27	0,773	20,8	21,4	0,19605	0,0305
SMĚR.OD.	44,900	0,031	0,016	0,246	0,661	3,499	0,185	0,024	0,748	0,663	0,001	0,000

Příloha 7 Experimentální hodnoty vazby K2/2-1/1 v soboru PL1

K 2/2-1/1 T40 D21,2	Ap [mm/s]	m [g/20x20cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m ²]	do/du [cm]
1	380	7,54	65,4%	3,4	47,3	166	11,4	0,6	22	22	0,188500	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	365	7,61	67,2%	3,2	54,2	183	10,1	0,64	22	21	0,190250	
3	393	7,62	68,5%	3	53	185	9,7	0,59	20	22	0,190500	
4	460	7,60	68,0%	3,1	47,9	165	10,7	0,65	20	22	0,190000	
5	440	7,62	66,4%	3,2	51,7	171	10,1	0,64	22	22	0,190500	
6	441	7,57	68,2%	3,1	55,4	186	9	0,69	20	22	0,189250	
7	380	7,62	67,8%	3,1	51,7	165	10,2	0,66	22	20	0,190500	
8	428	7,60	68,9%	2,9	52	180	10,1	0,66	20	22	0,190000	
9	370	7,59	67,8%	2,9	51,6	171	9,9	0,69	20	21	0,189750	
10	387	7,61	68,0%	3,1	50	172	10	0,68	21	21	0,190250	
Průměr	404,4	7,598	0,6762	3,1	51,48	174,4	10,12	0,65	20,9	21,5	0,18995	0,0305
SMĚR. OD.	32,580	0,024	0,010	0,141	2,407	7,927	0,590	0,033	0,943	0,671	0,001	0,000

Příloha 8 Experimentální hodnoty vazby K2/4 v soboru PL2

K 2/4 T16,5 D31,8	Ap [mm/s]	m [g/15x15cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m ²]	do/du [cm]
1	1420	2,72	71,4%	2,6	43,6	127	10,3	0,45	31	32	0,121	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	1540	2,76	72,4%	2,5	44,9	134	10,8	0,48	32	31	0,123	
3	1480	2,66	73,9%	2,3	43,9	125	11,2	0,49	31	31	0,118	
4	1480	2,69	71,5%	2,6	44,9	126	11,2	0,5	32	31	0,120	
5	1580	2,64	71,1%	2,6	44,6	133	11,2	0,5	30	32	0,117	
6	1600	2,69	68,4%	3	43,7	125	11,2	0,5	30	31	0,120	
7	1680	2,69	59,9%	2,8	40,5	128	11,4	0,46	30	31	0,120	
8	1690	2,66	71,5%	2,6	43	118	11,3	0,51	31	31	0,118	
9	1650	2,75	71,0%	2,6	43,5	125	11,9	0,48	32	32	0,122	
10	1680	2,66	72,0%	2,7	43,6	127	11,3	0,49	32	31	0,118	
Průměr	1580	2,692	0,7031	2,63	43,62	126,8	11,18	0,486	31,1	31,3	0,119	0,0177
SMĚR. OD.	91,978	0,038	0,037	0,173	1,202	4,238	0,389	0,018	0,831	0,458	0,002	0,000

Příloha 9 Experimentální hodnoty vazby A1/5 v soboru PL2

A 1/5 T16,5 D31,8	Ap [mm/s]	m [g/15x15cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m ²]	do/du [cm]
1	1720	2,63	73,1%	2,4	40,8	127	11,5	0,47	31	31	0,117	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	1820	2,55	70,9%	2,6	40	121	12,8	0,51	31	31	0,113	
3	1800	2,61	70,7%	2,6	38,3	114	13,2	0,5	30	31	0,116	
4	1800	2,57	70,4%	2,6	43,4	117	12,4	0,54	31	33	0,114	
5	1810	2,61	70,7%	2,6	39,5	111	13,3	0,52	32	30	0,116	
6	1830	2,56	76,0%	2,4	40,2	117	12,2	0,49	31	31	0,114	
7	1810	2,59	65,5%	3,2	43,8	112	11,7	0,51	32	31	0,115	
8	1790	2,58	69,1%	2,7	41,4	125	11,7	0,48	31	31	0,115	
9	1780	2,6	70,1%	2,7	40,9	112	11,7	0,49	32	31	0,116	
10	1770	2,52	71,0%	2,6	41	120	12	0,52	31	31	0,112	
Průměr	1793	2,582	0,7075	2,64	40,93	117,6	12,25	0,503	31,2	31,1	0,114755	0,0177
SMĚR. OD.	29,682	0,031	0,025	0,211	1,579	5,295	0,622	0,020	0,600	0,700	0,001	0,000

Příloha 10 Experimentální hodnoty vazby K2/2-1/1 v soboru PL2

K 2/2 -1/1 T16,5 D31,8	Ap [mm/s]	m [g/15x15cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m ²]	do/du [cm]
1	654	2,79	0,671	2,8	45,5	140	9,5	0,43	30	32	0,124	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	653	2,81	0,722	2,2	43	130	10,3	0,44	31	30	0,125	
3	687	2,77	0,758	1,9	39,7	156	9,7	0,38	30	31	0,123	
4	763	2,73	0,699	2,6	49	133	9,8	0,43	31	31	0,121	
5	778	2,75	0,694	2,5	41	141	10,7	0,44	32	32	0,122	
6	786	2,72	0,708	2,4	41,1	150	9,8	0,4	31	32	0,121	
7	783	2,75	0,693	2,5	41,1	146	9,8	0,4	32	32	0,122	
8	850	2,76	0,710	2,3	40,8	144	9,6	0,39	32	31	0,123	
9	765	2,71	0,700	2,5	42,5	142	9,9	0,413	32	31	0,120	
10	741	2,73	0,710	2,3	41,2	145	10	0,39	32	30	0,121	
Průměr	746	2,752	0,7065	2,4	42,49	142,7	9,91	0,4113	31,3	31,2	0,122311	0,0177
SMĚR. OD.	60,065	0,030	0,021	0,232	2,647	7,170	0,336	0,021	0,781	0,748	0,001	0,000

Příloha 11 Experimentální hodnoty vazby A3/3 v soboru PL2

A 3/3 T16/5 D31,8	Ap [mm/s]	m [g/15x15cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m2]	do/du [cm]
1	1360	2,7	0,7	2,6	42,9	119	11,1	0,48	31	32	0,120	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	1530	2,69	0,7	2,4	41	137	11,5	0,47	32	32	0,120	
3	1490	2,65	0,7	2,6	43,5	143	11,1	0,48	31	32	0,118	
4	1500	2,66	0,7	2,3	45,4	144	11	0,5	31	32	0,118	
5	1660	2,66	0,7	2,7	45,9	131	11,9	0,5	31	31	0,118	
6	1570	2,67	0,7	2,9	49,2	129	11,3	0,5	31	30	0,119	
7	1620	2,68	0,7	2,6	45,1	140	10,7	0,48	32	30	0,119	
8	1530	2,65	0,7	2,4	43,2	148	10,3	0,44	30	31	0,118	
9	1490	2,67	0,8	2,2	44,5	132	11,2	0,48	32	31	0,119	
10	1480	2,66	0,7	3,2	43,2	140	11	0,51	30	32	0,118	
Průměr	1523	2,669	0,7085	2,59	44,39	136,3	11,11	0,484	31,1	31,3	0,118622	0,0177
SMĚR. OD.	78,492	0,016	0,022	0,281	2,104	8,174	0,409	0,019	0,700	0,781	0,001	0,000

Příloha 12 Experimentální hodnoty vazby K1/5 v soboru PL2

K 1/5 T16/5 D31,8	Ap [mm/s]	m [g/10x10cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m2]	do/du [cm]
1	1530	1,19	71,1%	2,6	44	121	11	0,48	32	31	0,119	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	1580	1,18	71,8%	2,6	44,4	129	11,7	0,52	32	31	0,118	
3	1590	1,11	71,0%	2,7	40,9	131	11,5	0,47	31	32	0,111	
4	1590	1,18	70,2%	2,7	44	116	11,5	0,5	32	31	0,118	
5	1670	1,18	72,6%	2,5	40,8	128	11,5	0,47	30	31	0,118	
6	1680	1,2	70,6%	2,7	39,1	124	12,1	0,47	32	32	0,120	
7	1650	1,2	69,9%	2,8	41,5	127	11,5	0,47	30	31	0,120	
8	1620	1,17	68,9%	2,8	40,8	128	11,5	0,48	32	30	0,117	
9	1680	1,2	70,2%	2,8	43,1	126	11,4	0,47	31	30	0,120	
10	1680	1,2	70,8%	2,8	42	125	11,5	0,49	32	31	0,120	
Průměr	1627	1,181	0,7071	2,7	42,06	125,5	11,52	0,482	31,4	31	0,1181	0,0177
SMĚR. OD.	50,210	0,026	0,010	0,100	1,664	4,129	0,256	0,016	0,800	0,632	0,003	0,000

Příloha 13 Experimentální hodnoty vazby K2/1 v soboru PL2

K 2/1 T16/5 D31,8	Ap [mm/s]	m [g/15x15cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m ²]	do/du [cm]
1	435	2,74	0,7	2,0	43,7	155	8,8	0,38	30	30	0,122	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	570	2,67	0,7	2,0	38,1	145	9,9	0,38	32	32	0,119	
3	638	2,72	0,7	2,0	38,7	126	11,1	0,43	32	32	0,121	
4	643	2,64	0,7	2,2	39,2	123	10,3	0,4	32	32	0,117	
5	701	2,66	0,7	2,1	42,3	150	9,7	0,41	32	32	0,118	
6	724	2,72	0,7	1,9	39,9	141	9,6	0,38	32	30	0,121	
7	720	2,69	0,7	2,2	39,3	147	8,9	0,35	31	32	0,120	
8	740	2,72	0,7	2,2	40	141	9,7	0,39	31	31	0,121	
9	770	2,69	0,7	2,1	41,2	140	8,2	0,35	31	32	0,120	
10	640	2,66	0,7	2,0	39,8	142	10	0,4	32	31	0,118	
Průměr	658,1	2,691	0,7296	2,07	40,22	141	9,62	0,387	31,5	31,4	0,1196	0,0177
SMĚR. OD.	93,669	0,031	0,012	0,100	1,625	9,381	0,781	0,024	0,671	0,800	0,001	0,000

Příloha 14 Experimentální hodnoty vazby A/4 v soboru PL2

A 2/4 T16/5 D31,8	Ap [mm/s]	m [g/15x15cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m ²]	do/du [cm]
1	1490	2,75	0,7	2,2	45,7	136	10,9	0,5	31	31	0,122	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	1460	2,71	0,7	2,4	44,1	132	11,3	0,5	30	30	0,120	
3	1560	2,77	0,7	2,5	44,2	126	11	0,48	31	31	0,123	
4	1510	2,67	0,7	2,3	41,5	139	11,7	0,48	32	31	0,119	
5	1580	2,71	0,7	2,2	43,3	142	11,5	0,5	32	30	0,120	
6	1550	2,61	0,7	2,6	42,3	147	11,1	0,47	30	32	0,116	
7	1620	2,65	0,7	2,3	40,6	141	11,6	0,47	32	32	0,118	
8	1580	2,67	0,7	2,4	41,8	141	11,4	0,47	32	32	0,119	
9	1630	2,69	0,7	2,4	42,2	138	11,2	0,48	31	30	0,120	
10	1540	2,68	0,7	2,3	43,1	140	11,1	0,49	32	32	0,119	
Průměr	1552	2,691	0,7049	2,36	42,88	138,2	11,28	0,484	31,3	31,1	0,1196	0,0177
SMĚR. OD.	51,536	0,044	0,010	0,120	1,431	5,510	0,252	0,012	0,781	0,831	0,002	0,000

Příloha 15 Experimentální hodnoty vazby P3/3 v soboru PP/CO

P 3/3 T45 D18	Ap [mm/s]	m [g/15x15cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m ²]	do/du [cm]
1	710	4,3	57,9%	5,1	49,2	162	17	0,83	18	19	0,191	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	699	4,32	66,6%	5,3	49,6	160	16,8	0,83	19	18	0,192	
3	722	4,32	57,6%	5,2	51	165	16,1	0,82	18	19	0,192	
4	770	4	59,2%	4,8	53,1	175	15,5	0,82	19	19	0,178	
5	830	4,46	60,0%	4,7	49,9	171	17,7	0,88	19	18	0,198	
6	770	4,36	59,3%	4,8	51,5	168	17	0,87	19	18	0,194	
7	763	4,3	61,7%	4,4	52,2	172	16,3	0,85	17	18	0,191	
8	743	4,25	59,2%	4,8	50,9	169	15,9	0,83	17	17	0,189	
9	833	4,32	60,2%	5,2	51	171	16,2	0,89	18	18	0,192	
10	801	4,29	59,9%	4,9	49	169	15,9	0,84	18	18	0,191	
Průměr	764,1	4,292	0,6016	4,92	50,74	168,2	16,44	0,846	18,2	18,2	0,190755	0,0297
SMĚR. OD.	51,536	0,044	0,010	0,120	1,431	5,510	0,252	0,012	0,781	0,831	0,002	0,000

Příloha 16 Experimentální hodnoty vazby A1/5 v soboru PP/CO

A 1/5 T45 D18	Ap [mm/s]	m [g/15x15cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m ²]	do/du [cm]
1	903	4,43	64,50%	4,2	53,5	148	17,6	0,96	18	18	0,197	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	920	4,51	66,10%	4	53,8	157	17,8	0,96	18	18	0,200	
3	936	4,42	64,70%	4,2	54,5	162	17,2	0,94	18	17	0,196	
4	950	4,42	64,90%	4,1	49,4	157	18,4	0,94	18	18	0,196	
5	1000	4,44	63,30%	4,4	50,5	166	17,3	0,87	17	18	0,197	
6	1010	4,45	63,90%	4,2	52,6	166	17,2	0,9	17	18	0,198	
7	1000	4,41	64,60%	4,1	51,2	159	17,1	0,87	18	18	0,196	
8	945	4,46	62,90%	4,3	53,6	159	17,6	0,94	18	18	0,198	
9	965	4,44	64,30%	4,1	52,3	158	14,5	0,92	17	18	0,197	
10	945	4,49	63,20%	4,3	53,1	160	17,3	0,91	18	17	0,200	
Průměr	957,4	4,447	0,6424	4,19	52,45	159,2	17,2	0,921	17,7	17,8	0,197644	0,0297
SMĚR. OD.	34,106	0,030	0,009	0,114	1,536	4,874	0,972	0,031	0,458	0,400	0,001	0,000

Příloha 17 Experimentální hodnoty vazby K2/4 v soboru PP/CO

K 2/4 T45 D18	Ap [mm/s]	m [g/15x15cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m2]	do/du [cm]
1	687	4,36	68,2%	3,4	55,2	195	14,4	0,79	18	19	0,194	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	765	4,41	67,5%	3,6	54,6	186	14,6	0,79	17	17	0,196	
3	799	4,35	66,9%	3,6	52,5	188	15,1	0,79	19	19	0,193	
4	847	4,45	67,8%	3,4	53,3	182	14,9	0,79	19	17	0,198	
5	869	4,32	66,3%	3,6	58,6	199	13,9	0,81	17	18	0,192	
6	870	4,25	66,2%	3,6	53,2	177	15,2	0,81	18	18	0,189	
7	872	4,31	66,5%	3,6	55,3	189	14,9	0,81	18	17	0,192	
8	774	4,31	68,1%	3,4	55,2	181	14,9	0,82	19	19	0,192	
9	786	4,35	67,3%	3,6	54,7	182	14,7	0,82	18	18	0,193	
10	793	4,33	67,1%	3,6	55,1	185	14,5	0,8	19	19	0,192	
Průměr	806,2	4,344	0,6719	3,54	54,77	186,4	14,71	0,803	18,2	18,1	0,193066	0,0297
SMĚR. OD.	56,201	0,053	0,007	0,092	1,589	6,328	0,362	0,012	0,748	0,831	0,002	0,000

Příloha 18 Experimentální hodnoty vazby R3/3 v soboru PP/CO

R 3/3 T45 D18	Ap [mm/s]	m [g/15x15cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m2]	do/du [cm]
1	544	4,45	59,7%	4,7	55,6	161	16,5	0,92	18	19	0,198	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	584	4,41	59,4%	4,7	51,3	154	17	0,87	18	18	0,196	
3	578	4,44	60,8%	4,5	54,7	169	16,7	0,92	18	18	0,197	
4	660	4,39	60,7%	4,6	51,9	169	16,8	0,87	18	18	0,195	
5	637	4,49	58,7%	4,9	51,3	171	16,8	0,86	17	18	0,200	
6	616	4,5	59,9%	4,7	50,1	163	17,7	0,89	18	18	0,200	
7	605	4,59	58,6%	5	54	171	17,2	0,93	18	18	0,204	
8	620	4,42	60,9%	4,5	50,6	157	18,6	0,94	18	18	0,196	
9	593	4,49	59,8%	4,7	52,4	164	17,1	0,89	18	18	0,200	
10	578	4,48	60,0%	4,8	53,1	160	16,9	0,9	18	18	0,199	
Průměr	601,5	4,466	0,5985	4,71	52,5	163,9	17,13	0,899	17,9	18,1	0,198489	0,0297
SMĚR. OD.	31,680	0,055	0,008	0,151	1,723	5,682	0,580	0,026	0,300	0,300	0,002	0,000

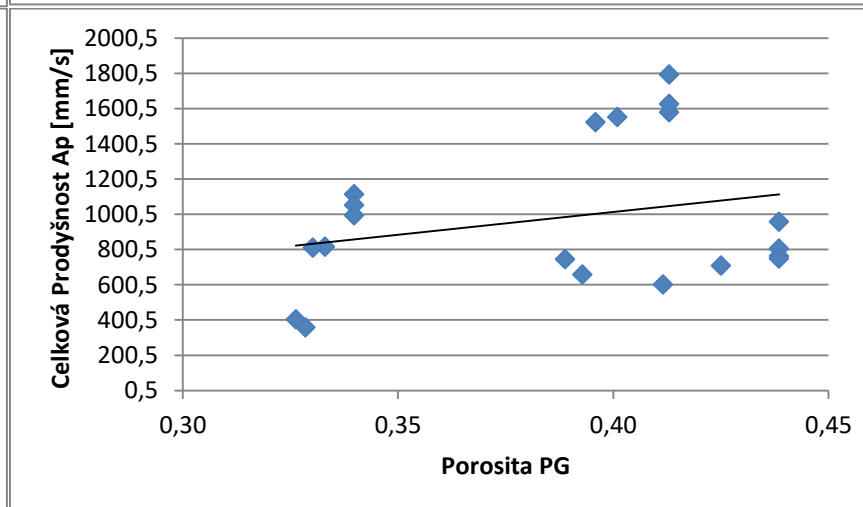
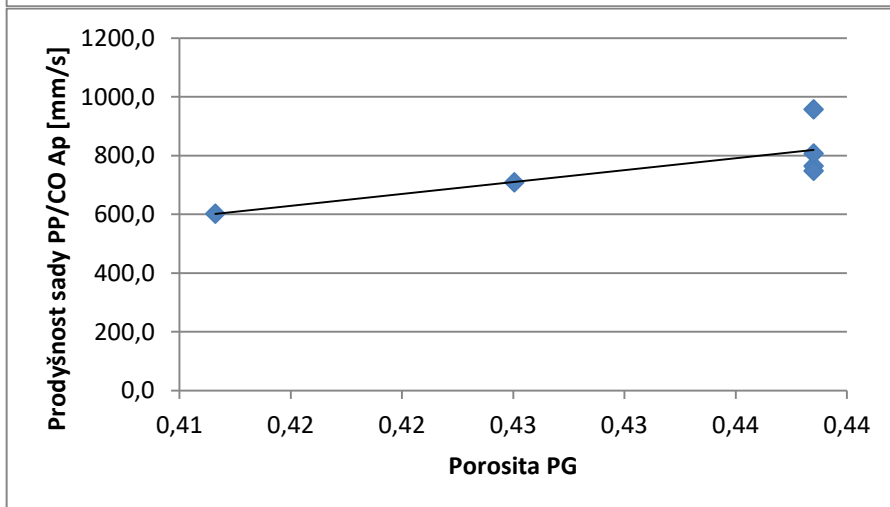
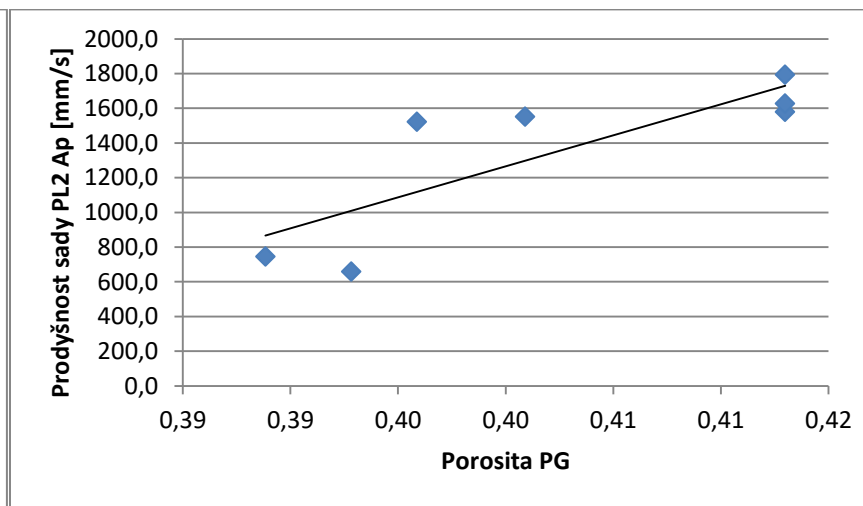
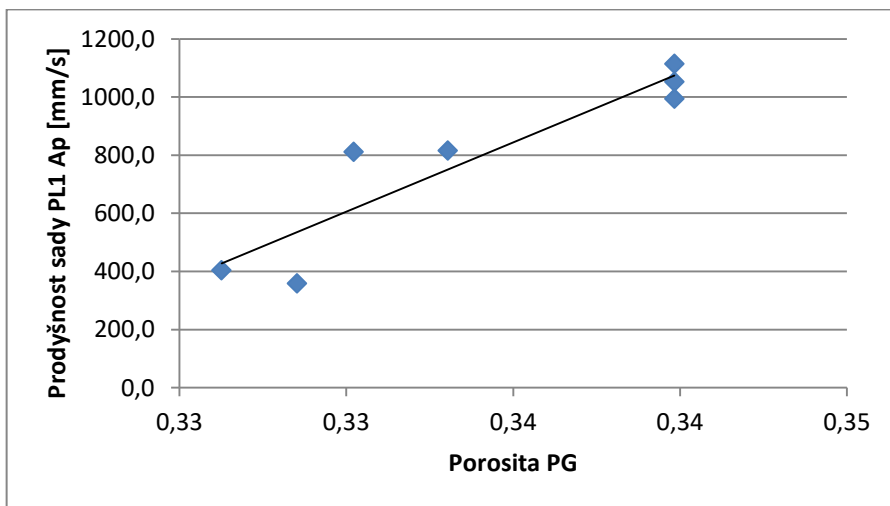
Příloha 19 Experimentální hodnoty vazby A2/4 v soboru PP/CO

A 2/4 T45 D18	Ap [mm/s]	m [g/15x15cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m2]	do/du [cm]
1	586	4,63	60,6%	4,3	55,4	179	16,3	0,9	19	18	0,206	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	704	4,55	60,2%	4,4	52,8	170	17,8	0,94	18	19	0,202	
3	594	4,5	59,2%	4,5	53,9	157	17,2	0,93	18	19	0,200	
4	700	4,23	61,5%	4,1	52,8	173	17,6	0,93	17	19	0,188	
5	744	4,48	60,0%	4,3	51,8	163	18,7	0,97	17	17	0,199	
6	784	4,43	59,6%	4,3	53,5	175	17,5	0,94	19	18	0,197	
7	729	4,5	56,9%	4,8	54,2	173	17,4	0,94	19	17	0,200	
8	754	4,42	61,7%	4	54,6	168	16,1	0,92	19	17	0,196	
9	760	4,41	60,0%	4,1	53,6	169	17,3	0,93	18	17	0,196	
10	735	4,51	61,0%	4,3	54	170	17,2	0,92	18	18	0,200	
Průměr	709	4,466	0,6007	4,31	53,66	169,7	17,31	0,932	18,2	17,9	0,198489	0,0297
SMĚR. OD.	64,041	0,100	0,013	0,217	0,967	5,883	0,693	0,017	0,748	0,831	0,004	0,000

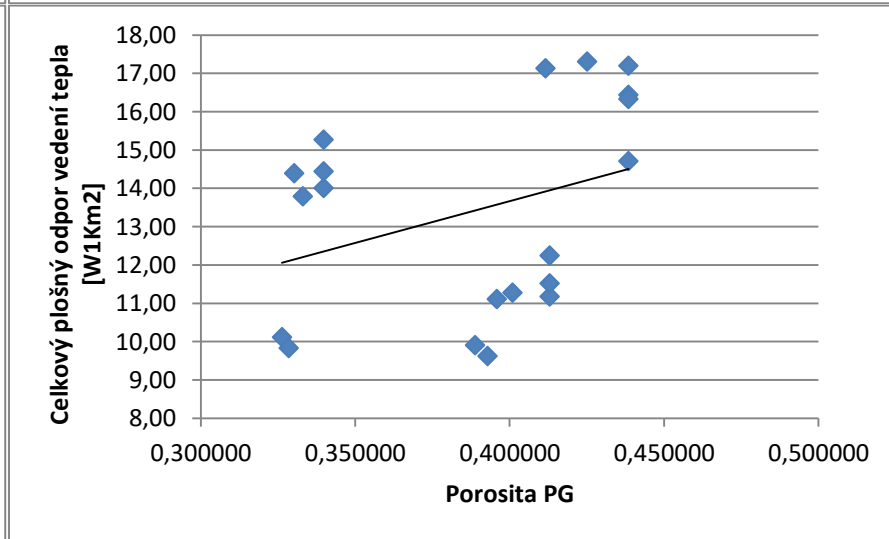
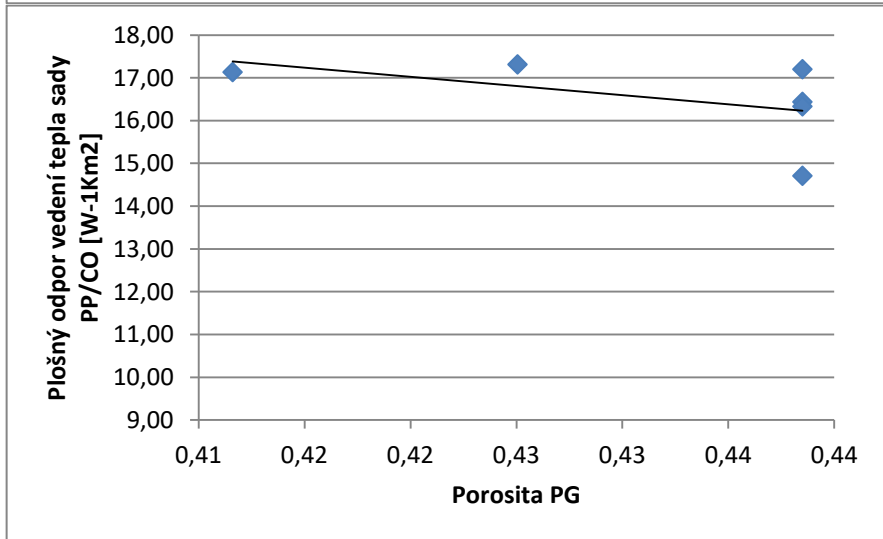
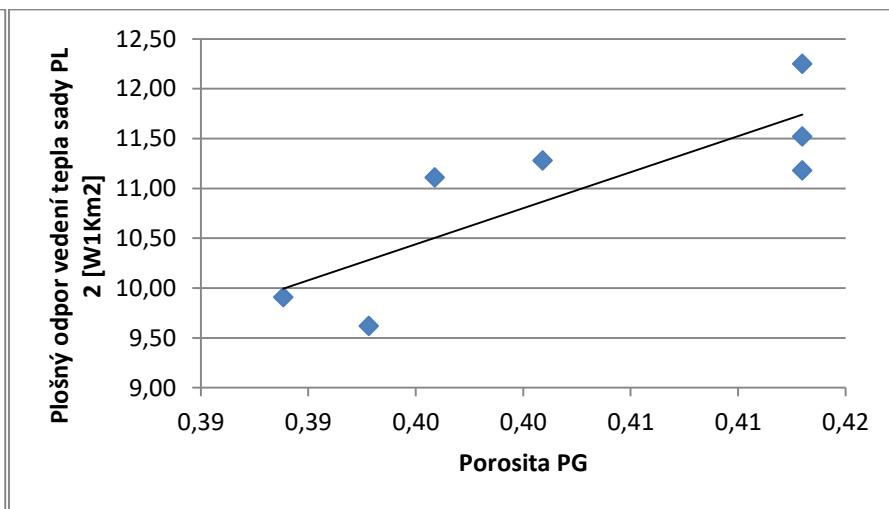
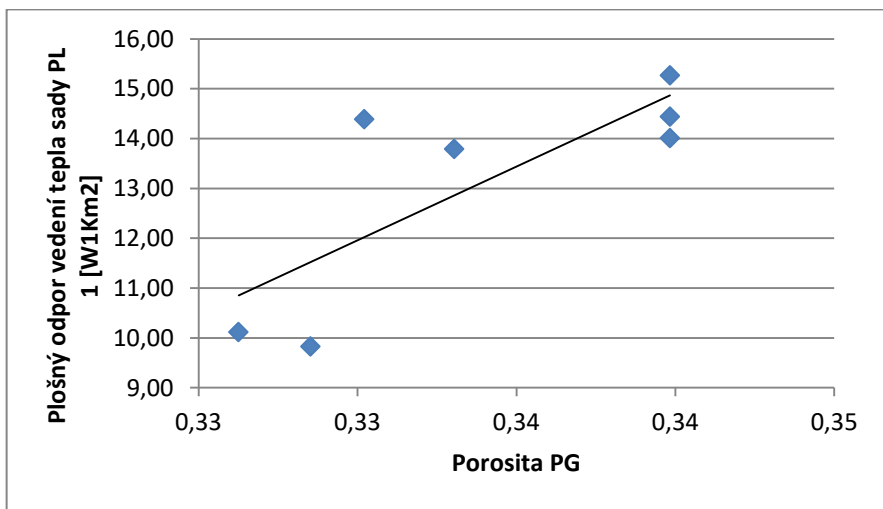
Příloha 20 Experimentální hodnoty vazby K1/5 v soboru PP/CO

K 1/5 T45 D18	Ap [mm/s]	m [g/15x15cm]	Prel [%]	RET [m ² .Pa/W]	Λ [W ⁻¹ Km ²]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	r [W ⁻¹ Km ²]	t [mm]	Do [1/cm]	Du [1/cm]	Wp [kg/m2]	do/du [cm]
1	685	4,44	65,1%	3,8	55,3	157	15,7	0,87	17	17	0,197	Hodnoty byly převzaty z dřívějších experimentů
2	714	4,41	64,2%	3,9	52	165	17,1	0,89	19	17	0,196	
3	756	4,39	64,6%	3,8	54,9	164	15,6	0,85	19	19	0,195	
4	830	4,47	63,0%	4,1	54,7	166	15,3	0,83	19	19	0,199	
5	779	4,54	63,4%	3,9	52,7	147	17,4	0,92	18	19	0,202	
6	743	4,54	64,0%	3,8	52,4	164	17	0,89	17	19	0,202	
7	807	4,5	65,0%	3,9	54,7	174	15,7	0,86	19	18	0,200	
8	713	4,49	63,9%	3,8	52,8	153	17,1	0,9	18	19	0,200	
9	701	4,47	64,1%	3,9	53,6	159	16,3	0,87	17	19	0,199	
10	755	4,5	63,5%	3,8	52,9	162	16,1	0,89	17	18	0,200	
Průměr	748,3	4,475	0,6408	3,87	53,6	161,1	16,33	0,877	18	18,4	0,198889	0,0297
SMĚR. OD.	44,567	0,048	0,006	0,090	1,138	7,134	0,723	0,025	0,894	0,800	0,002	0,000

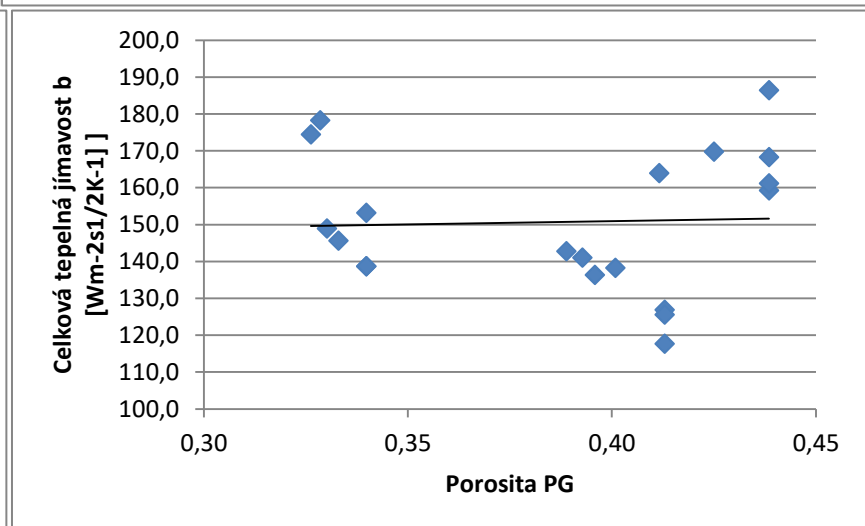
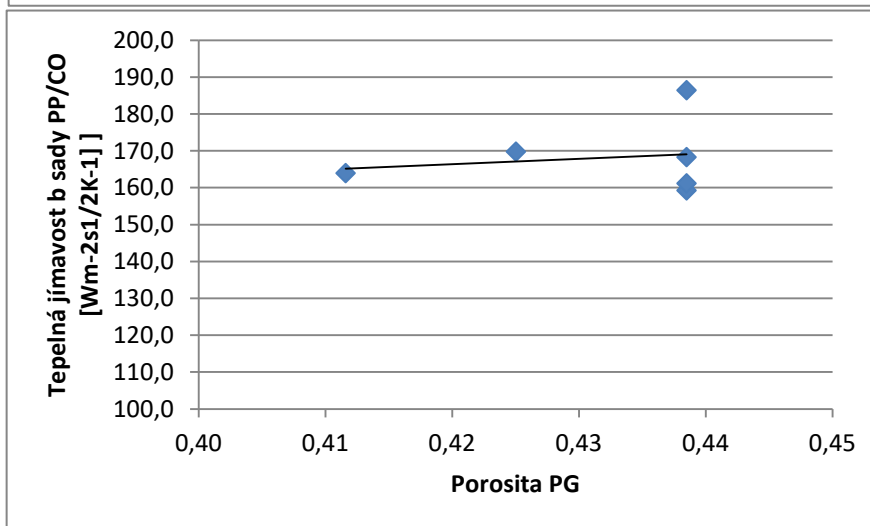
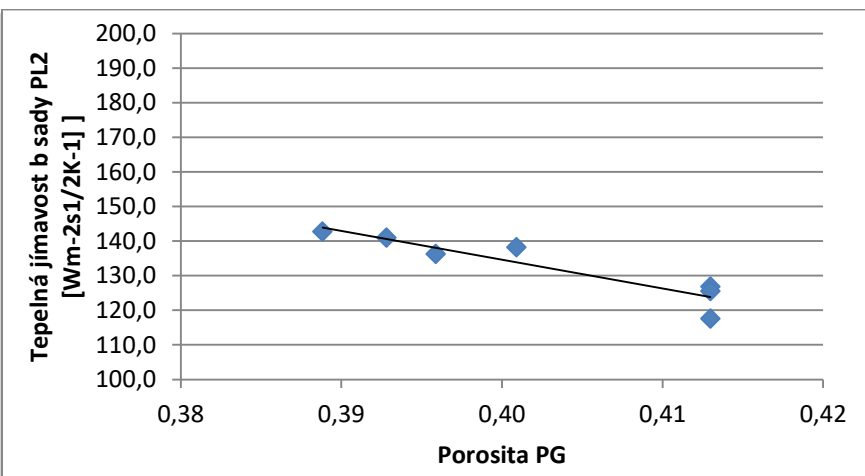
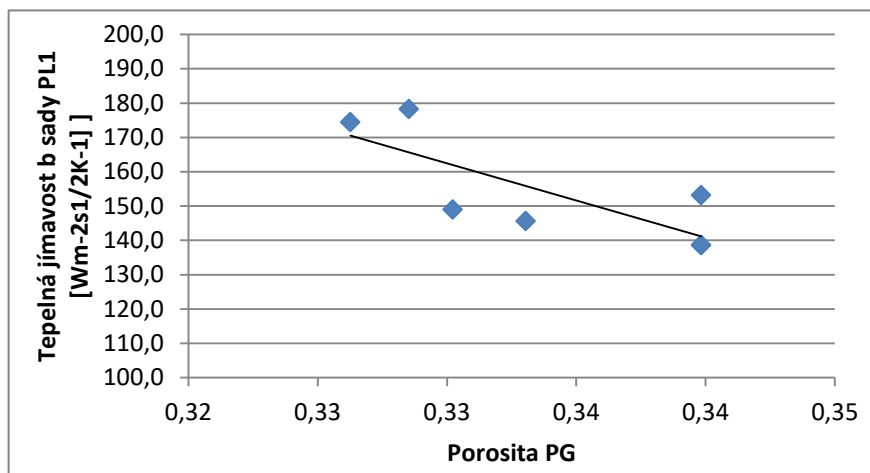
Příloha 21 Porovnání korelací jednotlivých souborů mezi PG a Ap



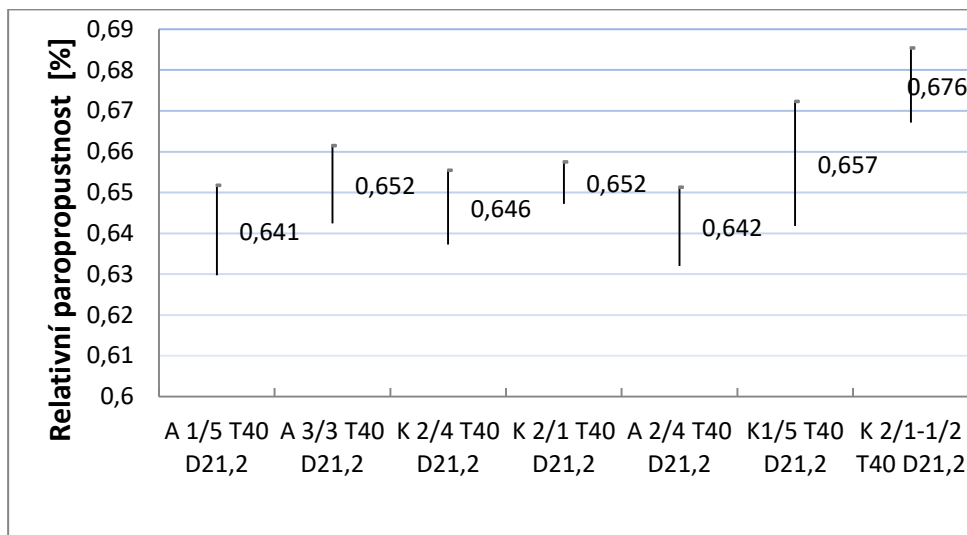
Příloha 22 Porovnání korelací jednotlivých souborů mezi PG a r



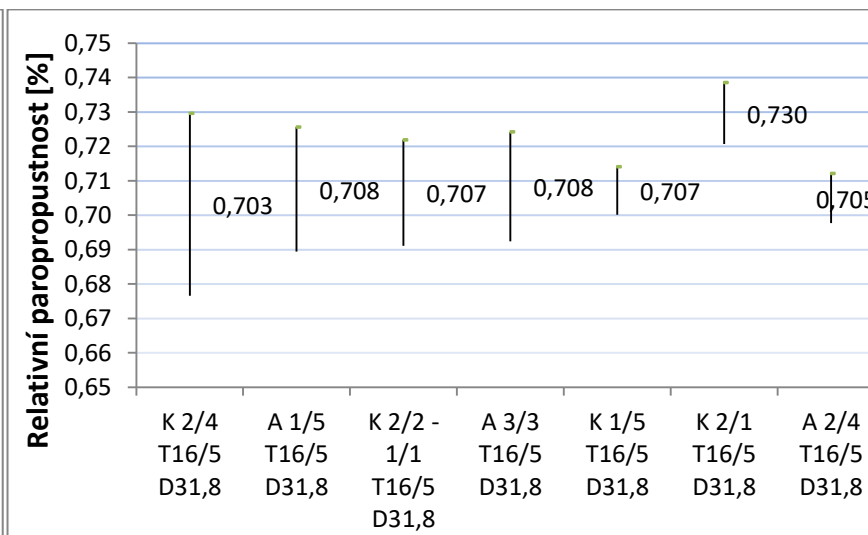
Příloha 23 Porovnání korelací jednotlivých souborů mezi PG a b



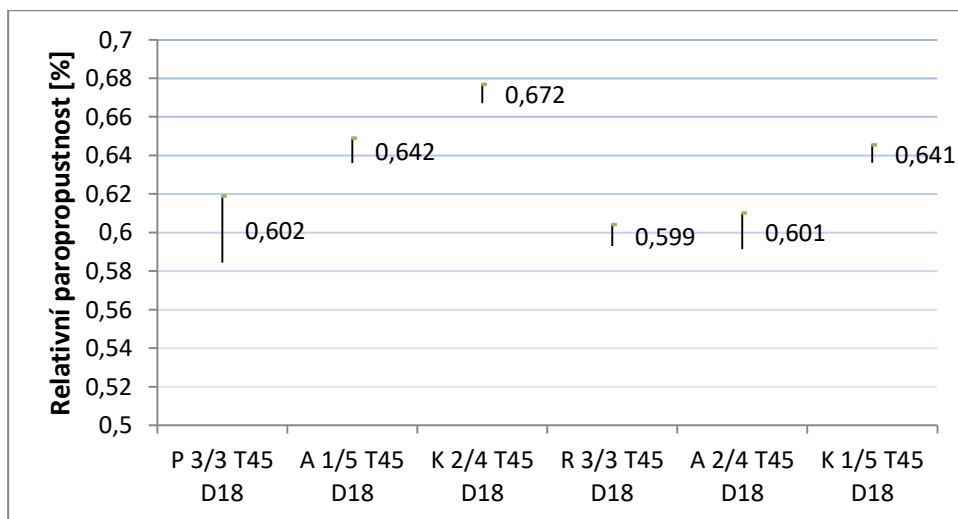
Příloha 24 5% IS střední hodnoty v souboru PL1 pro paro-propustnost



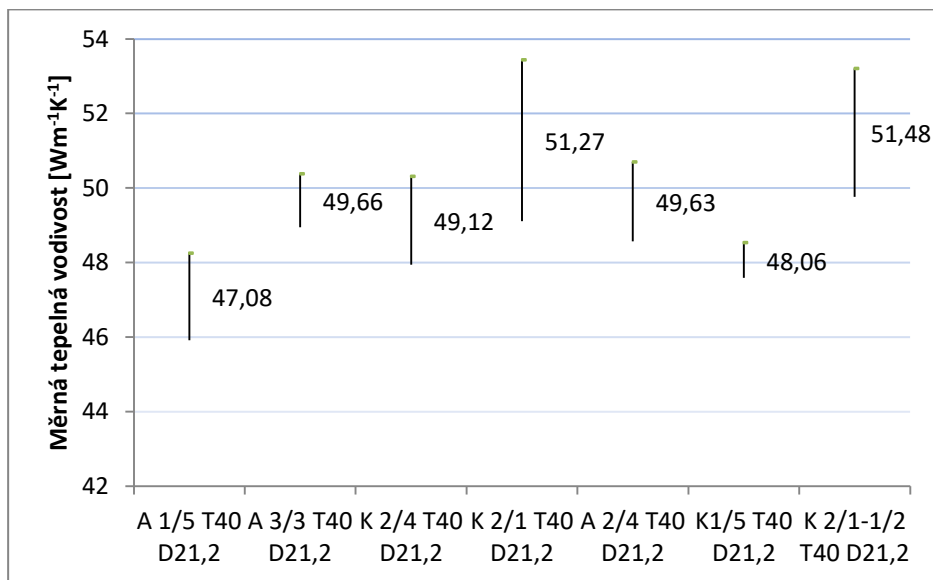
Příloha 25 5% IS střední hodnoty v souboru PL2 pro paro-propustnost



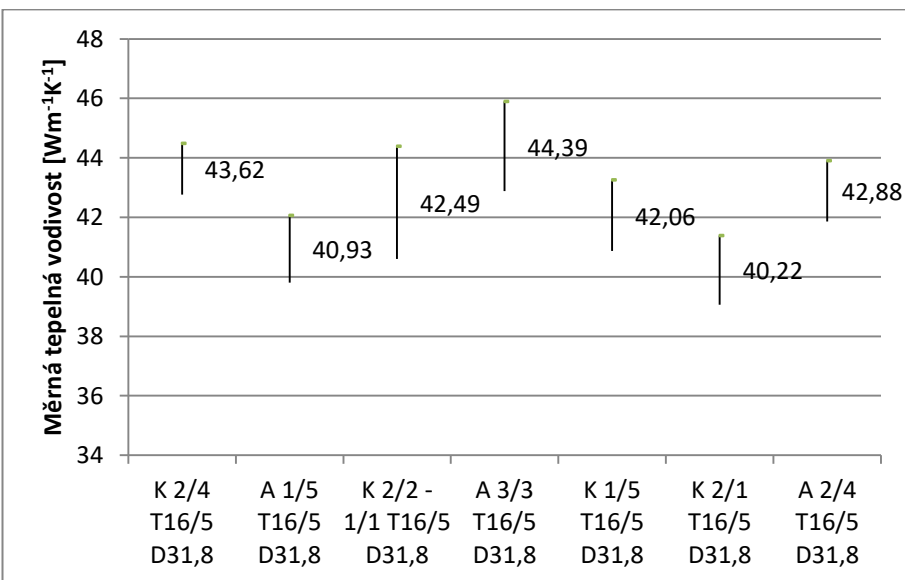
Příloha 26 5% IS střední hodnoty v souboru PP/CO pro paro-propustnost



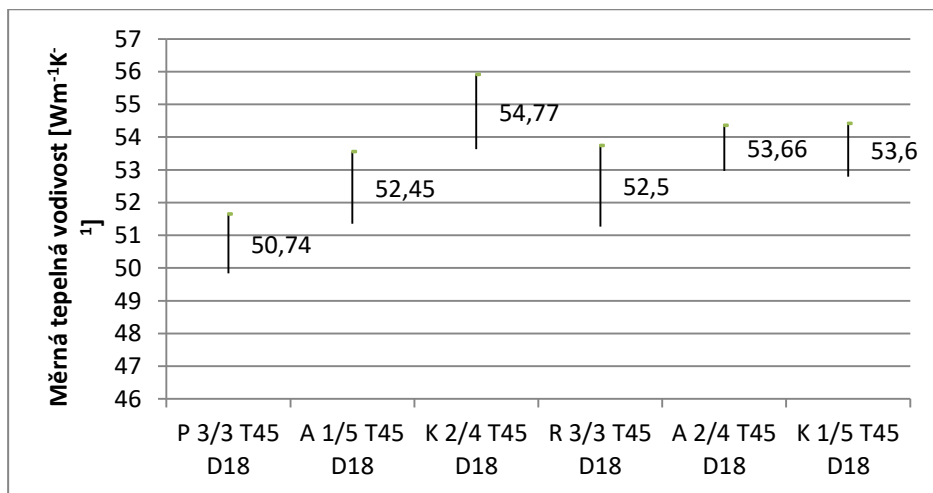
Příloha 27 5% IS střední hodnoty v souboru PL1 pro měrnou tepelnou vodivost



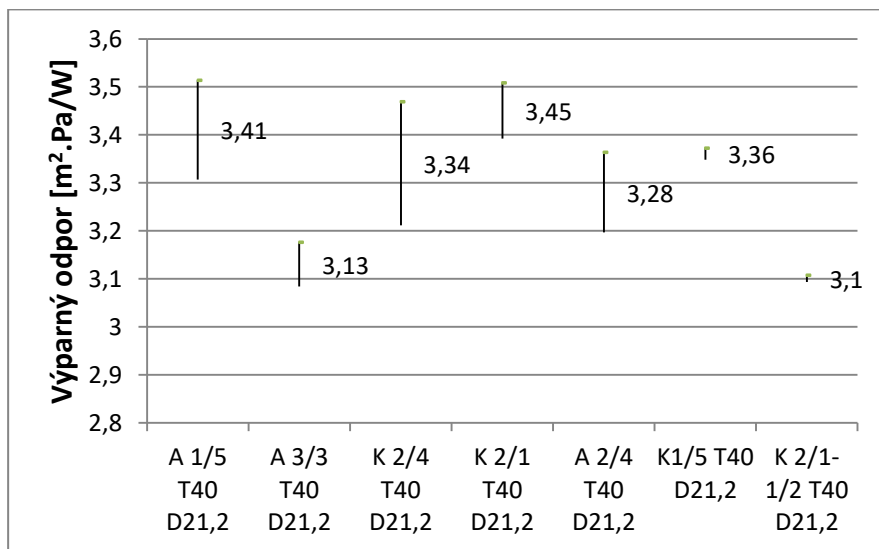
Příloha 28 5% IS střední hodnoty v souboru PL2 pro měrnou tepelnou vodivost



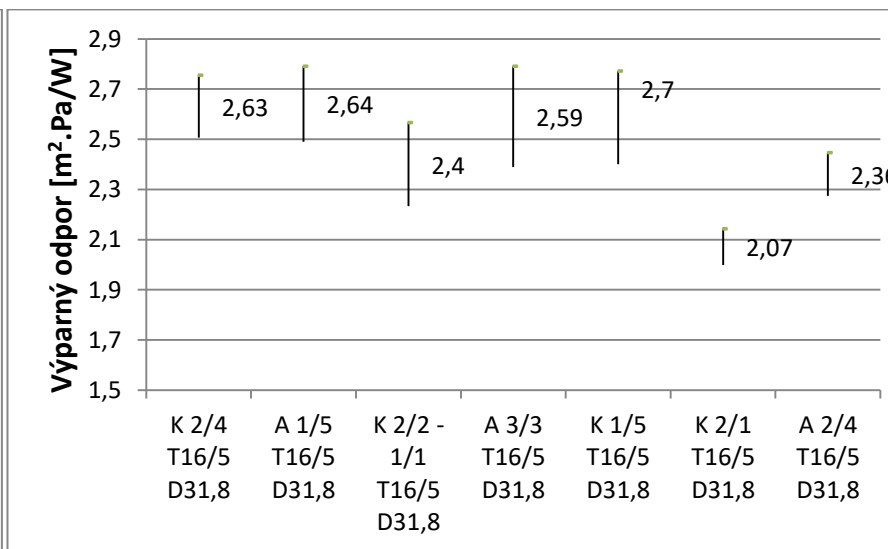
Příloha 29 5% IS střední hodnoty v souboru PP/CO pro měrnou tepelnou vodivost



Příloha 30 5% IS střední hodnoty v souboru PL1 pro výparný odpor



Příloha 31 5% IS střední hodnoty v souboru PL2 pro výparný odpor



Příloha 32 5% IS střední hodnoty v souboru PP/CO pro výparný odpor

