TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní

VLIV KONSTRUKCE A MATERIÁLOVÉHO SLOŽENÍ NA PAROPROPUSTNOST TKANIN

Bakalářská práce

Studijní program: B3107 – Textil
Studijní obor: 3107R007 – Textilní marketing

Autor práce: **David Malý**
Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.

Liberec 2015

TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering

THE INFLUENCE OF DESING AND MATERIAL COMPOSITION ON WATER VAPOUR PERMEABILITY OF FABRICS

Bachelor thesis

Study programme: B3107 – Textil
Study branch: 3107R007 – Textile marketing - textile marketing

Author: **David Malý**
Supervisor: doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.

Liberec 2015

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní
Akademický rok: **2014/2015**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**David Malý**
Osobní číslo:	**T12000195**
Studijní program:	**B3107 Textil**
Studijní obor:	**Textilní marketing**
Název tématu:	**Vliv konstrukce a materiálového složení na paropropustnost tkanin**
Zadávající katedra:	**Katedra hodnocení textilií**

Zásady pro vypracování:

1) Proveďte literární rešerši na téma paropropustnost.
2) Navrhněte experiment s ohledem na konstrukci tkanin. Zaměřete se na materiálové složení, dostavu a zakrytí.
3) Získaná data analyzujte. Vysvětlet vliv jednotlivých parametrů.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Hes, L. Sluka, P. Úvod do komfortu textilií. Vydal: Technická univerzita v Liberci, 2005.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.**
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání bakalářské práce: **24. října 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **14. května 2015**

Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka

L.S.

Technická univerzita v Liberci Fakulta textilní

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

V Liberci dne 16. března 2015

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou 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 bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou 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.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

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

Datum: 12. 5. 2015

Podpis:

PODĚKOVÁNÍ

Tímto způsobem bych chtěl velice poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Vladimíru Bajzíkovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady, připomínky, ochotu, vstřícnost a za věnovaný čas, který mi při zpracovávání této práce věnoval. Dále bych tímto způsobem rád poděkoval všem dotyčným, u kterých jsem hledal radu a pomoc.

Děkuji také své rodinně a svým nejbližším přátelům za neustálou podporu a trpělivost při mých studiích.

ANOTACE

Tato bakalářská práce je zaměřena na zjištění vlivu konstrukce a materiálového složení na paropropustnost tkanin

V práci se uskutečnilo měření paropropustnosti tkanin, které byly vyrobeny ze 100% polyesteru, lyocellu a polypropylénu. Tkaniny byly vyrobeny ve vazbě plátnové, keprové a atlasové. Měření se realizovalo na přístroji Permetest. Z konstrukce tkaniny bylo spočítáno zaplnění a následně se porovnaly vztahy mezi strukturou tkaniny a paropropustností. Vliv zaplnění na paropropustnost se nejvíce projevil u vzorků s plátnovou vazbou.

Výsledky výpočtů a měření jsou zpracované v tabulkách a znázorněny v grafech.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Konstrukce, paropropustnost, Permetest, celkové zaplnění,

ANNOTATION

The Bachelor thesis is aimed at finding out the influence of construction and material composition on vapour permeability of fabrics.

There was realized a measurement of vapour permeability of single fabrics which were made from 100% polyester, lyocell and polypropylene. These fabrics were created in plain, twill, and satin weave. The measurement was gauged by the Permetest machine. The filling was calculated from the construction of a fabric. Then, the relation between the structure of a fabric and vapour permeability was compared. The influence of filling on the vapour permeability was noticed the most with the samples with plain weave.

KEY WORDS:

Construction, vapour permeability, Permetest machine, total filling,

Obsah

1 Úvod 11
2 TEORETICKÁ ČÁST 12
2.1 Komfort 12
2.2 Rozdělení komfortu 12
2.3 Fyziologické pohodlí 14
2.4 Propustnost vodních pár 15
2.5 Transport vlhkosti 15
2.5.1 Kapilární způsob transportu 16
2.5.2 Migrační způsob transportu 17
2.5.3 Difuzní způsob transportu 17
2.5.4 Sorpční způsob transportu 18
2.6 Permetest 18
2.7 Výpočet termofyziologických vlastností z naměřených hodnot 19
2.7.1 Stanovení relativní paropropustnosti 19
2.7.2 Stanovení výparného odporu 20
2.7.3 Stanovení tepelného odporu 20
2.8 Human Skin Simulation 20
2.9 PSM – 2 21
3 Praktická část 23
3.1 Postup měření 23
3.2 Vazby vzorků 23
3.2.1 Plátno 23
3.2.2 Kepr 24
3.2.3 Atlas 24
3.3 Popis jednotlivých vzorků materiálově 25
3.3.1 Polyester 25
3.3.2 Lyocell 26
3.3.3 Polypropylén 27
3.4 Polyesterové vzorky 28
3.5 Lyocellové vzorky 31
3.6 Polypropylénové vzorky 33
3.7 Příze 35

3.7.1 Průměr příze 35
3.7.1.1 Výpočet průměru příze 36
3.8 Měrná hmotnost 36
3.9 Jemnost 37
3.10 Zaplnění 38
3.11 Výsledky průměru příze 38
3.12 Zakrytí tkaniny 39
3.13 Výpočty zaplnění tkaniny jednotlivých materiálů 40
3.14 Závislost výparného odporu na celkové zaplnění tkaniny 43
4 Závěr 46
5 Použitá literatura 47
6 Seznam grafů 50
7 Seznam obrázků 50
8 Seznam tabulek 50

Vysvětlivky symbolů

D [mm] – průměr příze

D_o [m] – dostava osnovní nitě

d_o [m]– průměr osnovní nitě

H [W] – výhřevnost

m [g] – hmotnost nitě

l [km] – délka nitě

P [%] – relativní propustnost pro vodní páry

P_a [Pa] – parciální vodní tlak ve vzduchu

P_k [Pa] – parciální tlak páry na pokožce

P_m [Pa] – nasycený parciální tlak vodní páry

Po [Pa] – parciální tlak páry v okolním vzduchu

q_o [w/m^2] – tepelný tok procházející měřicí hlavicí nezakrytým vzorkem

q_v [w/m^2] – tepelný tok procházející měřicí hlavicí zakrytým vzorkem

R_{et} [m^2.Pa/W] – výparný odpor

R_{et} [m^2.K/W] – tepelný odpor

r.v. [%] – vlhkost vzduchu

T [tex] – jemnost příze

T_a [ºC] – teplota vzduchu ve zkušebním prostoru

T_m [ºC] – teplota měřicí jednotky

T_s [ºC] – teplota tepelného chrániče

v_a [m/s] – rychlost proudění vzduchu nad povrchem zkušebního textilního materiálu

V [m^3] – objem vláken

V_c [m^3] – objem nitě

Z [1] – celkové zaplnění tkaniny

Z_o [1] – zakrytí osnovních nití

Z_u [1] – zakrytí útkových nití

μ [1] – zaplnění příze

ρ [$kg.\,m^{-3}$] – měrná hmotnost vlákenného materiálu

1 Úvod

Paropropustnost je jedna z mnoha důležitých vlastností, které určujeme u tkanin. Tato vlastnost souvisí úzce se strukturou tkanin, která je daná při výrobě. Struktura tkanin je rozsáhlý a složitý pojem, který lze rozdělit do podskupin, jimiž mohou být jednotlivé charakteristiky nití a jejich materiálové složení, jemnost nití, průměr nití a technologická výroba. Dále to mohou být vlastnosti tkaniny jako například vazba tkaniny, dostava osnovních i útkových nití, zaplnění a zakrytí tkaniny a plošná hmotnost tkaniny. Všechny tyto uvedené strukturální vlastnosti mohou ovlivnit jak výslednou vlastnosti tkanin, tak i paropropustnost tkanin.

Velký vliv na paropropustnost mají i finální úpravy, které se aplikují při zušlechťování, což je proces, při kterém výsledná tkanina dostává požadované vlastnosti jako například vzhled, lesk, pevnost a omak. Všechny výše uvedené vlastnosti a finální úpravy mohou ovlivnit paropropustnost tkaniny.

Tato práce se zaměřuje na vliv konstrukce a materiálového složení na paropropustnost tkanin. Paropropustnost je schopnost materiálu umožnit vodním párám průchod skrze materiál a byla naměřena na tkaninách o materiálovém složení polyesteru, lyocellu a polypropylenu.

Práce je rozdělena na praktickou a teoretickou část. V teoretické části se zaměřuji na komfort a jeho rozdělení, fyziologické pohodlí oděvu, které určuje ideální podmínky během nošení oděvu, mechanické a kontaktní vlastnosti textilního materiálu, propustnost vodních pár a transport vodní páry. V této části také popisuji přístroje na měření paropropustnosti.

V praktické části jsou popsány naměřené vzorky, jejich materiálové složení a vazba. Dále zde uvádím postup a výsledky měření na přístroji Permetest, které jsou pro přehlednost uvedeny v tabulkách i grafech. Zmiňuji výsledky a výpočty průměru příze jednotlivých materiálů, zaplnění osnovních a útkových nití a celkové zaplnění tkaniny všech zkoumaných vzorků.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Komfort

V dnešní době má každý zákazník vysoké požadavky na zakoupený oděv, a proto musí oděv splňovat všemožné požadavky jako například tepelně-izolační vlastnosti, prodyšnost vodních pár nebo příjemnost oděvu během nošení. Zákazník je ochoten připlatit, aby všechny jeho požadavky byly splněny. V případě zakoupení levnějšího oděvu se zákazník většinou smíří s nenaplněním všech svých požadavků.

Komfortní vlastnosti, jako jsou paropropustnost a tepelný odpor u oděvu, lze rychle změřit na přenosném přístroji Permetest. Málokterý zákazník si nechá zakoupený oděv otestovat v laboratoři za účelem zjištění, zda splňuje požadovanou kvalitu uvedenou výrobcem. Díky přístroji můžeme tedy zjistit kvalitu prodejních výrobků na trhu a odhalit, jestli výrobce klame svého zákazníka.

„Komfort je stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimu a kdy okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané našimi smysly. Subjektivně je tento pocit brán jako pocit pohody. Nepřevládají pocity tepla ani chladu, je možné v tomto stavu setrvat a pracovat.

Komfort je vnímán všemi lidskými smysly kromě chuti, v následujícím pořadí důležitosti: hmat, zrak, sluch, čich.

Při diskomfortu mohou nastat pocity tepla nebo chladu. Pocity tepla se dostavují při větším pracovním zatížení nebo při působení teplého a vlhkého klimatu. Pocity chladu se dostavují především jako reakce na nízkou teplotu klimatu nebo nízké pracovní zatížení.“ [1]

2.2 Rozdělení komfortu

Komfort lze rozdělit na komfort psychologický, senzorický, termofyziologický a patofyziologický.

Psychologický komfort se dále dělí podle jednotlivých hledisek, do kterých patří hledisko:

- ekonomické, které zahrnuje například přírodní podmínky obživy, úrovně technologie a politický systém,
- historické, podle kterého mají lidé sklon kupovat výrobky vytvořené z přírodních materiálů; důležitá je tradice životního stylu a módy,

- kulturní, které zahrnuje zvyky, náboženství, tradice a obřady,
- sociální, které zohledňuje věk, vzdělání, sociální třídu a kvalifikaci,
- klimatické, které dennímu oblečení udává respekt k tepelně-klimatickým, geograficky podmíněným podmínkám. [1]

Senzorický komfort zahrnuje vjemy a pocity člověka vyvstanuvší při styku pokožky s textilním materiálem. Tyto pocity mohou být příjemné (pocit měkkosti, splývavosti) nebo nepříjemné (tlak, pocit vlhkosti, škrábání). Dále se dělí na jednotlivé podskupiny; na omak a komfort nošení.

Omak je subjektivní veličina, která je špatně měřitelná. Lze jí charakterizovat jednotlivými vlastnostmi: hladkost, tuhost, objemnost a tepelně kontaktní vjem.

Do komfortu nošení se zahrnuje povrchová struktura použitých textilií a schopnost textilií absorbovat a transportovat plynnou či kapalnou vlhkost s dopadem na své kontaktní vlastnosti. [1]

Termofyziologický komfort je založen na dvou základních parametrech a jimi jsou tepelný a výparný odpor. Termofyziologický komfort nastává za těchto optimálních podmínek:

- teplota pokožky 33–35 °C,
- relativní vlhkost vzduchu 50±10 %,
- rychlost proudění vzduchu 25±10 $cm.s^{-1}$,
- obsah CO_2 0,07 %,
- nepřítomnost vody na pokožce.

Je tedy nutné sestavovat oděvy tak, aby jejich schopnost přenosu tepla, kapalné i plynné vlhkosti a někdy i vzduchu zajišťovala při nošení zmíněné optimální hodnoty.[1]

Patofyziologický komfort je pocit při nošení oděvních textilií, který je ovlivněn odolností člověka proti účinkům chemických látek obsažených v textilii a podmínkami mikroorganismu na povrchu lidského těla. Patologické působení oděvu na pokožku může vyvolat dermatózu.[1] Toto kožní onemocnění může být způsobeno:

- drážděním, což je fyzikálně-chemický jev, který lze vyvolat u každého člověka. Podráždění vyvolávají látky, jako jsou soli, organická rozpouštědla nebo syntetické prací prostředky. Podráždění mohou také způsobit textilie s obsahem středně jemné nebo hrubé příze;

- alergií, což je individuální imunologický jev, který je zapříčen kontaktem s alergenem a který může být způsoben z textilního hlediska barvivy, pracími nebo dezinfekčními prostředky. [1]

Textilní oděv musí tedy být minimálně dráždivý a současně maximálně antibakteriálně účinný. Proti působení mikroorganismu se na textilní oděvy používají různé chemické úpravy jako například bakteriální nebo hygienická úprava. [1]

2.3 Fyziologické pohodlí

Pohodlí u oděvních materiálů je jedno z nejdůležitějších hledisek pro všechny výrobce a zvláště pro uživatele oděvů. K zajištění pohodlí je potřeba vyrovnat vlastnosti materiálů vůči organismu. Tyto vlastnosti mohu být ovlivněny vlhkostí vzduchu pod oblečením, vlhkostí kůže, teplotou vzduchu pod oblečením, teplotou kůže a množstvím oxidu uhelnatého pod oblečením.

Z hlediska uvedených vlivů jsou nejdůležitější vlastnosti oděvních materiálů z pohledu fyziologického, a to především propustnost a přeprava vodních pár, propustnost vzduchu a nepropustnost vody. Fyziologické pohodlí není pouze ovlivněno těmito vlastnostmi, ale mají na něj velký význam a vliv.

Fyziologické pohodlí nastává při optimálních podmínkách, kdy je:

- teplota 32 °C,
- relativní vlhkost 50 ± 10 %,
- proudění vzduchu 25 ± 10 cm/s.[1]

Přenos tepla a vlhkosti skrze oděvní materiály je komplikovaný problém. Závisí na teplotě těla, aktivitě, podmínkách životního prostředí člověka a na počtu vrstev oblečení. Přenos tepla je dynamický proces, který se může popsat jako kondukce tepla a transportu vlhkosti skrze póry v těle.

Moderní funkční oblečení tedy musí splňovat fyziologické vlastnosti, a proto se využívají tři vrstvy oblečení:

- První vrstva (spodní prádlo) plní funkci přenosu potu z kůže na oblečení.
- Druhá vrstva funguje jako tepelná izolační vrstva. Používá se fleece, což je speciální struktura, která obsahuje nehybný vzduch, jenž zajišťuje tepelnou izolační funkci. Některé z fleecových materiálů mají membránu, která částečně brání větru a vlhkosti.

- Třetí vrstva má za úkol fungovat jako bariéra mezi lidským organismem a vnějším prostředím. Jedna z nejdůležitějších vlastností třetí vrstvy je její nepropustnost vzduchu a odolnost vůči vodě, ale zároveň i propustnost vodních pár.

Polopropustný textilní materiál pracuje jako bariérový odpůrce vlhkosti a umožňuje také transport vodní páry. Základní princip je laminární membrána. Tento typ bariérového textilního materiálu pracuje pouze v případě rozdílu dílčího tlaku na obě strany textilie. Bariérové textilní materiály mají dobrou ochranu proti vodě, ale také dobrou propustnost a přepravu vodních pár. [25]

2.4 Propustnost vodních pár

Propustnost vodních pár u textilií je schopnost propouštět skrze plošný materiál vlhkost ve formě vodní páry z prostoru uzavřeného textilií. Propustnost vodních pár se udává v procentech. Propustnost stanovuje míru schopnosti textilie neklást odpor při vzniku vlhkosti na povrchu lidského těla v podobě úniku páry do okolního prostředí. Pro propustnost vodních pár platí: [12]

$$P = 100\frac{q_v}{q_o}, \tag{1}$$

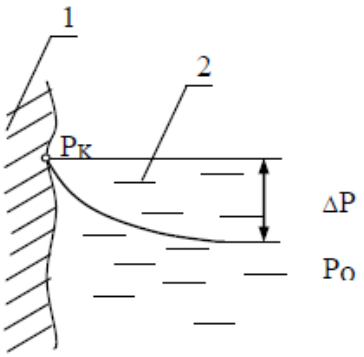
kde P představuje relativní propustnost pro vodní páry, q_v je tepelný tok procházející měřicí hlavicí zákrutu vzorkem [w/m^2] a q_o je tepelný tok procházející měřicí hlavicí nezakrytým vzorkem [w/m^2]. [13]

2.5 Transport vlhkosti

Vlhkost má formu vodní páry, která je odváděna z lidského těla pomocí potních žláz na povrch pokožky. Lidský organismus v rámci své termoregulační činnosti produkuje vodu ve formě potu. Při teplotě kůže do 34 ºC uvolňuje lidské tělo do okolí asi 0,03 $l.h^{-1}$ potu a nad teplotu 34 ºC uvolňuje až 0,7 $l.h^{-1}$. [1]

Při samotném procesu tepelné regulace lidského organismu je teplo odváděno z pokožky pomocí samotného pocení. Odpařování potu závisí na různých zátěžových situacích. Při odpaření 1 litu potu tělo ztratí přibližně 2,4 MJ tepla. Tím pádem nastává

podmínka, aby okolní prostředí bylo způsobilé přijmout velké množství vodní páry. To znamená, aby rozdíl parciálních tlaků, určujících rychlost odvodu vlhkosti, byl co nejvyšší. [2]



Obrázek č. 1: Odvod vlhkosti z volného povrchu kůže odparem [2]

1 – pokožka

2 – venkovní vzduchová vrstva

$\Delta P = P_k - Po$

P_k – parciální tlak páry u pokožky

Po – parciální tlak páry v okolním vzduchu

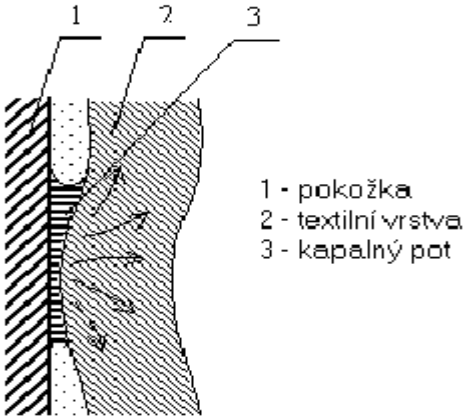
Jestliže se sníží výše zmíněný rozdíl, odvod vlhkosti klesá a účinek ochlazení systému mizí. To vše za předpokladu, že organismus není oblečen. Za předpokladu, že je organismus oblečen, tento systém pracuje podle jiných principů a vlhkost je odváděna z povrchu kůže několika jinými způsoby, konkrétně transportem [2]

- kapilárním,
- migračním,
- difuzním,
- sorpčním.

2.5.1 Kapilární způsob transportu

Kapilární odvod potu spočívá v tom, že kapalný pot ulpívající na kůži je odsáván první vrstvou daného textilního výrobku a jejími kapilárními cestami vzlíná do její plochy všemi směry. Jedná se o takzvaný knotový efekt. [2]

Kapilární odvod je závislý na schopnosti smáčení textilie, na povrchovém napětí vláken a potu. U směsových textilií navíc rozhoduje podíl vláken s vyšší a nižší smáčivostí. [2]



Obrázek č. 2: Odvod potu první textilní vrstvou [2]

2.5.2 Migrační způsob transportu

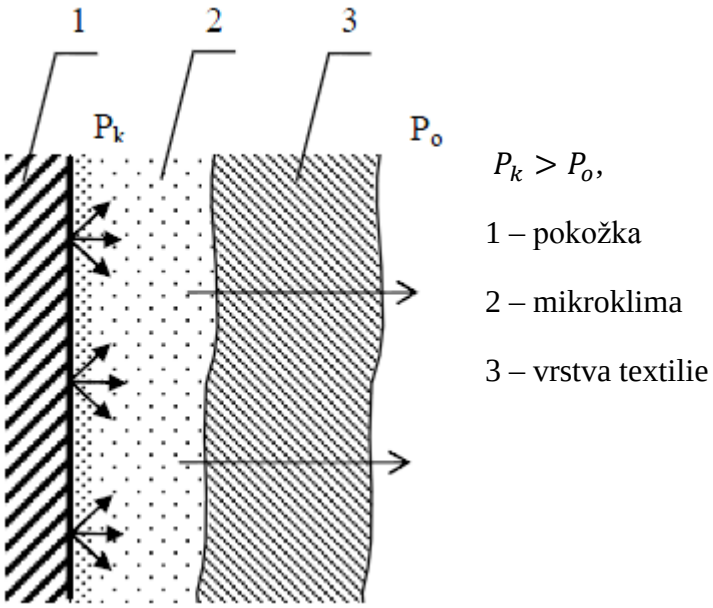
Migrační odvod vlhkosti probíhá na povrchu vláken v textilním materiálu. Vrstva oděvního výrobku se nachází na teplotním spádu mezi teplotou těla a teplotou okolí, proto za těchto podmínek dochází k zhuštění vlhkosti na povrchu vláken. Vlhkost migruje po povrchu vláken nebo je odváděna do kapilár.

K migraci může docházet i u vody, která byla do textilie transportována kapilaritou. Toto nastává u vláken, které nepřijímají do své struktury vodu, a tím pádem nejsou schopna nasáklivosti. [2]

2.5.3 Difuzní způsob transportu

Difúzní odvod vlhkosti z povrchu kůže je uskutečňován pomocí pórů přes textilní materiál. Póry se podílejí na kapilárním odvodu svou velikostí a nestejnoměrností. Vlhkost prostupuje textilním materiálem ve směru nižšího parciálního tlaku vodní páry.

Oděv je složen z několika vrstev, jako je třeba podšívka, oděvní vložka atd. Difúzní odpor jednotlivých vrstev s různými kvalitami a třídami v textilních výrobcích se sčítá, přičemž velkou roli hraje i odpor vzduchu mezivrstvami.[1]



Obrázek č. 3: Difuzní prostup vlhkosti [2]

2.5.4 Sorpční způsob transportu

Sorpční proces přepokládá, že nejdříve vnikne vlhkost či kapalný pot do neuspořádatelných mezimolekulárních oblastí ve struktuře vlákna a poté se naváže na hydrofilní skupinu v molekulové struktuře. Tento proces je jeden z nejpomalejších oproti třem výše zmíněným způsobům a je závislý na textilním materiálu se sorpčním vláknem. [2]

Proces kapilární odvádí pot jako vodu, procesy difuzní, migrační a sorpční odvádí pot jako kapalinu, a tak i vodní páry, jejichž seskupení v mikroklimatu způsobuje pocit nepohodlí. Pro pohodlí organismu a pocitu komfortu je nejvhodnější seskupení způsobů difuzního a sorpčního. [2]

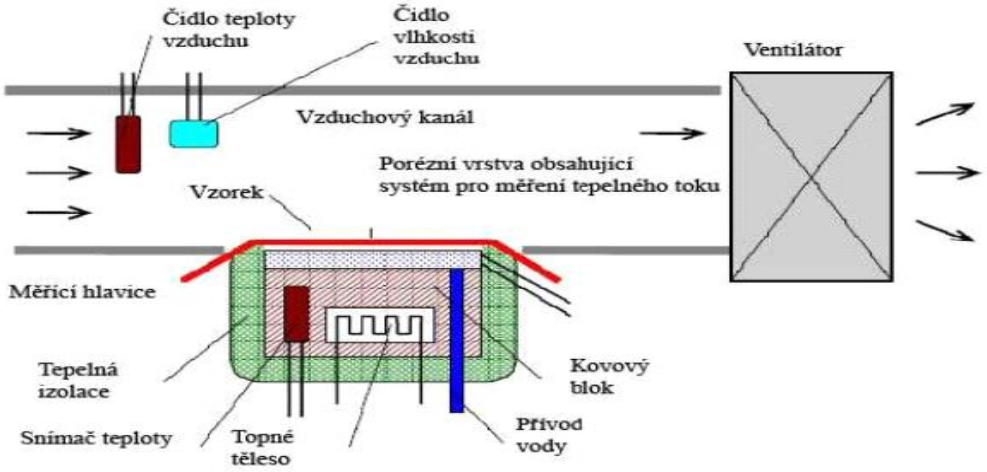
2.6 Permetest

Přístroj Permetest umožňuje rychlé a nedestrukční měření paropropustnosti a tepelného odporu textilních materiálů. Výhodou tohoto přístroje je krátká doba měření a měření je možné provádět v běžných klimatických podmínkách.

Přístroj malých rozměrů je založen na přímém měření tepelného toku q, který prochází povrchem tepelného modelu tzv. SKIN MODEL. Povrch modelu je porézní a zavlhčován, čímž se simuluje funkce ochlazování (pocením). Měřený vzorek textilie je na tento povrch přiložen přes separační fólii. Vnější strana vzorku je ofukována.

Při měření hlavice (skin model) je pomocí elektrické topné spirály a regulátoru udržován v okolí vzduch o teplotě 20–23 ºC, který se do přístroje nasává pomocí ventilátorů. Tímto jsou zjištěny izotermické podmínky měření. Při měření se pak vlhkost v porézní vrstvě mění v páru, která přes separační fólii prochází vzorkem. Příslušný výparný tepelný tok je měřen speciálním snímačem a jeho hodnota je přímo úměrná paropropustnosti textilního materiálu nebo nepřímo úměrná jejímu výparnému odporu.

Při měření tepelného odporu textilního materiálu je suchá měřicí hlavice udržována na teplotě o 10– 20 ºC vyšší, než je teplota okolního vzduchu. Tepelný tok odváděný ze vzorku konvencí do okolního proudícího vzduchu je opět regulován. [1]



Obrázek č. 4: Schéma přístroje Permetest [1]

2.7 Výpočet termofyziologických vlastností z naměřených hodnot

2.7.1 Stanovení relativní paropropustnosti

Relativní paropropustnost vodních pár se značí p a vyjadřuje se v procentech, což je nenormovaný parametr. Tepelný tok představuje 100% vyvozený odpor q_o z volné vodní hladiny o stejném průměru, jaký má měřený vzorek. Zakrytím této hladiny měřeným vzorkem se tepelný tok sníží na hodnotu q_v. Pro relativní paropropustnost tedy platí [3]

$$p = 100 * \left(\frac{q_v}{q_o}\right) [\%] \qquad (2)$$

2.7.2 Stanovení výparného odporu

Parciální vodní tlak ve vzduchu P_a je stanoven z relativní vlhkosti vzduchu φ a teploty t_a. Parciální tlak páry ve stavu nasycení P_m je funkcí teploty vzduchu a je přímo naprogramován v počítači přístroje. Je dán rovnicí: [3]

$$\mathrm{Ret} = (P_m - P_a) * (q_v^{-1} - q_o^{-1})[m^2.\,Pa/W] \qquad (3)$$

2.7.3 Stanovení tepelného odporu

Tepelný odpor R_{ct} vystihuje odpor proti průniku tepla vzorkem při definované teplotě t_m jeho jedné strany (vnitřní) při přenosu tepla konvekcí z jeho druhé strany (vnější) do vzduchu o teplotě t_a, přičemž tepelný odpor této vnější mezní vrstvy se odečítá. Tepelný odpor pro hladký měřicí povrch se odečítá, zatímco pro povrch skutečné textilie, který je drsný, a proto odlišný, je tato hodnota tepelného odporu jen přibližná, a platí proto tento vztah: [3]

$$\mathrm{Ret} = (t_m - t_a) * (q_v^{-1} - q_o^{-1})\,[m^2.\,Pa/W] \qquad (4)$$

2.8 Human Skin Simulation

Přístroj Human Skin Simulation je určen k měření paropropustnosti u textilních materiálů. Tento přístroj měří odolnost vůči vodním párám.

Přístroj má porézní desku, vyhřívanou a zvlhčenou, která simuluje lidskou kůži. Měření vychází ze závislosti odpaření vlhkosti a sledovaného tepelného toku. Jedná se o simulaci, která má napodobovat odpařování vlhkosti z lidské pokožky a následně její prostup skrze textilní materiál.

Výše zmíněná metoda může vyhodnotit propustnost vlhkosti v g/m2/24h. Přístroj může také vyhodnotit výsledky metodou Ret, která má fyzikální rozměry Pa.m2/W.

Čím vyšší hodnoty vycházejí u g/m2/24h, tím je lepší odvod vodních pár skrze textilní materiál. U metody Ret platí, že čím je nižší číslo Ret, tím je lepší propustnost vodních pár. [9, 10]

Samozřejmě praktická funkčnost z pohledu propustnosti vodních pár je neméně závislá na okolních jevech, jakou je teplota, vlhkost a proudění vzduchu.[11]

Obrázek č. 5: Přístroj Human Skin Simulation [11]

2.9 PSM – 2

Přístroj PSM – 2 slouží k měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním párám. Přístroj simuluje lidskou kůži za stanovených podmínek jak vlhkosti, tak i tepla.

Měření textilního materiálu se provádí v klimatizované laboratoři pomocí počítačového softwaru. Měřená plošná textilie je upevněna ve dvou rámečcích na měřicí podložce. Pro měření odolnosti vůči vodním párám je nutné vložit na měřicí desku celofánovou membránu a zakrýt ji víkem. V měřicím prostoru musí být udržována přesná teplota 35 ºC. Při měření prochází podložkou vodní pára též i u testovaného materiálu do vzduchového kanálu s kontaktním prouděním vzduchu o rychlosti 1 $[\mathrm{m.s^{-1}}]$. Řízení měření, monitorování podmínek a výpočty se provádějí pomocí počítače.

Obrázek č. 6: Přístroj PSM – 2 [11]

Měření tepelné odolnosti a měření odolnosti vůči vodním párám trvá 15 minut. Během této doby jsou vyhodnocovány hodnoty pomocí počítače a instalovaného softwaru.

Přístroj PSM – 2 vyhodnocuje následující veličiny:

- teplota tepelného chrániče T_s[ºC],
- teplota vzduchu ve zkušebním prostoru T_a[ºC],
- teplota měřící jednotky T_m[ºC],
- rychlost proudění vzduchu nad povrchem zkušebního textilního materiálu v_a[m/s],
- vlhkost vzduchu r.v.[%],
- výhřevnost H [W]. [11]

3 Praktická část

Praktická část bakalářské práce je zaměřena na měření paropropustnosti jednotlivých vzorků na výše zmíněném přístroji Permetest. Dále se v této části řeší jednotlivé výpočty pro průměr příze a celkové zaplnění tkaniny. Výsledky jednotlivých výpočtů jsou zobrazeny jak v tabulkách, tak i v obrázkách. Jednotlivé vzorky jsou zde popsány.

Vzorky nebylo zapotřebí jednotlivě stříhat na určité rozměry, byly vkládány do přístroje vcelku. Do přístroje se každý vzorek vkládal jednotlivě a měření bylo provedeno 10krát. Naměřené číselné údaje se zaznamenávaly na papír a následně vyhodnocovaly a zanášely do tabulek a grafů.

3.1 Postup měření

Jednotlivá měření se prováděla na Katedře hodnocení textilií v laboratoři na přístroji Permetest. Přístroj je umístěn v klimatické komoře, která zaručuje stálé klimatické podmínky pro měření, a to teplotu 24 ºC a vlhkost vzduchu 53 %.

Před každým měřením se přístroj musel nakalibrovat, aby vycházely přesné údaje o paropropustnosti. Každý vzorek byl jednotlivě vkládán vcelku do přístroje bez záhybu a nečistot. Vzorky byly měřeny z rubové strany a měření bylo prováděno na každém vzorku 10krát, aby vyšly přesnější údaje při výpočtech. Výsledné hodnoty jsou zaneseny v následujících tabulkách a grafech.

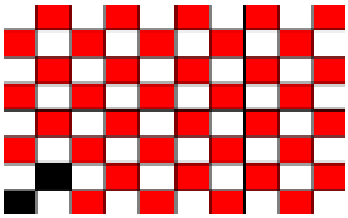
3.2 Vazby vzorků

Vzorky měly tři základní vazby a jimi jsou plátno, kepr a atlas.

3.2.1 Plátno

Plátnová vazba patří mezi základní vazby tkaniny. Je to nejjednodušší vazba tkaniny a vyznačuje se pravidelným střídáním osnovních a útkových vazných bodů ve střídě vazby v poměru 1:1. Ve střídě vazby jsou 2×2 vazné body, dva útkové a dva osnovní, proto je tato vazba oboustranná.

Vazba nevytváří žádný vzor na tkanině, proto se vzory na tkaninu nanáší buď potiskem, nebo se může vzorovat různými různobarevnými nitěmi. Obrázek č. 7 znázorňuje plátnovou vazbu.



Obrázek č. 7: Vazba plátnová [22]

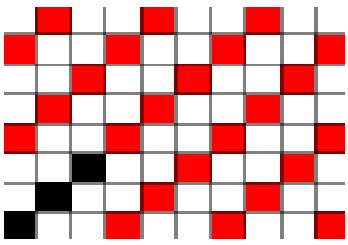
3.2.2 Kepr

Keprová vazba patří mezi základní vazby a je pro ni typické šikmé řádkování, které stoupá buď zleva doprava u pravého kepru, nebo zprava doleva u kepru levého.

Podle toho, které vazební body převažují ve vazbě, se nazývá kepr buď osnovní, nebo útkový. U osnovního kepru se útkové vazební body, kterých je ve střídě méně, navzájem dotýkají pouze v šikmém směru a vytvářejí ve střídě jeden jednoduchý řádek útkových vazných bodů. U útkových keprů je to přesně naopak, šikmé řádkování vytváří osnovní vazné body.

Nejmenší střída kepru základního je 3×3 vazné body. Pro základní keprovou vazbu se používá také výraz buď jednořádkový, nebo víceřádkový kepr.

Vazby se značí písmenem K. Počet vazných bodů útkových a osnovních ve střídě se vyjadřuje ve zlomku; v čitateli se nachází počet osnovních bodů a ve jmenovateli je počet útkových bodů. Nadále se značí ještě směr řádkování buď S, nebo Z. Označení S znamená levý kepr a Z značí pravý kepr. Obrázek č. 8 znázorňuje keprovou vazbu.



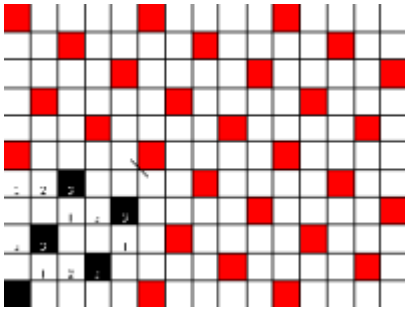
Obrázek č. 8: Vazba keprová [21]

3.2.3 Atlas

Atlasová vazba patří mezi základní vazby. Vytváří na tkanině hladký povrch s nevýrazným jemným šikmým řádkováním různého sklonu. Vazné body jsou ve střídě pravidelně rozmístěny a nesmí se navzájem dotýkat. To znamená, že u osnovního atlasu se nesmí navzájem dotýkat útkové vazné body. U útkového atlasu je to naopak. Atlas,

v němž je více osnovních bodů než útkových, se nazývá osnovní a atlas, v němž převažuje více útkových bodů než osnovních, se nazývá útkový.

Základní atlas s nejmenší střídou je 5×5 vazných bodů. Atlasové vazby se značí velkým písmenem A. Počet vazných bodů útkových a osnovních ve střídě se vyjadřuje ve zlomku, v čitateli se nachází počet osnovních bodů a ve jmenovateli je počet útkových bodů. Za zlomkem se uvádí postupné číslo, které udává, na kolikáté další osnovní niti je na následujícím útku vazný bod. Obrázek č. 9 znázorňuje atlasovou vazbu $\frac{1}{4}(3)$.



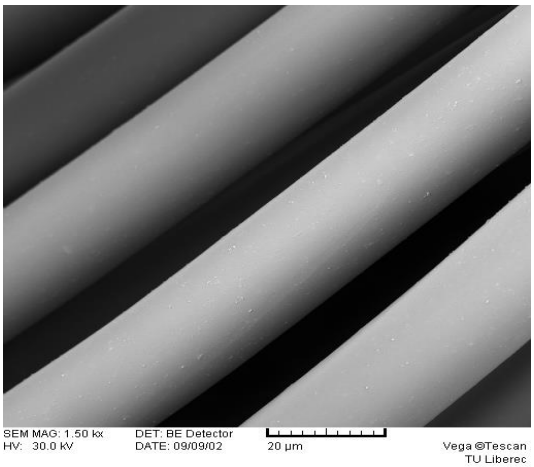
Obrázek č. 9: Vazba atlasová [23]

3.3 Popis jednotlivých vzorků materiálově

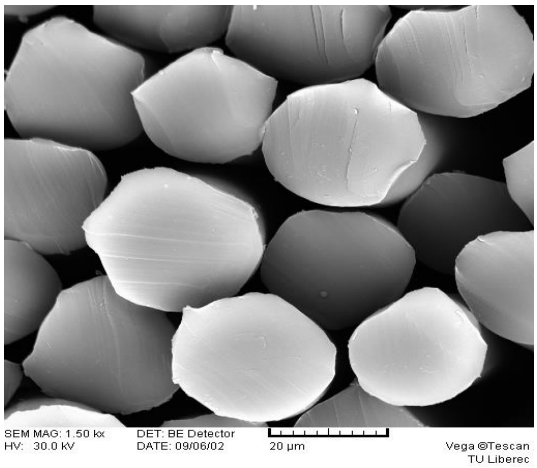
3.3.1 Polyester

Polyesterová vlákna jsou ze syntetických polymerů, které byly vyvinuty v 40. letech 19. století. Polymer vzniká ze dvou vstupních komponentů a jejich chemickou reakcí. Z reakce vznikne polykondenzát, který se následně zvlákňuje z tavné lázně do šachty. Dále se provádí dloužení a následně se sdružuje do kabel, které se řežou na střiž nebo se trhají na trhačce a vznikají bikomponentní vlákna.

Výhodou těchto vláken je velká pevnost za sucha i za mokra a velmi dobrá odolnost vůči chemikáliím. Tato vlákna se často směsují s jinými vlákny. Používají se na punčochy nebo podšívky. Rouna lze použít jako tepelně izolační vrstvu do oděvních výrobků. Polyesterová vlákna mají světoznámou značku a tou je PES.[4, 7]



Obrázek č. 10: Polyesterová vlákna [27]

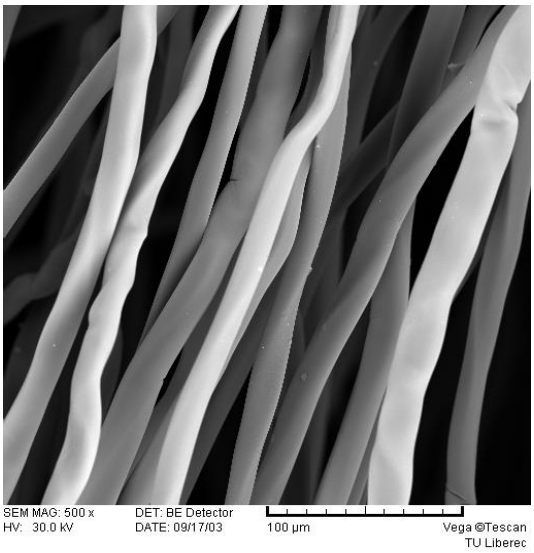


Obrázek č. 11: Polyesterová vlákna v příčném řezu [27]

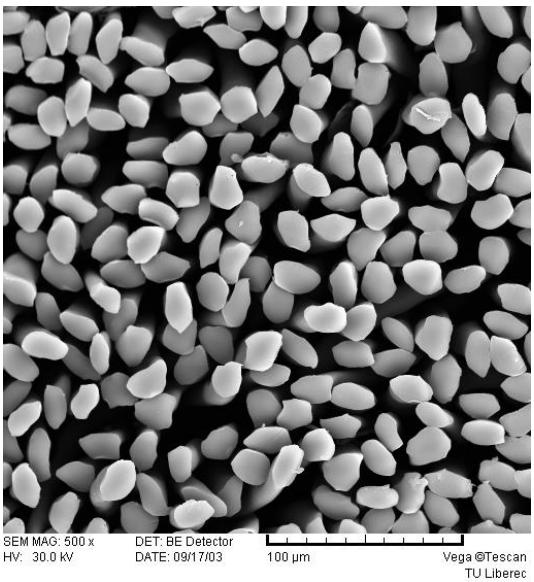
3.3.2 Lyocell

Lyocell je vlákno z regenerované celulózy, které se získává rozpouštěním a spřádáním v organickém rozpouštědle. Základní surovinou pro jeho výrobu je dubová nebo buková celulóza.

Vlastnosti lyocellu jsou především pevnost, příjemnost na omak a odolnost vůči vlhkosti. Těmito vlastnostmi se lyocell velmi hodí na přikrývky. Zkratka těchto vláken je CLY.[5, 6]



Obrázek č. 12: Lyocellová vlákna [26]



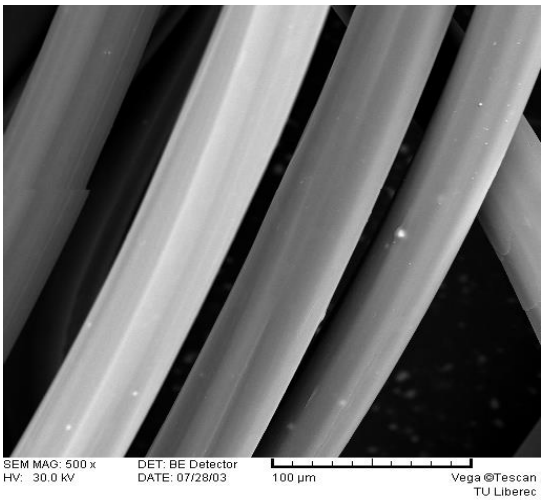
Obrázek č. 13: Lyocellová vlákna v příčném řezu [26]

3.3.3 Polypropylén

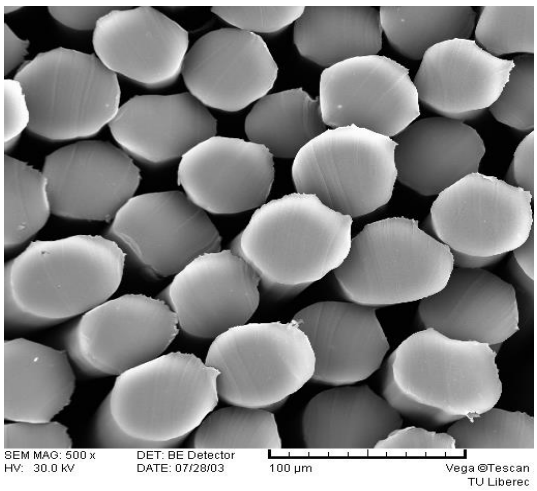
Polypropylénová vlákna jsou ze syntetických polymerů. Vyrábí se zvlákňováním z taveniny a následně se dlouží. Vlákna mají tvar kruhového průřezu, a proto jsou obtížně barvena. Starší zkratka polypropylénu je PP a novější, která se nyní používá, je POP.

Užitné vlastnosti polypropylenových vláken jsou nízká navlhavost, odolnost vůči oděru, vysoká odolnost vůči chemikáliím, vysoká pevnost, malá odolnost vůči UV záření a snadná tvarovatelnost.

Použití tohoto materiálu se uplatňuje v medicíně a sportovním a stavebním průmyslu (agrotextilie, geotextílie).[4, 7]



Obrázek č. 14: Polypropylénová vlákna [28]



Obrázek č. 15: Polypropylénová vlákna v příčném řezu [28]

3.4 Polyesterové vzorky

Následující tabulka č. 1 popisuje základní parametry hodnocených tkanin pro polyesterovou tkaninu.

Tabulka č. 1: Vzorky tkaniny polyesteru

Vzorek	Dostava osnovy	Dostava útku	Vazba
33	27	11,5	Kepr 3/1
31	27	17,5	Kepr 3/1
30	27	14,5	Kepr 3/1
27	36	16,5	Atlas 5/1
32	36	13,5	Atlas 5/1
26	36	19,5	Atlas 5/1
28	18	12	Plátno
29	18	16	Plátno
25	18	14	Plátno

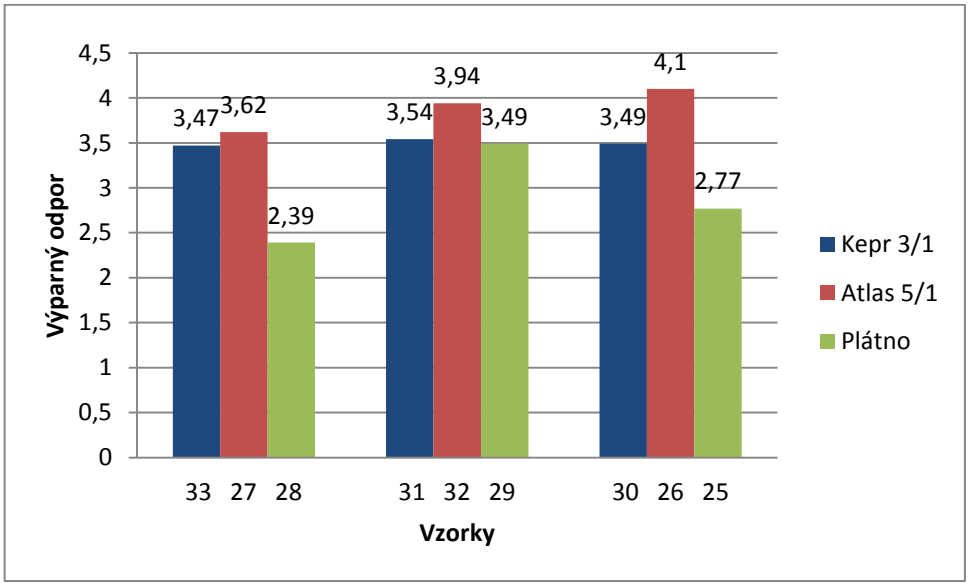
Níže vypracovaná tabulka č. 2 znázorňuje vypočítané základní statistické parametry z naměřených hodnot.

Tabulka č. 2: Statistické výpočty tkaniny polyesteru

Vzorky	Relativní paropropustnost [%]			Výparný odpor [Pa m^2W^{-1}]		
	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Variační koeficient	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
33	66,54	0,015	2,23	3,47	0.21	6,19
31	66,86	0,021	3,13	3,54	0,31	8,77
30	67,51	0,015	2,21	3,49	0,22	6,34
27	67,83	0,015	2,15	3,62	0,18	5,06
32	63,10	0,017	2,69	3,94	0,27	6,83
26	62,10	0,020	3,29	4,1	0,29	6,98
28	76,46	0,014	1,77	2,39	0,23	9,62
29	70,48	0,018	2,60	3,49	0,22	6,34
25	70,93	0,016	2,22	2,77	0,23	8,40

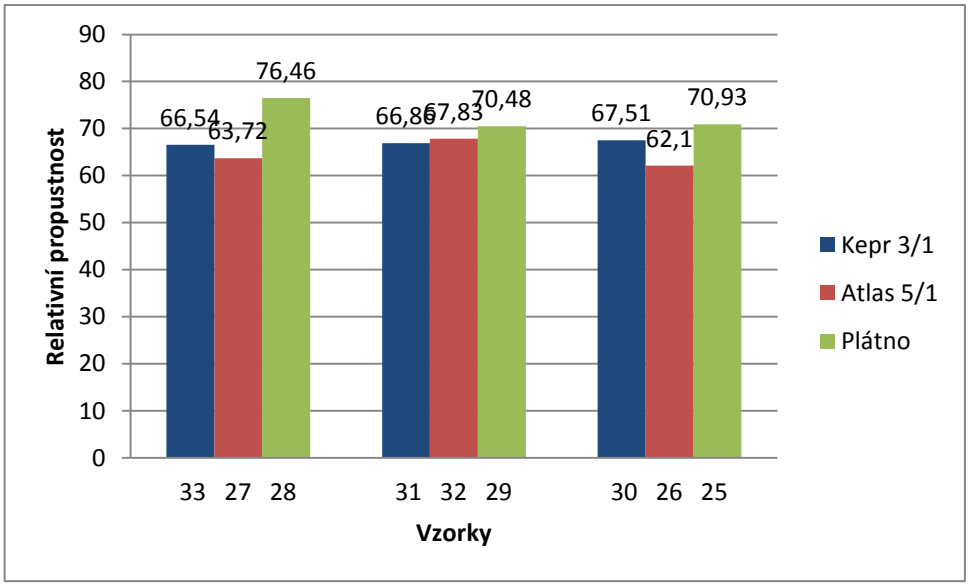
Graf č. 1 znázorňuje výsledky průměrné hodnoty z výparného odporu u polyesterových tkanin. Z grafu lze vyčíst, že největší hodnoty byly naměřeny u vzorků č. 32, 27 a 26, které mají atlasovou vazbu 5/1. Tyto vzorky mají i nejmenší výparný odpor, a naopak nejvyšší výparný odpor mají vzorky č. 29, 28 a 25 ve vazbě plátnové.

Čím je tedy hodnota výparného odporu vyšší, tím je propustnost pro vodní páry nižší, anebo naopak čím je hodnota výparného odporu nižší, tím je propustnost pro vodní páry vyšší.



Graf č. 1 Průměrná hodnota výparného odporu

Následující graf č. 2 znázorňuje výsledky průměrných hodnot u relativní propustnosti polyesterových tkanin. Z obrázku vyplývá, že největší hodnotu mají vzorky č. 29, 28 a 25 v plátnové vazbě. Tudíž tyto vzorky mají nejnižší relativní paropropustnost, a naopak vzorky č. 32, 27 a 26 v atlasové vazbě 5/1 mají relativní paropropustnost nejvyšší. Z grafu č. 2 je viditelné, že nejlepší relativní paropropustnost mají vzorky č. 32, 27 a 26.



Graf č. 2: Průměrná hodnota relativní paropropustnosti

3.5 Lyocellové vzorky

Následující tabulka č. 3 popisuje základní parametry hodnocených tkanin pro polypropylénovou tkaninu.

Tabulka č. 3: Vzorky tkaniny lyocell

Vzorek	Dostava osnovy	Dostava útku	Vazba
23	27	20	Kepr 3/1
21	27	17	Kepr 3/1
20	27	14	Kepr 3/1
19	36	22	Atlas 5/1
18	36	14	Atlas 5/1
16	36	16	Atlas 5/1
24	18	17	Plátno
22	18	13	Plátno
17	18	15	Plátno

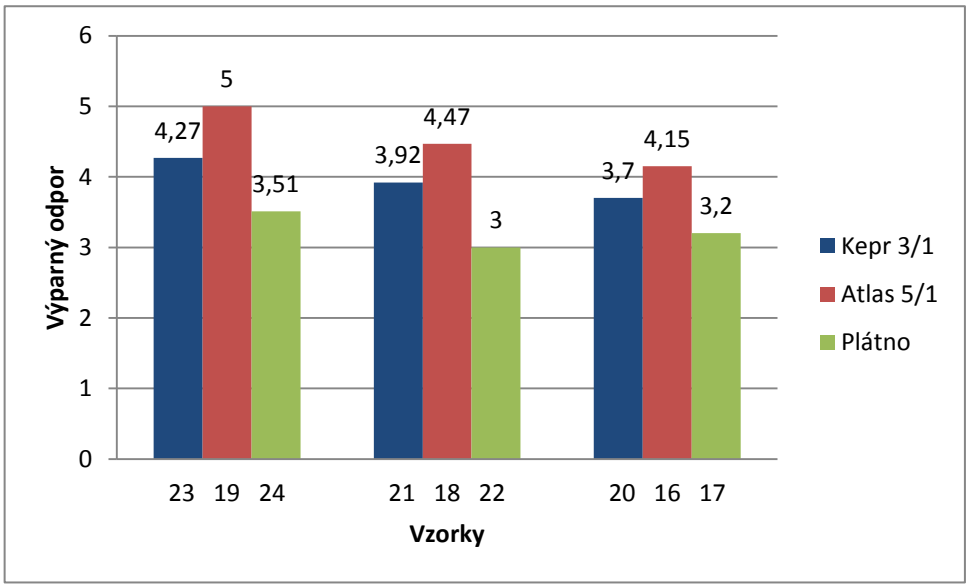
Níže vypracovaná tabulka č. 4 znázorňuje vypočítané základní statistické parametry z naměřených hodnot.

Tabulka č. 4: Statistické výpočty tkaniny lyocell

Vzorky	Relativní paropropustnost [%]			Výparný odpor [Pa m^2W^{-1}]		
	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Variační koeficient	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
23	61,55	0,013	2,04	4,27	0,22	5,14
21	63,56	0,015	2,38	3,92	0,25	6,43
20	65,05	0,023	3,53	3,7	0,33	9,04
19	57,65	0,013	2,17	5	0,29	5,87
18	59,48	0,017	2,80	4,47	0,28	6,25
16	60,62	0,010	1,67	4,15	0,19	4,48
24	66,05	0,016	2,46	3,51	0,22	6,30
22	69,36	0,027	3,84	3	0,35	11,64
17	67,29	0,012	1,75	3,2	0,22	6,85

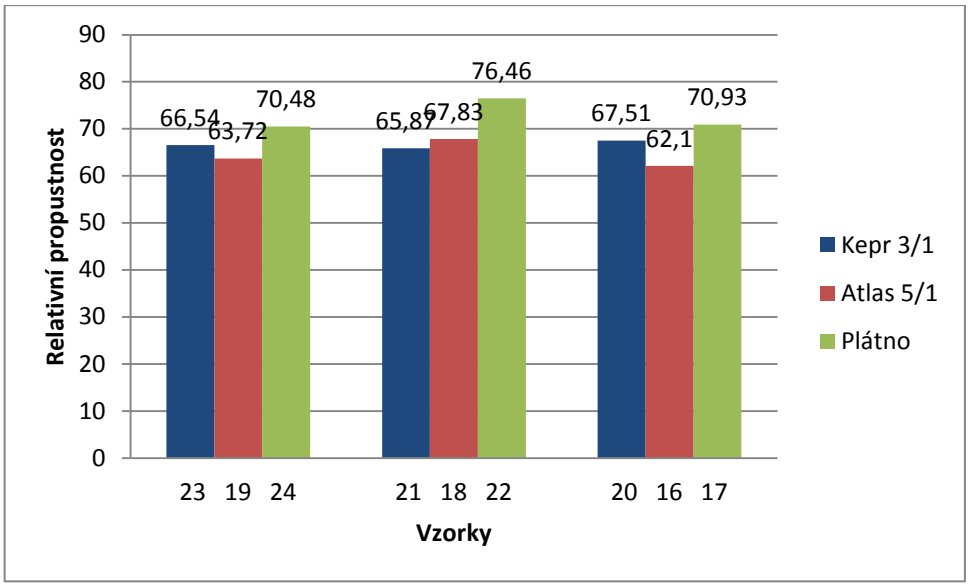
Graf č. 3 znázorňuje výsledky průměrné hodnoty z výparného odporu u lyocellových tkanin. Z grafu lze vyčíst, že největší hodnoty byly naměřeny u vzorků

č. 19, 18 a 16, které mají atlasovou vazbu 5/1. Tyto vzorky mají nejmenší výparný odpor, a naopak nejvyšší výparný odpor mají vzorky č. 24, 22 a 17 ve vazbě plátnové. Tedy čím je hodnota výparného odporu vyšší, tím je paropropustnost pro vodní páry nižší, anebo též naopak čím je hodnota výparného odporu nižší, tím je pro paropropustnost pro vodní páry vyšší.



Graf č. 3: Průměrná hodnota výparného odporu

Níže vypracovaný graf č. 4 znázorňuje výsledky průměrných hodnot u relativní paropropustnosti lyocellových tkanin. Z obrázku vyplývá, že největší hodnotu mají vzorky č. 24, 22 a 17 v plátnové vazbě. Tudíž tyto vzorky mají nejnižší relativní paropropustnost, a naopak vzorky č. 19, 18 a 16 v atlasové vazbě 5/1 mají relativní paropropustnost nejvyšší. Z grafu č. 4 je viditelné, že nejlepší relativní paropropustnost mají vzorky č. 19, 18 a 16.



Graf č. 4: Průměrná hodnota relativní paropropustnosti

3.6 Polypropylénové vzorky

Následující tabulka č. 5 popisuje základní parametry hodnocených tkanin pro polypropylénovou tkaninu.

Tabulka č. 5: Vzorky polypropylénu

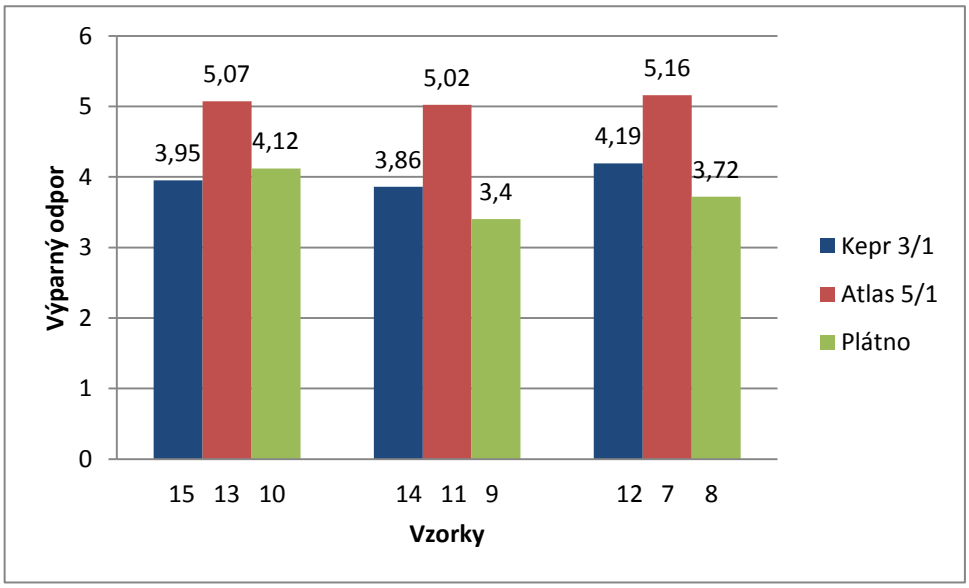
Vzorek	Dostava osnovy	Dostava útku	Vazba
15	27	9	Kepr 3/1
14	27	12	Kepr 3/1
12	27	15	Kepr 3/1
13	36	17	Atlas 5/1
11	36	11	Atlas 5/1
7	36	14	Atlas 5/1
10	18	15	Plátno
9	18	11	Plátno
8	18	13	Plátno

Níže vypracovaná tabulka č. 6 znázorňuje vypočítané základní statistické parametry z naměřených hodnot.

Tabulka č. 6: Statistické výpočty tkaniny polypropylén

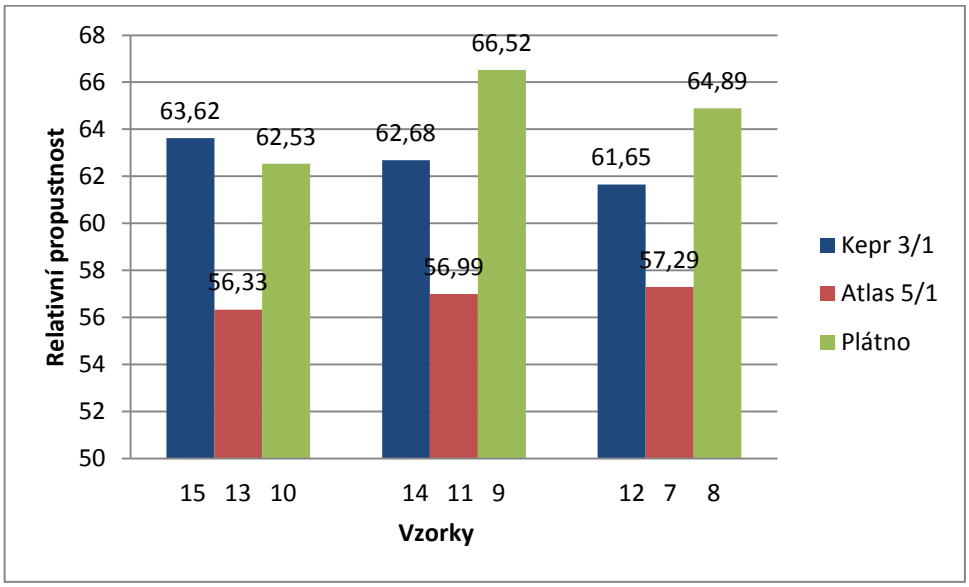
Vzorky	Relativní paropropustnost [%]			Výparný odpor [Pa m^2W^{-1}]		
	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Variační koeficient	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
15	63,32	0,007	1,16	3,95	0,14	3,44
14	62,68	0,005	0,86	3,86	0,10	2,64
12	61,65	0,006	0,91	4,19	0,09	2,25
13	56,33	0,008	1,40	5,07	0,17	3,31
11	56,99	0,021	3,62	5,02	0,10	1,96
7	57,29	0,008	1,48	5,16	0,16	3,15
10	62,53	0,009	1,42	4,12	0,17	4,03
9	66,52	0,018	2,68	3,4	0,11	3,22
8	64,89	0,009	1,46	3,72	0,16	4,30

Graf č. 5 znázorňuje výsledky průměrné hodnoty z výparného odporu u polypropylénových tkanin. Z obrázku lze vyčíst, že největší hodnoty byly naměřeny u vzorků č. 13, 11 a 7, které mají atlasovou vazbu 5/1. Tyto vzorky mají nejmenší výparný odpor, a naopak nejvyšší výparný odpor mají vzorky č. 10, 9 a 8 ve vazbě plátnové. Z toho tedy vyplývá, že čím je hodnota výparného odporu vyšší, tím je paropropustnost pro vodní páry nižší, a naopak čím je hodnota výparného odporu nižší, tím je paropropustnost pro vodní páry vyšší.



Graf č. 5: Průměrná hodnota výparného odporu

Graf č. 6 znázorňuje výsledky průměrné hodnoty z výparného odporu u polypropylénových tkanin. Z obrázku lze vyčíst, že největší hodnoty byly naměřeny u vzorků č. 13, 11 a 7, které mají atlasovou vazbu 5/1. Tyto vzorky mají nejmenší výparný odpor, a naopak nejvyšší výparný odpor mají vzorky č. 10, 9 a 8 ve vazbě plátnové. Z toho tedy vyplývá, že čím je hodnota výparného odporu vyšší, tím je paropropustnost pro vodní páry nižší, a naopak čím je hodnota výparného odporu nižší, tím je paropropustnost pro vodní páry vyšší.



Graf č. 6: Průměrná hodnota relativní paropropustnosti

3.7 Příze

Příze je složena ze spřadatelných vláken, které jsou zpevněny levotočivým nebo pravotočivým zákrutem. Má předem stanovenou délku. Při prasknutí příze dochází k přetržení jednotlivých vláken. Příze je tedy textilní útvar, který se nazývá délková textilie. [19]

3.7.1 Průměr příze

Průměr příze je pouze teoretický pojem, který vychází z nejmenšího průměru pomyslného válce, v němž je buď soustředěná veškerá hmotnost, nebo její podstatná část.

V přízi jsou mezi vlákny vzduchové mezery, a proto příze není homogenní těleso. Hustota natěsnaných vláken v průřezu není stálá a směrem k povrchu přechází

spojitě do oblasti chlupatosti. Z těchto důvodů neexistuje jednoznačná definice. Jednotka pro průměr je D. [18]

3.7.1.1 Výpočet průměru příze

Pro průměr příze je určen základní vztah:

$$D = \sqrt{\frac{4\,T}{\pi\,\rho\,\mu}} \tag{5}$$

Ve výše uvedeném vztahu přestavuje D průměr příze, T [tex] jemnost příze, ρ [$kg.m^{-3}$] měrnou hmotnost vlákenného materiálu a μ [1] zaplnění příze. [18]

3.8 Měrná hmotnost

Měrná hmotnost neboli hustota látek se značí písmenem ρ. Je to hmotnost objemové jednotky a je definovaná vztahem:

$$\rho = \frac{m}{V}, \tag{6}$$

kde ρ [$kg.m^{-3}$] představuje měrnou hmotnost (hustotu), m [g] hmotnost vlákna a V [m^3] představuje objem vláken.

Měrná hmotnost u většiny klasických přírodních a chemických vláken se pohybuje od 900 do 1600 kg/m^3. [16] U vzorků byla zvolena odlišná měrná hmotnost, a to u polyesteru 1360 $kg.m^{-3}$, u lyocellu stejná měrná hmotnost jako u viskózy 1520 $kg.m^{-3}$ kvůli nedostatku podkladů. U polypropylénu byla zanesena měrná hustota 946 $kg.m^{-3}$.

3.9 Jemnost

Jemnost je důležitou geometrickou vlastností vláken. Ovlivňuje mnoho vlastností, jako je technologické zpracování, způsob použití nebo i velikost povrchu. Většinou se neměří přímou metodou, protože průřez vláken mívá nepravidelný tvar.[16]

Jemnost je tedy definována vztahem mezi hmotností nitě a příslušnou délkou nitě. Z předchozího vztahu rozlišujeme jemnost hmotnostní nebo délkovou.

$$T = \frac{m}{l}, \tag{7}$$

kde T znázorňuje jemnost v [tex], m [g] hmotnost nitě a l [kg] délku nitě. Jemností nití osnovních a útkových lze vyjádřit jemnost výsledné tkaniny.[15]

Jemnost T u jednotlivých materiálů byla nejdříve vypočtena. Jednotlivé měření se provádělo na Katedře hodnocení textilií v laboratoři. Z každého materiálu se muselo nejdříve vypárat pět nití, které se následně co nejvíce natáhly, a poté se měřila jejich délka pomocí metru. Vypárané nitě se musely ještě zvážit na speciální váze, aby poté bylo možné jednotlivé výsledky dosadit do vzorečku pro jemnost.

Tabulka č. 7: Výpočty jemnosti

Materiál	Délka [km]	Hmotnost [g]	Průměrná hodnota z délky	Průměrná hodnota z hmotnosti	Jemnost [tex]
Polyester	0,000491	0,0247	0,000492	0,025	50,102
	0,00049	0,0254			
	0,000491	0,0247			
	0,000491	0,0238			
	0,000498	0,0247			
Lyocell	0,000482	0,0227	0,000487	0,023	46,549
	0,000485	0,0232			
	0,00049	0,0223			
	0,000489	0,0233			
	0,000488	0,0218			
Polypropylén	0,000495	0,0242	0,000498	0,024	48,232
	0,000499	0,024			
	0,000496	0,0241			
	0,000498	0,0243			
	0,0005	0,0234			

Určili jsme, že jemnost každé příze u každého materiálu je 2×25 tex.

3.10 Zaplnění

Zaplnění μ je definováno jako poměr objemu nitě k celkové ploše textilie nebo jinému vazebnímu prvku. O zaplnění plošné textilie vlákny lze uvažovat též jako o součinu zaplnění plošné textilie nití a zaplnění nití vlákny. Zaplnění lze vyjádřit nejčastějším způsobem jako

$$\mu = \frac{V}{V_c} \tag{8}$$

Výše uvedený vztah μ [1] znázorňuje zaplnění příze, které je bezrozměrné, V [m^3] představuje objem vláken a V_c [m^3] objem nitě. [14]

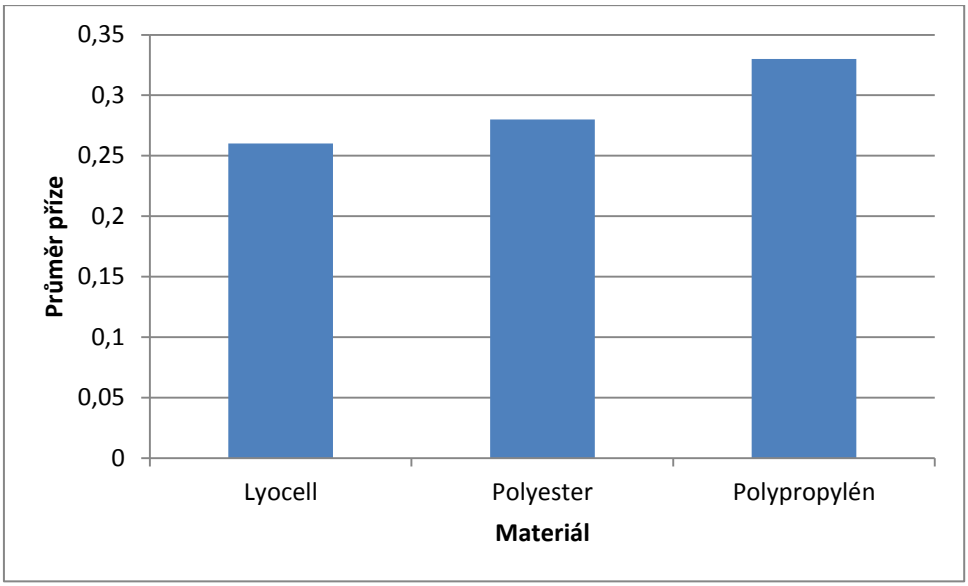
3.11 Výsledky průměru příze

Do předchozího vzorečku pro průměr příze se dosadily následující hodnoty, viz tabulku. Výsledky pro průměr příze jsou také v níže uvedené tabulce.

Tabulka č. 8: Výpočty a výsledky průměru příze

Materiál	Jemnost [tex]	Měrná hmotnost [$kg.m^{-3}$]	Zaplnění [1]	Průměr příze [mm]
Polyester	2x25	1360	0,6	0,28
Lyocell	2x25	1520	0,6	0,26
Polypropylén	2x25	946	0,6	0,26

V grafu č. 7 jsou hodnoty seřazeny vzestupně dle výsledků průměru příze. Z grafu vyplývá, že nejmenší hodnotu má materiál lyocell. Je tudíž zřejmé, že nejmenší průměr příze má materiál lyocellový a největší průměr příze má materiál polypropylenový.



Graf č. 7: Průměr příze

3.12 Zakrytí tkaniny

Zakrytí tkaniny je jeden z parametrů, podle kterého je možné posoudit některé užitné vlastnosti tkaniny, jako je paropropustnost nebo prodyšnost. Zakrytí tkaniny se vyjadřuje podílem mezi plochou zakrytou a volnou. Zakrytí tkaniny Z má bezrozměrnou veličinu. [14]

Zakrytí tkaniny představuje plochu zakrytou osnovní nití a útkovou nití. Výpočet zakrytí osnovních nití lze vypočítat podle vztahu:

$$Z_o = d_o \, D_o, \tag{9}$$

kde $Z_o[1]$ představuje zakrytí osnovních nití, d_o [m] je průměr osnovní nitě, který lze odhadnout zjednodušením předpokladu o kruhovém průřezu nitě nebo získat měřením, a D_o [m] je dostava osnovních nití. Tento vztah lze použít pro výpočet zakrytí útkových nití. [20]

Celkové zakrytí tkaniny představuje vztah mezi oběma soustavami nití, osnovními a útkovými. Jelikož níže uvedený vztah popisuje plochu zakrytou osnovními a útkovými nitěmi současně, musí být plocha $Z_o \, Z_u$ zahrnuta do výpočtu pouze jednou: [20]

$$Z = Z_o + Z_u - Z_o Z_u \quad (10)$$

Výše uvedený vztah popisuje $Z\,[1]$ celkové zaplnění tkaniny, $Z_o[1]$ zakrytí osnovní nitě a $Z_u[1]$ zakrytí útkové nitě. [20]

3.13 Výpočty zaplnění tkaniny jednotlivých materiálů

Předchozí výsledky průměrů přízí se dosadily do vzorečku pro zakrytí osnovy a zakrytí útku, kde byly převedeny jednotky dostavy osnovy a útku z centimetrů na milimetry. Jednotlivé výsledky pro zakrytí osnovy a útku jsou znázorněné v tabulkách č. 9, 10 a 11. Výsledky pro zakrytí osnovy a útku byly dosazeny do vzorečku pro celkové zakrytí tkaniny a výsledky pro celkové zakrytí tkaniny jednotlivých materiálů byly zaneseny v níže uvedených tabulkách č. 9, 10 a 11.

Tabulka č. 9 znázorňuje jednotlivé mezivýpočty pro zakrytí osnovy i útku. Dále znázorňuje výpočet celkového zakrytí tkaniny polyesterového materiálu.

Tabulka č. 9: Výsledky celkového zakrytí tkaniny polyesterového materiálu

Vzorek	Dostava Osnovy	Dostava Útku	Zakrytí osnovy	Zakrytí Útku	Celkové zakrytí tkaniny
33	27	11,5	0,75	0,32	0,83
31	27	17,5	0,75	0,49	0,87
30	27	14,5	0,75	0,41	0,85
27	36	16,5	1	0,46	1
32	36	13,5	1	0,38	1
26	36	19,5	1	0,54	1
28	18	12	0,50	0,34	0,67
29	18	16	0,50	0,45	0,72
25	18	14	0,50	0,39	0,70

Tabulka č. 10 znázorňuje jednotlivé mezi výpočty pro zakrytí osnovy i útku. Dále zde nalezneme i výpočet pro celkové zakrytí tkaniny lyocellového materiálu.

Tabulka č. 10: Výsledky celkového zakrytí lyocellového materiálu

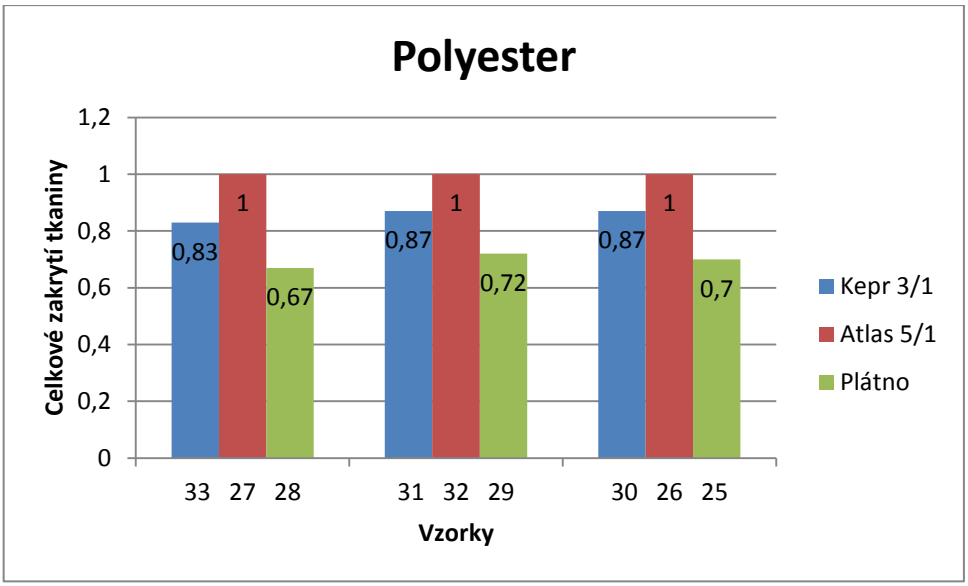
Vzorek	Dostava osnovy	Dostava útku	Zakrytí osnovy	Zakrytí útku	Celkové zakrytí tkaniny
23	27	20	0,71	0,53	0,86
21	27	17	0,71	0,45	0,84
20	27	14	0,71	0,37	0,82
19	36	22	0,95	0,58	0,98
18	36	14	0,95	0,37	0,97
16	36	16	0,95	0,42	0,97
24	18	17	0,48	0,45	0,71
22	18	13	0,48	0,34	0,66
17	18	15	0,48	0,40	0,68

Tabulka č. 11 znázorňuje jednotlivé mezivýpočty pro zakrytí osnovy i útku. Dále znázorňuje výpočet celkového zakrytí tkaniny polypropylénového materiálu.

Tabulka č. 11: Výsledky celkového zakrytí tkaniny polypropylénového materiálu

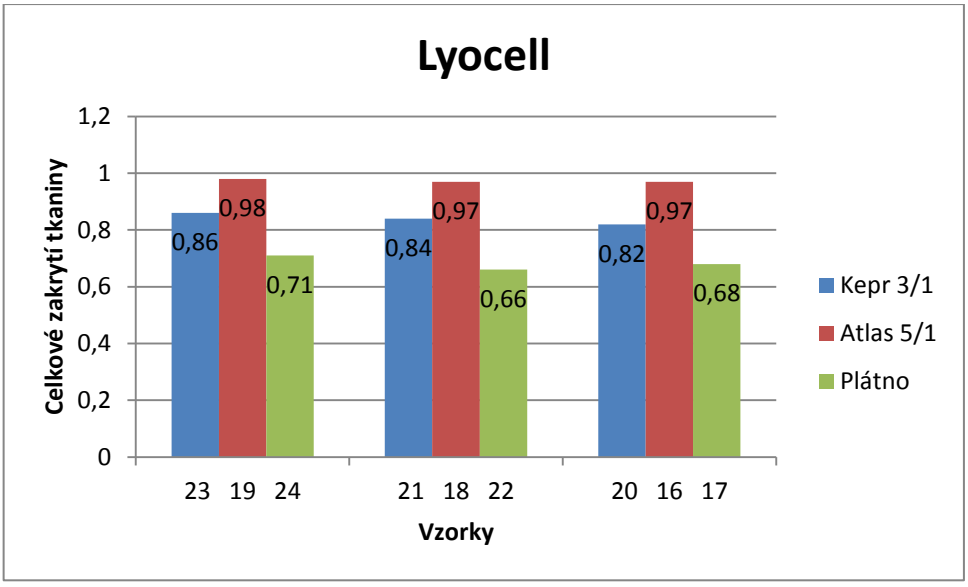
Vzorek	Dostava osnovy	Dostava útku	Zakrytí osnovy	Zakrytí útku	Celkové zakrytí tkaniny
15	27	20	0,90	0,30	0,93
14	27	17	0,90	0,40	0,94
12	27	14	0,90	0,50	0,95
13	36	22	1	0,57	1
11	36	14	1	0,37	1
7	36	16	1	0,47	1
10	18	17	0,60	0,50	0,80
9	18	13	0,60	0,37	0,75
8	18	15	0,60	0,44	0,78

Následující graf č. 8 znázorňuje celkové zakrytí tkaniny polyesterového materiálu. Vzorky č. 32, 27 a 26 s atlasovou vazbou 5/1 mají největší celkové zakrytí. Oproti tomu nejmenší celkové zakrytí mají vzorky č. 29, 28 a 25, které mají plátnovou vazbu.



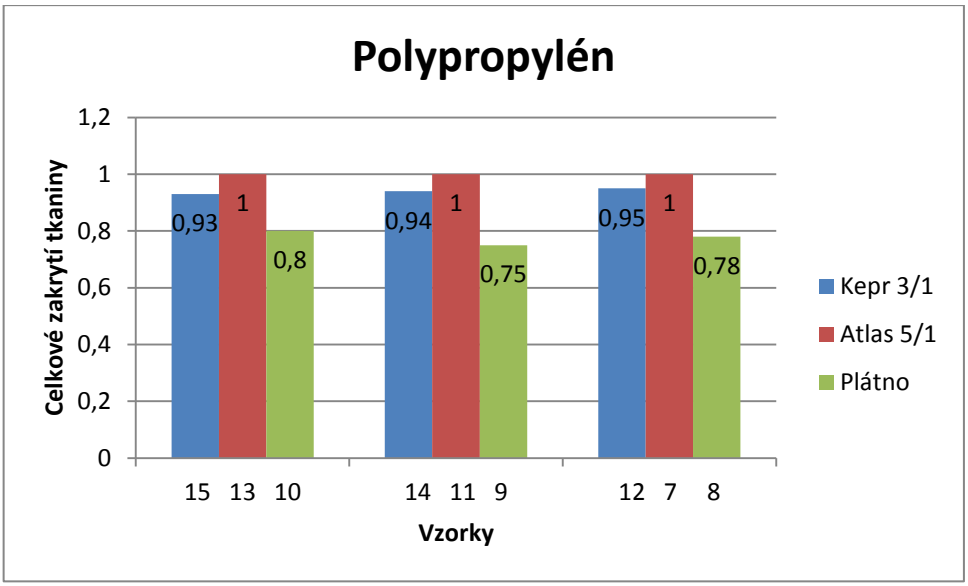
Graf č. 8: Celkové zakrytí tkaniny polyesterového materiálu

Stejně jako v předchozím grafu č. 8, který znázorňoval celkové zakrytí tkaniny, tak i graf č. 9 znázorňuje celkové zakrytí tkaniny lyocellového materiálu. Z obrázku vyplývá, že vzorky č. 19, 18 a 16, které mají atlasovou vazbu 5/1, mají největší celkové zakrytí. Vzorky č. 24, 22 a 17 s vazbou plátnovou mají nejmenší celkové zakrytí oproti jiným vzorkům.



Graf č. 9: Celkové zakrytí tkaniny lyocellového materiálu

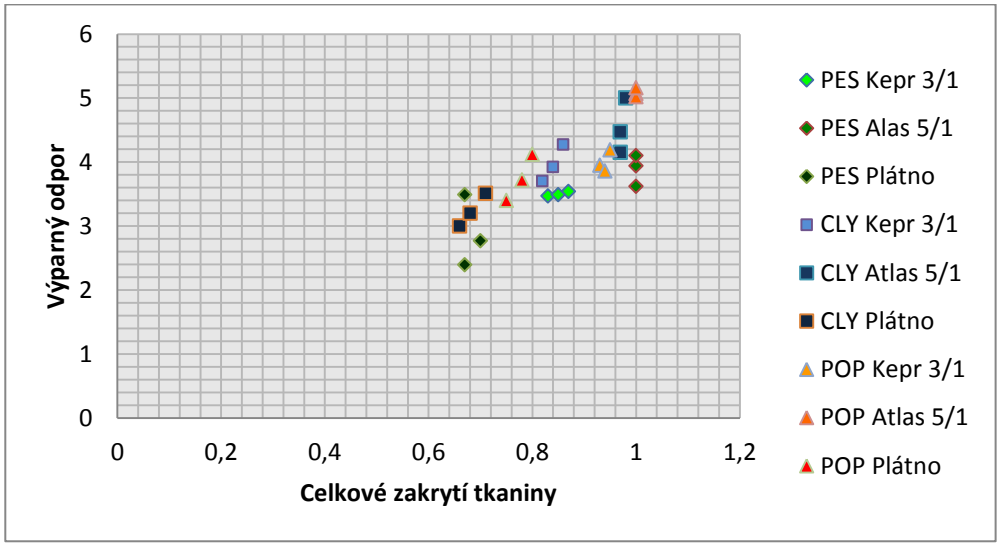
Tak jako předchozí dva grafy, tak i graf č. 10 znázorňuje celkové zakrytí tkaniny polypropylenového materiálu. Z grafu lze vyčíst, že nejmenší celkové zakrytí mají vzorky č. 10, 9 a 8, které jsou v plátnové vazbě. Dále je zřejmé, že vzorky č. 13, 11 a 7 mají největší celkové zakrytí.



Graf č. 10: Celkové zakrytí tkaniny polypropylénového materiálu

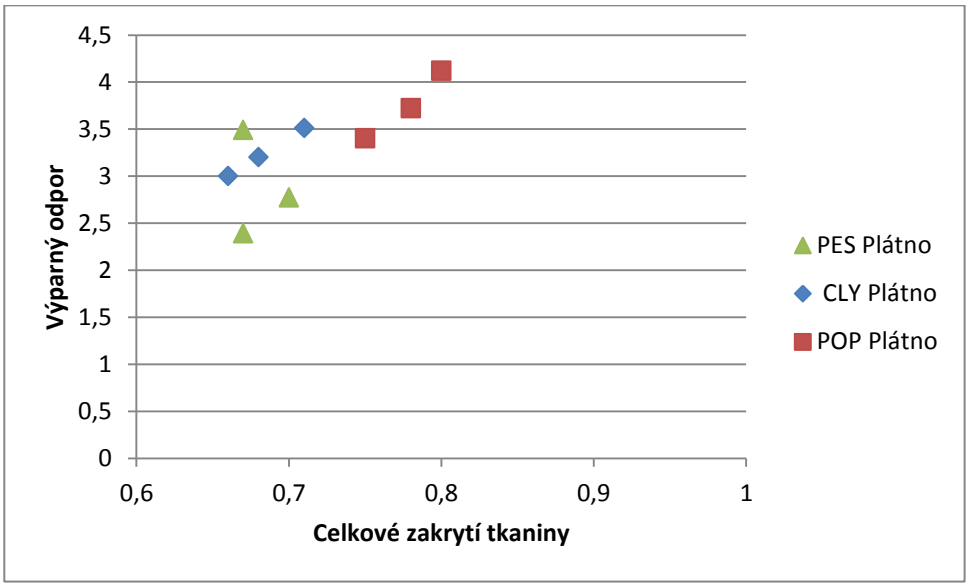
3.14 Závislost výparného odporu na celkové zaplnění tkaniny

Níže vypracovaný graf č. 11 znázorňuje jednotlivé vztahy mezi výparným odporem a celkovým zakrytím jednotlivých materiálů a vazeb. Celkové zakrytí se pohybuje od 0,6 do 1 a výparný odpor se pohybuje v rozmezí od 2 do 5. Z grafu vyplývá, že nejmenší hodnoty mají vzorky o materiálovém složení polyesteru a lyocellu, které mají plátnovou vazbu. Oproti tomu nejvyšší hodnoty mají vzorky o materiálovém složení lyocellu a polypropylénu s vazbou atlasovou 5/1.

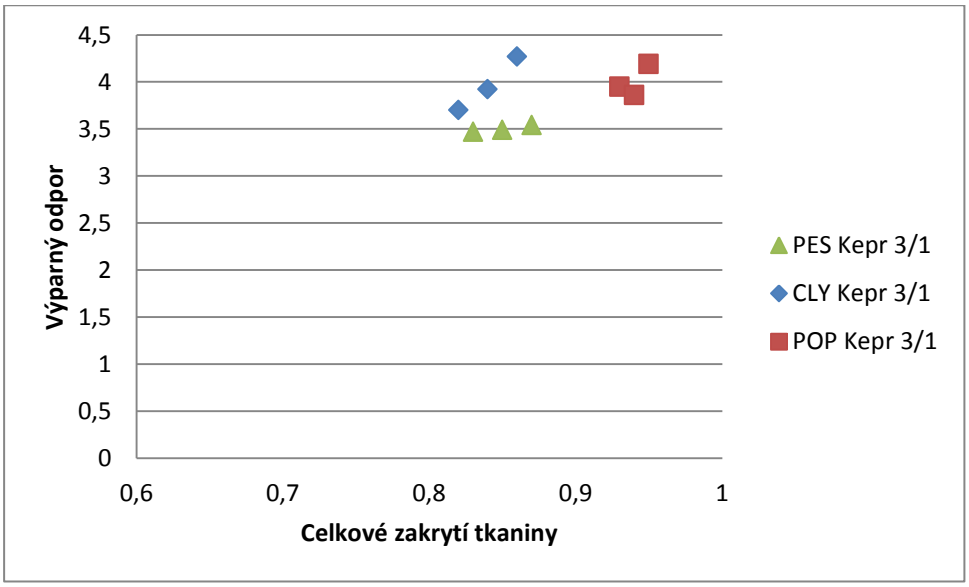


Graf č. 11: Porovnání výparného odporu celkového zakrytí

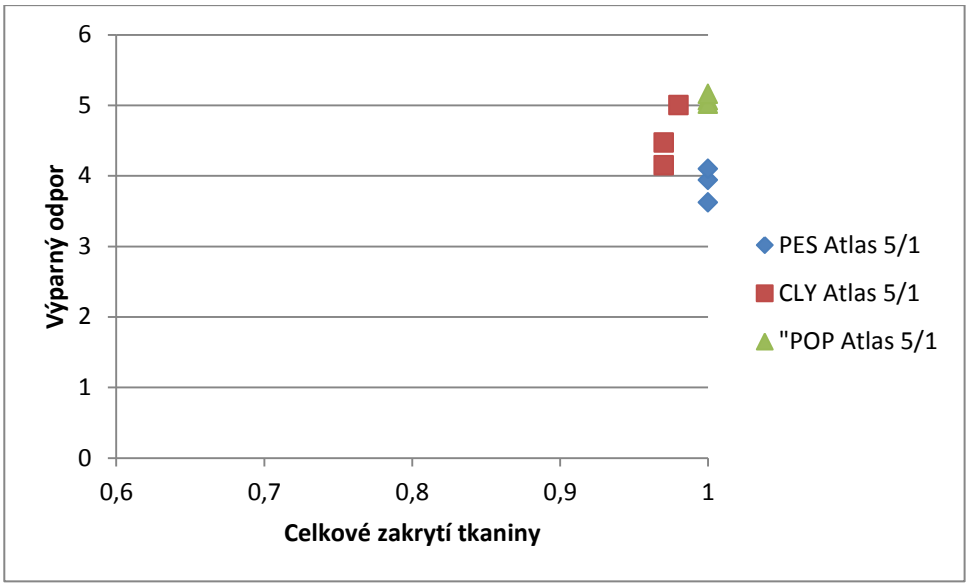
V grafech č. 12, 13 a 14 jsou znázorněny závislosti vazeb na výparném odporu a celkové zaplnění tkaniny. Závislost výparného odporu a celkového zaplnění na plátnovou vazbu znázorňuje graf č. 12. Z obrázku je zřejmé, že plátnová vazba má celkem velký trend v závislosti. V grafu č. 13, který znázorňuje závislosti keprové vazby 3/1 mezi výparném odporem a celkovém zaplnění, je tento trend malý. Graf č. 13, který znázorňuje to samé jako předchozí grafy č. 11 a 12, ale s vazbou atlasovou 5/1, je zřejmé, že trend závislosti je také malý.



Graf č. 12: Vliv vazby na výparný odpor a celkové zakrytí tkaniny



Graf č. 13: Vliv vazby na výparný odpor a celkové zakrytí tkaniny



Graf č. 14: Vliv vazby na výparný odpor a celkové zakrytí tkaniny

4 Závěr

Cílem této práce bylo zkoumání vlivu konstrukce a materiálového složení na paropropustnost tkanin. V první části práce bylo popsáno, co je to komfort a jeho rozdělení na psychologický, senzorický, termofyziologický a patofyziologický. Dále je zde vysvětlen pojem fyziologické pohodlí a podmínky nastávání pohodlí. Jsou zde i uvedeny mechanické a kontaktní vlastnosti textilních materiálů a popsán pojem propustnost vodních pár, kterým se práce zabývá. Také je zde vysvětlen transport vlhkosti, který může nastat kapilárním, migračním, difuzním a sorpčním způsobem. Dále jsou zde popsány přístroje jako je Permetest, Human Skin Simulation a PSM – 2. Je zde popsána i stručná charakteristika stanovení relativní paropropustnosti, výparného odporu a tepelného odporu.

V druhé části práce je vysvětleno měření paropropustnosti jednotlivých vzorků o materiálovém složení 100% polyesteru, lyocellu, polypropylénu, které měly vazbu keprovou 3/1, atlasovou 5/1 a plátnovou. Tyto vzorky se měřily na přístroji Permetest. Z výsledků měření vyplývá, že nejnižší paropropustnost mají vzorky vyrobené z polypropylénu s vazbou atlasovou a nejvyšší paropropustnost vykazovaly vzorky polyesterové v plátnové vazbě. Dále byl sledován vliv zakrytí. Z výpočtu je zřejmé, že nejmenší průměr příze mají vzorky vyrobené z lyocellu a největší průměr příze mají vzorky z polypropylénu, což úzce souvisí s hustotou vláken. Největší celkové zakrytí mají vzorky o materiálovém složení polyesteru ve vazbě atlasové. Shodné výsledky zakrytí vyšly i u vzorků z polypropylénu ve vazbě atlasové. Oproti předchozím měly vzorky z polyesteru a lyocellu s vazbou plátnovou nejnižší celkové zakrytí. Dále se porovnávaly výsledky závislosti výparného odporu na celkovém zakrytí tkaniny. Porovnání výsledků ukazuje, že vzorky v plátnové vazbě z lyocellu a polyesteru mají vysoký trend závislosti paropropustnosti na zakrytí, kdežto u všech vzorků s atlasovou vazbou se tento trend neprojevil. Z měření a výsledků vyplývá, že ideální tkanina z hlediska paropropustnosti by měla být s vazbou plátnovou vyrobená z polyesteru.

5 Použitá literatura

[1] HES, L. a SLUHA, P. *Úvod do komfortu textilií*. Liberec : TU Liberec, 2005. ISBN 80-7083-926-0

[2] RŮŽIČKOÁ, D. *Oděvní materiály*. Liberec : TU Liberec, 2003, ISBN 80-7083-682-2

[3] TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI. *Stanovení termofyziologockých vlatností textilií* [on-line]. 2004 – 12 - 07 [cit. 2015-02-02] Dostupné z: <http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/5Normy/IN%2023-304-01_01.pdf>

[4] TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI. *Polyester* [on-line]. [cit. 2015-02-02] Dostupné z: <http://turbo.cdv.tul.cz/mod/book/view.php?id=2363&chapterid=3446>

[5] MOJELÁTKY:CZ. *Oděvní látky/ lyocell* [online]. [cit. 2015-02-02] Dostupné z: <http://www.mojelatky.cz/www-mojelatky-cz/eshop/1-1-ODEVNI-LATKY/33-2-lyocell>

[6] OCHERETNA, L. *Textilní zbožíznalství 1*, Liberec. TUL, 2013. [online]. [cit. 2015-12-03] Dostupné z: <TZ1_02_Vlakenna surovina-uvod do problematiky_2013>

[7] STANĚ, J. *Textilní zbožíznalství. Vlákenné suroviny, příze, nitě*. Liberec : TU Liberec, 2001, ISBN 80-7083-555-9.

[8] HES, L. Doktorská (DrSc) disertační práce - *Nové metody tepelných měření při optimalizaci výroby a vlastnosti textilií,* TUL, Liberec 1991.

[9] MAREČEK, P.; HOLEČEK, J. HEDVÁBNÁSTEZKA:CZ. *Víte, co si oblékáte? II.* [online] 12. 09. 2007 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://www.hedvabnastezka.cz/vite-co-si-oblekate-ii-/>

[10] DIRECT ALPHINE. *Testování,* Human skin simulation [online]. [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://www.directalpine.cz/testovani-263>

[11] KATEDRA ODĚVNICTVÍ, [online]. [cit. 2015-01-16]. Dostupné z: <http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/cvi%C4%8Den%C3%AD/SKIN_MODEL1.pdf>

[12] HORNÍČEK, P. *Odvod vlhkosti a tepla z povrchu lidského těla*. [online] 2002 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.kod.tul.cz/predmety/STE/dalsi_podklady/Odvod%20 vlhkosti% 20a%20tepla.pdf>

[13] ČAPKOVÁ, V. *Paropropustnost Denimových tkanin za vlhka*. Bakalářská práce. Liberec : Technická univerzita, Fakulta textilní, 2013. 35., 1., přil. Vedoucí bakalářské práce prof. HES, L.

[14] KOVÁŘ, R. *Struktura a vlastnosti plošných textilií*. Liberec : TU Liberec, 2002.

[15] PAŘILOVÁ, H. *Textilní zbožíznalství. Tkaniny*. Liberec : TU Liberec, 2000.

[16] KATEDRA MATERIÁLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ, *Vlastnosti vláken* [online]. 2006 [cit. 2015- 17-3]. Dostupné z: http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/files/20060106/ VlastnostiVlaken-prednaska7.pdf

[17] TRIPOUD. *Měření měrné hmotnosti pevných látek*. [online]. [cit. 2015-27-3]. Dostupné z:<http://canadianclub.tripod.com/p3.htm>

[18] VOBTOVÁ, J. *Chlupatost a průměry přízí.* [online]. [cit. 2015-27-3]. Dostupné z: *http*://centrum.tul.cz/centrum/centrum/1Projektovani/1.1_zaverecne_zpravy/[1.1.08].pdf

[19] PAŘILOVÁ, H. *Typologie tkanin. Textilní zbožíznalství*. Liberec : TU Liberec, 2011.

[20] NECKÁŘ, B. *Dvanáct přednášek z textilního inženýrství*, Liberec : TU Liberec, 1998.

[21**]** ŠKOLA TEXTILU. *Keprová vazba* [on-line]. [cit. 2015-04-04] Dostupné z: <http://www.skolatextilu.cz/elearning/440/textilni-terminologie-zboziznalstvi/tkaniny/Keprova-vazba-K.html>

[22] ŠKOLA TEXTILU. *Plátnová vazba* [on-line]. [cit. 2015-04-04] Dostupné z: <http://www.skolatextilu.cz/elearning/439/textilni-terminologie-zboziznalstvi/tkaniny/Platnova-vazba-P.html>

[23] ŠKOLA TEXTILU. *Atlasová vazba* [on-line]. [cit. 2015-04-04] Dostupné z: <http://www.skolatextilu.cz/elearning/441/textilni-terminologie-zboziznalstvi/tkaniny/Atlasova-vazba-A.html>

[24] UČITEL.NET. *Tření* [on-line]. © 2010 – 2015 VOBTOVÁ Dostupné z: <http://www.ucitel.net/fyzika/treni>

[25] HEVELKA, A; KŮS, Z. *Intelligent textiles for modern sport apparel.* Department of clothing, Faculty of the sciences. Technical University of Liberec. [cit. 2015-03-04]

[26] TECHNICKÁ UNIVEZITA V LIBERCI. *Lyocellová vlákna:* Katedra materiálového inženýrství [on-line]. [cit. 2015-19-3] Dostupné z: <http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/?q=cs/lyocel>

[27]] TECHNICKÁ UNIVEZITA V LIBERCI. *Lyocellová vlákna.* Katedra materiálového inženýrství [on-line]. [cit. 2015-19-3] Dostupné z: <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/polyester>

[28]] TECHNICKÁ UNIVEZITA V LIBERCI. *Lyocellová vlákna.* Katedra materiálového inženýrství [on-line]. [cit. 2015-19-3] Dostupné z: <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/polypropylen>

6 Seznam grafů

Graf č. 1 Průměrná hodnota výparného odporu 30
Graf č. 2: Průměrná hodnota relativní paropropustnosti 30
Graf č. 3: Průměrná hodnota výparného odporu 32
Graf č. 4: Průměrná hodnota relativní paropropustnosti 33
Graf č. 5: Průměrná hodnota výparného odporu 34
Graf č. 6: Průměrná hodnota relativní paropropustnosti 35
Graf č. 7: Průměr příze 39
Graf č. 8: Celkové zakrytí tkaniny polyesterového materiálu 42
Graf č. 9: Celkové zakrytí tkaniny lyocellového materiálu 42
Graf č. 10: Celkové zakrytí tkaniny polypropylénového materiálu 43
Graf č. 11: Porovnání výparného odporu celkového zakrytí 43
Graf č. 12: Vliv vazby na výparný odpor a celkové zakrytí tkaniny 44
Graf č. 13: Vliv vazby na výparný odpor a celkové zakrytí tkaniny 44
Graf č. 14: Vliv vazby na výparný odpor a celkové zakrytí tkaniny 45

7 Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Odvod vlhkosti z volného povrchu kůže odparem [2] 16
Obrázek č. 2: Odvod potu první textilní vrstvou [2] 17
Obrázek č. 3: Difuzní prostup vlhkosti [2] 18
Obrázek č. 4: Schéma přístroje Permetest [1] 19
Obrázek č. 5: Přístroj Human Skin Simulation [11] 21
Obrázek č. 6: Přístroj PSM – 2 [11] 22
Obrázek č. 7: Vazba plátnová [22] 24
Obrázek č. 8: Vazba keprová [21] 24
Obrázek č. 9: Vazba atlasová [23] 25
Obrázek č. 10: Polyesterová vlákna [27] 26
Obrázek č. 11: Polyesterová vlákna v příčném řezu [27] 26
Obrázek č. 12: Lyocellová vlákna [26] 27
Obrázek č. 13: Lyocellová vlákna v příčném řezu [26] 27
Obrázek č. 14: Polypropylénová vlákna [28] 28
Obrázek č. 15: Polypropylénová vlákna v příčném řezu [28] 28

8 Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Vzorky tkaniny polyesteru 29
Tabulka č. 2: Statistické výpočty tkaniny polyesteru 29
Tabulka č. 3: Vzorky tkaniny lyocell 31
Tabulka č. 4: Statistické výpočty tkaniny lyocell 31
Tabulka č. 5: Vzorky polypropylénu 33
Tabulka č. 6: Statistické výpočty tkaniny polypropylén 34
Tabulka č. 7: Výpočty jemnosti 37

Tabulka č. 8: Výpočty a výsledky průměru příze 38
Tabulka č. 9: Výsledky celkového zakrytí tkaniny polyesterového materiálu 40
Tabulka č. 10: Výsledky celkového zakrytí lyocellového materiálu 41
Tabulka č. 11: Výsledky celkového zakrytí tkaniny polypropylénového materiálu 41