



VLIV ZVLHČENÍ TKANINY NA JEJÍ PRODYŠNOST

Diplomová práce

Studijní program: N3957 – Průmyslové inženýrství

Studijní obor: 3911T023 – Řízení jakosti

Autor práce: **Marcela Ondryášová**

Vedoucí práce: Ing. Marie Havlová, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering ■

THE INFLUENCE WETTING OF THE FABRIC AT ITS AIR PERMEABILITY

Diploma thesis

Study programme: N3957 – Industrial Engineering

Study branch: 3911T023 – Quality Control

Author: **Marcela Ondryášová**

Supervisor: Ing. Marie Havlová, Ph.D.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marcela Ondryášová**
Osobní číslo: **T13000055**
Studijní program: **N3957 Průmyslové inženýrství**
Studijní obor: **Řízení jakosti**
Název tématu: **Vliv zvlhčení tkaniny na její prodyšnost**
Zadávací katedra: **Katedra hodnocení textilií**

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

1. V rešeršní části práce přehledně zpracujte problematiku vzájemného vztahu mezi prodyšností tkaniny a její strukturou. Zaměřte se přitom především na tkaniny s plátnovou vazbou. Zohledněte vliv použitých nití i použitého vlákenného materiálu. Podrobněji se pak zaměřte na možné změny struktury způsobené zvlhčením textilie - rozlišujte použití hydrofobních a hydrofilních vláken.
2. Pro experiment použijte vhodný ucelený soubor tkanin. Navrhněte a realizujte vhodný experiment, kterým bude možné sledovat chování tkanin po zvlhčení z hlediska změny jejich struktury i prodyšnosti.
3. Získané výsledky diskutujte a vyslovte závěry. Pokuste se nalézt a popsat vzájemné vztahy mezi sledovanými parametry.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **50 - 60 stran**

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

Seznam odborné literatury:

1. Havlová, M.: Air Permeability and Constructional Parameters of Woven Fabrics, **FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2013, 21, 2(98): 84-89.**
2. Boguslawska-Baczek, M. - Hes, L.: Effective Water Vapour Permeability of Wet Wool Fabric and Blended Fabrics, **FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2013, 21, 1(97): 67-71.**
3. Gong, R. H. - Ozgen, B. - Soleimani, M.: Modeling of Yarn Cross-Section in Plain Woven Fabric, **Textile Research Journal, Vol. 79(11), 2009, 1014-1020.**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Marie Havlová, Ph.D.


Katedra hodnocení textilií

Datum zadání diplomové práce: **24. října 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **14. května 2015**


Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka

L.S.


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

V Liberci dne 16. března 2015

Prohlášení

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

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

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

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

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

Datum:

Podpis:

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucí diplomové práce Ing. Marii Havlové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a usměrnění při realizaci diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala Ing. Janě Špánkové a zaměstnancům Katedry textilních technologií a Katedry hodnocení textilií, za jejich čas, vstřícnost a možnost využití laboratorního zařízení.

Velké díky pak samozřejmě patří mé rodině za jejich celoživotní psychickou a finanční podporu.

Anotace

Diplomová práce se zabývá hodnocením vlivu struktury tkaniny ze směsového podílu bavlny a polypropylenu na její prodyšnost při různých úrovních zvlhčení.

V první části této diplomové práce je tedy zpracována rešerše zabývající se základními charakteristikami přízí a tkanin se zaměřením především na ty vlastnosti, které mohou ovlivňovat prodyšnost textlie.

V experimentální části byla na vzorcích tkanin měřena prodyšnost a porosita. Samotnému měření předcházelo vytvoření vysoušecích křivek, pomocí kterých bylo možno predikovat podíl vlhkosti v tkaninách v závislosti na čase, po který byly vzorky vysoušeny.

V závěru je hodnocen vliv materiálového složení, směsového podílu, dostavy a vlhkosti tkaniny na její prodyšnost a porositu.

Klíčová slova

Tkanina, prodyšnost, zvlhčení, struktura tkaniny, porosita, polypropylen, bavlna, predikce.

Annotation

The diploma thesis deals with the evaluation of the impact of the structure of blend fabrics of cotton and polypropylene for its air permeability at different levels of wetting.

In the first part of this diploma thesis is research dealing with the basic characteristics of yarn and fabrics, focusing primarily on those characteristics that may affect the air permeability of the fabric.

In the experimental part permeability and porosity were measured on fabrics . The creation of drying curves preceded measurement. Moisture content in fabrics versus time, after which the fabrics were dried, was possible to predict with drying curves.

In conclusion, effect of the material composition of blend, receiving, wetting fabric on its porosity and air permeability were evaluated.

Key words

Fabric, air permeability, wetting, fabric structure, porosity, polypropylene, cotton, prediction.

Obsah

| | |
|---|----|
| ÚVOD | 13 |
| TEORETICKÁ ČÁST | 14 |
| 1 Komfort textilních materiálů | 14 |
| 1.1 Komfort psychologický | 14 |
| 1.2 Sensorický komfort | 14 |
| 1.3 Komfort patofyziologický | 15 |
| 1.4 Komfort termofyziologický | 15 |
| 2 Prodyšnost tkanin | 16 |
| 2.1 Měření prodyšnosti | 17 |
| 2.1.1 Přístroj FX 3300 Air Permeability Tester III | 17 |
| 2.1.2 Přístroj AIRUN | 17 |
| 3 Strukturní parametry tkanin | 18 |
| 3.1 Textilní vlákna | 18 |
| 3.1.1 Bavlna | 18 |
| 3.1.2 Polypropylen | 19 |
| 3.2 Charakteristika základních parametrů přízí | 21 |
| 3.2.1 Jemnost příze | 21 |
| 3.2.2 Substanční průměr a ekvivalentní průměr příze | 21 |
| 3.2.3 Zaplnění příze | 23 |
| 3.2.4 Chlupatost příze | 26 |
| 3.3 Charakteristika vícekomponentních staplových přízí | 26 |
| 3.4 Charakteristika základních parametrů tkaniny | 28 |
| 3.4.1 Dostava tkaniny | 28 |
| 3.4.2 Vazba tkaniny | 28 |
| 3.4.3 Vazná buňka | 31 |
| 3.4.4 Provázání nití | 31 |
| 3.4.5 Zatkání nití v tkanině | 34 |
| 3.4.6 Tloušťka tkaniny | 35 |
| 3.4.7 Plošná a objemová hmotnost tkaniny | 35 |
| 3.4.8 Zakrytí a zaplnění tkaniny | 36 |
| 3.5 Porosita textilních materiálů | 37 |
| 3.5.1 Definice strukturních modelů – pórových buněk | 38 |
| 3.5.2 Modely porosity | 39 |
| 4 Vzájemný vztah mezi plošnou porositou tkaniny v plátnové vazbě, její prodyšností a strukturou | 45 |
| 5 Vliv vlhkosti na změnu strukturních parametrů | 47 |
| 5.1 Sorpce textilních vláken | 48 |
| 5.1.1 Bobtnání vláken | 48 |
| EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST | 50 |
| 6 Popis měřených tkanin | 50 |
| 6.1 Měření sráživosti tkanin | 51 |
| 6.2 Měření dostav osnovy a útku v tkaninách | 53 |
| 6.3 Měrná hmotnost přízí, ekvivalentní průměr přízí, průměr přízí a jejich zaplnění ... | 55 |
| 6.4 Měření plošné hmotnosti tkanin | 56 |
| 6.5 Měření plošné porosity | 57 |
| 6.6 Měření prodyšnost tkaniny | 60 |
| 6.7 Vysoušecí křivky | 62 |

| | | |
|--|---|----|
| 6.8 | Měření plošné porosity zvlhčených tkanin..... | 64 |
| 6.9 | Měření prodyšnosti zvlhčených tkanin | 67 |
| ZÁVĚR..... | | 71 |
| SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ | | 72 |
| Seznam obrázků | | 76 |
| Seznam tabulek | | 78 |
| Seznam tabulek | | 78 |
| Seznam příloh..... | | 79 |
| Seznam příloh..... | | 79 |

Seznam použitých symbolů a zkratk

| | | |
|--------------|-----------------------|---|
| A | [mm ²] | plocha průřezu |
| A_o | [mm] | rozteč osnovních nití |
| A_u | [mm] | rozteč útkových nití |
| A_l | [m ²] | plocha póru typu p1 podle Gooiera |
| CLO | [1] | osobní jednotka tepelného komfortu |
| d | [mm] | průměr příze |
| d_o | [mm] | průměr osnovní nitě |
| d_{str} | [mm] | střední průměr nitě |
| d_u | [mm] | průměr útkové nitě |
| d_s | [mm] | substanční průměr |
| D_o | [1/cm] | dostava osnovy |
| D_u | [1/cm] | dostava útku |
| g_i | [1] | hmotnostní podíl vláken ve směsi |
| h | [mm] | součet výšek zvlnění vazných vln |
| h_o | [mm] | výška zvlnění osnovní nitě |
| h_u | [mm] | výška zvlnění útkové nitě |
| K | [mm] | materiálová konstanta |
| l | [km] | délka příze |
| L | [m] | délka |
| L_{def} | [mm] | obvod deformovaného příčného řezu nitě |
| L_o | [mm] | délka osnovní nitě vytáhnuté z tkaniny |
| L_u | [mm] | délka útkové nitě vytáhnuté z tkaniny |
| L_{vztk} | [mm] | délka vzorku tkaniny ve směru po osnově |
| m | [g] | hmotnost příze |
| m_{tk} | [kg] | hmotnost tkaniny |
| $m_{vláken}$ | [kg] | hmotnost vláken |
| m_s | [kg/m ²] | plošná hmotnost tkaniny |
| m_v | [kg/m ³] | objemová hmotnost tkaniny |
| n_{pl} | [1] | počet pórových buněk typu p1 obsažených ve střídě vazby |
| n_o | [1] | počet osnovních nití |
| n_u | [1] | počet útkových nití |
| p | [l/m ² /s] | prodyšnost tkaniny |

| | | |
|--------------------|--------------------|---|
| P | [1] | porosita |
| P_G | [1] | porosita tkaniny podle Gooiera |
| P_H | [1] | porosita tkaniny podle Havrdové |
| P_ρ | [1] | porosita stanovená z podílu měrných hmotností |
| P_s | [1] | plošná porosita |
| r | [mm] | poloměr příze – začátek oblasti chlupatosti |
| RH | [%] | relativní vlhkost vzduchu |
| s | [%] | procento zatkání nitě |
| s_o | [%] | zatkání osnovy |
| s_u | [%] | zatkání útku |
| S | [m ²] | plocha substančního průřezu |
| S_c | [m ²] | celková plocha |
| S_{def} | [mm ²] | plocha deformovaného příčného řezu nitě |
| S_{tk} | [m ²] | plocha 1m ² tkaniny |
| \check{S}_{vztk} | [mm] | šířka vzorku tkaniny ve směru po útku |
| t | [tex] | jemnost vláken |
| t_{tk} | [m] | tloušťka tkaniny |
| T | [tex] | jemnost příze |
| T_o | [tex] | jemnost osnovních nití |
| Tog | [1] | osobní jednotka tepelného komfortu |
| T_u | [tex] | jemnost útkových nití |
| V | [m ³] | objem vláken |
| V_c | [m ³] | celkový objem vláken |
| V_{tk} | [m ³] | objem 1m ² tkaniny |
| V_{zo+} | [m ³] | objem provázaného úseku nitě |
| V_{zo-} | [m ³] | objem neprovázaného úseku nitě |
| Z | [1] | zakrytí tkaniny |
| Z_{lo} | [1] | zakrytí osnovy |
| Z_{lu} | [1] | zakrytí útku |
| α | [1] | poměrné rozšíření příze |
| β | [1] | poměrné stlačení příze |
| γ | [1] | zploštění příze |
| μ | [1] | zaplnění příze |

| | | |
|-------------|----------------------|--|
| μ_{ik} | [1] | zaplnění tkaniny |
| μ_{i^*} | [1] | zaplnění jednokomponentní příze vyrobené z i-té komponenty |
| π | [-] | Ludolfovo číslo |
| ρ | [kg/m ³] | hustota vláken |
| ρ_i | [kg/m ³] | objemová měrná hmotnost vláken i-té komponenty |
| ρ_F | [kg/m ³] | objemová měrná hmotnost vláken |
| ρ_s | [kg/m ³] | střední hustota vláken ve směsi |
| ρ_V | [kg/m ³] | objemová měrná hmotnost nitě |
| φ | [°] | úhel provázání osnovy |
| ψ | [°] | úhel provázání útku |
| <i>CO</i> | | bavlna |
| <i>PP</i> | | polypropylén |

ÚVOD

Každý člověk a každá činnost má odlišné požadavky na vlastnosti textilie, kterou na danou činnost používáme. Kvalitní oděvní výrobek je především takový, který zaručuje pohodlné nošení a stálost vlastností. Uživatele může zajímat omak, druh materiálu, materiálové složení výrobku, trvanlivost, náročnost údržby, ochranné vlastnosti a tak dále. Některé vlastnosti se ale mohou za odlišných podmínek měnit. Například pevnost bavlněných vláken se za mokra zvyšuje. Je tedy zřejmé, že například podíl vlhkosti v textilií může významně měnit její vlastnosti.

Lidé však dnes kladou vysoký důraz na komfort při nošení oděvu. Kvalitu oděvního výrobku tedy značně ovlivňují především termofyziologické vlastnosti. O významu propustnosti, ať už vzduchu nebo vodních par, pro komfort textilií již byly napsány odborné články i závěrečné práce. Právě proto je důležité termofyziologické vlastnosti textilií umět měřit, analyzovat a vědět, co je ovlivňuje, abychom byli schopni efektivně navrhovat textilie s požadovanými vlastnostmi. Pokud se tedy jednotlivé vlastnosti mění při změně konkrétních podmínek, je nutné to mít na paměti a popřípadě zjistit, jak spolu tyto změny souvisí a jaký je mezi nimi vztah.

Prodyšnost je jednou z velmi důležitých termofyziologických vlastností textilie. A proto bude v této diplomové práci řešena problematika měnící se prodyšnosti tkaniny vlivem měnícího se podílu vlhkosti v ní obsažené.

Cílem této práce je tedy zjistit, jestli a jak se mění prodyšnost tkanin v případě změny vlhkosti v tkanině. Vychází z faktu, že schopnost textilního útvaru přijímat vodu se odvíjí od toho z jakého materiálu je vyrobena. Materiály, které jsou schopny přijímat vlhkost (jedná se o materiály hydrofilní) by měly vykazovat mnohem větší změny v měřených vlastnostech, než ty, které vodu buď nepřijímají vůbec (jsou hydrofobní) nebo ji přijímají jen velmi málo.

Použité vzorky tkanin jsou z bavlny, polypropylénu a jejich směsí. Vzhledem k tomu, že bavlněné vlákno do sebe přijímá vlhkost velmi snadno, zatímco polypropylénové nikoli je předpoklad, že bavlněná vlákna v přízích v bavlněných vzorcích vlivem přijímání vlhkosti nabobtnají, čímž se zvětší průměr přízí a tím se zmenší póry v tkanině, kterými díky tomu bude procházet méně vzduchu a sníží se tím tedy hodnota prodyšnosti. Naopak u vzorků z polypropylénových vláken by nemělo dojít k významnému snížení prodyšnosti, jelikož polypropylénová vlákna nepojmou vlhkost, nenabobtnají, příze nezmění svůj průměr a nezmenší póry, kudy proudí vzduch.

TEORETICKÁ ČÁST

1 Komfort textilních materiálů

V současné době se klade velmi vysoký důraz na komfort člověka a to ve všech oblastech života. Pojmem komfort je označován stav organismu, kdy člověk nepocítuje žádné negativní vjemy či dokonce bolest. Je to situace, kdy člověku není ani horko ani zima. Oděv nikde netlačí a nezpůsobuje nepříjemné pocity. Vlastnosti, které jsou od oděvu požadovány se mění v závislosti na tom, v jakých situacích se člověk, jenž je nosí, právě nachází. K tomu aby se v oděvu cítil pohodlně je potřeba splnění jeho požadavků, které jsou závislé na tom, v jaké situaci se nachází. Většinou platí, že čím extrémnější podmínky, tím vyšší požadavky na komfort.

Komfort je vnímán všemi smysly kromě chutě. Komfort lze dělit na psychologický, sensorický, patofyziologický a termofyziologický. Komfort je z velké části hodnocen subjektivně. Avšak některé oblasti komfortu lze hodnotit na základě jednotlivých vlastností, které lze objektivně měřit [7].

To, zda se člověk bude, či nebudeme cítit komfortně, je z velké části závislé na jeho oděvu. Textilní vrstva totiž tvoří jakousi „bariéru“ mezi tělem a okolním prostředím. Oděv je prostředník při výměně tepla a vlhkosti na trase lidský organismus a okolní prostředí. Čím více textilních vrstev je na sobě navrstveno, tím komplexnější a složitější ochranný a transportní systém je vytvořen. Mezi jednotlivými vrstvami oděvů jsou i vrstvy vzduchu, které ovlivňují vlastnosti oděvního systému jako celku a tím samozřejmě i to, jak se v oděvu člověk cítí.

1.1 Komfort psychologický

O psychologickém komfortu se hovoří především v souvislosti se zrakovými vjemy. Jedná se o komfort hodnocený hlavně pod vlivem společenských zvyklostí. O psychologickém komfortu lze hovořit tehdy, pokud má člověk na sobě textilie, které mu jsou příjemné, lahodí oku, vnímá je jako slušivé a společensky jsou přijímané jako adekvátní situaci.

1.2 Sensorický komfort

Dalším komfortem je komfort sensorický. Pod tímto pojmem jsou zahrnuty vjemy, které člověk vnímá ihned po bezprostředním doteku pokožky s vrchní částí textilie (povrchem textilie). Pocity, které mohou nastat při prvním kontaktu, lze rozdělit na příjemné (měkkost a splývavost) a nepříjemné (lepení, tlak, pocit vlhkosti, škrábání, kousání a píchání) [29].

1.3 Komfort patofyziologický

Jedná se o komfort, kde se zkoumá vliv chemických látek obsažených v textilním materiálu a vliv mikroorganismů vyskytujících se na pokožce.

1.4 Komfort termofyziologický

Jestliže se hovoří o komfortu termofyziologickém, jde vlastně o teplotu a o její vnímání člověkem. Termofyziologický komfort vyjadřuje jinými slovy tepelnou pohodu, která je definována jako stav spokojnosti s teplotními podmínkami okolního prostředí. Jedná se o to, jak je člověk schopen vnímat teplotu svého těla a jeho okolí. Tepelná pohoda je zabezpečena zejména vnitřní teplotou lidského těla, ta se pohybuje okolo 37°C.

Pro celý organismus platí, že jeho vnitřní teplota zůstává konstantní, pokud je množství tepla vyprodukované tělem, rovné teplu odevzdanému do okolního prostředí. Tělesná teplota není úplně stabilní, je různá na různých částech těla, ale i v těchto místech kolísá v závislosti na fyziologickém stavu těla a okolních podmínkách.

Jako optimální hodnoty pro mikroklima znamenající termofyziologický komfort, tedy tepelnou pohodu jsou dané:

- ❖ teplota pokožky 33 - 35 °C
- ❖ relativní vlhkost vzduchu 50 ± 10 %
- ❖ rychlost proudění vzduchu 25 ± 10 cm/s
- ❖ obsah CO₂ je 0,07 %
- ❖ nepřítomnost vody na pokožce.

Pokud je organismus prokrvený normálně, nedochází k pocení a ani nenastává pocit chladu. Je to prostě stav, ve kterém člověk vydrží pracovat neomezeně dlouho, stav fyziologické, fyzické a psychologické harmonie mezi člověkem a okolím. Je tedy potřebné konstruovat oděv tak, aby jeho schopnost přenosu tepla, kapalné a plynné vlhkosti a i vzduchu, zajišťovala při nošení tyto optimální hodnoty [36].

Jeden z prvních pokusů o hodnocení tepelného komfortu bylo zavedení speciálních jednotek CLO a Tog zabývajících se tepelným odporem R [$\text{m}^2/\text{K}/\text{W}$]. CLO a Tog jsou míry tepelného odporu a zahrnují izolaci vrstev zachyceného vzduchu mezi pokožkou a oděvem a izolaci oděvu samotného. Jeden Tog se rovná $0,1[\text{m}^2/\text{K}/\text{W}]$ a CLO se rovná 1,55 Tog. Jeden CLO odpovídá vnitřní izolaci obleku, který nosí muž při odpočinku v sedě v normálně větrané

místnosti při teplotě 21°C, relativní vlhkosti vzduchu 50 % a proudění vzduchu 0,1 m/s. Za těchto podmínek se muž cítí pohodlně.

Pro zimní oblečení je vhodné CLO okolo 0,8 a pro letní podmínky okolo 0,5. Všeobecně nižší tepelný odpor vede k vyššímu pocitu pohody [36]. Vnímání termofyziologického komfortu u oděvu významně ovlivňuje jeho propustnost. Textilie by měly propouštět vodní páru (paropropustnost). Zpravidla propouští i vzduch (prodyšnost). Je tedy nutné vědět, jak různé faktory ovlivňují tyto vlastnosti [29].

Tato práce se zabývá měnicí se prodyšností v závislosti na zvlhčení tkaniny.

2 Prodyšnost tkanin

Prodyšnost textilních materiálů, je schopnost textilie propouštět vzduch za stanovených podmínek, udává se v [m/s]. Podle normy ČSN EN ISO 9237 [37] je prodyšnost definována jako rychlost proudu vzduchu procházejícího kolmo na zkušební vzorek při specifických podmínkách pro zkušební plochu, tlakový spád a dobu.

Ačkoli princip prodyšnosti je poměrně jednoduchý, je velmi těžké propustnost pro vzduch definovat pomocí konkrétního vztahu, protože její hodnoty jsou výsledkem velkého množství faktorů. Z tohoto důvodu se hodnoty prodyšnosti většinou určují empiricky pomocí přístroje.

Přístroje určené na měření prodyšnosti pracují na principu tlakového spádu mezi rubem a lícem plošné textilie. To znamená, že textilie je podrobená působení rozdílného tlaku z obou stran. Během zjišťování prodyšnosti se zaznamenává rychlost proudícího vzduchu přes textilií za daného tlakového spádu.

Prodyšnost je jedním z nejvýznamnějších parametrů užitečných vlastností plošných textilií. Pro prodyšnost textilních materiálů je určující jejich struktura. U tkanin je určena zejména průměrem, osnovních a útkových nití, hustotou dostavy, taktéž zvolenou vazbou, druhem konečné úpravy. Důležitou charakteristikou plošné textilie z ohledu hodnocení prodyšnosti je velikost pórů, jejich tvar, počet a celkové uspořádání jednotlivých typů pórů. Prodyšnost je závislá na počtu použitých vrstev materiálu a samozřejmě vlhkosti. Z toho lze usuzovat, že plošné textilie vyrobené z bavlněných vláken mají s nárůstem vlhkosti prodyšnost nižší, protože se póry zaplní vodou, vlákna nabobtnají a zabraňují průchodu vzduchu.

Co se týká hotového oděvu, i zde existuje mnoho faktorů, jenž ovlivňují prodyšnost. Nezanedbatelnou úlohu hrají střih oděvu a celkový počet vrstev. Čím víc vrstev, tím nižší je

prodyšnost. Do úvahy je třeba zahrnout i vnější faktory, jako je rychlost větru, teplota vnějšího vzduchu a vzduchu v prostoru pod oděvem (mikroklima). Prodyšnost nabývá při velkých rozdílech teplot a nebo vysoké rychlosti větru vyšších hodnot.

2.1 Měření prodyšnosti

Prodyšnost textilních materiálů je charakterizována jako jejich schopnost propouštět vzduch za daných podmínek. To se dá měřit několika způsoby. Například pomocí přístroje AIRUN nebo FX3300.

2.1.1 Přístroj FX 3300 Air Permeability Tester III

Odpovídající norma: ČSN EN ISO 9237 (80 0817): *Zjišťování prodyšnosti plošných textilií* [37]. Měření prodyšnosti je možné provést na přístroji FX 3300 od švýcarské firmy *TexTest AG*. Přístroj hodnotí prodyšnost automaticky a digitálně na základě vytvoření tlakového rozdílu vybraného materiálu [29]. Dává možnost měřit různé druhy textilních materiálů, od tkanin s hustou dostavou až po řídké netkané textilie. Principem měření je nasávání vzduchu přes měřicí hlavici, ke které je přichycený vzorek do vnitřku přístroje. Měřený vzorek se pokládá na desku stroje, ve které je otvor o velikosti plochy 20 cm² a následně se upevní přítlačným zařízením. Norma doporučuje měřit oděvní textilie při tlakovém spádu 100 Pa a technické textilie při tlakovém spádu 200 Pa. Rozdíl tlaku před vzorkem a za vzorkem je snímán senzory a udržovaný na požadované hodnotě. Počítačový software výsledky zobrazí na displeji v jednotkách, které jsou nastaveny. Výrobce uváděný měřicí rozsah je 98 - 2500 Pa. Obsluha tohoto přístroje je snadná a relativně rychlá. Výhodou měření je, že metoda je nedestruktivní. Přístroj vzorky neničí a vzorky není potřebné přizpůsobovat velikostí a nebo tvarem. Přístroj se dodává spolu s referenčním materiálem, to je kovová destička s definovanými otvory, sloužící ke kontrole přesnosti měření [38].

2.1.2 Přístroj AIRUN

Prodyšnost na tomto přístroji se měří jako rychlost vzduchu, procházejícího plochou textilie při daném tlakovém spádu. Hodnota vzduchu je závislá na objemu vzduchu, který prošel určenou plochou textilie za daný čas.

Stroj se skládá z boxu, který obsahuje trubici ve tvaru písmene U. Na horní otvor této trubice se umístí měřená textilie. Postupným ponořením tlakového zvonu do kapaliny je vyvolán tlak, který pak na druhém konci působí na zkoušenou textilií. Doba potřebná

k protlačení vzduchu v nádobě, je pak snímána pomocí čidel umístěných na stěně boxu. Tlak je měřen tlakoměrem vyvedeným z potrubí u ústí z trubice. Výsledky měření jsou zaznamenávány a zobrazovány elektronikou umístěnou ve víku přístroje [25].

3 Strukturní parametry tkanin

Finální textilie jsou vždy ovlivněné výběrem vlákenného materiálu, který má svou strukturu a vlastnosti, taktéž procesem výroby, respektive použitými technologickými postupy při výrobě délkové textilie a následovně při výrobě plošné textilie [12].

3.1 *Textilní vlákna*

Vlákenný materiál je základním stavebním prvkem většiny textilií. Jednotlivá vlákna mají nespočet různých vlastností. Vlastnosti vláken souvisí s chemickým složením, nadmolekulární strukturou, povrchem a geometrií. Mezi geometrické vlastnosti patří průměr, tvar příčného průřezu a délka. Důležitá je také měrná hmotnost daného materiálu. Vlastnosti výsledné tkaniny budou tedy mimo jiné vycházet i z vlastností, které můžeme určit už u vlákna.

Vlastnosti konečné tkaniny ovlivňuje už od začátku například délka vlákna, jemnost vlákna, průměr vlákna, pevnost vlákna, tažnost vlákna, povrchové a vnitřní struktury či chemické složení [2]. Pro tuto práci, která se zabývá změnou prodyšnosti, při různých podílech vlhkosti v tkanině obsažené, bude podstatná schopnost vlákna přijímat či nepřijímat vodu (souvisí s chemickým složením vlákna). Pokud je vlákno schopno do své struktury přijímat vlhkost je to vlákno hydrofilní. Pokud naopak voda do vlákna nepronikne, jedná se o vlákno hydrofobní.

Hydrofobním materiálem je například polyester nebo polypropylén, naopak bavlna, vlna, viskózní vlákna a další přírodní materiály jsou materiály hydrofilní.

3.1.1 **Bavlna**

Bavlna je přírodní rostlinné vlákno získávané z tobolek. Vyznačuje se měkkým a hřejivým omakem a dobrou pevností, která se za vlhka přibližně ještě o 20 % zvyšuje. Bavlna je vlákno hydrofilní, tedy dobře přijímá vodu. Dobře odolává alkáliím, naopak kyseliny ji poškozují.

Její hustota je 1520 kg/m^3 [11]

Přírodní rostlinná vlákna, která jsou tvořena nejrozšířenější organickou sloučeninou - celulózu, která tvoří stěny rostlinných buněk. Elementární složení celulózy je 44,4% C; 6,17

% H; 49,39 % O₂ ; (C₆H₁₀O₅)_n . Pro každý druh rostlinných vláken je počet opakujících se jednotek jiný. V bavlně se celulóza vyskytuje v téměř čisté podobě.

Bavlněná jednobuňková vlákna obrůstají semena bavlníku. Patří do rodu : *Gossypium* a čeledě: *Slézovité (Malvaceae)*. Existuje víc jak 40 různých druhů bavlníků, využívá se však jen pár základních: *bavlník keřový, srstnatý, bylinný, peruánský a stromový*.

Povrch vlákna je potáhnutý kutikulou, jemnou a pevnou pokožkou. Celou délkou vlákna prochází lumen, což je dutina vyplněná vzduchem a zbytky protoplazmy. Chemické složení bavlněného vlákna závisí na druhu bavlny, zralosti bavlny, na podnebních podmínkách a mnoha dalších faktorech. Za průměrné složení se považuje: 88 – 96 % celulóza; 0,9 - 1,2 % pektiny; 1,1 - 1,9 % bílkoviny; 0,2 – 0,3 % dusík; 0,5 – 1 % organické kyseliny; 0,7 – 1,6 % minerální soli; 0,3 % cukry a 0,9 % ostatní [5].

Vlastnosti bavlněných vláken

Mezi charakteristické vlastnosti bavlněných vláken patří:

- ❖ měrná hmotnost 1520 kg/m³
- ❖ délka vláken 12 – 55 mm
- ❖ jemnost 0,8 – 2,85 dtex
- ❖ pevnost za sucha 2 – 4 cN/dtex, pevnost za mokra 100 – 120 % pevnosti za sucha
- ❖ tažnost za sucha 6 – 10 %, tažnost za mokra 100 – 110 % tažnosti za sucha
- ❖ navlhavost ve standardních podmínkách (RH 65 %) je 7,5 %
- ❖ bavlněná vlákna při teplotě 120°C pozvolna žloutnou, při 150°C hnědnou, při 400°C vzplanou
- ❖ vykazují dobré elektroizolační a tepelněizolační vlastnosti
- ❖ působením alkálií bobtnají, průřez vlákna se zaobluje, lumen se zužuje, stužkovitý tvar se vyrovnává a zvyšuje se lesk [5].

Použití: mnohostranné, výrobky osobní spotřeby, bytové textilie, výrobky pro zdravotnické potřeby, průmyslové využití.

3.1.2 Polypropylen

Polypropylen je chemické vlákno ze syntetických polymerů. Je to hydrofobní vlákno. Nepřijímá tedy do své struktury vodu. Jeho hustota je 910 kg/m³. Patří k nejmladším chemicko-syntetickým vláknům. V roce 1954 popsal Nafta laboratorní přípravu izotaktického polypropylenu.

Polypropylen se připravuje koordinační stereospecifickou polymerizací propylénu $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$ s využitím Ziegler – Nattových katalyzátorů. Katalyzátor TiCl_3 , $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ při 100°C a tlaku 3 MPa. Výsledkem je vysocekrystalický izotaktický PP.

Výrobní postup je u polypropylénových vláken kontinuální. Výroba vlákna může nastat vícero postupy:

Klasický postup

- zvlákňování z taveniny (citlivé na přítomnost O_2)
- chlazení v dlouhé šachtě (nízká tepelná vodivost)
- nedloužené vlákno má 70% krystality
- dloužení (s krčkem) 3,5

Zkrácené zvlákňování

- nízká rychlost zvlákňování 30 - 150 m/min a krátká chladicí zóna. Speciální dloužení (pevnost až 7 cN/dtex).

Štěpení folií

- extruze folie
- jednoosé dloužení
- řezání

Vysoká orientace a vysoká pevnost 4,5 až 6,5 cN/dtex. Pro obalový materiál.

Vlastnosti polypropylénových vláken

Mezi charakteristické vlastnosti polypropylénových vláken patří:

- ❖ měrná hmotnost 910 kg/m^3
- ❖ vysoký koeficient tření 0,24
- ❖ pevnost 1,5 - 6 cN/dtex
- ❖ tažnost 15 – 60 %
- ❖ voskový omak
- ❖ sráživost (ve vroucí vodě) 0 – 5 %
- ❖ dobré elektroizolační vlastnosti
- ❖ vysoký elektrický odpor, ale malá náchylnost k tvorbě elektrostatického náboje
- ❖ sorpce vody při 65 % RH je 0 – 0,005 %
- ❖ teplota měknutí $149 - 154^\circ\text{C}$
- ❖ teplota tavení $165 - 170^\circ\text{C}$
- ❖ nízká tepelná vodivost $0,1 - 0,3 \text{ W/m/K}$

- ❖ výborná odolnost vůči chemikáliím (porušení koncentrovanou HNO_3 a vařícími koncentrovanými alkáliemi)

Výhody: odolnost vůči oděru, trvanlivost, nízká měrná hmotnost, nízká úroveň elektrostatického náboje, snadná formovatelnost.

Nevýhody: nízké (pomalé) zotavení, nízká navlhavost, nízká tepelná odolnost (tepelná srážlivost), nepříjemný omak (voskovitý), nízká tuhost, špatně barvitelné (povrchové), možné barvit ve hmotě.

Použití: technické textilie, bytové textilie (koberce), integrované- vícevrstvé textilie [5].

3.2 Charakteristika základních parametrů příze

Jelikož většina plošných textilií se vyrábí z příze, a ty tím pádem velmi ovlivňují vlastnosti výsledné plošné textilie, je nutné věnovat velkou pozornost již vlastnostem délkových textilií. U délkové textilie jsou důležité její typické charakteristiky, které mají vliv na výsledné vlastnosti příze. Jsou to jemnost příze, použitá vlákenná surovina, technologie výroby příze a zákrut.

Prodyšnost plošné textilie zcela jistě ovlivňuje průměr použité příze, zaplnění příze a také její chlupatost. Proto těmto vlastnostem budou věnovány následující podkapitoly.

3.2.1 Jemnost příze

Jemnost neboli délková hmotnost příze T [tex] je jedním ze základních pojmů, které definují přízi. Jemnost příze je definována jako podíl hmotnosti úseku příze m [g] ku jeho délce l [km]. Můžeme ji taktéž vyjádřit jako součin hustoty vláken $[\text{kg}/\text{m}^3]$ a součtové plochy všech vlákenných řezů v průřezu příze, která se označuje jako substanční průřez příze S [m^2] [10]. Z hlediska geometrie tkaniny slouží jemnost příze pro stanovení ekvivalentního průměru nití. Jemnost se spočítá podle vzorce:

$$T = \frac{m}{l} = \frac{Sl\rho}{l} = S\rho \quad (1)$$

kde ρ [kg/m^3] je měrná hmotnost vlákenného materiálu.

3.2.2 Substanční průměr a ekvivalentní průměr příze

Obvykle se pod pojmem průměr příze, rozumí průměr nejmenšího možného válce, ve kterém je soustředěna všechna hmota příze a nebo její podstatná část. Kdyby se vlákna v přízi stlačila tak, aby se vytlačil všechen vzduch z mezivlákněného prostoru, vznikl by kompaktní kruhový průřez substanční plochy S [mm^2], se substančním průměrem d_s [mm]. Tento průměr je

teoretický nejmenší možný průměr příze (bez vzduchu). Substanční průměr d_s je vždy menší než skutečný průměr příze d , proto lze mezi nimi pozorovat vztah, $d_s < d$, tak, jak je to znázorněno na obrázku 1. Substanční průměr vypočítáme podle vzorce:

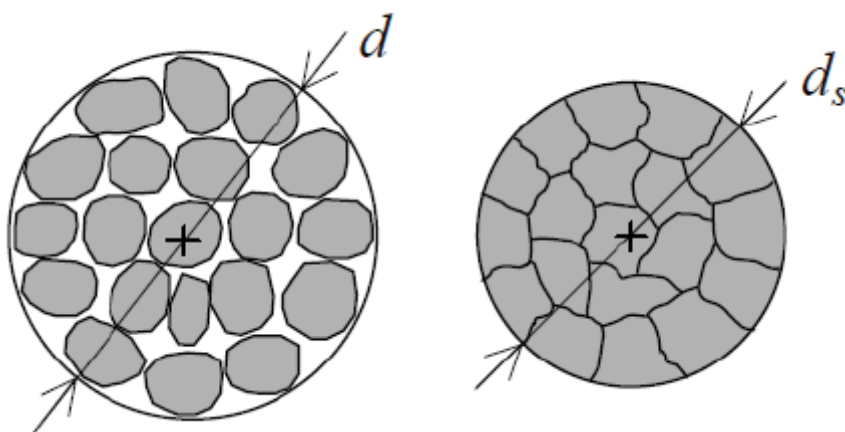
$$d_s = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4T}{\pi\rho}} \quad (2)$$

kde d_s [mm] je substanční průměr příze, S [mm²] je plocha kompaktního kruhového průřezu, T [tex] je jemnost příze a ρ [kg/m³] je hustota příze.

Každá příze obsahuje mezi vlákny nerovnoměrné vzduchové mezery a proto není homogenním válcem. Z tohoto důvodu není možné jednoznačně určit definici průměru příze. Průměr příze je smluvní hodnotou a bývá nahrazen průměrem válce v němž je soustředěna převážná část vláken. Tento průměr nazýváme ekvivalentním průměrem příze d_e [mm] a lze ho spočítat podle vzorce:

$$d_e = \sqrt{\frac{4S}{\pi\mu}} = \sqrt{\frac{4T}{\pi\mu\rho}} \quad (3)$$

kde, μ [1] je zaplnění příze.



Obrázek 1: Rozdíl mezi skutečným průměrem příze d a substančním průměrem příze d_s , [6].

Z uvedených vztahů vyplývá, že příze stejné jemnosti, vyrobené totožnou technologií, ale z jiné suroviny, která se odlišuje hustotou, mají různou plochu příčného řezu a odlišný substanční průměr. Jakmile se tedy použijí suroviny s rozdílnou hustotou, při stejné konstrukci budou geometrické parametry příze a plošných textilií rozdílné [7].

3.2.3 Zaplnění příze

Dále je pak u délkové textilie důležité to, zda se jedná o přízi, kabel, kabílek, monofil nebo multifil. Druh nitě totiž ovlivňuje obsah vzduchu ve výsledné přízi. Příze o jemnosti 45 tex bude mít větší porositu než monofil o jemnosti 45 tex. Jelikož příze bude obsahovat více vzduchu než jedno nekonečně dlouhé chemické vlákno o stejné jemnosti. To jak jsou vlákna stěsnána, lze vyjádřit pomocí zaplnění.

Zaplnění příze můžeme popsat jako rozložení vláken v délkovém textilním útvaru. Pokud je zaplnění příze malé, znamená to, že v celkovém objemu příze je mezi jednotlivými vlákny hodně vzduchu. Naopak, hovoří-li se o monofilu (délková textilie z jednoho vlákna nekonečné délky), zaplnění této délkové textilie bude rovno 100 % (celý objem délkové textilie je vyplněn vláknem).

Hodnota zaplnění příze je také závislá na zákrutu nitě. Čím méně je pramen zakroucen, tím více vzduchu je mezi jednotlivými vlákny. Všeobecně by se dalo říci, že tkaniny se vyrábějí z přízi s vyšším počtem zákrutů na metr délky než pleteniny. Čím méně zákrutů příze má, tím více vzduchu může obsahovat.

Znalost hodnoty zaplnění příze je zásadní pro vyjádření ekvivalentního průměru kruhové příze podle vzorce 1. Zaplnění μ je bezrozměrná veličina, která nabývá hodnoty v intervalu od 0 do 1: μ (0;1).

Zaplnění příze se dá definovat *objemovou interpretací* jako podíl celkového objemu útvaru zaplněný objemem vláken [6].

$$\mu = \frac{V}{V_c} \quad (4)$$

Kde V [m^3] je objem vláken a V_c [m^3] je objem celkový.

Ale taktéž jako *plošná interpretace zaplnění*, která plyne ze vztahu:

$$\mu = \frac{S}{S_c} = \frac{4S}{\pi d^2} = \frac{4T}{\pi d^2 \rho} = \frac{d_s^2}{d^2} \quad (5)$$

kde S [m^2] je souhrnná plocha řezných ploch jednotlivých vláken a S_c [m^2] je celková plocha řezu útvaru.

Další alternativou výkladu zaplnění je *hustotní definice zaplnění*, zde zaplnění znamená poměr hustoty vlákenného útvaru k hustotě vláken.

$$\mu = \frac{\rho_V}{\rho_F} \quad (6)$$

Kde ρ_V [kg/m^3] je hustota nitě a ρ_F [kg/m^3] je hustota vláken.

ρ_V se vypočítá podle vztahu:

$$\rho_V = \frac{m_{\text{vláken}}}{V_C} \quad (7)$$

kde $m_{\text{vláken}}$ [kg] je hmotnost vláken v elementárním celkovém objemu V_C [m^3].

Radiální zaplnění je možné získat na základě analýzy příčných řezů přízí. V příčných řezech přízí je potřebné zaznamenat trajektorie a nebo středy jednotlivých průřezů vláken. V případě, že jsou zaznamenány jen středy vláken, je potřebné plochu průřezu vláken dopočítat podle jejich jemnosti a hustoty [6].

Bavlněné a polypropylenové příze není možné při stejné jemnosti vyrábět se stejným zákrutovým koeficientem. Zákrutový koeficient polypropylénové příze musí být zvolen nižší, než u bavlněné příze, protože polypropylénová vlákna mají vyšší schopnost se uspořádat vzhledem ke své geometrii a povrchovým vlastnostem než vlákna bavlněná. Polypropylénová vlákna jsou v oblasti jádra příze více stlačena, radiální zaplnění je statisticky významně vyšší u polypropylénových přízí už od poloměru 0,08 mm, než u bavlněné příze, i když byla polypropylénová příze předem s nižším zákrutem. Je to způsobené i tím, že polypropylénová vlákna mají při shodné jemnosti větší průměr, takže mají větší plochu průřezu v průřezu příze [7].

Je možné zkonstatovat, že toto zjištění se vztahuje i pro vzorky tkanin měřených v experimentální části této práce s jemností přízí 45 tex z polypropylénových a bavlněných vláken. Zaplnění je možné vyjádřit buď pro celý vlákenný útvar, a nebo jen v jeho konkrétních místech. Z čehož je možné charakterizovat strukturu vlákenného útvaru.

Zaplnění v řezu příze není jednotné. Nejvyšší hodnoty dosahuje v jádře příze, kde jsou vlákna stlačena nejvíce vnějšími vrstvami zakroucených vláken [8].

Typy struktur podle zaplnění

Prodyšnost tkaniny je tedy ovlivněna stěsnáním vláken v přízi. Čím více jsou vlákna v přízi stěsnána, tím méně prostoru (kudy může procházet vzduch) mezi sebou mají. Stěsnání vláken v přízi, lze rozdělit do 4 skupin.

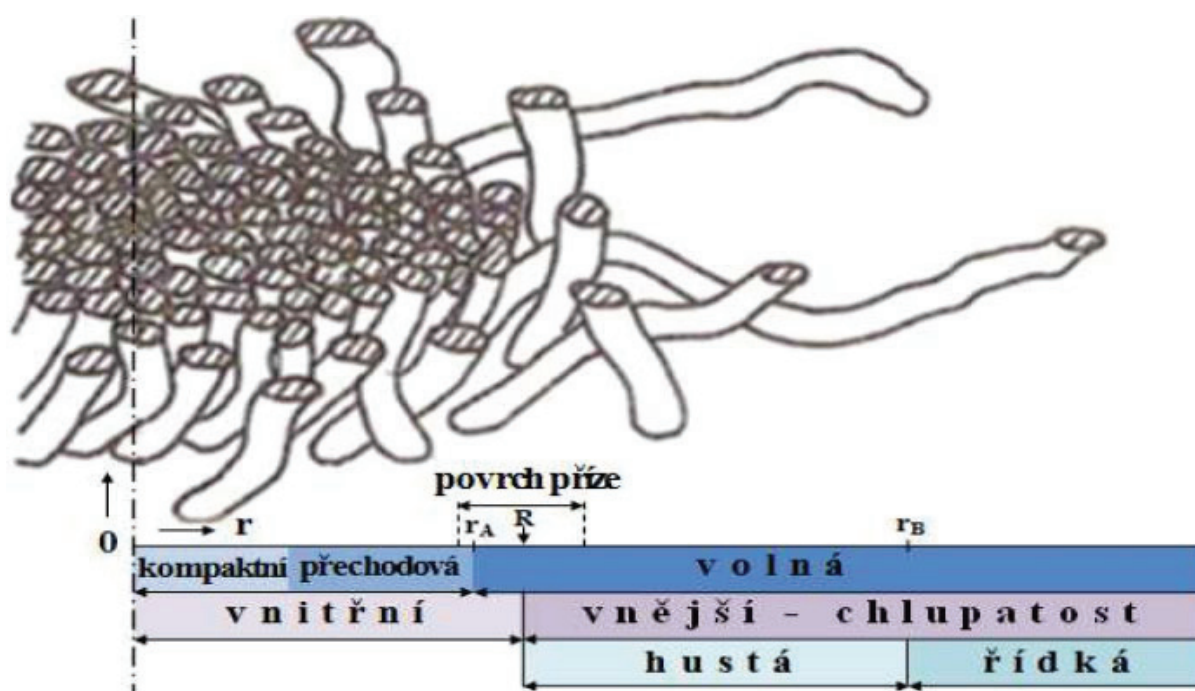
Limitní struktura se vyznačuje ideálním svazkem nejtěsnějších vzájemně dotýkajících se paralelních válcových vláken. Tomuto modelu se nejvíce blíží multifily, které jsou tvořené nekonečnými vlákny kruhového průřezu [9].

Kompaktní struktura je struktura, ve které se jednotlivá vlákna navzájem nedotýkají. Vzdálenost mezi vlákny je menší, než je polovina jejich vlastního průměru. Není možné, aby

mezerou mezi vlákny prošlo další vlákno, bez toho, aby se musely původní vlákna rozestoupit. Kompaktní struktura je typem struktury s omezeným individuálním pohybem vláken. Bude proto poměrně pevná, tvrdá a tuhá [2].

Přechodová struktura - její vlastnosti budou mezi vlastnostmi struktury kompaktní a volné. K průchodu vlákna mezi ostatními vlákny postačí odsunutí jen jediného vlákna.

Volná struktura je struktura, ve které může samostatné vlákno projít mezerou v řadě, bez posunutí ostatních vláken. A to díky tomu, že vzdálenost mezi sousedícími vlákny je větší, než jejich vlastní průměr. Struktura bude proto měkká, splývavá, porézní, ale zároveň málo mechanicky odolná [2]. Jednotlivé oblasti příze jsou znázorněny na obrázku 2.



Obrázek 2: Oblasti příze – typy struktur a zobrazení chlupatosti [14].

Vláknenný materiál je okolo osy příze silně stlačený a v mnoha místech se vlákna navzájem dotýkají, což se podobá kompaktní struktuře. Materiál z této oblasti příze je takzvanou nosnou podstatou samotné příze. Se zvětšujícím se poloměrem, hodnota zaplnění mírně klesá, což je charakteristické pro přechodovou strukturu. Dále se zaplnění začne rychle zmenšovat a vzniká tak struktura volná.

Směrem k povrchu, přes oblast husté chlupatosti k oblasti řídké chlupatosti, tedy zaplnění klesá [8].

3.2.4 Chlupatost příze

Dalším faktorem ovlivňujícím prodyšnost příze je chlupatost. Čím více vláken z příze vyčnívá, tím menších hodnot prodyšnost nabývá.

Chlupatost je charakterizovaná množstvím z příze vystupujících a nebo volně pohyblivých konců vláken [15]. Každá příze obsahuje mezi vlákny nerovnoměrné vzduchové mezery, proto není homogenním válcem a její řez není úplně osově symetrický. Mezi vlákny je možné pozorovat vzduchové mezery, které se zvětšují, čím víc se blíží k okraji příze a tím plynule přecházejí do oblasti chlupatosti.

Chlupatost je možné rozdělit na oblast husté chlupatosti a oblast řídké chlupatosti příze.

Oblast husté chlupatosti příze

Oblast husté chlupatosti se rozkládá přibližně do vzdálenosti jednoho poloměru příze od místa jejího povrchu, to je od místa, kde zjišťujeme průměr příze. V této oblasti se vlákna ještě vzájemně vyskytují v kontaktech, materiál má charakter „pružné sítě“, která je zřejmě velmi důležitá pro vnímání omaku a oděr výsledné textilie.

Oblast řídké chlupatosti příze

V této oblasti jsou obsáhnuté především izolované, volné „plápolající“ konce vláken, které způsobují technologické a vzhledové problémy při výrobě a používání plošných textilií [22].

3.3 Charakteristika vícekomponentních staplových přízí

Příze však nemusí obsahovat jen jeden druh vláken. Může obsahovat i více komponent. Tím opět dochází ke změně výsledných vlastností příze. Je třeba tedy definovat v jakém poměru jsou vlákna v přízi zastoupena, aby bylo možné predikovat některé její vlastnosti.

Vícekomponentní příze je vytvořená dvěma a více typy vláken neboli komponent. Každé vlákno má svoje charakteristické vlastnosti, které určují geometrické vlastnosti vícekomponentní příze [22].

Lze uvažovat, že vlákenný útvar je složený z n komponent. Každá komponenta je označená indexem $i = 1, 2, \dots, n$. Veličiny týkající se jedné komponenty mají index i , veličiny celého vlákenného útvaru jsou bez indexu [15].

Objem i -té komponenty je podíl hmotnostního podílu komponenty k její měrné hmotnosti,

$$V_i = \frac{g_i}{\rho_i} \quad (8)$$

kde V_i [m^3/kg] je objem vláken i -té komponenty, g_i [-] je hmotnostní podíl i -té komponenty a ρ_i [kg/m^3] je měrná hmotnost vláken i -té komponenty.

Střední měrná hmotnost vláken ρ [kg/m^3] v přízi je:

$$\rho = \frac{1}{\sum_{i=1}^n V_i} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{g_i}{\rho_i}} \quad (9)$$

Objemový podíl komponent v_i [-] lze vyjádřit vztahem:

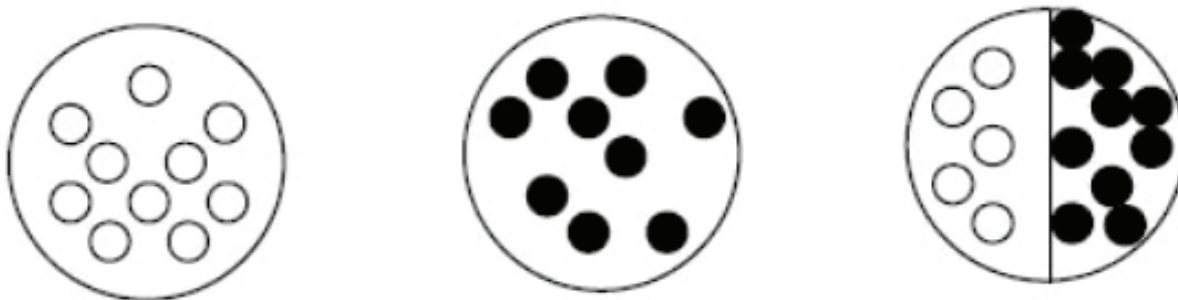
$$v_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (10)$$

Zaplnění dvoukomponentní příze

Dvoukomponentní příze je možné zidealizovat jako dvě příze jednokomponentní, za podmínky, že byly vyhotovené stejnou technologií s totožnou jemností a zákrutem [16]. Za předpokladu, že:

- ❖ vlákna i -té komponenty jsou do směsivé příze umístěny se stejným zaplněním,
- ❖ objem vláken v dvoukomponentní přízi odpovídá součtu objemů vláken komponent,
- ❖ objem příze odpovídá součtu celkových objemů - se vzduchem, který zabírají komponenty v přízi.

Na obrázku 3 je znázorněný idealizovaný průřez dvoukomponentní příze.



Obrázek 3: Idealizovaný průřez dvoukomponentní příze [16].

Zaplnění dvoukomponentní příze μ^* [-] je definované:

$$\mu^* = \frac{V^*}{V_C^*} = \frac{V_1^* + V_2^*}{\frac{V_1^*}{\mu_1^*} + \frac{V_2^*}{\mu_2^*}} = \frac{\mu_1^* \mu_2^*}{v_1 \mu_2^* + v_2 \mu_1^*} = \frac{\mu_1 \mu_2}{v_1 \mu_2 + v_2 \mu_1} = \frac{\mu_1 \mu_2}{\rho_s \left(\frac{g_1}{\rho_1} \mu_2 + \frac{g_2}{\rho_2} \mu_1 \right)} \quad (11)$$

kde μ_i^* [-] je zaplnění jednokomponentní příze vyrobené z i -té komponenty a ρ_s [kg/m^3] je střední hustota vláken ve směsi.

3.4 Charakteristika základních parametrů tkaniny

Při měření a hodnocení vlastností u tkanin jsou podstatné parametry, které jednotlivé vlastnosti ovlivňují. Prodyšnost textilií nezávisí pouze na průměru použitých nití, ale také na dostavě a na zvolené vazbě. S těmito charakteristikami se lze blíže seznámit v následujících podkapitolách.

Plošnou textilií lze definovat jako textilní útvar, který má tloušťku několikanásobně menší než délku a šířku. Struktura se periodicky opakuje.

Tkaniny jsou plošné textilie zpravidla tvořené vzájemným křížením na sebe kolmých dvou soustav nití. První soustava se nazývá osnova a leží ve směru délky tkaniny, soustava nití na ni kolmá se nazývá útek. Nítě jedné soustavy leží vedle sebe rovnoběžně.

3.4.1 Dostava tkaniny

Dostavou tkaniny lze chápat počet nití na jednotku délky, udává se na 10 cm. Popřípadě na 1 cm [17]. Je definovaná samostatně pro osnovní soustavu nití D_o [n/cm] a samostatně pro útkovou soustavu nití D_u [n/cm].

Dostava tkaniny, a nebo taktéž hustota tkaniny, závisí na silovém působení tkacího procesu, na jemnosti příze, materiálovém složení příze a na vazbě tkaniny. Jakmile je dostava osnovních a útkových nití vysoká, jde o hustou tkaninu (méně prostoru mezi nitěmi znamená nižší prodyšnost). V opačném případě, tedy když je dostava osnovních a útkových nití nízká, jde o řídkou tkaninu (více prostoru mezi nitěmi znamená vyšší hodnotu propustnosti pro vzduch).

Z jednotlivých dostav osnovy a útku lze spočítat celkový počet nití v tkanině D_c [n/m²]. Ten udává kolik nití je v dané ploše tkaniny obsaženo. Spočítá se podle vzorce:

$$D_c = (D_o + D_u) \cdot 100^2 \quad (12)$$

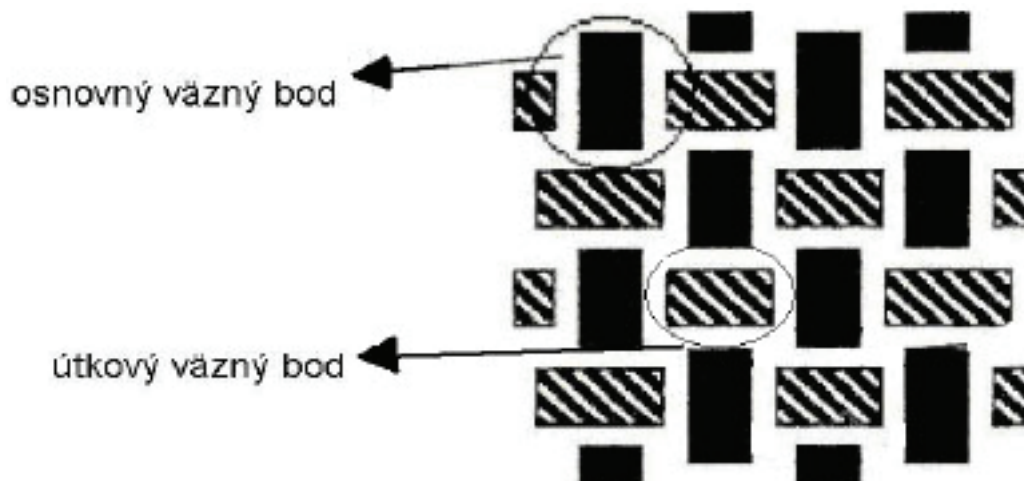
kde D_c [n/m²] je celkový počet nití v tkanině, D_o [n/cm] je dostava osnovy a D_u [n/cm] je dostava útku.

3.4.2 Vazba tkaniny

Způsob vzájemného provázání soustav osnovní a útkových nití se nazývá vazba tkaniny. Každé překřížení osnovní a útkové nitě se nazývá *vazný bod*. Existují dva typy jejich vzájemné polohy: *osnovní vazný bod* a *útkový vazný bod*. Pokud je v místě křížení na lícni

straně tkaniny osnovní nit, jedná se o osnovní vazný bod. Pokud je v místě křížení na lícni straně tkaniny útková nit, jedná se o útkový vazný bod [18].

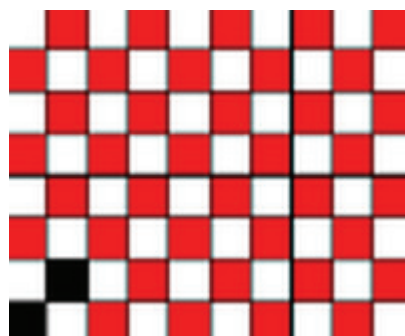
Nejmenší pravidelně se opakující úsek vazby se nazývá *střída vazby*. Velikost vazby je určena počtem nití ve směru osnovy a ve směru útku [19].



Obrázek 4: Schéma osnovního a útkového vazného bodu [18].

Použitá vazba významně ovlivňuje mnoho vlastností jednotlivých tkanin. Mezi základní vazby patří vazba plátňová, keprová a atlasová.

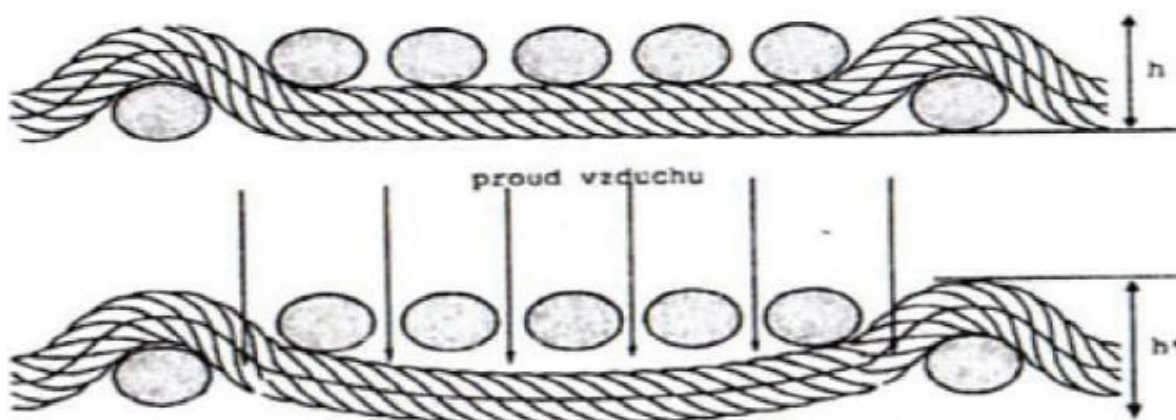
- ❖ **plátňová** – je to nejpoužívanější, nejjednodušší ale současně nejpevnější oboustranná vazba s nejhustějším provázáním. Jedná se o nejpevnější a nejtrvanlivější vazbu. Střídu vazby tvoří čtverec o velikosti dvou nití osnovních a dvou nití útkových (viz Obrázek 5). V plátňové vazbě se pravidelně střídají osnovní a útkové vazné body. Hustým provázáním je zajištěné dobré zaplnění tkaniny oběma soustavami nití. Vazba tkaniny je totožná na lícové i na rubové straně. U plátňové vazby je snadné rozeznat každou abnormalitu v tloušťce nití či nepřesnost v tkacím procesu, což se projeví na zhoršení kvality tkaniny. Tkanina v plátňové vazbě má oproti ostatním vazbám menší tloušťku, menší prodyšnost, větší pevnost a trvanlivost. Od plátňové vazby existují i odvozené vazby (například ryps, panama, kanava).



Obrázek 5: Zakreslení osnovních a útkových vazných bodů v plátnové vazbě.

- ❖ **keprová** – tvoří většinou šikmé řádkování (pravého nebo levého směru) ale v odvozených vazbách se může i měnit. Je to vazba, která může být osnovní nebo útková, v případě vazby osnovní se jedná o vazbu, která má z lící strany více osnovních vazných bodů. V případě útkové vazby se jedná o vazbu, která má na lící straně více útkových vazných bodů.
- ❖ **atlasová** – je to vazba, která může být osnovní nebo útková, v případě vazby osnovní se jedná o vazbu, která má z lící strany více osnovních vazných bodů. V případě útkové vazby se jedná o vazbu, která má na lící straně více útkových vazných bodů.. Atlasová vazba se vyznačuje vysokým leskem. Má nevýrazné šikmé řádkování. V základním atlasu jsou vazné body rozsazeny tak, aby se vzájemně nedotýkaly.

Vazba ovlivňuje hodnoty prodyšnosti tkaniny. Ve vazbě plátnové jsou pouze póry typu 1 (viz podkapitola 3.5.1), zatímco ve vazbě keprové a atlasové se vyskytují i ostatní typy pórů, což má vliv na její prodyšnost. Keprová a atlasová vazba obsahuje neprovázané úseky nití – flotáže, a právě délka volně flotujícího úseku nitě, resp. míra provázání nití v tkanině má vliv na prodyšnost tkaniny (viz Obrázek 6). Vliv neprovázaných nití v tkanině zohledňuje vertikální porosita. U tkanin s plátnovou vazbou, ve které jsou všechny vazné body provázány, se vertikální porosita neprojeví vůbec. Vliv vertikální porosity se projevuje při měření prodyšnosti tkanin s keprovou a atlasovou vazbou, kdy díky proudícímu vzduchu vzrůstá plocha vertikální porosity vlivem vzájemného pohybu delších neprovázaných úseku nití – flotáží. Proto byly v experimentální části této práce použity pouze vzorky tkanin s plátnovou vazbou aby se potlačil vliv vazby tkaniny na její prodyšnost.



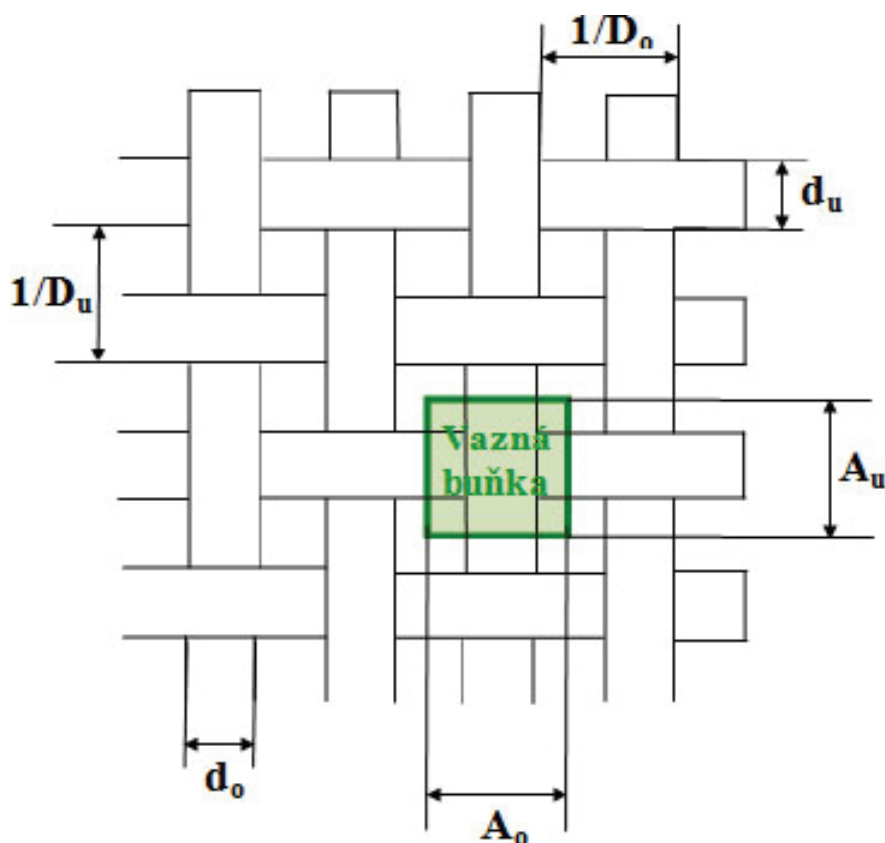
Obrázek 6: Volně flotující usek nitě tkaniny v proudu vzduchu [45].

3.4.3 Vazná buňka

Vazební buňka tkaniny (viz Obrázek 7) zahrnuje okolí jednoho vazného bodu tj. zakřížení osnovní a útkové nitě [20]. Je potřeba rozlišovat skutečnou rozteč osnovních nití A_o [mm] a skutečnou rozteč útkových nití A_u [mm], pro které platí:

$$A_u = \frac{1}{D_u} \cdot 10^2 \quad (13)$$

$$A_o = \frac{1}{D_o} \cdot 10^2 \quad (14)$$



Obrázek 7: Vazná buňka tkaniny [20].

3.4.4 Provázání nití

Provázání nití má vliv na plošnou hmotnost tkaniny. Pokud totiž bude příze mít větší průměr, délka nitě potřebná k provázání bude delší než u nití, s menším průměrem. V případě, že tedy bude v tkaninách s totožnou celkovou dostavou použita příze o stejné jemnosti, avšak z jiných materiálů (což povede k rozdílným průměrům příze), může nastat situace, že tkaniny budou mít odlišnou plošnou hmotnost, jelikož v tkanině, která bude z příze s větším průměrem, bude větší celková délka nití.

Za nejznámější model pro vyjádření provázání nití v tkanině lze považovat *Piercův model* [17]. Peircův model je přijatelný z geometrického hlediska v převážné většině zkoumaných tkanin. Vychází z následujících předpokladů:

- ❖ průměr nitě v řezu je kruhový – neuvažuje v daném modelu zploštění ani jedné soustavy nití v tkanině
- ❖ vazná vlna osnovy a nebo útku, je nahrazená obloukem kružnice a přímkou (při těsném provázání je přímková – flotážní část rovná nule, vazná vlna v místě křížení v daném případě je čtvrtina obvodu kružnice)
- ❖ vazná vlna je v jednoduchém provázání – v plátnové vazbě. V případě neplátnových a dalších odvozených vazeb je úsek neprovazujících nití v tkanině nahrazený konstantním úsekem ve velikosti flotáže.

Peircův model, na obrázku 8, bývá obvykle popsán těmito parametry:

průměry jednotlivých nití v řezu: průměr osnovy d_o , průměr útku d_u ,

střední průměr nitě: $d_{str} = d_o + d_u / 2$

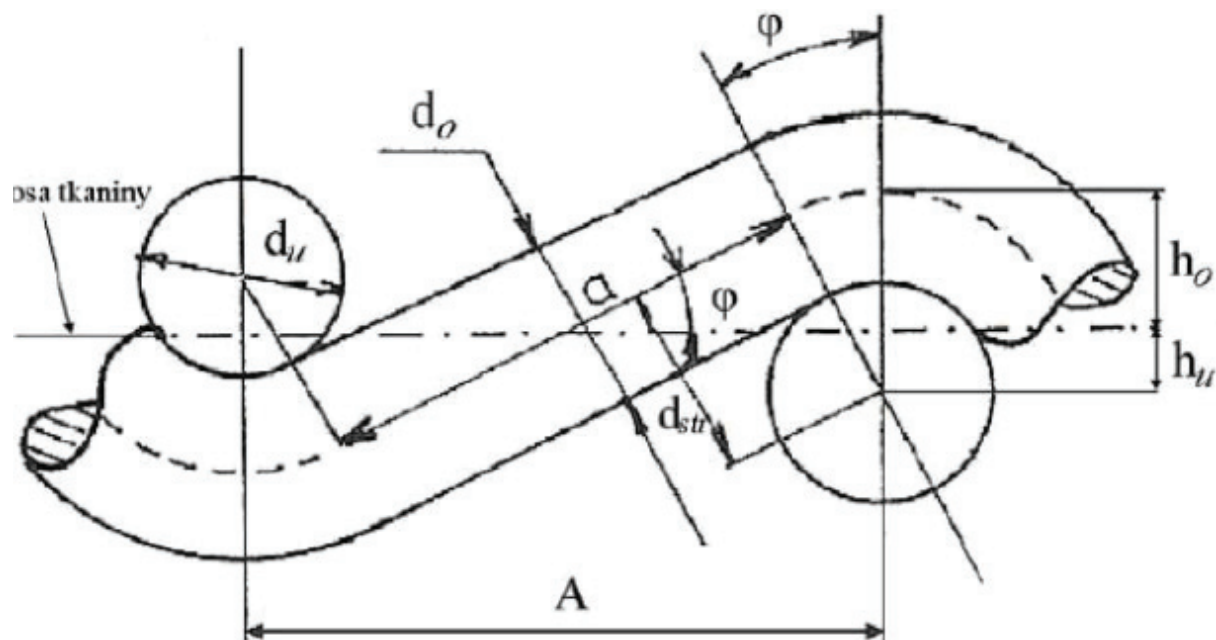
šířka řezu: velikost roztečí osnovy A_o , útku A_u ,

výška zvlnění: osnovní nitě h_o , útkové nitě h_u ,

součet výšek vazných vln: $h = h_o + h_u$

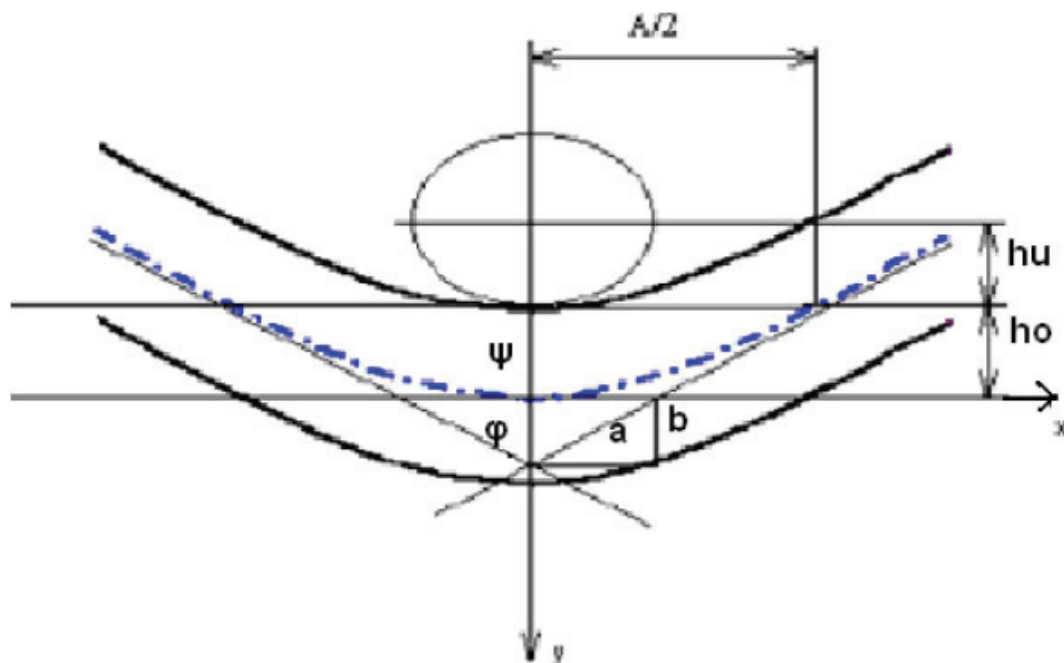
vzdálenost os nití: $h_o + h_u = (d_o + d_u) / 2$

úhel zvlnění φ .



Obrázek 8: Peircův model provázání [17].

Dalším teoretickým modelem je *hyperbolický model* určený pro vyjádření délky nitě ve vazné vlně a úhlu provázání příze [21]. Hyperbolický model je zjednodušeným modelem Peirceovo modelu. V tomto modelu ve vazném bodě tkaniny se příze deformuje, není kruhová jako v klasickém Peirceovu modelu, popisuje se dvěma charakteristickými parametry a , b a průřez se nahrazuje Kempovým průřezem, elipsou a nebo ččkou.



Obrázek 9: Hyperbolický model provázání nití v tkanině [17].

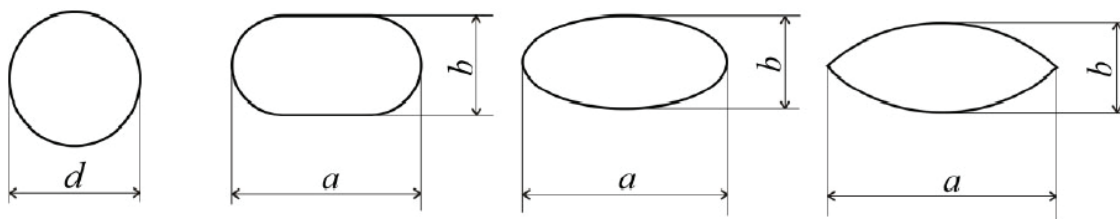
Pro vyjádření tohoto modelu je podstatné stanovit velikost poloos a , b . Na to, aby se mohla vypočítat velikost parametrů a a b je potřebné znát i níže uvedené parametry tkaniny:

- ❖ $A/2, B/2$ – rozestup osnovních resp. útkových nití v provázání,
- ❖ h_o, h_u – výška vazné vlny osnovních resp. útkových nití,
- ❖ f, ψ – úhly provázání ohybové čáry osnovní resp. útkové nitě,
- ❖ ρ – poloměr křivosti ve vrcholu provázání pro jednoduché příze, pro které platí:

$$\rho = \frac{a^2}{b} \quad (15)$$

Od charakteristiky teoretických modelů lze přejít k jednomu z modelů deformace příčného řezu nití, který vyplývá z teorie a experimentu stlačování nití mezi dvěma tuhými rovnoběžnými deskami. Při stlačování nití mezi rovnoběžnými deskami, taktéž jako v tkanině, dochází k deformaci původně kruhového příčného řezu, na modely používané pro deformování příze ve vazném bodě (viz Obrázek 10) – ovál (kemp), elipsa, ččka. Zjednodušeně lze uvažovat obrys zdeformované nitě ohraničený dvěma polokružnicemi o

poloměru B a dvěma úsečkami o délce AB , tzv. Kempův průřez. Nejčastější je tvar příčného řezu nití v tkanině aproximovaný elipsou [21].



Obrázek 10: Deformovaný průřez nitě: ovál (kemp), elipsa a čočka [21].

Lze zadefinovat následující bezrozměrné veličiny:

$$\text{poměrné rozšíření příze } \alpha = \frac{a}{d}$$

$$\text{poměrné stlačení příze } \beta = \frac{b}{d}$$

$$\text{zploštění příze } \gamma = \frac{b}{a}$$

kde a [mm] je rozšíření příze, b [mm] je stlačení příze, d [mm] je průměr příze. Plochu deformovaného průřezu S_{def} [mm²] je možné určit jako:

$$S_{Kemp} = \frac{\pi \cdot b^2}{4} + (a - b) \cdot b \quad (16)$$

$$S_{elipsa} = \frac{\pi \cdot a \cdot b}{4} \quad (17)$$

$$S_{čočka} = \frac{\sqrt{a^2 + \frac{4}{3 \cdot b^2} \cdot (a^2 + b^2)}}{4 \cdot b} \cdot \frac{a \cdot (a^2 - b^2)}{4 \cdot b} \quad (18)$$

Obvod deformovaného průřezu L_{def} [mm]:

$$L_{Kemp} \approx \pi \cdot b + 2 \cdot (a - b) \quad (19)$$

$$L_{elipsa} \approx 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{(a^2 + b^2)}{2}} \quad (20)$$

$$L_{čočka} \approx 2 \sqrt{a^2 + \frac{4}{3b^2}} \quad (21)$$

3.4.5 Zatkání nití v tkanině

Zatkání vyjadřuje zkrácení osnovy, či útku vlivem provázání nití v tkanině po zatkání [17]. Zatkání ovlivňuje hmotnost tkaniny. Čím je hodnota zatkání vyšší, tím je vyšší hmotnost dané

textilie (při stejných ostatních parametrech). Zatkání je definované zvlášť pro osnovu, zvlášť pro útek a při vyjádření platí:

$$s_o = \frac{L_o L_{vztk}}{L_{vztk}} \cdot 10^2 \quad (22)$$

$$s_u = \frac{L_u \check{S}_{vztk}}{\check{S}_{vztk}} \cdot 10^2 \quad (23)$$

kde s_o [%] je zatkání osnovní nitě, s_u [%] je zatkání útkové nitě, L_o [mm] je délka osnovní nitě vytáhnuté z tkaniny, L_u [mm] délka útkové nitě vytáhnuté z tkaniny, L_{vztk} [mm] délka vzorku tkaniny ve směru po osnově, \check{S}_{vztk} [mm] šířka vzorku tkaniny ve směru po útku.

Většinu výše zmíněných parametrů tkaniny lze vzájemně kombinovat a tím je možné vytvořit velké množství rozdílných tkanin, které mají rozdílné hodnoty prodyšnosti a dalších vlastností.

3.4.6 Tloušťka tkaniny

Tloušťka tkaniny je kolmá vzdálenost na tkaninu, kterou určuje rozměr mezi horní a spodní stranou textilie [17]. Podle ČSN EN ISO 5084 [35] jde o měření kolmé vzdálenosti mezi základní deskou, na které se nachází vzorek a kruhovým přitlačným kotoučem, tedy čelistí. Čelist působí na hodnocenou tkaninu pod předepsaným přitlakem. Tloušťka tkaniny je ovlivněná průměrem osnovních a útkových nití, dostavou tkaniny, použitou vazbou, ale taktéž použitým materiálem. V ideálním případě by byla tloušťka tkaniny určená jako součet průměrů osnovní a útkové nitě. Avšak ve skutečnosti je situace trochu složitější. Při vzájemném provázání osnovních a útkových nití dochází k jejich deformaci, tzn., že průměr přestává být kruhový a nabývá skoro elipsovitého tvaru.

3.4.7 Plošná a objemová hmotnost tkaniny

Hmotnost tkaniny je součtem hmotností všech nití útkové i osnovní soustavy. Hmotnost tkaniny je závislá na dostavě jednotlivých soustav, jejich jemnosti a taktéž na zatkání nití v těchto soustavách [17].

Plošná hmotnost tkaniny m_s [kg/m²] vyjadřuje hmotnost plošné jednotky tkaniny:

$$m_s = \frac{m_{tk}}{S_{tk}} \quad (24)$$

kde m_{tk} [kg] je hmotnost tkaniny, S_{tk} [m²] plocha 1m²tkaniny.

Objemová hmotnost tkaniny m_v [kg/m³] vyjadřuje hmotnost objemové jednotky tkaniny:

$$m_v = \frac{m_{tk}}{V_{tk}} = \frac{m_{tk}}{s_{tk} t_{tk}} = \frac{m_s}{t_{tk}} \quad (25)$$

kde V_{tk} [m³] je objem 1m² tkaniny a t_{tk} [m] je tloušťka tkaniny.

3.4.8 Zakrytí a zaplnění tkaniny

Oba dva parametry se používají k popisu struktury tkaniny. V jednoduchosti lze říci, že tyto veličiny popisují kolik nitě se v tkanině nachází.

Zaplnění μ , vyjadřuje poměr objemu nitě k celkovému objemu textilie, anebo jejího vazného bodu. Plnost tkaniny, je poměr konkrétní dostavy k limitní dostavě, tedy maximálně dosažitelné.

Zaplnění tkaniny je možné stanovit podle objemové definice jako:

$$\mu = \frac{V_Y}{V_{tk}} \quad (26)$$

kde V_Y [m³] je objem příze a V_{tk} [m³] je objem tkaniny.

Zaplnění je taktéž podíl hustot a může být interpretované jako:

$$\mu = \frac{\rho_{tk}}{\rho_F} \quad (27)$$

kde ρ_F [kg/m³] je hustota vlákenného materiálu a ρ_{tk} [kg/m³] je hustota tkaniny.

Zakrytí tkaniny Z se udává bezrozměrným koeficientem a charakterizuje poměr plochy zakryté nití k celkové ploše tkaniny, anebo jejího vazného bodu. Je možné ho rozdělit na zakrytí osnovními anebo útkovými nitěmi.

Zakrytí tkaniny je možné určit vícero postupy. Jedním ze způsobů je zakrytí tkaniny jednou soustavou nití, buď osnovou anebo útkem, kde je zakrytí vyjádřené jako poměr plochy osnovní anebo útkové nitě k ploše vazného bodu [12].

$$Z_{lo} = \frac{d_o A_u}{A_o A_u} = \frac{d_o}{A_o} = d_o D_o \quad (28)$$

$$Z_{lu} = \frac{d_u A_o}{A_o A_u} = \frac{d_u}{A_u} = d_u D_u \quad (29)$$

Kde Z_{lo} [1] je zakrytí osnovy, Z_{lu} [1] je zakrytí útku, d_o [m] průměr osnovní nitě, d_u [m] průměr útkové nitě, A_o [m] rozteč osnovní nitě v tkanině, A_u [m] rozteč útkové nitě v tkanině, D_o [1/m] dostava osnovních nití v tkanině, D_u [1/m] dostava útkových nití v tkanině.

Dalším možným způsobem je vyjádření zakrytí pomocí dvou soustav nití. Kde plocha vazného bodu je $A_o A_u$, plocha zakrytá osnovou je $d_o A_u$, plocha zakrytá útkem je $d_u A_o$ a

dvakrát současně osnovní a útkovou nití zakrytá plocha je $d_o d_u$ [12]. Pak se tedy tento poměr ploch počítá podle následujícího vzorce:

$$Z = \frac{A_u d_o + A_o d_u - d_o d_u}{A_o A_u} = \frac{d_o}{A_o} + \frac{d_u}{A_u} - \frac{d_o d_u}{A_o A_u} = Z_{lo} + Z_{lu} - Z_{lo} Z_{lu} \quad (30)$$

Zakrytí tkaniny lze pojímat jako kolmý průmět obou soustav nití, osnovních a útkových, do roviny, která je rovnoběžná s rovinou tkaniny [31].

$$Z = D_o d_o + D_u d_u - d_o d_u D_o D_u \quad (31)$$

3.5 Porosita textilních materiálů

Z hlediska propustnosti textilie pro vzduch je porosita považována za jeden z nejdůležitějších parametrů struktury tkaniny. Porositu je možné vyjádřit či stanovit řadou teoretických postupů i různými experimentálními metodami. Vzhledem ke složitosti textilní struktury, každá z metod obsahuje nějaké zjednodušující předpoklady, které vnášejí do výsledků jisté nepřesnosti. Není proto jednoduché najít tu nejlepší variantu pro vyjádření porosity textilního materiálu.

Porosity P , je bezrozměrná veličina, která hovoří o tom, kolik vzduchu je obsáhnutého v textilií. Je možné ji vyjádřit jako poměrné číslo v intervalu (0; 1), anebo v procentech, a to v intervalu (0; 100). Při použití procentuálního vyjádření, vyjadřuje porosita procentuální zastoupení vzduchu v textilií. Tento poznatek vypovídá pouze o tom kolik vzduchu je v textilií, ale nehovoří nic konkrétně o rozložení vzduchu v textilií, neurčuje velikost pórů, ani jejich typ, tvar či vzájemné uspořádání. Na porositu má vliv tvar příčného řezu vlákna, který určuje, jak těsně k sobě vlákna v přízi dosedají, zejména ve vnitřních oblastech příze. Strukturu textilie je důležité chápat jako komplex celé řady parametrů. Póry v plošné textilií se dělí do tří základních kategorií podle jejich výskytu:

- ❖ *póry uvnitř vláken,*
- ❖ *póry uvnitř nitě vytvořené mezi vlákny,*
- ❖ *póry vytvořené mezi osnovními a útkovými nitěmi, tzv. mezinitné póry.*

V literatuře [32] se uvádí, že prodyšnost přízi je 200 až 2000 krát menší než prodyšnost plošných textilií. Z toho vyplývá, že lze porositu mezi vlákny uvnitř nitě zanedbat. Podle Havrdové [9] je však situace u přízi vyrobených ze staplových vláken komplikovanější. V případě, že jsou mezinitné póry v textilií „dostatečně velké“, proudící vzduch prochází právě tudy a lze tedy průchod vzduchu přes přízi zanedbat.

Pokud je ale tkanina hustě dostavená, velikost póru mezi nitěmi se výrazně sníží a navíc mohou být póry značně překryty chlupatostí příze. To vede k tomu, že vzduch mírně prochází mezinitnými póry a zároveň může procházet povrchovými vrstvami příze.

Vzhledem k tomu, že v experimentální části této práce byly použity vzorky s nízkou dostavou, lze tento fakt zanedbat a dále se tedy problematice mezivlákněné porosity uvnitř nitě více nevěnovat.

Porositu P [1] lze obecně vyjádřit podle Neckáře [2] jako podíl objemu vlákněného útvaru vyplněný vzduchem:

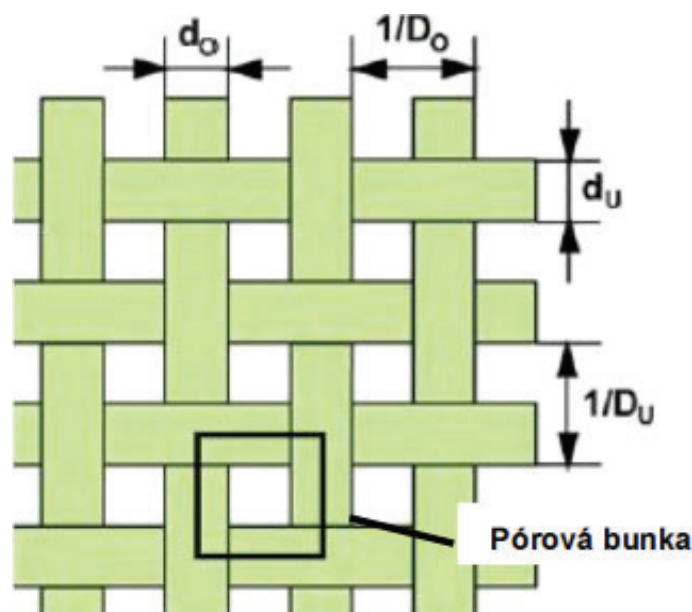
$$P = \frac{V - V_c}{V_c} = 1 - \frac{V}{V_c} = 1 - \mu \quad (32)$$

kde V_c je celkový objem vlákněného útvaru, V je objem vláken, $V - V_c$ je objem vzduchu, čili objem mezivlákněného prostoru.

3.5.1 Definice strukturních modelů – pórových buněk

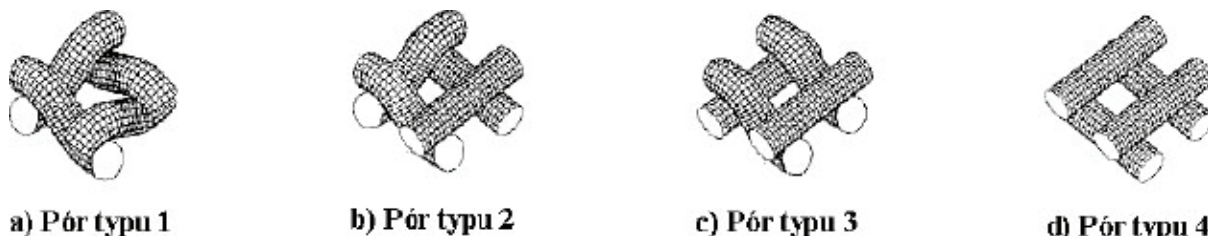
Menší strukturní jednotkou než je střída vazby je tzv. vazná buňka tkaniny. Vazná buňka zahrnuje okolí jednoho vazného bodu, viz. podkapitola 3.4.3. Na obrázku 11 je vazná buňka posunutá a vytváří okolí jednoho mezinitného póru v tkanině. Lze tedy hovořit o *pórové buňce*. Při kolmém průřezu tkaniny do roviny se všechny pórové buňky jeví jako stejné (zanedbaná nerovnoměrnost dostav a jemnost nití).

Jakmile je však tkanina pojímána jako 3-D objekt, je jistý tvarový rozdíl v závislosti na způsobu provázání nití v tkanině [17].



Obrázek 11: Průřez tkaniny v plátnové vazbě do roviny tkaniny.

Práce, které se zabírají modelováním porosity tkaniny, vycházejí ze základního rozdělení čtyř typů pórů. Čtyři základní typy pórových buněk (viz Obrázek 12) definoval Backer [33]. Jakákoli tkanina složená z dvou navzájem provázaných a na sebe kolmých soustav nití může být popsána nejrůznějšími kombinacemi těchto základních pórových buněk.



Obrázek 12: Čtyři typy pórových buněk podle Backera [17].

Jakmile platí, $D_o=D_u$ a $d_o=d_u$ při výpočtech geometrických parametrů nezáleží na směru pórových buněk v tkanině. Jakmile platí, že $D_o \neq D_u$ anebo $d_o \neq d_u$ je potřeba vykonat ještě rozdělení póru typu 3 na:

Pór 3A: 2 nezakřížené osovní úseky 2 zakřížené útkové úseky

Pór 3B: 2 zakřížené osovní úseky a 2 nezakřížené útkové úseky

Tato práce se zabírá tkaninami v plátňové vazbě, proto bude uvedený jen pór typu 1 (viz Obrázek 12). Pór typu 1 je nejprovázanější, má největší zatknání a nejmenší plochu póru.



Obrázek 13: Plošné zobrazení póru typu 1.

3.5.2 Modely porosity

Porosita se dá počítat podle několika modelů.

Hustotní porosita

Militký ve své publikaci [34] uvádí, že hustotní porovitost P_ρ je možné vypočítat podle vztahu:

$$P_\rho = 1 - \frac{\rho_{tk}}{\rho_F} \quad (33)$$

kde ρ_F [kg/m^3] je hustota vlákenného materiálu a ρ_{tk} [kg/m^3] je hustota tkaniny. ρ_{tk} je definována vztahem:

$$\rho_{tk} = \frac{m_s}{t_{tk}} \quad (34)$$

kde m_s [kg/m²] je plošná hmotnost tkaniny a t_{tk} [m] je tloušťka tkaniny. Pomocí poznatků o základních charakteristikách, jako je plošná hmotnost tkaniny m_s , tloušťka tkaniny t_{tk} a hustota vláken ρ_F , lze vypočítat hustotní porositu ve tvaru:

$$P_\rho = \frac{m_s}{\rho_F t_{tk}} \quad (35)$$

Jakmile je textilie vyrobená ze směsi vláknenných materiálů, jako v tomto případě, je nutné hustotu vláknenného materiálu nahradit váženým harmonickým průměrem ρ_{sm} hustot jednotlivých materiálových komponent zastoupených ve směsi:

$$\rho = \frac{1}{\sum_{i=1}^k \frac{g_i}{\rho_{Fi}}} \quad (36)$$

kde ρ_{Fi} je hustota i -té komponenty, g_i je její hmotnostní podíl ve směsi.

Při vyjádření pórovitosti může být nevýhodou zjednodušený předpoklad, že textilie je chápána jako plochá destička s rovinným horním a spodním povrchem. Reliéf povrchu plošné textilie, ale rovinný není a za póry v textilií jsou brané i prostory vyplněné vzduchem, který je už mimo textilií.

Objemová porosita

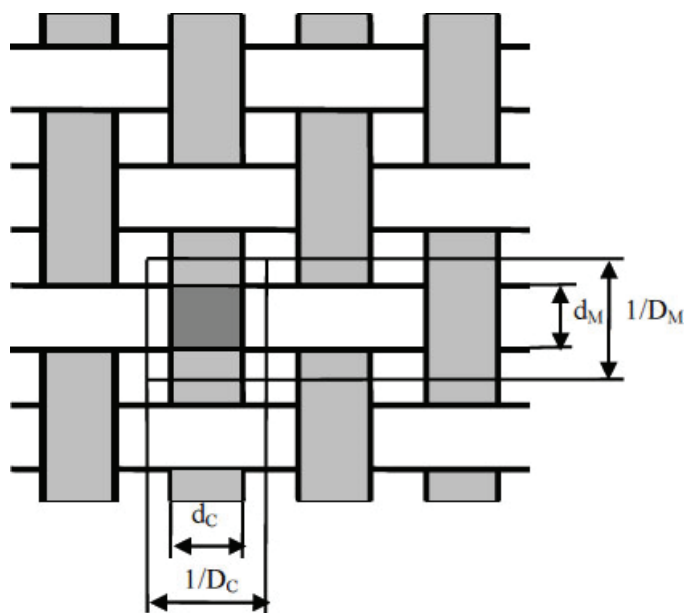
Objemová pórovitost je definována vztahem:

$$P_V = 1 - \frac{V_Y}{V_{tk}} = 1 - \frac{V_Y}{t_{tk}} \quad (37)$$

kde V_{tk} [m³] je objem 1 m² tkaniny a V_Y [m³] objem příze v 1 m² tkaniny. Přesnější je stanovení objemové pórovitosti založené na idealizované struktuře povrchu tkaniny (viz Obrázek 14).

Jednotková buňka (prvek struktury), která je zobrazená plnou čarou obsahuje část zakřiveného útku a osnovních nití. Objemy a délky těchto částí jsou počítané z rovnice odvozené od Militkého [34]. Správný objem pórovitosti je potom definovaný jako:

$$P_V^* = 1 - \frac{\pi}{4(d_o d_u)} \quad (38)$$



Obrázek 14: Idealizovaný povrch projekce tkaniny (d_c - průměr útkové příze, d_M – průměr osnovní příze) [34].

Plošná porosita

Klasický 2-D model anebo plošná pórovitost je porosita P_s [1] odvozená z prosté kolmé projekce příze do roviny tkaniny, zanedbává 3 dimenzionální strukturu tkaniny a vliv vazby. Je definována jako doplněk k plošnému zakrytí tkaniny. Vypočítá se podle vztahu:

$$P_s = 1 - Z = 1 - (D_o d_o + D_u d_u - d_o d_u D_o D_u) \quad (39)$$

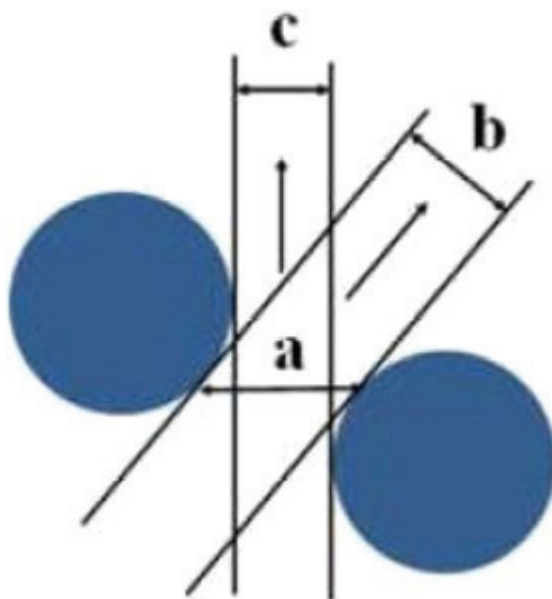
Tento model vypovídá jen o tom, kolik vzduchu textilie obsahuje, ale nehovoří nic o jeho rozložení, o distribuci pórů, jejich typu, tvaru a vzájemném uspořádání [9]. Nepostihuje prostorovou strukturu tkaniny. Jelikož u hustě dostavených tkanin je otevřená projektovaná plocha prakticky nulová, není tento model pro hustě dostavené tkaniny použitelný.

Modifikovaný 2-D model pórovitosti tkaniny podle Gooiera

U hustě dostavených tkanin, by podle klasické 2-D interpretace porosity, nedocházelo k žádnému průchodu vzduchu. I u těchto textilií však k průchodu vzduchu dochází, což znamená, že vzduch nemusí procházet jen kolmo na textilií, ale může protékat mezi nitěmi i v šikmém směru. Mezi nitěmi vznikají různé nakloněné póry, ve kterých dochází k obtékání nití proudem vzduchu. Touto úvahou se ve své práci detailně zabíral Gooier [32]. Vycházel z Backerovy [33] definice čtyř typů pórových buněk, které byly uvedené výše (viz Obrázek 12).

Pro stanovení nejúžší příčné plochy póru provedl Gooier příčné řezy póru v rovině tkaniny. Na obrázku 15 je vidět, že takto získaná plocha póru (rozměr a) je větší jako než u

šikmého směru (rozměr b). Průměr plošného póru (rozměr c) ukazuje plochu (nejmenší) póru při kolmém průmětu do roviny.



Obrázek 15: Možnosti stanovení plochy póru; a – řez v nejužším místě póru vedený rovnoběžně s rovinou tkaniny; b – řez v nejužším místě póru vedený kolmo na šikmý směr proudění vzduchu; c – řez póru interpretovaného jako průmět otevřené plochy tkaniny do roviny [32]

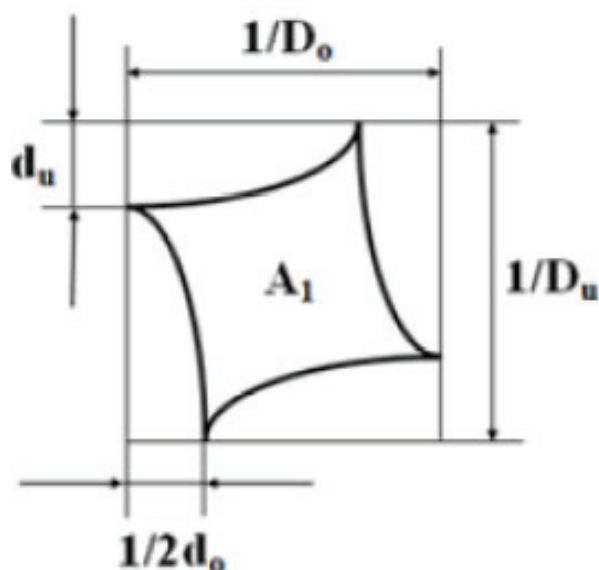
Gooier provedl průmět namočených obvodů pórů v jejich nejužším místě, které zohledňuje jejich tvarovou odlišnost. Výsledkem jsou plochy pórů. Tímto způsobem je do úvah o vzájemném vztahu mezi strukturou tkaniny a její prodyšností zahrnutý částečně i vliv provázání nití v tkanině respektive vliv vazby. Na obrázku 16 je znázorněná plocha póru typu 1.

Konečný vztah pro výpočet otevřené plochy póru A_1 [m²] a jeho namočeného obvodu W_1 je uvedený níže.

$$A_1 = \frac{1}{D_o} \frac{1}{D_u} - \frac{\pi}{4} d_u \left(\frac{1}{D_o} - \frac{d_o}{2} \right) - \frac{\pi}{4} d_o \left(\frac{1}{D_u} - \frac{d_u}{2} \right) \quad (40)$$

$$W_1 = \pi \left[\sqrt{\frac{\frac{d_o^2}{2} \left(\frac{1}{D_u} - \frac{d_u}{2} \right)^2}{2}} + \sqrt{\frac{\frac{d_u^2}{2} \left(\frac{1}{D_o} - \frac{d_o}{2} \right)^2}{2}} \right] \quad (41)$$

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



Obrázek 16: Průmět namočeného obvodu prvního typu pórové buňky v tkanině podle Gooiera [32]

Porositu P_G [1], lze stanovit jako podíl celkové plochy póru I ve střídě vazby A_1 a celkové plochy střídy vazby tkaniny.

$$P_G = \frac{n_{p1} A_1}{\frac{1}{D_o} n_o \frac{1}{D_u} n_u} \quad (42)$$

Kde n_o a n_u jsou počty osnovních a útkových nití ve střídě vazby a n_{p1} je počet pórových buněk typu $p1$ obsáhnutých ve střídě vazby.

Výhodou tohoto modelu je jeho jednoduchost, jeho použitelnost i pro hustě dostavané tkaniny. Taktéž skutečnost, že pro výpočet porosity je potřebné znát jen základní konstrukční parametry tkaniny (D_o , D_u , d_o , d_u , n_o , n_u).

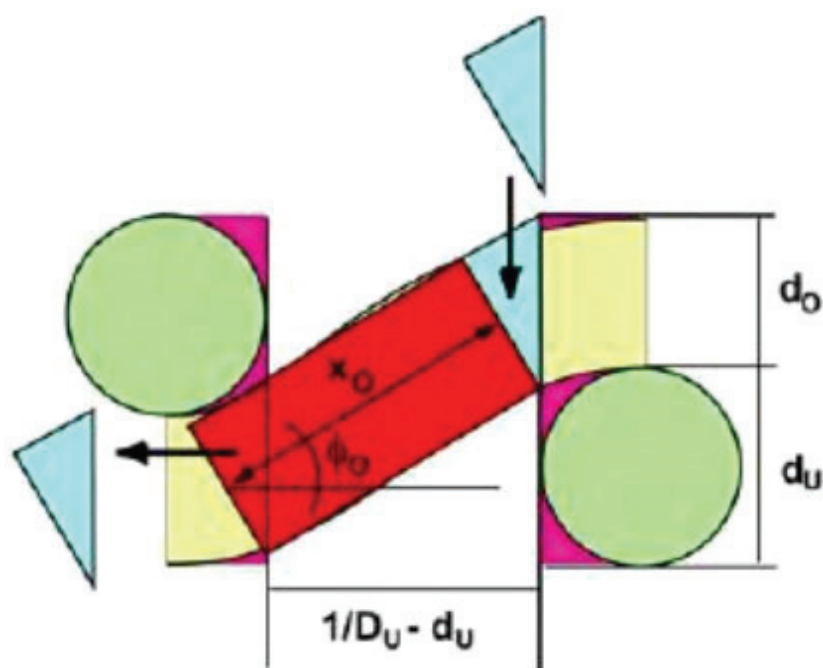
Zjednodušený 3-D model pórovitosti tkaniny

Zjednodušený 3-D model pórovitosti tkaniny taktéž vychází z Backerova rozlišení čtyř typů pórů a je podrobněji popsán v práci Marie Havrdové [9]. Každá pórová buňka je tvořena ze dvou úseků osnovních nití a dvou úseků útkových nití. Buňky jsou od sebe rozlišené různými kombinacemi zakřížených a nezakřížených úseků těchto nití. Celkový objem jedné libovolné pórové buňky V_C je:

$$V_C = \frac{1}{D_o} \frac{1}{D_u} (d_o + d_u) \quad (43)$$

Situace je zjevná v případě vyrovnané tkaniny, kdy platí, že tloušťka tkaniny $t = d_o + d_u$. Pokud osnovní a útkové nitě nejsou zvlněné v totožné míře, je tloušťka tkaniny větší. Povrch tkaniny není rovinný, ale představuje určitý reliéf. Proto se zdá rozumné vymezovat i v tomto případě „vertikální rozměr“ buňky součtem průměrů osnovní a útkové nitě.

Celkový objem pórové buňky je částečně vyplněný hmotou příze. V případě nezakříženého úseku je objem příze v pórové buňce menší, jako v případě zakříženého úseku. V místech vazných bodů je objem pórové buňky brán jako plně vyplněný hmotou příze. V těchto místech se čtyři typy pórových buněk nijak významně neodlišují. Liší se zejména v místech spojovacích úseků vazných bodů, v míře provázání resp. v míře zaplnění. Pórová buňka typu 1 je nejvíc zaplněná, je nejprovázanější a zároveň nejméně prodyšná [17].



Obrázek 17: Schéma zjednodušeného 3-D modelu porosity [17].

Objemy nezakříženého V_{ZO-} a zakříženého V_{ZO+} spojovacího úseku nitě zasahující do jedné pórové buňky lze vyjádřit jako poloviny válců:

$$V_{ZO-} = \frac{\pi d_o^2}{8} \left(\frac{1}{D_u} - d_u \right) \quad (44)$$

$$V_{ZO+} = \frac{\pi d_o^2}{8} \frac{\left(\frac{1}{D_u} - d_u \right)}{\cos \varphi} \quad (45)$$

Kde φ je úhel provázání osnovní nitě. Pro objemy nezakříženého V_{ZU-} a zakříženého V_{ZU+} spojovacího úseku útkové nitě je potřebné zaměnit indexy „o“ za „u“ a úhel φ za úhel ψ . Na

základě uvedených vztahů je možné vyjádřit pro pórovou buňku typu 1 objem příze nevyplněné hmotou, resp. vyplněné vzduchem jako:

$$V_1 = V_C - [d_o d_u (d_o + d_u) + 2V_{ZO+} + 2V_{ZU+}] \quad (46)$$

Pórovitost tkanin s plátňovou vazbou tak lze vyjádřit jako:

$$P_h = \frac{n_{pl} V_1}{V_C n_o n_u} \quad (47)$$

Kde n_{pl} je počet jednotlivých typů pórových buněk obsáhnutých ve střídě vazby n_o a n_u . Nevýhodou tohoto modelu je, že kromě parametrů D_o , D_u , a d_o , d_u , je potřeba znát ještě úhel provázání osnovní a útkové nitě. Pro stanovení těchto parametrů jsou potřeba další zjednodušující předpoklady, což může vést ke zkreslení výsledku.

Tato práce se zaměřuje na póry v tkanině, kterými se zaobírá plošná pórovitost. Objemovou pórovitostí a dalšími modely se blíže zaobírají už publikované výzkumné práce.

4 Vzájemný vztah mezi plošnou porositou tkaniny v plátňové vazbě, její prodyšností a strukturou

Kovář [12] ve své publikaci uvádí, že prodyšnost plošné textilie souvisí s její strukturou. Struktura tkaniny je sama o sobě velice složitá. Na strukturu tkaniny působí hodně vlivů, které tím pádem zároveň ovlivňují i prodyšnost. Strukturu tkaniny lze částečně popsat pomocí její porosity. K parametrům ovlivňujícím porositu a tedy i prodyšnost tkanin s plátňovou vazbou patří především geometrické parametry související s nití (průměr d), dále pak dostava osnovy, dostava útku, tloušťka tkaniny t .

Při experimentálním zjišťování prodyšnosti dochází k deformaci struktury, kterou způsobuje proud vzduchu procházející skrz textilií. Realita například u oděvů je jiná. K tomuto jevu u oděvů převážně nedochází, jelikož na oděv většinou nepůsobí souvislý proud vzduchu o konstantním tlaku. Tato problematika je tedy velice komplikovaná a závislá na mnoha faktorech.

Jestliže se měří dvě tkaniny, které mají stejnou vazbu, jsou utkány z naprosto stejných přízí (totožná jemnost, použitý materiál i zákrut), ale liší se dostavou, hodnoty prodyšnosti budou rozdílné.

Podobně je tomu u tkanin se stejnou hodnotou zakrytí Z . Na první pohled by se mohlo zdát, že tkaniny se stejnou hodnotou zakrytí budou mít i stejnou prodyšnost. Není tomu ale tak. Stejného zakrytí lze dosáhnout při vysoké dostavě a použití nití s nízkou jemností, stejně

tak jako při použití nití hrubších a nižší dostavě. Každá z těchto tkanin se bude lišit velikostí mezinitných pórů. Tkanina s vysokou dostavou bude mít velké množství menších pórů, které budou způsobovat vyšší tření a hodnota prodyšnosti bude nižší. Vyšší prodyšnost bude u tkaniny s nižší dostavou, která bude mít méně ale větších pórů.

Chlupatost staplových přízí má také velký vliv na prodyšnost textilie. V případě, že je tkanina hustěji dostavená, mohou vyčnívající vlákna z příze zaplnit mezinitné póry v tkanině a tím snížit hodnotu prodyšnosti.

I vazba tkaniny má vliv na její prodyšnost. U určitých typů vazeb můžou neprovázané úseky nití kmitat, či se vychýlit ze své osy a tím zvyšovat naměřenou hodnotu prodyšnosti. U tkanin v plátnové vazbě k tomuto jevu nedochází, jelikož zde jsou všechny nitě provázány. Tato vazba je tedy ze všech vazeb nejméně prodyšná.

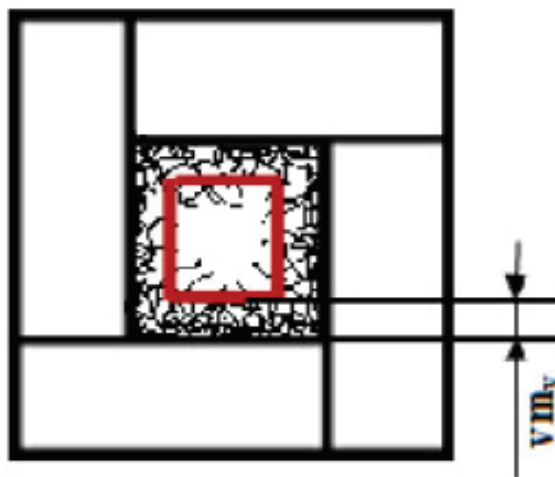
V experimentální části této práce byly použity vzorky tkanin v plátnové vazbě, kde k jevu kmitání neprovázaných nití nedochází.

Se strukturou tkaniny souvisí průměr přízí. Jestliže je průměr příze nižší, zakrytí tkaniny je nižší a zvyšuje se tak její porosita. Při větším průměru příze se porosita snižuje a klesá tak i prodyšnost.

Vliv materiálu, dostavy osnovních a útkových nití a jemnosti příze na prodyšnost tkanin s plátnovou vazbou zkoumala ve své práci [43] Lucie Čapková. Potvrdila, že s zvyšující se dostavou se snižuje prodyšnost tkaniny, jelikož stoupá její zakrytí. Také zjistila, že s nárůstem jemnosti nitě se snižuje prodyšnost tkaniny a to z důvodu, zvětšujícího se počtu vláken v průřezu příze, díky kterému roste průměr příze.

V experimentální části zmíněné práce byly dále z příčných řezů příze určeny vzdálenosti míry odstávajících vláken vm_v [mm] od průměru příze, jak je možné pozorovat na obrázku 18. Míry vzdálenosti byly měřeny od místa, kde křivka zaplnění protínala hodnotu radiálního zaplnění 0,15 a hodnotu blížíci se nule. Bylo zjištěno, že při zvyšující se jemnosti příze se zvyšuje i počet vláken v přízi, což vede ke zvýšení pravděpodobnosti výskytu vyčnívajících vláken z příze do prostoru mezinitného póru.

Dále byl v této práci zkoumán vliv deformace průřezu příze ve vazném bodě. Pomocí obrazové analýzy poměřovala průměry osnovních a útkových přízí ve vazném bodě i mimo něj. Potvrdila, že průměr příze mimo vazný bod je menší než ve vazném bodě, což je způsobeno deformací nití ve vazném bodě. Čapková dále proměřovala plochy, tedy plošnou porositu tkaniny, a průměry jednotlivých mezinitných pórů.



Obrázek 18: Míra odstávajících vláken od průměru přize v pórové buňce [43].

Potvrdila, že dostavy osnovních a útkových nití společně s průměry jednotlivých přízí ovlivňují plošnou porositu tkaniny. Byl také ověřen předpoklad, že průměr mezinitného póru se snižuje s rostoucí jemností přize a s rostoucí dostavou tkaniny.

5 Vliv vlhkosti na změnu strukturních parametrů

Vlhkost je základní vlastností například vzduchu. Vlhkost vzduchu nám udává jaké množství vody v plynném stavu obsahuje dané množství vzduchu. Vyskytuje se tedy přirozeně i v klimatizovaných textiliích, které sami o sobě vzduch také obsahují. Některá textilní vlákna jsou schopna vlhkost pojmout do své struktury, vlivem toho bobtnat a měnit tím svůj objem.

Schopnost pojmout do sebe vlhkost je nazývána sorpce. V případě sorpce se vlhkost naváže na volné hydrofilní skupiny v molekulové struktuře vlákna [29]. Jak už bylo řečeno i klimatizovaná textilie tedy obsahuje určité množství vlhkosti, vždy v mezivláknenných prostorech (v případě hydrofilních vláknenných materiálů pak i ve struktuře samotného vlákna) [13].

Nejspolehlivějším způsobem jak měřit množství vody v textiliích je metoda vážením. Tedy porovnáváním hmotnosti vysušeného vzorku a „zvlhčeného“ vzorku podle vzorce:

$$U = \frac{(m_v - m_s)}{m_s} * 100 \quad (48)$$

Kde U je relativní vlhkost [%], m_v je hmotnost mokrého vzorku [g] a m_s je hmotnost suchého vysušeného vzorku [g] [29].

5.1 Sorpce textilních vláken

Sorpce vody souvisí se složením vláken, stavem jejich povrchu, přístupností hydrofilních skupin, rozvolněností struktury, distribucí póru, teplotou, časem a přístupností sorpčních center. Textilní vlákna jsou neustále vystavována vlhkosti okolního prostředí. Podle chemického složení přijímá vlákno vlhkost tak dlouho než se ustálí rovnováha mezi obsahem vody ve vláknech a jeho okolí.

Vlhkost vlákna ovlivňuje nejen jeho zpracovatelnost ale i jeho mechanické vlastnosti (pevnost) a geometrické vlastnosti (průměr). Hydrofilní vlákna jsou porézní a mají afinitu k vodě. Hydrofilní vlákna jsou schopna vázat a transportovat vodu. Mezi hydrofilní vlákna patří převážná většina vláken přírodních a chemická vlákna, jenž obsahují hydrofilní skupiny. Sorpce vody není u všech vláken stejná.

Molekuly vody se mohou vázat přímo na aktivní místa (hydrofilní skupiny) nebo na molekuly vody ve vláknech již obsažené. To se liší různou energií vazby. Energie vazby vody na vlákno se musí dít na stejném typu center (například $-OH$) a nesmí se navzájem ovlivňovat. Sorpce a desorpce u textilních vláken probíhá odlišně. Hodnota vlhkosti je závislá na tom, jak materiál vlhne a vysychá [39].

Základním předpokladem sorpce je přítomnost sorpčních center. Podstatou těchto center jsou atomy s dostatečně velkou energií. Ty se nejčastěji nacházejí na vnitřním a vnějším povrchu vláken. Aktivními centry ve pro adsorpci jsou ve vláknech většinou hydrofilní skupiny $-OH$. Sorpce závisí také na teplotě. Vlhkost vlákna se při vyšších teplotách snižuje. Vyšší vlhkost nastává také při vyšších hodnotách relativní vlhkosti vzduchu.

Napětí nebo tlak na vlákno také mění jeho sorpční vlastnosti. Skoro ve všech případech se při zvyšující se vlhkosti zvyšuje tažnost vlákna a naopak jeho pevnost klesá (výjimkou jsou přírodní celulózní vlákna). Například bavlna za vlhka svou pevnost ještě zvyšuje.

5.1.1 Bobtnání vláken

Bobtnáním se označují rozměrové změny vláken způsobené sorpcí vody či jiných látek. To se většinou projeví mírným zvětšením jejich rozměrů v obou směrech. Při vysychání dochází zpětně ke zkrácení. Konečná délka se však může od počáteční lišit. Bobtnání se většinou

posuzuje podle rozměrových změn. Vyjadřuje se buď relativní změnou rozměrů nebo v procentech.

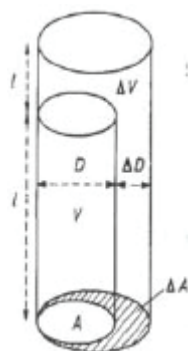
Stupeň bobtnání se všeobecně vyjadřuje jako poměr změny určitého rozměru ku jeho původní hodnotě [40].

$$S = \frac{\Delta X}{X} \quad (49)$$

S je stupeň bobtnání, ΔX je změna určité rozměrové veličiny a X je určitá rozměrová veličina. U vláken dochází spíše k bobtnání v příčném směru. Bobtnání je anizotropní jev, jelikož v podélném směru je výrazně nižší než v příčném. Pro výpočet průměru nabobtnaného vlákna se opět pro zjednodušení používá představa, že vlákna mají kruhový průřez.

Obecně lze bobtnání vyjádřit jako změnu:

- ❖ průměru (radiální délkové bobtnání S_D)
- ❖ plochy příčného řezu (radiální plošné bobtnání S_R)
- ❖ délky (axiální délkové bobtnání S_A)
- ❖ objemu (objemové bobtnání S_V) [41]



Obrázek 19: Vláknó před a po bobtnání [42].

Pro vlákna kruhového průřezu je:

$$S_R = 2S_D + S_D^2 \quad (50)$$

Objemové bobtnání je pro vlákna, která jsou si rovna dána vztahem:

$$S_V = S_R + S_A + S_A S_R \quad (51)$$

Při znalosti příčného a podélného bobtnání lze odhadnout objemové bobtnání. Jinou kvantitativní mírou bobtnání může být poměr bobtnání v příčném a podélném směru:

$$K = \frac{S_D}{S_L} \quad (52)$$

Poměrem K lze vyjádřit anizotropní bobtnání, které je závislé na orientaci makromolekul a jejich změn. Bobtnání vláken se projevuje zejména v rozměrové stabilitě vláken a výrobků z nich. Při technologii je třeba s ním počítat. Při barvení či finálních úpravách mohou husté tkaniny tak nabobtnat (vlákna v nich), že se stanou tuhými a vytvoří se na nich lomy. Mimo to se při bobtnání zmenšují póry, což způsobuje snížení propustnosti textilií [6].

V této práci bude bobtnání vyvolávat voda, ve které budou vzorky smáčeny.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Cílem této práce je prozkoumat vliv zvlhčení bavlněných, směsových a polypropylenových vzorků na jejich prodyšnost.

V experimentální části probíhalo samotné plánování experimentu, příprava vzorků pro měření, měření a vyhodnocení naměřených dat. Pro experiment bylo potřeba použít tkaniny z hydrofilního a hydrofobního materiálu, aby byly patrné rozdíly ve změně struktury jednotlivých tkanin po jejich zvlhčení.

6 Popis měřených tkanin

Pro měření byly vybrány tkaniny z bavlny (hydrofilní materiál), polypropylénu (hydrofobní materiál) a z jejich směsí. Dohromady bylo k dispozici 5 různých materiálových složení a to 100 % bavlna, směs ze 65 % bavlny a 35 % polypropylénu, směs skládající se z 50 % bavlny a z 50 % z polypropylénu, směs z 65 % polypropylénu a 35 % bavlny a tkanina ze 100 % polypropylénu.

Tkaniny byly od dodavatele SPOLSIN, s.r.o., Česká Třebová, zhotovené jako experimentální tkaniny, určené na výzkum. Jemnost mykaných přízí, vyrobených na prstencovém dopřádacím stroji, byla u všech vzorků tkanin stejná jak v osnově, tak v útku. Jemnost příze byla 45 tex. Jmenovitá dostava osnovy byla také u všech vzorků stejná, 18 n/cm. Vzorky tkanin se lišily v dostavě útku. První skupina vzorků tkanin měla jmenovitou dostavu útku 7,2 n/cm a druhá měla jmenovitou dostavu útku rovnou 10,8 n/cm.

Jednotlivé vzorky tkanin jsou shrnuty v tabulce 1, kde jsou jednotlivé vzorky tkanin očíslovány a dále bude v práci občas odkazováno pouze na čísla vzorků tkanin. Souhrnně bylo tedy použito 10 různých vzorků tkanin v plátnové vazbě. Dostupné tkaniny byly rezné tzv. v neupraveném stavu. Proto bylo potřeba je před jakýmkoli vlhčením a měřením vyprat - zbavit nečistot, mastnoty a šlichtovacího prostředku.

Tabulka 1: Přehled vzorků a jejich jmenovitých dostav útků.

| tkanina | materiálové složení | jmenovitá D_u [n/cm] |
|---------|---------------------|------------------------|
| 1 | 100% CO | 7,2 |
| 2 | 100% CO | 10,8 |
| 3 | 65% CO 35% PP | 7,2 |
| 4 | 65% CO 35% PP | 10,8 |
| 5 | 50% CO 50% PP | 7,2 |
| 6 | 50% CO 50% PP | 10,8 |
| 7 | 65% PP 35% CO | 7,2 |
| 8 | 65% PP 35% CO | 10,8 |
| 9 | 100% PP | 7,2 |
| 10 | 100% PP | 10,8 |

Pro vybrané vzorky tkanin se již nedal dohledat, použitý šlichtovací prostředek. S přihlédnutím k materiálovému složení jednotlivých vzorků tkanin byly tedy tkaniny vyprány na 60°C. Aby se zjistilo, o kolik se vzorky tkanin při praní srazily, byly na tkaninách o rozměrech 0,4×0,4 m naznačeny referenční značky ve vzdálenosti 30 cm, jak ve směru osnovních nití, tak ve směru útkových nití. Okraje vzorků tkanin byly před praním začištěny na obnitkovacím stroji značky Brother.

Praní probíhalo na katedře hodnocení textilií, kde je průmyslová pračka a bubnová sušička. Na praní byl použit prací prášek určený na praní pracovních oděvů a to z důvodu, aby se vzorky skutečně dobře odmastily. Pro praní byl zvolen prací program číslo 18, což znamenalo praní na 60°C, jedno hlavní praní a 3 máchání. S ohledem na nízké dostavy tkanin byl snížen počet otáček odstředování za minutu (z 1200 ot/min na 800 ot/min), aby se vzorky, při odstředování nepoškodily. Po praní byly vzorky vysušeny v bubnové průmyslové sušičce typu Miele PROFESSIONAL PT 7135C Plus. To proto, aby všechny vzorky byly vysušeny za stejných podmínek a stejným způsobem.

6.1 Měření sráživosti tkanin

Po praní a následném vysušení vzorků tkanin, byly tkaniny jednou přeměřeny. Získané hodnoty jsou uvedené v tabulce 2. V tabulce je i zaznamenáno sražení vzorků v procentech, kde uvedená hodnota značí o kolik procent z původní délky se vzorek zmenšil.

Tabulka 2: Sráživost vzorků tkanin.

| Sráživost tkanin [%] | | | | |
|----------------------|---|---------------|---|---------------|
| | Naměřená vzdálenost mezi referenčními značkami na tkaninách po vyprání [cm] | | Naměřená vzdálenost mezi referenčními značkami na tkaninách po vyprání [cm] | |
| Vzorek | Osnova ↓ | Sráživost [%] | Útek ↔ | Sráživost [%] |
| 1 | 28,2 | 6,00 | 29,85 | 0,50 |
| 2 | 27,6 | 8,00 | 29,80 | 0,67 |
| 3 | 28,25 | 5,83 | 30,00 | 0,00 |
| 4 | 28,45 | 5,17 | 29,65 | 1,17 |
| 5 | 28,75 | 4,17 | 30,00 | 0,00 |
| 6 | 28,30 | 5,67 | 30,00 | 0,00 |
| 7 | 28,95 | 3,50 | 30,00 | 0,00 |
| 8 | 28,35 | 5,50 | 30,00 | 0,00 |
| 9 | 29,36 | 2,13 | 30,00 | 0,00 |
| 10 | 29,30 | 2,33 | 30,00 | 0,00 |

Z důvodu snazší manipulace s tkaninou, při dalších měřeních a snímání plošné porosity, byly vzorky tkanin rozděleny na 9 částí, viz Obrázek 20. Okraje jednotlivých částí tkaniny byly začištěny na obnitkovacím stroji značky Brother.

| | | |
|---|---|---|
| A | B | C |
| D | E | F |
| G | H | I |

Obrázek 20: Rozdělení jednotlivých vzorků.

6.2 Měření dostav osnovy a útku v tkaninách

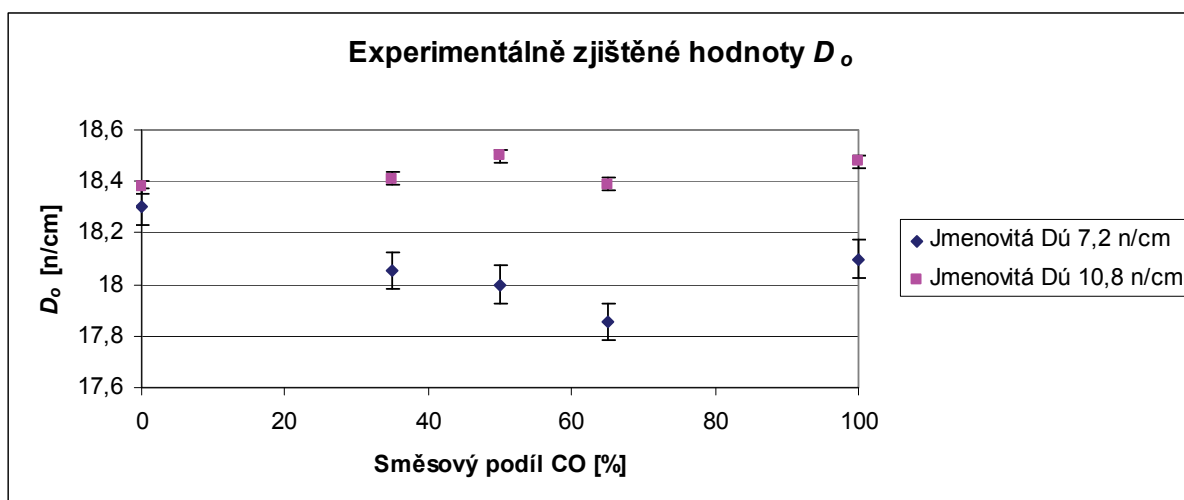
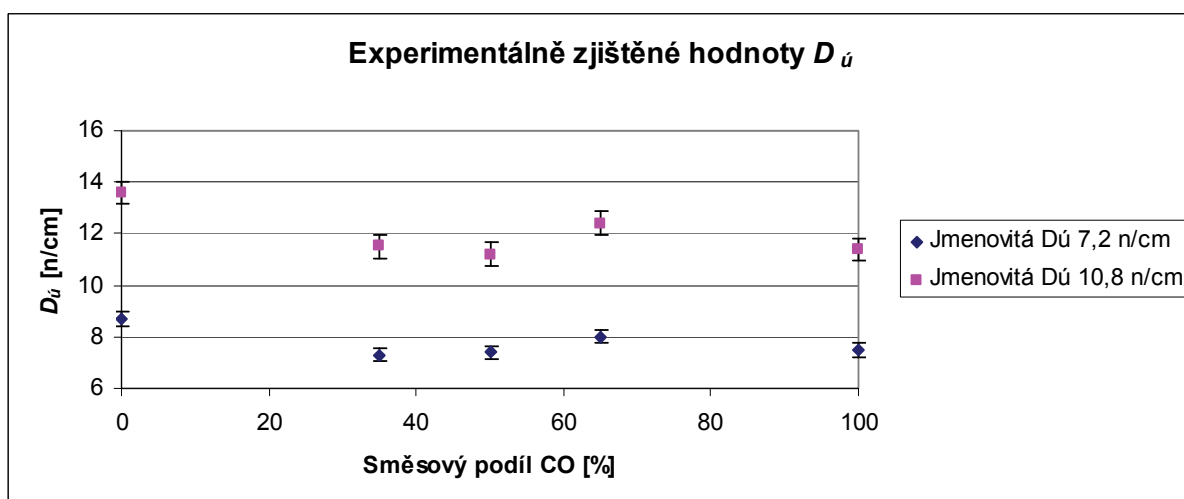
Cílem této části experimentu bylo zjistit, jestli a jak se po vyprání změnily dostavy nití v tkanině. Měření bylo provedeno v souladu s normou ČSN EN 1049-2 (80 0814) [22]. Dostava tkaniny je popsána v kapitole 3.4.1.

Měření probíhalo v běžných klimatických podmínkách. Dostava osnovy i útku byla přeměřena u každé tkaniny pomocí textilní lupy a jehly 9 krát (vždy jednou v každé z částí A až I). Experimentálně zjištěné dostavy osnovy a útku byly měřeny na délce 5 cm a následně přepočítány na 1 cm. Experimentálně zjištěné hodnoty jednotlivých dostav jsou uvedeny v tabulce 3 a znázorněny v obrázku 21 a 22. Pro průměrné hodnoty D_o a D_u byly spočítány 95% intervaly spolehlivosti, ty společně s dalšími statistickými charakteristikami jsou uvedeny v příloze 1 a 2.

Ze zjištěných dostav osnovy a útku byly podle vzorce (12) v kapitole 3.4.1 spočítány celkové počty nití v tkaninách D_c [n/m^2]. Ty jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Zjištěné hodnoty dostav tkanin [n/cm] a celkových počtu nití v tkaninách [n/m^2].

| Hodnoty dostav | | | | | | |
|----------------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Jmenovitá D_u [n/cm] | 7,2 | | | 10,8 | | |
| Tkanina | D_o [n/cm] | D_u [n/cm] | D_c [n/m^2] | D_o [n/cm] | D_u [n/cm] | D_c [n/m^2] |
| 100 % CO | 18,1 | 7,5 | 2561 | 18,5 | 11,4 | 2987 |
| 65 % CO, 35 % PP | 17,9 | 8,0 | 2589 | 18,4 | 12,4 | 3083 |
| 50 % CO, 50 % PP | 18,0 | 7,4 | 2539 | 18,5 | 11,2 | 2971 |
| 65 % PP, 35 % CO | 18,1 | 7,3 | 2540 | 18,4 | 11,5 | 2990 |
| 100 % PP | 18,3 | 8,7 | 2700 | 18,4 | 13,6 | 3194 |

Obrázek 21: Experimentálně zjištěné hodnoty D_o .Obrázek 22: Experimentálně zjištěné hodnoty D_u .

Diskuze: Z tabulky je možné vyčíst, že zjištěné dostavy útků se liší od dostav udávaných výrobcem. V případě jmenovitého útku 7,2 n/cm i 10,8 n/cm jsou naměřené dostavy útku vždy větší. Z obrázku 21 je zřejmé, že vyšší dostavu osnovy mají vzorky tkanin s jmenovitou dostavou 10,8 n/cm. Dostavy osnov u tkanin s jmenovitou dostavou útku 10,8 n/cm se mezi sebou významně neliší. U souboru tkanin s jmenovitou dostavou útku 7,2 n/cm se od ostatních tkanin významně odlišuje tkanina ze 100% polypropylenu. Dostavou útku, se v souboru tkanin s jmenovitou dostavou 7,2 n/cm, významně odlišuje vzorek ze 100% polypropylenu. V souboru tkanin s jmenovitou dostavou útku 10,8 n/cm se od ostatních tkanin významně liší tkaniny ze 100% polypropylenu a směsový vzorek tkaniny s 65 % bavlny a 35 % polypropylenu.

Dále je patrné, že největší celkový počet nití v tkanině D_c [n/m²] má polypropylenová tkanina s jmenovitou dostavou útku 10,8 m/cm.

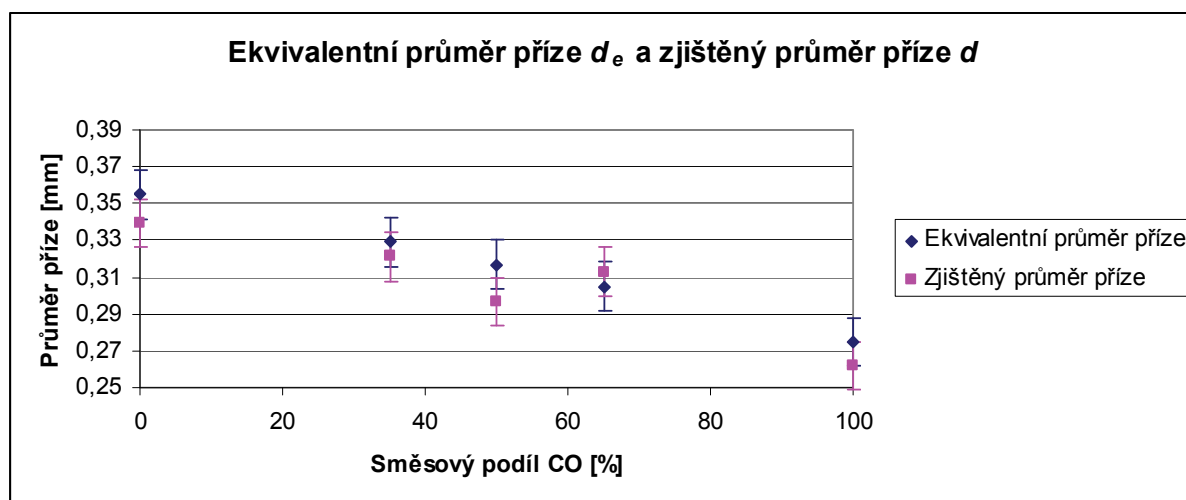
Jelikož hlavním tématem této práce je analyzovat vliv zvlhčení tkaniny na její prodyšnost bylo by vhodné aby dostavy nití v tkaninách jednoho souboru byly shodné (jelikož dostava nití v osnově i útku prodyšnost ovlivňuje). Odlišné hodnoty dostav osnovy i útku mění prodyšnost tkaniny a tak zkreslují vliv zvlhčení tkaniny na její prodyšnost.

6.3 Měrná hmotnost přízí, ekvivalentní průměr přízí, průměr přízí a jejich zaplnění

Podle vzorce (9) v kapitole 3.3 byla vypočítána střední měrná hmotnost pro jednotlivé příze s různým materiálovým složením (viz Tabulka 4). S těmito hodnotami měrné hmotnosti přízí a s hodnotou zaplnění 0,5 byl vypočítán ekvivalentní průměr přízí podle vzorce (3) v kapitole 3.2.2. Ekvivalentní průměry přízí, zjištěné hodnoty průměrů přízí a jejich zaplnění jsou uvedeny v tabulce 4. Ekvivalentní průměry přízí a zjištěné hodnoty průměrů přízí jsou znázorněny na obrázku 23.

Tabulka 4: Dopočítané měrné hmotnosti ρ [kg/m³] pro jednotlivé příze s různým materiálovým složením, ekvivalentní průměry přízí d_e [mm], zjištěné hodnoty průměrů přízí d [mm] a zaplnění přízí μ [1].

| Tkanina | Dopočítaná ρ směsi CO a PP [kg/m ³] | d_e [mm] | d [mm] | μ [1] |
|-------------------------|--|------------|----------|-----------|
| 100 % CO | 1520,00 | 0,275 | 0,262 | 0,449 |
| 65 % CO, 35 % PP | 1231,15 | 0,305 | 0,313 | 0,398 |
| 50 % CO, 50 % PP | 1138,44 | 0,317 | 0,297 | 0,461 |
| 65 % PP, 35 % CO | 1058,71 | 0,329 | 0,321 | 0,424 |
| 100 % PP | 910,00 | 0,355 | 0,339 | 0,496 |



Obrázek 23: Ekvivalentní průměr příze a zjištěný průměr příze.

Diskuze: Z obrázku 23 je zřejmé, že hodnoty ekvivalentního průměru jsou vyšší než hodnoty zjištěného průměru. Výjimku tvoří pouze příze s 65 % CO a 35 % PP. Teoreticky by ovšem ekvivalentní průměr příze měl být nižší, jelikož počítá s vyšší hodnotou zaplnění (0,5) než jsou zjištěné hodnoty zaplnění a opomíjí vliv zploštění průřezu příze vlivem provázání nití v tkanině.

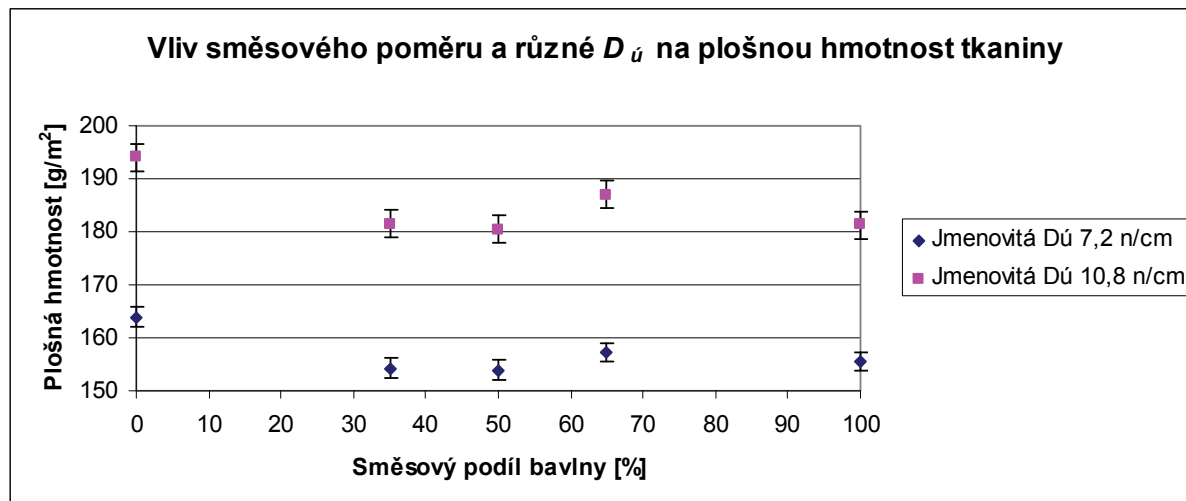
6.4 Měření plošné hmotnosti tkanin

Plošná hmotnost tkaniny je definována v kapitole 3.4.7. Váženy byly vzorky tkanin, stříhané přesně po niti, s rozměry $0,1 \times 0,1$ m. Vzorky byly váženy v klimatických podmínkách na analytických vahách s přesností 0,001 g. Naměřené hodnoty plošné hmotnosti tkaniny jsou v souladu s normou ČSN EN 12127 [23] a jsou uvedené v tabulce 5 a v obrázku 24. Získané hodnoty jsou průměrné hodnoty z 9 měření. Více viz Příloha 3.

Tabulka 5: Experimentálně zjištěné hodnoty plošné hmotnosti tkaniny [g/m²].

Experimentálně zjištěné hodnoty plošné hmotnosti tkaniny [g/m²]

| Tkanina | Jmenovitá D_u [n/cm] | |
|------------------|------------------------|-------|
| | 7,2 | 10,8 |
| 100 % CO | 155,5 | 181,3 |
| 65 % CO, 35 % PP | 157,2 | 187,0 |
| 50 % CO, 50 % PP | 153,9 | 180,5 |
| 65 % PP, 35 % CO | 154,3 | 181,5 |
| 100 % PP | 163,9 | 194,0 |



Obrázek 24: Vliv směsového poměru a různé D_u na plošnou hmotnost tkaniny.

Diskuze: Vzhledem k tomu, že všechny vzorky tkanin byly utkány z přízí, které měly stejnou jemnost, měly by všechny vážit přibližně stejně. Protože jemnost nitě je délková hmotnost dané nitě. V případě, že vzorky tkanin jsou stejně velké ($0,1 \times 0,1$ m) a mají shodné dostavy, součet všech délek nití v osnově a v útku by měl být stejný (détku nitě v tkanině ovlivňuje ještě zatkání nití v tkanině, které je závislé na průměru přízí a dostavě). Vzorky se však lišily svou dostavou (jak bylo zjištěno experimentálně). Tudíž i jejich plošná hmotnost se liší v závislosti na různých dostavách tkanin. Z obrázku 24 je viditelné, že tkaniny s vyšší dostavou útku mají i vyšší plošnou hmotnost, to je způsobeno vyšším celkovým počtem nití v tkanině a dále to ovlivňuje zatkání nití, které se s rostoucí dostavou také zvyšuje. Nejtěžší tkaninou je tkanina s jmenovitou dostavou útku 10,8 n/cm ze 100% polypropylenu. Což je způsobeno tím, že tato tkanina má nejvyšší celkový počet nití v tkanině D_c (viz Tabulka 3) a vzhledem k největšímu průměru příze (viz Tabulka 4), bude patrně mít i nejvyšší hodnotu zatkání. Vliv směsového poměru na hmotnost tkaniny není zcela zřejmý, což je způsobeno odlišnými hodnotami dostav nití.

6.5 Měření plošné porosity

Plošná porosita respektive zakrytí tkanin bylo naměřeno s pomocí obrazové analýzy v souladu s interní normou IN 23-107-01/01 *Porosita a plošné zakrytí tkanin* [44]. Plošná porosita byla měřena na Katedře textilních technologií.

Postup měření: Nejdříve bylo nutné zvolit vhodné zvětšení, rozlišení obrazu a nejvhodnější kalibraci obrazu. Pak bylo provedeno základní nastavení optických členů mikroskopu a

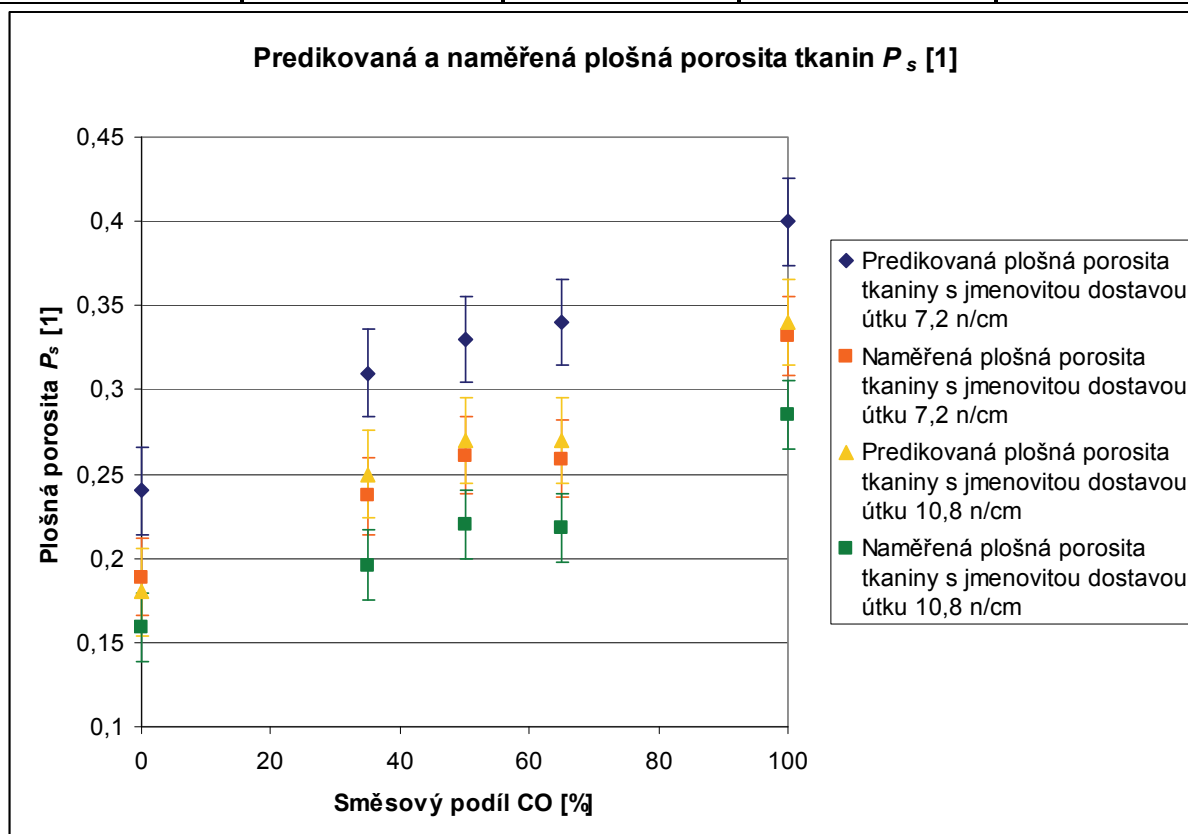
provést nastavení kamery prostřednictvím obrazové analýzy. Poté se pomocí mikroskopu Nikon ECLIPSE E200, objektivu 2× Nikon Plan UW 2×/0.06 ∞/-WD. 7,5, nástavce TV Lens C-0.6×Nikon JAPAN a kamery Progres CT3 JENOPTIK sejmul obraz a přenesl se na obrazovku počítače. Bylo potřeba zaostřit na okraje příze a nastavit kontrast tak, aby nedocházelo k přesvětlení obrazu. Následovalo nasnímání obrazových sekvencí. Snímány byly barevné snímky zkoumaných tkanin (viz Obrázek 25). Každý vzorek tkaniny o rozměrech 10 × 10 cm byl nasnímán 75 krát. Nasnímané sekvence obrazů se ukládaly do složky v počítači. Dalším krokem bylo odebrání neostrých či nevhodně nasnímaných pohledů. Snímky se pak musely převést na šedotonový obraz. Následovalo převedení snímků na binární obraz pomocí prahování. Práh byl stanoven subjektivně na hodnotu 57. To znamená, že všechny obrazové body s hodnotou světla nižší než 57 včetně byly převedeny na 0 (černá) a všechny hodnoty větší než 57 byly převedeny na 1 (bílá). Zpracováním pohledu na tkaniny je možné pomocí obrazové analýzy NIS – Elements AR 3.2 32-bit získat informace o ploše zakryté póry - „Area“ a ploše celkové - „MeasuredArea“. Tím byla zjištěna plošná porosita. Průměrné hodnoty plošné porosity jsou v tabulce 6 a graficky znázorněny na obrázku 26 (více viz příloha 5). Z ekvivalentního průměru příze (viz Tabulka 4) a zjištěných dostav (viz Tabulka 3) lze podle vzorce (31) v kapitole 3.4.8 spočítat teoretické zakrytí tkaniny (Příloha 3). S hodnotou zakrytí lze spočítat teoretická plošná porosita, vyplývající ze vzorce (39) v kapitole 3.5.2. Predikované hodnoty plošné porosity jsou také uvedeny v tabulce 6 a graficky znázorněny na obrázku 26.



Obrázek 25: Pohled na nasnímaný obraz tkaniny s 50 % CO a 50 % PP s jmenovitou dostavou útku 7,2 n/cm.

Tabulka 6: Hodnoty plošné porosity tkaniny P_s [1]

| Hodnoty plošné porosity tkaniny P_s [1] | | | | |
|---|----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Tkanina | Jmenovitá $D_{\dot{u}}$ 7,2 n/cm | | Jmenovitá $D_{\dot{u}}$ 10,8 n/cm | |
| | Predikovaná P_s [1] | Naměřená P_s [1] | Predikovaná P_s [1] | Naměřená P_s [1] |
| 100 % CO | 0,40 | 0,33 | 0,34 | 0,29 |
| 65 % CO, 35 % PP | 0,34 | 0,26 | 0,27 | 0,22 |
| 50 % CO, 50 % PP | 0,33 | 0,26 | 0,27 | 0,22 |
| 65 % PP, 35 % CO | 0,31 | 0,24 | 0,25 | 0,20 |
| 100 % PP | 0,24 | 0,19 | 0,18 | 0,16 |

Obrázek 26: Predikovaná a naměřená plošná porosita tkanin P_s [1].

Diskuze: Plošná porosita je funkcí průměru a dostav nití. Z obrázku 26 vyplývá, že porosita u tkanin s jmenovitou dostavou útku 7,2 n/cm je vyšší než u tkanin s jmenovitou dostavou útku

10,8 n/cm. To je způsobeno tím, že tyto tkaniny mají nižší celkový počet nití v tkanině a tím pádem i nižší zakrytí tkaniny. Dále lze z obrázku vyčíst že, predikovaná plošná porosita je vyšší než naměřená plošná porosita. Což může být způsobeno tím, že predikovaná plošná porosita nezahrnuje vliv zploštění průřezu příze vlivem provázání nití v tkanině. Z obrázku také vyplývá, že s narůstajícím podílem bavlněných vláken v tkanině, stoupá plošná porosita, což je způsobeno snižujícím se průměrem použité příze.

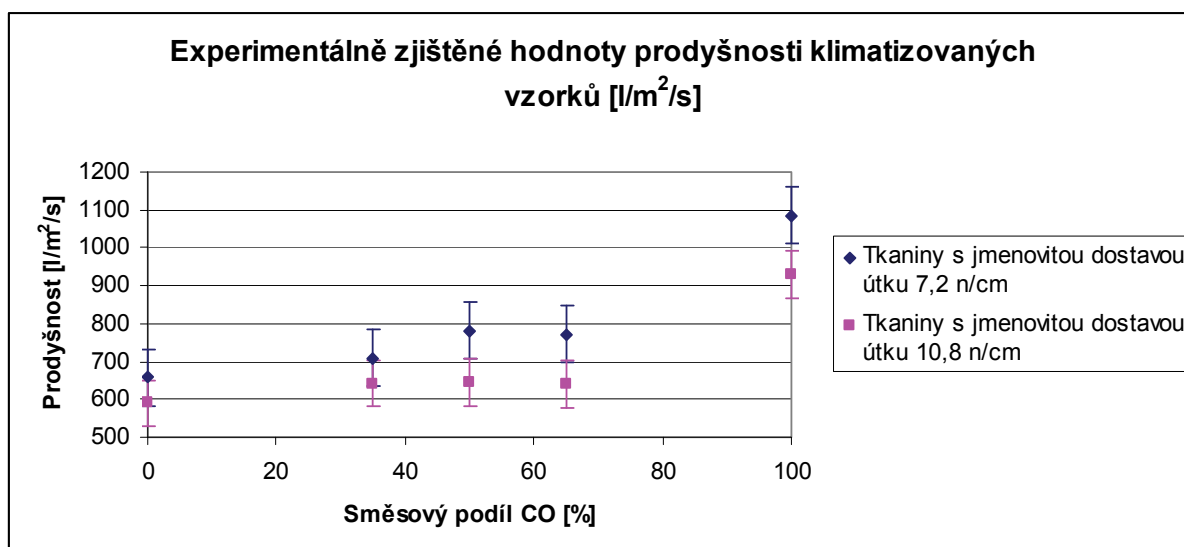
6.6 Měření prodyšnost tkaniny

Měření bylo uskutečněné v souladu s normou ČSN EN ISO 9237: *Zjišťování prodyšnosti plošných textilií* [37]. Prodyšnost je definována v kapitole 2.

Postup měření: Měření prodyšnosti probíhalo na přístroji FX3300, který je umístěn na Katedře hodnocení textilií. Měřeny byly klimatizované vzorky tkanin. Vzorky musí mít větší velikost než je upínací hlava přístroje. Prodyšnost byla měřena jako objem vzduchu, který projde skrz plochu textilního systému za jednotku času uváděnou v sekundách ($l/m^2/s$). Tlakový spád byl nastaven na 100 Pa. Vzorek tkaniny se umístil mezi čelisti přístroje a následně byl spuštěn ventilátor. Tkaninou umístěnou na otvoru se začal nasávat vzduch. Po ustálení hodnoty byla z displeje přístroje zjištěna hodnota prodyšnosti. Každý vzorek byl proměřen 9 krát. Průměrné naměřené hodnoty prodyšnosti se nacházejí v tabulce 7 a graficky jsou znázorněny na obrázku 27 (více viz Příloha 6).

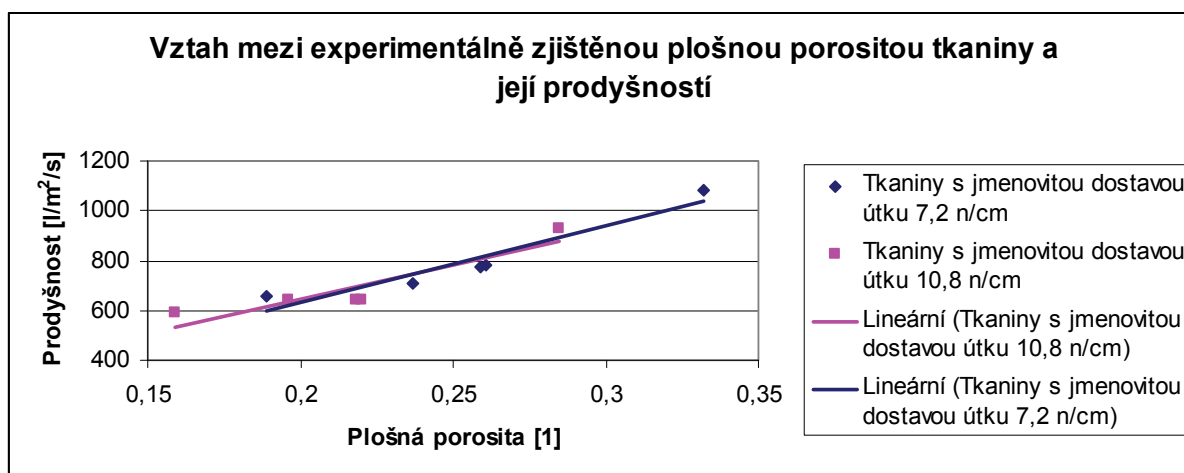
Tabulka 7: Průměrné naměřené hodnoty prodyšnosti [$l/m^2/s$].

| Naměřené hodnoty prodyšnosti tkaniny [$l/m^2/s$] | | |
|--|-----------------|-----------|
| Tkanina | Jmenovitá D_u | |
| | 7,2 n/cm | 10,8 n/cm |
| 100 % CO | 1085,44 | 929,67 |
| 65 % CO, 35 % PP | 772,11 | 639,89 |
| 50 % CO, 50 % PP | 781,11 | 644,67 |
| 65 % PP, 35 % CO | 708,78 | 640,78 |
| 100 % PP | 657,00 | 590,56 |



Obrázek 27: Experimentálně zjištěné hodnoty prodyšnosti klimatizovaných vzorků [$l/m^2/s$].

Diskuze: Z obrázku 27 je vidět, že na prodyšnost tkaniny má vliv materiálové složení tkaniny a dostava. Na obrázku je vidět závislost prodyšnosti tkaniny vztažená na směsový podíl bavlněných vláken v textilií, která vyplývá z rozdílných měrných hmotností bavlny a polypropylenu. Bavlna má větší měrnou hmotnost (1520 kg/m^3) než polypropylen (910 kg/m^3). Lze tedy zkonstatovat, že čím menší je směsový podíl polypropylenu, tím menší je průměr příze a tím bude větší prodyšnost tkaniny. Největší hodnotu prodyšnosti má tkanina ze 100% bavlny s jmenovitou dostavou útku 7,2 n/cm, která má nejmenší průměr příze a tím největší póry, kterými může proudit vzduch. Rozdíl mezi prodyšnostmi směsových vzorků tkanin je statisticky nevýznamný. Pouze u tkaniny ze 100% CO je hodnota prodyšnosti statisticky významně vyšší. Dále z grafu vyplývá, že vyšší prodyšnost mají tkaniny s jmenovitou dostavou útku 7,2 n/cm, což je způsobeno tím, že tato tkanina má nižší počet nití v ploše tkaniny.



Obrázek 28: Vztah mezi experimentálně zjištěnou plošnou porositou tkaniny a její prodyšností.

Diskuze: Obrázek 28 vypovídá o vzájemné korelaci mezi prodyšností tkaniny a její plošnou porositou, při různých dostavách útku.

Jestliže je zkoumána prodyšnost textilie závislá na velikosti plochy pórů, je nutné vzít v úvahu například i to, že některá přírodní vlákna do sebe mohou pojmout velké množství vody a v důsledku toho zvětšit svůj objem. Což vede ke snížení porosity textilie.

6.7 Vysoušecí křivky

Aby bylo možné u tkanin měřit prodyšnost i plošnou porositu při stejném stupni zvlhčení bylo nutné pro jednotlivé tkaniny udělat vysoušecí křivky. Protože se jednalo o vzorky tkanin z hydrofilního a hydrofobního materiálu byl zde předpoklad, že každý vzorek bude mít po stejně dlouhém čase sušení jinou hodnotu zvlhčení.

Bylo tedy nutné u jednotlivých vzorků zjistit, jak se jejich vlhkost vyvíjí v čase. Konkrétně jak se vlhkost obsažená v tkanině vyvíjí v závislosti na době, po kterou je vzorek tkaniny vysoušen.

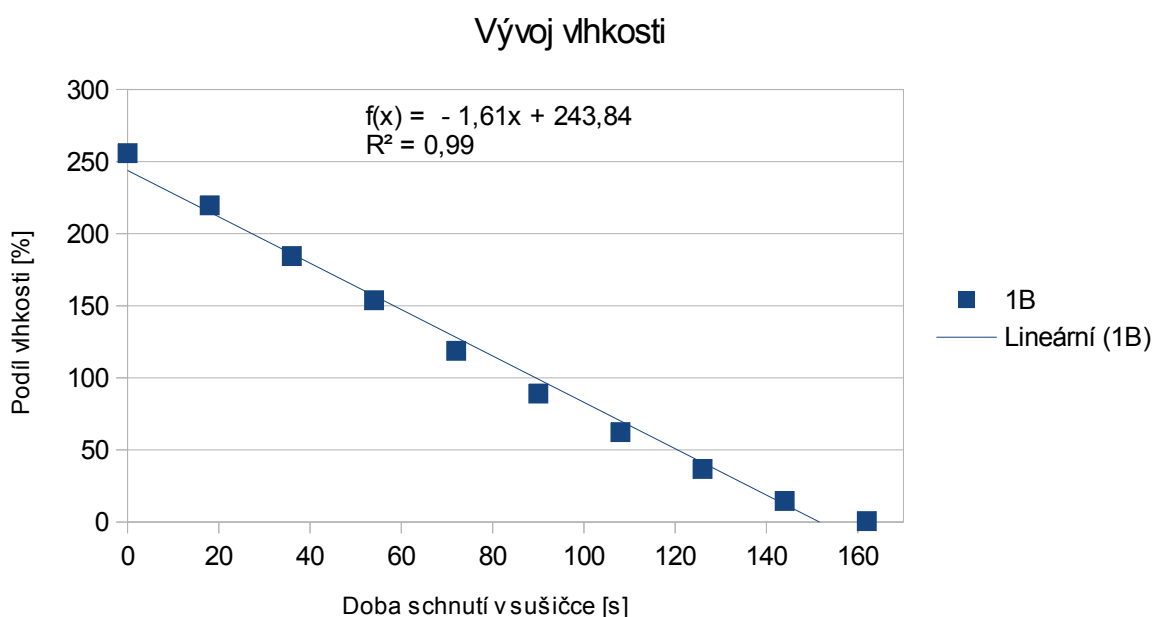
Nejdříve byly klimatizované vzorky tkanin zváženy na analytických laboratorních vahách. Pak byly tkaniny ponechány po dobu 20 minut v nádobě, ve které byl 1 l vody + 1 ml smáčecího prostředku. Po 20 minutách ve vodní lázni byly vzorky vyjmuty a odloženy na papírové ubrousky aby se odstranila přebytečná vlhkost. Po 5 minutách byly vzorky tkanin opět zváženy. Porovnáním hmotnosti klimatizovaného a zvlhčeného vzorku byl zjištěn procentuelní přírůstek vlhkosti podle vzorce (48) v kapitole 5. Následovalo umístění tkanin do roštové sušičky typu HS 121 A, umístěné na Katedře hodnocení textilií. Dále byly vzorky tkanin v různých časových intervalech ze sušičky vyndávány a opětovně váženy. Tímto

způsobem bylo zjištěno kolik vlhkosti konkrétní vzorek obsahuje po určité době sušení v roštové sušičce.

Při vysoušení vzorku byl v sušičce vždy pouze jeden vzorek. Z důvodu aby vlhkost z jiných vzorků neměnila klima v sušičce. Vzorek byl umístěn na rošt, který byl zasazen do výšky 16 cm nad dnem sušičky. Na rošt byl vzorek pokládán přibližně doprostřed. Sušička byla nastavena na teplotu 100°C. Doba sušení vzorku v sušičce podléhala předchozí zkušenosti s prací se sušičkou.

Po několika cyklech vysoušení vzorku v sušičce a jeho následném vážení byl daný vzorek zcela suchý. Když se pak tyto hodnoty nanesly do grafu, kde na horizontální ose x byla doba vysoušení a na vertikální ose y podíl vlhkosti (hodnota 0 znamená klimatizovaný vzorek), bylo možné sledovat závislost vlhkosti obsažené ve vzorku tkaniny na době, po kterou byl vzorek sušen v sušičce (viz Obrázek 29).

Tato závislost byla u všech vzorků lineární a tak bylo možné data proložit přímkou a zjistit její rovnici. Díky této rovnici se pak dal predikovat podíl zvlhčení v libovolném čase. To znamená, že bylo možné pro každý vzorek zvlášť stanovit dobu, po kterou má být vysoušen v sušičce aby obsahoval požadované množství vlhkosti. U jednotlivých grafů byly vygenerovány funkce popisující závislost podílu vlhkosti v tkanině na době schnutí v sušičce a koeficienty determinace. Koeficienty determinace byly vysoké, takže rovnice se daly vyhodnotit jako velmi spolehlivé. Rovnice měla tvar $f(x) = a_1x + a_0$. Jednotlivé koeficienty jsou uvedeny v tabulce 8.



Obrázek 29: Ukázka průběhu vysoušení vzorku tkaniny ze 100% CO s jmenovitou dostavou útku 7,2 n/cm v místě B.

Tabulka 8: Jednotlivé koeficienty pro jednotlivé tkaniny.

| Tkanina | Koeficient a_1 | Koeficient a_0 | Koeficient determinace R^2 |
|---------|------------------|------------------|------------------------------|
| 1 | -1,63 | 242,24 | 0,99 |
| 2 | -1,18 | 187,11 | 0,99 |
| 3 | -1,62 | 213,12 | 0,99 |
| 4 | -1,35 | 159,83 | 1,00 |
| 5 | -1,63 | 203,32 | 1,00 |
| 6 | -1,45 | 150,99 | 1,00 |
| 7 | -1,48 | 174,29 | 0,99 |
| 8 | -1,47 | 140,73 | 0,99 |
| 9 | -1,47 | 153,27 | 1,00 |
| 10 | -1,26 | 115,54 | 0,99 |

Pomocí těchto rovnic tedy bylo možné určit dobu, po kterou musí být jednotlivé vzorky v sušičce aby obsahovaly 30, 60, 80 a 110 % vlhkosti. Doby schnutí v sušičce pro jednotlivé vlhkosti a jednotlivé vzorky jsou uvedeny v příloze 7.

Nyní se mohlo přistoupit k měření prodyšnosti tkaniny a její plošné porosity při definovaných úrovních zvlhčení.

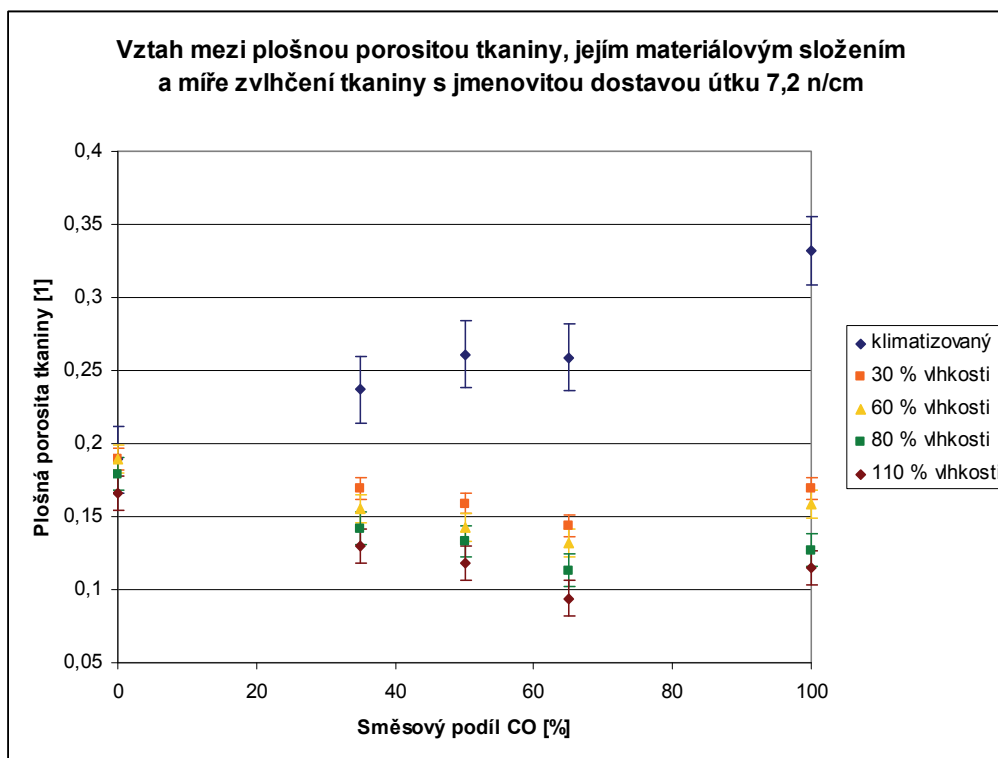
6.8 Měření plošné porosity zvlhčených tkanin

Plošná porosita zvlhčených tkanin byla měřena stejným způsobem jako u klimatizovaných vzorků tkanin, popsáným v kapitole 6.5. S tím rozdílem, že před snímáním byly vzorky namočené podle postupu popsáného v kapitole 6.7. A vysušeny v roštové sušičce po definované dobu (viz Příloha 7). Hodnoty experimentálně zjištěné plošné porosity tkaniny jsou uvedeny v tabulce 9, kde jsou pro úplnost uvedeny i experimentálně zjištěné hodnoty plošné porosity klimatizovaných vzorků. Graficky jsou tyto hodnoty znázorněny na obrázku 30 a 31.

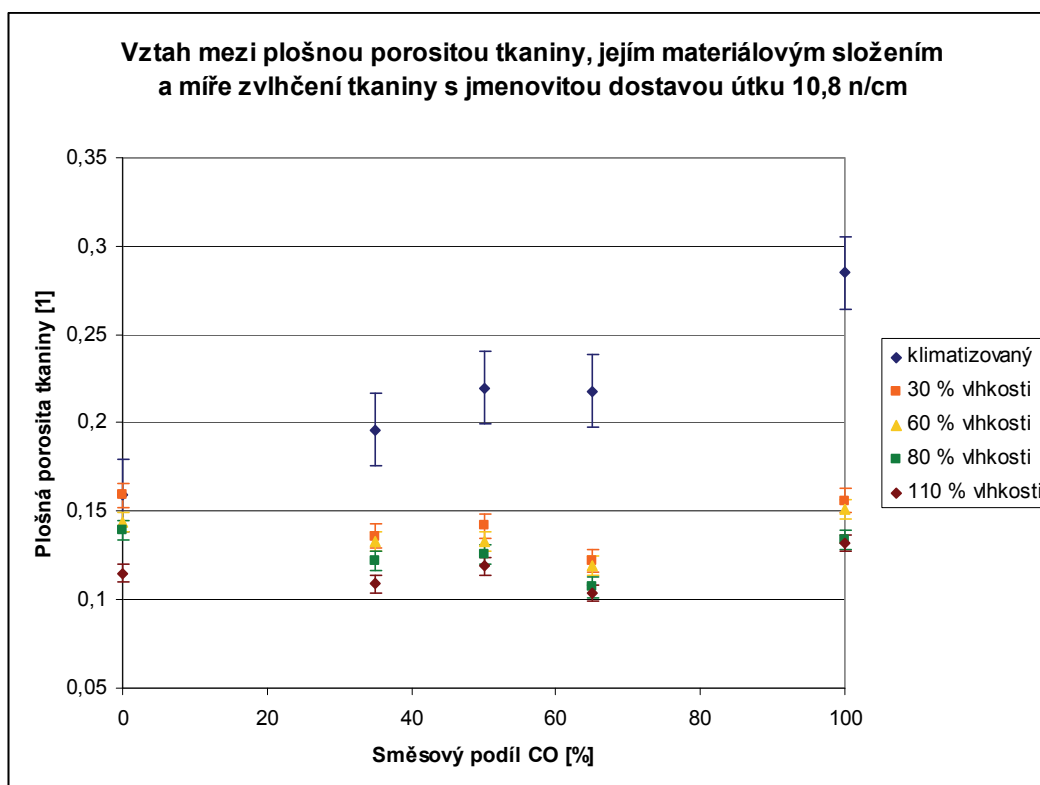
Tabulka 9: Přehled hodnot plošné porosity.

| |
|---|
| Hodnoty plošné porosity tkaniny P_s [1] |
|---|

| Tkanina | Jmenovitá Dů 7,2 n/cm | | | | |
|---------------------|------------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|
| | klimatizovaný | 30 % vlhkosti | 60 % vlhkosti | 80 % vlhkosti | 110 % vlhkosti |
| 100 % CO | 0,33 | 0,17 | 0,16 | 0,13 | 0,12 |
| 65 % CO, 35 % PP | 0,26 | 0,14 | 0,13 | 0,11 | 0,09 |
| 50 % CO, 50 % PP | 0,26 | 0,16 | 0,14 | 0,13 | 0,12 |
| 65 % PP, 35 % CO | 0,24 | 0,17 | 0,16 | 0,14 | 0,13 |
| 100 % PP | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,18 | 0,17 |
| Tkanina | Jmenovitá Dů 10,8 n/cm | | | | |
| | klimatizovaný | 30 % vlhkosti | 60 % vlhkosti | 80 % vlhkosti | 110 % vlhkosti |
| 100 % CO | 0,29 | 0,16 | 0,15 | 0,13 | 0,13 |
| 65 % CO, 35 % PP | 0,22 | 0,12 | 0,12 | 0,11 | 0,10 |
| 50 % CO, 50 % PP | 0,22 | 0,14 | 0,13 | 0,13 | 0,12 |
| 65 % PP, 35 % CO | 0,20 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,11 |
| 100 % PP | 0,16 | 0,16 | 0,14 | 0,14 | 0,12 |



Obrázek 30: Vztah mezi plošnou porositou tkaniny, jejím materiálovým složením a míře zvlhčení tkaniny s jmenovitou dostavou 7,2 n/cm.



Obrázek 31: Vztah mezi plošnou porositou tkaniny, jejím materiálovým složením a míře zvlhčení tkaniny s jmenovitou dostavou 10,8 n/cm.

Diskuze: Na obrázku 30 a 31 je vidět, že pokles porosity je zřetelnější a významnější u vzorků s vyšším obsahem bavlny. Největšímu poklesu plošné porosity dochází u 100% bavlněného vzorku tkaniny v klimatizovaném stavu a tímž vzorkem tkaniny zvlhčeným na 30 %. Rozdíl porosity u bavlněné tkaniny obsahující 30 % a 60 % není tak rapidní. Stejný jev je vidět u vzorku bavlněné tkaniny obsahujícího 80 % vlhkosti a 110 % vlhkosti. Čím méně bavlny ve vzorku je, tím menší rozdíl je mezi jeho porositou v klimatizovaném stavu a po zvlhčení. Vzorky tkanin ze směsi bavlny a polypropylenu opět vykazují největší změnu porosity mezi klimatizovanými vzorky tkanin a vzorky tkanin obsahujícími 30 % vlhkosti. Rozdíly porosit mezi tkaninami s obsahem vlhkosti 30 % a 60 %, 60% a 80% a 80% a 110% již nejsou tak veliké. Naopak u polypropylenového vzorku tkaniny je pokles plošné porosity pozvolný, bez výraznějších „skoků“. Nejvyšší porosita byla naměřena u klimatizovaných vzorků. Dále je zřejmé, že plošná porosita bavlněného vzorku tkaniny po zvlhčení dosahuje nižší porosity než klimatizovaný polypropylenový vzorek. Nepatrné změny mezi hodnotami plošné porosity u polypropylenových vzorků jsou způsobené tím, že polypropylenová vlákna do své struktury nepřijímají vodu, tudíž se nezvětšuje průměr příze. U klimatizovaných vzorků lze pozorovat statisticky významný nárůst plošné porosity pouze u vzorku ze 100% bavlny. U ostatních směsových podílů klimatizovaných vzorků tkanin se plošná porosita tkaniny statisticky významně nemění. Dále z obrázků vyplývá, že jakmile se tkaniny zvlhčí, (lhostejno na materiálovém složení), dosahují podobných hodnot plošného zaplnění.

Ke změně plošné porosity u bavlněných vzorků dochází v důsledku bobtnání bavlněných vláken. Díky bobtnání se zvětšuje průměr příze a dochází tak ke snížení plošné porosity.

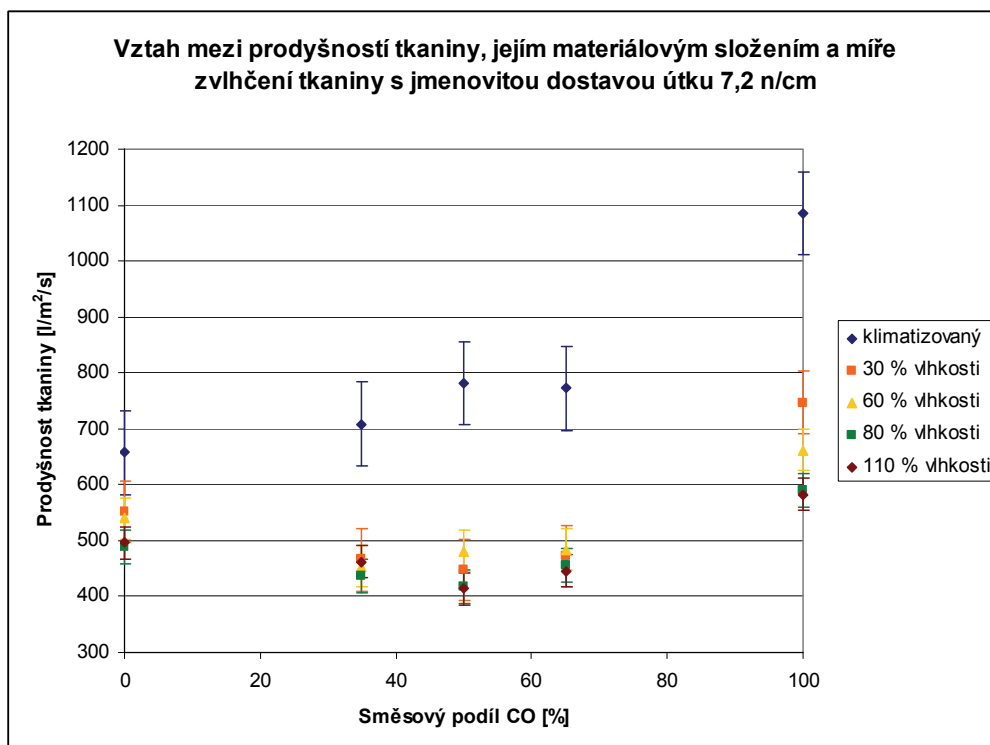
Dále lze pozorovat, že nejvýznamnější pokles porosity u bavlněného vzorku je mezi klimatizovaným vzorkem tkaniny a tkaninou obsahující 30 % vlhkosti. Rozdíl porosity u bavlněné tkaniny obsahující 30 % a 60 % není statisticky významný. Stejný jev vidíme u vzorku bavlněné tkaniny obsahující 80 % vlhkosti a 110 % vlhkosti.

6.9 Měření prodyšnosti zvlhčených tkanin

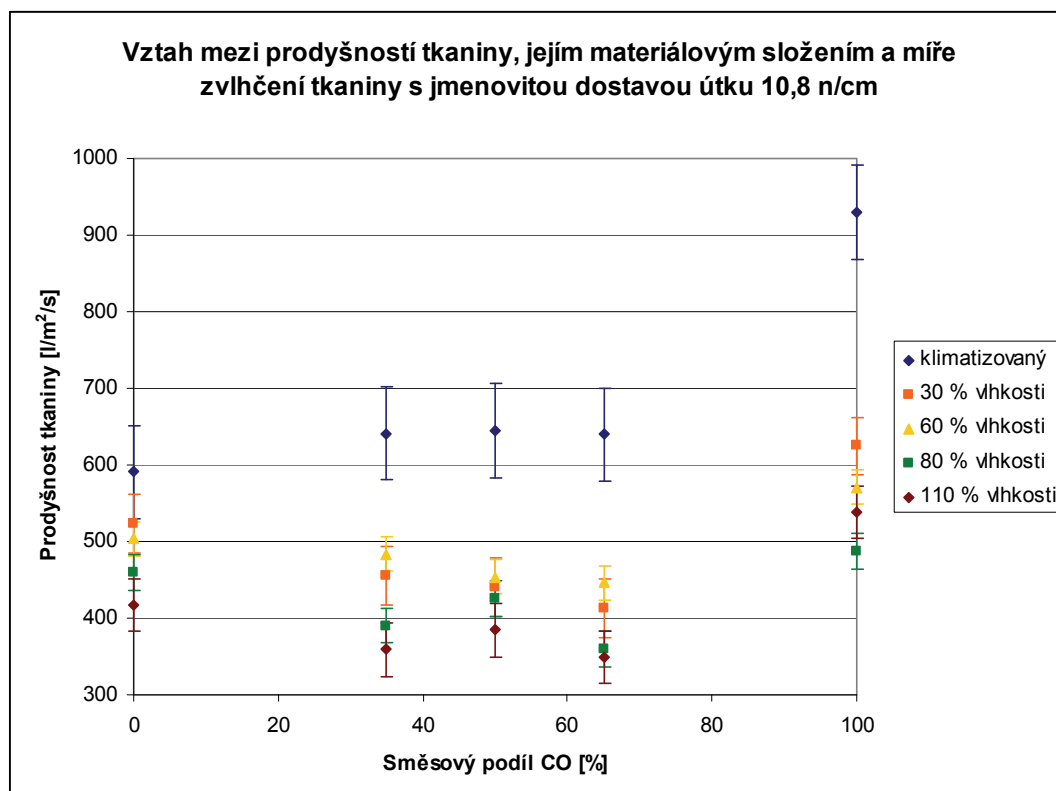
Prodyšnost zvlhčených tkanin byla měřena stejným způsobem jako u klimatizovaných vzorků tkanin, popsaným v kapitole 6.6. S tím rozdílem, že před měřením byly vzorky namočené podle postupu popsaného v kapitole 6.7. A vysušeny v roštové sušičce po definovanou dobu (viz příloha 7). Hodnoty experimentálně zjištěných prodyšností tkaniny jsou uvedeny v tabulce 10, kde jsou pro úplnost uvedeny i experimentálně zjištěné hodnoty prodyšnosti klimatizovaných vzorků. Graficky jsou tyto hodnoty znázorněny na obrázku 32 a 33.

Tabulka 10: Experimentálně zjištěné hodnoty prodyšnosti tkaniny.

| Hodnoty prodyšnosti tkaniny [l/m²/s] | | | | | |
|--|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Tkanina | Jmenovitá Dů 7,2 n/cm | | | | |
| | klimatizovaný | 30 % vlhkosti | 60 % vlhkosti | 80 % vlhkosti | 110 % vlhkosti |
| 100 % CO | 1085,44 | 747,11 | 662,22 | 590,00 | 583,11 |
| 65 % CO, 35 % PP | 772,11 | 472,67 | 484,33 | 456,00 | 446,22 |
| 50 % CO, 50 % PP | 781,11 | 448,22 | 481,33 | 418,44 | 414,44 |
| 65 % PP, 35 % CO | 708,78 | 465,89 | 454,22 | 435,89 | 461,67 |
| 100 % PP | 657,00 | 552,00 | 539,89 | 489,00 | 496,67 |
| Tkanina | Jmenovitá Dů 10,8 n/cm | | | | |
| | klimatizovaný | 30 % vlhkosti | 60 % vlhkosti | 80 % vlhkosti | 110 % vlhkosti |
| 100 % CO | 929,67 | 624,56 | 571,00 | 487,56 | 538,89 |
| 65 % CO, 35 % PP | 639,89 | 412,78 | 446,78 | 359,11 | 348,44 |
| 50 % CO, 50 % PP | 644,67 | 440,67 | 453,22 | 425,22 | 384,44 |
| 65 % PP, 35 % CO | 640,78 | 454,56 | 484,00 | 390,22 | 358,67 |
| 100 % PP | 590,56 | 524,00 | 503,78 | 459,22 | 417,44 |



Obrázek 32: Vztah mezi prodyšností tkaniny, jejím materiálovým složením a míře zvlhčení tkaniny s jmenovitou dostavou 7,2 n/cm.



Obrázek 33: Vztah mezi prodyšností tkaniny, jejím materiálovým složením a míře zvlhčení tkaniny s jmenovitou dostavou 10,8 n/cm.

Diskuze: Na obrázku 32 a 33 je vidět, že čím méně bavlny ve vzorcích tkanin bylo, tím méně se měnila jeho prodyšnost po navlhčení. To je způsobeno tím, že polypropylenová vlákna nepřijímají do své struktury vodu a tím pádem nebobtnají a nezvětšují svůj průměr. Vlhkost se tedy drží jen v mezivlákněných prostorech, kde brání vzduchu procházet. U bavlněných vzorků, kde se vlhkost drží nejen v mezivlákněných prostorech ale vlákno ji i absorbuje do své struktury a vlivem toho se zvětšuje jeho průměr, dochází k většímu rozdílu prodyšnosti mezi klimatizovaným vzorkem a vzorky zvlhčenými.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo zaměřit se na změny prodyšnosti tkaniny způsobené jejím zvlhčením. V diplomové práci jsou popsány geometrické parametry příze a tkaniny, prodyšnost tkanin, modely pro výpočet porosity tkaniny, která souvisí s prodyšností. Experimentálními metodami byla zjištěná plošná hmotnost tkaniny, dostava tkaniny, porosita tkaniny, a její prodyšnost. Prodyšnost byla naměřena na přístroji FX 3300, při tlakovém spádu 100 Pa. Pomocí obrazové analýzy, se na nasnímaných obrazech tkanin zjistila plošná pórovitost tkanin.

Při výrobě přízí a tkanin z různých materiálů, v tomto případě bavlna a polypropylén, dochází vzhledem k rozdílným vlastnostem vláken (hustota), při stejné konstrukci (totožná jemnost přízí, stejná dostava, identická technologie výroby příze) k tomu, že polypropylénová příze má větší průměr než bavlněná příze a tím vytváří větší plochy - vyšší zakrytí, nižší pórovitost.

V experimentální části práce bylo pomocí vysoušecích křivek zjištěno, že závislost vlhkosti v tkanině na době schnutí tkaniny v sušičce je lineární. Byly tedy sestaveny rovnice funkcí, podle kterých se dala určit doba, po kterou mají být vzorky vysoušeny aby dosahovaly požadované vlhkosti. Dále bylo zjištěno, že vlivem zvlhčení se mění prodyšnost především u tkanin s podílem bavlněných vláken. U tkaniny ze 100% polypropylenu se prodyšnost vlivem zvlhčení měnila jen málo. Co se týče plošné porosity, tam je tento jev ještě zřetelnější. Jestli se prodyšnost polypropylenových při zvlhčení mírně snižovala mohlo to být způsobeno tím, že vlhkost v tkanině byla mezi vlákny (ne uvnitř vláken) a bránila vzduchu projít. Tato mezivlákněná porosita se však neprojevila na měřené plošné porositě. Proto se hodnoty plošné porosity u polypropylenových vzorků nelišily. Dále bylo zjištěno, že zvlhčené bavlněné vzorky tkanin, se svou prodyšností a plošnou porositou přibližují, nebo dokonce klesají pod hodnoty prodyšnosti a plošné porosity suchých polypropylenových tkanin.

Dále bylo zjištěno, že k největší změně plošné porosity tkaniny i prodyšnosti tkaniny dochází mezi hodnotami klimatizovaných vzorků a vzorku s obsahem vlhkosti 30 %. Doporučení pro další zkoumání je zaměřit se na hodnoty prodyšnosti tkaniny a její plošné porosity při zvlhčení do 50 %.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

- [1] LEGERSKÁ, J. *Štúdium tepelné priepustnosti v závislosti na štruktúre textilií*. 2009. Disertační práce. Trenčanská univerzita Alexandra Dubčeka.
- [2] NECKÁŘ, Bohuslav. *Morfologie a strukturní mechanika obecných vláknenných útvarů*. Liberec, 2001. Technická univerzita v Liberci.
- [3] STANĚK, Jaroslav. *Textilní zboží: vlákenné suroviny, příze, nitě*. Vyd. 2. Liberec, 2006. Technická univerzita v Liberci. ISBN 80-737-2147-3.
- [4] KŘEMENÁKOVÁ, Dana, MILITKÝ, Jiří a VOZKOVÁ, J. *Critical mixing ratio for blended yarn strength*. Liberec, 2005. Technická univerzita v Liberci. ISBN 80-7083-967-8.
- [5] MILITKÝ, Jiří. *Textilní vlákna [online]*. Liberec, 2005. Technická univerzita v Liberci. [cit. 2015-02-07]. Dostupné z: https://skripta.ft.tul.cz/databaze/list_aut.cgi?aut=21&skr=18&pro=
- [6] NECKÁŘ, Bohuslav. *Příze. Tvorba, struktura, vlastnosti*. Praha, 1990. ISBN 80-03-00213-3.
- [7] KŘEMENÁKOVÁ, Dana. *Studie „Počítačově podporované systémy projektování“. Modelování geometrických a mechanických vlastností přízí*. Liberec, 2011.
- [8] KŘEMENÁKOVÁ, Dana. *Systém projektování textilních struktur. Část 1 „vlákno – příze“*. Liberec, 2004. [Výzkumná zpráva].
- [9] HAVRDOVÁ, Marie. *Příspěvek k hodnocení prodyšnosti oděvních tkanin*. Liberec, 2004. Disertační práce. Technická univerzita v Liberci.
- [10] KŘEMENÁKOVÁ, Dana. *Interní norma 108-01/01: Geometrické vlastnosti staplových přízí*. Liberec, 2002. [cit. 2015-02-18]. Dostupné z: http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/5Normy/IN%2012-108-01_01.pdf
- [11] PICKERING, K. *Properties and performance of natural-fibre composites*. Cambridge, 2008. Woodhead Publishing. ISBN 978-1-84569-267-4.
- [12] KOVÁŘ, Radko. *Struktura a vlastnosti plošných textilií*. Liberec, 2002. ISBN 80-7083-676-8.
- [13] FEXA, J. a ŠIROKÝ, K. *Měření vlhkosti*. Vyd. 1. Praha, 1983. Nakladatelství technické literatury. ISBN 04-601-83.
- [14] NECKÁŘ, Bohuslav a VOBOROVÁ, J. *Část 2. Metoda měření a vyhodnocování chlupatosti*. 7. Národní konference Strutex. Technická univerzita v Liberci, 2000.

- [15] NECKÁŘ, Bohuslav. *Morfologie a strukturní mechanika obecných vláknenných útvarů*. Liberec, 1998. [Elektronická skripta]. [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2003-01-13/08-49-31.pdf>
- [16] KŘEMENÁKOVÁ, Dana. *Modelování geometrie a pevnosti bavlnářských přízí*. Liberec, 2005. Habilitační práce. Technická univerzita v Liberci.
- [17] KOLČAVOVÁ SIRKOVÁ, Brigita. *Systém projektování textilních struktur. Část 2 „příze – tkanina“*. Liberec, 2004. [Závěrečná zpráva].
- [18] MRÁZIKOVÁ, Irena. *Vazby tkanin listové: základní, odvozené a složené*. Liberec, 2002. ISBN 80-7083-627-X.
- [19] HRUDA, Ivo a MORAVEC, Vladimír. *Technologie 1, část 2., Technologie přípravy a tkání, Vazby listových tkanin*. Liberec, 1985.
- [20] NOSEK, Stanislav. *Struktura a geometrie tkanin*. Ústí nad Orlicí, 1974. [Studijní materiály].
- [21] DRAŠAROVÁ, Jana. *Analýza příčných řezů tkaniny*. Liberec, 2004. [Disertační práce].
- [22] ČSN EN 1049-2 (80 0814). *Tkaniny. Konstrukce. Metody analýzy. Část 2: Stanovení dostavy*. Brno, 1995.
- [23] ČSN EN 12127 (800849). *Textilie - Plošné textilie - Zjišťování plošné hmotnosti pomocí malých vzorků*. Praha, 1998.
- [24] BLAŽEJOVSKÁ, Ivana. *Vliv finální úpravy na prodyšnost tkaniny při současném sledování její rovnoměrnosti v ploše*. Liberec, 2013. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Ing. Marie Havlová, Ph.D.
- [25] MAREŠ, Václav. *Elektronická vyhodnocovací jednotka měřiče propustnosti textilií pro vzduch*. Liberec, 2008. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Ivan Doležal, doc. Ing. CSc.
- [26] ČAPKOVÁ, Veronika. *Paropropustnost denimových tkanin za vlhka*. Liberec, 2013. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Luboš Hes, prof. Ing. DrSc.
- [27] MADEJOVÁ, Martina. *Vlastnosti směsových tkanin v plátnové vazbě*. Liberec, 2006. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Dana Křemenáková, doc. Dr. Ing.

- [28] MRÁZKOVÁ, Pavlína. *Paropropustnost a prodyšnost polopropustných materiálů typu WINDSTOPPER*. Liberec, 2009. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Luboš Hes, prof. Ing. DrSc.
- [29] HES, Luboš a SLUKA, Petr. *Úvod do komfortu textilií*. Vyd. 1. Liberec, 2005. Technická univerzita v Liberci. ISBN 80-708-3926-0.
- [30] HUŠKOVÁ, Martina. *Geometrické vlastnosti směsových přízí*. Liberec, 2006. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci.
- [31] HAVLOVÁ, Marie. *Hodnocení prodyšnosti směsových tkanin s plátňovou vazbou*. Liberec, 2010. [Výzkumná zpráva].
- [32] GOOIER, Hendrik. *Flow Resistance of Textile Materials*. Enschede, 1998. ISBN 90-36511240.
- [33] BACKER, Stanley. *The relationship between the structural geometry of a textile fabric and its physical properties*. Textile Research Journal 21, 1951.
- [34] MILITKÝ, Jiří a KŘEMENÁKOVÁ, Dana. *Prediction of fabrics thermal conductivity*. Dubrovnik, 2010.
- [35] ČSN EN ISO 5084 (80 0844). *Textilie – Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků*. Praha, 1998.
- [36] MUSHTAQ, Muhammad, MILITKÝ, Jiří a HES, Luboš. *Thermal Resistance of Cotton Denim Fabric under various Moisture Conditions*. Liberec, 2012.
- [37] ČSN EN ISO 9237. *Zjišťování prodyšnosti plošných textilií*. Brno, 1996.
- [38] TEXTTEST INSTRUMENTS. *Air Permeability Tester FX3300 Labotester III*. [Online]. [cit. 2015-04-25]. Dostupné z:
http://www.texttest.ch/pdf-files_en/3300-III_leaflet_en.pdf
- [39] HLADÍK, V. a kolektiv. *Textilní vlákna*. Praha, 1970. SNTL.
- [40] BAGRY, F. Ch. *Příspěvek ke stanovení sráživosti bavlněných přízí a tkanin*. Liberec, 1988. Kandidátská disertační práce.
- [41] *Vlastnosti vláken*. [online]. Liberec, 2004. Technická univerzita v Liberci. [cit. 2015-04-26]. Dostupné z:
http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/studijni_materialy/vlastnosti_vlaken/prednaska_8.pdf
- [42] Liberec. [Elektronická skripta]. [cit. 2015-04-26]. Dostupné z:
<http://www.ft.vslib.cz/databaze/skripta/data/2003-04-03/08-52-48.pdf>

- [43] ČAPKOVÁ, Lucie. Hodnocení prodyšnosti bavlnářských tkanin s plátňovou vazbou. Liberec, 2012. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Ing. Marie Havlová, Ph.D.
- [44] IN 23-107-01/01. *Plošné zakrytí tkanin*. Liberec, 2001.
- [45] HAVRDOVÁ, M. *Chování plošných textilií při měření jejich prodyšnosti vzduchu*. Liberec, 2002. Sborník z 9. mezinárodní konference STRUTEX

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obrázek 1: Rozdíl mezi skutečným průměrem příze d a substančním průměrem příze d_s [6]. | 22 |
| Obrázek 2: Oblasti příze – typy struktur a zobrazení chlupatosti [14]. | 25 |
| Obrázek 3: Idealizovaný průřez dvoukomponentní příze [16]. | 27 |
| Obrázek 4: Schéma osnovního a útkového vazného bodu [18]. | 29 |
| Obrázek 5: Zakreslení osnovních a útkových vazných bodů v plátňové vazbě. | 30 |
| Obrázek 6: Volně flotující usek nitě tkaniny v proudu vzduchu [45]. | 30 |
| Obrázek 7: Vazná buňka tkaniny [20]. | 31 |
| Obrázek 8: Peircův model provázání [17]. | 32 |
| Obrázek 9: Hyperbolický model provázání nití v tkanině [17]. | 33 |
| Obrázek 10: Deformovaný průřez nitě: ovál (kemp), elipsa a čočka [21]. | 34 |
| Obrázek 11: Průmět tkaniny v plátňové vazbě do roviny tkaniny. | 38 |
| Obrázek 12: Čtyři typy pórových buněk podle Backera [17]. | 39 |
| Obrázek 13: Plošné zobrazení póru typu 1. | 39 |
| Obrázek 14: Idealizovaný povrch projekce tkaniny (d_c - průměr útkové příze, d_M – průměr osnovní příze) [34]. | 41 |
| Obrázek 15: Možnosti stanovení plochy póru; a – řez v nejužším místě póru vedený rovnoběžně s rovinou tkaniny; b – řez v nejužším místě póru vedený kolmo na šikmý směr proudění vzduchu; c – řez póru interpretovaného jako průmět otevřené plochy tkaniny do roviny [32]. | 42 |
| Obrázek 16: Průmět namočeného obvodu prvního typu pórové buňky v tkanině podle Gooiera [32]. | 43 |
| Obrázek 17: Schéma zjednodušeného 3-D modelu porosity [17]. | 44 |
| Obrázek 18: Míra odstávajících vláken od průměru příze v pórové buňce [43]. | 47 |
| Obrázek 19: Vlákno před a po bobtnání [42]. | 49 |
| Obrázek 20: Rozdělení jednotlivých vzorků. | 52 |
| Obrázek 21: Experimentálně zjištěné hodnoty D_o . | 54 |
| Obrázek 22: Experimentálně zjištěné hodnoty D_{ii} . | 54 |
| Obrázek 23: Ekvivalentní průměr příze a zjištěný průměr příze. | 56 |
| Obrázek 24: Vliv směsového poměru a různé D_{ii} na plošnou hmotnost tkaniny. | 57 |
| Obrázek 25: Pohled na nasnímaný obraz tkaniny s 50 % CO a 50 % PP s jmenovitou dostavou útku 7,2 n/cm. | 58 |

| | |
|---|----|
| Obrázek 26: Predikovaná a naměřená plošná porositá tkanin P_s [1]. | 59 |
| Obrázek 27: Experimentálně zjištěné hodnoty prodyšnosti klimatizovaných vzorků [$l/m^2/s$]. | 61 |
| Obrázek 28: Vztah mezi experimentálně zjištěnou plošnou porositou tkaniny a její prodyšností. | 62 |
| Obrázek 29: Ukázka průběhu vysoušení vzorku tkaniny ze 100% CO s jmenovitou dostavou útku 7,2 n/cm v místě B. | 64 |
| Obrázek 30: Vztah mezi plošnou porositou tkaniny, jejím materiálovým složením a míře zvlhčení tkaniny s jmenovitou dostavou 7,2 n/cm. | 66 |
| Obrázek 31: Vztah mezi plošnou porositou tkaniny, jejím materiálovým složením a míře zvlhčení tkaniny s jmenovitou dostavou 10,8 n/cm. | 66 |
| Obrázek 32: Vztah mezi prodyšností tkaniny, jejím materiálovým složením a míře zvlhčení tkaniny s jmenovitou dostavou 7,2 n/cm. | 69 |
| Obrázek 33: Vztah mezi prodyšností tkaniny, jejím materiálovým složením a míře zvlhčení tkaniny s jmenovitou dostavou 10,8 n/cm. | 69 |

Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tabulka 1: Přehled vzorků a jejich jmenovitých dostav útků. | 51 |
| Tabulka 2: Sráživost vzorků tkanin. | 52 |
| Tabulka 3: Zjištěné hodnoty dostav tkanin [n/cm] a celkových počtu nití v tkaninách [n/m ²]. | 53 |
| Tabulka 4: Dypočítané měrné hmotnosti ρ [kg/m ³] pro jednotlivé příze s různým materiálovým složením, ekvivalentní průměry přízí d_e [mm], zjištěné hodnoty průměrů přízí d [mm] a zaplnění přízí μ [1]. | 55 |
| Tabulka 5: Experimentálně zjištěné hodnoty plošné hmotnosti tkaniny [g/m ²]. | 56 |
| Tabulka 6: Hodnoty plošné porosity tkaniny P_s [1] | 59 |
| Tabulka 7: Průměrné naměřené hodnoty prodyšnosti [l/m ² /s]. | 60 |
| Tabulka 8: Jednotlivé koeficienty pro jednotlivé tkaniny. | 64 |
| Tabulka 9: Přehled hodnot plošné porosity. | 64 |
| Tabulka 10: Experimentálně zjištěné hodnoty prodyšnosti tkaniny. | 68 |

Seznam příloh

| | |
|--|----|
| Příloha 1: Experimentálně zjištěné průměrné hodnoty dostavy osnovy $\overline{D_o}$ [n/cm] a jejich statistické vyhodnocení. | 80 |
| Příloha 2: Experimentálně zjištěné průměrné hodnoty dostavy útku $\overline{D_i}$ [n/cm] a jejich statistické vyhodnocení. | 80 |
| Příloha 3: Experimentálně zjištěné průměrné hodnoty plošné hmotnosti tkaniny $\overline{m_s}$ [g/m ²] a jejich statistické vyhodnocení. | 80 |
| Příloha 4: Spočítané zakrytí tkaniny. | 81 |
| Příloha 5: Experimentálně zjištěné hodnoty plošné porosity tkaniny. | 82 |
| Příloha 6: Experimentálně zjištěné hodnoty prodyšnosti tkaniny. | 82 |
| Příloha 7: Doby schnutí v sušičce pro jednotlivé úrovně vlhkostí a jednotlivé vzorky. | 83 |

Příloha 1: Experimentálně zjištěné průměrné hodnoty dostavy osnovy $\overline{D_o}$ [n/cm] a jejich statistické vyhodnocení.

| Tkanina | $\overline{D_o}$ [n/cm] | s [n/cm] | ν [%] | 95% IS [n/cm] |
|---------|-------------------------|------------|-----------|-----------------|
| 1 | 18,1 | 0,12 | 0,67 | <18,02;18,18> |
| 2 | 18,5 | 0,38 | 2,04 | <18,23;18,72> |
| 3 | 17,9 | 0,12 | 0,69 | <17,78;17,94> |
| 4 | 18,4 | 0,31 | 1,66 | <18,19;18,59> |
| 5 | 18,0 | 0,12 | 0,68 | <17,92;18,08> |
| 6 | 18,5 | 0,27 | 1,48 | <18,32;18,68> |
| 7 | 18,1 | 0,19 | 1,04 | <17,93;18,18> |
| 8 | 18,4 | 0,31 | 1,66 | <18,21;18,61> |
| 9 | 18,3 | 0,32 | 1,749 | <18,091;18,509> |
| 10 | 18,4 | 0,32 | 1,76 | <18,17;18,59> |

Příloha 2: Experimentálně zjištěné průměrné hodnoty dostavy útku $\overline{D_u}$ [n/cm] a jejich statistické vyhodnocení.

| Tkanina | $\overline{D_u}$ [n/cm] | s [n/cm] | ν [%] | 95% IS [n/cm] |
|---------|-------------------------|------------|-----------|---------------|
| 1 | 7,5 | 0,29 | 3,90 | <7,32;7,70> |
| 2 | 11,4 | 0,34 | 3,02 | <11,16;11,61> |
| 3 | 8,0 | 0,30 | 3,74 | <7,84;8,23> |
| 4 | 12,4 | 0,38 | 3,04 | <12,20;12,69> |
| 5 | 7,4 | 0,16 | 2,19 | <7,28;7,50> |
| 6 | 11,2 | 0,33 | 2,97 | <10,99;11,43> |
| 7 | 7,3 | 0,19 | 2,56 | <7,22;7,47> |
| 8 | 11,5 | 0,14 | 1,18 | <11,40;11,58> |
| 9 | 8,7 | 0,274 | 3,149 | <8,521;8,879> |
| 10 | 13,6 | 0,39 | 2,90 | <13,31;13,82> |

Příloha 3: Experimentálně zjištěné průměrné hodnoty plošné hmotnosti tkaniny $\overline{m_s}$ [g/m²] a jejich statistické vyhodnocení.

| Tkanina | $\overline{m_s}$ [g/m ²] | <i>s</i> [g/m ²] | <i>v</i> [%] | 95% IS [g/m ²] |
|----------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| 1 | 155,5 | 3,7 | 2,38 | <153,1;157,9> |
| 2 | 181,3 | 1,9 | 1,05 | <180,1;182,5> |
| 3 | 157,2 | 2,3 | 1,46 | <155,7;158,7> |
| 4 | 187,0 | 2,2 | 1,18 | <185,6;188,4> |
| 5 | 153,9 | 1,0 | 0,65 | <153,2;154,6> |
| 6 | 180,5 | 2,2 | 1,22 | <179,1;181,9> |
| 7 | 154,3 | 0,9 | 0,58 | <153,7;154,9> |
| 8 | 181,5 | 4,0 | 2,20 | <178,9;184,1> |
| 9 | 163,9 | 2,8 | 1,71 | <162,1;165,7> |
| 10 | 194,0 | 2,2 | 1,13 | <192,6;195,4> |

Příloha 4: Spočítané zakrytí tkaniny.

| Spočítané hodnoty zakrytí tkaniny [1] | | |
|--|---------------------|------------------|
| Tkanina | Jmenovitá Dů | |
| | 7,2 n/cm | 10,8 n/cm |
| 100 % CO | 0,60 | 0,66 |
| 65 % CO, 35 % PP | 0,66 | 0,73 |
| 50 % CO, 50 % PP | 0,67 | 0,73 |
| 65 % PP, 35 % CO | 0,69 | 0,75 |
| 100 % PP | 0,76 | 0,82 |

Příloha 5: Experimentálně zjištěné hodnoty plošné porosity tkaniny.

| Experimentálně zjištěné hodnoty plošné porosity tkaniny | | | | | |
|---|-----------------|---------|---------|----------------|----------------|
| Tkanina | \bar{P}_s [1] | s [1] | v [%] | 95% IS_D [1] | 95% IS_H [1] |
| 1 | 0,33 | 0,06 | 19,28 | 0,32 | 0,35 |
| 2 | 0,29 | 0,05 | 17,54 | 0,27 | 0,30 |
| 3 | 0,26 | 0,06 | 21,24 | 0,25 | 0,27 |
| 4 | 0,22 | 0,04 | 19,73 | 0,21 | 0,23 |
| 5 | 0,26 | 0,05 | 20,31 | 0,25 | 0,27 |
| 6 | 0,22 | 0,04 | 18,64 | 0,21 | 0,23 |
| 7 | 0,24 | 0,04 | 18,57 | 0,23 | 0,25 |
| 8 | 0,20 | 0,03 | 16,33 | 0,19 | 0,20 |
| 9 | 0,19 | 0,03 | 13,76 | 0,18 | 0,20 |
| 10 | 0,16 | 0,03 | 19,50 | 0,15 | 0,17 |

Příloha 6: Experimentálně zjištěné hodnoty prodyšnosti tkaniny.

| Experimentálně zjištěné hodnoty prodyšnosti tkaniny | | | | | |
|---|---------------------------------|---------------------------|---------|----------------------------------|----------------------------------|
| Tkanina | \bar{p} [l/m ² /s] | s [l/m ² /s] | v [%] | 95% IS_D [l/m ² /s] | 95% IS_H [l/m ² /s] |
| 1 | 1085,44 | 5,64 | 0,52 | 1081,76 | 1089,13 |
| 2 | 929,67 | 6,98 | 0,75 | 925,11 | 934,23 |
| 3 | 772,11 | 4,96 | 0,64 | 768,87 | 775,35 |
| 4 | 639,89 | 6,31 | 0,99 | 635,76 | 644,01 |
| 5 | 781,11 | 4,08 | 0,52 | 778,45 | 783,77 |
| 6 | 644,67 | 6,33 | 0,98 | 640,54 | 648,80 |
| 7 | 708,78 | 5,56 | 0,79 | 705,14 | 712,41 |
| 8 | 640,78 | 5,85 | 0,91 | 636,96 | 644,60 |
| 9 | 657,00 | 5,66 | 0,86 | 653,30 | 660,70 |
| 10 | 590,56 | 6,15 | 1,04 | 586,54 | 594,57 |

Příloha 7: Doby schnutí v sušičce pro jednotlivé úrovně vlhkostí a jednotlivé vzorky.

| Doba schnutí v sušičce [s] | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Tkanina | 30 % vlhkosti v tkanině | 60 % vlhkosti v tkanině | 80 % vlhkosti v tkanině | 110 % vlhkosti v tkanině |
| 1 | 130 | 112 | 99 | 81 |
| 2 | 133 | 107 | 91 | 65 |
| 3 | 113 | 95 | 82 | 64 |
| 4 | 96 | 74 | 59 | 37 |
| 5 | 107 | 88 | 76 | 57 |
| 6 | 83 | 63 | 49 | 28 |
| 7 | 97 | 77 | 64 | 43 |
| 8 | 75 | 55 | 41 | 21 |
| 9 | 84 | 63 | 50 | 29 |
| 10 | 68 | 44 | 28 | 4 |