



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní

EXPERIMENTÁLNÍ METODA PRO HLEDÁNÍ SOUVISLOSTÍ MEZI PRODYŠNOSTÍ A STRUKTURÁLNÍ ZMĚNOU TEXTILIE

Ing. Daniela Veselá

AUTOREFERÁT DISERTAČNÍ PRÁCE

| | |
|---------------------------------|---|
| Název disertační práce: | EXPERIMENTÁLNÍ METODA PRO HLEDÁNÍ SOUVISLOSTÍ MEZI PRODYŠNOSTÍ A STRUKTURÁLNÍ ZMĚNOU TEXTILIE |
| Autor: | Ing. Daniela Veselá |
| Obor doktorského studia: | Textilní technika |
| Forma studia: | Kombinovaná |
| Školící pracoviště: | Katedra oděvnictví |
| Školitel: | prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs |

Složení komise pro obhajobu disertační práce

| | |
|---|---|
| předseda: | |
| prof. Ing. Jiří Militký, CSc. | FT TUL, katedra materiálového inženýrství |
| místopředseda: | |
| prof. Ing. Jakub Wiener, Ph.D. | FT TUL, katedra materiálového inženýrství |
| prof. Ing. Karel Adámek, CSc. (oponent) | VÚTS, a. s., Liberec |
| prof. Ing. Václav Kopecký, CSc. (oponent) | Ústav pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace, Oddělení fyzikálních měření |
| doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D. | FT TUL, katedra hodnocení textilií |
| doc. Ing. Josef Dvořák, CSc. | VÚTS, a. s., Liberec |
| doc. Ing. Antonín Havelka, CSc. | FT TUL, katedra oděvnictví |
| doc. Rajesh Mishra, Ph.D., B. Tech. | FT TUL, katedra materiálového inženýrství |
| doc. Ing. Maroš Tunák, Ph.D. | FT TUL, katedra hodnocení textilií |

Prof. Ing. Václav Kopecký, CSc. využil možnosti v souladu se Studijním a zkušebním řádem TUL článek 22 paragraf 2 a s ohledem na pracovní vytížení zpracování posudku odmítl. Z tohoto důvodu byl druhým oponentem jmenován a posudek zpracoval doc. Ing. at Ing. Miroslav Svoboda.

S disertační prací je možno seznámit se na děkanátu Fakulty textilní Technické univerzity v Liberci.

Liberec 2016

Anotace

Disertační práce je zaměřena na problematiku měření prodyšnosti plošných textilií. Cílem této práce je vývoj nového přístroje na měření prodyšnosti, který poskytuje možnost sledovat a popsat souvislosti mezi prodyšností a strukturální změnou textilie v průběhu měření. V rámci práce je popsán vývoj tohoto přístroje, který autorka práce sestavila a otestovala. Tento přístroj se od standardních zařízení liší možností provádět dynamické měření prodyšnosti a možností sledovat strukturální změny textilie během měření prodyšnosti. Všechny měřicí a řídicí prvky zařízení jsou elektronického typu a je zajištěn sběr jejich dat pro další zpracování.

V práci jsou představeny funkce zařízení, které mohou být využity v dalším výzkumu v oblasti chování textilie během měření prodyšnosti. Součástí práce je ukázka využití zařízení k sledování souvislostí mezi prodyšností a změnou struktury, ke které dochází při měření prodyšnosti.

Klíčová slova:

Prodyšnost, zařízení, změna struktury, dynamické měření, textilie.

Annotation

This dissertation thesis is focused on the problems of the textile air permeability measurement. The aim of this thesis is to develop a new measuring instrument for the air permeability evaluation that will offer the possibility to observe and to describe the connections between the air permeability and the structural changes in textile that occur during its measurement. Within the scope of this thesis the development of the new instrument is described, which the author designed and tested. This instrument differs from others as it enables also to perform dynamical measurement of the air permeability, furthermore, it offers the possibility to observe the structural changes in textile during the air permeability measurement. All measuring and control elements are of the electronic type and thus provide data that is collected and stored for its further evaluation.

Various functions of this instrument are introduced in this thesis. These functions can be used within the further research that is aimed on the textile behavior during the air permeability measurement. One part of this thesis is dedicated to an example that describes the possibility to observe the connections between the air permeability and the structural changes that are present during the air permeability measurement.

Keywords:

Air permeability, instrument, structural change, dynamic measurement, textile.

Annotation

Cette thèse se penche sur le problème de la mesure de la perméabilité à l'air des textiles. Le but de cette thèse est de développer un nouvel appareil de mesure pour évaluer la perméabilité à l'air, ce qui pourrait offrir la possibilité d'observer et de décrire les connections entre la perméabilité à l'air et les changements de structures du textile lors de la mesure. Dans le cadre de cette thèse, le développement de ce nouvel appareil est décrit, ce que le créateur a conçu et testé. Cet appareil se différencie des autres par le fait qu'il est capable de mesurer de façon dynamique la perméabilité à l'air, de plus, il offre la possibilité d'observer le changement de structure du textile pendant la mesure de la perméabilité à l'air. Tous les éléments de mesures et de contrôles sont des données électroniques qui sont collectées et stockées pour une plus grande évaluation.

Plusieurs fonctions de cet instrument sont introduites dans cette thèse. Ces fonctions peuvent être utilisées pour des recherches supplémentaires qui ont pour but d'étudier le comportement du textile pendant la mesure de la perméabilité à l'air. Une partie de cette thèse est dédiée à un exemple qui décrit la possibilité d'observer les connections entre la perméabilité à l'air et le changement de structure présent lors de la mesure de la perméabilité à l'air.

Mots clés :

Perméabilité à l'air, appareil, changement de structure, mesure dynamique, textile.

Obsah

| | |
|---|----|
| 1. Úvod..... | 6 |
| 2. Předmět a cíle disertační práce..... | 7 |
| 3. Přehled současného stavu problematiky měření prodyšnosti..... | 9 |
| 3.1. Měření prodyšnosti..... | 9 |
| 3.1.1. Měření statické prodyšnosti..... | 9 |
| 3.1.2. Měření dynamické prodyšnosti..... | 10 |
| 3.2. Strukturální změny při měření prodyšnosti..... | 11 |
| 4. Použité metody a studované materiály..... | 12 |
| 4.1. Použité metody..... | 12 |
| 4.2. Studované materiály..... | 12 |
| 5. Přehled dosažených výsledků..... | 13 |
| 5.1. Zařízení MPT 01..... | 13 |
| 5.1.1. Princip zařízení MPT 01..... | 13 |
| 5.1.2. Sledování struktury textilie..... | 15 |
| 5.1.3. Rozsah zařízení MPT 01..... | 17 |
| 5.1.4. Přesnost měření na MPT 01..... | 17 |
| 5.1.5. Měření na MPT 01 v porovnání se standardy..... | 18 |
| 5.2. Možnosti využití rozšiřujících funkcí MPT 01..... | 19 |
| 5.2.1. Plynulé měření prodyšnosti..... | 19 |
| 5.2.2. Využití MPT 01 při hledání souvislostí prodyšnosti a změny struktury..... | 19 |
| 5.2.3. Využití experimentálních typů měření..... | 20 |
| 5.3. Vliv struktury textilie na její chování při měření prodyšnosti..... | 21 |
| 5.3.1. Přírůstek plochy vzorku vlivem vydutí..... | 23 |
| 6. Zhodnocení výsledků a nových poznatků..... | 25 |
| 6.1. Doporučení pro další vývoj zařízení MPT 01..... | 26 |
| 7. Seznam použité literatury..... | 27 |
| 8. Práce autora se vztahem ke studované problematice..... | 32 |
| 8.1. Publikace v odborných časopisech..... | 32 |
| 8.2. Příspěvky ve sbornících z konferencí..... | 32 |
| <i>Curriculum Vitae</i> | 33 |
| <i>Stručná charakteristika dosavadní odborné, výzkumné a vědecké činnosti</i> | 34 |
| <i>Zápis o vykonání státní doktorské zkoušky</i> | 37 |
| <i>Vyjádření školitele doktoranda</i> | 38 |
| <i>Oponentské posudky disertační práce</i> | 39 |

1. Úvod

Disertační práce se zaměřuje na měření prodyšnosti textilií a změny struktury, ke kterým dochází při měření. Podstatou praktické části práce je nový přístroj na měření prodyšnosti, který umožňuje sledování chování textilie v průběhu celého měření prodyšnosti.

Prodyšnost je významnou užitnou vlastností textilií. Ovlivňuje termoregulaci lidského organismu, izolační vlastnosti textilií. U textilií určených pro oděvní účely má vliv na komfort při užívání a ovlivňuje hygienickou složku. Je také důležitou užitnou vlastností u textilií pro technické účely. S ohledem na užití dané textilie je požadována různá hodnota prodyšnosti. U některých technických textilií je tato vlastnost vyžadována, u jiných je považována za nežádoucí. Prodyšnost je důležitým faktorem například u airbagů, padáků či filtračních textilií.

V rešeršní části práce jsou obsaženy základy oblasti proudění tekutin, chování tekutin při obtékání těles a průchodu porózním materiálem. Součástí kapitoly je také popis vybraných snímačů, které se uplatňují u přístrojů určených k měření prodyšnosti textilií a to měření průtoku a diferenčních tlaků proudícího vzduchu. Dále je uveden způsob stanovení nejistot měření, který je aplikován v praktické části práce.

Významná část rešerše je věnována struktuře vláknenných útvarů se zdůrazněním porosity a jejím modelováním, které se uplatňuje u predikce prodyšnosti.

Prodyšnost textilií a její měření je zpracováno do samostatné kapitoly. Jsou uvedeny standardní i experimentální přístroje a metodiky pro měření této vlastnosti. Následně jsou popsány změny struktury, ke kterým dochází během měření prodyšnosti.

Během měření prodyšnosti dochází vlivem silových účinků vzduchu k vydutí textilie ve směru ze strany textilie, kde působí tlak vzduchu vyšší, směrem ke straně s tlakem nižším. V oblasti chlupatosti přize také dochází k pohybu volných částí vláken a to ve směru proudícího vzduchu. Tyto změny, pokud jsou výrazné, mohou ovlivňovat výslednou hodnotu prodyšnosti měřené textilie.

V praktické části práce je popsáno, jak autorka navrhla a postupně vyvíjela přístroj umožňující sledování chování textilie během měření prodyšnosti. Tento přístroj umožňuje kromě měření standardní statické prodyšnosti i experimentální měření v podobě dynamické prodyšnosti. V průběhu každého měření je možné sledovat chování textilie a všechna naměřená data ukládat pro další zpracování.

Zařízení s pracovním názvem MPT 01 bylo ověřeno na sadě vzorků, kdy měření byla porovnána s měřeními na dalších dvou standardních přístrojích na měření prodyšnosti. Pro úplnost byla stanovena také nejistota měření na MPT 01.

Toto nové zařízení poskytuje informace o chování textilie v průběhu měření prodyšnosti. Sledování textilie v průběhu měření je realizováno kamerou anebo laserovým snímačem vzdálenosti. Detailněji je popsáno měření vydutí vzorku textilie pomocí snímače vzdálenosti, který dokáže měřit i velmi malé změny v řádech μm . Na základě získaných dat z měření je možné charakterizovat změny struktury textilie.

Ukázková měření obsažená v práci nastiňují uplatnění zařízení v oblasti vědy a výzkumu. Na sadě vzorků bylo provedeno měření, které ukazuje na vliv porosity na vydutí vzorku, je možné také posoudit vliv vazby. Na základě změřených hodnot vydutí textilií a vypočtených hodnot porosity je uvedena ukázka změny porosity tkanin vlivem vydutí textilie během měření prodyšnosti.

2. Předmět a cíle disertační práce

Předmětem disertační práce je měření prodyšnosti textilií a sledování chování textilie během měření.

Prodyšnost je vlastnost textilie, u které se posuzuje množství prošlého vzduchu textilií. K prostupu vzduchu textilií dochází na základě rozdílných tlaků na protějších stranách textilie, kdy vzduch textilií prochází mezinitnými a mezivláknennými prostory ve směru od tlaku vyššího k nižšímu s cílem jejich rozdíl snížit. Velikost prodyšnosti je závislá na množství a velikosti prostorů, označovaných jako póry, které umožňují prostup vzduchu z jedné strany textilie na druhou.

Silové účinky vzduchu působící na textiliu během měření prodyšnosti vyvolávají změny ve struktuře textilie. Ty se projevují vydutím vzorku v upínací čelisti, oddálením delších úseků nití a také změnami v oblasti chlupatosti nitě, kdy dochází k pohybu volných konců vláken nití [31], [70], [74].

Při deformaci textilie dochází ke strukturálním změnám, které mohou ovlivnit měřené hodnoty prodyšnosti textilie. Obzvláště u pružných textilií dochází k výraznému vyduť vzorku vlivem proudění, což způsobuje zvětšení plochy vzorku a je tak zkruslena výsledná hodnota prodyšnosti měřeného vzorku.

Na základě zpracování rešeršní části práce, ve které byly zohledněny výsledky výzkumu a poznání z literárních zdrojů [1] až [74], byl získán následující soubor poznatků, který je podkladem pro zpracování Praktické části disertační práce:

- Standardní zařízení na měření prodyšnosti jsou určena převážně na měření statické prodyšnosti. Tato zařízení jsou jednoúčelová a s omezenými rozsahy měření bez možnosti dalšího rozšíření.
- Experimentální zařízení pro měření dynamické prodyšnosti pracují s relativně vysokými rozdíly tlaků, které na textiliu působí během měření, anebo s pulzními nárůsty tlakového rozdílu, kdy na základě vzniklých tlaků se hodnotí textilie z hlediska prodyšnosti.
- Tlakové rozdíly na protějších stranách textilie běžné pro testování prodyšnosti oděvních a technických textilií jsou 100 a 200 Pa [1]. Již při těchto rozdílech tlaků při měření prodyšnosti dochází k deformaci textilie a hlavně u textilií pružných nejsou vzniklé změny zanedbatelné.
- Současné práce zabývající se změnami struktur, ke kterým dochází při měření prodyšnosti, popisují tyto změny převážně na základě matematických modelů. Bylo by vhodnější sledovat a popsat skutečné změny struktury textilie.

Cíle disertační práce:

- Sestavit nový přístroj na měření statické a dynamické prodyšnosti, aby se rozšířila možnost měření prodyšnosti na Fakultě textilní a tak byl přínosem pro další vědecké práce z oblasti měření prodyšnosti.
- Pomocí nového přístroje umožnit sledování chování vzorku, ke kterému dochází při měření prodyšnosti při nízkých tlakových rozdílech, tj. 100 Pa či popřípadě 200 Pa, jak definuje norma [1], a to obzvláště u pružných textilií, kde tyto změny nejsou zanedbatelné.
- Ukázat možnosti využití nového zařízení v oblasti sledování chování textilií se zaměřením na hledání souvislostí mezi prodyšností a strukturální změnou, ke které dochází při měření prodyšnosti.

Byl stanoven následující postup k zajištění cílů práce:

- Navrhnout hardwarové uspořádání a následně sestavit zařízení na měření prodyšnosti, které umožní statické a dynamické měření prodyšnosti se současným sledováním chování textilie.
- Vytvořit řídicí program, který bude obsahovat uživatelské prostředí pro jednoduchou obsluhu měření na zařízení.
- Ověřit funkčnost zařízení včetně všech funkcí.
- Stanovit metodiku měření na novém zařízení.
- Verifikovat správnost výsledků získaných na novém zařízení.
- Zaměřit se na sledování a popis změn struktury, ke kterým dochází při měření prodyšnosti.

Autorka práce sestavila nové zařízení z inteligentních snímačů a prvků komunikujících s PC. Navržené zařízení umožňuje dynamicky měnit tlakový rozdíl v závislosti na průchodu vzduchu textilií a to plynule dle požadavků obsluhy a možností jednotlivých prvků. Dále je zařízení rozšířeno o prvky umožňující sledování struktury textilie v průběhu měření.

3. Přehled současného stavu problematiky měření prodyšnosti

Pro popis souvislostí mezi prodyšností a strukturální změnou textilie byl proveden průzkum v oblasti měření prodyšnosti zaměřený na možnosti měřicích přístrojů.

Při měření prodyšnosti dochází vlivem silových účinků vzduchu ke změnám ve struktuře textilie. Textilie se tak vydouvá ve směru proudícího vzduchu a její póry se rozevírají, u delších úseků nití dochází také k jejich oddalování a vznikají přídatné póry [31],[70]. V oblasti chlupatosti příze se pohybují volné části vláken [74].

Pro přiblížení problematiky struktury textilií je v disertační práci zpracována kapitola o struktuře vláknenných útvarů a to se zaměřením hlavně na porositu a její stanovení včetně predikce. Jedna kapitola práce je také věnována mechanice tekutin, měření průtoku vzduchu a tlakových rozdílů.

Níže je uveden přehled současného stavu problematiky o měření prodyšnosti a strukturálních změnách textilie, ke kterým dochází při měření prodyšnosti.

3.1. Měření prodyšnosti

Prodyšnost je definována jako rychlost proudu vzduchu procházejícího kolmo vzorkem textilie při definovaném rozdílu tlaků na protějších stranách textilie, době a zkušební ploše [1]. Prodyšnost R [$\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$], při konkrétním tlakovém rozdílu, je dána vztahem [1]:

$$R = \frac{Q_V}{A} \cdot k, \quad (1)$$

kde:

- R prodyšnost [$\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$],
- Q_V objemové množství protečené tekutiny [$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$],
- A plocha vzorku, kterou prochází vzduch [m^2],
- k koeficient převodu jednotek [-].

Podstata měření prodyšnosti spočívá ve vytvoření tlakového rozdílu na protějších stranách textilie. Důsledkem vzniklého rozdílu tlaku je snaha tento rozdíl snížit a tak dochází k průchodu vzduchu přes otevřené prostory v textilií. [43]

3.1.1. Měření statické prodyšnosti

U statické prodyšnosti jsou textilní materiály hodnoceny při konstantním rozdílu tlaků tzn., že množství vzduchu, které upnutou textilií v upínací čelisti prochází, je odečteno po ustálení tlakového rozdílu na protějších stranách textilie. Po celou dobu vzduch prochází textilií jedním směrem konstantní rychlostí. Přesné podmínky a postupy měření jsou definovány normami, např. [1],[38],[39].

Na Fakultě textilní je několik standardních zařízení na měření prodyšnosti. Nejnovějším typem je zařízení FX 3300 [45]. Toto zařízení je automatizované, kdy dle zvoleného tlakového rozdílu a požadovaných jednotek měření je zobrazena hodnota prodyšnosti. Uživatel musí manuálně provádět případné změny rozsahů průtokoměru tak, jak to zařízení během měření vyžaduje. Další dva typy zařízení dostupné na Fakultě textilní jsou Metefem FF – 12A [46] a M 021 S [47]. Tyto přístroje jsou ovládány manuálně plně obsluhou. Zařízení jsou významně omezena rozsahy snímačů tlaků a průtokoměrů. Tato zařízení jsou určena jen pro měření statické prodyšnosti a neumožňují sledování chování textilií během měření.

Na trhu je řada dalších zařízení k měření prodyšnosti, ale i ta jsou převážně jednoúčelová a umožňují měření pouze statické prodyšnosti při konstantním tlakovém rozdílu a nenabízí možnost pozorovat další jevy spojené s měřením prodyšnosti. Některá vybraná zařízení jsou uvedena v Rešeršní části disertační práce včetně rozsahů měření a nabízených možností.

3.1.2. Měření dynamické prodyšnosti

Na rozdíl od statického měření prodyšnosti textilií, dynamické měření zohledňuje změny rozdílu tlaku vzduchu působícího na textilii v průběhu měření. Tyto změny jsou při užívání textilií běžné a je tedy vhodné textilie hodnotit i dle dynamické prodyšnosti. Dynamická prodyšnost se hodnotí např. u airbagů [44], její měření by mohlo mít své opodstatnění také u padáků a dalších technických textilií, a mohlo by být přínosné ji měřit i u oděvních textilií určených např. pro outdoorové oděvy.

Pro dynamické měření prodyšnosti airbagů je na trhu k dispozici zařízení, které simuluje podmínky, kterým je airbag vystaven během vystřelení při nárazu automobilu. Princip měření spočívá v rychlém nafouknutí prostoru na jedné straně textilie a následném poklesu tlaku v čase. Při standardním testování airbagu jsou tlaky pod textilií v rozsahu 30 – 70 kPa nárazového natlakování airbagu. [44]

Gniotek se zabývá experimentálním hodnocením dynamické prodyšnosti textilií a navrhl nové zařízení a metodu pro její hodnocení ve své práci [55]. Využívá zařízení, které má v prostoru upínací čelisti umístěný pohyblivý píst ovládaný elektromagnetickými pulzy. Pohybem pístu dochází k prostupu vzduchu vzorkem textilie, která je upnuta v upínací čelisti. Gniotek analyzuje jednotlivé fáze pohybu a klidového stavu pístu. Na základě porovnání měření textilie a kovové mřížky s kapilárními trubičkami stanovuje vztah pro určení hypotetického tlakového impulzu při konstantní („statické“) změně tlaku a dynamickou tlakovou charakteristiku vycházející z pulzního nárůstu tlaku [55].

Na základě „statického“ a „dynamického“ měření uvádí Gniotek index dynamické propustnosti [55]. Toto zařízení je podkladem pro několik dalších prací. Index dynamické propustnosti je využitelný při srovnání vlastností textilií z hlediska chování při statickém a dynamickém zatížení [56].

Tokajská ve své práci [57] modernizuje tento index navržený Gniotkem [55] a uvádí index vlivu propustnosti IP [-]. Hodnoty indexu IP jsou v rozsahu $\langle -0.5, 0.5 \rangle$. Záporné hodnoty IP poukazují na zvýšení průtoku při dynamické pulzní změně oproti konstantní - statické a objevují se u tkanin s volnými strukturami (tkaniny s výrazně menším počtem útkových nití v porovnání s počtem osnovních). Naopak kladné hodnoty IP poukazují na snížení průtoku vzduchu při náhlé změně v porovnání s konstantní změnou tlaku a jsou u tkanin řídkých, ale silných a pevných. Hodnoty blízké nulové hodnotě IP svědčí o tom, že tlakový rozdíl je konstantní i při dynamické pulzní změně průtoku a tvary póru tak nepodléhají změnám při změnách průtoku, toto se objevuje u tkanin tenkých, hustých a tuhých. [57]

Zařízení měřící prodyšnost při vysokých tlacích s možností stanovit prodyšnosti v závislosti na čase na základě tlakového rozdílu popisuje ve své práci Bandara a kolektiv [58]. Toto zařízení má velký zásobník tlaku, otevřením ventilu mezi zásobníkem a upínací čelistí se zkoušenou textilií dojde k prostupu vzduchu póry v textilii. Zařízení je automatizované a řízené počítačem. Podstatou je natlakování prostoru pod textilií a sledování jeho postupného vyprazdňování. Zásobník může být natlakován v rozsahu 0,05 – 3 bar. Zařízení je také vybaveno laserovým zaměřovačem středu upnuté textilie, ten snímá vyboulení textilie po natlakování prostoru pod ní. Je měřen pokles tlaku vzduchu pod textilií. Prodyšnost textilie je

stanovena z prošlého objemu odvozeného na základě stavové rovnice a testovací plochy. Výstupem jsou grafy tlakových poklesů a vypočtené prodyšnosti v závislosti na čase a grafické znázornění průběhu vydutí v závislosti na čase a velikosti postupného tlakového poklesu. [58]

Dále se dynamickou prodyšností zabývá Xiao s kolektivem. Ve své práci [37] popisují experimentální studii dynamické prodyšnosti u tkanin. Je využito a popsáno zařízení navržené Bandarou a kolektivem [58]. Porovnávají statické a dynamické měření prodyšnosti. Dynamické měření prodyšnosti probíhá při počátečním tlakovém rozdílu 120 kPa a statické při normou stanovených 100 Pa, popřípadě nižších hodnotách, pokud to vlastnosti tkaniny požadovaly. Ve své práci [37] ukazují, jakou roli hraje struktura tkaniny a velikost deformace upnutého vzorku textilie při počátečních vysokých tlacích během dynamického měření prodyšnosti.

3.2. Strukturální změny při měření prodyšnosti

Změně velikosti pórů v průběhu měření prodyšnosti se ve své práci věnuje Havrdová - Havlová [31], [70]. Zabývá se změnou velikosti póru způsobenou prostupujícím vzduchem. Deformaci struktury tkanin při měření prodyšnosti způsobené silovým účinkem proudícího vzduchu rozděluje na horizontální a vertikální nárůst porosity a dále uvažuje i rozhrnování vnějších vrstev nití, které má však u relativně otevřených běžných tkanin malý význam. [31] Horizontální porositu Havrdová – Havlová označuje jako změnu velikosti plochy vzorku vlivem jejího vydutí. Vlivem vydutí vzorku v upínací čelisti při měření prodyšnosti dochází k nárůstu horizontální porosity. Na zkušebním vzorku se rozevírají póry, které mohou významně ovlivnit výsledky měření. Velikost vydutí vzorku je pouze odhadována a tvar vydutí je simulován pomocí kulového vrchlíku. Havrdová [31] navrhuje přidavné podepření měřeného vzorku, kdy na základě experimentu posuzuje jeho vliv na hodnoty prodyšnosti. [31]

U tkanin s delšími úseky nití dochází při měření prodyšnosti vlivem prostupu vzduchu k oddálení těchto úseků. Tímto oddalováním vznikají nové póry, které se v průběhu měření mohou měnit. Havrdová tento jev, označený za vertikální porositu, podrobně popisuje ve své práci [70], a modeluje tyto přidavné póry.

Velikostí deformace v podobě vydutí vzorku při dynamickém měření prodyšnosti se ve své práci [71] zabývá také Tokarská a Gniotek. Vydutí vzorku se snaží určit na základě Maxwellova reologického modelu. Velikost deformace zohledňují při stanovení hypotetického tlakového poklesu vzduchu vzniklého pohybem pístu v přístroji na měření prodyšnosti. Jako zjednodušení je opět přijat předpoklad, že tvar vydutí vzorku je ve tvaru kulového vrchlíku. [71]

Loix, Badel a kolektiv [72] provedli studii vlivu smykové deformace tkanin na prodyšnost textilie. Namáhání textilie smykem je prováděno v rozsahu $0^\circ - 53^\circ$ vychýlení osnovních nití od útkových z počátečního kolmého stavu. Při velkých úhlech deformace provázání osnovních a útkových nití se prodyšnost snižuje [72]. Při měření prodyšnosti lze však předpokládat, že smyková deformace je malá. Při malých deformacích tento jev snižování prodyšnosti není pro proměřené struktury jednoznačný a blíží se k nule [72].

4. Použité metody a studované materiály

4.1. Použité metody

Všechna měření prodyšnosti probíhala při normou stanovených podmínkách prostředí ČSN EN 20139 [80] a v případě, že se jednalo o standardní měření prodyšnosti, měření probíhalo dle normy ČSN EN ISO 9237 za normou definovaného tlakového rozdílu 100 Pa [1].

Pro úplný popis měřicího zařízení a jeho návrh pro užití v praxi při laboratorních měřeních byly provedeny výpočty pro stanovení jednotlivých nejistot měření. Stanovení nejistot probíhalo dle pokynů pro vyjadřování nejistoty měření [18].

S cílem porovnat měření na zařízení MPT 01 s měřením na standardech na měření prodyšnosti bylo provedeno proměření sady vzorků na zařízení MPT 01 a dvou standardech. Na data byly aplikovány dvě metody a to lineární regrese metodou nejmenších čtverců a aplikace kalibrace pro obě proměnné zatížené náhodnými chybami, která zohledňuje možnost, že obě porovnávané sady dat jsou zatíženy experimentální chybou. Byla použita metodika publikovaná v práci [81].

4.2. Studované materiály

Dostupná sada textilií, která byla použita pro konkrétní měření, je v režném stavu bez úprav, ze 100% bavlněné česané příze. Byly zvoleny 4 typy základní vazby:

- Plátňová: $P \frac{1}{1}$.
- Keprová:
 - Třívazný kepr $K \frac{1}{2}$.
 - Pětivazný kepr $K \frac{1}{4}$.
- Pětivazný atlas: $A \frac{4}{1}(2)$.

Výrobní parametry textilií:

Parametry osnovy:

- Jemnost $T_0 = 20 \times 2$ tex,
- Dostava $D_0 = 240$ nití / 10 cm.

Parametry útku a použitá vazba u jednotlivých vzorků jsou uvedeny v Tab. 1.

Další parametry, které byly u textilií změřeny a vypočteny jsou uvedeny v přílohách disertační práce.

| Číslo vzorku | Jemnost útkových nití T_u [tex] | Dostava útku D_u [nití/10cm] | Typ vazby |
|--------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------|
| 1 | 60 | 180 | Plátňo |
| 2 | 60 | 180 | Atlas 5-ti vazný |
| 3 | 60 | 180 | Kepr 1/2 |
| 4 | 60 | 180 | Kepr 1/4 |
| 5 | 60 | 160 | Plátňo |
| 6 | 60 | 160 | Atlas 5-ti vazný |
| 7 | 60 | 160 | Kepr 1/2 |
| 8 | 60 | 160 | Kepr 1/4 |
| 9 | 60 | 140 | Plátňo |
| 10 | 60 | 140 | Atlas 5-ti vazný |
| 11 | 60 | 140 | Kepr 1/2 |
| 12 | 60 | 140 | Kepr 1/4 |
| 13 | 60 | 120 | Plátňo |
| 14 | 60 | 120 | Atlas 5-ti vazný |
| 15 | 60 | 120 | Kepr 1/2 |
| 16 | 60 | 120 | Kepr 1/4 |
| 17 | 40 | 180 | Plátňo |
| 18 | 40 | 180 | Atlas 5-ti vazný |
| 19 | 40 | 180 | Kepr 1/2 |
| 20 | 40 | 180 | Kepr 1/4 |
| 21 | 33 | 220 | Kepr 1/2 |
| 22 | 33 | 200 | Kepr 1/2 |
| 23 | 33 | 180 | Plátňo |
| 24 | 33 | 180 | Atlas 5-ti vazný |
| 25 | 33 | 180 | Kepr 1/2 |
| 26 | 33 | 180 | Kepr 1/4 |
| 27 | 33 | 160 | Kepr 1/2 |

Tab. 1. Parametry útku a použitá vazba u tkanin.

5. Přehled dosažených výsledků

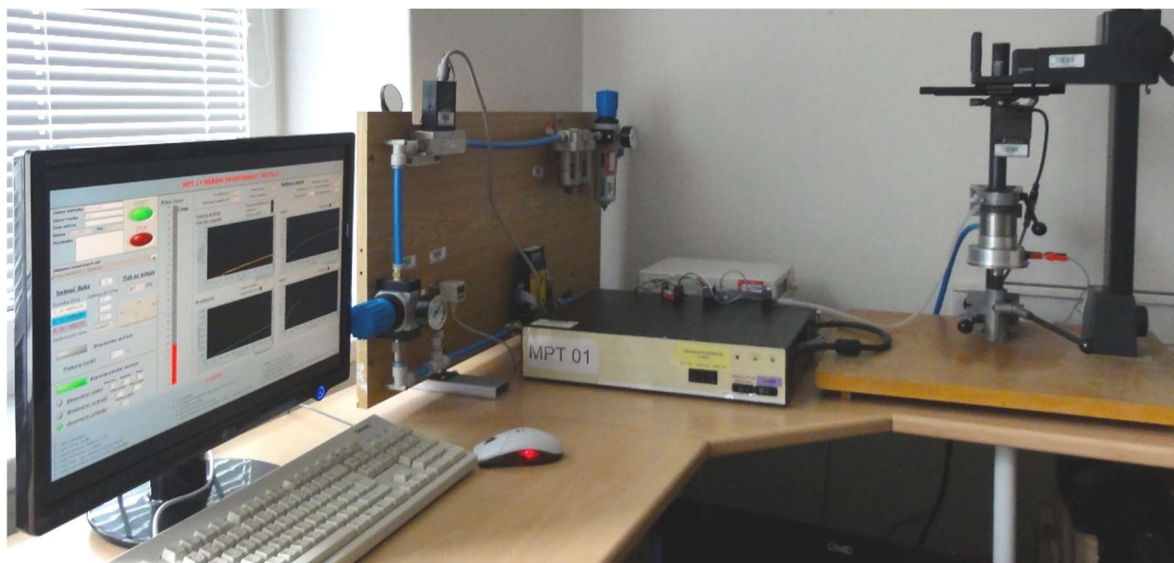
Významným přínosem a podstatou disertační práce je sestavení nového zařízení z inteligentních snímačů a prvků komunikujících s PC. Navržené zařízení umožňuje dynamicky měnit tlakový rozdíl v závislosti na průchodu vzduchu textilií a to plynule dle požadavků obsluhy a možností jednotlivých prvků. Dále je zařízení rozšířeno o prvky umožňující sledování struktury textilie v průběhu měření.

Zařízení dostalo pracovní název MPT 01. Funkčnost zařízení byla ověřena a bylo provedeno porovnávací měření s měřeními na standardech.

Součástí praktické části disertační práce je také představení konkrétních rozšířených funkcí zařízení MPT 01. Na sadě vzorků je provedeno měření změn textilie způsobených silovými účinky propustujícího vzduchu a naměřená data jsou zpracována a vyhodnocena s ohledem na různé strukturální parametry textilie.

5.1. Zařízení MPT 01

Toto zařízení nabízí měření statické a dynamické prodyšnosti. Přístroj měří ve velkém rozsahu tlakových rozdílů a je rozšířen o prvky umožňující sledování struktury a měření změn textilie při měření prodyšnosti. Vytvořený program zpracovává získaná data a přehledně je ukládá do textového souboru, kde jsou přístupná k dalšímu vyhodnocování. Na Obr. 1 je vidět zařízení MPT 01 v laboratoři.

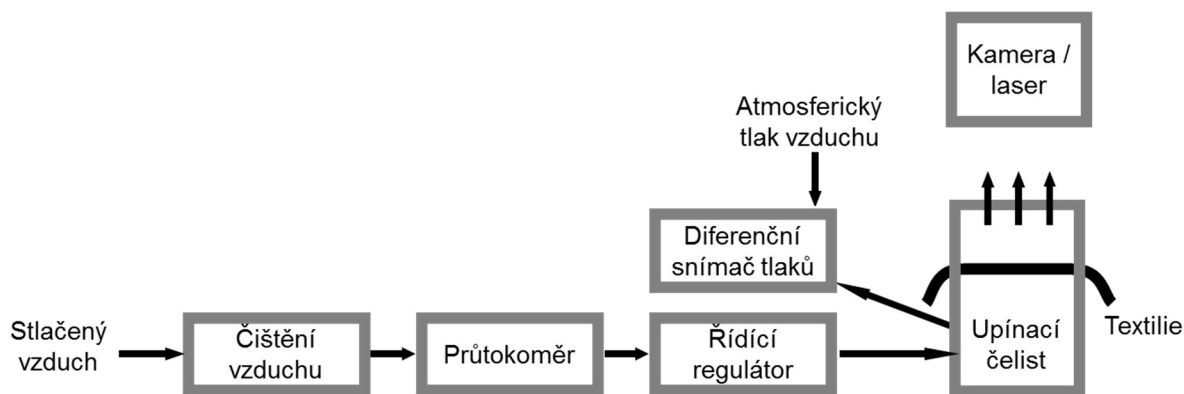


Obr. 1. Zařízení MPT 01.

5.1.1. Princip zařízení MPT 01

Princip měření je ve vytvoření přetlaku pod textilií a tak protlačování vzduchu upnutou textilií. Stlačený a vyčištěný vzduch je přiveden přes průtokoměr na vstup regulátoru, Obr. 2, ten řídí množství vzduchu, které prochází vzorkem textilie. Množství vzduchu procházející textilií je měřeno průtokoměrem. V čelisti je upnut vzorek zkoušené textilie. Hodnota tlakového rozdílu je snímána diferenčním snímačem tlaků, který má jeden vstup upevněn pod vzorkem textilie a porovnává jej s druhým, který snímá velikost atmosférického tlaku

vzduchu nad upínací čelistí (nad vzorkem textilie). Na základě změřeného množství vzduchu prošlého textilií při konkrétním tlakovém rozdílu je vypočtena prodyšnost textilie.

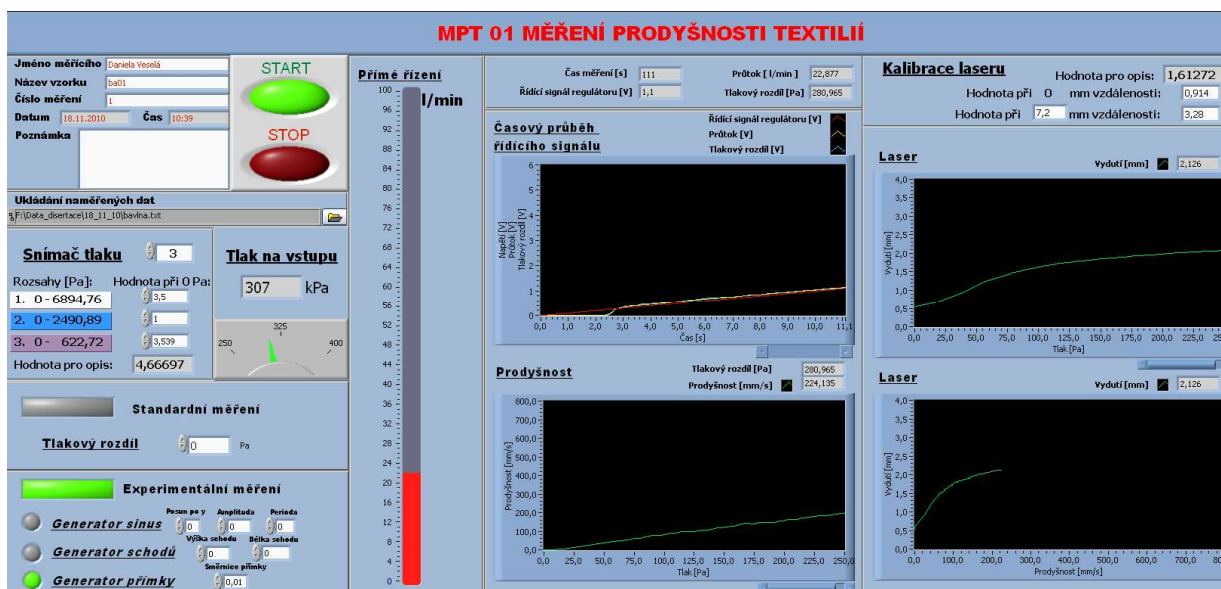


Obr. 2. Blokové schéma zařízení MPT 01 [75].

Konstrukce upínací čelisti a přilehlé sestavy na stativu umožňuje sledovat chování textilie během měření a to dvěma způsoby:

- Kamerou, která umožňuje sledovat chování nití, vláken a pórů.
- Laserovým snímačem vzdálenosti, který měří pohyb vzorku ve směru osy z v průběhu měření, tedy jeho vydutí.

Komunikaci uživatele se zařízením a zpracování dat zajišťuje PC jednotka s řídicím programem. Ten je vytvořen v prostředí LabVIEW. Pomocí tohoto řídicího programu je realizováno celé měření včetně zpracování dat. Pro uživatele je navrženo vizuální prostředí tohoto programu tak, aby bylo uživatelsky přívětivé (Obr. 3). V průběhu celého měření jsou snímaná data zaznamenávána do textového souboru.



Obr. 3. Uživatelské rozhraní pro řízení zařízení MPT 01.

Za uživatelským prostředím celého řídicího softwaru je blokové schéma, ve kterém jsou specifikována propojení všech řídicích a snímaných dat z měřicí karty. Prostřednictvím tohoto prostředí se také zpracovávají všechny řídicí a snímané signály a provádí se přepočty

snímaných hodnot na odpovídající měřené veličiny. Data jsou dále zpracována pro uložení a další práci k vyhodnocení celého měření. V jednotlivých blocích jsou specifikovány požadované rozsahy jednotlivých řídicích a snímaných dat, aby nedošlo k poškození snímačů a regulátoru.

Vizuální část řídicího programu se skládá z několika částí:

- Informace o měření, ukládání dat.
- Volba a definice snímačů, kalibrace.
- Volba typu měření (standardní, přímé řízení a 3 typy experimentálního měření).
- Snímané hodnoty a jejich zobrazení.

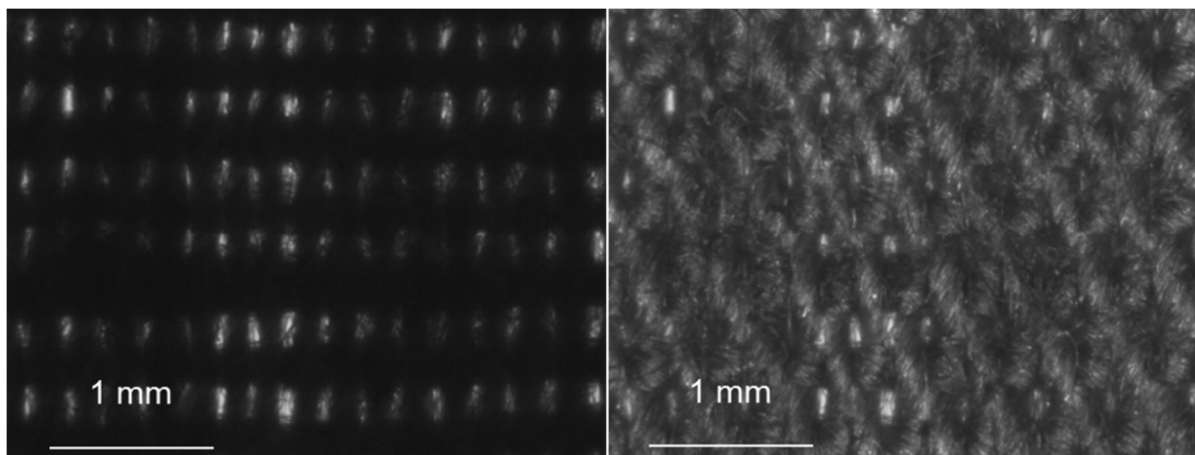
5.1.2. Sledování struktury textilie

Během měření prodyšnosti dochází ke změnám struktury textilie, přístroj nabízí možnost:

- Sledování struktury kamerou – toto umožňuje v průběhu měření sledovat vizuální změnu povrchu.
- Měření velikosti vydutí vzorku – laserový snímač vzdálenosti měří velikost vydutí vzorku v průběhu měření.

Obsluha musí volit mezi těmito možnostmi, technicky zatím není možné realizovat současné vizuální sledování a měření velikosti vydutí vzorku.

Sledování struktury textilie zajišťuje kamera s příslušenstvím upnutá nad upínací čelisti. Kamera komunikuje s PC prostřednictvím softwaru Nis-Elements. Součástí sestavy je horní a dolní osvětlení. Struktura je sledována průběžně během měření. Je možno vytvářet sekvence, nebo uložit jednotlivé snímky pro další zpracování. Na Obr. 4 jsou na ukázkou uvedeny snímky tkaniny s plátňovou vazbou.



Obr. 4. Pohled na textílii jen se spodním (vlevo) a s obojím (vpravo) osvětlením [75].

Intenzita dolního světla je však nyní tlumena sítím, které bylo v průběhu testování¹ vloženo do prostoru upínací čelisti, aby zajišťovalo usměrnění proudění v upínací čelisti. Pro budoucí

¹ Na základě experimentálních měření rovnoměrnosti proudění vzduchu v průřezu upínací čelisti bylo přistoupeno k vložení síti do upínací čelisti nad výtokový přívod vzduchu. Síť zajišťuje usměrnění proudu vzduchu přiváděného do upínací čelisti.

vývoj bude nutné tento problém vyřešit po stránce konstrukční i softwarové. To je doporučením pro další práce.

Pro přesné měření vydutí vzorku textilie během měření prodyšnosti je použit laserový snímač vzdálenosti umístěný na stativu nad upínací čelisti. Laser je zaměřen na střed plochy upínací čelisti, Obr. 5, ale jeho polohu lze pomocí mikro-posuvu změnit dle požadavku měření.



Obr. 5. Měření vydutí vzorku laserovým snímačem [75].

Při měření prodyšnosti dochází vlivem silových účinků vzduchu k deformaci textilie, která se vydouvá ve směru průtoku vzduchu. Vydutím vzorku textilie dochází ke zvětšení plochy vzorku, což ovlivňuje celkovou prodyšnost vzorku. Některé výzkumné práce tento předpoklad deformace textilie během měření uvažují, ale výšku vydutí vzorku pouze odhadují [31] a nebo se jej snaží stanovit na základě známých vlastností textilií [71], či popřípadě jej měří při vysokých tlacích [44], [58].

Přírůstek plochy vzorku je možné stanovit na základě přijetí předpokladu, že při vydutí vzorku má plocha vzorku tvar kulového vrchlíku, jako:

$$P_p = A_{def} - A = \pi v_V^2, \quad (2.)$$

kde:

- P_p přírůstek plochy po vydutí vzorku [m²].
- A plocha vzorku, kterou prochází vzduch (bez deformace) [m²],
- A_{def} plocha zdeformovaného vzorku [m²]
- v_V velikost vydutí vzorku [m].

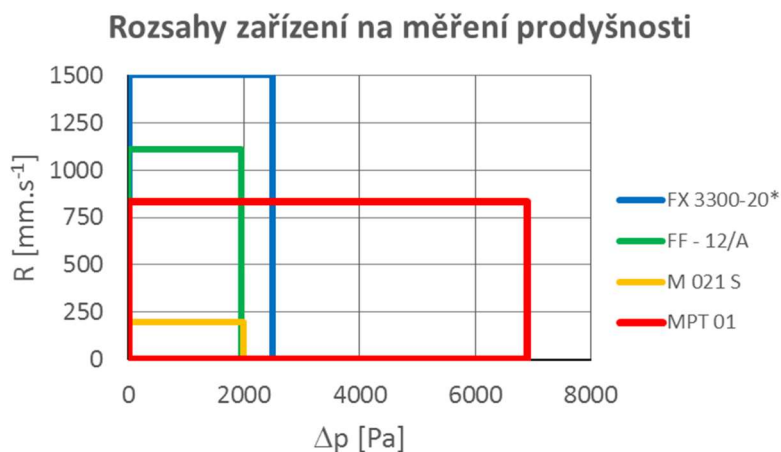
S ohledem na to, že objem nitě je v měřené oblasti během měření prodyšnosti konstantní, je přírůstek plochy důsledkem změny velikosti pórů. Osnovní a útkové nitě se napínají a vytvářejí větší prostor mezi sebou.

V případě pletenin či textilií s obsahem pružných (elastických) vláken může docházet při měření prodyšnosti, při tlakovém rozdílu 100 Pa, k vydutí textilie i kolem 8 milimetrů. Změna velikosti plochy vzorku při ploše upínací čelisti 20 cm² a vydutí 5 mm dosahuje téměř 4%, v případě vydutí 8 mm již 10%. Velikost vydutí více jak 2,54 mm přináší změnu velikosti plochy upnutého vzorku překračující 1%, což způsobuje změnu prodyšnosti také o více jak 1%.

U textilií, které se vydouvají více jak 2,5 mm, by již mělo být řešeno, jak zabránit vydutí (např. dostatečnou oporou) či jak zohlednit toto vydutí do naměřených hodnot prodyšnosti.

5.1.3. Rozsah zařízení MPT 01

Nové zařízení nabízí měření prodyšnosti s širokým rozsahem tlakových rozdílů. Měření tlakových rozdílů na MPT 01 je možné v rozsahu 0 – 6895 Pa. Rozsah použitého průtokoměru umožňuje měření prodyšnosti v intervalu 0 – 833 mm. s⁻¹. Pro lepší názornost je rozsah zařízení MPT 01 graficky znázorněn na Obr. 6 v porovnání s rozsahy standardů dostupných na Fakultě textilní při velikosti upínací čelisti 20 cm².



Obr. 6. Rozsah MPT 01 v porovnání s dalšími přístroji na měření prodyšnosti textilií.

* FX 3300-20 měří prodyšnost v rozsahu 1 – 10000 mm.s⁻¹.

5.1.4. Přesnost měření na MPT 01

S cílem stanovit nejistotu měření na MPT 01 byla vypočtena standardní nejistota typu B, která je získána na základě informací z dokumentací jednotlivých snímačů, regulátorů, použitých měřicích karet a zkonstruovaných prvků. V tabulce Tab. 2 jsou uvedeny souhrnné nejistoty měření u_b^* jednotlivých snímačů tlakového rozdílu č. 1 – 3. Dále je v této tabulce uvedena souhrnná nejistota měření pro měření prodyšnosti a vydutí vzorku. Podrobný výpočet včetně uvedení jednotlivých složek ovlivňujících nejistotu měření typu B* je uveden v disertační práci. V ní je také provedena ukázka využití této nejistoty pro stanovení rozšířené nejistoty měření pro konkrétní měření.

| Veličina | Senzor / Prvek | Měřicí rozsah | u_b^* |
|----------------|--|---|--|
| Tlakový rozdíl | Diferenční snímač tlaku č. 3 | 0-2,5 in H ₂ O (0 - 622 Pa) | 2 Pa F.S.O. |
| | Diferenční snímač tlaku č. 2 | 0 - 10 in H ₂ O (0 - 2490 Pa) | 15 Pa F.S.O. |
| | Diferenční snímač tlaku č. 1 | 0 - 1 psi (0-6895 Pa) | 20 Pa F.S.O. |
| Prodyšnost | Průtokoměr (0-100 l.min ⁻¹) | 0 - 833 mm.s ⁻¹ | 5,7 mm.s ⁻¹ F.S.O. (6,2 mm.s ⁻¹ F.S.O. ¹) |
| | Velikost plochy upínací čelisti (0,002 m ²) | | |
| Vydutí vzorku | Laserový snímač vzdálenosti | 0 - 14 mm | 0,004 mm F.S.O. |

¹ Manuální odečet dat v průběhu měření obsluhou přístroje.

Tab. 2. Souhrnná nejistota měření typu B* - u_b^* .

5.1.5. Měření na MPT 01 v porovnání se standardy

S cílem porovnat měření na zařízení MPT 01 se standardem na měření prodyšnosti bylo provedeno proměření sady vzorků na třech přístrojích:

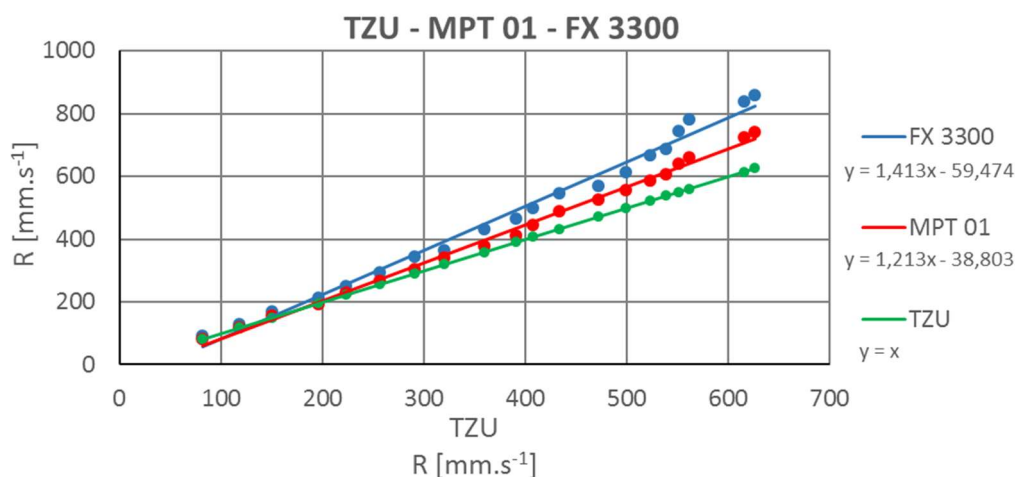
- Přístroj na měření prodyšnosti v Textilním zkušebním ústavu, s. p. v Brně (označeno TZU).
- Přístroj na měření prodyšnosti Textest FX 3300 - 20 Air Permeability Tester III dostupný na Katedře hodnocení textilií (označeno FX 3300).
- Nový přístroj pro měření prodyšnosti MPT 01 vyvíjený v rámci této práce na Katedře oděvnictví (označeno MPT 01).

Na naměřená data byly aplikovány dvě metody a to lineární regrese metodou nejmenších čtverců a aplikace kalibrace pro obě proměnné zatížené náhodnými chybami, která zohledňuje možnost, že obě sady dat jsou zatíženy experimentální chybou [81]. Porovnáním získaných výsledků bylo přistoupeno k metodě lineární regrese metodou nejmenších čtverců.

Měření, které bylo provedeno v Textilním výzkumném ústavu, bylo realizováno v akreditované zkušebně a z toho důvodu je tato sada měření stanovena jako výchozí pro porovnání s dalšími měřeními.

Provedeme-li porovnání hodnot prodyšnosti TZU a MPT 01 graficky a proložíme-li daty regresní přímkou metodou nejmenších čtverců, získáme její rovnici ve tvaru $y=1,213x-38,803$, kdy proměnné jednotlivých měření x_i jsou hodnoty prodyšnosti naměřené na TZU a proměnné jednotlivých měření y_i jsou hodnoty prodyšnosti naměřené na MPT 01. Koeficient determinace, charakterizující spolehlivost regresní přímky, je $R^2=0,996$. (Obdobně jsou zpracována data z měření na FX 3300.)

Hodnoty prodyšnosti naměřené na MPT 01 jsou zhruba ve středu intervalu vytvořeného měřeními na TZU a FX 3300, Obr. 7.



Obr. 7. Regresní přímky získané metodou nejmenších čtverců pro sady měření TZU, MPT 01 a FX 3300.

Z měření na jednotlivých přístrojích je patrné, že odchylka jednotlivých měření na různých přístrojích roste s rostoucí prodyšností. Hodnoty naměřené v akreditované zkušebně Textilního zkušebního ústavu jsou nejnižší. Hodnoty získané při měření na FX 3300 jsou naopak nejvyšší.

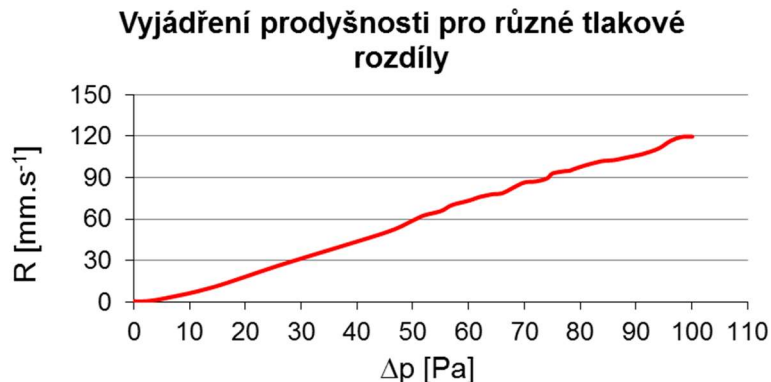
Vzniklé rozdíly mezi jednotlivými sadami dat je možné vysvětlit konstrukčními odlišnostmi přístrojů. Použité přístroje měří snímači, které pracují na rozdílném principu. Také konstrukce upínací čelisti, vedení vzduchu ke snímačům a v případě MPT 01 i přetlaku vzduchu pod textilií mohou způsobit odlišnost dat. Přístroj MPT 01 provádí přepočítání z měřeného „hmotnostního“ průtoku na objemový průtok, kdy na základě parametrů vzduchu a podmínek měření je vypočten skutečný prošlý objem vzduchu vztážený na normální podmínky v laboratoři. S ohledem na výše uvedené poznatky a porovnání měření na uvedených přístrojích lze konstatovat, že zařízení MPT 01 se může používat na měření prodyšnosti textilií, ale naměřené hodnoty prodyšnosti textilií se doporučují porovnávat s hodnotami měření opět na tomto zařízení. Toto pravidlo by mělo platit i při měření na standardních přístrojích. Uvedené posouzení správnosti měření bylo provedeno v rámci rozsahu prodyšnosti 80 – 750 mm.s⁻¹.

5.2. Možnosti využití rozšiřujících funkcí MPT 01

Zařízení MPT 01 nabízí kromě standardního měření prodyšnosti při tlakovém rozdílu definovaném normou [1] širší využití v oblasti vědy a výzkumu.

5.2.1. Plynulé měření prodyšnosti

Na Obr. 8 je znázorněno, jak se mění hodnota prodyšnosti v závislosti na změně tlakového rozdílu pro měřený vzorek. Přínosem zařízení je, že z každého měření na MPT 01 máte k dispozici data z celého měření. Data lze využít např. k vyjádření prodyšnosti pro různé tlakové rozdíly s rozsahem od 0 Pa po zadanou hodnotu obsluhou.



Obr. 8. Vyjádření prodyšnosti vzorku pro různé tlakové rozdíly.

5.2.2. Využití MPT 01 při hledání souvislostí prodyšnosti a změny struktury

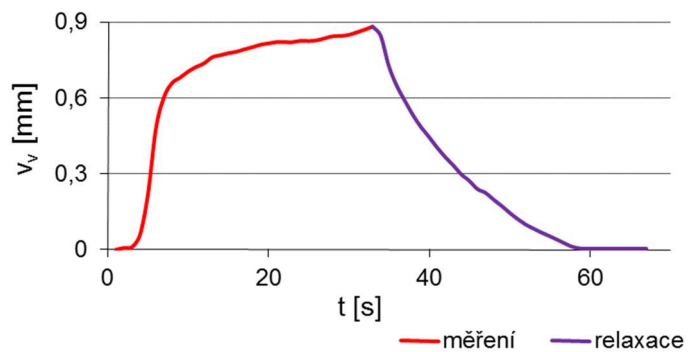
Významnou funkcí zařízení MPT 01 je měření velikosti vydutí vzorku v průběhu měření prodyšnosti. Zařízení umožňuje měřit velmi přesně i malé změny ve velikosti vydutí a to s přesností v řádech μm. Na ukázkou je v této kapitole uvedeno proměření vzorku z uvedené sady textilií.

Na Obr. 9 je zobrazeno chování textilie v čase během plynulého měření prodyšnosti. Textilie byla vystavena zvyšujícímu se průtoku vzduchu, kdy tlakový rozdíl na protějších stranách se

zvyšoval až na 100 Pa a následně byl průtok vzduchu zastaven, čímž došlo k poklesu tlakového rozdílu na nulovou hodnotu.

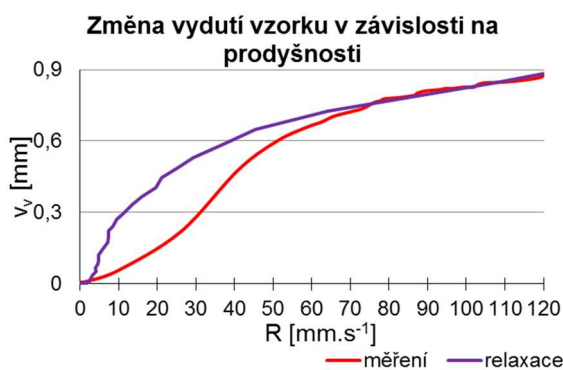
Z grafu je také vidět, že po ukončení zatěžování textilie dochází k postupné relaxaci vzorku až na nulovou hodnotu vydutí. Tento graf má spíše ilustrativní charakter popisu chování textilie během měření, protože z grafu není patrné, jak se mění tlakový rozdíl a prodyšnost textilie odpovídající konkrétnímu tlakovému rozdílu.

Chování vzorku během měření a relaxace

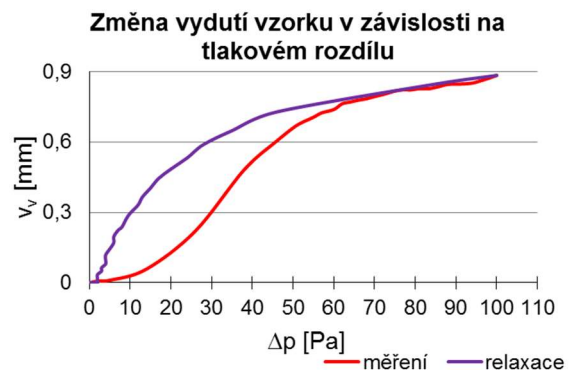


Obr. 9. Sledování vydutí vzorku v závislosti na čase.

Na Obr. 10. je znázorněna změna vydutí vzorku jako funkce prodyšnosti. S rostoucí prodyšností roste vydutí vzorku, tento nárůst není lineární. Změna vydutí vzorku jako funkce tlakového rozdílu při měření prodyšnosti textilie je na Obr. 11.



Obr. 10. Změna vydutí vzorku při měření prodyšnosti při $\Delta p = 0 - 100 Pa$.

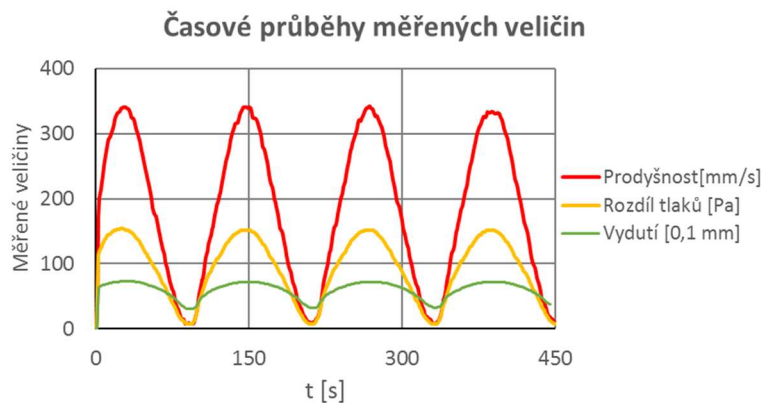


Obr. 11. Změna vydutí vzorku v závislosti na tlakovém rozdílu při měření prodyšnosti.

Při zatěžování vzorku silovými účinky vzduchu v průběhu měření dochází k jeho vydouvání. Po následném ukončení měření je vidět, že s poklesem silových účinků vzduchu je relaxace textilie pomalejší a křivky měření a relaxace se významně liší. Tento jev hlavně souvisí s tažností a pružností textilie, kdy tažnost textilie ovlivňuje hlavně velikost vydutí a pružnost její schopnost návratu do původního stavu.

5.2.3. Využití experimentálních typů měření

Experimentální měření dále umožňuje řízení průtoku vzduchu schodovitě s definovanou délkou a výškou schodu. Takto prováděné měření nabízí možnost sledovat např. vydutí textilie při náhlé změně tlakového rozdílu a průtoku, kdy v každém kroku, po této změně, dojde ke zvětšení vydutí.

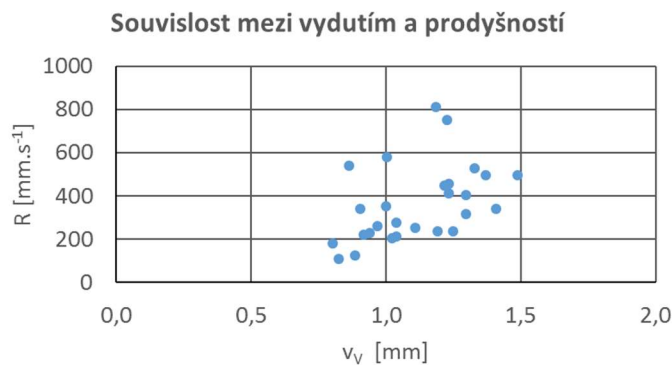


Obr. 12. Grafické znázornění prodyšnosti, tlakového rozdílu a vydutí při experimentálním módu měření s využitím generátoru sinusového řídicího signálu pro regulátor průtoku.

Sinusový průběh řídicího signálu umožňuje sledovat opakované zatěžování textilie tlakovým rozdílem při měření prodyšnosti a vydutí textilie cyklicky. Tento průběh ryze experimentálního měření je jako návrh pro další výzkumy. Na Obr. 12 je zakreslen časový průběh z měření pleteniny s podílem elastických vláken. Pletenina byla periodicky zatěžována tlakovým rozdílem se sinusovou změnou průtoku vzduchu textilií. Současně bylo sledováno chování textilie ve smyslu změny velikosti vydutí.

5.3. Vliv struktury textilie na její chování při měření prodyšnosti

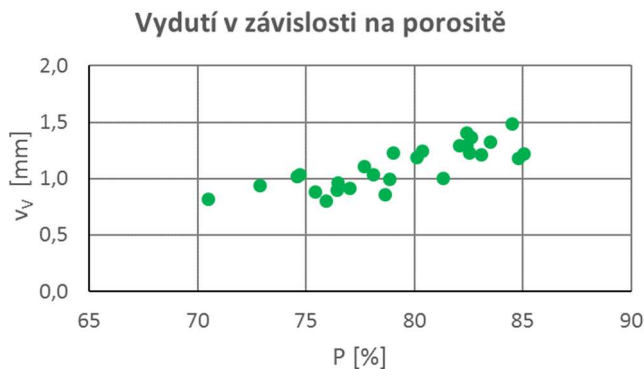
Cílem kapitoly je představit využití přístroje MPT 01 a z něj získaných dat při hledání souvislosti mezi prodyšností textilie a strukturálními změnami, ke kterým dochází v průběhu měření prodyšnosti.



Obr. 13. Souvislost mezi vydutím vzorku a hodnotami prodyšnosti při $\Delta p = 100 \text{ Pa}$.

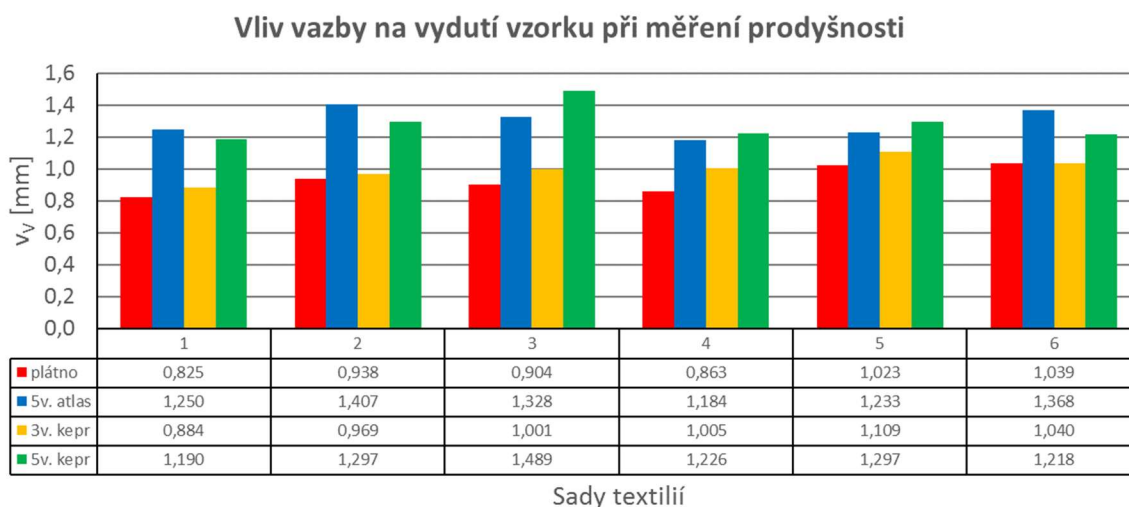
Na ukázkou bylo v práci provedeno proměření dostupné sady tkanin se známými parametry. Na základě naměřeného souboru dat je na Obr. 13 graficky znázorněna velikost vydutí a odpovídající hodnota prodyšnosti textilií s různými parametry při stanoveném tlakovém rozdílu 100 Pa. Korelační koeficient o hodnotě 0,461 stanovený pro uvedený soubor dat 27 tkanin poukazuje na slabou pozitivní lineární závislost mezi prodyšností a vydutím vzorku.

Po provedení posouzení 2-D porosity, která je pouze průmětem přízí do roviny tkaniny, vypočtené na základě známých parametrů se ukázalo, že mezi ní a vydutím vzorku není významná závislost. Byla tedy přijata přesnější charakteristika porosity P [%] stanovená na základě skutečné tloušťky a plošné hmotnosti textilie. Z grafu na Obr. 14 je vidět, že s rostoucí porositou roste vydutí vzorku. Korelační koeficient v případě vydutí a porosity vzorku je 0,805, takže se jedná o silnou pozitivní lineární závislost posuzovaných vlastností. Takto stanovená porosita však kromě množství vzduchu v textilií nic neříká o jeho rozložení a o struktuře textilie.



Obr. 14. Vydutí vzorků v závislosti na porositě textilie.

Po vyčlenění a uspořádání dat do sad dle použité vazby, můžeme sledovat souvislost mezi vazbou a porositou vzorku textilie. Potvrzuje se, že u porosity textilie hraje roli způsob provázání nití. Plátňová vazba je nejvíce provázaná a vyznačuje se nejmenší porositou. Nejmenší provázání je u vazeb pětivazných (keprové a atlasové) a porosita je u uvedených textilií nejvyšší.



Obr. 15. Vliv vazby na vydutí textilií během měření prodyšnosti při $\Delta p=100$ Pa.

I přes velmi malé hodnoty vydutí textilií je možné na Obr. 15. pozorovat rozdílné velikosti vydutí v závislosti na vazbě tkaniny. Každá skupina vzorků (sady textilií 1 - 6) má stejné výrobní parametry a liší se pouze vazbou. Nejpevnější vazbou je vazba plátňová, která se během měření nejméně vydouvá. Třívazný kepr je také odolný vydutí. Výrazně více se vydouvají tkaniny s volnějšími vazbami, které mají dlouhé flotáže nití. V případě pětivazného kepru a pětivazného atlasu jsou délky a počet flotáží ve vazbě jedné sady stejné. Z grafu na Obr. 15, v případě těchto vazeb, je vidět, že na vydutí nemá jednoznačný vliv počet relativních posunutí provázání sousedních útkových nití.

Prodyšnost je funkcí porosity, jak bylo dokázáno v řadě výzkumných prací, které jsou uvedeny v Rešeršní části disertační práce. Výsledky naznačují, že velikost vydutí vzorku souvisí také s velikostí porosity.

5.3.1. Přírůstek plochy vzorku vlivem vydutí

Stanovení přírůstku plochy vzorku vlivem vydutí vzorku při měření prodyšnosti je popsáno v kapitole 5.1.2. Se změnou plochy vzorku vlivem vydutí textilie souvisí změna hodnoty prodyšnosti. Více otevřené póry umožňují prostup většího množství vzduchu. Upravená hodnota prodyšnosti R^* [$\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$], zohledňující změnu velikosti plochy vzorku, je vypočtena ze vztahu:

$$R^* = \frac{Q_v}{A_{def}} \cdot k, \quad (3.)$$

kde:

- Q_v objemové množství protečené tekutiny [$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$],
 A_{def} plocha deformovaného vzorku vlivem vydutí (odvozena ze vztahu (2.)) [m^2],
 k koeficient převodu jednotek [-].

S ohledem na malé hodnoty vydutí vzorků proměřené sady textilií rozdíly mezi naměřenou a přepočtenou hodnotou prodyšnosti nepřesahují 0,35 % od naměřené hodnoty.

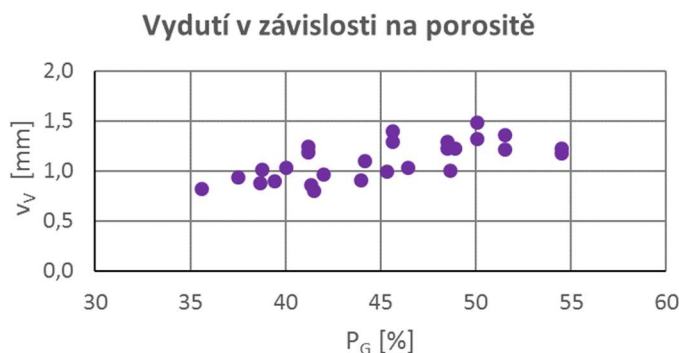
Přírůstek zvětšení plochy lze přičítat zvětšení porosity materiálu a tak prostoru, který umožňuje prostup vzduchu při měření prodyšnosti. Zvětšení plochy znamená zvětšení průtoku vzduchu a tedy zvýšení prodyšnosti textilie. Pro vyčíslení změny porosity v podobě zvětšení plochy pórů, kterými prochází vzduch, je nutné definovat jednotlivé póry, jejich velikost a tvar.

Jak se při zpracování naměřených dat na uvedené sadě vzorků ukázalo, tak 2D porosita nevykazovala vliv na vydutí vzorku. Významná byla závislost vydutí na skutečné porositě materiálu, kde svoji roli hrála vazba tkaniny. Pro stanovení velikosti pórů u jednotlivých tkanin bylo tedy přistoupeno k modelu porosity stanovené pro jednotlivé typy buněk obsažených v použitých tkaninách dle Gooijera [19], který zohledňuje vazbu tkanin. Pro vyjádření změny velikosti pórů v tkanině vlivem vydutí vzorku při měření prodyšnosti jsou přijaty následující předpoklady:

- Nítě mají kruhový průřez.
- Veškerý vzduch prochází mezinitnými póry.
- Porosita je stanovena jako průmět šikmých mezinitných pórů do roviny tkaniny dle Gooijera [19].
- Změnou plochy vlivem vydutí vzorku se deformují všechny póry stejnou mírou ve směru osnovy a ve směru útku.
- Smykové deformace jsou zanedbány.
- Změny průměru nitě vlivem deformace jsou zanedbány.

Pro jednotlivé typy tkanin byly definovány typy a počet jednotlivých pórových buněk obsažených v souboru tkanin, jak je definoval Backer [27]. Pro jednotlivé typy buněk byla vypočtena velikost šikmého póru dle Gooijera [19] a porosita vzorku P_G [%] dle [31].

Na Obr. 16 je graficky znázorněno vydutí vzorku v závislosti na porositě vypočtené na základě Gooijerových průmětů jednotlivých mezinitných šikmých pórů tkanin. Korelační koeficient pro proměřených 27 vzorků tkanin je 0,676, což je uspokojující v porovnání s 2D porositou. Na základě zvětšení plochy vzorku vlivem vydutí je stanovena změna dostavy osnovních a útkových nití v upnutém vzorku. Počet osnovních a útkových nití se nemění, ale mění se vzdálenost mezi nimi. Díky novým hodnotám dostav lze vypočíst nové hodnoty porosity jednotlivých pórových buněk obsažených v měřených tkaninách.



Obr. 16. Vydutí vzorku v závislosti na porositě vyjádřené z Gooijerových šikmých pórů.

Porovnáním velikostí pórových buněk bez a s vydutím vzorků v případě proměřené sady vzorků se pohybují změny velikosti plochy pórových buněk obsažených v použitých vazbách tkanin v intervalu 0,15 – 0,53 %. Celková změna velikostí pórů v měřených textiliích při zohlednění počtu jednotlivých tvarů pórů je maximálně 0,49 %, což lze považovat za zanedbatelné.

Celé měření a zpracování výsledků má informativní charakter pro nastínění využití zařízení pro posuzování souvislostí mezi prodyšností, respektive porositou a změnou struktury, ke které dochází vlivem vydutí vzorku během měření prodyšnosti. Všechny uvedené závěry platí pouze pro proměřený soubor textilií. Na těchto výsledcích není možné stavět obecná tvrzení pro popis souvislostí mezi velikostí vydutí vzorku a prodyšností, respektive porositou.

6. Zhodnocení výsledků a nových poznatků

V rámci této disertační práce bylo vyvinuto nové zařízení na měření prodyšnosti a sledování chování textilie během tohoto měření, které nabízí široké uplatnění v oblasti vědy a výzkumu měření prodyšnosti textilií.

Zařízení, které dostalo pracovní název MPT 01, umožňuje kromě standardního měření statické prodyšnosti měřit i dynamickou prodyšnost. To znamená, že v průběhu měření prodyšnosti textilie je možné provádět změny v závislosti na čase a sledovat souvislost mezi hodnotami prodyšnosti a tlakovým rozdílem. Řídicí program uživateli umožňuje pohodlnou obsluhu zařízení a sběr dat. V nabídce programu je několik módů měření a již v průběhu měření jsou k dispozici na obrazovce počítače grafická vykreslení vybraných naměřených dat. Přínosnou funkcí zařízení je možnost sledovat chování textilie v průběhu měření. K dispozici je kamera, která vizuálně sleduje změnu velikosti pórů a chování volných vláken na povrchu nití. Sledování struktury textilie je v současné době omezeno. Větší uplatnění při posuzování strukturálních změn má nyní měření velikosti vydutí textilie, ke kterému dochází vlivem silových účinků vzduchu při měření prodyšnosti, pomocí laserového snímače vzdálenosti.

Pro měření na zařízení MPT 01 byla stanovena nejistota měření na základě dostupných informací k jednotlivým prvkům zařízení. Ta je k dispozici uživateli pro následné stanovení kombinované a rozšířené nejistoty měření v případě, že není provedeno dostatečné proměření vzorků tak, aby stačilo určení nejistoty typu A z naměřených dat a nebo běžné statistické zpracování v podobě určení intervalů spolehlivosti měření.

Pro ověření správnosti měření bylo provedeno proměření vytipované sady textilií a porovnáno s měřením na standardních přístrojích. Jeden z přístrojů byl přístroj pro měření prodyšnosti dostupný na Fakultě textilní a druhý přístroj z akreditované zkušebny Textilního zkušebního ústavu v Brně. Na základě zpracování dat se potvrdilo, že nové zařízení MPT 01 může být využito na měření prodyšnosti. Závěrem je nutno podotknout, že rozdíly mezi jednotlivými sadami měření potvrzují to, že při posuzování prodyšnosti textilií se musí porovnávat hodnoty prodyšnosti získané na jednom přístroji.

Na ukázkou bylo v práci provedeno proměření sady tkanin se známými parametry. Jak bylo ukázáno, tak zařízení umožňuje měřit i velmi malé změny ve velikosti vydutí a to s velkou přesností v řádech μm . Celé měření a zpracování výsledků má informativní charakter pro nastínění využití zařízení pro posuzování souvislostí mezi prodyšností, respektive porositou a změnou struktury, ke které dochází vlivem vydutí vzorku během měření prodyšnosti.

V případě, že je vydutí vzorku nad 2,5 mm (při použití upínací čelisti o velikosti 20 cm²), je vhodné tuto změnu struktury při měření prodyšnosti zohlednit při stanovení konečné hodnoty prodyšnosti. Vydutá textilie má větší plochu, což je způsobeno zvětšením pórů. Zvětšená porosita způsobuje prostup většího objemu vzduchu textilií a tak zkreslení výsledků prodyšnosti. V případě, že jsou pak porovnávány textilie s různou vydouvavostí, může vydutí znehodnotit správnost výsledku.

Na základě informací z laserového snímače vzdálenosti spolu s kombinací obrazového výstupu z kamery by mohla získaná data umožnit rozlišení složky horizontální a vertikální porosity [31], [70].

Náplní dalších prací by mělo být proměření rozsáhlého souboru textilií s různým materiálovým složením, s různými technologiemi provázání, s různou technologií výroby a konstrukcí délkových textilií, s různými finálními úpravami, atd. tak, aby mohlo být sledováno co nejvíce faktorů, které mohou změny struktury v podobě vydutí ovlivnit.

Zařízení MPT 01 by mohlo najít uplatnění:

- Při posuzování změn struktury v průběhu měření v podobě vydutí vzorků.
- Při posuzování chování volných konců vláken v průběhu měření prodyšnosti.
- Při měření prodyšnosti obzvláště málo prodyšných technických textilií.
- Při experimentálních dynamických měřeních prodyšnosti.

6.1. Doporučení pro další vývoj zařízení MPT 01

Celé zařízení prošlo rozsáhlým vývojem a jak se v průběhu používání a ověřování ukázalo, tak by bylo přínosné provést další jeho úpravy:

- Ověřit měření na MPT 01 mimo zatím verifikovaný rozsah.
- Vyrobit novou upínací čelist, tak aby mohlo být obnoveno využití kamery pro sledování chování textilie.
- Upravit makrooptiku kamery a řídicí program zařízení, aby bylo zajištěno souběžné sledování obrazu s měřením prodyšnosti a získané snímky poskytly data pro posouzení změn velikosti pórů a chování vláken a nití při měření prodyšnosti.
- Popřípadě rozšířit rozsah přístroje v oblasti umožňující měřit větší hodnoty prodyšnosti než $833 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ a zajistit přívod stlačeného vzduchu s konstantními parametry.

7. Seznam použité literatury

- [1] Norma ČSN EN ISO 9237. *Textilie – Zjišťování prodyšnosti plošných textilií*. Český normalizační institut, 1996.
- [2] NOŽIČKA, Jiří. *Dynamika plynů*. Vyd. 1. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2005, 155 s. ISBN 80-01-03300-7.
- [3] NOSKIEVIČ, Jaromír. *Mechanika tekutin*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1987, 354 s.
- [4] ÇENGEL, Yunus A a John M CIMBALA. *Fluid mechanics: fundamentals and applications*. 3rd ed. Boston: McGraw-Hill, 2006, 956 s. ISBN 0-07-247236-7.
- [5] VESTFÁLOVÁ, Magda a Ivo STŘEDA. *Technická dynamika plynů*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004, 122 s. ISBN 80-7083-801-9.
- [6] *Tabulky fyzikálních konstant* [online]. Ústavu fyziky Stavební fakulty, VUT v Brně. [vid. 20.1.2016], dostupné na: http://fyzika.fce.vutbr.cz/doc/vyuka_schauer/tabulky.pdf
- [7] MUNSON, Bruce R, Theodore H. OKIISHI a Donald F. YOUNG. *Fundamentals of fluid mechanics*. 4th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2002, xvii, 840 s. ISBN 0-471-38195-0.
- [8] ZIENKIEWICZ, O, Robert L TAYLOR a Perumal NITHIARASU. *The finite element method for fluid dynamics*. 6th ed. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005, 435 s. ISBN 0-7506-6431-2.
- [9] ĎAĎO, Stanislav a Marcel KREIDL. *Senzory a měřicí obvody*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, 1996, 315 s. ISBN 80-01-01500-9.
- [10] *Zpravodaj pro oblast měření a regulace*. Měření průtoku & měření výšky hladiny, číslo 4 [online]. Omega. [vid. 2.1.2016], dostupné na: http://www.omegaeng.cz/literature/PDF/techinfo_4.pdf
- [11] KMÍNEK, Miloš. *Měřicí a řídicí technika* [online]. Vysoká škola chemicko-technická v Praze, Ústav počítačové a řídicí techniky. [vid. 2.1.2016], dostupné na: <http://uprt.vscht.cz/kminekm/mrt/F4/F4-ram.htm>
- [12] VDOLEČEK, František. *Technická měření* [online]. Vysoké učení technické v Brně, Ústav automatizace a informatiky. Brno, 2002, 64 s. [vid. 2.1.2016], dostupné na: <http://autnt.fme.vutbr.cz/lab/a1-731a/ETC.pdf>.
- [13] *Manuál a firemní informace k přístrojům série FMA1600* [online]. Omega. [vid. 18.1.2016], dostupné na: <http://www.omega.com/pptst/FMA1600.html>.
- [14] *Zpravodaj pro oblast měření a regulace*, Měření síly a odvozených veličin, číslo 3 [online]. Omega. [vid. 4.1.2016], dostupné na: http://www.omegaeng.cz/literature/PDF/techinfo_3.pdf.
- [15] JENČÍK, Josef a Jaromír VOLF. *Technická měření*. 1. vyd. dotisk. Praha: ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02138-6.
- [16] RIPKA, Pavel a Alois TIPEK. *Modern sensors handbook*. London: ISTE, 2007. 518 s. ISBN 978-1-905209-66-8.
- [17] MELOUN, Milan a Jiří MILITKÝ. *Interaktivní statistická analýza dat*. Vyd. 3., V nakl. Karolinum 1. Praha: Karolinum, 2012, 953 s. ISBN 978-80-246-2173-9.
- [18] *JCGM 100:2008 - Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement*. JCGM, 2008. 120 s.
- [19] GOOIJER, Henk. *Flow Resistance of Textile Materiale*; Thesis UT Enschede, 1998, 125s. ISBN 90-36511240.
- [20] NECKÁŘ, Bohuslav. *Příze: Tvorba, struktura, vlastnosti*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1990, 449 s. ISBN 80-03-00213-3.
- [21] NECKÁŘ, Bohuslav. *Morfologie a strukturní mechanika obecných vláknenných útvarů*. Vyd. 1. V Liberci: Technická univerzita, 1998, 243 s. ISBN 80-7083-318-1.

- [22] Interní norma č. 12-108-01/01 – *Geometrické vlastnosti staplových přízí* [online]. Technická univerzita v Liberci, Textilní fakulta. 8 s. [vid. 2.1.2016] dostupné na: http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/5Normy/IN%2012-108-01_01.pdf
- [23] *Průručka textilního odborníka*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981, 775-1294 s.
- [24] DOSTALOVÁ, Mirka a Mária KŘIVÁNKOVÁ. *Základy textilní a oděvní výroby*. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita, Textilní fakulta, 1998, 159 s. ISBN 80-7083-306-8.
- [25] NOSEK, Stanislav. *Struktura a geometrie tkanin*. Ústí nad Orlicí: Výzkumný ústav bavlnářský. 1974, 86 s.
- [26] DRAŠAROVÁ, Jana. *Analýza příčných řezů tkaniny*. Liberec: TUL, 2004, Disertační práce. 77 s., [17] s. příl.
- [27] BACKER, Stanley. The Relationship Between the Structural Geometry of a Textile Fabric and Its Physical Properties. Part IV: Interstice Geometry and Air Permeability. *Textile Research Journal*, October 1951, s. 703 – 714. ISSN 0040-5175.
- [28] HALASOVÁ, Andrea. *Příspěvek k hodnocení prodyšnosti oděvních sendvičů v podmínkách rychle proudícího vzduchu*. Liberec: TUL, 2007. Disertační práce 128 s., [18] s. příl.
- [29] Robertson, A. F. Air Porosity of Open Weave Fabric. *Textile Research Journal*, December 1950, s. 838 – 857. ISSN 0040-5175.
- [30] Bailey, T. L. W. Longitudinal Sectioning of Cords and Fabrics. *Textile Research Journal*, December 1947, s. 655 – 663. ISSN 0040-5175.
- [31] HAVRDOVÁ, Marie. *Příspěvek k hodnocení prodyšnosti oděvních tkanin*. Liberec: TUL, 2004, Disertační práce, 120 s., 21 s. příl.
- [32] LU, Wen-Min, Kuo-Lun TUNG a Kuk-Jin HWANG. Fluid Flow Through Basic Weaves of Monofilament Filter Cloth. *Textile Research Journal*, 1996. Vol. 66, No. 5, s. 311 – 323. ISSN: 0040-5175.
- [33] KULICHENKO, A. V. Theoretical analysis, calculation, and prediction of the air permeability of textiles. *Fibre Chemistry*. 2005, Vol. 37, No. 5, s. 371-380. ISSN 0015-0541.
- [34] GOOIJER, Henk, MMCG WARMOESKERKEN a JG WASSINK. *Flow resistance of textile materials - Part I: Monofilament fabrics*. *Textile Research Journal*. 2003, Vol. 73, No. 5, s. 437-443. ISSN 0040-5175.
- [35] GOOIJER, Henk, MMCG WARMOESKERKEN a JG WASSINK. *Flow resistance of textile materials - Part II: Multifilament fabrics*. *Textile Research Journal*. 2003, Vol. 73, No. 6, s. 480-484. ISSN 0040-5175.
- [36] XIAO, Xueling, Xuesen ZENG A Andrew LONG. *An analytical model for through-thickness permeability of woven fabric*. *Textile Research Journal*. 2012, Vol. 82, No. 5, s. 492-501. ISSN 0040-5175.
- [37] XIAO, Xueliang, Xuesen ZENG, Palitha BANDARA and Andrew LONG. *Experimental Study of Dynamic air Permeability for Woven Fabrics*, *Textile Research Journal*. 2012, Vol. 82, No. 9, s. 920-930. ISSN 0040-5175.
- [38] Norma EN ISO 9237:1995 – *Textiles – Determination of the permeability of fabrics to air*. Belgium:1995.
- [39] Norma BS 5636:1990 – *Method for determination of permeability of fabrics to air*. 1990.
- [40] Norma DIN EN ISO 9237:1995-12 *Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von textilen Flächengebilden*. 1995.
- [41] Norma ASTM D 737 – *Standard Test Method for Air Permeability of Textile Fabrics*. ASTM International, 2012.
- [42] Norma WSP 70.1 – *Air Permeability of Nonwoven Materials*.

- [43] STANĚK, Jaroslav. *Nauka o textilních materiálech*. 1. vyd. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1988, 151 s.
- [44] TextTest Instruments [online]. *Zařízení pro dynamické měření prodyšnosti FX 3350 AIRBAG-TESTER*. [vid. 2.1.2016] dostupné na: <http://www.textest.ch/en/FX3350-Airbag.html>
- [45] Textest Instrument. *Zařízení pro měření prodyšnosti FX 3300 Lab Air*. Manuál dostupný na Katedře hodnocení textilií – Technická univerzita v Liberci.
- [46] Metefem. *Zařízení pro měření prodyšnosti FF – 12 A*. Manuál dostupný na Katedře materiálového inženýrství – Technická univerzita v Liberci.
- [47] SDL Atlas. *Zařízení pro měření prodyšnosti M 021 S*. Manuál dostupný na Katedře oděvnictví – Technická univerzita v Liberci.
- [48] TextTest Instruments [online]. *Zařízení pro měření prodyšnosti FX 3320 MOBILAIR*. [vid. 2.1.2016] dostupné na: <http://www.textest.ch/en/FX3320-Mobilair.html>
- [49] TextTest Instruments [online]. *Zařízení pro měření prodyšnosti FX 3360 PORTAIR*. [vid. 2.1.2016] dostupné na: <http://www.textest.ch/en/FX3360-Portair.html>
- [50] SDL Atlas [online]. *Zařízení pro měření prodyšnosti M 021 A*. [vid. 2.1.2016] dostupné na: <http://www.sdlatlas.com/product/58/Air-Permeability-Tester>
- [51] Masdan [online]. *Zařízení pro měření prodyšnosti Air Tronic 3240*. [vid. 2.1.2016] dostupné na: http://www.mesdan.it/pdf/395_3240A_Leaflet_ita.pdf
- [52] Wira [online]. *Zařízení pro měření prodyšnosti WIRA Electronic Air Permeameter*. [vid. 2.1.2016] dostupné na <http://176.32.230.29/wira.com/wp-content/uploads/2013/08/Electronic-Air-Permeameter.pdf>
- [53] TextTest Instruments [online]. *Zařízení pro měření prodyšnosti FX 3500 COMBISCAN*. [vid. 2.1.2016] dostupné na: <http://www.textest.ch/en/air-permeability.html>
- [54] TextTest Instruments [online]. *Zařízení pro měření prodyšnosti FX 3300-PNA* [vid. 2.1.2016] dostupné na: <http://www.textest.ch/en/FX3300-PNA.html>
- [55] GNIOTEK, Krzysztof. Dynamic Permeability of Textiles. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 1996, Vol. 4, No 2 (13), s. 54-55. ISSN 1230-3666.
- [56] GNIOTEK, Krzysztof a Pawel TOKARSKI. New Metod of Assessing Static a Dynamic Flow Characteristics of Textitiles. *Textile Research Journal*. 2000, Vol. 16, No. 1, s. 53 - 58. ISSN 0040-5175.
- [57] TOKARSKA, Magdalena: Analysis of Impact Air-permability of Fabrince. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2008, Vol. 16, No 1 (66), s. 76 - 80. ISSN 1230-3666.
- [58] BANDARA Palitha, Carl LAWRENCE a Mohmmad MAHMOUDI. Instrumentation for the measurement of fabric air permeability at higher pressure levels. *Measurement Science and Technology*. 2006, Vol.17, No. 8, s. 2247–2255. ISSN: 0957-0233.
- [59] MILITKÝ, Jiří a Marie HAVRDOVÁ. Porosity and air permeability of composite clean room textiles. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 2001, Vol. 13, Iss: 3/4, s. 280 – 289. ISSN 0955-6222.
- [60] ZUPIN, Živa, Aleš HLANDÍK a Krste DIMITROVSKI. Prediction of one-layer Woven Fabrics air Permeability Using Porosity Parameters. *Textile Research Journal*. 2012, Vol. 82, No. 2, s. 117-128. ISSN 0040-5175.
- [61] MILITKÝ, Jiří, Dana KŘEMENÁKOVÁ, Michal VIK a Martina VIKOVÁ. Neural Network for porosity and air permeability prediction [online]. *4 th International Conference Innovation and Modelling of Clothing Engineering*. Faculty of Mechanical Engineering, Maribor, Slovenia. October 9-11, 2003. [vid. 20.12.2015] dostupné na: <http://centrum.tul.cz/centrum/sekceB/publikace/2003/1316.pdf>
- [62] CAY, Ahmet, Savvas VASSILIADIS a Maria RANGOOSI a kol. Prediction of the air permeability of woven fabrics using neural networks. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 2007, Vol. 19 Iss: 1, s. 18-35. ISSN 0955-6222.

- [63] TOKARSKA, Magdalena. Neural Model of the Permeability Features of Woven Fabrics, *Textile Research Journal*. 2004, Vol. 74, No. 12, s. 1045-1048. ISSN 0040-5175.
- [64] MATUSIAK, Malgorzata. Application of Artificial Neural Networks to Predict the Air Permeability of Woven Fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2015, Vol. 23, No 1 (109), s. 41-48. ISSN 1230-3666.
- [65] ADANUR, Sabid a Jaget Sathendra VAKALAPUDI. *Yarn and Fabric Design and Analysis System in 3D Virtual Reality*. [online]. NTC Project: S00-AE06. October 2003. [vid. 20.6.2005] dostupné na: <http://www.eng.auburn.edu/department/te/ntc/2003/S00AE06.pdf>
- [66] *Software Ansys* [online]. Ansys. [vid. 21.1.2016] dostupné na: <http://www.ansys.com>
- [67] VERLEYE, Bart. Gend MORREN Stepan Vladimirovitch LOMOV a kol. Userfriendly permeability predicting software for technical textiles. *Conference: 5th International Industrial Simulation Conference*. Univ Technol, Delft, Netherlands. JUN 2007. (s. 455-458).
- [68] DELERUE, J.F. S.V LOMOV, R.S. PARNA a kol. Pore network modeling of permeability for textile reinforcements. *Polymer Composites*. 2007, Vol. 24, No. 3, s. 344-357. ISSN 1548-0569.
- [69] RIEF S., E. GLATT, E. LAOURINE a kol. Modeling and CFD simulation of woven textiles to determine permeability and retention properties. *Autex Research Journal*, 2011. Vol. 11, No. 3, s.78-83. ISSN 2300-0929.
- [70] HAVLOVÁ, Marie. Model of Vertical Porosity Occurring in Woven Fabrics and its Effect on Air Permeability. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2014; Vol. 22, No 4 (106), s. 58-63. ISSN 1230-3666.
- [71] TOKARSKA, Magdalena a Krzysztof GNIOTEK. Method of Predicting the Pressure Drop on Woven Fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2005, Vol. 13, No 4 (52), s. 48 - 51. ISSN 1230-3666.
- [72] LOIX, F. P. BADEL, L. ORGEAS a kol. Woven fabric permeability: From textile deformation to fluid flow mesoscale simulations. *Composites Science and Technology*. 2008, Vol. 68, No. 7-8, s. 1624-1630. ISSN: 0266-3538.
- [73] ŠINDELKOVÁ, Lucie. *Hodnocení vztahu mezi prodyšností a strukturou tkaniny*: Liberec: TUL, 2007, Diplomová práce, 72 s., 14 s. příl.
- [74] ČAPKOVÁ, Lucie. *Hodnocení prodyšnosti bavlnářských tkanin s plátňovou vazbou*: Liberec: TUL, 2010, Diplomová práce, 81 s., [18] s. příl.
- [75] VESELÁ, Daniela a Zdeněk KÚS. Device for measurement of static and dynamic air permeability and deformation changes in textile materials. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2016, Vol. 24, No 1 (115), str. 120 – 126. ISSN 1230-3666.
- [76] LONKOVÁ, Daniela. *Zařízení pro měření prodyšnosti plošných textilií*. Liberec: TUL. 2004, Diplomová práce. 68 s., 25 s. příl.
- [77] SOMEROVÁ, Lenka. *Řízení přístroje pro hodnocení prodyšnosti*. Liberec: TUL, Diplomová práce. 2006, 72 s., 4 příl.
- [78] ŽÍDEK, Jan. *Grafické programování ve vývojovém prostředí LabVIEW* [online]. Katedra elektrických měření, Fakulta elektrotechniky a informatiky, VŠB-TU Ostrava, 2002, 214 s. [vid. 20.12.2015] dostupné z: http://autnt.fme.vutbr.cz/lab/FAQ/labview/VI_Skripta.pdf
- [79] MIKULČÁK, Jiří, Jura CHARVÁT, Martin MACHÁČEK a František ZEMÁNEK. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky a vzorce pro střední školy*. 1. vyd. Praha: Prometheus, 2003, 276 s. ISBN 80-7196-264-3.
- [80] Norma ČSN EN 20139 – *Textilie – Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení*. Český normalizační institut. 2005.

- [81] MILITKÝ, Jiří a Dana KŘEMENÁKOVÁ. *Metrologie a řízení jakosti*. Liberec: TUL, 2015, 373 s. ISBN 978-80-7494-242-6.
- [82] HAVLOVÁ, Marie. Air Permeability and Costructional Parameters of Woven Fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2014; Vol. 22, No 4 (106), s. 84-89. ISSN 1230-3666.
- [83] BUČKOVÁ, Petra. *Faktory ovlivňující prodyšnost a její měření*. Liberec: TUL, 2009, Bakalářská práce. 43 s., [12] s. příl.

8. Práce autora se vztahem ke studované problematice

8.1. Publikace v odborných časopisech

VESELÁ, Daniela a Zdeněk KŮS. Device for measurement of static and dynamic air permeability and deformation changes in textile materials. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2016. Vol. 24, No 1 (115), s. 120 – 126. ISSN 1230-3666.

8.2. Příspěvky ve sbornících z konferencí

VESELÁ, Daniela a Zdeněk KŮS. Přístroj pro měření prodyšnosti textilií – MPT 01. *Textilie v novém tisíciletí VIII*. Liberec: TUL duben 2010, ISBN - 978-80-7372-590-7.

LONKOVÁ, Daniela. Observing of the Fabric Structure during the Air Permeability Measuring. *Mezinárodní konference studentů vysokých škol v Euroregionu Nisa*. Poland: Akademia Ekonomiczna im. Oskara Langego we Wrocławiu, 2007. s. 128 – 132. ISBN 978-83-60975-00-8.

LONKOVÁ, Daniela a Zdeněk KŮS. The instrument for the fabric air permeability measurement and structure observing. *13th International Conference Structure and Structural Mechanics of Textiles STRUTEX*, TU Liberec, 2006. s. 285 – 288. ISBN 80-7372-135-X.

LONKOVÁ, Daniela, Zdeněk KŮS a Lenka SOMEROVÁ. Controlled measuring of textile air permeability. *Proceedings of the 20th Scientific Conference Hanoi University of Technology*. Vietnam: Hanoi University of Technology, 2006. s. 70 – 73.

LONKOVÁ, Daniela a Zdeněk KŮS. Computer controlled fabric air permeability measurement. *12th International Conference Structure and Structural Mechanics of Textiles STRUTEX*. Liberec: TUL, 2005. s. 291 – 296. ISBN 80-7372-002-7.

LONKOVÁ, Daniela. *Zařízení pro měření prodyšnosti plošných textilií*. Liberec: TUL, 2004. Diplomová práce. 68 s., 25 s. příl.

Curriculum Vitae

Osobní údaje

| | |
|------------------------|-------------------------|
| Příjmení | Veselá |
| Jméno | Daniela |
| Rodné příjmení | Lonková |
| Datum a místo narození | 03. 11. 1980, Prostějov |
| Státní příslušnost | ČR |
| Národnost | Česká |
| Rodinný stav | vdaná |

Vzdělání

| | |
|--|--|
| 01-09-2004 – současnost (s přerušáním studia) | Doktorský studijní program Technická univerzita v Liberci Fakulta textilní Studijní program – Textilní inženýrství Studijní obor – Textilní technika |
| 01-09-1999 – 17-06-2004 | Magisterský studijní program Technická univerzita v Liberci Fakulta textilní Studijní program – Textilní inženýrství Studijní obor – Oděvní technologie Zaměření – Řízení technologických procesů |
| 01-09-1995 – 30-06-1999 | Maturitní studijní program Střední odborné učiliště oděvní a Učiliště, s.r.o., Prostějov Obor – Operátor oděvní výroby, zaměření na oděvní výrobu |

Praxe

| | |
|-------------------------|---|
| 01-09-2007 - současnost | Technická univerzita v Liberci Fakulta textilní Pozice – odborný asistent |
| 04-01-2010 – současnost | Živnostenské oprávnění – poradenská a konzultační činnost v oblasti textilní výroby, oděvní výroba |
| Další praxe | Výzkumný ústav textilních strojů v Liberci (rok 2003) Oděvní podnik, a. s., Prostějov (1997, 2002) |

Jazyk

Anglický jazyk
Německý jazyk (pasivní)

Znalost PC

Sada MS Office, projekt Macenauer, Lucia – NIS Elements,
Matlab, Witness, Nemocniční systém Akord, Era Stitch.
Základy: Pascal, Delphi, LabView

Řidičský průkaz skupiny B

aktivní

Stručná charakteristika dosavadní odborné, výzkumné a vědecké činnosti

Doktorské studium

| | |
|----------------|--|
| Studium | Studium v prezenční formě a od r. 2007 v kombinované formě doktorského studijního programu Textilní inženýrství, v oboru Textilní technika na Fakultě textilní Technické univerzity v Liberci. |
| Seznam zkoušek | Textilní vědní základ (24.6.2005) Přírodovědný základ – mechanika (22.6.2006) Vybrané partie z řešení diferenciálních rovnic (23.2.2005) Vybrané partie z teorie oboru (3.12.2004) |
| SDZ | Státní doktorská zkouška vykonána dne 10.10.2007 s celkovým hodnocením prospěla. |

Pedagogická činnost

Výuka

Přednášková činnost:

Výroba oděvů (2008 - 2010)
Technologie oděvní výroby (2008 - 2010)
Vybrané statě z technologie oděvní výroby (2010)

Vedení cvičení:

Počítačová simulace v oděvní výrobě (2004 - 2005)
Technická příprava výroby (2004 - 2005)
Speciální technologie a měření v oděvní výrobě (2009 - 2010)
Informatika a výpočetní technika I (2006 - 2010)
Informatika a výpočetní technika II (2006 - 2010)
Výroba oděvů (2008 - 2010)
Technologie oděvní výroby (2006 - 2010)
Vybrané statě z technologie oděvní výroby (2010)

Vedení DP a BP

Rehorová Jitka, *Grafické znázornění postupu hotovení vybraných prvků oděvů*, BP. 2011.
Hrabcová Petra, *Hodnocení užitečných vlastností sportovních oděvů*, DP, 2010.

Fialová Zuzana, *Současné postavení oděvního průmyslu a jeho možné perspektivy*, DP, 2010.

Pořáková Lucia, *Vliv vybraných konstrukčních parametrů tkaniny na její splývavost*. BP, 2010.

Kolaříková Lenka, *Technologické řešení oděvů pro slavnostní příležitosti – svatební oděv*, BP, 2010.

Olivíková Veronika, *Vliv vybraných konstrukčních parametrů tkanin na její pevnost a tažnost*, BP, 2010.

Kryvenková Taťána, *Konstrukční řešení a technologie hotovení oděvů pro horní část těla*, BP, 2010.

Kučerová Barbora, *Prezentace oděvní výroby*, BP, 2009.

Hazuchová Ivana, *Štúdia analýzy technologickej operácie zostavenej pomocou metódy MTM a MOST*, DP, 2009.

Hrdličková Zuzana, *Historie, vývoj a technologie hotovení sportovního vybavení textilního charakteru*, BP, 2009.

Bučková Petra, *Faktory ovlivňující prodyšnost a její měření*, BP, 2009.

Kubásková Jana, *Konstrukční řešení a technologie hotovení oděvů pro dolní část těla pro osoby s trvale či dočasně sníženou pohyblivostí*, BP, 2009.

Volfová Kateřina, *Vývoj zapínadel – historie a současnost*, BP, 2008.

Kolářová Petra, *Metodika výuky předmětu Výroba oděvů*, BP, 2008.

Houšková Vendula, *Studie a metody měření prodyšnosti textilií*, BP, 2006.

Haucková Petra, *Vliv nanosové výztužné vložky na propustnost vodních par*, BP, 2006.

Somerová Lenka, *Řízení přístroje pro hodnocení prodyšnosti*, DP, 2006. (konzultant práce).

Výzkumné projekty

Specifické výzkumy (interní výzkumy):

Vývoj metody hodnocení prodyšnosti textilií při dynamickém působení prostupujícího vzduchu, řešitel, 2005.

Experimentální pracoviště pro sledování struktury a chlupatosti textilie profukované vzduchem, řešitel, 2006.

Chování textilie během měření prodyšnosti, řešitel, 2007.

Sledování pohybu textilie při měření prodyšnosti, řešitel, 2008.

Ostatní projekty

EC PROJEKT LEONARDO da VINCI, členka spoluřešitelského týmu, 2005.

EC PROJEKT LEONARDO da VINCI, členka spoluřešitelského týmu, 2008.

Studie teplotních polí powerpacku hydraulických lisů ve firmě Grupo Antolin Bohemia, a.s., spoluřešitel, 2008.

Studie tepelných ztrát vybraných objektů, vizualizace ztrát pomocí termovize, spoluřešitel, 2009.

Zápis o vykonání státní doktorské zkoušky

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

ZÁPIS O VYKONÁNÍ STÁTNÍ DOKTORSKÉ ZKOUŠKY (SDZ)

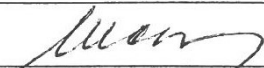
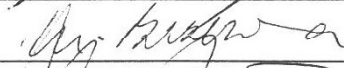




Jméno a příjmení doktoranda: Ing. Daniela Lonková
Datum narození: 3. 11. 1980
Doktorský studijní program: Textilní inženýrství
Studijní obor: Textilní technika
Termín konání SDZ: 10. 10. 2007
Celkové hodnocení SDZ:

prospěla

~~neprospěla~~

Komise pro SDZ:

Podpis

| | |
|------------------------------------|--|
| prof. Ing. Bohuslav Neckář, DrSc. |  |
| doc. RNDr. Miroslav Brzezina, CSc. |  |
| prof. Ing. Jaroslav Šesták, DrSc. |  |
| prof. Ing. Aleš Richter, CSc. |  |
| doc. Dr. Ing. Dana Křemenáková |  |
| RNDr. Pavel Kavan, CSc. |  |

V Liberci dne 10.10.2007
O průběhu SDZ je veden protokol



Vyjádření školitele doktoranda

Stanovisko školitele k disertační práci

| | |
|--------------------------------|---|
| Autor práce: | Ing. Daniela Veselá |
| Název disertační práce: | Experimentální metoda pro hledání souvislostí mezi prodyšností a strukturální změnou textilie |
| Školící pracoviště: | Katedra oděvnictví, Fakulta textilní |
| Školitel: | Prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs |

Předložená disertační práce je zaměřena na problematiku měření prodyšnosti plošných textilií a sledování jejich chování během měření. Na základě literárního průzkumu byl jako nejvýznamnější cíl disertační práce stanoven vývoj nového přístroje na měření prodyšnosti, který umožní sledovat a popsat chování textilie v průběhu měření prodyšnosti.

Disertační práce je přehledná, psaná srozumitelně. Nejprve je čtenář seznámen s rešeršní částí, která je uspořádána od obecných stanovisek ke konkrétním. Na základě rešeršní části jsou stanoveny cíle praktické části práce. Přehledně je popsán navržený a sestavený přístroj na měření prodyšnosti a možnosti jeho využití v praxi. Uvedené zařízení, které dostalo pracovní název MPT 01, sloužící pro měření prodyšnosti, je velkým přínosem disertační práce. Zařízení MPT 01 umožňuje měření v širším rozsahu než standardní přístroje a nabízí i další možnosti využití. Významnou vlastností přístroje je možnost dynamického měření prodyšnosti a sledování chování textilie v průběhu měření.

Součástí práce je také nastínění vlivu struktury textilie na její chování během měření prodyšnosti. Studentka na novém zařízení proměřila sadu vzorků, data statisticky zpracovala a na základě získaných výsledků nastínila směr pro další práce zabývající se popisem strukturálních změn textilie při měření její prodyšnosti. Nové zařízení bude užitečné v řadě navazujících prací na Fakultě textilní.

Doktorandka při zpracování práce postupovala systematicky. Při vývoji nového zařízení na měření prodyšnosti označeného jako MPT 01 ukázala, že je schopna pracovat samostatně, učit se novým věcem a rozvíjet se i v oblastech mimo textilní problematiku, např. se pustila do prací v oblasti mikroelektroniky a programování.

Studentka vedla řadu cvičení a byla zapojena i do přednáškové činnosti. Její kvality byly ukázány i v oblasti vedení studentů při zpracování velké řady bakalářských a diplomových prací. Před nástupem na mateřskou a rodičovskou dovolenou, kdy měla studium přerušeno, se zapojila do několika projektů v rámci Katedry oděvnictví a Technické univerzity v Liberci. Je autorkou impaktovaného článku a několika článků ve sbornících konferencí, kde také některé dílčí výsledky své práce prezentovala.

Dle mého názoru byly všechny cíle disertační práce naplněny, přístup doktorandky k disertační práci byl velmi perfekcionista, hodnotím její práci pozitivně a její práci doporučuji k obhajobě.

V Liberci 31.8.2016



Prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs

Oponentské posudky disertační práce

Posudek disertační práce

Název práce: **Experimentální metoda pro hledání souvislostí mezi prodyšností a strukturální změnou textilie**

Autor: **Ing. Daniela Veselá, KOD FT TU v Liberci**

Oponent: Prof. Ing. Karel Adámek, CSc.

Cíl práce

Cíl je výstižně daný názvem práce, snad bych přehodil hledání souvislosti mezi příčinou (strukturální změnou vlivem přetlaku) a důsledkem (prodyšností při různém přetlaku). Práce má 110 stran textu + 17 stran příloh k doplnění hlavního textu.

Aktuálnost zvoleného tématu

Téma práce je aktuální, mj. o tom svědčí 83 citovaných podkladů, které mají souvislost s problematikou prodyšnosti textilií. Tento velký počet teorií současně svědčí o tom, že řada přístupů k problematice prodyšnosti textilií používá řadu zjednodušení, takže asi dochází k různě ovlivněným výsledkům. Dnes běžná aplikace numerických metod k simulování prodyšnosti velmi komplikovaných textilních vrstev a jejich kombinací potřebuje znát parametry prodyšnosti, které pak lze aplikovat i pro simulování dalších podobných textilních struktur. Tyto parametry lze nejspolehlivěji zjistit právě měřením typických vzorků.

Zvolené metody zpracování a postup řešení

Postup řešení podle zadání je logický a jeho popis je rozčleněn do několika částí.

Po stručném úvodu (I) následuje rozsáhlá rešeršní část (II), zabývající se prouděním tekutin a jeho měřením, přesností měření, strukturou a vlastnostmi textilií a jejich prodyšností. Praktická část (III) popisuje navržený přístroj MPT 01, jeho princip, vývoj, popis a porovnání s jinými přístroji. Dále jsou uvedeny možnosti použití a konkrétní naměřené a vyhodnocené výsledky s doporučením dalšího vývoje.

Velké množství různých teorií, popisovaných v rešerši, různě zjednodušuje složitou realitu, aby se dospělo k nějakým jednoduchým formulacím. „Drátové“ modely ze zcela neprodyšných a hladkých nití byly nějak vyřešeny, ale zanedbaná prodyšnost jednotlivé nitě (obr. 16 na str. 31) má určitě nějaký vliv, stejně tak i chlupatost jejího povrchu nebo výrazná deformace útkových i osnovních nití u hustě dostavených tkanin, jak lze zjistit na mikrofotografii povrchu tkaniny.

Zhodnocení dosažených výsledků

Výsledky, získané navrženým a realizovaným přístrojem, jsou zajímavé a přínosné. Zbývá ještě určit, která ze tří testovaných metod (např. str. 81 obr. 52) je ta správná, resp. jaké jsou příčiny

určitých rozdílů mezi nimi. Kromě měření prodyšnosti při standardním (malém) přetlaku vzduchu, lze měřit prodyšnost i pro větší přetlaky a současně sledovat deformaci vzorku, tedy i pórů v něm a z toho pak vyplývající ovlivnění naměřené hodnoty prodyšnosti.

Význam pro praxi nebo rozvoj vědního oboru

Různé zjednodušené modely, citované v rešeršní části, zřejmě mají různé nedostatky, především „drátové“ modely neprodyšných a hladkých přízí, ke kterým se přidává ještě výrazná deformace osnovních i útkových nití u hustě dostavených tkanin, které jednoduchý geometrický model nemůže postihnout. Tedy zřejmě jediným způsobem, jak zodpovědně stanovit prodyšnost sledovaného vzorku textilie (tj. závislost průtoku vzduchu na působícím rozdílu tlaků) je experiment, pro velké rozdíly tlaků doplněný i o sledování deformace upnuté plochy vzorku, kterou se mění tvar a velikost pórů a tím i hodnota prodyšnosti. Přístroj tak vhodně rozšiřuje rozsah použití standardních přístrojů k měření prodyšnosti.

Pro aplikaci numerických metod k simulování prodyšnosti textilních vrstev a jejich kombinací je třeba měřením typických vzorků zjistit parametry prodyšnosti, které pak lze aplikovat i pro další podobné textilní struktury. Tyto parametry, zjištěné měřením, jsou komplexní, obsahují v sobě všechny makro- i mikrovlivy, které působí na hodnotu prodyšnosti – vazba textilie a její deformace, prodyšnost jednotlivé nitě, její chlupatost apod.

Publikační aktivita disertantky

Je uvedeno 7 publikací autorky, týkajících se tématu disertační práce, částečně ve spolupráci s dalšími spoluautory. Byly zveřejňovány průběžně podle postupu prací na disertaci. Pro rešeršní část je uvedeno 83 citovaných podkladů, opět s návazností na problematiku prodyšnosti textilií.

Formální úprava a jazyková úroveň

Práce má dobrou formální úroveň, je přehledně a logicky členěná podle průběhu postupu řešení a končí přehledem dosažených závěrů. Použitá vyobrazení jsou přehledná a přispívají ke srozumitelnosti celé práce. Data z měření jsou uvedena v přílohách, takže hlavní text zůstává přehledný.

Dotazy k disertační práci

Str. 39 – Prostup vzduchu se uvažuje pouze mezi nitěmi, ne vnitřkem nitě – potvrzeno prý už r. 1950 (Robertson), tedy že model „drátěné košile“ bude správný pro reálnou textilii. Myslím, že to je dost zásadní zjednodušení.

Str. 44-47 - V rešeršní části se izolovaně sledují různé modely prodyšnosti, kdy průtokový odpor proti průtoku vzduchu je úměrný první mocnině rychlosti (str. 18, odst. 1.4 - Darcy, typicky laminární prosakování pevným tělesem s drobnými póry) nebo druhé mocnině rychlosti (str. 17, odst. 1.3 - Moody, Weissbach, typicky průtok otvorem nebo obtékání tělesa). Ve skutečné textilii se vyskytuje určitá kombinace obou těchto vlivů $\Delta p = f(w, w^2)$, jak potvrzuje proložení kvadratické závislosti naměřenými hodnotami. Totéž potvrzuje i disertace Havrdová, kde je použito proložení mocninnou funkcí $\Delta p = f(w^x)$, pro kterou vychází exponent 1,45 (tedy mezi 1 a 2). Protože zjištěná kvadratická závislost vychází z experimentálních dat, obsahuje v sobě všechny vlastnosti hodnocené textilie (vazba, její deformace, prodyšnost a chlupatost jediné nitě

atd.). Lze z ní odvodit dva spolehlivé parametry prodyšnosti, se kterými pak pracuje simulační model průtoku prodyšnou vrstvou.

Str. 81, obr. 52 – porovnání výsledků získaných novým přístrojem a jinými přístroji – který je ten objektivně správný?

Str. 84 – výsledky dynamického měření potvrzují očekávanou hysterezi hodnot prodyšnosti při zatěžování a odlehčování.

Str. 85, obr. 57 – kde by se uplatnil tento naznačený způsob dynamického zatěžování?


Závěrečné hodnocení

Konstatuji, že cíle, zadané pro vypracování této disertační práce byly splněny, předložená práce také splňuje formální požadavky, kladené na disertační práci. Proto ji

doporučuji k obhajobě

a po úspěšné obhajobě doporučuji udělení titulu PhD.

V Liberci, dne 1.6.2016



Prof. Ing. Karel Adámek, CSc.

O p o n e n t n í p o s u d e k

disertační práce Ing. Daniely Veselé:

Experimentální metoda pro hledání souvislostí mezi prodyšností a strukturální změnou textilie

Předložená disertační práce obsahuje 96 stránek textu včetně 65 obrázků, 4 tabulek a 11 příloh. Je rozdělena do čtyř částí a je zaměřena na problematiku měření prodyšnosti plošných textilií. Cílem práce je vývoj nového přístroje pro měření nejen statické, ale též dynamické prodyšnosti, a popis souvislostí mezi prodyšností a strukturální změnou textilie v průběhu měření.

V úvodní části autorka stručně vysvětluje pojem prodyšnosti textilií a uvádí důvody, které vedou k nutnosti měření této vlastnosti. Podává krátce nástin problematiky takového měření a využití poznatků získaných měřeními.

Druhá, rešeršní část, je rozdělena celkem do čtyř kapitol s následným dělením do dalších podkapitol. První kapitola je věnována proudění tekutin a jeho měřeními. Zabývá se jednak základy proudění, typy proudění, obtékáním těles a průtokem porézním médiem, jednak měřeními průtoku s výčtem měřicích metod a přístrojů sloužících k tomuto účelu. Ve druhé kapitole se doktorandka věnuje přesnosti měření. Zabývá se chybami měření, přesností přístrojů a nejistotami měření. Ve třetí kapitole popisuje strukturu vláken, nití a plošných textilií, a zabývá se zaplněním textilních útvarů a porozitou a jejím modelováním. V poslední, čtvrté kapitole rešeršní části je uvedena definice prodyšnosti textilie a způsoby jejího měření.

Stěžejní část disertační práce lze spatřovat ve třetí, praktické části. V této části jsou znovu stanoveny cíle práce a postupy k jejich zajištění. V následující kapitole je popsáno doktorandkou vyvinuté zařízení MPT 01 k měření prodyšnosti textilií. Je popsán princip včetně blokového schématu hardwarové části, nastíněn jeho vývoje a uveden jeho podrobný popis. Dále je uvedeno sledování struktury textilie během měření jednak pomocí kamery, jednak měřeními vydutí vzorku laserovým snímačem. Závěr kapitoly je věnován rozsahu měřicího zařízení MPT 01, přesnosti měření a porovnání měření na tomto zařízení se standardy. V šesté kapitole jsou popsány možnosti využití funkcí zařízení MPT 01, a to pro plynulé měření prodyšnosti, při hledání souvislostí prodyšnosti a změny struktury, a k využití k experimentálním typům měření. Sedmá kapitola se zabývá vlivem struktury textilie na její chování při měření prodyšnosti. Pozornost je věnována charakteristice použitých materiálů, hledání souvislostí mezi vydutím textilie a prodyšností a přírůstkem plochy vzorku vlivem vydutí, a jsou shrnuty poznatky z proměřené sady vzorků. Osmá kapitola shrnuje dosažené výsledky s přístrojem MPT 01 a činí doporučení pro další vývoj tohoto zařízení.

Závěrečná část pak na základě dosažených výsledků hodnotí přínos předložené disertační práce a uvádí jejich využitelnost v praxi.

Na konci disertační práce je seznam literatury, celkem 83 titulů, z kterých autorka při své práci čerpala poznatky, a je uvedeno sedm vlastních publikací souvisejících s tématem práce. Je uveden i podrobný seznam zkratk a symbolů.

Z předložené disertační práce lze usuzovat, že se doktorandka problematice hledání souvislosti mezi prodyšností a strukturálními změnami textilií zabývá dlouhou dobu a je s touto problematikou dobře seznámena. Vlastní práce má, dle mého soudu, dobrou vědeckou úroveň. Za přínos předložené práce v oblasti měření lze považovat návrh a konstrukci vlastního měřicího zařízení, které umožňuje širší zkoumání uvedené problematiky a získává tak nové poznatky a tím zpřesňuje a rozšiřuje stávající znalosti.

Z formálního hlediska je práce na vysoké úrovni. Je dobře členěna, takže se v ní čtenář dobře orientuje. K objasnění problematiky obsahuje velké množství kvalitních obrázků a grafů jak v textu, tak v příloze, vlastní text je srozumitelný a dobře se čte. Nepatrný počet překlepů a nepřesností není podstatný a nijak nesnižuje kvalitu práce.


K obsahové stránce práce mám ale některé připomínky, dotazy a doporučení:

1. Rešeršní část se mi zdá být zbytečně obsáhlá, neboť zaujímá víc než polovinu práce. Jedná se např. o popis snímačů tlaku, který je možno snadno získat z dostupné literatury. Přitom většina těchto snímačů nebyla v další části práce ani použita. Naopak chybí alespoň krátká stať o optických snímačích, použitých pro měření vydutí vzorku textilie.
2. V kapitole 1.5. na str.19 je uveden vztah pro objemový a hmotnostní průtok, ve kterém figuruje symbol \bar{v} . Tento symbol je označen jako průměrná rychlost, což může být zavádějící. V literatuře je veden jako střední rychlost proudění. Jaký je tedy skutečný, konkrétní, význam tohoto symbolu? Jakou bude mít velikost u laminárního proudění v potrubí kruhového průřezu?
3. Na str. 16 je uveden Hagen-Poiseuillův vztah pro objemový průtok. Tento průtok je zásadně funkcí rozdílu tlaků, který se měří, nikoli průměru potrubí a jeho délky, které jsou pouze parametry.
4. V části práce, zabývající se chybami, chybí zmínka o jedné z podstatných chyb, a to o kvantizační chybě. Jak tato chyba vzniká, na čem je závislá a jak je velká?
5. Vzhledem k tomu, že jedním z cílů práce je návrh a konstrukce přístroje MPT 01 a jeho řídicí program - firmware, vytvořený ve vývojovém prostředí LabView, je nedostatkem předložené práce absence blokového diagramu tohoto software, nebo by měl být alespoň uveden vývojový diagram.
6. Domnívám se, že by bylo vhodné uvažovat o náhradě počítačové měřicí karty NI 6034E měřicím modulem, který komunikuje s PC prostřednictvím USB rozhraní, a umožňuje tak použít k řízení a sběru dat z přístroje MPT 01 i notebook.

I přes uvedené připomínky je nutno ocenit úsilí, které doktorandka řešení problému věnovala a výsledky práce hodnotit za pozitivní.

Na závěr je možno konstatovat, že předložená disertační práce je bezesporu odborným přínosem v oblasti experimentálních metod hledajících souvislosti mezi prodyšností a strukturálními změnami textilií, a lze ji tedy doporučit k obhajobě.

V Liberci dne 14.6.2016


Doc. Ing. et Ing. Miroslav Svoboda