



# Analýza vlivu povrchových vlastností hlavních složek všívaných textilií na jejich sorpční vlastnosti

## Diplomová práce

*Studijní program:* N3106 – Textilní inženýrství

*Studijní obor:* 3106T018 – Netkané a nanovláknenné materiály

*Autor práce:* **Bc. Viktoriia Mázlová**

*Vedoucí práce:* Ing. Jiří Havlíček, CSc.





# The way analysis of superficial properties of the tufted main components influence their sorption properties

## Master thesis

*Study programme:* N3106 – Textile Engineering  
*Study branch:* 3106T018 – Nonwoven and Nanomaterials

*Author:* **Bc. Viktoriia Mázlová**  
*Supervisor:* Ing. Jiří Havlíček, CSc.






## Zadání diplomové práce

# Analýza vlivu povrchových vlastností hlavních složek všívaných textilií na jejich sorpční vlastnosti

*Jméno a příjmení:* **Bc. Viktoriia Mázlová**  
*Osobní číslo:* T18000013  
*Studijní program:* N3106 Textilní inženýrství  
*Studijní obor:* Netkané a nanovláknenné materiály  
*Zadávací katedra:* Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů  
*Akademický rok:* 2018/2019

### Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši vlivu působení vody na vybrané typy všívaných textilií.
2. Najděte vhodnou metodu měření sorpce a desorpce vody u vybraných všívaných textilií.
3. V experimentální části připravte vzorky a proveďte měření jejich sorpčních a desorpčních vlastností.
4. Výsledky práce zpracujte a okomentujte.

  
Mgr. Viktoriia Mázlová  
Fakulta textilní



  
Mgr. Viktoriia Mázlová  
Fakulta textilní

Rozsah grafických prací:  
Rozsah pracovní zprávy:  
Forma zpracování práce:  
Jazyk práce:

dle potřeby dokumentace  
40-60 dle potřeby  
tištěná/elektronická  
Čeština



### Seznam odborné literatury:

1. O.Jirsák, K.Kalinová: Netkané textilie – skripta TUL.
2. S.J.Russell: Handbook of nonwovens, Woodhead Publishing Ltd, 2007.
3. Aktuální články k problematice periodik: Fiber Journal, Nonwovens Report International, internet, a.j.

Vedoucí práce:

Ing. Jiří Havlíček, CSc.  
Katedra netkaných textilií a nanovláčkových materiálů

Datum zadání práce:

20. února 2019

Předpokládaný termín odevzdání: 10. ledna 2020

Ing. Jana Drašarová, Ph.D.  
děkanka



Ing. Jiří Chvojka, Ph.D.  
vedoucí katedry

## Prohlášení

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

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

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

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

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

Datum:

Podpis:

## Abstrakt

Obsah této diplomové práce se zabývá prozkoumáním složité vláknenné struktury a jaký vliv jednotlivé částí této struktury mají na celý výrobek. Za složité vláknennou strukturu byla zvolena všívaná textilie. Hlavním cílem práce je zjištěný vlivu povrchových vlastností všívaných textilií na jejich sorpční vlastností. Taky práce je zaměřená na přípravu vzorku technologii všívání. Pro přípravu vzorku byla použita bavlněná a akrylová příze, a polypropylenová netkaná podkladová textilie vyrobená technologii spunbond.

Teoretická část popisuje princip výroby všívané textilie a poskytuje informace, které se tohoto tématu týkají. Dále následují popisy sorpce a desorpce včetně metod měření. Experimentální část se zabývá testováním základních parametrů vstupních surovin a hydrofilizací akrylové a bavlněné příze pro výrobu vzorku. Cílem experimentální části bylo získat data o chování materiálu pro další zpracování.

Dalším cílem diplomové práce bylo navrhnout řešení na zlepšení užitných vlastností pro výrobu koupelnových předložek z hlediska sorpčních a desorpčních vlastností, který by byl vhodný pro běžné používání.

**Klíčová slova:** netkaná textilie, technologie všívání, sorpce, smáčení, sušení

## Abstract

The content of this thesis deals with the examination of a complex fiber structure and what effect individual parts of this structure have on the whole product. Tufted fabric was chosen as a complex fiber structure. The main aim of this work is to find out the influence of surface properties of tufted textiles on their sorption properties. Cotton and acrylic yarns and polypropylene nonwoven backing fabric made by spunbond technology were used for sample preparation.

The theoretical part describes the principle of tufted fabric production and provides information related to this topic. Following are descriptions of sorption and desorption including methods of measurement. Experimental part deals with testing of basic parameters of raw materials, hydrophilization of acrylic and cotton yarn for sample production. The aim of the experimental part was to obtain data on material behavior for further processing.

Another aim of the thesis was to propose a solution for improving utility properties for the production of bathroom rugs in terms of sorption and desorption properties, which would be suitable for common use.

**Key words:** nonwoven fabric, tufting technology, sorption, wetting, drying

## Poděkování

Rada bych tímto poděkovala mému vedoucímu diplomové práce Ing. Jiřímu Havlíčkovi, CSc. za je jeho cenné rady, odborné vedení a také za čas který mi věnoval během vypracování této práce. Mé poděkování patří také panu Ing. Jiřímu Chaloupkovi Ph.D a panu Bc. Filipovi Sanettrníkovi za pomoc a odborné rady při provedení experimentu. Na závěr bych chtěla poděkovat své rodině, která mně vždy podporovala jak při psaní diplomové práce, tak i po celou dobu studia.



# Obsah

Seznam zkratek . . . . .	12
<b>1 Úvod</b>	<b>13</b>
<b>2 Teoretická část</b>	<b>14</b>
2.1 Technologie všívání . . . . .	14
2.1.1 Historie . . . . .	14
2.1.2 Charakteristika všíváných textilií . . . . .	15
2.1.3 Technologický postup při výrobě všíváných textilie . . . . .	16
2.1.4 Všívací stroj . . . . .	16
2.1.5 Tvorba smyčkového a řezaného vlasu . . . . .	18
2.1.6 Všívané koberce . . . . .	19
2.1.7 Koupelnové předložky firmy GRUND . . . . .	20
2.2 Sorpce . . . . .	21
2.2.1 Sorpční izotermy . . . . .	23
2.2.2 Nernstová a Langmuirova izoterma . . . . .	24
2.2.3 Kinetika sorpce . . . . .	25
2.2.4 Metody měření sorpce . . . . .	26
2.3 Základy teorie smáčení a vzlínání . . . . .	26
2.3.1 Smáčivost . . . . .	26
2.3.2 Povrchové napětí . . . . .	26
2.3.3 Kohezivní síla . . . . .	27
2.3.4 Kohezivní tlak . . . . .	28
2.3.5 Úhel smáčení a Youngova rovnice . . . . .	28
2.3.6 Vzlínavost . . . . .	29
2.3.7 Dynamika vzlínání . . . . .	31
2.3.8 Model válcové kapiláry (Lucas-Washburnův vztah) . . . . .	31
2.4 Sušení textilních materiálů . . . . .	32
2.4.1 Klasifikace vlhkosti u textilních materiálů . . . . .	32
2.5 Odstraňování vlhkosti sušením . . . . .	34
2.5.1 Způsoby sušení textilií . . . . .	35
<b>3 Experimentální část</b>	<b>36</b>
3.1 Použité materiály a jejich charakteristika . . . . .	36
3.1.1 Podkladová textilie . . . . .	36
3.1.2 Příze . . . . .	38

3.2	Výroba vzorků . . . . .	39
3.2.1	Příprava vzorku z akrylové příze . . . . .	39
3.2.2	Příprava vzorku z bavlněné příze . . . . .	39
3.2.3	Hydrofilizace příze . . . . .	40
3.2.4	Všívaní příze do podkladové textilie . . . . .	41
3.3	Měření vlastností připravených vzorků . . . . .	43
3.3.1	Měřicí přístroje a zařízení pro experiment . . . . .	43
3.4	Diskuze výsledků . . . . .	49
<b>4</b>	<b>Závěr</b>	<b>54</b>
	<b>Literatura</b>	<b>55</b>
	<b>Příloha</b>	<b>59</b>

## Seznam obrázků

2.1	Schéma technologického postupu při výrobě všívané textilie [3]	16
2.2	Schéma všívacího stroje [8]	17
2.3	Tvorba taženého vlasu	18
2.4	Tvorba řezaného vlasu	19
2.5	Typy všívaných kobereců [9]	20
2.6	Konstrukce předložky [11]	21
2.7	Rozdíl mezi absorpcí a adsorpcí [13]	22
2.8	Sorpční izotermy [14]	23
2.9	Porovnání Nernstové a Lanhmuirové izotermy [16]	24
2.10	Maxwellův pokus [21]	27
2.11	Smáčecí úhel [23]	28
2.12	Rovnovážný tvar kapky kapaliny na tuhém povrchu [23]	29
2.13	Válcová kapilára [26]	31
3.1	Podkladová textilie	37
3.2	Aviváže Stantex S6327 (A) Neřaděná (B) Řaděná s vodou 1:13	40
3.3	Hydrofilizace příze aviváže přes válce	41
3.4	Všívací stroj	41
3.5	Analytická váha	43
3.6	Digitální tloušťkoměr	44
3.7	Měřič vzlínavostí	44
3.8	Vzorky z akrylové a bavlněné příze	46
3.9	Vzorek se stříkačkou	47
3.10	Sušárna	47
3.11	Dynamika sušení vzorku z bavlněné příze	48
3.12	Dynamika sušení vzorku z akrylové příze	48
3.13	Vliv úpravy bavlněný příze na desorpční vlastnosti	49
3.14	Vliv úpravy bavlněný příze na desorpční vlastnosti	50
3.15	Vliv úpravy podkladu u vzorku z akrylové příze na desorpční vlastnosti	51
3.16	Vliv úpravy podkladu u vzorku z bavlněné příze na desorpční vlastnosti	51
3.17	Vliv hustoty vlasu u vzorku z bavlněné příze na desorpční vlastnosti	52
3.18	Vliv hustoty vlasu u vzorku z akrylové příze na desorpční vlastnosti	53
3.19	Závislost druhu příze na dobu schnutí	53

## Seznam tabulek

2.1	Typy vlhkosti zadržované různými druhy textilního materiálu [28] . . .	33
3.1	Parametry podkladové textilie . . . . .	37
3.2	Parametry příze . . . . .	38
3.3	Popis připravených vzorků z akrylové příze . . . . .	39
3.4	Popis připravených vzorků z bavlněné příze . . . . .	40
3.5	Výsledku testu vzlínavostí bavlněné příze . . . . .	45
3.6	Výsledku testu vzlínavostí akrylové příze . . . . .	45
3.7	Výsledku testu vzlínavostí podkladové textilie . . . . .	46
3.8	Průměrné hodnoty zkoušky vysychání . . . . .	49

## Použité zkratky a symboly

<b>KNT</b>	Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů
<b>Např</b>	Například
<b>Resp</b>	Respektive
<b>PUR</b>	Polyuretan
<b>POP</b>	Polypropylen
<b>PAN</b>	Akryl
<b>PAD</b>	Polyamid
<b>PES</b>	Polyester
<b>VS</b>	Viskóza
<b>SBR</b>	Styrene Butadiene Rubber
<b>EN</b>	Evropská norma
<b>ČSN</b>	Česká statní norma
<b>T</b>	Absolutní teplota
$\pi$	Konstanta Pí (3,1415)

## Jednotky

<b>m</b>	Metr
<b>cm</b>	Centimetr
<b>mm</b>	Milimetr
$\mu\text{m}$	Mikrometr
<b>Pa</b>	Pascal
<b>S</b>	Obsah
<b>ml</b>	Mililitr
<b>MHz</b>	Megahertz
$^{\circ}\text{C}$	Celsiův stupeň
<b>g</b>	Gram
<b>F</b>	Síla
<b>F<sub>G</sub></b>	Gravitační síla
<b>F<sub>P</sub></b>	Síla vzlínání
$\chi$	Měrná vlhkost látky
<b>kg</b>	Kilogram
<b>t</b>	Čas
<b>min</b>	Minuty

*Vysvětlení ostatních zkratk se nachází přímo v textu.*

# 1 Úvod

Výroba netkaných textilií se v textilním průmyslu stává nejslibnějším směrem. Objem výroby a spotřeby netkaných textilií roste rychleji než textil a tkanina. Netkané textilní materiály jsou nedílnou součástí našeho každodenního života. Využití sahá do různých oborů: stavebnictví, zemědělství, medicína, automobilový průmysl a mnoho dalších odvětví v jakékoli zemi. Zvláštním druhem jsou netkané materiály z tzv. domácích potřeb – ručníky, koupací pláště, přikrývky a přehozy, různé čistící a filtrační materiály, čalounění nábytku, ale i velké množství všech typů podlahových krytin.

V rámci projektu „Hybridní materiály pro hierarchické struktury“, části řešené na KNT jsou mimo jiné studovány sorpční vlastnosti složitých vláknenných struktur. V této práci za složitou vláknennou strukturu byla zvolena všívaná textilie. Ve spolupráci s firmou GRUND, a.s. Mladé Buky, by-ly pro tento úvod do studia vybrány materiály běžně používané při výrobě jejich sortimentu a koupelnových předložek.

Všívané výrobky jsou v současné době nejběžnější podlahové krytiny. Na celém světě je 90% všech koberců, včetně umělé trávy, vyrobeno všíváním. To vše je dáno především vysokou produktivitou zařízení ve srovnání s technologií tkaní a nízkými výrobními náklady. [2]

Tato diplomová práce je rozdělena do 2 částí: teoretická část se zaměřuje na seznámení s technologií všívání, princip všívacího stroje a materiály které se používají pro výrobu všívané textilie. Následně jsou popsány základy teorie smáčení a vzlínání, sušení textilních materiálů. Experimentální část se zabývá přípravou vzorku a provedením měření jejich sorpčních a desorpčních vlastností.

V závěrečné části jsou uvedeny výsledky těchto měření spolu s vyhodnocením formou grafu a navrhané řešení na zlepšení užitečných vlastností z hlediska sorpce a desorpce.

## 2 Teoretická část

### 2.1 Technologie všívání

Pro snadnější porozumění technologii všívání je níže uvedeno hlavní pojmy, které budou používány při popisu této technologie.

Odborná terminologie a pojmy:

- Počet vpichů – množství vpichů na 10 cm v podélném směru
- Délka stehu – velikost dvou po sobě jdoucích vpichů, měřená na rubu textilie
- Výška vlasu – vzdálenost mezi vrcholem smyčky/vlasu a podkladovou textilií
- Podkladová textilie – nosná textilie všívaných výrobků
- Vlasový materiál – materiál, který se všívá na všívacím stroje do podkladové textilie
- Rubová úprava – upevnění smyčky nebo vlasu k podkladu jednoduchým zátěrem, případně nalepení druhé podkladové textilie pomocí disperze nebo vytvoření PUR vrstvy. [3]

Všívání je progresivní technologie výroby podlahových, bytových a oděvních textilií, kdy se do podkladové textilie (tkaniny z polypropylenových pásků, juty, směsových přízí nebo zpevněné vlákenné vrstvy) všívají v plné šíři smyčky ze syntetických kablíků, eventuálně střížových vlnařských přízí. Jedná-li se o výrobu podlahových textilií, je nutné kromě běžného zušlechťování (např. tisku a s ním spojenými pracemi) provést patřičné rubové úpravy. Pro bytové a oděvní textilie je hlavní úpravou oboustranné nebo jednostranné počesávání, v některých případech s přecházejícím potiskováním. [1, 4]

#### 2.1.1 Historie

První patent na strojní všívání obdržel americký inženýr Cobble v roce 1943. V bývalém Československu byla technologie zavedena v roce 1962. [3] Průmyslová výroba se začala zavádět v 1950 roku a od tohoto okamžiku se všívaný koberec objevoval po celém světě, což výrazně rozšířilo rozsah použití koberců. V poměrně

krátké době společnost Cobble Blackburn Limited, která byla založená bratry Cobbleovými, výrazně zlepšila konstrukci strojů. Tímto se stala nejvýznamnější firmou v tomto odvětví na světě, která vyrábí vysoce kvalitní všivací stroje. Velké investice do výzkumu a projektové práce umožnily společnosti zůstat lídrem ve svém oboru po mnoho let. [3]

Díky Cobbluovu patentu se koberec stal oblíbeným doplňkem nejen v domácnostech, ale i v prostorech veřejných budov, např. v bankách, kancelářích, koncertních a sportovních halách. Vzhledem k tomu, že koberce jsou vyrobeny z různých materiálů a na různých podkladech, jejich vlastnostem není potřeba se obávat vlhkosti, a tudíž nepodléhá bakteriím způsobujícím plísně. Mezi další kvality patří odolnost vůči otěru, snadné udržování a zachování barev po celou dobu životnosti výrobku, což nejde říct u obyčejných tkaných koberců.

V současnosti se vyrábí většina podlahových krytin a část příkrývek tímto způsobem. To vše je z důvodu vysoké produktivity zařízení v porovnání s technologií tkaní a nízkými výrobními náklady. [2, 5]

## 2.1.2 Charakteristika všivaných textilií

Všivaná textilie vzniká všíváním soustavy osnovních (vlasových) nití do podkladové textilie (tkaniny) řadou jehel a skládá se ze tří konstrukčních prvků: podkladová – nosná tkanina (textilie), vlasový – vzorový materiál, rubová úprava. [6, 7] Podklad tvoří tkanina či netkané textilie typu spunbond s hmotností 100 - 200  $g.m^{-2}$ , vpichované textilie s hmotností 100 – 250  $g.m^{-2}$  nebo fólie s hmotností 100 - 150  $g.m^{-2}$ . Jako podkladová tkanina se používá jutová nebo POP tkanina. [3]

Vlasový materiál může být vlákna PAN, PAD, POP, PES, VS nebo jejich směs ve formě příze nebo kablíku. [3]

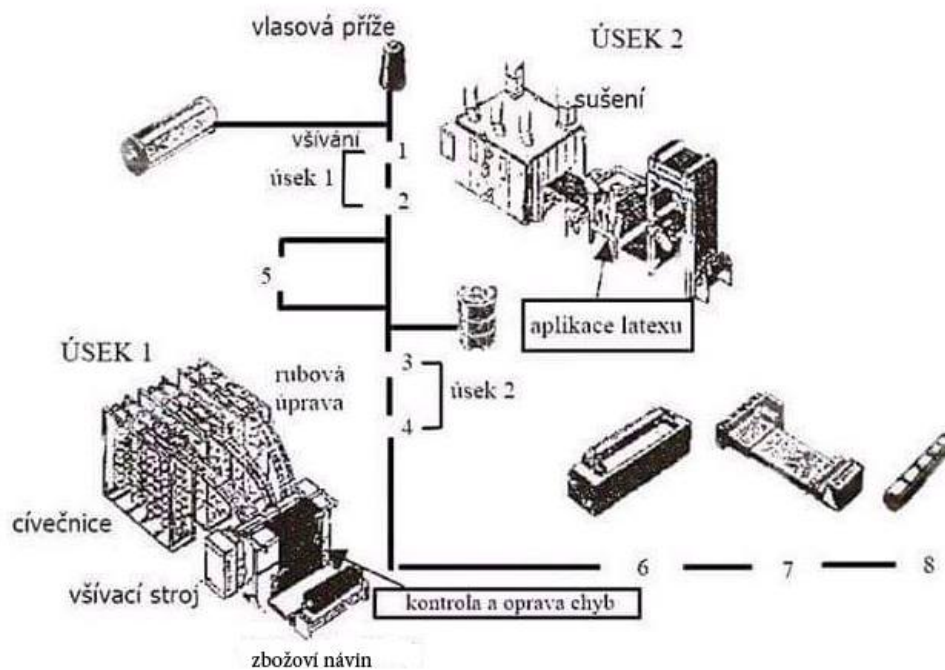
Rubovou úpravou se vlas zajistí proti uvolnění z podkladové textilie. Provádí se tzv. primární a sekundární rubová úprava. V primární úpravě se zafixují smyčky, ale přidá se i rozměrová stálost, životnost a a docílí se předepsaná plošná hmotnost a tuhost. Úprava se provádí zátěrovou směsí na bázi akrylátů tzv. SBR latexy nebo karboxylovými latexy, které mají schopnost přijímat plnidla. Sekundární rubová úprava ovlivňuje konečné vlastnosti všivaných textilií. Metody tvoření jsou buď kaširování nebo pěnová rubová úprava. Nanášením druhé podkladové textilie na rubovou stranu primární podkladové textilie se provádí kaširová úprava. jutová tkanina nebo tkanina z POP pásků. Tímto je zvýšena tuhost a hmotnost všivané textilie. Po primárním zátěru se aplikuje pěnová úprava. Ta zvýší pružnost všivané textilie a tím se prodlouží její životnost. Výrazně selepší tepelná a hluková izolace. [1, 3]



### 2.1.3 Technologický postup při výrobě všivaných textilií

V principu je všivací stroj tvořen řadou všivacích jehel. Každá všivací jehla má vlastní dodávku vlasového materiálu. Výroba všivaných textilií se řadí do dvou technologických fází. V prvním úseku se zhotovuje rezný produkt (cívečnice, všivací stroj, trubkové vodiče příze, kontrola a oprava chyb, role všitého produktu). V druhém úseku se provádí rubová úprava (nanášení latexu, sušárna). [3]

Schéma technologického postupu je znázorněno na obrázku 2.2



Obrázek 2.1: Schéma technologického postupu při výrobě všivané textilie [3]

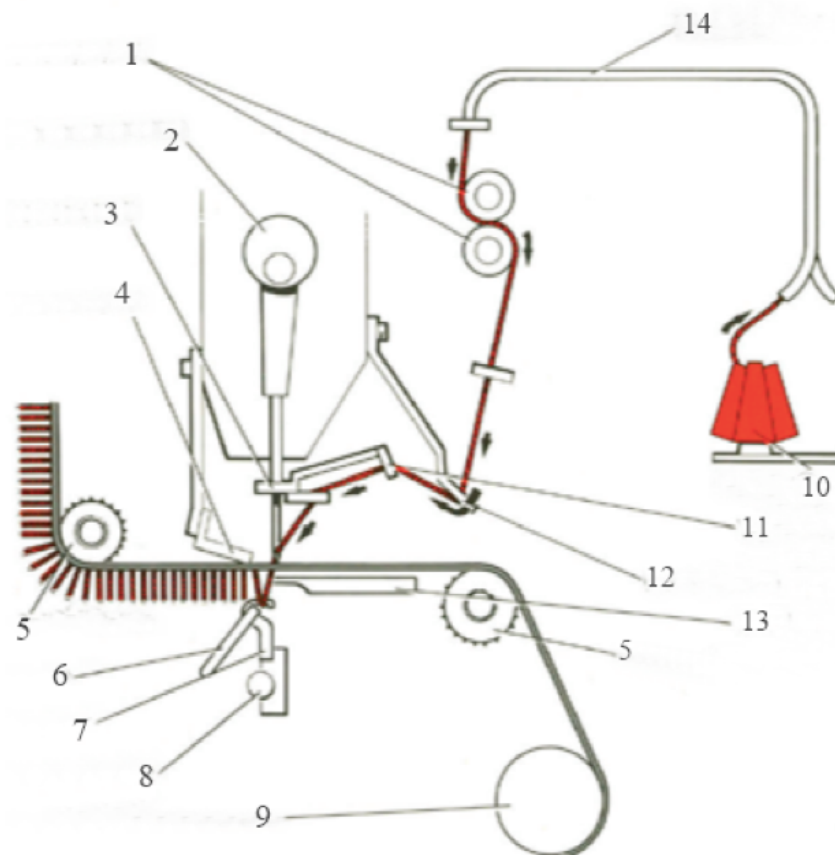
- 1 – všívání, 2 – oprava chyb, 3 – rubová úprava, 4 – sušení, 5 - barvení a potisk, 6 – postřihování, 7 – řezání, 8 – balení

### 2.1.4 Všivací stroj

Všivací stroj může být porovnán s obřím šicím strojem, který používá stovky jehel se závitem umístěných v řadě po celé šířce stroje. Schéma všivacího stroje je zobrazena na obrázku 2.2

Cívky s vlasovým materiálem určené k všívání jsou nasazené na trny cívečnice. Pro jednu všivací jehlu jsou v cívečnici určeny dva trny. Z jednoho trnu se vlasový materiál odvíjí a vede k všivacímu stroji, druhý trn slouží jako rezerva. K všivacímu stroji je přiváděn vlasový materiál z cívečnice vodičími trubkami a

rozvaděčem k podávacím válce. [3]



Obrázek 2.2: Schéma všivacího stroje [8]

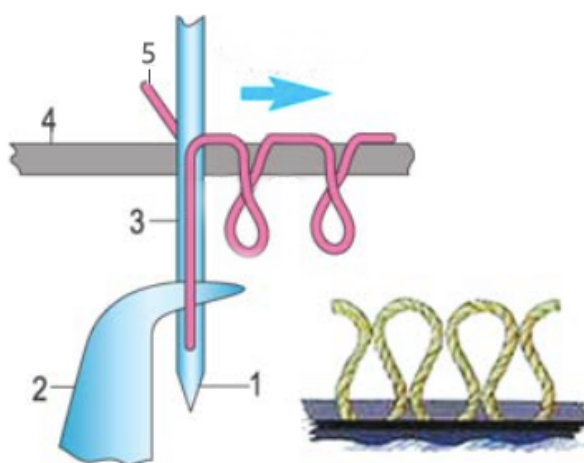
1 - podávací válce, 2 - excentrický hřídel, 3 - jehlová tyč, 4 - přitlačná tyč, 5 - jehlová tyč, 6 - nůž, 7 - háček - zachycovač, 8 - háčková hřídel, 9 - zbožní tkalcovské, 10 - předlohová cívka, 11 - vedení příze, 12 - pohyblivý vodič předlohy, 13 - pružná destička, 14 - vodící trubky příze

Do oček všivacích jehel je vlasový materiál veden vodícími lištami (případně trubkami). Jehly se pohybují svisle a všívá vlasový materiál do podkladové textilie. Ojehelný válec vede podkladovou textilií do všivacího stroje, která je dále směřována na tažný ojehelný válec. Rychlostí průchodu podkladové textilie se řídí počet vpichů. Když se podkladová textilie podává rychleji, tak vznikne menší počet vpichů a naopak. [3]

## 2.1.5 Tvorba smyčkového a řezaného vlasu

Všívací zařízení je sestrojeno k vyrábění smyčkového, řezaného i kombinovaného vlasu.

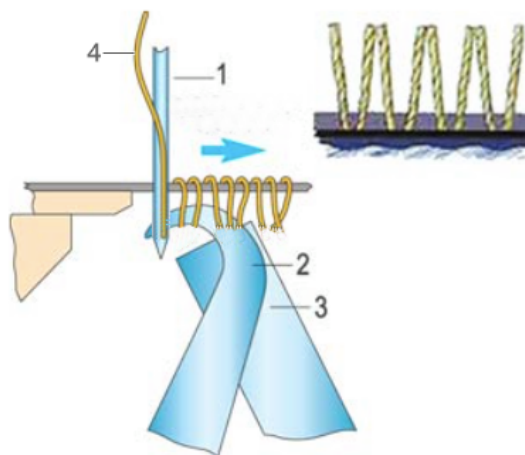
Vznik vlasové smyčky při výrobě taženého vlasu, viz 2.3, vzniká tím, že jehla 3 s navedenou vlasovou nití 5 pronikne podkladovou textilií 4. Ve chvíli, kdy se jehla dostane do dolní úvrati, zachytí vlasovou nit příslušný háček 2, dokud se jehla nedostane zpět do horní úvrati. V tu chvíli se háček vyklopí a pustí vlasovou smyčku a celý pracovní cyklus se opakuje. Mezitím se plynule odtahuje podkladová textilie. [10]



Obrázek 2.3: Tvorba taženého vlasu

1 - všívací jehla vlasová nit, 2 – háček, 3 – všívací jehla, 4 – podkladová textilie

Při výrobě textilie s řezaným vlasem, viz obrázek 2.4, je funkce jehly i háčku totožná, háček je pouze otočen proti směru posuvu podkladové textilie a jeho tvar je odlišný. Tento háček je zakončen nosem, který zabraňuje vyklouznutí již vytvořených smyček. Smyčky přibývají na háčku 2, jsou postupně rozřezávány nožem 3 a to v okamžiku, kdy jsou na háčku zachyceny tři smyčky – rozřezává se smyčka nejvzdálenější všívací jehle. Při řezání smyček se jehla nachází ve své horní úvrati. V době vpichování je řezací nůž odtážen. [10]



Obrázek 2.4: Tvorba řezaného vlasu

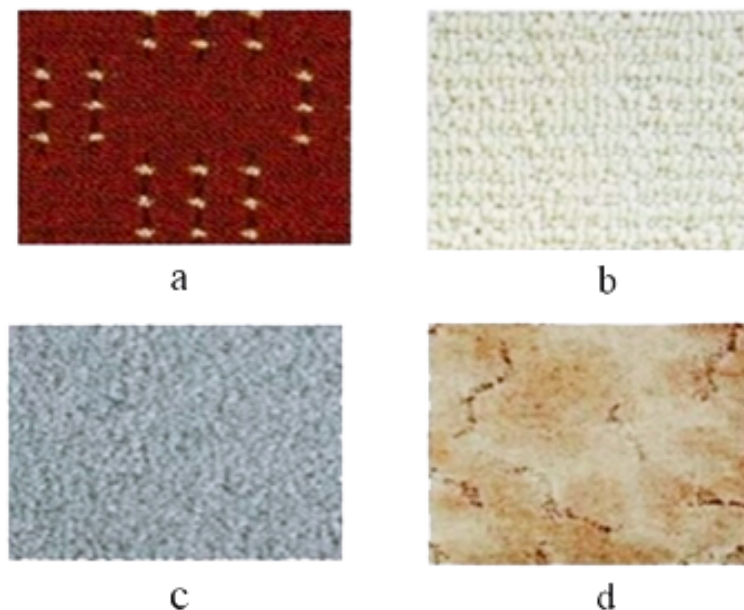
1- všivací jehla, 2 – háček, 3 – řezací nůž, 4 – vlasová nit

### 2.1.6 Všívané koberce

Nejrozsáhlejší podlahovou krytinou jsou dnes všívané koberce. Tvoří nejvyšší počet prodaných koberců. Výhodou této metody je dosažení vysoké jemnosti koberců. Všívané koberce se vyrábí několik typu:

- Nízká smyčka bývá většinou potištěná a využívá se u zátěžových koberců, kde je vysoká hustota smyčky
- Řezaný vlas – rozřezané smyčky vytvářejí vzpřímená vlákna a připomínají velurový povrch. Mají nižší “tvarovou paměť” a zanechávají na svém povrchu stopy, mají vysokou hustotu vlasu, jsou dražší.
- Smyčkové koberce – smyčky u těchto koberců jsou pravidelné nebo nepravidelné – tzv. berberské, které připomínají vlněné koberce
- Scroll koberec – je kombinací nízkého a vysokého vlasu tvarovaného jemným vzorem, mohou se u něho objevit až 3 výšky vlasu
- Střížený vlas – smyčka – konstrukce střídání smyčkového a vlasového povrchu. Mají vysokou tvarovou paměť, ale jsou méně trvanlivé než smyčkové koberce. [8]

Varianty všívaných koberců jsou zobrazeny na obrázku 2.5



Obrázek 2.5: Typy všívaných koberců [9]

a – smyčkový povrch, b – scroll, c – řezaný vlas, d – kombinace vlas a smyčka

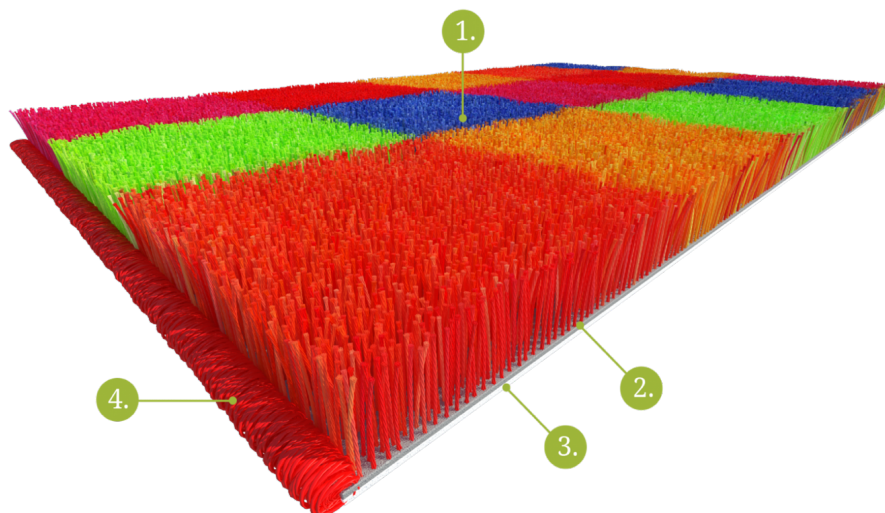
Všívané koberce se vyrábí v šířce 1 – 6 m s hustotou 2 – 5 stehu na 1 cm, s výškou vlasu 3 - 30 mm a odstupem 2 - 5 mm. Výrobní rychlost všívacích strojů se pohybuje v rozmezí  $650 - 1500 \text{ m.min}^{-1}$ . [3]

### 2.1.7 Koupelnové předložky firmy GRUND

GRUND, a.s. Mladé Buky – je česká rodinná firma, která byla založena v roce 1990. Společnost je předním evropským výrobcem koupelnových předložek. Více než 90 % výroby putuje do 43 zemí světa, včetně nejnáročnějších trhů, jako jsou Německo, Švýcarsko, Anglie, USA, Jižní Korea, Japonsko, Čína či Spojené Arabské Emiráty. [11]

Firma Grund vyrábí předložky pomocí dvou technologií. První z nich je šití ručním strojem. Druhá, modernější varianta, je všívání za pomoci stroje, který je řízen počítačem. Podle předlohy švadleny ušijí předložku odpovídající výšce vlasu i barevnosti. Při výrobě složitějších designů je použit počítačově řízený všívací stroj. [11]

Konstrukce předložky je uvedena na obr. 2.6



Obrázek 2.6: Konstrukce předložky [11]

1 – příze, 2 – netkané textilie, 3 – protiskluzová vrstva, 4 – obroubení

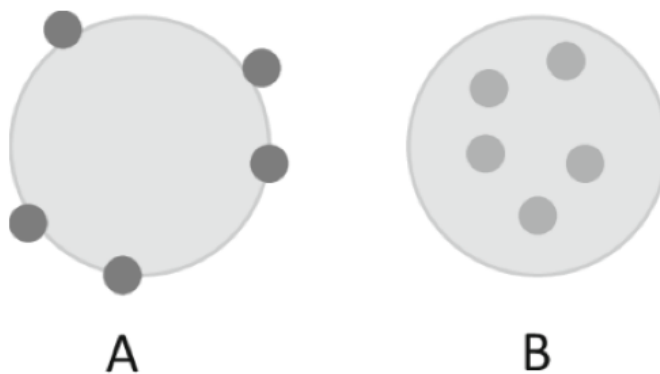
Příze pro výrobu předložek vzniká jak z umělých, tak i z přírodních vláken. Převážně se vybírají vlákna z akrylové nebo bavlněné příze.

Koupelnové předložky z akrylu jsou především oblíbené pro svou praktičnost. Mají dlouhou životnost, rychle usychají a díky bohaté barevné paletě stylově doplní design koupelny. Akrylové vlákno dokonale zachovává tvar, je husté, hebké a příjemný na dotek. Velmi rychle usychá. Vynikající vlastností je pohlcování zvuku. [11]

V experimentální části bude použita tato bavlněná a akrylová příze, která je běžně používaná při výrobě Grund sortimentu a koupelnových předložek.

## 2.2 Sorpce

Sorpce je interakce pevné látky s prostředím kapaliny nebo plynu. Během tohoto procesu dochází k adsorpce, adsorpce a také k chemické reakci nebo jinému vázání sorbentu. Molekuly plynů nebo kapalin nebo rozpuštěné látky v roztoku se drží na povrchu pevných látek. Při adsorpčním procesu spolu reagují dvě látky. První se nazývá adsorbent a jedná se o pevnou nebo kapalnou látku, na které dochází k adsorpci. Druhá látka je adsorbát, což je plyn nebo kapalina, či látka rozpuštěná v roztoku. Ta se adsorbuje na povrchu první látky. Při absorpce jsou molekuly vody prostoupí dovnitř struktury vlákna. [12]  
Rozdíl mezi absorpcí a adsorpcí je zobrazen na obrázku 2.7



Obrázek 2.7: Rozdíl mezi absorpcí a adsorpcí [13]

A – adsorpce – molekuly vody jsou vázány na povrch B – absorpce – molekuly vody prostupují dovnitř struktury vlákna

Obvykle se uvádí jako kapalina voda, ale nelze opomenout rozpouštědla přítomná při chemickém čištění oděvů, plyny (vlhkost a vzduch ve formě páry uvolňovaný pokožkou), popřípadě kapaliny s vyšší měrnou hmotností (tmely). Aby došlo ke spojení těchto médií, musí makromolekuly, nebo jejich části, mít volné hydrofilní skupiny, na které se může reaktivní molekula navázat. Jsou to např. skupina hydroxylová OH, karbonylová CO, karboxylová COOH, iminová NH, amidová COHN. [12]

Navazování cizích molekul může proběhnout buď:

- nevratně – ireversibilně – v případě chemické sorpce, kdy se molekuly vody navazují na vodíkové můstky ve struktuře vlákna (barvení vláken)
- vratně – reversibilně – v případě fyzikální sorpce, kdy se molekuly vody navazují na sorpční centra vláken slabšími silami, např. Van der Walsovými (sušení prádla na šňůře) [12, 14]

Vazby reaktivních molekul vznikají v místech amorfních částí makromolekul. S touto změnou nastává také makrozměna, tj. mizí příčné vazby, dochází k rozšíření amorfních segmentů a celkový tvar vlákna se pozmění. Vzhledem na orientaci makromolekul dochází ke změně tvaru – bobtnání - především v příčném směru. [12]

Vlákna mají schopnost buď vsakovat nebo odpuzovat vodu. Podle toho se dělí na hydrofilní a hydrofobní. Hydrofilní vlákna mají schopnost navázat a transportovat vodu a chemické látky. Většina hydrofilních vláken je přírodního původu, z chemických pouze ta, která obsahují hydrofilní skupinu. Do druhé skupiny patří vlákna, která vodu naopak odpuzují, což je například polypropylén. [12, 14]

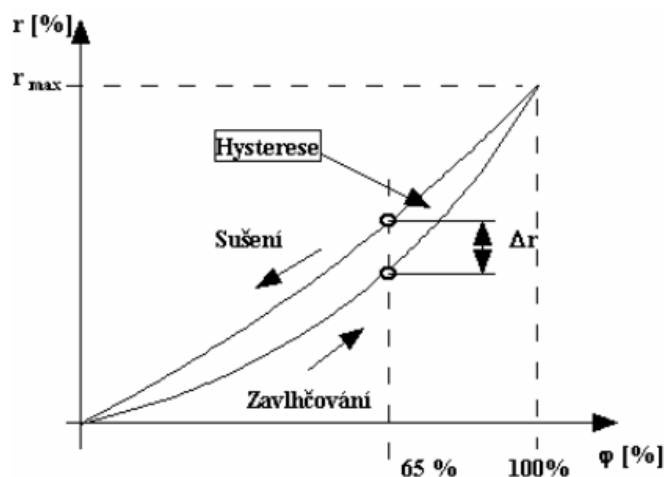


Sorpční děje mají u vláken vliv na změny jejich vlastností. Vlhkost působící na len způsobuje zvýšení jeho pevnosti o 20%. U viskózy je tomu naopak, její pevnost se s přibývajícím vlhkem snižuje až o 50%. Další změny docházejí u hmotnosti, což ovlivňuje obchodování, například při stanovování jemnosti (délkové hmotnosti, plošné měření hmotnosti). [14]

## 2.2.1 Sorpční izotermy

Jak je uvedeno v kapitole 2.2, vlákna mohou přijímat vodu, resp. vodní páru, ze vzduchu a do vzduchu jí také odevzdávat. Oba děje se většinou odehrávají při neměnné teplotě. Obsah vody ve vzduchu je dán parciálním tlakem vodních par. Parciální tlak vodních par způsobuje, že vodní pára buď proniká tam, kde je parciální tlak vodních par menší, tzn. do suchého vlákna, nebo se z vlhkého vlákna uvolňuje a odchází do suchého vzduchu tak, aby byl parciální tlak vodních par vyrovnán.

Sorpce a desorpce vlhkosti neprobíhají u textilních vláken stejně. To znamená, že vlhkost vlákna, která je za daných podmínek (teplota, tlak, relativní vlhkost vzduchu) v rovnováze s okolím, bude různá podle toho, zda suché vlákno navlhá nebo vlhké vlákno se vysouší. Voda uvolňující se z vlákna způsobuje zpoždění, protože je potřebné přemoci síly, které vodu ve vlákne váží. Tento jev se dá popsat jako průběh závislosti relativní vlhkosti vlákna  $r$  na relativní vlhkosti vzduchu  $\varphi$ . Tento vztah se nazývá sorpční izoterma, jelikož jde o vzájemnou výměnu vodních par mezi vlákny a vzduchem při konstantní teplotě, viz obrázku 2.8. [14, 15]



Obrázek 2.8: Sorpční izotermy [14]

$r$  – relativní vlhkost vláken,  $\varphi$  – relativní vlhkost vzduchu



Zpoždění uvolňování vody z vláken vlivem sil, které váží vodu ve struktuře vláken způsobuje, že křivky nejsou totožné, ale vymezují mezi sebou plochu, která se nazývá hystereze. Tato plocha je obrazem „ztracené“, neboli disipované energie (energie se podle zákona o zachování energie nemůže ztratit, ale přeměňuje se, v tomto případě např. v energii tepelnou). [14]

## 2.2.2 Nernstová a Langmuirova izoterma

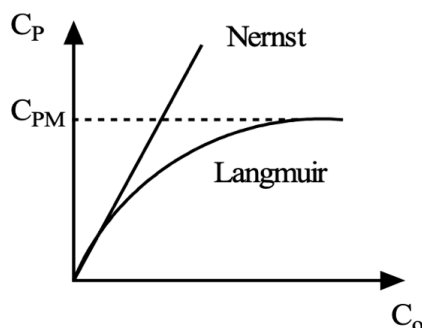
O mechanismu interakce molekul penetrantu s povrchem vláken lze získat informace z tzv. adsorpčních izoterm. Principem je sledování závislosti mezi množstvím penetrantu na povrchu vlákna  $C_p$  (respektive ve vlákne) a v okolí vlákna  $C_o$  v rovnováze, kdy došlo k ustálení rozdělení penetrantu mezi vlákno a okolí. Předpokládá se, že v okolí nedochází vlivem sorpční procesu ke změně koncentrace, tj.  $C_o$  je konstantní. Experimenty se provádějí při konstantní teplotě. [16] Pro případ kdy se penetrant vážně na povrch fyzikálními silami a nebo dochází k jeho “rozpuštění” ve vlákne platí jednoduchý Nernstův vztah

$$C_p = K_N C_o \quad (2.1)$$

kde  $K_N$  je tzv. rozdělovací koeficient. Pro případ adsorpce plynů se tato rovnice označují jako Henryho vztah ( $C_o$  je nahrazeno parciálním tlakem plynu  $p_o$  na styku s povrchem vlákna. Pro překročení jisté koncentrace  $C_o = C_{oM}$  penetrantu v okolí, již vlákno není schopné další molekuly absorbovat a  $C_p = C_{oM}$ , bez ohledu na  $C_o$ . Nernstův vztah tedy vyhovuje pro menší hodnoty koncentrace penetrantu v okolí  $C_o$ . Pokud se penetrant váže na specifická místa na povrchu vlákna ( lokalizovaná sorpce s maximální koncentrací vazných míst S) je  $C_p$  úměrná taky rozdílu S -  $C_p$ . Po úpravách resultuje Langmuirova izoterma ve tvaru

$$C_p = \frac{K_L S}{1 + K_L C_o} \quad (2.2)$$

kde  $K_L$  je constanta (afinita specifických míst). Graficky je průběh obou sorpčních izoterm zobrazen na obr. 2.9 [16]



Obrázek 2.9: Porovnání Nernstové a Langmuirovy izotermy [16]

Absorpci řady plynu a par představuje tzv. duální model sorpce jako lineární kombinace Nernstovy Langmuirovy izotermy (kombinace fyzikální a lokalizované sorpce). [16]

### 2.2.3 Kinetika sorpce

Zkoumání rychlosti sorpce a desorpce má své opodstatnění, jelikož se tento proces souvisí s klimatizací vláken, případně textilií, jakož i jejich praním, sušením, bělením, barvením, čištěním. Různé látky mají různou strukturu a u každé je kinetika sorpce odlišná, tudíž vhodná ke zkoumání. [17]

Průběh sorpce, jakožto heterogenního procesu, lze schematicky popsat jako proces o 5 následujících stavech: difuze sorpčních látek k povrchu vláken, sorpce na povrchu, kde můžou látky zreagovat, následná desorpce a difuze do vnitřku látky. Poslední fáze má na celkovou rychlost sorpčního procesu největší vliv. [17]

Nejpoužívanější způsob vyjadřování rychlosti sorpce různých látek do vláken je založen na řešení rychlosti difuze na základě platnosti II. Fickovoho zákona, který vyjadřuje zákonitost mezi časovou a prostorovou změnou koncentrace pronikající látky podle vztahu

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \quad (2.3)$$

kde:

$\frac{\partial c}{\partial t}$  - značí změnu koncentrace s časem při určité vzdálenosti  $x$  ( $x = \text{const}$ )

$\frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$  - druhá derivace koncentrace podle vzdálenosti při určitém čase  $t$   
( $t = \text{const}$ )

$D$  - difuzní koeficient, který závisí od druhu a struktury vláken a textilií a od teploty. [17]

Pro válcové těleso o poloměru  $r$  rovnice II. Fickovoho zákona, má tvar

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{D}{r} \left[ \frac{\partial c}{\partial r} \left( r \frac{\partial c}{\partial r} \right) \right] \quad (2.4)$$

Ve složitějších systémech, jako jsou vlákna, se difuze koeficientu mění i s koncentrací. Některé výsledky měření difuzního koeficientu v závislosti na koncentraci vody ve vláknech při sorpci vlhkosti dokazují, že difuze je velmi pomalá v suchém stavu, ale zrychlí se při zvýšení vlhkosti vlákna. V takových případech je potřeba dosadit do rovnice závislost  $D = f(c)$ . Takto je možné lépe vyjádřit skutečné podmínky difuze, ale numerické řešení je složité. [17]

## 2.2.4 Metody měření sorpce

Existují různé teorie a výpočty pro určení sorpce, popisující vázání molekul nebo pohyb kapaliny vláknennou strukturou. Pro otestování těchto vědomostí jsou zkonstruovány přístroje pro měření sorpce a jejích vlastností, které potvrdí nebo vyvrátí teoretické znalosti v laboratorních podmínkách, například:

AATCC/ASTM Testovací metoda TS-018. Tato metoda testuje absorpci vody do textilie, je měřeno, jaká je doba proniknutí kapky vody položené na povrch textilie do materiálu. [18]

KRÜSS – tato společnost zkoumá zejména povrch textilií, proto stále vykazuje pokroky v oblasti sorpce, například vyvíjením nových přístrojů. Jedním z nich je K100, zařízení měřící povrchové a mezifázové napětí, kontaktní úhel a kritickou micelární koncentraci. [18]

Bundesman Metod – prostřednictvím tohoto postupu se měří smáčivost a prostup vody textilií, určuje odolnost textilií proti sorpci vody, napomáhá zjistit efekt vodoodpudivosti upraveného materiálu.

Proužkový test – tento test zjišťuje, jak vysoko vyvzlíná kapalina za určitý čas v opačném směru ke směru gravitace. [18]

## 2.3 Základy teorie smáčení a vzlínání

### 2.3.1 Smáčivost

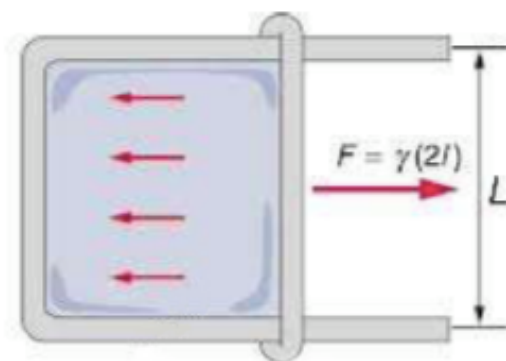
Pojem smáčivost popisuje dokonalé pokrytí povrchu tuhého tělesa kapalnou, například styk tekutiny s textilním materiálem. Kapalina, která v průběhu smáčení proniká do textilního materiálu, uzavírá současně okludovaný vzduch (vzduch přítomný v textilním materiálu) do bublinek. Uzavřený vzduch postupující kapalina stále více stlačuje, až vznikne uvnitř vzduchové bubliny takový tlak, který překoná povrchové napětí postupující kapaliny a bublina unikne z textilního materiálu. S postupem ubývající vzduch se stává textilním materiálem specificky těžší a klesá na dno (vyjma textilních materiálů, jejichž hustota je menší než  $gl^{-1}$ , např. polypropylen, polyethylen). Optimální smáčivost se liší u každé látky v závislosti na koncentraci a teplotě. Dobrá smáčivost textilních vláken je předpokladem k uspokojujivému dispergačnímu účinku. [19]

### 2.3.2 Povrchové napětí

Povrchové napětí je fyzikální vlastnost kapalin, kdy je plocha a energie kapaliny při daném objemu co nejmenší. V tomto stavu je povrch kapaliny tenký a pružný. Při absenci vnějších sil zaujme kapalina tvar koule, což je těleso s nejmenším povrchem. Vrchní vrstva má tloušťku pouze okolo  $10^{-7}$  cm a další vlastnosti se

také liší od vrstev uvnitř kapaliny. Povrchové napětí zapřičiňují mezimolekulární síly. Zajímavostí z přírody jsou živočichové, kteří se díky tomuto fyzikálnímu stavu mohou bezpečně pohybovat po hladině vody. [25]

Maxwellův pokus (viz obr. 2.10) popisuje fyzikální význam povrchového napětí. Do mýdlového roztoku je vnořen drátěný rámeček s posuvnou příčkou. Je pokrytý tenkou vrstvou kapaliny, která je udržována působením síly  $F$  na pohyblivé raménko délky  $L$ . [21]



Obrázek 2.10: Maxwellův pokus [21]

Síla působící na jednotkovou délku raménka dělená dvěma je rovna povrchovému napětí  $\gamma$  s jednotkou  $[Nm^{-1}]$  nebo  $[Jm^{-2}]$  a lze vyjádřit vztahem

$$\vec{\gamma} = \frac{-\vec{F}}{2L} \quad (2.5)$$

kde  $F$  je velikost síly, která odtrhne drátek po jeho vyvážení v kapalině,  $L$  je délka, koeficient „2“ ukazuje, že na kapalině jsou 2 vznikající povrchy. [21]

Povrchové napětí je vektorová veličina, jejíž velikost je číselně rovna povrchové energii  $W$ . Povrchová energie  $W$  vzniká při práci  $A$  dodané k posunutí pohyblivého raménka o malou vzdálenost  $ds$  ve směru působící síly

$$A = Fds = 2\gamma Lds \quad (2.6)$$

Dodaná práce  $A$  se přemění na energii vázanou k povrchu kapaliny. Velikost nově vzniklé hladiny je  $Lds$ . Z toho vyplývá, že pro energii  $W$  připadající na jednotkový povrch platí  $W = \gamma$ . [21]

### 2.3.3 Kohezivní síla

Každá částice kapaliny působí na sousední částice svými přitažlivými kohezivními silami, které působí na sebe na základě elektrostatického přitahování a odpuzování molekul. Kohezivní síla je způsobena nerovnoměrným rozložením náboje v molekule

a prosakováním mimo molekulu. Pokud nastane situace, kdy dochází k nerovnosti kohezních sil na povrchu kapaliny, pak tyto kohezní síly způsobují povrchové napětí na kapalině. Vzájemné působení kohezních sil je velice krátkého dosahu. [22]

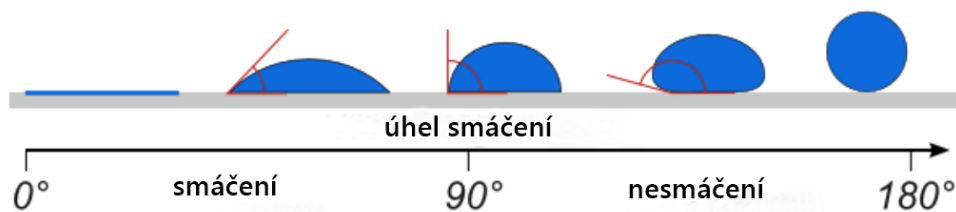
### 2.3.4 Kohezivní tlak

Kohezivní tlak nebo také molekulový tlak, je tlak, který působí na molekulu uvnitř kapaliny. Molekuly nacházející se uvnitř kapaliny na sebe působí přitažlivými silami. Pro výpočet přitažlivých sil, které působí na molekulu kapaliny je rozdílná pro molekulu nacházející se uvnitř kapaliny a molekulu nacházející se na povrchu kapaliny. Uvnitř kapaliny působí na vybranou molekulu silové působení sousedních molekul. Toto silové působení je rovnoměrně rozloženo do všech směrů. Výslednice všech sil je pak rovna nule. Přitažlivé síly mezi molekulami dosahují velmi krátké vzdálenosti. Velikosti přitažlivých sil pak značně klesají se vzdáleností od molekuly. V praxi je tato vzdálenost přibližně  $r_0 = 10^{-9}\text{m}$ . Všechny molekuly vzdálené od vybrané molekuly o  $r_0$  se nacházejí v tzv. sféře molekulového působení. [22]

Rozdílná situace nastává, když je molekula kapaliny vzdálena od povrchu méně než  $r_0$ , pak dochází k situaci, kdy je molekula na povrchu kapaliny. Všechny tyto molekuly vytvářejí tzv. povrchovou vrstvu kapaliny. Zde je výslednice sil, které má směr kolmo od povrchu kapaliny směrem do kapaliny. Velikost této síly se zmenšuje na základě zvětšující se vzdálenosti od povrchu kapaliny. Povrchová vrstva působí na kapalinu jako molekulový tlak. Molekulový tlak tak působí v celém objemu a jeho hodnota je  $v_m = 10^9\text{Pa}$ . [22]

### 2.3.5 Úhel smáčení a Youngova rovnice

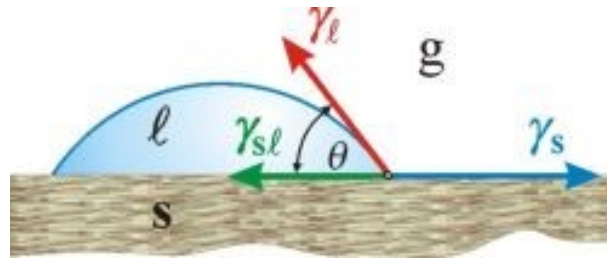
Důležitým pojmem procesu smáčení je tzv. kontaktní úhel neboli úhel smáčení. Je to úhel, který svírá tečna k povrchu kapky vedená v bodě styku kapky s rozhraním. Podle uhlu smáčení rozlišujeme, jestli kapalina pevný povrch smáčí nebo ne. 2.11. [23]



Obrázek 2.11: Smáčecí úhel [23]

Z obrázku 2.11 je vidět že čím je úhel  $\theta$  menší, tím dochází k většímu smáčení povrchu textilie. Je-li úhel větší než  $90^\circ$ , pak je textilie špatně stačivá nebo nesmáčivá. [24]

Kontaktní úhel lze vyjádřit pomocí Youngovy rovnice, která přichází do kontaktu s pevným a plynným skupenství. Tento vztah je založen na základě znalosti kontaktního úhlu a povrchového napětí kapaliny, následného mezifázové napětí mezi tekutinou a pevným skupenstvím a povrchovou volnou energii pevného skupenství. Každému rozhraní fází odpovídá příslušné povrchové napětí. [23]



Obrázek 2.12: Rovnovážný tvar kapky kapaliny na tuhém povrchu [23]

Obrázek 2.12 znázorňuje stav kapky kapaliny na povrchu pevné látky v rovnováze. Povrchová energie pevné látky, která se snaží snížit, způsobuje, že se podél povrchu roztahuje kapka. Tato energie se rovná povrchovému napětí pevné látky na hranici se vzduchem  $\gamma_s$ . Mezifázová energie na hranici pevné látky s kapalinou  $\gamma_{sl}$  naopak směřuje ke stlačení kapky, tj. povrchová energie se snižuje kvůli snížení plochy povrchu. Šíření zabraňují kohezní síly působící uvnitř kapky. Působení kohezních sil je směřováno z hranice mezi pevnou, kapalnou a plynnou fází podél tečny k sférickému povrchu kapky a je rovno  $\gamma_l$  (gravitační síly se neberou v úvahu). Úhel  $\theta$  který je tvořen tečnými k mezifázovým plochám ohraničující smáčecí tekutinu, která má vrchol na rozhraní tří fází, se nazývá stykový úhel smáčení. [23]

Všechny uvažované složky povrchové energie se dají vyjádřit pomocí vektoru sil. Při rovnovážném stavu máme tento vztah:

$$\gamma_s = \gamma_{sl} + \gamma_l \cos(\theta) \quad (2.7)$$

Rovnice 2.7 se nazývá Youngovou. Odsud kvantitativní charakteristiku smáčení – kosinus stykového úhlu možná vyjádřit přes povrchové a mezifázové napětí:

$$\cos(\theta) = \frac{\gamma_s - \gamma_{sl}}{\gamma_l} \quad (2.8)$$

### 2.3.6 Vztlínavost

Vztlínání je přímo závislým jevem na procesu smáčení a může probíhat jen tehdy, pokud je povrch kapiláry smáčen kapalinou. Kapalina, která se dostane do

kontaktu s kapilárou, do ní samovolně proniká, dokud nevznikne rovnovážný stav. Tento proces se nazývá vzlínání. Vzlinavost je vzniká působením kapilárních sil uvnitř struktury textilie. [24]

Principem měření vzlinavosti je svislé umístění vzorků na speciální destičku (měřítko) a namočení jednoho konce do obarvené kapaliny pro lepší znázornění (např. voda s inkoustem). Konce vzorků se ponoří na 2 mm a měří se výška (sací výška  $h$  [mm]). Sací výška zpočátku narůstá rychle, ale při delším čase v dojde k rovnovážnému stavu, kdy se  $h$  dále nemění. [24]

O sací výšce (výšce, do které kapalina vyvzlíná v nekonečném čase) rozhoduje rovnováha mezi silou gravitační ( $F_G$ ) a silou vzlínání ( $F_p$ ), která je dána silovou rovnováhou mezipovrchových sil na rozhraní kapalina-plyn-pevná látka. [25]

Gravitační síla ( $F_G$ ) působící proti vzlínání je funkcí sací výšky ( $H$ ). Pro válcovou kapiláru platí:

$$F_g = mg = SH\rho g = \pi R_K^2 H\rho g \quad (2.9)$$

kde:

$m$  - hmotnost [kg]

$g$  - gravitační zrychlení [ $9.81ms^{-2}$ ]

$S$  - plocha podstavy válcové kapiláry [ $m^2$ ]

$R_K$  - poloměr podstavy válcové kapiláry [m]

$H$  - sací výška [m]

$\rho$  - hustota kapaliny [ $kgm^{-3}$ ]

Síla vzlínání ( $F_p$ ) je na sací výšce nezávislá a je funkcí pouze geometrických a fyzikálně-chemických vlastností rozhraní kapalina-plyn-pevná látka. Pro válcovou kapiláru platí:

$$F_p = O\sigma_{LG}\cos(\Theta) = 2\pi R_k\sigma_{LG}\cos(\Theta) \quad (2.10)$$

Kde:

$O$  - obvod podstavy válcové kapiláry [m]

$\sigma_{LG}$  - mezipovrchové napětí kapalina – vzduch [ $N.m^{-1}$ ]

$\Theta$  - kontaktní úhel [-]

Na základě rovnováhy těchto dvou sil (rovnice 2.9 a 2.10) lze vyjádřit rovnovážnou sací výšku. [25]

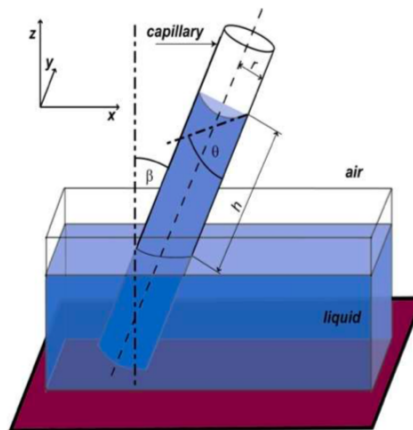
### 2.3.7 Dynamika vztlínání

Základním vztahem pro popis dynamiky procesu vztlínání je Lucas-Washburnova rovnice 2.14. Tato rovnice vychází z rovnováhy mezivrchových a gravitačních sil pro kapalinu mezi vlákny a lze ji použít pro výpočet dynamiky vztlínání u systému rovnoběžných kapilár. [25]

### 2.3.8 Model válcové kapiláry (Lucas-Washburnův vztah)

S teorií smáčení vlákných materiálů přišli nezávisle na sobě Lucas a Washburn. Oba popisují rychlost  $\frac{d}{dt}$  toku tekutiny válcovitou kapilárou o poloměru  $r$  jako funkci hnacího tlaku. Předpokládá se, že proudění je laminárně viskózní, není stlačitelné a že délka kapiláry je mnohem větší než její šířka.

Válcová kapilára – zjednodušení mnohotvárné struktury vlákně hmoty do podoby jediné kapiláry. Uvnitř kapiláry je kapalina transportována díky povrchovému napětí. Experimentální výsledky ukazují, že tento silně zjednodušený model dává kvalitativně srovnatelné výsledky s chováním textilií při transportu kapalin. [26]



Obrázek 2.13: Válcová kapilára [26]

Lucasův – Washburnův vztah je odvozen ze vztahů pro objem  $V$  newtonovské viskózní kapaliny o viskozitě  $\eta$ , který proteče za čas  $t$  trubicí o poloměru  $r$  a délce  $h$ , mezi jejímiž konci je rozdíl tlaků  $(p_1 - p_2)$ .

Tok  $\frac{dV}{dt}$  trubicí je dán vztahem odvozovaným v teorii kontinua, označovaným jako Hagenův – Poiseuilleův zákon (2.11).

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\pi(p_1 - p_2)r^4}{8h\eta} \quad (2.11)$$

V kapiláře vzniká tlak  $p_1$  díky zakřivenému povrchu kapaliny s povrchovým napětím  $\gamma$ . V případě, že meniskus kapaliny svírá se stěnou kapiláry úhel  $\Theta$  je  $p_1$



dán výrazem

$$p_1 = \frac{2\pi r \gamma \cos \Theta}{\pi r^2} = \frac{2\gamma \cos \Theta}{r} \quad (2.12)$$

Za meniskus kapaliny je označeno její tvar v blízkosti styku se smáčeným objektem. Tlak  $p_2$  v kapiláře ve výšce odpovídající okolní hladině kapaliny je hydrostatickým tlakem  $p_2 = \rho g h \cos \beta$ . Po dosazení dostaneme rovnici 2.13.

$$\frac{\pi r^2 dh}{dt} = \frac{\pi r^4}{8\eta h} \left( \frac{2\gamma \cos \Theta}{r} - \rho g h \cos \beta \right) \quad (2.13)$$

Rychlost postupu tekutiny při vztlínání v kapiláře dosazena veličinou  $\frac{dh}{dt}$ , která se vyjádří z rovnice 2.13

$$\frac{dh}{dt} = \frac{r\gamma \cos \Theta}{4\eta h} - \frac{r^2 \rho g h \cos \beta}{8\eta} \quad (2.14)$$

V relaci 2.14 se předpokládá, že je kapilára dostatečně malá pro to, aby si postupující kapalinový meniskus zachoval tvar kulového vrchlíku neporušeného gravitací. Toho je zpravidla dosaženo za podmínky  $r \leq 0.1 \sqrt{\frac{\gamma}{\rho g}}$ .

Malý průměr kapiláry zajistí rychlé vytvoření menisku při vnoření kapiláry do kapaliny. Pro kapaliny podobné vodě jsou výše uvedené požadavky splněny pro kapiláry o  $r \leq 0.3 \text{ mm}$ . [26]

## 2.4 Sušení textilních materiálů

Při procesu sušení dochází k odpařování vody či jiné kapaliny z materiálu a pára se přesouvá do okolního plynu. Odstranit přebytečnou vodu z textilie lze buď mechanicky nebo termicky odpařením nežádoucí vody. K úplnému vysušení je tepelný proces nezbytný.

### 2.4.1 Klasifikace vlhkosti u textilních materiálů

Vlhkost je na textilní materiály vázána různým způsobem. Podle vazeb vlhkosti na textilní vlákno lze vlhkost klasifikovat jako adhezní, kapilární, hygroskopickou, bobtnací a chemicky vázanou.

Adhezní vlhkost se vyskytuje převážně na povrchu textilních vláken vlivem jejich povrchové hydrofilnosti. Této vlhkosti se dá lehce zbavit mechanickým působením jako je ždímání (tlak), odstředivá síla nebo proud vzduchu. Často bývá

definována jako vlhkost odstranitelná mechanickým způsobem.

Kapilární vlhkost dělíme na makrokapilární (mezi jednotlivými vlákny nebo přízemi), nebo mikrokapilární (tvořenou strukturálními částicemi vlákna). V kapilárách vznikne buď smočením materiálu nebo kontaktem s velmi vlhkým okolím. Krom adhezních sil působí na vodu v kapilárách i vazební síly kohezní, a z toho důvodu nelze již veškerou kapilární vlhkost odstranit mechanicky. Zbytek vlhkosti je tudíž odstraněn termicky. [27]

Hygroskopická vlhkost je množství vlhkosti vázané vláknem hygroskopický ze vzduchu. Molekuly vody jsou přímo vázány na molekulu textilie a jejich množství závisí na počtu neobsazených pozic v řetězci molekuly textilního polymeru. Tato vlhkost je v rovnováze s relativní vlhkostí vzduchu. V počáteční fázi procesu jsou molekuly rychle absorbovány amorfními oblastmi vlákna a mění ze z plynu na kapalinu. Během toho se uvolňuje výparné teplo vody, nazývané sorpční teplo, a projevuje se jako exotermická reakce.

Vlhkost bobtnací vzniká, když materiál přijímá vlhkost pouze při přímém kontaktu s větším množstvím vody. Podmínkou je průnik vlhkosti osmoticky následkem kmitavého pohybu makromolekul a následné navázání prostřednictvím vodíkových můstků na textili. Bobtnáním přijímá materiál procentuálně víc vlhkosti, než při počáteční sorpční vlhkosti. [27]

Schopnost různých materiálů zadržovat vlhkost je uvedena v tab. 2.1.

Materiál	Vlhkost [%]		Maximální celkový příjem vlhkosti [%]
	Hygroskopická	Chemicky vázaná	
vlna	13 - 18	8	20 -30
přírodní hedvábí	9 - 10	4,5	30 - 40
bavlna	7 - 8	3,5	40 - 45
viskózové hedvábí	13 - 14	7,5	80 - 120
acetátové hedvábí	6,5	-	16 - 25
polyamid	4 - 4,5	2,4	10 - 12
polyester	0,3 - 0,4	-	3 - 5

Tabulka 2.1: Typy vlhkosti zadržované různými druhy textilního materiálů [28]

Tím je zdůvodněno i obtížné vysoušení odvodněných viskózových materiálů v porovnání s klasickými přírodními nebo plně syntetickými vlákny.

Hygroskopickou vlhkost nelze odstranit mechanicky, je nutné ji za teploty vyšší, než odpovídá teplotě nasycených par při daném okolním tlaku převést na páru. Tento proces se nazývá sušení.

Chemicky vázaná vlhkost je součástí chemické struktury textilního materiálu. Lze ji odstranit pouze vysokou teplotou, převyšující bod varu vody, avšak jejím

odstraněním by došlo k rozrušení struktury vlákna. [27, 28]

## 2.5 Odstraňování vlhkosti sušením

Termické sušení odstraní zvláště tu vlhkost, kterou je obtížné odstranit mechanicky. Patří sem vlhkost volná, tj. adhezní a část kapilární. Zde můžeme použít zákony odpařování vody z volné hladiny. Druhý typ je vlhkost vázaná, patří sem vlhkost v mikrokapilárách, vlhkost hygroskopická a bobtnací. Všechny typy vázaných vlhkostí se ze struktury vláken odstraňují zvýšenou energií. [27]

Vysušení každého materiálu je možné pouze do rovnovážné vlhkosti. Ta je dána jasným složením vlákenného polymeru a teplotou, tlakem a relativní vlhkostí okolního vzduchu. Vlhkost textilie je obvykle definována jako hmotnostní podíl vlhkosti ve vysušeném materiálu závislý na jednotce absolutně suchého materiálu (jediná vlhkost v něm obsažená je chemicky vázaná). Tento podíl vlhkosti se nazývá měrná vlhkost látky, označuje se  $\chi$  a dá se vyjádřit vztahem 2.15 [28]

$$\chi = \frac{m_{H_2O}}{m_s} 100 [\%] \quad (2.15)$$

kde:

$$m_{H_2O} = m_M - m_S$$

$m_{H_2O}$  - hmotnost vody

$m_M$  - hmotnost vlhké textilie

$m_s$  - hmotnost vysušené textilie

### 2.5.1 Způsoby sušení textilií

K odpařování kapaliny z pevného materiálu je nutno dodat energii. V závislosti na způsobu přívodu energie rozeznáváme kontaktní, mikrovlnné, radiační a konvekční způsoby sušení. Při kontaktním sušení se teplo předává sušenému materiálu vedením z vyhřívané plochy, např. kovového svazku trubek nebo vyhřívaného pláště nádoby. Kontaktní sušárny obvykle pracují za nízkých tlaků, což umožňuje urychlit proces sušení a pracovat při nižší teplotě sušeného materiálu. V mikrovlnných sušárnách je r rádiovými mikrovlnami o frekvenci 915 nebo 2450 MHz předávána energie látkám s nesymetrickou molekulární strukturou (s dipólovým momentem), přičemž orientační polarizace molekul je doprovázena vznikem tepla. Radiační sušárny se používají k dosušování a povrch materiálu je v nich zahříván infračerveným zářením o vlnové délce 1 až 2  $\mu m$ . Konvekční sušení je v praxi nejrozšířenější a teplo při něm na povrch materiálu přestupuje z proudícího plynu (horkého vzduchu, spalin apod.), který je se sušeným materiálem v bezprostředním styku. [25]

## 3 Experimentální část

Cílem experimentální části je zjistit, jak jednotlivé složky složitých vlákněných struktur mají vliv na celý výrobek. Všívaná textilie se skládá ze tří složek (vlas, podkladová textilie a zátěr). Všechny tyto složky se svými vlastnostmi nějak podílejí na sorpčních a desorpčních vlastnostech celého výrobku. Experiment by měl objasnit vliv vlastností jednotlivých složek na celek. Pro tento účel byly vytvořeny různé vzorky na všívacím stroji, na kterých byly provedeny sorpční a desorpční zkoušky.

Výroba a testování vzorků proběhlo na půdě Katedry netkaných textilií a nanovlákněných materiálů.

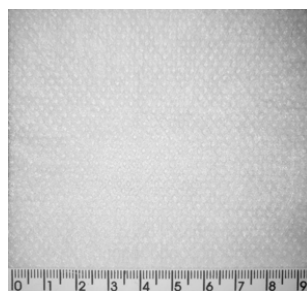
### 3.1 Použité materiály a jejich charakteristika

V této kapitole je uveden výběr materiálu a jeho parametrů jako je jemnost, plošná hmotnost, tloušťka a zákrut nití.

Pro výrobu vzorku byly použity materiály od firmy GRUND, a.s. Mladé Buky, které jsou běžně používané při výrobě jejich sortimentu jako jsou například koupelnové předložky.

#### 3.1.1 Podkladová textilie

Jako podkladová textilie byla použita netkaná textilie firmy DuPont (obrázek 3.1). DuPont Typar – je univerzální netkaný materiál vyvinutý společností DuPont jako primární podklad pro koberce. Typar je vyroben technologií spunbond ze 100% polypropylenu, bez použití cizích pojiv nebo plniv.



Obrázek 3.1: Podkladová textilie

Parametry podkladové textilie byli převzatý z materiálového listu a jsou uvedeny v tabulce 3.1.

Vlastnosti	Norma	Hodnota	Jednotka
Plošná hmotnost	EN ISO 9864	170	$g/m^2$
Tloušťka	EN ISO 9863-1	mm	0.56
Pevnost v tahu $MD^*$	EN 29073-3	285	N/5 cm
Proudlení při max. síle $MD^*$	EN 29073-3	35	%
Pevnost v tahu $XD^{**}$	EN 29073-3	450	N/5 cm
Prodloužení při max. síle $XD^{**}$	EN 29073-3	34	%
$MD^*$ - Machine direction (strojový směr), $XD^{**}$ - Cross direction (příčný směr)			

Tabulka 3.1: Parametry podkladové textilie

Pro ověření bylo provedeno měření plošné hmotností a tloušťky.

### Měření plošné hmotností

Plošná hmotnost je definovaná jako podíl hmotnosti textilie na jednotku plochy, u netkaných textilií stanovena dle normy ČSN EN 29073-1. [30]

Pro výpočet plošné hmotností  $m_s [g.m^{-2}]$  podkladové textilie byl použit vzorec:

$$m_s = \frac{m}{S} \quad (3.1)$$

kde  $m_s$  je plošná hmotnost materiálu o hmotnosti  $m [g]$  a ploše  $S [m^2]$ .

Hmotnost podkladové textilie byla změřena u deseti čtvercových vzorcích o velikostí 0,1 x 0,1 m. Výsledky naměřených hodnot jsou uvedeny v příloze v tabulce A.1.

### Měření tloušťky

Tloušťka plošné textilie obecně je definovaná jako kolmá vzdálenost mezi lícem a rubem textilie. Existuje velké množství měřících přístroje pro určení tloušťky materiálu fungujících na různých principech s destruktivními a nedestruktivními

metodami, s ručním a digitálním měřením.

Měření tloušťky netkané textilie bylo provedeno pomocí digitálního tloušťkoměru Elcometer 456, obr. 3.6 Bylo provedeno 10 měření z náhodné plochy textilního materiálu. Výsledky měření jsou uvedeny v příloze v tabulce A.2.

### 3.1.2 Příze

Pro výrobu vlasové nití všívané textilie byly použity dva druhy příze: akrylová a bavlněná. Parametry příze jsou uvedeny v tabulce 3.2.

#### Měření jemnost příze

Jemnost lineárních textilních útvarů vyjadřuje se poměrem mezi jejich délkou a hmotností. Pro zjištění jemností příze byl použit vzorec:

$$T = \frac{m}{l} \cdot 10^3 \text{ [tex]} \quad (3.2)$$

kde:

m - je hmotnost [g]

l - je délka [m]

Hmotnost akrylové a bavlněné příze byla změřena u deseti vzorku o délce 1 m. Po dosazení do 3.2 byla vypočtena jemnost příze. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze v tabulce B.1.

#### Měření zákrutu příze

Zákrut vyjadřuje počet otáček, které vloží zakrucovací pracovní organ do paralelizovaného vlákenného svazku na jeho určitou délku. [24]

Pro zkoušení zákrutu byla použita přímá metoda. Testování probíhalo následným způsobem: 1) příze byla zafixovaná v čelistech zákrutoměru o upínací délku 0,5 m; 2) příze byla rozkrucována otáčkami do stavu, kdy skana příze už neměla žádné zákruty; 3) – zjištění počtu zákrutu a směr zákrutu, zda se jedná o zákrut levý (S) nebo pravý (Z); 4) přepočítání výsledku na 1 m.

Bavlna	Akryl
500 Tex Z 144 x 2 S 160 x 4 Z 500	300 Tex S 200 x 2 Z 90

Tabulka 3.2: Parametry příze

## 3.2 Výroba vzorků

Bylo vyrobeno 18 druhů vzorků z akrylové a bavlněné příze.

### 3.2.1 Příprava vzorku z akrylové příze

Byly připraveny 3 vzorky z hydrofobní příze a 6 vzorků z hydrofilní příze. Příze byla hydrofilizována praním a použitím aviváže-koncentrátu. Popis připravených vzorků z akrylové příze je uveden v tabulce 3.3.

Vzorek	Popis vzorku
Aa	Akryl hydrofobní všíván do podkladové textilie bez zátěru
Ba	Akryl hydrofobní všíván do podkladové textilie se zátěrem
Ca	2x všíván akryl hydrofobní do podkladové textilie bez zátěru
Da	Akryl hydrofilizován praním všíván do podkladové textilie bez zátěru
Ea	Akryl hydrofilizován praním všíván do podkladové textilie se zátěrem
Fa	2x všíván akryl hydrofilizován praním do podkladové textilie bez zátěru
Ga	Akryl hydrofilizován aviváží všíván do podkladové textilie bez zátěru
Ha	Akryl hydrofilizován aviváží všíván do podkladové textilie se zátěrem
Ia	2x všíván akryl hydrofilizován aviváží do podkladové textilie bez zátěru

Tabulka 3.3: Popis připravených vzorků z akrylové příze

2x všívaná znamená dvojnásobný počet stehu. Z technických důvodů nebylo možno nastavit na všívacím stroji větší počet jehel pro dosažení menší vzdálenosti mezi stehy, aby vyrobil všívanou textilií s hustějším vlasem, proto bylo ještě dodatečně všíváno mezi stehy.

### 3.2.2 Příprava vzorku z bavlněné příze

Stejný počet vzorků byl připraven i z akrylové příze, 3 vzorků z hydrofobní příze a 6 vzorků z hydrofilní příze.

Bavlněná příze je obecně považována za hydrofilní a původně byla zvolena pro výrobu hydrofilních vzorků. Avšak při měření se prokázalo, že je hydrofobní proto byla hydrofilizována praním a aviváží. Hydrofobnost příze mohla být způsobena zbytkem povrchových vosků nebo i možná nějakou apreturou, která nebyla u příze nijak označena. Popis připravených vzorků z bavlněné příze je uveden v tabulce 3.4.



Vzorek	Popis vzorku
A	Bavlna hydrofobní všívaná do podkladové textilie bez zátěru
B	Bavlna hydrofobní všívaná do podkladové textilie se zátěrem
C	2x všívána bavlna hydrofobní do podkladové textilie bez zátěru
D	Bavlna hydrofilizovaná praním všívaná do podkladové textilie bez zátěru
E	Bavlna hydrofilizovaná praním všívaná do podkladové textilie se zátěrem
F	2x všívána bavlna hydrofilizovaná praním do podkladové textilie bez zátěru
G	Bavlna hydrofilizovaná aviváží všívaná do podkladové textilie bez zátěru
H	Bavlna hydrofilizovaná aviváží všívaná do podkladové textilie se zátěrem
I	2x všívána bavlna hydrofilizovaná aviváží do podkladové textilie bez zátěru

Tabulka 3.4: Popis připravených vzorků z bavlněné příze

### 3.2.3 Hydrofilizace příze

Hydrofilnost příze byla dosažena praním při vysokých teplotách kolem  $80^{\circ}\text{C}$  nebo použitím aviváže-konzentrátu (13-1927), Stantex S6327 od Pulcra Chemicals.



Obrázek 3.2: Aviváže Stantex S6327  
(A) Neředěná (B) Ředěná s vodou 1:13

Hydrofilizace příze pomocí aviváží byla provedena tak, že příze byla ponořena do speciální nádoby s aviváží podle doporučení výrobce s ředěním 1:13. Vzorky příze byly následně protaženy přes válec, viz. obrázek 3.3. Dalším krokem bylo sušení příze v sušárně při teplotě  $100^{\circ}\text{C}$  a navíjení příze na cívku.



Obrázek 3.3: Hydrofilizace příze aviváže přes válce

### 3.2.4 Všívaní příze do podkladové textilie

Výroba vzorku byla provedena na všivacím stroje Venor, viz. obrázek 3.4. Všívací stroj vyrábí textilie s taženým vlasem, s výškou smyčky 9 mm, počtem vpichů – 23 na 10 cm a s počtem 18 jehel.



Obrázek 3.4: Všívací stroj

Proces všívání probíhá následným způsobem:

Od podávacích válečků je vlasový materiál veden vodícími lištami do oček všívacích jehel. Jehly kmitají svisle a všívají vlasový materiál do podkladové textilie. Podkladová textilie je vedena na tažný válec, s rychlostí průchodu podkladové textilie se řídí počet vpichů. Na tomto všívacím stroji bylo dosaženo vpichu – 20 na 10 cm.

Tvorba smyček se docílí tím, že všívací jehly s vlasovým materiálem prošívají podkladovou textilie. Pokud dosáhne jehla dolní úvrati, zachytí příslušný háček vlasový materiál a podrží ho tak dlouho, až jehla dosáhne horní úvrati. Pak se vykloní, pustí vlasový materiál a celý úkon se opakuje. Mezitím se plynule odtahuje podkladová textilie příslušnou rychlostí. Všívací jehly jsou uloženy v jehlové tyči a háčky na spodní hřídeli. Jehly a háčky vykonávají synchronizovaný pohyb. Proti každé jehle je háček, který zachycuje smyčky.

Bylo vyrobeno 18 druhů vzorků, lišící se od sebe hustotou vlasu, použité příze a její vlastností – hydrofilní/hydrofobní, a taky podkladovou textilií se zátěrem nebo bez zátěru.

Obvykle se vlas všije do podkladové textilie a následně zafixuje zátěrem. Zatírání by však přineslo další parametr, který by mohl ovlivňovat zjišťované sorpční vlastnosti, a proto všívání proběhalo do podkladové textilie již opatřené zátěrem. Původní záměr vyhnout se zatírání vůbec nešlo použít, protože zátěr zásadně změnil vlastnosti podkladové textilie. Původní vysoká hydrofilnost podkladovky se zátěrem výrazně snížila. Po zjištění této změny bylo rozhodnuto se zeptat dodavatele, jestli ví o této změně a jestli mají latex v nějaké formě, která po nanesení na podkladovou textilií bude více hydrofilní. Popřípadě, jestli bylo možné poslat vzorek. Autor této práce se obrátil na dodavatele latexu EOC Belgium a bylo potvrzeno, že se jedná o hydrofobní polymer, a řečeno že dodávaná sloučenina je založena na emulzi SBR latexu (butadienový kaučuk Styren). Co se ale týkalo otázky o hydrofilním latexu bylo uhnuto a doporučeno myslet opačným směrem. Bylo doporučeno se zamyslet nad tím, že čím hydrofobnější je podklad a tkanina, tím méně vody daná tkanina přijme a tím méně vody by mělo být odpařeno. Cituji obdrženu odpověď: *„I understand your mission in this but increasing hydrophilic properties of the backing will cause the whole carpet to accept more water during washing and thus more water to evaporate from the whole product in my opinion. Maybe you should think in opposite way, the more hydrophobic the backing and fabric is, the less water it will accept, the less water should be evaporated. Making the yarns and primary backing more hydrophobic will possibly give this effect.“*

## 3.3 Měření vlastností připravených vzorků

### 3.3.1 Měřicí přístroje a zařízení pro experiment

V této kapitole jsou popsány přístroje, pomocí kterých se provádělo měření. Jejich charakteristika a základní popisy měření.

#### Analytické váhy

Analytické váhy jsou určeny na přesné zjištění hmotnosti požadovaných materiálů, používají se nejen v laboratorních ale i v průmyslových podmínkách. Daný model analytických vah Kern KB 2000 – 2N má váživost - 2010 g, dílek – 0,01 a mají následně funkce: vážení, tárování, programovatelná jednotka, počítání kusů, podvěsné vážení, práce s procenty.



Obrázek 3.5: Analytická váha

#### Digitální tloušťkoměr

Tloušťka podkladové textilie byla změřena pomocí digitálního tloušťkoměru. Tloušťkoměr Elcometer 456 se používá pro měření tloušťky suchých vrstev, rozsah měření je 0-1500  $\mu\text{m}$ . Přesnost měření  $\pm 1\%$  a to na hladkých, drsných, tenkých i zakřivených površích, umožňuje provést až 70 měření za minutu. Průměr testovací plochy je 28 mm, hmotnost sondy je 400g. Zařízení pro měření tloušťky materiálu je znázorněno na obrázku 3.6.



Obrázek 3.6: Digitální tloušťkoměr

Pro změření tloušťky materiálu je potřeba sondu přiložit kolmo k povrchu, na displeji hned bude znázorněn výsledek. Pro další měření je potřeba zvednout sondu a opět přiložit na povrch.

### Měřič vzlínavostí

Vzlínání do přize a podkladové textilie bylo měřeno pomocí proužkového vzlínacího testu na přístroji znázorněném na obrázku 3.7.



Obrázek 3.7: Měřič vzlínavostí

Testovaná textilie nebo přize se testuje kolmo k hladině, k měřítku se připevní testující materiál, pomocí šroubu povolí a postupně spustí dolů, až se konec

textilie ponoří do vany s kapalinou do hloubku 2 mm. Následně se sleduje sací výška v závislosti na čase. Do vany byla nalita voda s inkoustem pro lepší znázornění sací výšky. Bylo provedeno 5 měření každého materiálu. Výsledku testu vzlínavostí přize jsou zobrazeny v tabulce 3.5 a 3.6.

Číslo měření	Sací výška [cm]		
	Hydrofobní	Hydrofilizovaná práním	Hydrofilizována aviváží
1	0,1	5,3	4,8
2	0,2	4,5	6
3	0,2	5,2	6,5
4	0,1	5	6,2
5	0,1	4,8	5,4
Průměr	0,14	4,96	5,77
Rozptyl	0,012	0,41	1,84
Směrodatná odchylka	0,10	0,64	1,36

Tabulka 3.5: Výsledku testu vzlínavostí bavlněné přize

Číslo měření	Sací výška [cm]		
	Hydrofobní	Hydrofilizovaná práním	Hydrofilizována aviváží
1	0,2	4,2	3,5
2	0,3	4,5	3,3
3	0,2	4,1	3,7
4	0,2	3,6	3,1
5	0,3	4	3,5
Průměr	0,24	4,08	3,42
Rozptyl	0,01	0,43	0,20
Směrodatná odchylka	0,10	0,65	0,45

Tabulka 3.6: Výsledku testu vzlínavostí akrylové přize

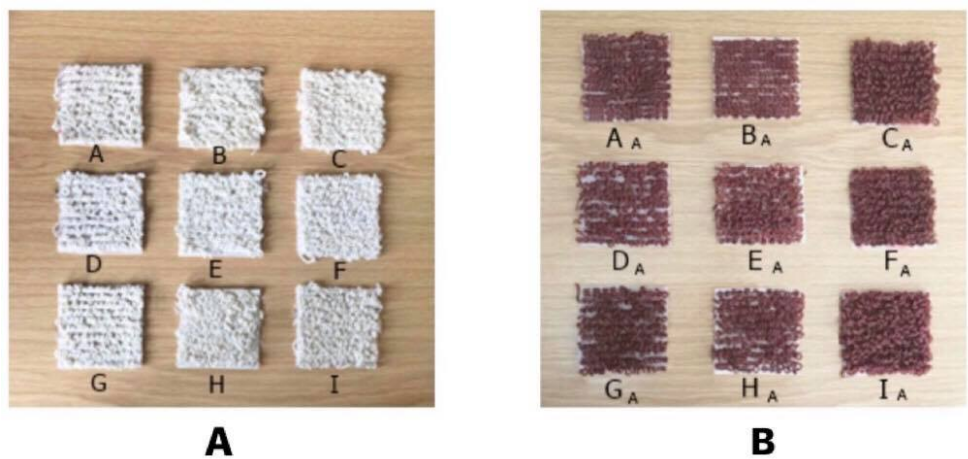


Číslo měření	Sací výška [cm]	
	Původní hydrofilní	Se zátěrem
1	5,2	0,6
2	5,1	0,5
3	5,4	0,6
4	4,8	0,4
5	5,3	0,5
Průměr	5,16	0,52
Rozptyl	0,21	0,03
Směrodatná odchylka	0,46	0,17

Tabulka 3.7: Výsledku testu vzlínavostí podkladové textilie

### Testování desorpčních vlastností vzorků

Pro testování desorpčních vlastností vzorků bylo připraveno 9 vzorků z bavlněný příze a 9 vzorků z akrylové příze rozměrem 80 x 80 mm viz. obrázek 3.8. Před testováním vzorky byly klimatizovány v klimatizační komoře po dobu 24 hodin.



Obrázek 3.8: Vzorky z akrylové a bavlněné příze  
(a) Vzorky z bavlněné příze (b) Vzorky z akrylové příze

Každý vzorek před testováním a po nanášení 1 ml vody byl zvážen. Voda byla nanášena pomocí stříkačky po celém vzorku.



Obrázek 3.9: Vzorek se stříkačkou

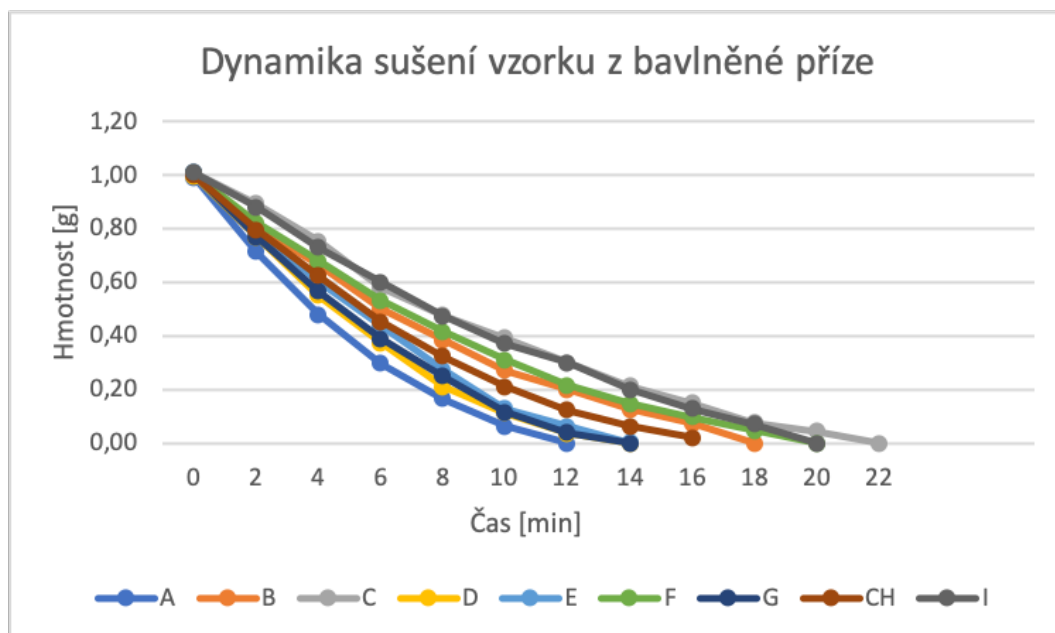
Po nanášení vody a zvážený, vzorek byl umístěn do laboratorní sušárny a každé dvě minuty byl zvážen. Sušení vzorku proběhalo při teplotě  $50^{\circ}\text{C}$ . Původně bylo plánováno, že teplota sušení bude napodobovat povrchovou teplotu podlahy, a to je podle normy ČSN EN 1264 "Návrhy teplovodního podlahového vytápění", kde jsou stanoveny maximální povrchové teploty podlahy: obytné místnosti  $29^{\circ}\text{C}$ , koupelna  $33^{\circ}\text{C}$ . Z toho důvodu, že laboratorní sušárnu nejde nastavit na danou teplotu a ne všechny byty mají podlahové vytápění, tak byla zvolena teplota zhruba odpovídající teplotě radiátoru.



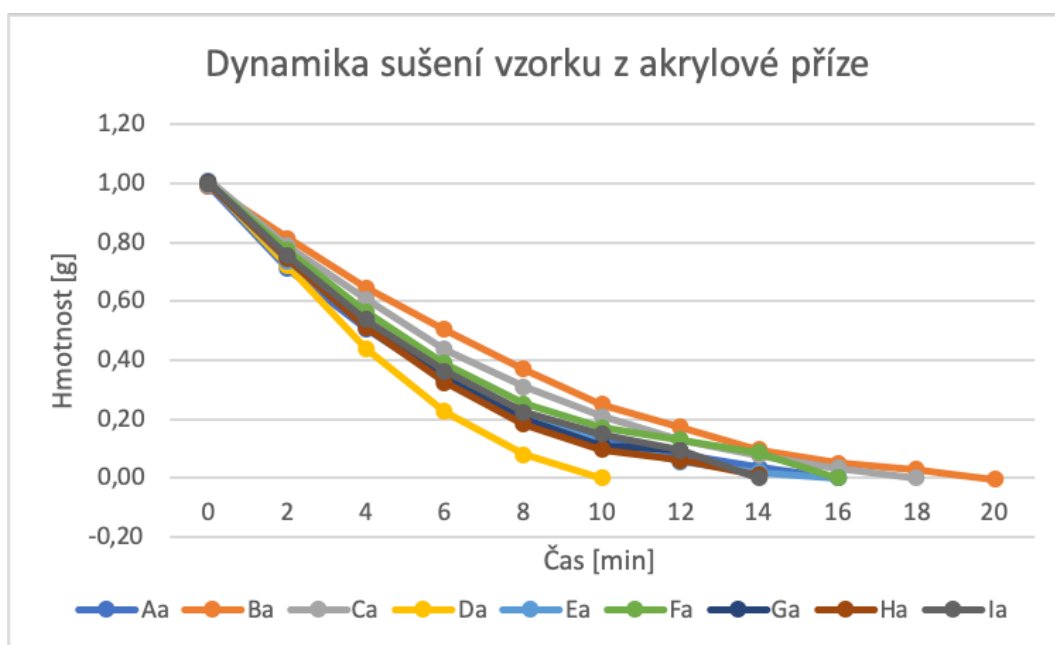
Obrázek 3.10: Sušárna

Jak je uvedeno v tabulce 3.2 a 3.2 bylo vytvořeno 18 různých vzorků, každý vzorek byl testován třikrát. Desorpce vody byla testována 54krát. Výsledky experimentu jsou uvedeny v tabulkách v příloze C, na obrázku 3.11 a 3.12 je zobrazen graf tvořen z průměrných hodnot, který znázorňuje dynamiku sušení vyrobených vzorků.





Obrázek 3.11: Dynamika sušení vzorku z bavlněné příze



Obrázek 3.12: Dynamika sušení vzorku z akrylové příze

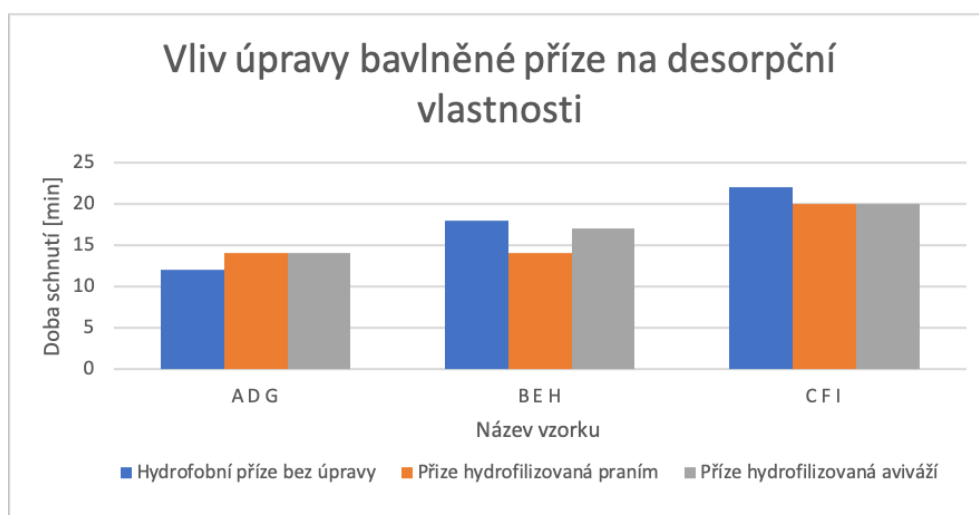
Průměrná doba vysychání každého vzorku je zobrazeno v tabulce 3.8, a v další kapitole grafické znázornění s popisem.

Průměrná doba sušení ze 3 měření každého vzorku			
Vzorek z bavlněné příze	Doba vysušení [min]	Vzorek z akrylové příze	Doba vysušení [min]
A	12	$A_A$	16
B	18	$B_A$	20
C	22	$C_A$	18
D	14	$D_A$	10
E	14	$E_A$	16
F	20	$F_A$	16
G	14	$G_A$	12
H	17	$H_A$	14
I	20	$I_A$	14

Tabulka 3.8: Průměrné hodnoty zkoušky vysychání

### 3.4 Diskuze výsledků

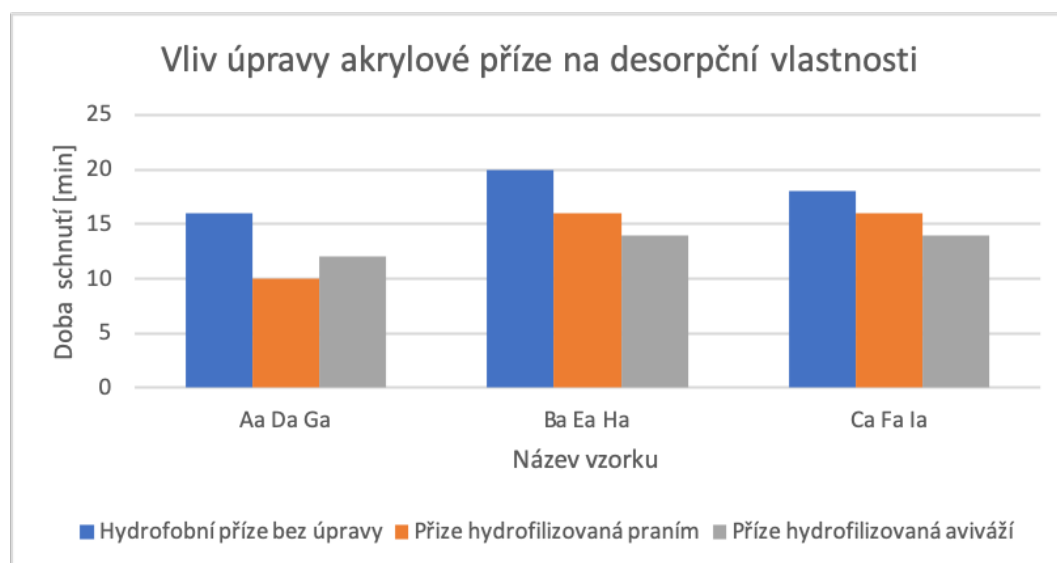
Vliv úpravy bavlněný příze na desorpční vlastnosti zobrazuje 3.13.



Obrázek 3.13: Vliv úpravy bavlněný příze na desorpční vlastnosti kde skupina vzorku ADG – všívaná do podkladové textilie bez zátěru, BEH - všívaná do podkladové textilie se zátěrem, CFI – 2x všívaná do podkladové textilie bez zátěru

Z uvedeného grafu 3.13 je vidět, že vzorky z neupravené hydrofobní příze schnou pomaleji, pouze při porovnání vzorku s řídkým vlasem uschnuly rychleji, to bylo způsobeno tím, že příze nesají dovnitřní struktury tekutinu a tekutina se rozteče do podkladové textilie.

Vliv úpravy akrylové příze na desorpční vlastnosti zobrazuje graf 3.14.



Obrázek 3.14: Vliv úpravy bavlněný příze na desorpční vlastnosti kde skupina vzorku AaDaGa – všívaná do podkladové textilie bez zátěru, BaEaHa - všívaná do podkladové textilie se zátěrem, CaFaIa – 2x všívaná do podkladové textilie bez zátěru

Z grafu 3.14 je vidět, že vzorky z akrylové hydrofobní příze, schnou pomaleji. Vzorky, které měly vlas hydrofilizován praním nebo aviváží schly rychleji. To bylo způsobeno tím, že když je příze hydrofilní, tak vodu nasají a voda se rozšíří uvnitř vlasu a tím má větší plochu a odpaří se rychleji. Naopak hydrofobní vlas vodu nenasaje dovnitř struktury, kapalina vytvoří tvar kapky a tím je odpařování zpomaleno.

Vliv úpravy podkladu u vzorku z akrylové příze na desorpční vlastnosti znázorňuje graf 3.15.



Obrázek 3.15: Vliv úpravy podkladu u vzorku z akrylové příze na desorpční vlastnosti kde skupina vzorku AaBa – z hydrofobní příze, DaEa – z příze hydrofilizované práním, GaHa – z příze hydrofilizované aviváží

Z grafu 3.15 je vidět, že vzorky se zátěrem schly pomaleji, to bylo způsobeno tím, že jak bylo uvedeno v experimentální části po zátěru latexem podkladová textilie mění své vlastnosti, a to bylo i potvrzeno dodavatelem latexu, že se jedná o hydrofobní polymer.

Vliv úpravy podkladu u vzorku z bavlněné příze na desorpční vlastnosti je zobrazeno na graf 3.16.



Obrázek 3.16: Vliv úpravy podkladu u vzorku z bavlněné příze na desorpční vlastnosti kde skupina vzorku AB – z hydrofobní příze, DE – z příze hydrofilizované práním, GH – z příze hydrofilizované aviváží

Stejně jak ve vzorcích z akrylové příze zátěr zpomaluje odpařování vody ze vzorku, to je způsobeno změnou vlastností podkladové textilie po zátěru.

Vliv hustoty vlasu u vzorku z bavlněné příze na desorpční vlastnosti je znázorněn na grafu 3.17.



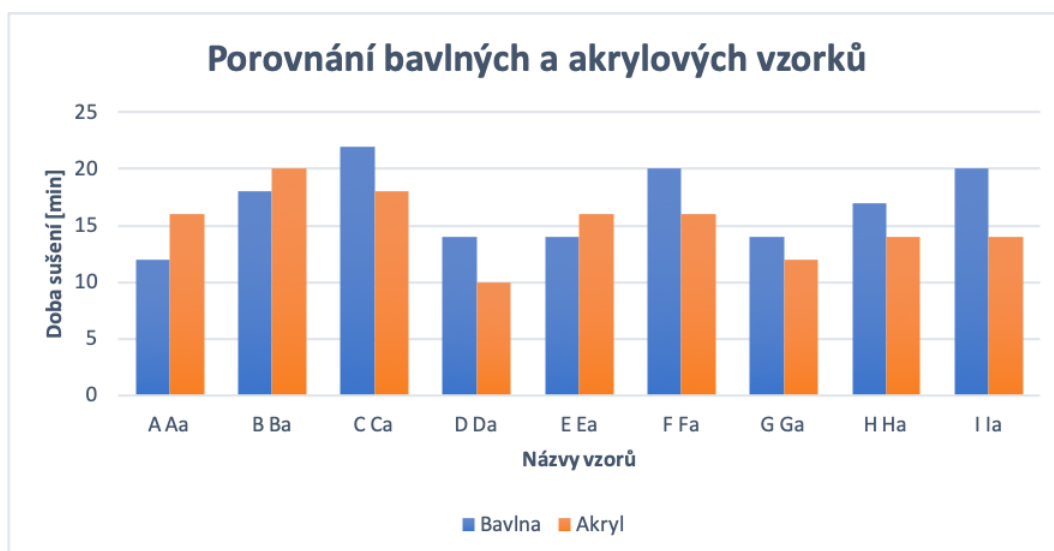
Obrázek 3.17: Vliv hustoty vlasu u vzorku z bavlněné příze na desorpční vlastnosti kde skupina vzorku AC – z hydrofobní příze, DF – z příze hydrofilizována přáním, GI – z příze hydrofilizována aviváží

Z uvedeného grafu 3.17 je vidět, že vzorky s hustějším vlasem schly pomaleji než s řídkým vlasem, to bylo způsobeno tím, že u řídkých vlasů je větší část tekutiny prosáknuta do podkladové textilie a odtud se odpařuje rychleji kvůli většímu povrchu.

Vliv hustoty vlasu u vzorku z akrylové příze na desorpční vlastnosti je znázorněno na grafu 3.18.



Obrázek 3.18: Vliv hustoty vlasu u vzorku z akrylové příze na desorpční vlastnosti kde skupina vzorku AaCa – z hydrofobní příze, DaFa – z příze hydrofilizována práním, GaIa – z příze hydrofilizována aviváží



Obrázek 3.19: Závislost druhu příze na dobu schnutí

Z grafu 3.19 je vidět, že většina vzorků s akrylovou přízí schly rychleji než vzorky z bavlněné příze. Jen u vzorku A, B a E můžeme vidět opačnou situaci, kde naopak vzorky z bavlněné příze uschly rychleji než vzorky z akrylové příze. To bylo způsobeno tím, že bavlněná příze je velmi hydrofobní a na ni se moc špatně zadržují kapky vody. Většina tekutiny se rozteče do podkladové textilii, v důsledku čehož se kapalina díky svému většímu objemu z podkladové textilie rychleji odpařuje.

## 4 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zjistit, jak jednotlivé složky složitých vláknenných struktur mají vliv na celý výrobek a návrh řešení na zlepšení užitných vlastností z hlediska sorpce.

Pro účely této práce byl poskytnout materiál firmou GRUND, a.s. Mladé Buky, který běžně je používán pro výrobu koupelových předložek. Nejprve bylo provedeno testování vstupních surovin: měření základních geometrických parametru podkladové textilie a příze, vzlínavost ve vlasových přízích a smáčivost podkladové textilií.

Dalším krokem bylo ovládnutí obsluhu všívacího stroje, seznámení se s technologií a zjištění možností výrobu vzorku. V plánu bylo vyzkoušet nastavení stroje a pokusit se zmenšit délku stehu – zvýšit hustotu vlasu a prodloužit vlas. Vyzkoušet, zda projdou očkem jehly uzlíky při napojování přízí. Vyzkoušet zda lze všívat do podkladové textilie již opatřené zátěrem a zjistit délku příze, kterou je nutno vyprat na jeden vzorek. Z toho se nepovedlo prodloužení vlasu, zmenšení délky stehu a následně i zvýšení hustoty vlasu z technických důvodu všívacího stroje který je umístěn na KNT. Pro zvýšení hustoty vlasu bylo přistoupeno k netradičnímu způsobu kdy vlasová nit byla dodatečně všívána mezi stehy všité dříve.

Dále proběhlo ověření testovacích metod vzorku: vyzkoušení proveditelnosti zkoušky vysychání, podmínky při vysychání (teplota, vlhkost vzduchu, časové nároky), optimalizaci velikosti vzorku. Cílem bylo příprava testů, zjištění počtu a velikostí vzorků nutných vyrobit. S ohledem na to že obě příze jsou hydrofobní následným krokem byla hydrofilizace příze. Hydrofilizace byla provedena dvěma způsoby: pomocí aviváží Stantex S6327 a ručním praní příze.

S ohledem na výše uvedené kroky bylo připraveno 18 druhů vzorků z akrylové a bavlněné příze pro testování sorpčních a desorpčních vlastností. Cílem bylo získat data o chování materiálů.

Podle provedeného výzkumu se ukázalo, že sorpční a desorpční vlastnosti hydrofilní příze mají rychlejší desorpční vlastnosti než hydrofobní příze. Hydrofilní textilie je schopna rychlejšího vysušení po namočení definovanou dávkou vody. Navzdory tomu, že na první pohled se může zdát, že čím je více materiál

hydrofobnější, tím také méně vody daný materiál bude přijímat, tím pádem bude nutně méně vody odpařit. Touto cestou výrobce latexu doporučoval uvažovat. Na základě experimentů bylo pozorováno, že právě tehdy, když voda zůstává na povrchu ve formě kapek trvá schnutí déle.

Pokud se na tuto situaci podíváme z praktického pohledu, tak je nejlepší variantou využít obou dvou vlastností dohromady. Hydrofobní vlastnost textilie může být využita jako podkladová textilie na kterou je následně všita hydrofilní příze. Hydrofobní textilie zabraňuje vsakování okolní kapaliny do předložky, naopak hydrofilní příze, která je všita do podkladové textilie umožňuje rychlejší vsátí kapaliny. Toho může být využito například u koupelových předložek. V takovém případě je zdrojem vody v koupelně jednak to co steče z člověka po sprše ale také i to co je „nacákáno“ na podlaze. Voda stečená z člověka (po sprše 50 – 100 ml) by se měla vsáknout do hydrofilního vlasu. To, co je na podlaze by se potom naopak nemělo vsáknout do hydrofobní podložky. Z toho plyne, že by bylo dobré, kdyby byla podložka na straně vlasu též hydrofilní a hydrofobní byla pouze odspoda na straně zátěru. Takováto podložka by lépe distribuovala vodu do větší plochy a rychleji by schla.

Pro budoucí testování bych navrhovala provést standardní zátěr a porovnat se s výsledky této práce pro zjištění vlivu latexu na vlastnosti vzorku. Také bych navrhovala vyzkoušet vzorky z vlněné nebo polyesterové příze které se taky používají pro výrobu koupelových přeložek.



## Literatura

- [1] WTiN Content Search. World Textile Information Network [online]. Copyright © 2020 World Textile Information Network All Rights Reserved. Tel [cit. 06.02.2019]. Dostupné z: <https://www.wtin.com/search/?channels=§ors=&themes=&company=&authors=&location=&contenttype=&articletypes=&mediatypes=&keyword=tufted&publisheddate=2019-01-09—2020-01-10&pageno=2&pagesize=40&sortby=publisheddt%20desc&random=0.4229357262687148>
- [2] PROIZVODSTVO TAFTINGOVYCH POKRYTIJ: recyklace odpadků [online]. Copyright © [cit. 06.04.2019]. Dostupné z // newchemistry.ru URL: [http://newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=3193&cat\\_id=24&page\\_id=1](http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=3193&cat_id=24&page_id=1)
- [3] BARBORÁK, Oto a Eliška Chrpová. Mechanické technológie a stroje na výrobu netkaných textílií. Trenčín: Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne, 2005. ISBN 80-8075-056-4
- [4] DOSTALOVÁ, Mirka a Mária KŘIVÁNKOVÁ. Základy textilní a oděvní výroby. Vyd. 3., upr. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004. ISBN 80-7083-831-0.
- [5] Geschichte und Entwicklung der Tufting-Industrie. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © [cit. 06.03.2019]. Dostupné z: <https://www.tornado-tex.de/textilmaschinen-gebraucht/tufting-zeittafel.htm>
- [6] STANĚK, Jaroslav a Hana PAŘILOVÁ. Textilní zbožíznalství. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 1996. Učební texty pro distanční studium oboru Textilní marketing. ISBN 80-7083-193-6.
- [7] JIRSÁK, Oldřich a Iva MACKOVÁ. Netkané textilie. Vyd. 3. Liberec: Technická univerzita, 2 001. ISBN 80-7083-511-7.
- [8] Carpets Wall-Wall — What You Need to Know About Carpet! [online]. Copyright © [cit. 08.01.2020]. Dostupné z: <https://carpetswalltowall.com/wp-content/uploads/2012/08/carpet-manufacture-Broadloom-wools-of-new-zealand.pdf>
- [9] PPT - Textilní zbožíznalství 3 PowerPoint Presentation - ID:1437730. Upload and Share PowerPoint Presentations Online - SlideServe [online].

Copyright © 2019 SlideServe. All rights reserved [cit. 06.03.2019]. Dostupné z: <https://www.slideserve.com/aphrodite/textiln-zbo-znalstv-3>

- [10] NETKANÉ TEXTILIE. Prof. RNDr. Oldřich JIRSÁK, CSc. Ing. Klára KALINOVÁ, Ph.D. - PDF Stažení zdarma. Představujeme Vám pohodlné a bezplatné nástroje pro publikování a sdílení informací. [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 12.12.2019]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/47069817-Netkane-textilie-prof-rndr-oldrich-jirsak-csc-ing-klara-kalinova-ph-d.html>
- [11] GRUND - Domov s dotykem designu. GRUND - Domov s dotykem designu [on-line]. Copyright © 2010 [cit. 12.03.2019]. Dostupné z: <https://www.grund.cz>
- [12] STANĚK, Jaroslav. Textilní zbožíznalství: vláknenné suroviny, příze, nitě. Vyd. 2. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2006. ISBN 80-7372-147-3.
- [13] (PDF) Aquatic Ecotoxicity of Microplastics and Nanoplastics: Lessons Learned from Engineered Nanomaterials. ResearchGate — Find and share research [online]. Copyright © [cit. 10.12.2019]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/321199262\\_Aquatic\\_Ecotoxicity\\_of\\_Microplastics\\_and\\_Nanoplastics\\_Lessons\\_Learned\\_from\\_Engineered\\_Nanomaterials](https://www.researchgate.net/publication/321199262_Aquatic_Ecotoxicity_of_Microplastics_and_Nanoplastics_Lessons_Learned_from_Engineered_Nanomaterials)
- [14] KOVAČIČ, Vladimír. Textilní zkušebnictví. Díl I. Liberec: Technická univerzita, 2004. ISBN 80-7083-824-8.
- [15] HLADÍK, Vladimír, ed. Textilní vlákna: vysokoškolská příručka. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1970. Řada textilní literatury.
- [16] MILITKÝ, Jiří. Technické textilie: vybrané kapitoly. Vyd. 2. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2007. ISBN 978-80-7372-170-1.
- [17] BLAŽEJ, Anton a Štefánia ŠUTÁ. Vlastnosti textilných vlákien. Bratislava: Alfa, 1982. Edícia literatúry pre spotrebný priemysel (Alfa).
- [18] SUCHOMEL, R.: Bakalářská práce – Testování dynamiky sorpce zdravotnických textilií, Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2017, 48s.
- [19] PRÁŠIL, Miroslav. Textilní chemie: návody na cvičení. Liberec: Vysoká škola stro-jní a textilní, 1994. ISBN 80-7083-128-6.
- [20] MIKEŠ, Petr a David LUKÁŠ. Fyzikální principy tvorby nanovláken I. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-249-5.
- [21] Nano[studijní] materiály [online]. Copyright © [cit. 07.03.2019]. Dostupné z: [https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/10076/course/section/1248/1.%20prednaska%20TNT\\_%20NT%2C%20povrchové%20napeti%2C%20kontaktni%20uhel.pdf](https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/10076/course/section/1248/1.%20prednaska%20TNT_%20NT%2C%20povrchové%20napeti%2C%20kontaktni%20uhel.pdf)

- [22] [online]. Dostupné z: [https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz\\_fyziky\\_pro\\_DS/display.php/molekul/9\\_4](https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz_fyziky_pro_DS/display.php/molekul/9_4)
- [23] Úhel smáčení. Vydavatelství VŠCHT Praha [online]. Dostupné z: [http://147.33.74.135/knihy/uid\\_es-001/hesla/uhel\\_smaceni.html](http://147.33.74.135/knihy/uid_es-001/hesla/uhel_smaceni.html)
- [24] KOVAČIČ, Vladimír. Textilní zkušebnictví. Díl II. Liberec: Technická univerzita, 2004. ISBN 80-7083-825-6.
- [25] WIENER, Jakub. Vzlínání kapaliny do plošné textilie, 10/2013. CENTRUM TEX-TIL. Dostupné z: <https://docplayer.cz/23366887-Vzlinani-kapaliny-do-plosne-textilie.html>
- [26] Přednáška: Interakce mezi kapalinou a vlákněným materiálem, Washburnův vztah [online]. Dostupné z: [https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/1912/course/section/787/Prezentace%208\\_tnt.pdf](https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/1912/course/section/787/Prezentace%208_tnt.pdf)
- [27] PRÁŠIL, Miroslav, Miroslav KVAPIL a Josef HOFMAN. Stroje a mechanická technologie zušlechťování. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1985. ISBN 55 - 802 - 85.
- [28] MACHAŇOVÁ, Dagmar. Předúprava textilií. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2007. ISBN 978-80-7372-277-7.
- [29] Vydavatelství VŠCHT Praha [online]. Dostupné z: [http://147.33.74.135/knihy/uid\\_isbn8070805897/pages-img/244.html?fbclid=IwAR3izdP4MCEzEqDe6a\\_Ydmgg6Ig4YWqfmYr8s4OUhg5q1zfVgMkdNoLm3bg](http://147.33.74.135/knihy/uid_isbn8070805897/pages-img/244.html?fbclid=IwAR3izdP4MCEzEqDe6a_Ydmgg6Ig4YWqfmYr8s4OUhg5q1zfVgMkdNoLm3bg)
- [30] ČSN EN 29073-1 (806131), Textilie. Zkušební metody pro netkané textilie. Část 1: Zjišťování plošné hmotnosti, Praha: Český normalizační institut, 1994

## Příloha

### A Měření plošné hmotnosti a tloušťky podkladové textilie

Číslo vzorku	Hmotnost [g]	Plošná hmotnost [ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ]
1	1,77	177
2	1,74	174
3	1,69	169
4	1,78	178
5	1,74	174
6	1,65	165
7	1,63	163
8	1,65	165
9	1,73	175
10	1,66	166
Průměr	1,704	170,4
Rozptyl	0,003	29,82
Směrodatná odchylka	0,054	5,46

Tabulka A.1: Měření plošné hmotnosti podkladové textilie

Číslo měření	Tloušťka [mm]
1	0,57
2	0,61
3as	0,58
4	0,61
5	0,59
6	0,62
7	0,53
8	0,55
9	0,59
10	0,61
Průměr	0,59
Rozptyl	0,0008
Směrodatná odchylka	0,03

Tabulka A.2: Měření tloušťky podkladové textilie

## B Měření jemnosti akrylové a bavlněné příze

Číslo vzorce	Bavlněná příze		Akrylová příze	
	Hmotnost [g]	Jemnost [tex]	Hmotnost [g]	Jemnost [tex]
1	0,50	500	0,30	300
2	0,51	510	0,29	290
3	0,49	490	0,30	300
4	0,51	510	0,30	300
5	0,49	490	0,29	290
6	0,50	500	0,30	300
7	0,50	500	0,30	300
8	0,49	490	0,29	290
9	0,49	490	0,30	300
10	0,51	510	0,29	290
Průměr	0,499	499	0,296	296
Rozptyl	0,0001	76	0,00002	24
Směrodatná odchylka	0,009	8,75	0,005	4,9

Tabulka B.1: Měření jemností přízí

## C Výsledky měření desorpčních vlastností připravených vzorku

Vzorek A								
Číslo měření	Váha suchého vzorku [g]	Váha vzorku po nanášení 1 ml vody [g]	Váha vzorku v závislosti na čase $t$ [min]					
			2	4	6	8	10	12
1	3,66	4,65	4,37	4,14	3,96	3,83	3,74	3,66
2	3,66	4,65	4,36	4,13	3,93	3,81	3,68	3,65
3	3,66	4,66	4,39	4,15	3,98	3,84	3,75	3,67
Průměr	3,66	4,65	4,37	4,14	3,96	3,83	3,72	3,66
Směrodatná odchylka	0,0	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01

Tabulka C.1: Výsledky měření desorpčních vlastností vzorku A

Vzorek B											
Číslo měření	Váha suchého vzorku [g]	Váha vzorku po nanášení 1 ml vody [g]	Váha vzorku v závislosti na čase t [min]								
			2	4	6	8	10	12	14	16	18
1	6,66	7,66	7,48	7,32	7,18	7,06	6,96	6,89	6,81	6,75	6,66
2	6,66	7,67	7,44	7,29	7,1	7	6,89	6,84	6,78	6,73	6,66
3	6,66	7,67	7,49	7,36	7,2	7,07	6,94	6,85	6,77	6,72	6,66
Průměr	6,66	7,67	7,47	7,32	7,16	7,04	6,93	6,86	6,79	6,73	6,66
Směrodatná odchylka	0,0	0,01	0,02	0,03	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02	0,1	0,0

Tabulka C.2: Výsledky měření desorpčních vlastností vzorku B

Vzorek C													
Číslo měření	Váha suchého vzorku [g]	Váha vzorku po nanášení 1 ml vody [g]	Váha vzorku v závislosti na čase t [min]										
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
1	5,93	6,94	6,83	6,69	6,53	6,43	6,34	6,26	6,18	6,13	6,06	6,01	5,94
2	5,93	6,94	6,82	6,69	6,49	6,39	6,33	6,21	6,12	6,05	5,97	5,95	5,92
3	5,93	6,94	6,82	6,67	6,51	6,4	6,3	6,22	6,13	6,06	5,99	5,96	5,92
Průměr	5,93	6,94	6,82	6,68	6,51	6,41	6,32	6,23	6,14	6,08	6,01	5,97	5,93
Směrodatná odchylka	0,0	0,0	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03	0,01

Tabulka C.3: Výsledky měření desorpčních vlastností vzorku C

Vzorek D									
Číslo měření	Váha suchého vzorku [g]	Váha vzorku po nanášení 1 ml vody [g]	Váha vzorku v závislosti na čase t [min]						
			2	4	6	8	10	12	14
1	3,29	4,28	4,05	3,83	3,64	3,47	3,39	3,34	3,29
2	3,29	4,29	4,07	3,85	3,66	3,49	3,4	3,3	3,28
3	3,28	4,29	4,06	3,84	3,69	3,54	3,42	3,34	3,29
Průměr	3,29	4,29	4,06	3,84	3,66	3,50	3,40	3,33	3,29
Směrodatná odchylka	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01

Tabulka C.4: Výsledky měření desorpčních vlastností vzorku D

Vzorek E									
Číslo měření	Váha suchého vzorku [g]	Váha vzorku po nanášení 1 ml vody [g]	Váha vzorku v závislosti na čase t [min]						
			2	4	6	8	10	12	14
1	4,63	4,41	4,22	4,07	3,98	3,90	3,83	5,01	4,94
2	4,61	4,41	4,20	4,09	3,98	3,91	3,84	4,99	4,93
3	4,57	4,38	4,15	4,03	3,94	3,87	3,83	4,98	4,93
Průměr	4,60	4,40	4,19	4,06	3,97	3,89	3,83	4,99	4,93
Směrodatná odchylka	0,01	0,0	0,2	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01

Tabulka C.5: Výsledky měření desorpčních vlastností vzorku E

Vzorek F												
Číslo měření	Váha suchého vzorku [g]	Váha vzorku po nanášení 1 ml vody [g]	Váha vzorku v závislosti na čase t [min]									
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	5,77	6,77	6,59	6,46	6,32	6,21	6,1	6,01	5,95	5,88	5,86	5,78
2	5,77	6,78	6,6	6,44	6,3	6,17	6,06	5,97	5,89	5,87	5,84	5,77
3	5,77	6,77	6,59	6,45	6,29	6,18	6,08	5,98	5,91	5,85	5,81	5,77
Průměr	5,77	6,77	6,59	6,45	6,30	6,19	6,08	5,99	5,92	5,87	5,84	5,77
Směrodatná odchylka	0,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01

Tabulka C.6: Výsledky měření desorpčních vlastností vzorku F

Vzorek G									
Číslo měření	Váha suchého vzorku [g]	Váha vzorku po nanášení 1 ml vody [g]	Váha vzorku v závislosti na čase t [min]						
			2	4	6	8	10	12	14
1	3,74	4,75	4,54	4,34	4,16	4,03	3,88	3,8	3,75
2	3,74	4,74	4,48	4,29	4,11	3,97	3,85	3,77	3,73
3	3,73	4,74	4,51	4,29	4,12	3,97	3,84	3,77	3,73
Průměr	3,74	4,74	4,51	4,31	4,13	3,99	3,86	3,78	3,74
Směrodatná odchylka	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01

Tabulka C.7: Výsledky měření desorpčních vlastností vzorku G



Vzorek H											
Číslo měření	Váha suchého vzorku [g]	Váha vzorku po nanášení 1 ml vody [g]	Váha vzorku v závislosti na čase t [min]								
			2	4	6	8	10	12	14	16	18
1	6,30	7,30	7,13	7	6,81	6,70	6,59	6,51	6,39	6,33	6,30
2	6,30	7,30	7,12	6,94	6,76	6,62	6,51	6,46	6,37	6,32	6,30
3	6,29	7,30	7,06	6,82	6,64	6,52	6,42	6,36	6,33	6,30	
Průměr	6,30	7,30	7,10	6,92	6,73	6,61	6,50	6,44	6,36	6,31	6,30
Směrodatná odchylka	0,01	0,0	0,04	0,09	0,09	0,09	0,09	0,8	0,03	0,02	0,0

Tabulka C.8: Výsledky měření desorpčních vlastností vzorku H

Vzorek I													
Číslo měření	Váha suchého vzorku [g]	Váha vzorku po nanášení 1 ml vody [g]	Váha vzorku v závislosti na čase t [min]										
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
1	6,26	7,28	7,14	7,01	6,86	6,79	6,71	6,62	6,55	6,47	6,39	6,31	6,27
2	6,26	7,29	7,13	6,98	6,85	6,71	6,63	6,51	6,43	6,37	6,32	6,27	
3	6,26	7,28	7,07	6,92	6,76	6,61	6,48	6,40	6,34	6,29	6,27		
Průměr	6,26	7,28	7,11	6,97	6,82	6,70	6,60	6,51	6,44	6,37	6,32	6,28	6,27
Směrodatná odchylka	0,0	0,01	0,04	0,05	0,05	0,09	0,11	0,1	0,1	0,09	0,06	0,03	0,00

Tabulka C.9: Výsledky měření desorpčních vlastností vzorku I

Vzorek $A_A$										
Číslo měření	Váha suchého vzorku [g]	Váha vzorku po nanášení 1 ml vody [g]	Váha vzorku v závislosti na čase $t$ [min]							
			2	4	6	8	10	12	14	16
1	2,54	3,53	3,29	3,09	2,89	2,77	2,66	2,62	2,57	2,54
2	2,54	3,53	3,21	3,04	2,90	2,78	2,70	2,64	2,59	2,54
3	2,54	3,53	3,25	3,01	2,84	2,73	2,65	2,60	2,57	2,54
Průměr	2,54	3,53	3,25	3,05	2,88	2,76	2,67	2,62	2,58	2,54
Směrodatná odchylka	0,0	0,0	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,0

Tabulka C.10: Výsledky měření desorpčních vlastností vzorku  $A_A$

Vzorek $B_A$												
Číslo měření	Váha suchého vzorku [g]	Váha vzorku po nanášení 1 ml vody [g]	Váha vzorku v závislosti na čase $t$ [min]									
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	4,89	5,88	5,71	5,56	5,41	5,28	5,15	5,07	5,02	4,94	4,92	4,89
2	4,89	5,88	5,69	5,52	5,38	5,26	5,14	5,06	4,98	4,95	4,93	4,89
3	4,89	5,89	5,71	5,53	5,39	5,24	5,13	5,06	4,96	4,93	4,91	4,88
Průměr	4,89	5,88	5,70	5,54	5,39	5,26	5,14	5,06	4,99	4,94	4,92	4,89
Směrodatná odchylka	0,0	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01

Tabulka C.11: Výsledky měření desorpčních vlastností vzorku  $B_A$

Vzorek $C_A$											
Číslo měření	Váha suchého vzorku [g]	Váha vzorku po nanášení 1 ml vody [g]	Váha vzorku v závislosti na čase $t$ [min]								
			2	4	6	8	10	12	14	16	18
1	3,71	4,71	4,48	4,3	4,11	3,96	3,85	3,79	3,76	3,72	3,71
2	3,71	4,71	4,49	4,32	4,17	4,04	3,94	3,83	3,77	3,73	3,71
3	3,71	4,71	4,49	4,30	4,13	4,02	3,91	3,85	3,79	3,75	3,71
Průměr	3,71	4,71	4,49	4,31	4,14	4	3,90	3,83	3,76	3,71	3,71
Směrodatná odchylka	0,0	0,0	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,03	0,01	0,01	0,0

Tabulka C.12: Výsledky měření desorpčních vlastností vzorku  $C_A$

Vzorek $D_A$							
Číslo měření	Váha suchého vzorku [g]	Váha vzorku po nanášení 1 ml vody [g]	Váha vzorku v závislosti na čase $t$ [min]				
			2	4	6	8	10
1	2,47	3,47	3,18	2,93	2,73	2,54	2,47
2	2,47	3,48	3,22	2,91	2,7	2,55	2,47
3	2,47	3,47	3,17	2,89	2,66	2,50	2,47
Průměr	2,47	3,47	3,19	2,91	2,69	2,53	2,47
Směrodatná odchylka	0,0	0,01	0,03	0,02	0,04	0,3	0,0

Tabulka C.13: Výsledky měření desorpčních vlastností vzorku  $D_A$

Vzorek E <sub>A</sub>										
Číslo měření	Váha suchého vzorku [g]	Váha vzorku po nanášení 1 ml vody [g]	Váha vzorku v závislosti na čase t [min]							
			2	4	6	8	10	12	14	16
1	4,17	5,16	4,92	4,71	4,54	4,39	4,29	4,23	4,2	4,17
2	4,17	5,17	4,91	4,70	4,53	4,40	4,30	4,24	4,19	4,17
3	4,17	5,17	4,89	4,68	4,51	4,37	4,28	4,21	4,18	4,17
Průměr	4,17	5,17	4,91	4,70	4,53	4,39	4,29	4,23	4,19	4,17
Směrodatná odchylka	0,0	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,0

Tabulka C.14: Výsledky měření desorpčních vlastností vzorku E<sub>A</sub>

Vzorek F <sub>A</sub>										
Číslo měření	Váha suchého vzorku [g]	Váha vzorku po nanášení 1 ml vody [g]	Váha vzorku v závislosti na čase t [min]							
			2	4	6	8	10	12	14	16
1	4,40	5,40	5,19	5,02	4,83	4,69	4,55	4,48	4,43	4,40
2	4,40	5,40	5,20	5,02	4,85	4,72	4,59	4,51	4,44	4,40
3	4,40	5,40	5,12	4,94	4,77	4,62	4,51	4,43	4,41	4,40
Průměr	4,40	5,40	5,17	4,99	4,82	4,68	4,55	4,47	4,43	4,40
Směrodatná odchylka	0,0	0,0	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,02	0,0

Tabulka C.15: Výsledky měření desorpčních vlastností vzorku F<sub>A</sub>

Vzorek G <sub>A</sub>								
Číslo měření	Váha suchého vzorku [g]	Váha vzorku po nanášení 1 ml vody [g]	Váha vzorku v závislosti na čase t [min]					
			2	4	6	8	10	12
1	2,77	3,78	3,49	3,25	3,06	2,9	2,82	2,77
2	2,77	3,77	3,47	3,22	3,01	2,88	2,80	2,77
3	2,77	3,77	3,40	3,19	2,92	2,83	2,78	2,76
Průměr	2,77	3,77	3,45	3,22	3,00	2,87	2,80	2,77
Směrodatná odchylka	0,0	0,01	0,05	0,3	0,07	0,04	0,02	0,01

Tabulka C.16: Výsledky měření desorpčních vlastností vzorku G<sub>A</sub>

Vzorek H <sub>A</sub>									
Číslo měření	Váha suchého vzorku [g]	Váha vzorku po nanášení 1 ml vody [g]	Váha vzorku v závislosti na čase t [min]						
			2	4	6	8	10	12	14
1	3,71	4,71	4,49	4,30	4,08	3,90	3,84	3,73	3,71
2	3,71	4,71	4,41	4,18	4,04	3,90	3,81	3,74	3,72
3	3,71	4,71	4,45	4,21	4,04	3,88	3,79	3,73	3,7
Průměr	3,71	4,71	4,45	4,23	4,05	3,89	3,81	3,73	3,71
Směrodatná odchylka	0,0	0,0	0,04	0,06	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01

Tabulka C.17: Výsledky měření desorpčních vlastností vzorku H<sub>A</sub>

Vzorek $I_A$									
Číslo měření	Váha suchého vzorku [g]	Váha vzorku po nanášení 1 ml vody [g]	Váha vzorku v závislosti na čase $t$ [min]						
			2	4	6	8	10	12	14
1	3,83	4,84	4,63	4,41	4,22	4,07	3,98	3,90	3,83
2	3,83	4,84	4,61	4,41	4,20	4,09	3,98	3,91	3,84
3	3,83	4,84	4,57	4,38	4,15	4,03	3,94	3,87	3,83
Průměr	3,83	4,84	4,60	4,40	4,19	4,06	3,97	3,89	3,83
Směrodatná odchylka	0,0	0,0	0,03	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01

Tabulka C.18: Výsledky měření desorpčních vlastností vzorku  $I_A$