



## Diplomová práce

# Kompozitní netkané textilie s obsahem SAF vláken

*Studijní program:*

N0723A270001 Textilní inženýrství

*Autor práce:*

**Bc. Kristýna Bendová**

*Vedoucí práce:*

Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.

Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů

Liberec 2023



## Zadání diplomové práce

# Kompozitní netkané textilie s obsahem SAF vláken

*Jméno a příjmení:*

**Bc. Kristýna Bendová**

*Osobní číslo:*

T21000252

*Studijní program:*

N0723A270001 Textilní inženýrství

*Zadávající katedra:*

Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů

*Akademický rok:*

2022/2023

### Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou zpracování SAF vláken. Zaměřte se na netkané textilie, které obsahují SAF vlákna. Vypracujte rešerši.
2. Navrhněte experiment pro sledování chování SAF vlákna při aplikaci kapaliny. Připravte sérii vzorků netkaných textilií s různým poměrem základních vláken a SAF vláken. Navrhněte technologický postup přípravy těchto materiálů.
3. Na vyrobených vzorcích měřte jejich savost a kinetiku sušení. Experimenty vyhodnoťte.
4. Diskutujte výsledky a navrhněte další postupy řešení daného problému.

*Rozsah grafických prací:* dle potřeby dokumentace  
*Rozsah pracovní zprávy:* 40-60 dle potřeby  
*Forma zpracování práce:* tištěná/elektronická  
*Jazyk práce:* čeština

### **Seznam odborné literatury:**

1. ALBRECHT, Wilhelm, FUCHS, Hilmar, KITTELMANN, Walter. *Nonwovens Fabrics*. Weinheim: Wiley-VCH, 2003. ISBN 3-527-30406-1.
2. RUSSELL, Stephen J. *Handbook of nonwovens*. Cambridge, 2007. ISBN 978-185-5736-030.
3. JIRSAK, Oldřich, WADSWORTH, Larry. *Nonwoven Textiles*. Durham: Carolina Academic Press, 1999. ISBN 0-89089-978-8.

*Vedoucí práce:* Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.  
Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů

*Datum zadání práce:* 1. listopadu 2022  
*Předpokládaný termín odevzdání:* 2. června 2023

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.  
děkan

L.S.

doc. Ing. Jiří Chvojka, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2022

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, 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 nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

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

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala vedoucímu své diplomové práce Ing. Jiřímu Chaloupkovi Ph.D. za vstřícnost, trpělivost a cenné rady v průběhu zpracování. Dále děkuji Ing. Zdeňce Hodkové za ochotu a pomoc při získávání potřebných údajů pro experimentální část této práce.

Mé poděkování patří též rodině a kamarádům, kteří mi byli po celou dobu studia oporou.

## **Anotace**

Diplomová práce se zabývá studiem sorpce kompozitních netkaných textilií s obsahem superabsorpčních vláken v závislosti na poměru jednotlivých vlákenných složek a typu použité technologie výroby.

V teoretické části se nacházejí informace o vlákenných materiálech, způsobech přípravy a zpevnění vlákenných vrstev. Jsou se zde rovněž uvedeny postupy testovacích metod spolu s přístroji, které byly využívány během testování. Experimentální část je nejprve zaměřena na sledování superabsorpčních vláken po aplikaci kapaliny. Následně se práce zabývá výrobou kompozitních netkaných textilií, čemuž předcházela výroba netkaných textilií s rozdílným poměrem základních a superabsorpčních vláken. Dále jsou popsány metody testování geometrických charakteristik, kapacity absorpce a kinetiky sušení. V závěru jsou shrnuty získané poznatky o superabsorpčních vláknech a vyhodnoceny zkoušky jednotlivých materiálů.

Klíčová slova:

- netkaná textilie
- superabsorpční vlákna
- laminace
- technologie vpichování
- sorpce

## **Annotation**

The diploma thesis deals with the study of the sorption of composite non-woven fabrics containing superabsorbent fibers depending on the ratio of individual fiber components and the type of production technology used.

The theoretical part contains information about fiber materials, methods of preparation and strengthening of fiber layers. The procedures of the test methods are also given here along with the instruments that were used during the testing. The experimental part is first focused on monitoring superabsorbent fibers after liquid application. Subsequently, the work deals with the production of composite non-woven textiles, which was preceded by the production of non-woven textiles with a different ratio of basic and superabsorbent fibers. Methods of testing geometric characteristics, absorption capacity and drying kinetics are also described. In the conclusion, the knowledge obtained about superabsorbent fibers is summarized and tests of individual materials are evaluated.

Key words:

- nonwoven
- superabsorbent fibers
- lamination
- needle-punched technology
- sorption

# Obsah

<b>Seznam zkratk</b> .....	<b>11</b>
<b>Úvod</b> .....	<b>12</b>
<b>1. Teoretická část</b> .....	<b>13</b>
1.1. Netkaná textilie .....	13
1.1.1. Kompozitní netkané textilie .....	14
1.1.1.1. Aplikace kompozitních netkaných textilií .....	14
1.1.1.1.1. Využití v hygienických produktech .....	14
1.2. Používané materiály .....	15
1.2.1. Polyesterová vlákna .....	16
1.2.2. Viskózová vlákna .....	17
1.2.3. Bikomponentní vlákna .....	18
1.2.4. Superabsorpční vlákna .....	19
1.2.4.1. Výroba superabsorpčních vláken .....	20
1.2.4.2. Aplikace superabsorpčních vláken .....	21
1.3. Tvorba vlákenné vrstvy .....	22
1.3.1. Mykání .....	22
1.3.2. Klázení vlákenné vrstvy .....	24
1.4. Zpevnění vlákenné vrstvy .....	25
1.4.1. Laminace .....	26
1.4.2. Technologie vpichování .....	27
1.5. Testování vláken .....	29
1.5.1. Jemnost vláken .....	29



1.5.2. Mikroskopie .....	30
1.5.2.1. Světelný optický mikroskop .....	30
1.5.2.2. Elektronový mikroskop .....	32
1.5.2.2.1. Skenovací elektronový mikroskop .....	32
1.6. Testování netkané textilie .....	34
1.6.1. Plošná hmotnost .....	34
1.6.2. Tloušťka materiálu .....	34
1.6.3. Objemová hmotnost .....	35
1.6.4. Sorpce .....	35
1.6.4.1. Standard test: WSP 010.1.R3 (12) .....	36
<b>2. Experimentální část .....</b>	<b>37</b>
2.1. Studium superabsorpčních vláken .....	38
2.1.1. Sledování sorpce vláken .....	38
2.1.2. Kinetika sušení vláken .....	45
2.1.3. Vyhodnocení studia superabsorpčních vláken .....	47
2.2. Studium superabsorpčních vláken ve vlákenné vrstvě .....	48
2.2.1. Vlákenný materiál .....	48
2.2.2. Série vzorků (Vzorky A-C) .....	49
2.2.3. Výroba série vzorků .....	50
2.2.4. Základní charakteristiky série vzorků .....	51
2.2.5. Testování sorpce série vzorků .....	54
2.2.6. Kinetika sušení série vzorků .....	56
2.2.7. Vyhodnocení série vzorků .....	58

2.3. Studium superabsorpčních vláken obsažených v kompozitní netkané textilií .....	59
2.3.1. Vzorek D .....	59
2.3.1.1. Výroba vzorku D .....	60
2.3.1.2. Základní charakteristiky vzorku D .....	61
2.3.1.3. Testování sorpce vzorku D .....	62
2.3.1.4. Kinetika sušení vzorku D .....	63
2.3.1.5. Vyhodnocení vzorku D .....	64
2.3.2. Vzorek E .....	65
2.3.2.1. Výroba vzorku E .....	65
2.3.2.2. Základní charakteristiky vzorku E .....	67
2.3.2.3. Testování sorpce vzorku E .....	67
2.3.2.4. Kinetika sušení vzorku E .....	68
2.3.2.5. Vyhodnocení vzorku E .....	70
2.3.3. Vzorek F .....	71
2.3.3.1. Výroba vzorku F .....	72
2.3.3.2. Základní charakteristiky vzorku F .....	73
2.3.3.3. Testování sorpce vzorku F .....	73
2.3.3.4. Kinetika sušení vzorku F .....	74
2.3.3.5. Vyhodnocení vzorku F .....	75
2.3.4. Vyhodnocení kompozitních netkaných textilií .....	76
<b>3. Závěr .....</b>	<b>80</b>
<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>82</b>
<b>Seznam příloh .....</b>	<b>86</b>

## **Seznam zkratek**

Biko/Bico – Bikomponent

coPES – Kopolyester

NT – Netkaná textilie

PES – Polyester

PET – Polyethylentereftalát

PLA – Kyselina polymléčná

SAF – Superabsorpční vlákna

SAP – Superabsorpční polymery

SEM – Skenovací elektronový mikroskop

TEM – Transmisní elektronový mikroskop

VS – Viskóza

## Úvod

Netkané textilie mají řadu výhod oproti jiným textilním materiálům, nejzásadnější je z ekonomického hlediska rychlá a snadná výroba. Díky tomu a jedinečným vlastnostem nacházejí netkané textilie širokou škálu uplatnění. Největší objem produkce putuje do hygieny případně na výrobu vlhčených ubrousků. Avšak ve většině případech se jedná o jednorázové produkty, čímž vzniká neuvěřitelné množství odpadních materiálů, které se musí spálit nebo uložit na skládky, což má za následek znečišťování životního prostředí. V posledních letech je však snaha zamezit tak velkému objemu odpadu a to buď recyklací odpadních materiálů, nahrazením konvenčních materiálů za udržitelné a v neposlední řadě mají výrobci snahu nahradit jednorázové produkty opakovaně použitelnými.

Jak již bylo zmíněno, hygienické pomůcky jsou největším segmentem spotřeby netkaných textilií. Jedná se zejména o produkty, které zajišťují absorpci kapaliny, jako jsou inkontinenční pomůcky a to jak pro dospělé tak pro děti, dětské pleny nebo hygienické pomůcky pro ženy. Všechny tyto výrobky jsou složeny z více než jednoho druhu netkané textilie s rozdílnými funkcemi a tedy i vlastnostmi v závislosti na umístění v produktu.

Cílem diplomové práce bylo na základě studia chování superabsorpčních vláken po aplikaci kapaliny zajistit vhodný postup výroby netkané textilie a zároveň i vhodný poměr základních a superabsorpčních vláken.

V teoretické části jsou popsány vláknenné materiály spolu s technologiemi používanými při výrobě netkaných textilií. Následně jsou uvedeny postupy zkoušek, kterými byly vzorky podrobeny. První část experimentu se zabývá zkoumáním samotných superabsorpčních vláken po aplikaci kapaliny a to za pomoci světelného mikroskopu. Na základě zjištěných skutečností byly vyrobeny netkané textilie s různým poměrem základních a superabsorpčních vláken, aby byl zjištěn vhodný poměr pro sorpci. Následně byly postupně připraveny vzorky kompozitních netkaných textilií, jejichž výroba se lehce lišila. Na závěr byly získané výsledky ve formě grafů či tabulek s hodnotami zhodnoceny.

# 1. Teoretická část

V teoretické části této diplomové práce jsou zaznamenány veškeré poznatky, které jsou potřeba k pochopení experimentu. Jsou zde popsány vlákenné materiály, postup přípravy vlákenné vrstvy a následně jejich zpevnění. Mimo jiné jsou zde uvedeny používané testovací metody spolu s popisem přístrojů, které k tomu byly využity.

## 1.1. Netkaná textilie

Netkané textilie jsou definovány na základě norem ISO 9092 případně CEN EN 29092. V průběhu let odborníci definici však upravují, aby na základě vývoje co nejpřesněji vyjadřovala tento druh textilie. Obecně lze říci, že se jedná o vlákennou vrstvu, jejíž vlákna jsou orientována náhodně či jednosměrně a jsou spojeny třením a/nebo adhezí a/nebo kohezí. Nepatří sem však papír, výrobky vyrobené tkaním, pletením, vsíváním, proplétáním a plstěním. [1]

Produkce netkaných textilií se neustále zvyšuje a podle všeho se bude i zvyšovat nadále, dle dat z roku 2021 se objem netkaných textilií zvýšil o 2% na zhruba 3 miliony tun oproti předešlému roku. V Evropě je největším producentem Německo, které má jasnou převahu nad ostatními státy. Tak velká produkce je zejména kvůli jedinečným vlastnostem, které nelze docílit jinými technologiemi. Netkané textilie nacházejí uplatnění v mnoha odvětví jako stavebnictví, automobilový průmysl, zemědělství ale i třeba lékařství. Největší objem zhruba 28,7% z celkové produkce dle dat z roku 2019 putuje do hygieny. Konkrétně se jedná o dětské pleny, inkontinenční pomůcky a dámské jednorázové hygienické pomůcky, které jsou složeny z několika druhů netkaných textilií. V sorpčních hygienických pomůckách se využívají zejména pro výbornou absorpci, měkkost, pevnost a v neposlední řadě i kvůli celkovému pohodlí, které NT nabízejí. [2][3]

Během posledních let se výrobci snaží snížit hodnoty plošných hmotností vyrobených textilií a naopak zvýšit měrný povrch, čehož dosahují výrobou jemnějších vláken. Největší zlom nastal v období pandemie Covid-19, kdy nastala enormní spotřeba ochranných, zdravotnických a hygienických pomůcek. Z toho důvodu je snaha nahrazovat syntetické materiály přírodními nebo recyklovanými a případně nahradit jednorázové produkty opakovaně použitelnými. Vývoj netkaných textilií v dnešní době

úzce souvisí s recyklací a udržitelnými materiály, které by snížily dopad na životní prostředí. [2][4][5]

### **1.1.1. Kompozitní netkaná textilie**

Kompozitní materiály jsou složeny ze dvou nebo více složek s odlišnými vlastnostmi, při jejichž styku nedojde k reakci, která by způsobila znehodnocení některé ze složek. Sloučením tak vznikne zcela nový materiál s unikátními vlastnostmi, které by nebylo možné dosáhnout modifikací jednotlivých složek, tento jev se nazývá synergický efekt. [6]

Aby se dalo říci, že se jedná o kompozitní netkanou textilií, kompozit by měl obsahovat netkanou textilií, která by měla být na první pohled identifikovatelná. Navíc by měla být zastoupena v nejvyšším procentuálním hmotnostním poměru, z čehož vyplývá, že ne všechny složky musejí být vyrobeny z netkané textilie. [6]

#### **1.1.1.1. Aplikace kompozitních netkaných textilií**

Definice umožňuje využití nesčetné množství kombinací materiálů, ať už se jedná o samotná vlákna či textilie připravenými různými technologiemi. Díky tomu výsledné kompozity nacházejí uplatnění v mnoha aplikacích. Zásadní využití našly kompozitní NT v hygieně, lékařství, izolacích, filtracích a automobilovém průmyslu. [6]

##### **1.1.1.1.1. Využití kompozitních netkaných textilií v hygienických produktech**

Mezi absorpční hygienické výrobky patří celá řada produktů jako například inkontinenční pomůcky nebo třeba dětské pleny. V průběhu let došlo k inovacím z hlediska výroby použitých materiálů. Základním požadavkem těchto výrobků je dostatečně rychlá absorpce materiálu s tím, že absorbovaná kapalina musí být zadržována ve struktuře, aby nevytekla ven. Povrch musí ale zároveň zůstat suchý, kvůli zajištění komfortu. [6]

Většinou se jedná o jednorázové pomůcky. Proto je snaha některých obchodníků začleňovat do materiálu biologicky odbouratelné polymery. Příkladem takového polymeru je kyselina polymléčná (PLA), která by měla zajistit určitou udržitelnost.

Předpokládaným trendem je redukce tloušťky kompozitu, maximalizace efektu sorpce a celkové zvýšení synergického efektu. [7]

## 1.2. Materiály pro výrobu NT

Materiály, které se využívají pro tvorbu netkaných textilií, ovlivňují celkové náklady, zpracování a samozřejmě i vlastnosti finálního produktu. Z tohoto důvodu je nutné brát ohled na volbu požitého materiálu. Nicméně na základě výběru z nepřeberného množství surovin a případnou jejich kombinací nalézají netkané textilie širokou škálu uplatnění. [8][9]

Mezi nejvíce využívané materiály patří syntetické polymery, neboť se jejich vlastnosti dají poměrně lehce přizpůsobit. V reálu se však používá jen několik málo typů v závislosti na druhu používané výrobní technologie. Při výrobě netkaných textilií z taveniny, což je například spunbond nebo meltblown technologie, se využívají zejména polyolefiny konkrétně tedy polypropylen. Naopak u výroby suchou cestou, kde jsou používána klasická textilní vlákna, převažuje polyester. [8][9]

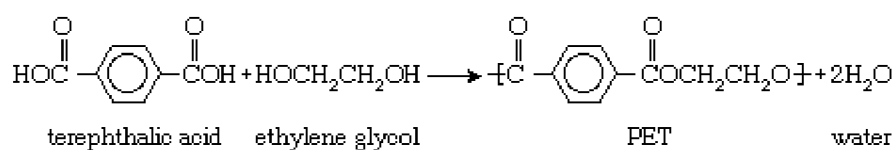
Uplatnění zde nacházejí i přírodní vlákna, která mají stěžejní vlastnosti pro řadu výrobků, nicméně jejich podíl na celkové produkci je relativně malý oproti syntetickým vláknům. Pro speciální aplikace jsou netkané textilie vyráběné z anorganických vláken (skleněná vlákna, uhlíková vlákna), které zajistí požadované vlastnosti jako například chemickou odolnost či odolnost proti hoření. [8][9]

Dalším využívaným materiálem jsou textilní odpady včetně oblečení, kdy se tento odpad nejprve mechanicky rozdrtí, čímž jsou získána vlákna, která jsou následně zpracovávána. Pomocí airlay technologie je ze získaných vláken vytvořena vlákenná vrstva, kterou lze zpevňovat mechanicky eventuelně termicky. Takto vyrobená netkaná textilie se používá jako izolace ať už tepelná nebo zvuková. V dnešní době je použití recyklovaných materiálů velkým trendem, díky čemuž se dá očekávat rozšíření recyklátů do mnoha aplikací. [8][9]

### 1.2.1. Polyesterová vlákna

Polyesterová vlákna s označením PES patří do skupiny syntetických vláken vyráběných ze syntetických polymerů. Jak již samotný název napovídá, v hlavním řetězci používaného polymeru se vyskytuje esterová funkční skupina. Existuje mnoho druhů polyesterů jako polybutyltereftalát (PBT), kyselina polymléčná (PLA) či polyethyltereftalát (PET). Nejpoužívanější je PET, který se proto často označuje pouze jako polyester. [8][10]

Polyethyltereftalát je nejčastěji připravován polykondenzací kyseliny tereftalové a ethylenglykolu, přičemž obě tyto organické látky jsou získávány z ropy. Reakce probíhá za zvýšené teploty a za přítomnosti katalyzátorů, které urychlují chemický děj. Rychlejší proces reakce znamená vyšší produktivitu, což je při objemu, který je nutné vyrobit, žádoucí. Na následujícím obrázku 1 je znázorněna reakce, kde je zřejmé, že jako vedlejší produkt vzniká voda. [10]



Obrázek 1: Reakce vzniku polyethyltereftalátu (PET) [10]

Produkce vláken může započít ihned po polymeraci, avšak ne vždy je této možnosti využito. Obvykle je polymer nejprve sušen a následně nadrcen na malé úlomky, čímž vzniká tzv. polymerní granulát. Ten je následně postupně roztaven pomocí extruderu, kam mohou být přidána i různá aditiva, která vylepší výsledné vlastnosti. Tavenina prochází skrz speciální zvláknovací trysky, jejichž tvar odpovídá výsledné podobě příčného řezu vlákna i co se velikosti týká. Ihned po zvláknění nastává dloužení, kdy dochází k orientaci řetězců, což má za následek vyšší pevnost a odolnost vlákna. [10][11]



Mechanické vlastnosti polyesterových vláken značně závisí na výrobě zejména tedy na jejich dloužení, kdy vzniká krystalická struktura. Čím větší podíl krystalické fáze vlákno bude mít, tím vyšší bude mít pevnost v tahu a počáteční Youngův modul, zároveň bude však snížena jeho roztažnost. V zásadě je polyester odolný vůči většině chemikálií. Obecně se vyznačuje nízkou absorpcí kapalin, má tedy hydrofobní povahu. Polyesterová vlákna jsou špatně barvitelná, jelikož disponují nedostatkem reaktivních skupin, z tohoto důvodu jsou obvykle barvena disperzními barvivy. [12]

### **1.2.2. Viskóзовá vlákna**

Viskózové vlákno (VS), též známé jako umělé hedvábí, je chemické vlákno z přírodního polymeru konkrétně z regenerované celulózy, které se začalo vyrábět na začátku 20. století. Viskóza patří mezi levná vlákna, avšak její nevýhodou je neekologická výroba, jelikož jsou zapotřebí škodlivé chemikálie. Existují různé druhy viskózy například modalová viskózová vlákna. [13]

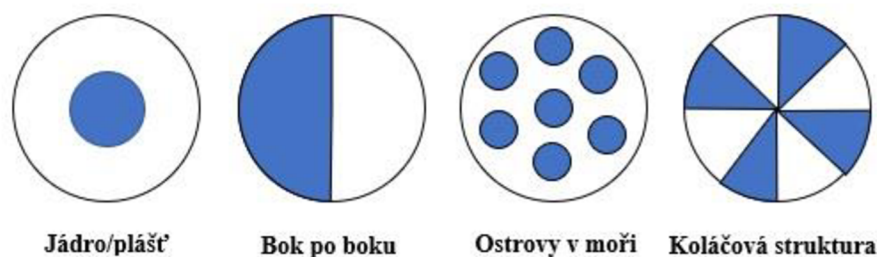
Pro výrobu viskózového vlákna se využívá smrkové či borovicové dřevo, které je podrobno účinku hydroxidu sodného (NaOH). Následuje odstranění přebytečného roztoku a mechanické zpracování za vzniku tzv. alkaliceleulózy. Po určitém čase, kdy vznikl roztok se správnou viskozitou a koncentrací celulózy, je k drti přidán sirouhlík, čímž vzniká žlutooranžová drť zvaná xantogenát. Dále je xantogenát rozpuštěn v NaOH. Vytvoří se tak medovitý viskózní roztok, který je po dozrání a odstranění veškerých nečistot zvlákněn do koagulační lázně. Současně se zvlákněním probíhá i dloužení, které má za následek růst orientace molekul. Vzniklé chemické vlákno se poté chemicky, případně i mechanicky upravuje. [13][14]

Mezi největší přednosti viskózových vláken patří sropce, která je vyšší než u bavlny nebo lnu. Nicméně po navlhnutí ztrácí svou pevnost. Má dobrou odolnost vůči světelnému záření, avšak při dlouhodobém vystavení na slunci zežloutne. Při porovnání viskózy s polyesterem, je polyester pevnější, nesráží se, není navlhavý a lépe odolává oděru. Textilie z viskózových vláken má dobré splývavé vlastnosti, určitou pružnost a snadno se zmačká. [14][15]

### 1.2.3. Bikomponentní vlákna

Bikomponentní či konjugovaná vlákna, také často zkráceně označována jako BIKO, jsou složena minimálně ze dvou polymerů s odlišnými chemickými případně i mechanickými vlastnostmi. Spojením různých polymerů tak vznikne vlákno s unikátními vlastnostmi, kterých by jedním polymerem nemohlo být dosaženo. [16][17]

Na základě rozdělení matrice jednotlivých polymerů v průřezu vlákna se bikomponentní vlákna dělí do několika skupin. Nejčastějším typem, který se v netkaných textiliích využívá spolu se základními vlákny jsou vlákna typu jádro/plášť (C/S), kdy plášť je tvořen z níže tajícího polymeru jako je například kopolyester či polypropylen. Naopak jádro je více tepelně odolné, proto se většinou využívá polyester. Při termickém pojení, kdy se plášť vlákna roztaví, tak jádro převezme nosnou funkci a je tak vytvořen bodový spoj. Dalšími druhy bikomponentních vláken jsou vlákna typu bok po boku (S/S), kdy jsou polymerní matrice vedle sebe, ostrovy v moři či koláčové struktury. Jednotlivé druhy bikomponentních vláken jsou zobrazeny na obrázku 2. [16][17]

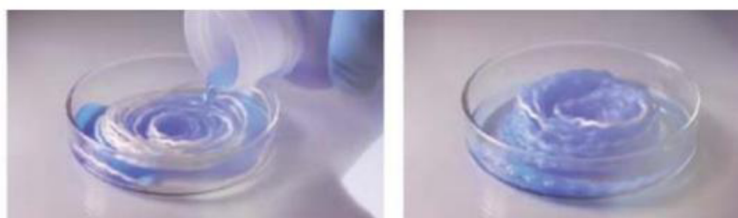


Obrázek 2: Příčné průřezy bikomponentních vláken

Bikomponentní vlákna jsou vyráběna minimálně ze dvou polymerních granulátů, které jsou přiváděny do extruderů, kde jsou roztaveny. Tavenina je následně protlačována skrz speciální zvlákňovací trysky, jejichž tvar odpovídá rozložení složek v příčném průřezu. [17]

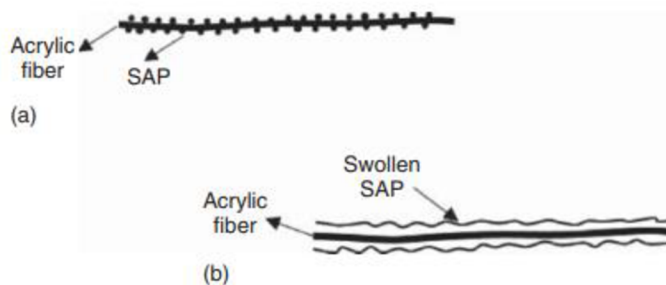
#### 1.2.4. Superabsorpční vlákna

Superabsorpční polymery (SAP) jsou význačné svou schopností absorbovat velké množství kapaliny oproti své hmotnosti. Absorbovanou kapalinu jsou schopny zadržet i pod tlakem. Vyrábí se ve formě prášku, granulí či vláken. Přičemž vlákna jsou oproti jiným typům výhodnější, nejen že se s nimi lépe manipuluje, ale dokonce dokáží absorbovat kapalinu rychleji a hlavně i větší množství oproti ostatním formám SAP. Vlákna jsou využívány v netkaných textiliích v kombinaci se základními vlákny, dokonce je možné z nich připravit přízi, viz obrázek 3, ze které lze následně vyrobit tkaninu či pleteninu. [9][18]



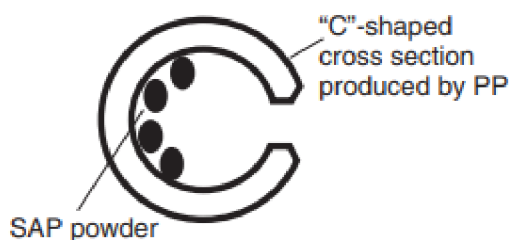
*Obrázek 3: Absorpce příze vyrobené ze superabsorpčních vláken*

Superabsorpční vlákna (SAF) lze získat různými způsoby, buď se může jednat o vlákno, které je vyrobeno přímo ze superabsorpčního polymeru, což bude detailněji popsáno v následující kapitole, nebo úpravou klasického vlákna. U klasických polymerních vláken je obtížné dosáhnout sorpčních vlastností, proto se různými způsoby zušlechťují a případně modifikují. Jedním ze způsobů modifikace je provrstvení akrylového vlákna superabsorpčním polymerem, který po kontaktu s kapalinou začne bobtnat, viz obrázek 4. Takovýto druh superabsorpčního vlákna se vyrábí pod obchodním názvem Lanseal® F. [18]



Obrázek 4: Povrstvené akrylové vlákno SAP (a) a vlákno po kontaktu s vodou (b) [18]

Další možností, jak vyrobit superabsorpční vlákno, je pomocí polypropylenového vlákna s průřezem ve tvaru „C“, kdy uvnitř dutiny vlákna se nachází SAP ve formě prášku, tak jak je schematicky znázorněno na obrázku 5. Takto navržené vlákno by díky SAP mohlo absorbovat kapalinu případně vodní páru, přičemž povrch vlákna by byl suchý. [18]

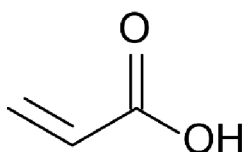


Obrázek 5: SAP umístěný v dutině polypropylenového vlákna, který je ve tvaru „C“ [18]

#### 1.2.4.1. Výroba superabsorpčních vláken

SAP je znám už od 40. let 20. století, kdy byl poprvé syntetizován za pomoci polymerace kyseliny akrylové a divinylbenzenu. Během následujících let probíhal výzkum, během něhož byl vyroben hydrogel na bázi hydroxyethylmethakrylátu, který našel využití v kontaktních čočkách. Až v 70. letech 20. století byla zahájena komerční výroba nejprve SAP ve formě prášku a poté ve formě vláken. [18]

SAP se vyrábí radikálovou polymerací neutralizované kyseliny akrylové, jejíž vzorec je znázorněn na obrázku 6. Polymerace je prováděna pomocí roztoku, kdy vzniká suspenze polymeru v rozpouštědle. Vzniklý polymer se poté suší a připravuje se tak na další zpracování, případně se rozdrťí na granule. V dnešní době se však výzkumníci zaměřují na výrobu SAP z přírodních polymerů jako celulóza či škrob. Případně je možné také využít přírodní polymery, které mají tendenci absorbovat kapaliny, kupříkladu bavlna či viskóza. Avšak aby absorbovaly větší množství tekutiny, jsou modifikovány akrylonitrilem. [18]



Obrázek 6: Strukturní vzorec kyseliny akrylové [19]

Samotná superabsorpční vlákna jsou vyráběna několika způsoby v závislosti na jemnosti. V případě výroby nano SAF se využívá elektrostatické zvlákňování, kdy je roztok polymeru vystaven elektrickému poli. Výsledná vlákna mají tak větší specifický povrch, čímž dochází ke zlepšení absorpčních vlastností. Při výrobě superabsorpčních mikrovláken se využívá zvlákňování z roztoku a to jak suchou tak mokrou cestou případně dry-jet-wet zvlákňováním, tak jako u klasických polymerů. [18]

#### 1.2.4.2. Aplikace superabsorpčních vláken

Superabsorpční polymery, ať už v jakékoli formě, mají širokou škálu využití a to především v produktech absorbujících kapaliny. Zejména se jedná o hygienické pomůcky a vlhčené ubrousky. Ve zdravotnictví nachází uplatnění v obvazových materiálech, v potravinářství pro uchovávání čerstvých potravin, v průmyslu jako příměs do betonu či v zemědělství. Aplikace se s rostoucím vývojem neustále rozšiřuje. Výzkumníci se soustředí především na lepší absorpci zmenšením průměru vláken a na nahrazení klasických polymerů přírodními případně jinými biologicky rozložitelnými polymery, které mají nižší dopad na životní prostředí. [18]

### 1.3. Tvorba vlákenné vrstvy

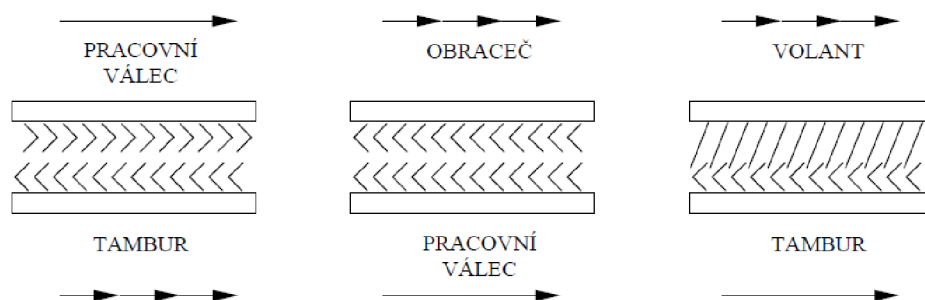
Příprava vlákenné vrstvy je důležitou a nedílnou součástí výroby netkané textilie. Způsob přípravy určuje produktivitu, objemnost, rovnoměrnost a orientaci vláken ve vrstvě. Obecně se příprava rozděluje na dva základní typy a to na mokrý a suchý způsob. Mokrým způsobem se rozumí nic jiného než naplavování, což je obdoba technologie využívané při výrobě papíru. Naopak suchá cesta se nadále dělí na mechanickou a aerodynamickou přípravu. Produkce přímo z polymeru je řazena různě v závislosti na autorovi publikace. [20][21]

#### 1.3.1. Mykání

Mykání je mechanický způsob přípravy vlákenné vrstvy, kde jsou vlákna orientována v podélném směru. Cílem je vlákna mezi sebou promístit, vlákennou surovinu ojednotit na jednotlivá vlákna, částečně vlákna napřímít a urovnat do podélného směru. [20][22]

Při výrobě netkaných textilií jsou využívány mykací stroje speciálně určené pro tuto výrobu, případně válcové mykací stroje, které jsou využívány při výrobě staplové příze. Existuje ještě víčkový mykací stroj, nicméně ten není tak často využíván v tomto odvětví. Hlavním důvodem, proč se využívají válcové mykací stroje a ne víčkové, je jejich šíře a rychlost produkce, která může dosahovat až 1000 kg/hod. [20][22]

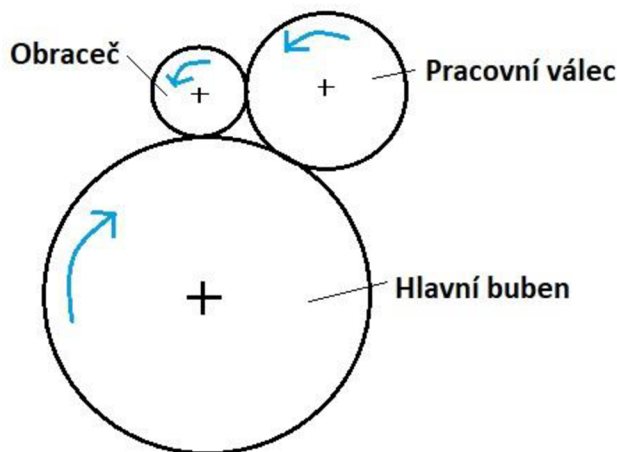
Válcový mykací stroj obsahuje soustavu válců, které jsou opatřeny drátkovými nebo pilkovými povlaky, které zajišťují ojednocování vláken. Postavení hrotů je závislé na druhu válce, tak jak je vidět na obrázku 7. [20][22]



Obrázek 7: Vzájemné postavení pracovních povlaků [20]

Účinek mykacích strojů je tím větší, čím větší je počet drátků či hrotů avšak záleží také na materiálu. Čím jemnější vlákna jsou, tím musí být jemnější povlaky a naopak při hrubších vláknech musí být využity hrubší povlaky, jinak by docházelo k tvorbě nopků či k poškození vláken. [20][22]

Postup mykání u válcového mykacího stroje je následovný. Chomáčky vláken jsou rozprostřeny po celé šířce dopravníkového pásu a to buď ručně, nebo pomocí přidruženého stroje. Přiváděcí válce postupně posouvají surovinu do nitra stroje. Hlavní mykací uzel, který zajišťuje rozvolnění chomáček a napřímení vláken, je mezi obracečem, pracovním válcem a hlavním bubnem neboli tamburem viz obrázek 8. [20][22]

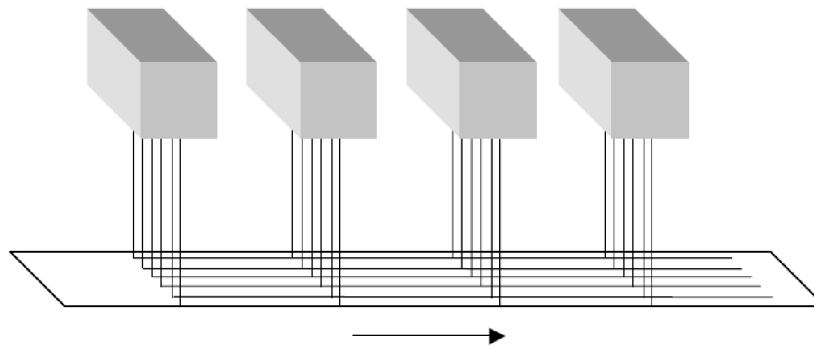


Obrázek 8: Hlavní mykací uzel válcového stroje

Výstupem z mykacího stroje je vlákněná pavučina s plošnou hmotností 5-30 g/m<sup>2</sup>, která má anizotropické vlastnosti – v různých směrech má vrstva rozdílné vlastnosti. V případě vytvoření objemnějšího materiálu se využívá více mykacích strojů za sebou nebo kladecí přístroje, které kladou vlákněnou pavučinu přes sebe a tím tak vytváří rouno. Pomocí různých kladečů vlákněné pavučiny se vlákna orientují buď podélně, příčně nebo kolmo. [20]

### 1.3.2. Kladení vláknenné vrstvy

Mykáním vzniká tenká vláknenná pavučina, která je v případě potřeby vrstvena. Podélné vrstvení je zajištěno uspořádáním několika mykacích strojů za sebou viz obrázek 9, tento druh kladení je využíván pro výrobu nízkých plošných hmotností do 100 g/m<sup>2</sup>. [20]



Obrázek 9: Podélné vrstvení pavučiny

Další možností je příčné kladení, které je oproti podélnému využíváno častěji. Pavučina se zde odvádí ve směru kolmém ke směru přivádějící vrstvy z mykacího stroje. Příčné kladení je obvykle realizováno pomocí horizontálního kladeče. [20]

Posledním a průmyslově nenovějším způsobem je kolmé kladení, které se od předchozích značně liší. Má lepší tepelně izolační vlastnosti a měkčí schopnost, což je zajištěno kolmou orientací vláken ve vrstvě vzhledem k rovině textilie. Pro kolmé kladení byla vyvinuta dvě zařízení, rotační a vibrační kolmý kladeč. [20]



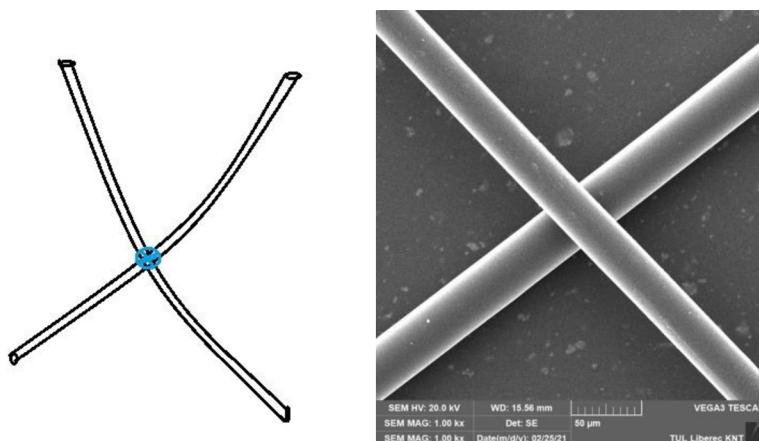
## 1.4. Zpevnění vlákenné vrstvy

Zpevňování vlákenné vrstvy lze uskutečnit mechanicky, termicky a chemicky. Mechanické zpěňování, kdy dochází k přeorientaci vláken ve vrstvě, je prováděno vpichováním, všíváním nebo technologií spunlace. Termický způsob využívá teplo k roztavení pojivých složek, které jsou ve formě prášku, mřížek, folií nebo vláken. Tím se vytvoří spoj mezi základními vlákny a pojivem. Pro termické pojení se využívá horkovzdušná komora nebo kalandr. Poslední možnou cestou, jak zpevnit vlákennou vrstvu, je chemicky, kdy je pojivo v podobě například disperze nanášeno na připravenou vrstvu. Pojivo se nanáší pomocí impregnace, pěny případně postříkem. [20]

Způsob zpevnění vlákenné vrstvy úzce souvisí s uspořádáním pojiva ve struktuře. Každý druh vytváří jinak vypadající spoj. V zásadě se rozlišují tři druhy pojivých míst:

- segmentová,
- aglomerační,
- bodová. [20]

Při termickém pojení vlákenné vrstvy obsahující bikomponentní vlákna za pomoci horkého vzduchu se vytváří nejčastěji bodová struktura, kdy spoj se nachází pouze v místě styku s vláknem, jak je vidět na obrázku 10. Velikost bodového spoje závisí na teplotě a tlaku, pokud je využit při pojení. [20]



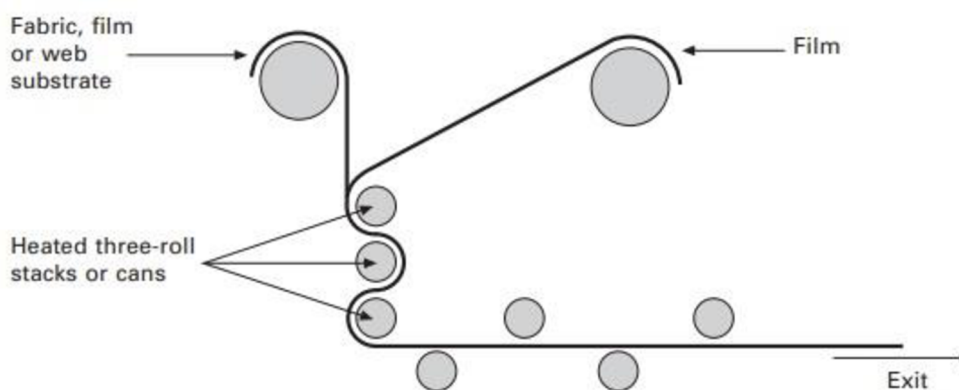
Obrázek 10: Bodová struktura pojivého místa

### 1.4.1. Laminace

Laminací se spojují dva nebo i více textilních materiálů ať už se jedná o netkané textilie, pleteniny či tkaniny. V některých případech se k textilií laminují i folie, záleží na výsledném využití produktu. [23]

V závislosti na druhu pojivého materiálu se rozlišuje suchá a mokrá laminace. U mokré laminace se nanášejí rozpouštědla případně vodní disperze, které jsou aplikovány postřikem, roztíráním nebo tiskem. Naopak u suché laminace se využívají prášky či termoplastická pojiva v různých formách například ve formě vláken. Na základě druhu použitého polymeru se odvíjí i jeho teplota tání, která by měla být dostatečně nízká vzhledem k teplotě tání pojeného materiálu. Ať už se jedná o suchou nebo mokrou laminaci v obou případech lze pojivo nanést po celé ploše materiálu nebo pouze v určitých bodech, čímž je možno dosáhnout lepší splývavosti výsledné textilie. [23]

Pro laminaci se mohou využívat kalandrovací válce, jak je možné vidět na obrázku 11. Tyto válce ohřejí pojivo na teplotu tání, aby došlo ke spojení dvou materiálů. Při pojení je důležitá rychlost linky, teplota a v neposlední řadě i tlak mezi válci. Tyto parametry zásadně ovlivňují vzhled výsledného produktu. Při nevhodném nastavení stroje dochází ke zvlnění laminátu, což je nežádoucí. [23]

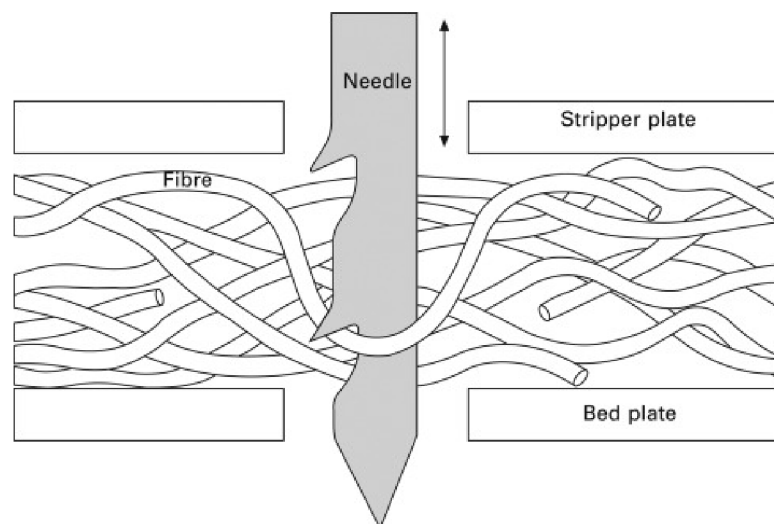


Obrázek 11: Laminace pomocí kalandru [23]

### 1.4.2. Technologie vpichování

Technologie vpichování je jednou z nejstarších mechanických způsobů zpevnování vláknenné vrstvy. Základním principem je přeorientování vláken kolmo k vrstvě, čímž zároveň dochází k protahování vláken. [20]

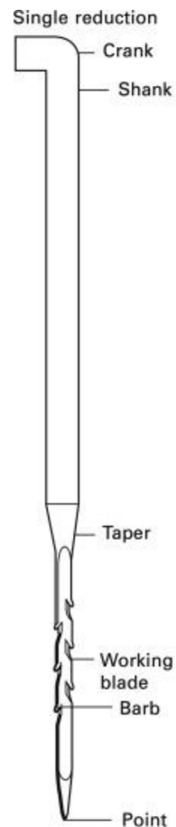
Vláknenná vrstva připravená mykacím strojem a navrstvena kladecím přístrojem je přiváděna podávacím zařízením mezi dva perforované rošty. Jehly upevněné v jehelní desce procházejí skrz otvory perforovaných roštů. Ostny jehel zachytávají vlákna, která jsou protahována napříč šířkou vrstvy. Tím dochází ke změně orientace ve struktuře a tedy i ke zpevnění vrstvy. Poté je už jen vzniklá netkaná textilie odváděna pomocí odtahovacího zařízení. Průchod jehly skrz materiál je znázorněn na obrázku 12. [24]



Obrázek 12: Průchod jehly skrz vláknennou vrstvu [24]

Pro zpevnění technologií vpichování jsou vhodná dlouhá vlákna, kvůli zajištění tření mezi vlákny. Zároveň by vlákna neměla být křehká neboť při rychlosti průniku vypichovací jehly by s vysokou pravděpodobností docházelo k přetrhu vlákna. [24]

Na základě použitých vláken jsou využívány různé druhy jehel, které se liší svou geometrií, konkrétně se jedná o tloušťku, délku, tvar a počet ostnů jehly. Volba jehly je závislá na plošné hmotnosti, typu a rozměru vláken. Na hrubší vlákna jsou používány hrubší jehly s většími ostny a u jemnějších vláken je to naopak. Každá jehla je složena z kolínka, stvolu, redukované a pracovní části a z ostnů, jak je vidět na obrázku 13. [24]



Obrázek 13: Schéma vpichovací jehly [24]

Zásadní vliv na proces vpichování má hloubka a hustota vpichu. Hloubka vpichu je určena vzdáleností mezi dolním roštem a špičkou jehly při spodní pozici jehelní desky. Udává se v milimetrech, kdy hodnota se pohybuje v rozmezí 5-25 mm. Hustota vpichu je dána počtem vpichů na jednotku plochy. Oba dva parametry určují míru zpevnění materiálu a samozřejmě i rychlost produkce. [20][24]

## 1.5. Testování vláken

Jako každé testování, tak i zkoušení vláken je upraveno normou, která určuje jak a za jakých podmínek bude test prováděn. Pro vlákna existuje celá řada norem, neboť každý druh vlákna je rozdílný. V zásadě je rozlišováno, zda se jedná o syntetické vlákno či přírodní. [25]

Mezi nejzásadnější testovací vlastnosti vláken neodmyslitelně patří jemnost a pevnost. Pokud je potřeba sledovat morfologii vláken třeba kvůli identifikaci, využívají se mikroskopické metody, jejichž výběr určuje rozměr vlákna. [25]

### 1.5.1. Jemnost vláken

Jemnost vláken často podle normy označovaná jako délková hmotnost je jednou z nejdůležitějších charakteristik vláken. Jak již název napovídá, jemnost je vyjadřována poměrem hmotnosti  $m$  [g] a délkou  $l$  [km], jak je uvedeno v rovnici 1:

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

Jemnost lze stanovit několika způsoby například z výpočtu plochy příčného řezu nebo průměru vlákna. Pro změření tloušťky vlákna může být použit lanometr, což je projekční mikroskop. Modernější způsob je pomocí světelného mikroskopu s integrovanou kamerou, která přenese obraz na monitor počítače, kde je následně pomocí programu spočten průměr vlákna. Jemnost se pomocí průměru spočítá pomocí následujícího vzorce 2. Tuto metodu je možné použít pouze v případě, že měřené vlákno má kruhový průřez. [25]

$$T = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \rho \cdot 10^6 \quad [tex] \quad (2)$$

Jemnost je označena písmenem  $T$ , průměr  $d$  a měrná hustota materiálu je  $\rho$ . [25]

## 1.5.2. Mikroskopie

Pokud předmět není možné pozorovat pouhým okem, je nutné využít nějaké zvětšovací zařízení ať už v podobě lupy nebo světelného mikroskopu, kde je využíváno viditelné světlo. V případě, že tyto techniky zvětšení nestačí, je potřeba vyšší rozlišení, využívají se elektronové mikroskopy. [26][27]

Podle způsobu pozorování jsou mikroskopy děleny na monokulární a binokulární. Monokulární mikroskop je složen pouze z jednoho okuláru a je tak objekt možné pozorovat pouze jedním okem. Binokulární mikroskop využívá dva okuláry, což umožňuje sledovat oběma očima současně. Navíc vzdálenost okulárů lze přizpůsobit na základě potřeby každého. [26][27]

Dále je možné mikroskopy rozdělit z hlediska použitého světla při mikroskopování:

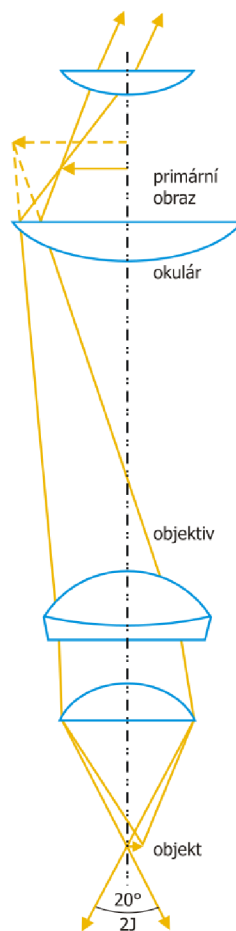
- světelný mikroskop,
- fluorescenční mikroskop,
- polarizační mikroskop,
- elektronový mikroskop. [26][27]

### 1.5.2.1. Světelný optický mikroskop

Optická světelná mikroskopie používá pro studium předmětů viditelné světlo o určité vlnové délce (380-740 nm). To je důvod, proč je velikost pozorovaných objektů limitována. Minimální rozměr, který je ještě pod mikroskopem zřetelný, je 200 nm. [26]

Mikroskop se skládá ze třech částí, mechanického zařízení, optické a osvětlovací soustavy. Mechanické zařízení není nic jiného než samotná kostra mikroskopu, která má pouze nosnou funkci. Optická soustava zahrnuje soubor optických čoček, které vytváří v oku výsledný obraz. Konkrétně se jedná o objektiv a okulár. V případě potřeby je možné vzdálenost mezi objektivem a okulárem upravit. Osvětlovací soustava zajišťuje osvit preparátu, kdy světlo pochází skrz vzorek nebo se od něj odráží. [27]

Princip vzniku zvětšeného obrazu spočívá v použití okuláru a objektivu. V obou případech se jedná o spojné čočky, které mají společnou osu viz obrázek 14. Blíže k preparátu je objektiv, kdy vzdálenost mezi nimi je určena ohniskovou vzdáleností objektivu. Vzniká tak zvětšený a převrácený obraz pozorovaného předmětu. Následně vzniklý obraz putuje do okuláru, který obraz opět zvětší a převrátí. Výsledný obraz, který vidí pozorovatel, je dvakrát zvětšený a je vzpřímený. [26]



Obrázek 14: Princip světelného mikroskopu [26]

### **1.5.2.2. Elektronový mikroskop**

Elektronové mikroskopy využívají proud elektronů a elektromagnetické čočky, čímž se zásadně liší od klasických světelných mikroskopů. U tohoto druhu mikroskopu se využívá záření v řádech tisíců nanometru, díky čemuž je možné pozorovat malé objekty s velmi vysokým rozlišením. [26][29]

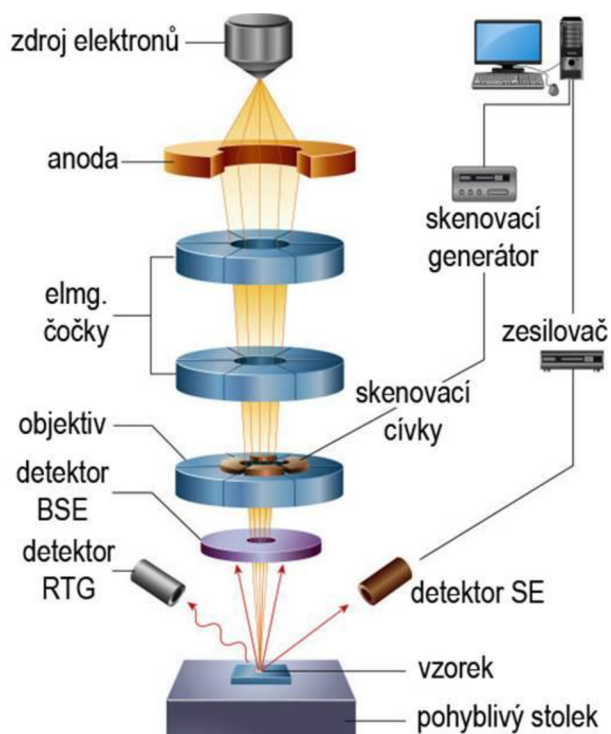
Existují dva typy elektronových mikroskopů, skenovací elektronový mikroskop zkráceně SEM a transmisní elektronový mikroskop neboli TEM. Základní rozdíl mezi nimi je ten, že pomocí TEM lze sledovat vnitřní strukturu zkoumaného vzorku, naopak SEM dokáže zajistit informace pouze o povrchu preparátu. Ačkoli by se mohlo zdát, že TEM je daleko výhodnější a lepší mikroskop kvůli získávání informací o celkové struktuře vzorku, má řadu nevýhod. Mezi nejzásadnější nevýhody patří obtížná příprava vzorku. [26][29]

#### **1.5.2.2.1. Skenovací elektronový mikroskop**

Skenovací nebo také řádkovací elektronový mikroskop je typ elektronového mikroskopu, který využívá pro zobrazení proud elektronů. Pomocí elektronů lze v tomto případě zkoumat povrch vzorku s vysokým rozlišením. [30]

Princip skenovacího elektronového mikroskopu spočívá v emitaci elektronů ze zdroje, kterým je nejčastěji wolframový drátek. Vzniklé elektrony prochází skrz anodu. Jelikož je anoda kladně nabitá přitahuje elektrony a tím je urychluje a zároveň mění jejich směr. Elektrony následně putují do elektronové optiky, která se skládá z elektromagnetických čoček. Díky těmto čočkám, které využívají nehomogenní magnetické pole, dopadají elektrony na zkoumané místo vzorku. Dopadem elektronu na vzorek dochází k interakci mezi atomy a elektrony. Vzniklé signály jsou detekovány a zpracovávány počítačem. Schéma SEM je zobrazeno na obrázku 15, kde jsou zobrazeny všechny části mikroskopu. [30][31]





Obrázek 15: Schéma skenovacího elektronového mikroskopu [30]

V prostorech celého SEM, kde se pohybují elektrony, se nachází vakuum. Pokud by tam nebylo, elektrony by interagovaly s částicemi, čímž by se proud elektronů rozdělil a elektrony by se rozptylovaly do různých směrů. Navíc by mohlo dojít k poškození katody tedy zdroje elektronů. V neposlední řadě by byly detekovány slabé nebo dokonce špatné signály a vznikl by neostrý obraz vzorku. [30]

I přes to, že SEM má vynikající rozlišovací schopnost, díky které je možné pozorovat předměty malé velikosti, má řadu nevýhod. Největší nevýhodou je umístění vzorku do komory obsahující vakuum. To znemožňuje pozorovat živé organismy, jelikož obsahují vodu. Navíc zkoumané vzorky je nutné pokovovat tenkou vrstvou, čímž se zvýší tepelná vodivost, která tak zamezuje poškození vzorku. Další nevýhodou je omezení velikosti vzorku, která je limitována rozměry komory SEM. [30][32]

## 1.6. Testování netkaných textilií

Jako každý materiál i netkané textilie jsou podrobovány testům, z nichž základní jsou uvedeny v normě ISO 9073 Textilie – zkušební metody pro netkané textilie. V normě jsou uvedeny postupy pro stanovení plošné hmotnosti, tloušťky, pevnosti v tahu a prodloužení, absorpce, ohybu a mnoho dalších. Pro specifické netkané textilie však existují zvláštní normy, příkladem je měření absorpce u textilií, které obsahují superabsorpční vlákna. Pro ni není možné použít již zmiňovanou normu nýbrž normu WSP 010.1.R3 (12). [33]

### 1.6.1. Plošná hmotnost

Stanovení plošné hmotnosti netkaných textilií je dáno normou ISO 9073 - 1 Textilie: zkušební metody pro netkané textilie. Na základě změřené hmotnosti vzorku o daném rozměru je pomocí následujícího vzorce vypočtena plošná hmotnost:

$$m_s = \frac{m}{S} = \frac{m}{l \cdot d} \quad [g/m^2] \quad (3)$$

kde  $m$  je hmotnost vzorku [g],  $S$  plocha vzorku [ $m^2$ ] a  $m_s$  je tedy plošná hmotnost uvedená nejčastěji v jednotkách  $g/m^2$  případně  $kg/m^2$ . Plocha vzorku je dle vzorce dále spočtena pomocí délky  $l$  a šířky  $d$  vzorku ve stejných jednotkách tedy v metrech. [33][34]

### 1.6.2. Tloušťka materiálu

Tloušťka je definována jako kolmá vzdálenost mezi lící a rubní stranou materiálu. Její přesné měření je stanoveno normou ČSN EN ISO 9073-2 (806132) Textilie: Zkušební metody pro netkané textilie, která je určena pouze pro netkané textilie, pro jiný druh textilních materiálů je nutné použít jinou normu. [33]

K měření tloušťky se využívá klasické ruční měřidlo nebo digitální tloušťkoměr. Existují různé druhy digitálních tloušťkoměrů jako například přístroj s názvem Elcometer 456 viz obrázek 16, který zjišťuje tloušťku pomocí sondy, a nebo přístroj s názvem Insize, který využívá k měření dvě keramické plochy o průměru 10 mm. V rámci této diplomové práce byl využíván pouze tloušťkoměr Elcometer 456. [34][35]



Obrázek 16: Tloušťkoměr Elcometr 456

### 1.6.3. Objemová hmotnost

Objemová měrná hmotnost na rozdíl od plošné hmotnosti zahrnuje ve výpočtu i tloušťku materiálu, jedná se tedy o hmotnost vzorku vztaženou na jeho objem podle vzorce 4:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{S \cdot h} = \frac{m_s}{h} \quad [g/m^3] \quad (4)$$

kde  $\rho$  je objemová hmotnost materiálu v jednotkách  $kg/m^3$ ,  $m$  je hmotnost vzorku [kg] a  $V$  je objem vzorku [ $m^3$ ], který je daný plochou  $S$  [ $m^2$ ] a tloušťkou  $h$  [m]. Celý výpočet lze zjednodušit na podíl plošné hmotnosti a změřené tloušťky. [34]

### 1.6.4. Sorpce

Sorpce je proces, při kterém se látka naváže na jinou látku. Podle místa vstřebání látky se dělí sorpce na absorpci a na adsorpci. K adsorpci dochází, pokud se látka naváže na povrch. Naopak u absorpce dochází ke vstřebání do struktury látky, příkladem jsou superabsorbční vlákna, která absorbují kapalinu do celého objemu. [36]

#### 1.6.4.1. Standard test: WSP 010.1.R3 (12)

Pro testování kapacity absorpce netkané textilie je využíván Standard test: WSP 010.1.R3 (12), kdy jsou nejprve připraveny vzorky měřené netkané textilie o rozměrech  $(100 \pm 1)$  mm x  $(100 \pm 1)$  mm. V případě, že připravený vzorek váží méně než 1 g, je nutné dát více vzorků na sebe, aby celková hmotnost přesahovala právě 1 g. [37]

Vzorky jsou následně vloženy na děrovaný plech z nerezové oceli a okraje vzorku jsou upevněny pomocí spon. Plech spolu s upnutým vzorkem je poté šikmo vkládán do nádoby s kapalinou, aby se zabránilo vzduchovým bublinám. Zároveň hloubka ponoření by měla být zhruba 20 mm od hladiny. Po uplynutí 60 s je plech vyndán a vzorek odepnut ze spon, kromě jedné. Pro odstranění přebytečné vody je plech svisle zavěšen po dobu 120 s. Nakonec je vzorek zvážen. [37]

Výsledná kapacita absorpce kapaliny (LAC) každého vzorku je dána vztahem 5:

$$LAC = \frac{M_n - M_k}{M_k} \cdot 100 \quad [\%] \quad (5)$$

kde  $M_k$  [g] je hmotnost suchého vzorku a  $M_n$  [g] je hmotnost mokrého vzorku. [37]

## 2. Experimentální část

Praktická část se zabývá chováním superabsorpčních vláken po absorpci kapaliny, nejprve tedy jich samotných a poté ve vlákenné vrstvě, kde jsou spolu s dalšími vlákny. Zprvu byly zkoumány superabsorpční vlákna, neboť právě na nich závisí vlastnosti sorpční vrstvy.

U samotných superabsorpčních vláken byla sledována struktura vlákna po kontaktu s kapalinou, jinými slovy bylo zkoumáno, zda bude struktura vlákna zachována, či nikoli a to i po odpaření kapaliny. Další důležitou otázkou bylo, jak velké množství absorbované láky je vlákno schopno pojmout a do jaké míry vlákno zvětší svůj objem. V tomto případě však nebyl měřen objem jako takový, ale průměr vlákna, který stejně jako objem značí velikost bobtnání. Mimo absorpci je důležité znát i kinetiku sušení, tedy za jak dlouho je vlákno suché. Při sušení byla zároveň sledována i změna velikosti vlákna.

V případě sorpční vrstvy byla použita kromě SAF i vlákna bikomponentní, viskózní a polyesterová. Nejprve bylo nutné zjistit vhodný poměr těchto komponentů. Proto byly vytvořeny tři druhy vzorků netkaných textilií s rozdílným složením. Na základě vzorku, který absorboval nejvíce kapaliny, byly připraveny další vzorky téhož složení. Tentokrát však k textilii byla připevněna další vrstva z bikomponentních a polyesterových vláken, která měla za úkol odvádět kapalinu k sorpční vrstvě. Vznikla tak kompozitní netkaná textilie. Následně i tyto vzorky byly podrobeny testováním, ať už sorpce či kinetiky sušení.

Na závěr byly výsledné poznatky, získané jak při sledování samotných superabsorpčních vláken, tak i vlákenné vrstvy, shrnuty. Případně byl navrhnut zlepšený postup zkoumání této problematiky.

## 2.1. Studium superabsorpčních vláken

Jak již bylo zmíněno, nejprve byla zkoumána superabsorpční vlákna, neboť jsou to právě ona, která zapříčiňují sorpční vlastnosti vlákenné vrstvy. V první řadě byla pozorována samotná vlákna bez aplikace vody. Poté byl na vlákna nanesen určitý objem vody a bylo sledováno, co se s vláknem bude dít. Byla pozorována i kinetika sušení spolu s geometrickými rozměry vlákna, zda nedošlo k rozměrovým změnám oproti původním režným vláknům.

Používána byla superabsorpční vlákna od společnosti Technical Absorbents pod označením SAF TM 102/52/10. Jak vyplývá z označení, staplová délka vláken činila 52 mm a jemnost 10 dtex. První číslo uvádí, jak velkou absorpci SAF vykazují, v tomto případě by vlákna měla absorbovat 47 g fyziologického roztoku na 1 g vláken.

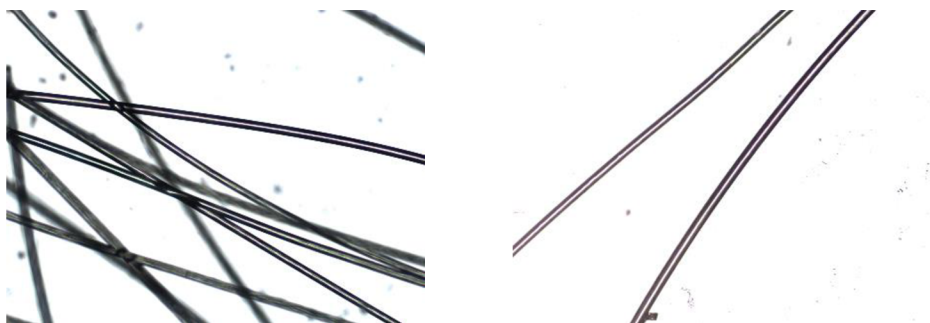
### 2.1.1. Sledování sorpce kapaliny

V první řadě byla zkoumána suchá superabsorpční vlákna pomocí světelného mikroskopu, kdy byla vlákna položena na podložní sklíčko a poté přikryta krycím sklíčkem. Takto připravený preparát byl následně vložen pod mikroskop viz obrázek 17. Žádná kapalina se k nim nepřidávala, jelikož by došlo k absorpci a to nebylo v tomto případě žádoucí.



Obrázek 17: Světelný mikroskop s vloženým vzorkem

Výsledné snímky pořízené světelným mikroskopem jsou zobrazeny na obrázku 18.



*Obrázek 18: Snímky superabsorpčních vláken získané světelným mikroskopem*

Jak je ze snímků patrné, rozdíl z hlediska struktury vlákna by se mezi syntetickými a superabsorpčními vlákny hledal těžko. Na pohled vypadají jako klasická vlákna bez viditelné struktury. Jedná se tedy o hladká vlákna kruhového průřezu.

Když už byla vlákna zkoumána pod mikroskopem, byl pomocí programu NIS změřen jejich průměr. Dohromady bylo změřeno 10 vláken, kdy u každého vlákna byl průměr změřen 5krát a to po celé jeho délce. Měření průměru je schematicky znázorněno na obrázku 19. Průměrná hodnota průměru SAF činila  $34,3 \mu\text{m}$  se směrodatnou odchylkou  $1,569 \mu\text{m}$ .



*Obrázek 19: Měření průměru vlákna*

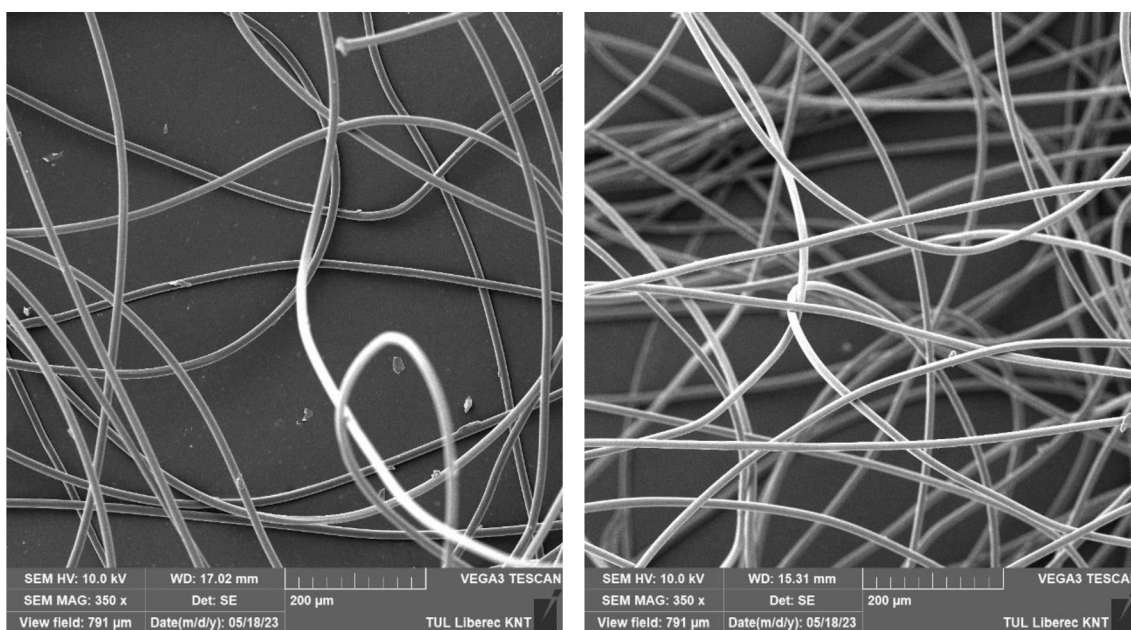
Pro podrobnější sledování povrchu vlákna byl použit skenovací elektronový mikroskop. V první řadě bylo zapotřebí si připravit preparát. Pár vláken bylo připevněno oboustrannou lepicí páskou na terčík, který byl spolu s vlákny vložen do zlatícího přístroje zvaného zlatička viz obrázek 20. V něm došlo k nanesení 10 nm tenké vrstvy zlata.



*Obrázek 20: Zlatící přístroj*

Pozlacené vzorky byly vloženy do komory mikroskopu, kde bylo vytvořeno vakuum. Následně bylo zapnuto žhavení katody na 20 kV, díky čemuž začaly emitovat elektrony. Interakce elektronů a atomů vzorku byly zaznamenávány a výsledný obraz byl promítán na obrazovku počítače viz obrázek 21.

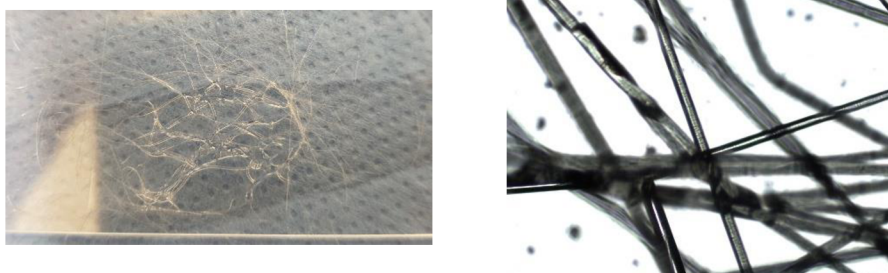




*Obrázek 21: Snímky SAF pořízené na SEM*

Pomocí SEM bylo možné sledovat vlákna ve vyšším rozlišení. Povrch vlákna je hladký jako u předešlých snímků ze světelného mikroskopu, čímž došlo jen k potvrzení předešlého poznatku. Vlákna jsou hladká bez zjevných defektů.

Pro sledování sorpce SAF bylo několik vláken položeno na podložní sklíčko a následně k nim byla přidána voda. Takto připravený preparát byl vložen do mikroskopu. Ať už byl preparát vložen do makroskopu či světelného mikroskopu, nebylo možné sledovat bobtnající vlákna. U makroskopu tomu bránilo malé zvětšení a u mikroskopu byl problém v tom, že díky absorpci vody se vlákna pohybovala a nebylo tak možné zaostřit určitou část vláken. Zbobtnalá vlákna jsou vidět následujícím obrázkem 22. První metodika tedy nebyla zcela vhodná, proto byla navržena jiná.



*Obrázek 22: Shluk vláken po absorpci kapaliny*

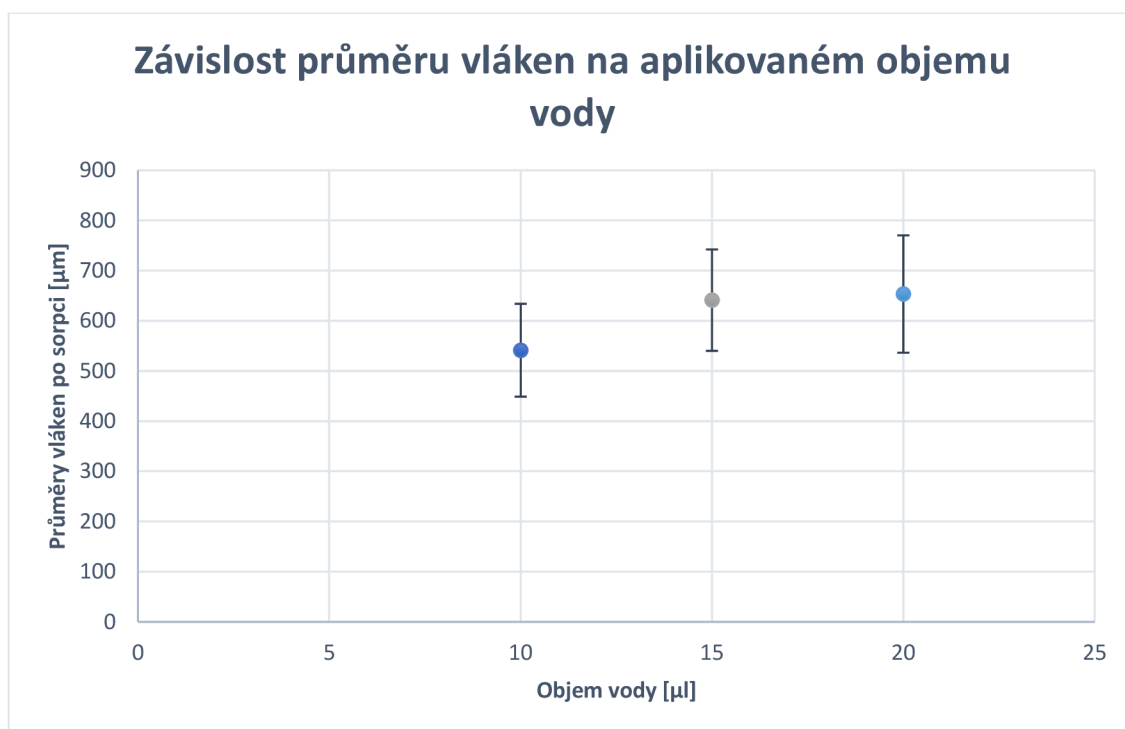
Další a tentokrát úspěšný postup pro sledování sorpce spočíval v tom, že bylo pozorováno pouze jen jedno vlákno. Ojednocené superabsorpční vlákno bylo tedy položeno na podložní sklíčko. Následně na něj bylo mikropipetou přidáno určité množství kapaliny a to po celé délce vlákna, aby došlo k rovnoměrnému rozprostření tekutiny po vlákne viz obrázek 23. Ve všech případech testování byla jako kapalina využívána provozní voda.



*Obrázek 23: Vlákno po absorpci kapaliny*

Po absorpci veškeré vody byl preparát zakryt krycím sklíčkem a poté vložen do světelného mikroskopu s integrovanou kamerou, která obraz promítala na monitor počítače. Díky připojenému programu NIS byl následně změřen průměr zkoumaného vlákna. Postup měření byl stejný jako u suchého vlákna.

Nejprve byl změřen průměr suchého vlákna a následně průměr po absorpci kapaliny. Celkově byla na vlákna aplikována tři různá množství vody (10  $\mu\text{l}$ , 15  $\mu\text{l}$  a 20  $\mu\text{l}$ ). Pro každý objem byla testována 3 vlákna a na každém z nich bylo provedeno 10 měření průměru po celé délce vlákna. Výsledné průměrné hodnoty jsou zaneseny do grafu 1, který určuje závislost mezi průměrem vlákna a aplikovaným objemem vody.



*Graf 1: Znázornění závislosti průměrů vláken na aplikovaném objemu vody*

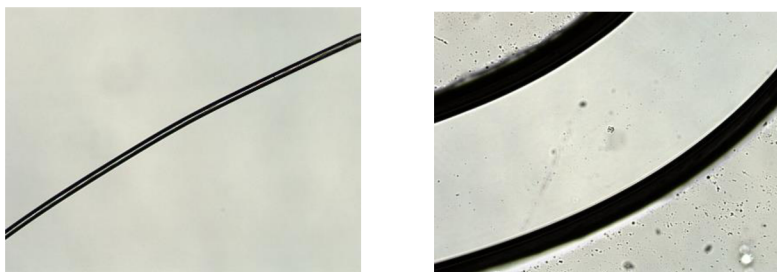
Z grafu je patrné, že velikost průměru vlákna po absorpci kapaliny je závislý na aplikovaném objemu kapaliny. Čím více bylo na vlákno aplikováno kapaliny, tím více vlákno zvětšilo svůj průměr. Po aplikování posledního objemu tedy 20  $\mu\text{l}$  se už průměr vlákna tak nezvětšoval, spíše byl stejný jako při použití 15  $\mu\text{l}$ . Měření podléhá velkým odchylkám, což může být způsobeno metodikou měření, která nemusela být zcela přesná. I přes pečlivé rovnoměrné nanesení vody na vlákno docházelo k tomu, že sorpce nebyla stejnoměrná a vlákno nabobtnalo v různých místech odlišně.

Nicméně na základě pozorování bylo zjištěno, že v případě smočení vlákna na jednom konci, voda je postupně absorbována ve směru vlákna. Dochází tedy k postupnému bobtnání a rozložení kapaliny po určité délce. Tento proces je však velmi pomalý a navíc nedochází k rovnoměrné sorpci po celé délce vlákna, některá část je nabobtnalá více a některé méně. Takovéto prostupování kapaliny skrz vlákno je vidět na obrázku 24, kdy pravá část vlákna již nabobtnala a levá část je stále v původním stavu.



*Obrázek 24: Postupné bobtnání superabsorpčního vlákna*

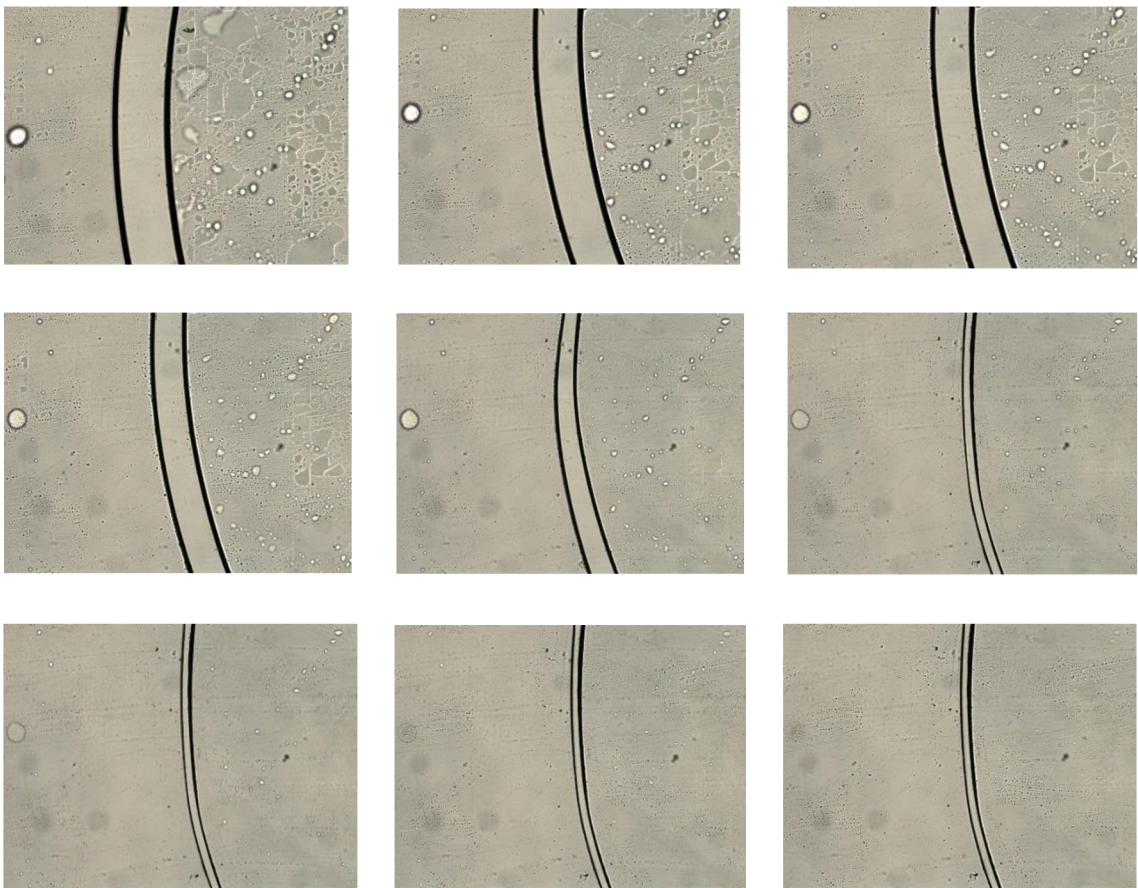
Pro porovnání velikosti sorpce jsou na obrázku 25 snímky pořízené při stejném zvětšení, kdy na levé straně je suché superabsorpční vlákno před aplikací kapaliny, které mělo průměr zhruba 34  $\mu\text{m}$ . Na pravé straně je naopak zbobtnalé vlákno, tedy po absorpci kapaliny, které mělo průměr 751  $\mu\text{m}$ . Vlákno tak zvětšilo svůj průměr zhruba 22krát.



*Obrázek 25: Porovnání superabsorpčního vlákna před a po aplikaci kapaliny*

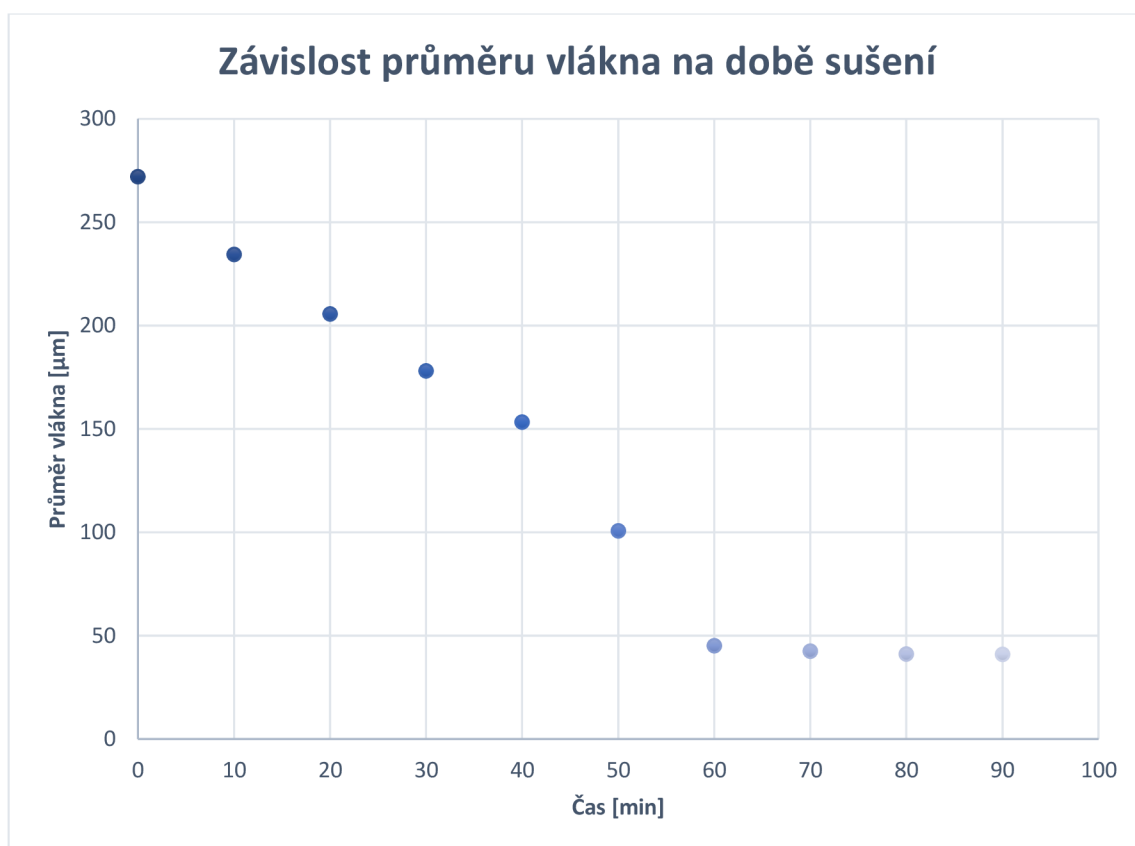
### 2.1.2. Kinetika sušení vlákna

Sledování za jak dlouho bude vlákno opět suché a zda se vrátí na svůj původní průměr, bylo prováděno následovně. Vlákno umístěné na podložním sklíčku bylo nejprve rovnoměrně smočeno po celé své délce a následně bylo smočené vlákno přikryto krycím sklíčkem, aby bylo vlákno lépe vidět pod mikroskopem. V případě, že nebylo použito krycí sklíčko, obraz byl rozostřený. Vzniklý preparát byl vložen do světelného mikroskopu, čímž započalo měření (čas 0 min), kdy byl změřen začáteční průměr vlákna. Každých deset minut se měření opakovalo a to na stejném místě, s preparátem tedy nebylo hýbáno a sušení tak probíhalo při klasických laboratorních podmínkách (teplota dosahovala 21,5 °C a vlhkost 40 %). Nejen že byly zaznamenávány hodnoty, ale byly také pořizovány snímky, které jsou zobrazeny na obrázku 26.



*Obrázek 26: Sledování průměru vláken v průběhu sušení*

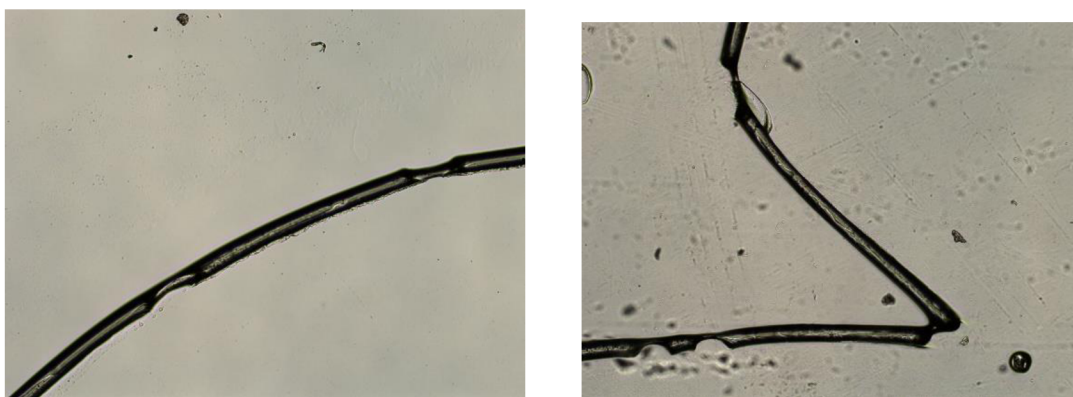
Jak již bylo zmíněno, měření průměru vlákna probíhalo každých 10 minut, kdy na tom stejném úseku vlákna bylo provedeno dvacet měření, ze kterých byla následně spočtena průměrná hodnota. Průměrné hodnoty jsou zaznamenány v grafu v závislosti na době sušení. Celkem byla změřena 3 vlákna, z nichž byly spočteny průměrné hodnoty. Objem vody tentokrát nehrál roli, avšak u všech měření bylo aplikováno stejné množství kapaliny 10  $\mu$ l.



Graf 2: Závislost průměru vlákna na době sušení.

Z grafu vyplývá, že zprvu je závislost mezi dobou a průměrem vlákna relativně lineární, avšak čím více se vlákno blížilo ke svému původnímu průměru, tím se doba sušení prodlužovala. V průběhu sušení vlákno schne různou rychlostí, nejprve rychleji a ke konci pomaleji, což je zřejmě dáno umístěním vody ve vláknech. Kdy nejprve dochází k odpařování vody, která se vyskytuje blíže k povrchu a až poté se začíná vypařovat voda, která se nachází ve středu vlákna. Nicméně bylo tímto potvrzeno, že při sušení se průměr vlákna snižuje a to až do té doby, dokud není zpět na svém původním průměru před sorpcí.

Po sušení se vlákno zmenšuje na svůj původní průměr a dokonce i zachovává svůj tvar vlákna. Vznikají však nějaké defekty. Vlákno se v rámci smršťování roztrhne a nebo část povrchu vlákna je odlomena. Vzniklé defekty jsou vidět na následujícím obrázku 27. Otázkou je, zda tato poškození vznikla díky sušení na podložním sklíčku, kdy mohlo dojít k slepení vlákna se sklem, či vznikají, i když jsou volně uloženy třeba ve vlákenné vrstvě.



*Obrázek 27: Možné defekty vzniklé po sušení vlákna*

### **2.1.3. Vyhodnocení superabsorpčních vláken**

Superabsorpční vlákna jsou v suchém stavu nerozeznatelná od jiných syntetických vláken, avšak při kontaktu s kapalinou začínají bobtnat a značně převyšují svým průměrem vlákna nad ostatními. To by byla jediná možnost, jak je mezi ostatními rozeznat. Průměr zkoumaných vláken byl zhruba 34,3  $\mu\text{m}$  a při absorpci kapaliny jsou schopna zvětšit svůj průměr na 751  $\mu\text{m}$ .

Po aplikaci kapaliny dochází k postupnému prostupování kapaliny do celého objemu vlákna, avšak nedochází k rovnoměrnému rozprostření kapaliny po celé délce vlákna. Jak je vidět v grafu 1, maximální průměrná hodnota průměru, které vlákno dosahuje, je 650  $\mu\text{m}$ , nehledě na to zda bylo aplikováno 15 nebo 20  $\mu\text{l}$  vody. Nicméně bylo zjištěno, že po sorpci vlákno zachovává svůj tvar.

Svůj tvar zachovává i po usušení, avšak vznikají defekty v podobě odlomených částí povrchu vláken nebo dokonce přetržením celého vlákna na několik kusů. To může způsobovat problémy z hlediska snižování absorpce v různých výrobcích, které by byly opakovaně využívány.

## **2.2. Studium superabsorpčních vláken ve vlákenné vrstvě**

Na základě zjištěných poznatků o superabsorpčních vláknech byly vyrobeny vlákenné vrstvy s různým poměrem základních vláken a SAF. Netkané textilie byly následně podrobeny testováním absorpce a kinetiky sušení. Složení vzorku, který vykazoval největší kapacitu absorpce, bylo použito při výrobě kompozitní netkané textilie.

### **2.2.1. Vlákenný materiál**

Pro výrobu absorpční vrstvy byly využity celkem čtyři druhy vlákenných materiálů. Jedním z nejdůležitějších byl právě onen superabsorbent ve formě vláken, jehož parametry byly totožné jako v přechozí části experimentu. Jako podpurné vlákno pro sorpci byla použita viskózová vlákna, jejichž délka činila 60 mm a jemnost 6,7 dtex. Dále byly používána polyesterová vlákna pod obchodním názvem TESIL, která měla jemnost 6,7 dtex a délku 57 mm. Pro zpevnění vlákenné vrstvy byla použita bikomponentní vlákna typu jádru/plášť, kdy jádro bylo z polyesteru a plášť z kopolyesteru (CoPES). Jejich délka činila 53 mm a jemnost 5,2 dtex.

Využití těchto vláken mělo důvod. Viskózová vlákna byla vybrána kvůli svým vlastnostem, zejména pro dobré sorpční schopnosti, které jsou podobné bavlně. Naopak polyesterová vlákna jsou známá tím, že nejsou navlhavá a odvádí tedy vlhkost. Samozřejmě bylo potřeba vlákennou vrstvu nějakým šetrným způsobem spojit. Bikomponentní vlákna byla jasnou volbou kvůli typickému bodovému spoji, který zajišťuje pružnost.



### 2.2.2. Série vzorků (Vzorky A-C)

U této série vzorků vlákenné vrstvy byl sledován neadekvátnější poměr jednotlivých komponentů, aby byla dosažena co možná nejvyšší sorpce. Celkem byly sestaveny poměry složek pro tři vzorky, přičemž konkrétní procentuální zastoupení je zaznamenáno v následující tabulce 1.

*Tabulka 1: Procentuální podíly jednotlivých složek ve vzorcích NT*

Vzorek	SAF	PES	VS	BIKO
A	10%	80%	-	10%
B	12,5%	62,5%	12,5%	12,5%
C	12,5%	52,5%	22,5%	12,5%

Na základě určené navážky, která činila 50 g, a procentuálním podílem jednotlivých složek byly vypočteny hmotnosti, které bylo nutné navážít. Váhy jednotlivých složek jsou zapsány v tabulce 2.

*Tabulka 2: Hmotnosti jednotlivých složek ve vzorcích NT*

Vzorek	SAF	PES	VS	BIKO
A	5 g	40 g	-	5 g
B	6,25 g	31,25 g	6,25 g	6,25 g
C	6,25 g	26,25 g	11,25 g	6,25 g

### 2.2.3. Výroba série vzorků

Pro každý vzorek byly hmotnosti jednotlivých složek zváženy zvlášť na příslušných vahách. Odvážené komponenty ve formě chomáčků byly rozprostřeny po celé šířce dopravníku válcového mykacího stroje. Ten vlákna ojednotil, promíchal mezi sebou a zároveň narovnal do podélného směru. Vzniklá pavučina byla navinuta na válec, čímž vznikla vlákenná vrstva neboli rouno viz obrázek 28. Pro důkladnější promíchání vláken bylo rouno předloženo mykacímu stroji ještě jednou.



*Obrázek 28: Tvorba vlákenné vrstvy na válcovém mykacím stroji*

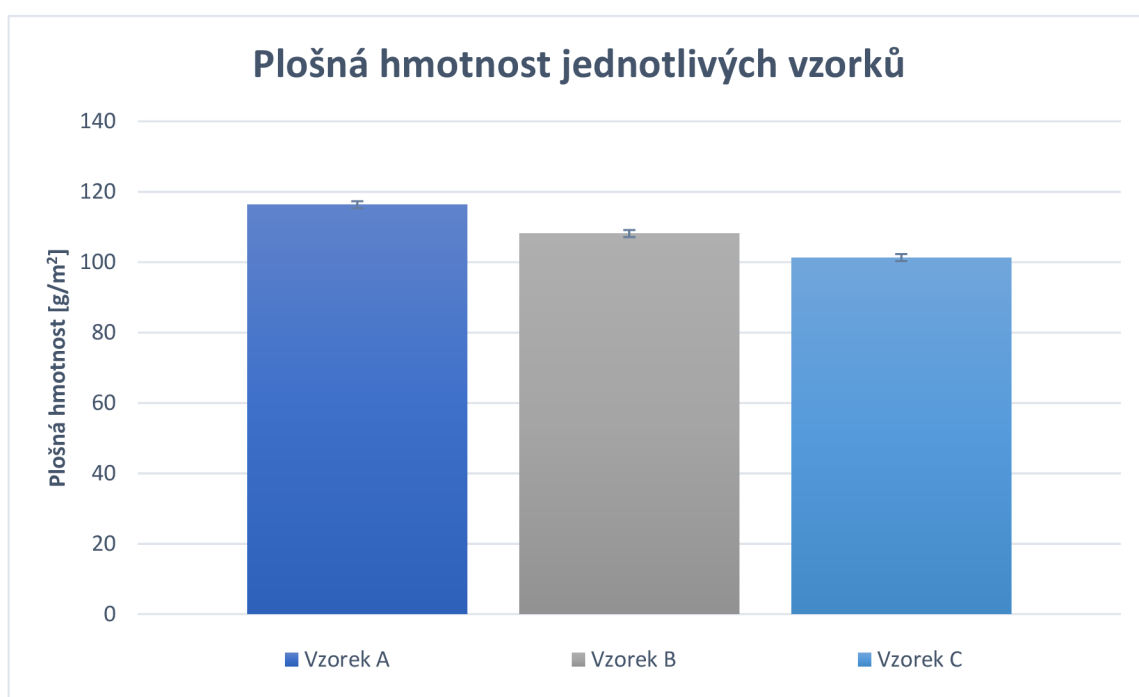
Vzniklá vlákenná vrstva byla následně zpevněna pomocí laminovacího stroje, kdy vrstva byla nejprve vložena mezi balící papíry, aby při pojení nebyl stroj znečištěn. Vrstva uložená mezi papíry byla následně vložena do laminovacího stroje a zpevněna. Přičemž rychlost, jakou byl vzorek laminován, byla nastavena na 1 m/min, teplota dosahovala 120 °C a zpevnění bylo uskutečněno bez přítlaku.

Tento postup výroby byl postupně aplikován pro všechny tři vzorky, které byly následně podrobeny testováním.

### 2.2.3. Základní charakteristiky série vzorků

Pro základní charakteristiku vyrobené netkané textilie byla zjištěna plošná hmotnost, tloušťka a objemová hmotnost jednotlivých vzorků.

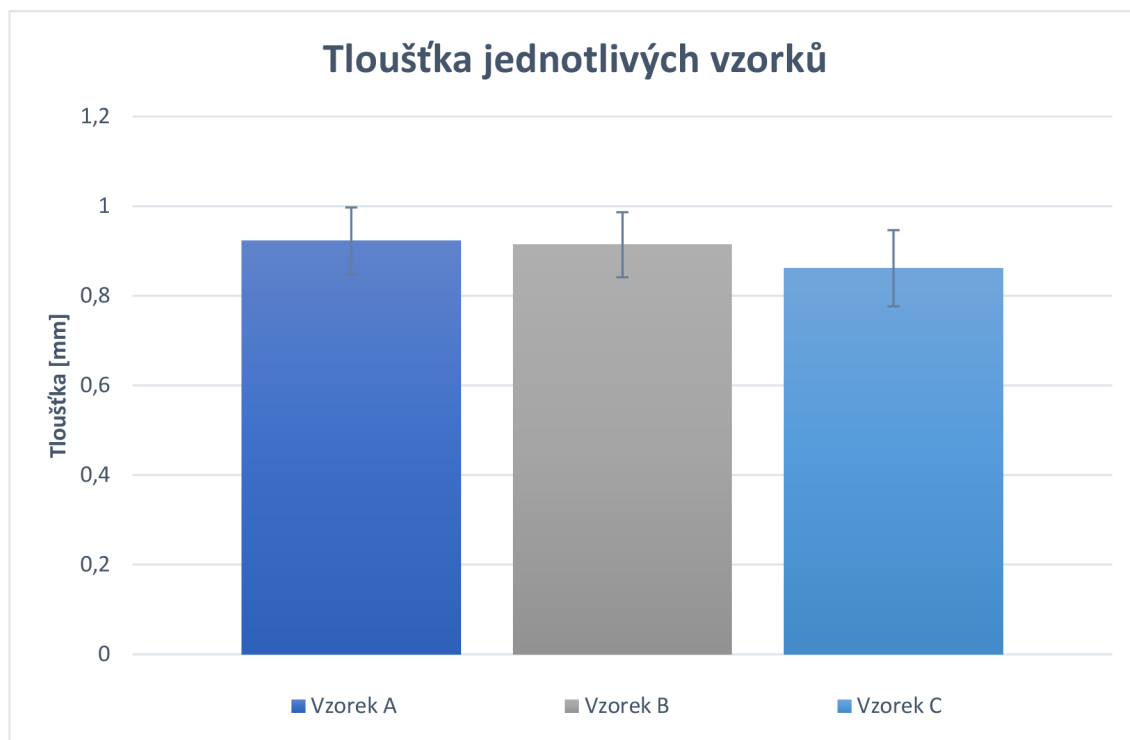
Zjištění plošné hmotnosti spočívalo ve zvážení vzorku o rozměru 10 x 10 cm, kdy pomocí vzorce uvedeného v teoretické části byla spočtena plošná hmotnost (hmotnost vzorku byla podělena plochou vzorku tedy 0,01 m<sup>2</sup>). Pro každý typ vzorku bylo provedeno 10 měření, jejichž průměrná hodnota spolu se směrodatnou odchylkou je vidět v grafu 3.



*Graf 3: Hodnoty plošných hmotností jednotlivých vzorků*

Hodnoty plošných hmotností byly v zásadě nad 100 g/m<sup>2</sup>. Odchytky hodnot jednotlivých vzorků byly zřejmě způsobeny nedokonalou výrobou, konkrétně vrstvením vlákně pavučiny.

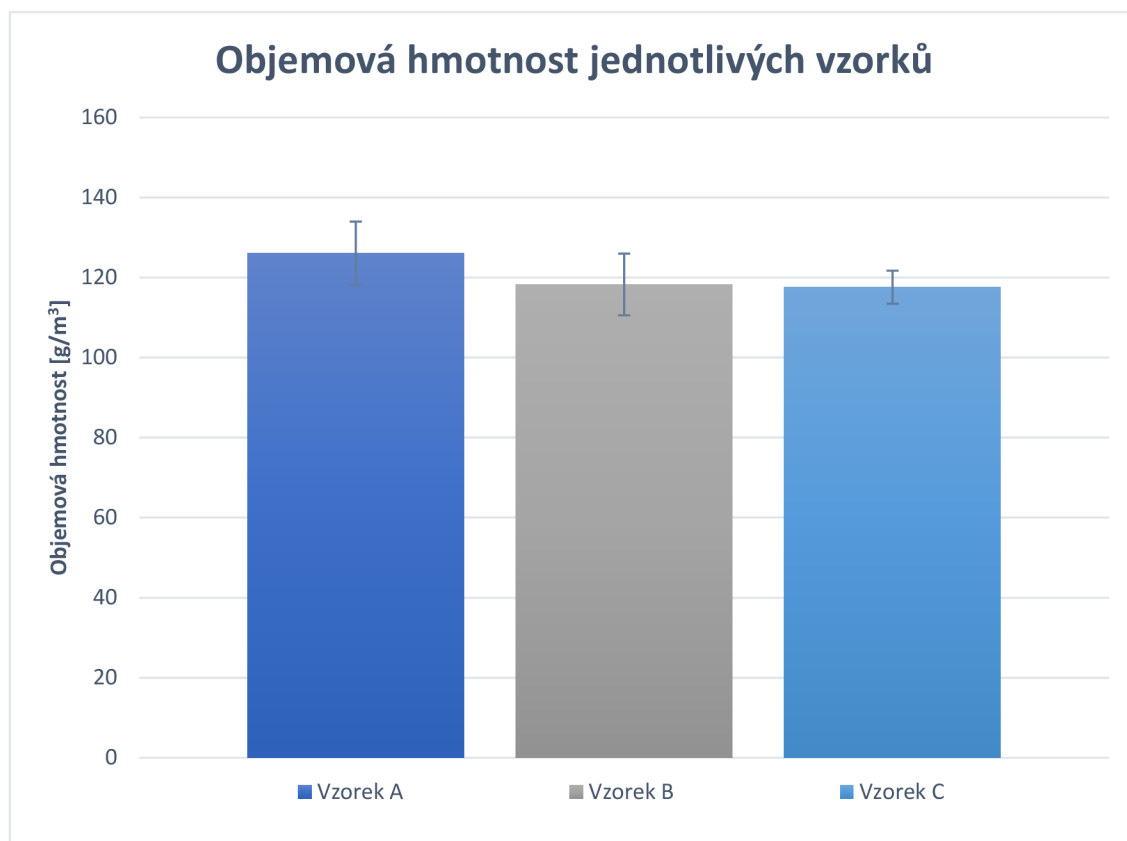
Dalším zjišťovaným parametrem byla tloušťka, která byla měřena přístrojem s názvem Elcometer 456. Vzorek byl položen na podložní desku, která byla součástí balení přístroje. Následně byla na vzorek pokládána sonda pomocí níž byla měřena vzdálenost mezi ní a deskou. Sonda přístroje byla přikládána vždy na odlišná místa vzorku. Získané hodnoty z přístroje byly zaznamenávány. Průměrné hodnoty tloušťky získané z dvaceti měření jsou vyneseny v grafu 4.



*Graf 4: Hodnoty tloušťky vzorků*

Tloušťka všech vzorků se pohybovala okolo hodnoty 0,9 mm. Odchytky byly opět způsobeny nerovnoměrností vláknenné vrstvy, která byla způsobena při výrobě, konkrétně při navíjení pavučiny na válec.

Objemová hmotnost je charakteristika spojující předchozí dva parametry. Oproti plošné hmotnosti je zohledňována i tloušťka materiálu. Vzorec pro výpočet je uveden v teoretické části. Nejrychlejší způsob, jak získat objemovou hmotnost, je podělit již vypočtenou plošnou hmotnost každého měření průměrnou tloušťkou materiálu. Takto získané hodnoty jsou uvedeny v grafu 5.

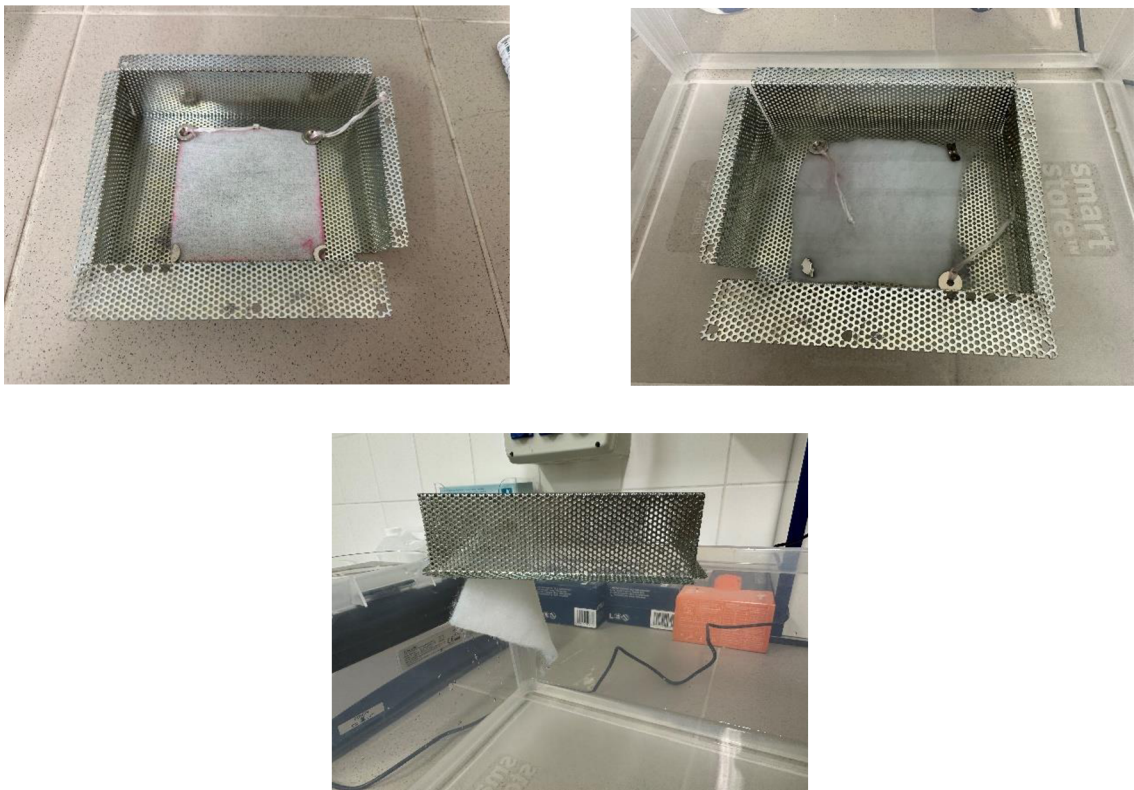


*Graf 5: Průměrné hodnoty objemové hmotnosti vzorků*

V průměru vzorky dosahovali  $120 \text{ g/m}^3$ . Rozdíly mezi vzorky jsou způsobeny nerovnoměrnou výrobou vlákně vrstvy, jako tomu bylo u předešlých parametrů.

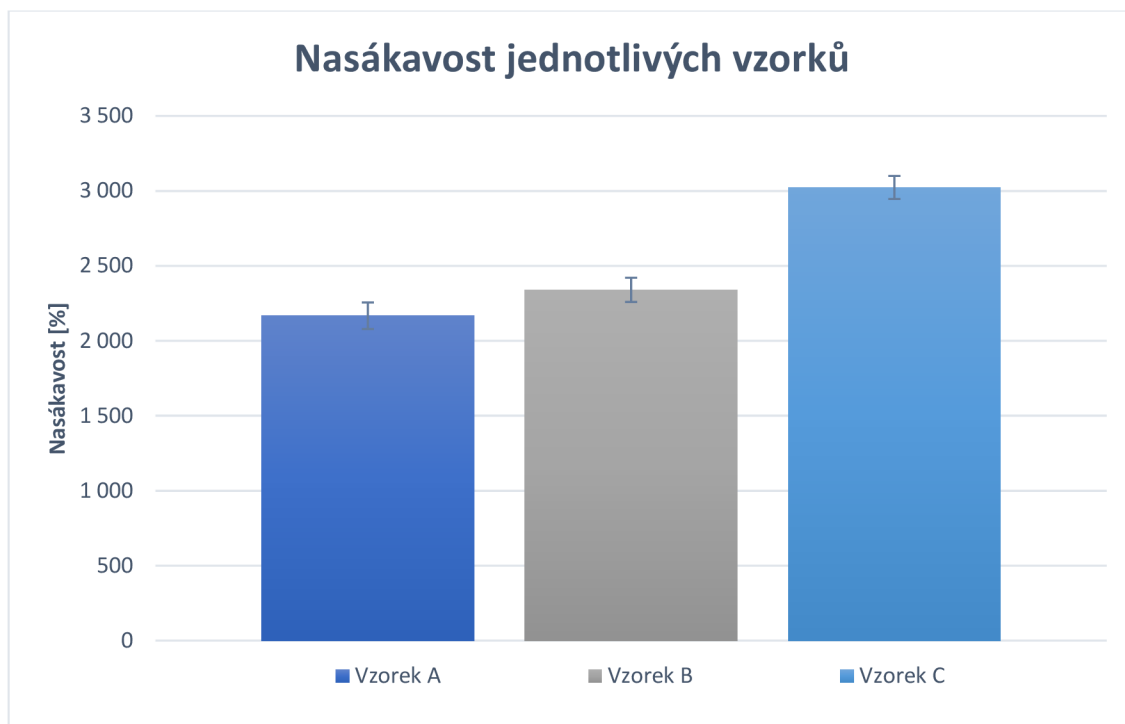
### 2.2.5. Testování sorpce série vzorků

Testování sorpce vzorku bylo realizováno na základě normy WSP 010.1.R3 (12), kdy byly z vyrobeného materiálu vystřižené vzorky o rozměru 10 x 10 cm a zváženy, aby bylo možné zjistit, kolik vody vzorek absorboval. Poté byl vzorek upevněn pomocí magnetu na děrovaný plech. Následně byl vzorek postupně vkládán do nádoby s vodou, kde byl ponechán 60 s. Po uplynutí této doby byl vzorek po dobu 120 s nechán na hraně nádoby, aby z něho vytekla přebytečná voda. Nakonec byl vzorek zvážen. Po každých pěti vzorcích byla voda vyměněna.



*Obrázek 29: Postup testování sorpce*

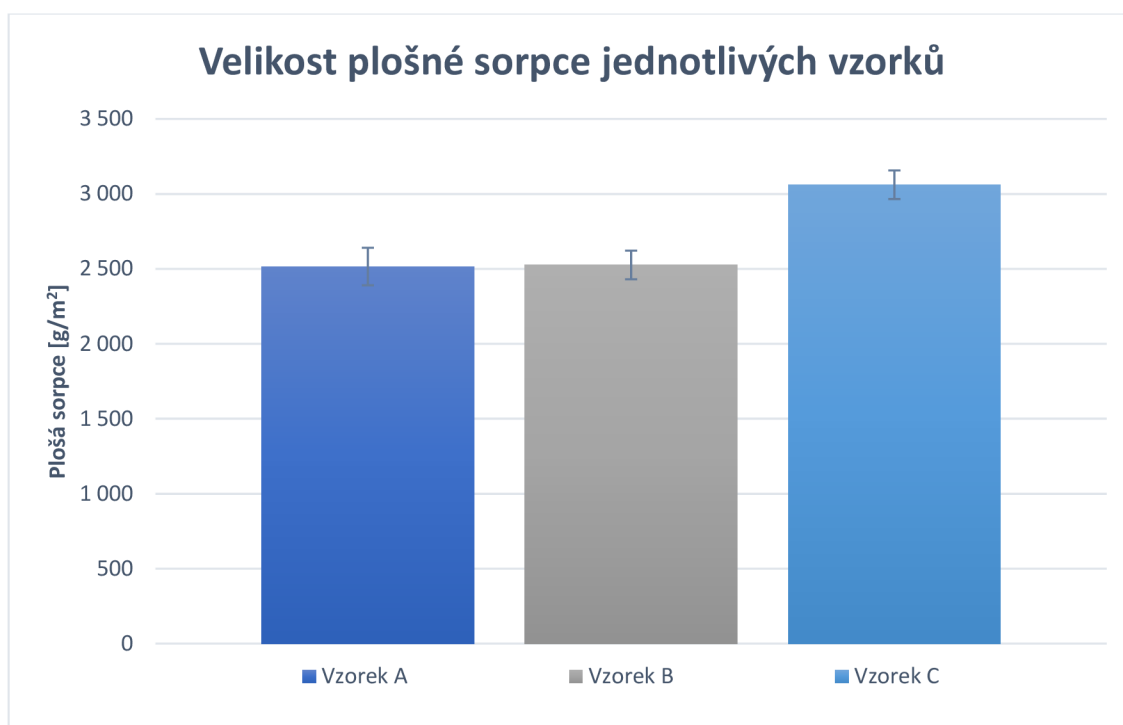
Ze získaných hodnot, konkrétně tedy z hmotností suchého a modrého vzorku, byla dle normy počítána nasákavost. Pro každý vzorek bylo provedeno celkem 10 měření, jejichž průměrná hodnota je zaznamenán spolu s odchylkami v následujícím grafu 6.



*Graf 6: Průměrné hodnoty nasákavosti vzorků*

Z grafu 6 lze vypočítat, že největší nasákavost 3023 % vykazoval vzorek C, jehož směrodatná odchylka je 76,90 %. Naopak zbylé dva vzorky mají podobnou hodnotu sorpce. Ačkoli vzorek B obsahoval viskózní vlákna, jeho kapacita absorpce byla téměř totožná se vzorkem A, který VS neobsahoval. Aby byl viditelný rozdíl v nasákavosti, bylo zapotřebí přidat daleko více VS na úkor polyesterových vláken, jejichž hmotnostní podíl byl zmenšen.

Pro lepší představu byla spočtena plošná sorpce, která byla vztažena na plochu vzorku. Hmotnost absorbované vody byla podělena velikostí plochy vzorku, kdy rozměry činily 10 x 10 cm. Vzhledem k tomu, že hodnoty byly spočteny z měření nasákavosti, tak i zde je výsledek průměrem z 10 měření.



*Graf 7: Průměrné hodnoty plošné sorpce vzorků*

I z tohoto grafu 7 je patrná vyšší plošná sorpce  $3061 \text{ g/m}^2$  u vzorku C. Vzorek A a B jsou z hlediska sorpce vztažené na velikost plochy téměř totožné. Odchytky měření všech vzorků jsou takřka zanedbatelné.

#### **2.2.6. Kinetika sušení série vzorků**

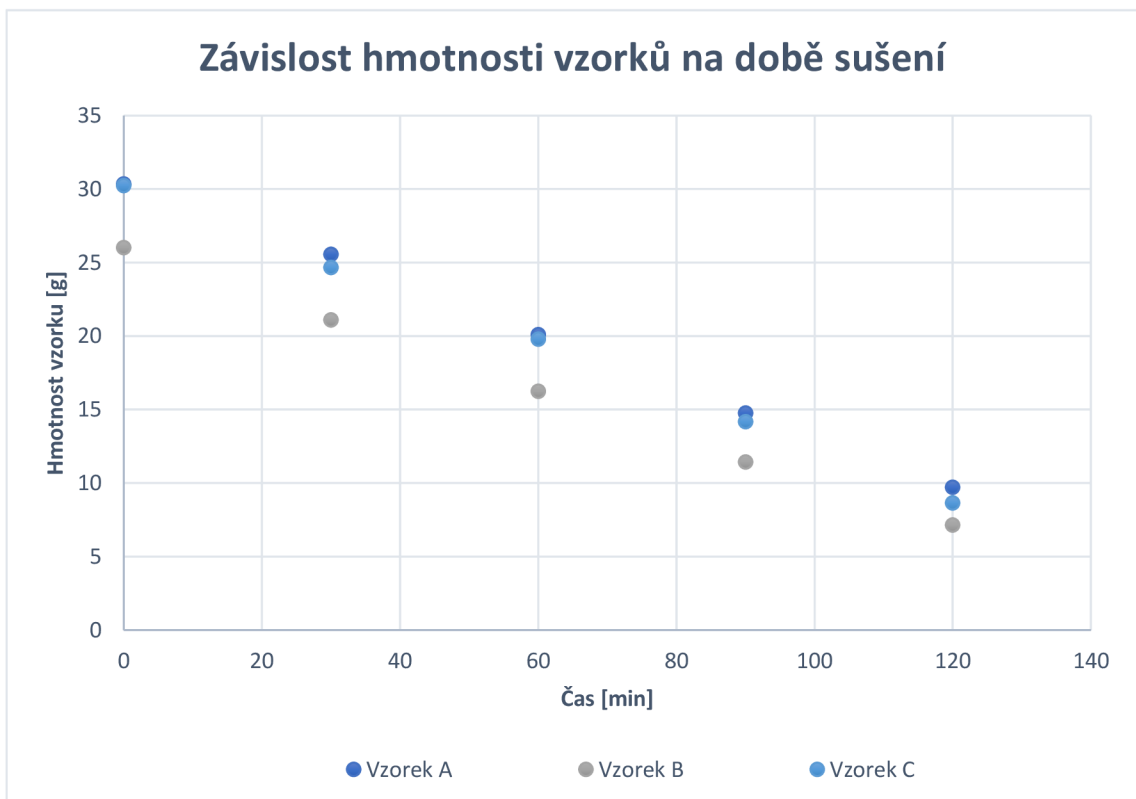
Pro pozorování, za jak dlouho se textilie vysuší, byly vzorky o rozměru  $10 \times 10 \text{ cm}$  nejprve zváženy, aby bylo možné dopočítat hmotnost nasáklé vody. Pro důkladné smočení všech vláken byl vzorek ponechán ve vodě vždy pár sekund. Následně byl mokřý vzorek opět zvážen a dán do sušárny firmy Binder viz obrázek 30, která byla přehřátá na  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ . Pro sledování úbytku vody v textilií byl vzorek každých 30 min vážen a hodnoty hmotnosti byly zaznamenávány.





Obrázek 30: Horkovzdušná sušička Binder

Pro každý typ textilie bylo testováno 5 vzorků, jejichž průměrná hodnota je uvedena v následujícím grafu 8, kde jsou zaznamenány hodnoty hmotností všech třech netkaných textilií v závislosti na době sušení.



Graf 8: znázorňující závislost hmotnosti vzorku na době sušení

Z grafu 8 lze vypočítat zhruba lineární závislost úbytku hmotnosti vzorku nasáklého vodou na čas, po který byly vzorky nechány v horkovzdušné sušárně. Zároveň vzorek C, který vykazoval při testování nejvyšší sorpci, tentokrát absorboval zhruba stejné množství jako vzorek A. Zde však nebyla měřena sorpce podle normy, proto mohlo dojít ke shodě. U měření kapacity absorpce byl vzorek nechán po určitou dobu odkapat, zde toto neproběhlo. Možnou chybou, která mohla nastat při měření, byla špatná manipulace vzorku nasáklého vodou. Při přenášení vzorku do sušičky a zpět na váhu mohlo dojít k nechtěnému odmáčknutí vody. To však bylo opakovaným měření minimalizováno.

### **2.2.7. Vyhodnocení série vzorků**

Celkem byly připraveny tři vzorky o různém poměru vlákněných komponentů. Jejich základní charakteristiky jako tloušťka, plošná a objemová hmotnost byly až na výjimky téměř totožné. V některých případech, kdy došlo k menšímu rozdílu, se jednalo zřejmě o chybnou výrobu vlákněné vrstvy, která zapříčinila nerovnoměrnost.

Dle měření s největší nasákavostí disponoval vzorek C, který obsahoval oproti zbylým vzorkům nejvyšší hmotnostní podíl viskózy. Zbylé vzorky měli podobné sorpční schopnost a to i přes rozdílné složení. Vzorek B obsahoval oproti vzorku A viskózová vlákna, ale zřejmě jich nebylo tolik, aby rapidně zvýšily sorpční vlastnosti.

Při sušení bylo zjištěno, že každých 30 minut bylo vypařeno v průměru 5 g vody. Z čehož se dá předpokládat, že všechny vzorky by se za 150 min dostaly na svou původní váhu. Případné rozdílné hodnoty byly způsobeny nedokonalým měřením, z hlediska manipulace vzorku.

Na základě testování bylo pro další postup experimentu vybráno složení vzorku C. Jelikož oproti ostatním vzorkům vykazoval nejvyšší hodnotu nasákavosti při shodných geometrických vlastnostech.

## **2.3. Studium superabsorpčních vláken obsažených v kompozitní netkané textilií**

Na základě předešlého testování bylo vybráno složení vzorku C, které bylo využito v následujících vzorcích označených D, E a F. Tentokrát byl však vyráběn kompozitní materiál, který byl složen ze dvou vrstev. Jedna byla sorpční, jejíž poměr vláknových komponentů odpovídal vzorku C a druhá vrstva sloužila pro odvedení kapaliny směrem k sorpční vrstvě.

Vzorky byly vyráběny a testovány postupně. Vždy na základě zjištění nedostatku vzorku byl vyroben nový, který měl odstranit nedokonalosti. Každým dalším vzorkem tak byly upravovány postupy výroby, aby byl výsledný kompozit funkční.

Testování vzorků probíhalo za stejných podmínek a stejnými postupy jako předešlé vzorky. Z tohoto důvodu nejsou postupy zkoušení popsány tak dopodrobna. Pouze je jen naznačeno, jakým způsobem byly vzorky testovány. Výsledky jsou uvedeny ve formě tabulek nebo grafů.

Na rozdíl od předešlé série vzorků, byla zde testována i opakovatelnost sorpce. Zda bude mít vyrobený kompozit stejné absorpční vlastnosti, i když už jednou byl smočen a usušen.

### **2.3.1. Vzorek D**

Při výrobě vzorku s označením D byl použit stejný poměr jednotlivých komponent jako u předchozího vzorku C, který absorboval nejvíce kapaliny. Nicméně k této sorpční vrstvě byla přidána další nová vrstva, jejímž úkolem bylo odvést kapalinu z povrchu dovnitř vrstvy materiálu. Procentuální poměr obou vrstev jednotlivých komponentů je zaznamenán v tabulce 3.

*Tabulka 3: Procentuální poměr jednotlivých složek ve vzorku D*

Základní vrstva				Druhá vrstva	
SAF	PES	VS	BIKO	PES	BIKO
12,5%	52,5%	22,5%	12,5%	10%	90%

Navážka základní tedy sorpční vrstvy a i odváděcí vrstvy činila 50 g. Na základě procentuálních poměrů komponentů a velikosti navážek byly spočteny hmotnosti, které jsou uvedeny v tabulce 4.

*Tabulka 4: Hmotnosti složek obsažených ve vzorku D*

Základní vrstva				Druhá vrstva	
SAF	PES	VS	BIKO	PES	BIKO
6,25 g	26,25 g	11,25 g	6,25 g	45 g	5 g

### **2.3.1.1. Výroba vzorku D**

Na základě vypočtených hmotností jednotlivých komponentů pro sorpční vrstvu, byla vlákna navážena a následně rozprostřena po celé šíři válcového mykacího stroje. Vzniklá vlákenné vrstva byla ještě jednou předložena mykacímu stroji. Poté byla vrstva spojena pomocí laminovacího stroje při stejných nastavených parametrech jako u prvních vzorků (teplota 120 °C, rychlost 1 m/min, bez přítlaku)

Komponenty druhé vrstvy byly nejprve naváženy. Následně byla vlákna vložena do mykacího stroje. I v tomto případě proběhlo mykání dvakrát. Pro zpevnění byla předešlá základní sorpční vrstva položena na tuto vrstvu a následně byly dány do laminovacího stroje (při stále stejných podmínkách), kde došlo ke zpevnění.



*Obrázek 31: Vzorek D*

### 2.3.1.2. Základní charakteristiky vzorku D

Základní charakteristiky, které byly u vzorku měřeny, byly plošná hmotnost, tloušťka a objemová hmotnost. Průměrné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5.

*Tabulka 5: Základní charakteristiky vzorku D*

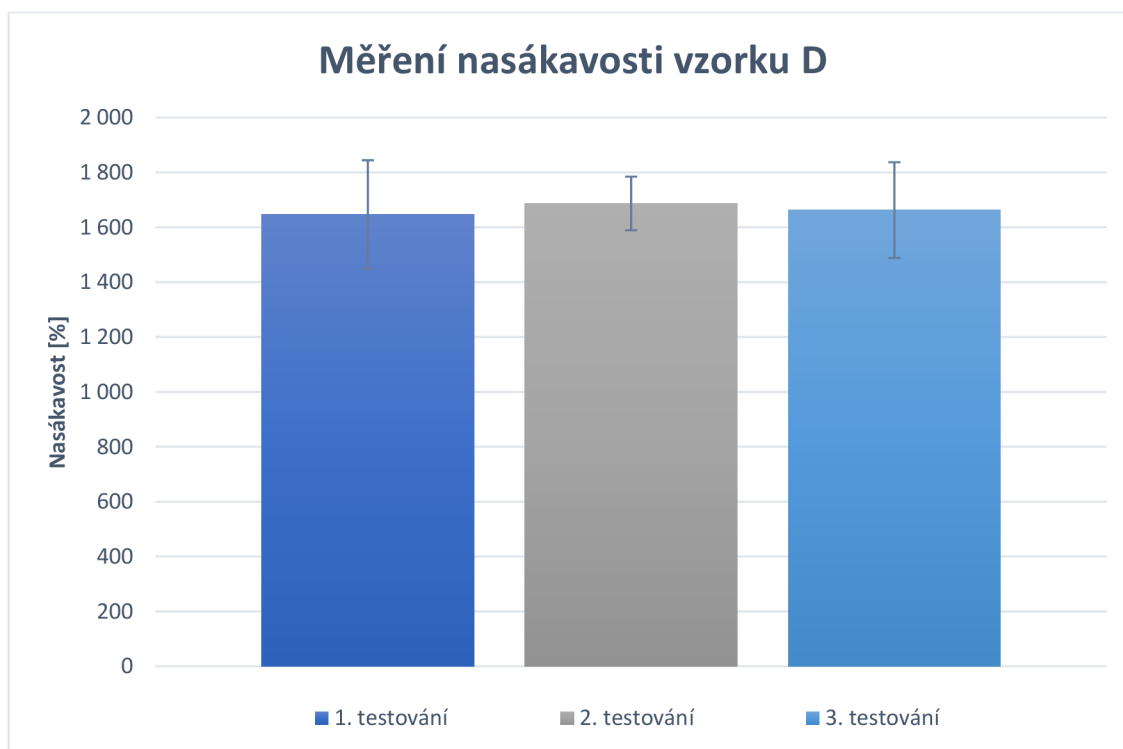
<b>Měřená veličina</b>	<b>Průměrná hodnota</b>	<b>Směrodatná odchylka</b>
Plošná hmotnost	191,33 g/m <sup>2</sup>	12,04 g/m <sup>2</sup>
Tloušťka	1,62 mm	0,12 mm
Objemová hmotnost	117,38 g/m <sup>3</sup>	7,38 g/m <sup>3</sup>

### 2.3.1.3. Testování sorpce vzorku D

Tak jako u předešlých vrstev tak i u této byla sorpce testována dle normy WSP 010.1.R3 (12), kdy byl vystřižen vzorek o rozměrech 10 x 10 cm a známé hmotnosti. Poté byl vložen do nádoby s vodou. Po 60 s byl vzorek vyjmut a nechán po dobu 120 s okapat a následně byl zvážen. Pro tento typ textilie bylo změřeno 10 vzorků, z nichž byl vypočten průměr a směrodatná odchylka.

Průměrná nasákavost vzorku D dosahovala 1647 % se směrodatnou odchylkou 197,85 %. Dále byla vypočtena plošná sorpce, jejíž hodnota činila 3136 g/m<sup>2</sup> se směrodatnou odchylkou 278,28 g/m<sup>2</sup>. Na základě měření lze tedy konstatovat, že i přes to, že hmotnostní podíly komponentů sorpční vrstvy jsou zachované, sorpce lehce klesla. To bylo zřejmě způsobeno právě onou přidanou vrstvou, která přidává na objemu a hmotnosti textilie, ale ne na sorpčních vlastnostech.

Pro testování opakovatelnosti byly testované vzorky usušeny a následně byly opět podrobeny testováním. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v následujícím grafu 9 i spolu s prvním testováním nasákavosti. Opakované testy byly provedeny pouze na 5 vzorcích.



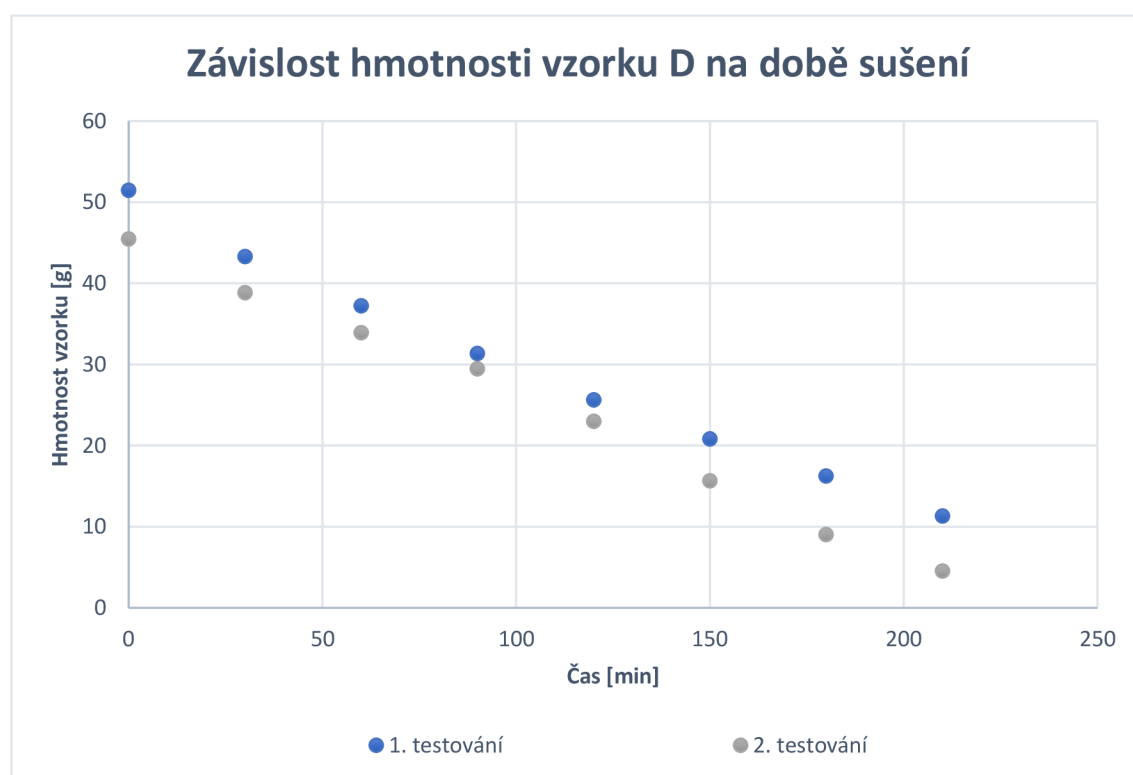
Graf 9: Nasákavost vzorku D

Z grafu 9 vyplývá, že nasákavost je pořád stejná i při opakovaném měření. Menší rozdíly mezi testovanými vzorky jsou vzhledem k velikosti zanedbatelné. Nicméně jsou důležité odchylky měření, které jsou poměrně velké. Mohou být způsobeny onou přidanou vrstvou, která mohla ve své struktuře zadržovat vodu, toto je však pouze domněnka, jelikož ostatní parametry testování zůstaly zachovány. Pro zjištění příčiny, bylo nutné provést větší počet měření.

#### 2.3.1.4. Kinetika sušení vzorku D

Sušení vzorku probíhalo stejně jako předešlé sušení. Vzorek o rozměru 10 x 10 cm byl nejprve zvážen, poté namočen a znovu zvážen. Mokrý vzorek byl následně vložen do sušárny předehřáté na 105 °C. Každých 30 min byl vzorek vážen a jeho hmotnost byla zaznamenávána.

V následujícím grafu 10 zobrazujícím závislost mezi dobou a hmotností vzorku nasáklého vodou jsou použity průměrné hodnoty hmotnosti z pěti vzorků.



Graf 10: Závislost hmotnosti vzorku D na době sušení

Z grafu 10 je patrné, že i zde existuje lineární závislost mezi úbytkem hmotnosti vody a doby sušení. Tudíž změna struktury vrstvy na kinetiku sušení nemá vliv. Obecně lze říci, že každých zhruba 30 minut se z textilie uvolní 5 g vody. Stejně výsledky vykazoval i vzorek, který byl sušen podruhé.

#### **2.3.1.5. Vyhodnocení vzorku D**

Vzorek dosahoval nasákavosti 1647 %, což je oproti vzorku C (3023 %) o mnoho méně. A to i přes to, že sorpční vrstva byla složena ze stejného množství komponentů. Rozdílem však byla připojená vrstva, která zvyšovala plošnou hmotnost, jak je vidět při porovnání hodnot. Na sorpci kapaliny se nepodílela. Proto sorpce s největší pravděpodobností dosahovala nižší hodnoty.

Co se týče velikosti sorpce při opakovaném měření, vzorek vykazoval srovnatelné výsledky. Stejného výsledku bylo dosaženo i při sušení. Textilie, které byly sušeny už podruhé, byly sušeny stejnou dobu, pouze byl rozdíl v počáteční sorpci vody, která byla lehce nižší oproti prvně testovaným vzorkům.

Ačkoli se výsledky měření zdají být uspokojivé, manipulace s mokrou vláknennou vrstvou nebyla zcela bezchybná. Ať už při měření sorpce či sušení, bylo nutné nějakým způsobem s vrstvou manipulovat, v případě kdy byla vrstva suchá, bylo vše v pořádku, ale pokud přišla do kontaktu s vodou začaly se od sebe jednotlivé vrstvy oddělovat. Navíc se od vzorku oddělovaly chomáče vláken, čím se deformoval rozměr vzorku. Jelikož by toto mohl být při praktickém využití problém, byl vymyšlen jiný způsob výroby.



*Obrázek 32: Vzorek D po usušení*



### 2.3.2. Vzorek E

Na základě již zmíněných nedostatků vzorku D byl vyroben vzorek E, kdy poměry jednotlivých komponent byly z předchozího vzorku zachovány. Opět byla kompozitní textilie složena ze dvou vrstev, kdy sorpční vrstva obsahovala superabsorpční vlákna, bikomponentní, polyesterová a viskózní vlákna a následující vrstva obsahovala pouze bikomponentní a polyesterová vlákna, jak je vidět v následující tabulce 6.

*Tabulka 6: Procentuální poměr jednotlivých složek ve vzorku E*

Základní vrstva				Druhá vrstva	
SAF	PES	VS	BIKO	PES	BIKO
12,5%	52,5%	22,5%	12,5%	10%	90%

Ani navážky vrstev se nezměnily, každá z vrstev obsahovala 50 g vláken. Na základě procentuálních poměrů komponentů a velikosti navážek byly opět spočteny hmotnosti jednotlivých složek, které jsou uvedeny v tabulce 7.

*Tabulka 7: Hmotnosti složek obsažených ve vzorku E*

Základní vrstva				Druhá vrstva	
SAF	PES	VS	BIKO	PES	BIKO
6,25 g	26,25 g	11,25 g	6,25 g	45 g	5 g

#### 2.3.2.1. Výroba vzorku E

Výroba vzorků započala navážením komponent pro základní vrstvu. Odvážené chomáčky vláken byly předloženy válcovému mykacímu stroji, který vytvořil vlákennou vrstvu. Tak jako u předchozích vzorků, tak i zde bylo pro homogenitu a rozvláknění chomáčů vláken provedeno mykání dvakrát. Následovalo zpevnění vlákenné vrstvy pomocí laminovacího stroje (teplota 120 °C, rychlost 1 m/min, bez přítlaku).

Druhá vrstva tvořena pouze ze dvou druhů vláken byla vyrobena taktéž pomocí mykacího stroje, kdy proces mykání byl jako u předešlé vrstvy opakován. Pro spojení těchto dvou vrstev byla tentokrát využita technologie vpichování, přičemž hloubka vpichu byla nastavena na 8 mm.



*Obrázek 33: Vzorek E*

### 2.3.2.2. Základní charakteristiky vzorku E

Na základě zvažení vzorku o velikosti 10 x 10 cm byla spočtena plošná hmotnost vzorku. Následně byla tloušťkoměrem zjištěna tloušťka vyrobeného materiálu. Díky těmto parametrům byla vypočtena objemová hmotnost. Výsledné průměrné hodnoty z deseti měření kromě tloušťky, kde bylo provedeno dvacet měření, jsou uvedeny v tabulce 8.

*Tabulka 8: Základní charakteristiky vzorku E*

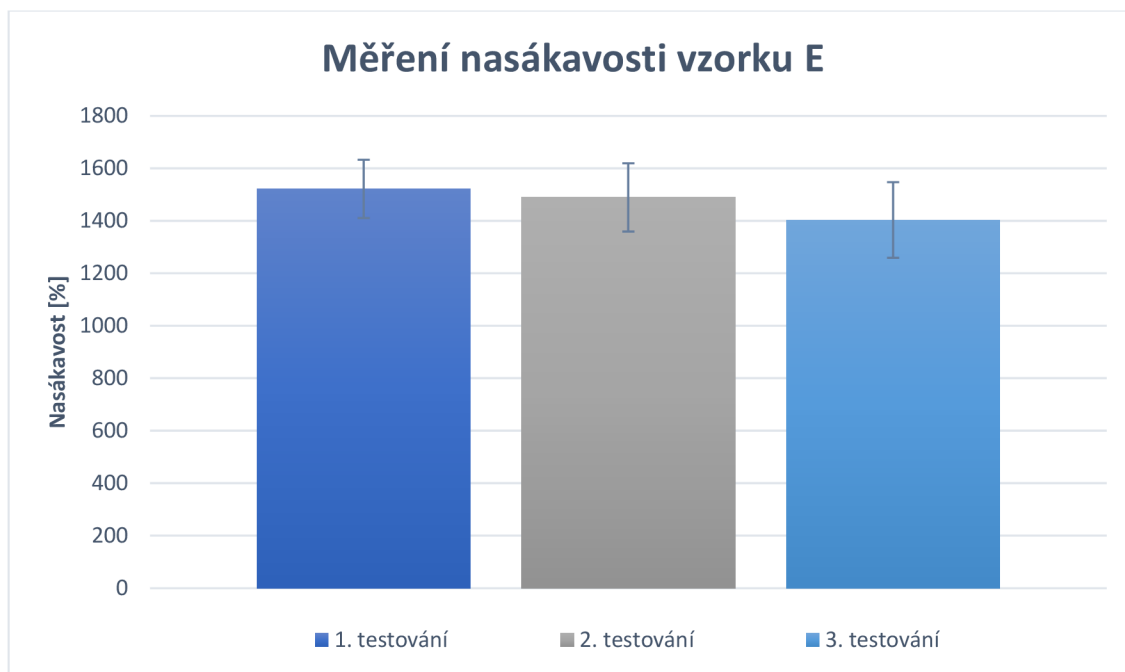
Měřená veličina	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka
Plošná hmotnost	183 g/m <sup>2</sup>	19,68 g/m <sup>2</sup>
Tloušťka	1,60 mm	0,11 mm
Objemová hmotnost	114,38 g/m <sup>3</sup>	12,3 g/m <sup>3</sup>

### 2.3.2.3. Testování sorpce vzorku E

Sorpce vzorku E byla testována opět podle normy WSP 010.1.R3 (12), která požaduje, aby vzorek o daném rozměru byl vložen do nádoby s vodou po dobu 60 s a následně byl ponechán 120 s stranou, aby z něj mohla přebytečná voda odkapat. Počet měření jako u předchozích vzorků byl stejný a to 10, z nichž byl spočten průměr.

Průměrná nasákavost vzorku E byla 1522 % se směrodatnou odchylkou 111,24 %. Oproti předešlému vzorku se změnou struktury vláken v textílii, se změnilo i množství absorbované vody. Konkrétně se kapacita absorpce snížila o více jak 100 %. Dále byla vypočtena plošná sorpce, jejíž hodnota činila 2979 g/m<sup>2</sup> se směrodatnou odchylkou 260,15 g/m<sup>2</sup>.

Jako u předešlé vrstvy byla kapacita absorpce testována opakovaně, jejíž výsledky jsou zaznamenány v grafu 11.

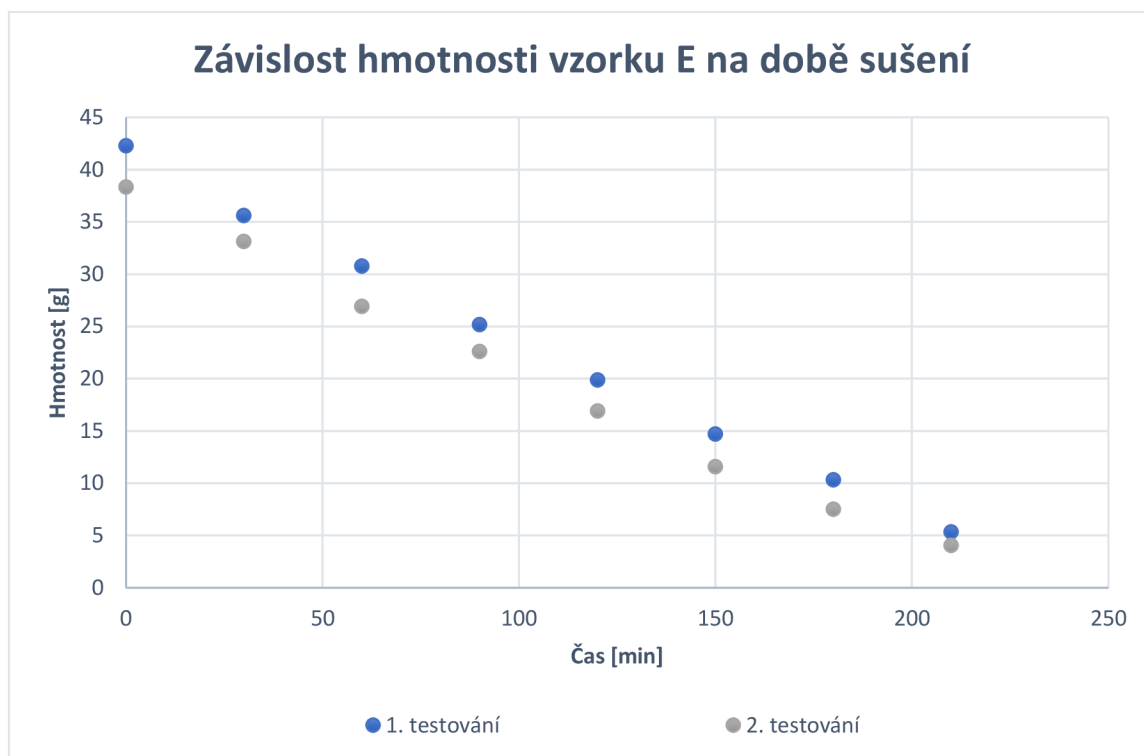


*Graf 11: Nasákavost vzorku E*

Graf ukazuje závislost velikosti nasákavosti v závislosti na opakovaném měření. Při opětovném měření dochází k mírnému poklesu sorpce.

#### **2.3.2.4. Kinetika sušení vzorku E**

Pro sledování rychlosti sušení byla použita horkovzdušná sušárna Binder, která byla předehřata na 105 °C. Zvážené vzorky před a po smočení ve vodě byly následně vloženy do sušárny a každých 30 minut bylo sledováno snižování obsahu vody v textili. Průběh sušení je zaznamenán na následujícím grafu 12.



*Graf 12: Závislost hmotnosti vzorku E na době sušení*

Z grafu 12 je patrný lineární charakter úbytku hmotnosti textilie v závislosti na čase. I přes změnu struktury se obsah vody ve vzorku snižoval rovnoměrně, každých 30 min zhruba o 5 g. K dokonalému usušení by tedy bylo potřeba, aby byl v sušárně vzorek ponechán zhruba 4 hodiny v závislosti na množství absorbované kapaliny. To stejné platí i u sušení vzorků, které byly už jednou sušeny.

### 2.3.2.5. Vyhodnocení vzorku E

Oproti předešlému vzorku má vzorek E, lehce odlišnou strukturu kvůli rozdílnému zpevnění dvou vrstev. Pro spojení dvou vrstev byla použita technologie vpichování. Na základě rozdílné struktury byla snížena sorpce. Nasákavost byla snížena o 100 % i přes to, že objemová hmotnost byla srovnatelná.

Kinetika sušení vzorku byla stejná jako u vzorku D, kdy po každých 30 minutách bylo odpařeno 5 g vody. V závislosti na množství vody, které vzorek byl schopen pojmout, sušení probíhalo více jak 210 minut.

Manipulace textilie po absorpci kapaliny byla už u tohoto vzorku daleko lepší než u předešlého vzorku. Nicméně bylo potřeba zajistit ještě o něco lepší soudržnost vrstev. Při smočení a následné manipulaci docházelo k rozdělování vrstev. Z tohoto důvodu byl navrhnout jiný postup výroby kompozitní netkané textilie



*Obrázek 34: Vzorek E po testování*

### 2.3.3. Vzorek F

Poslední zkoumanou kompozitní textilií byl vzorek F, jehož složení se na rozdíl od předchozích dvou vzorků lišilo. Procentuální rozdělení vláken v sorpční vrstvě bylo zachováno, avšak druhá vrstva, která se s touto primární následně spojila, obsahovala pouze polyesterová vlákna, jak je uvedeno v tabulce 9.

*Tabulka 9: Procentuální poměr jednotlivých složek ve vzorku F*

Základní vrstva				Druhá vrstva
SAF	PES	VS	BIKO	PES
12,5%	52,5%	22,5%	12,5%	100%

Navážka sorpční vrstvy činila 50 g, tentokrát však navážka přidružené vrstvy byla pouze 25 g, jelikož obsahovala pouze polyesterová vlákna. Na základě procentuálních poměrů komponentů a velikosti navážek byly spočteny hmotnosti, které jsou uvedeny v tabulce 10.

*Tabulka 10: Hmotnosti složek obsažených ve vzorku F*

Základní vrstva				Druhá vrstva
SAF	PES	VS	BIKO	PES
6,25 g	26,25 g	11,25 g	6,25 g	25 g

### 2.3.3.1. Výroba vzorku F

Navážené jednotlivé komponenty základní vrstvy dle tabulky 10 byly rozloženy po celé šířce dopravníkového pásu válcového mykacího stroje, díky kterému byla vytvořena vlákenná vrstva. Vyrobena vrstva byla znovu předložena mykacímu stroji. Následně byla stejným způsobem vytvořena druhá vlákenná vrstva složená pouze z polyesterových vláken.

Pro spojení těchto dvou vrstev byla použita technologie vpichování, kdy hloubka vpichu byla nastavena na 10 mm, což bylo o 2 mm více, než bylo u předešlého vzorku. Aby vzorky u sebe lépe držely, byla vpichovaná textilie vložena ještě do laminovacího zařízení bez přidaného přitlaku. Přičemž teplota byla nastavena na 120 °C a rychlost laminace na 1 m/min.



*Obrázek 35: Vzorek F*



### 2.3.3.2. Základní charakteristiky vzorku F

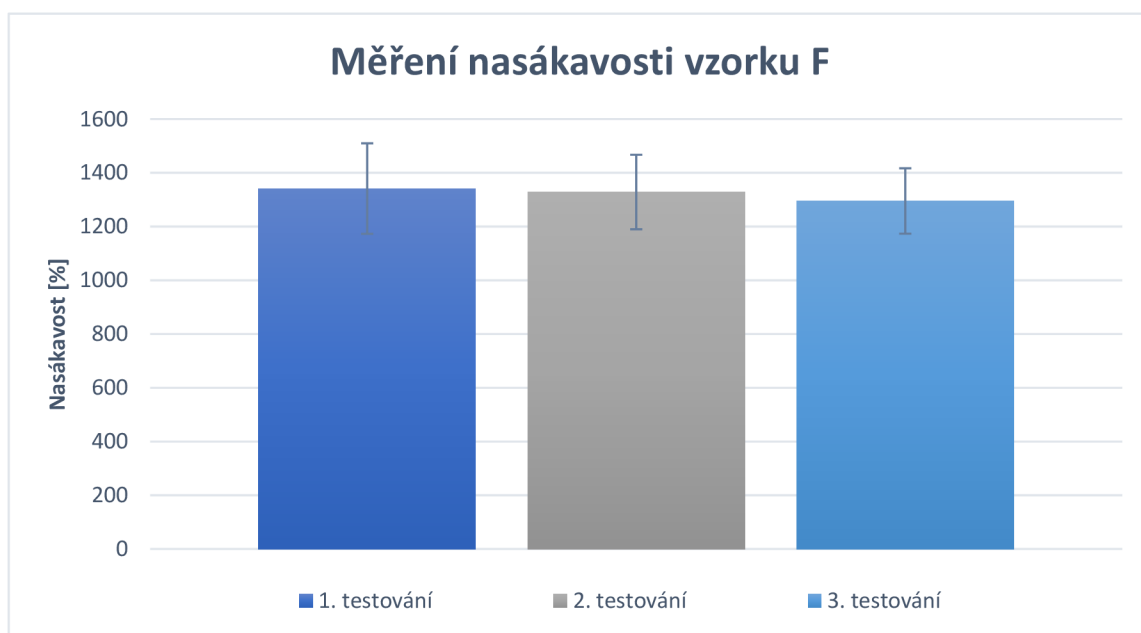
Stejně jako u předešlých vzorků byly i zde zjišťovány základní charakteristiky, jejichž výsledky jsou uvedeny v tabulce 11.

Tabulka 11: Základní charakteristiky vzorku F

Měřená veličina	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka
Plošná hmotnost	108,9 g/m <sup>2</sup>	8,41 g/m <sup>2</sup>
Tloušťka	0,96 mm	0,09 mm
Objemová hmotnost	113,9 g/m <sup>3</sup>	8,76 g/m <sup>3</sup>

### 2.3.3.3. Testování sorpce vzorku F

Sorpce vzorku F byla testována opět podle normy WSP 010.1.R3 (12), která probíhala stejně, jak již bylo popsáno u ostatních vzorků. I v tomto případě bylo testováno 10 vzorků, z jejichž hodnot byla spočtena průměrná hodnota. Výsledek je znázorněn v grafu 13.

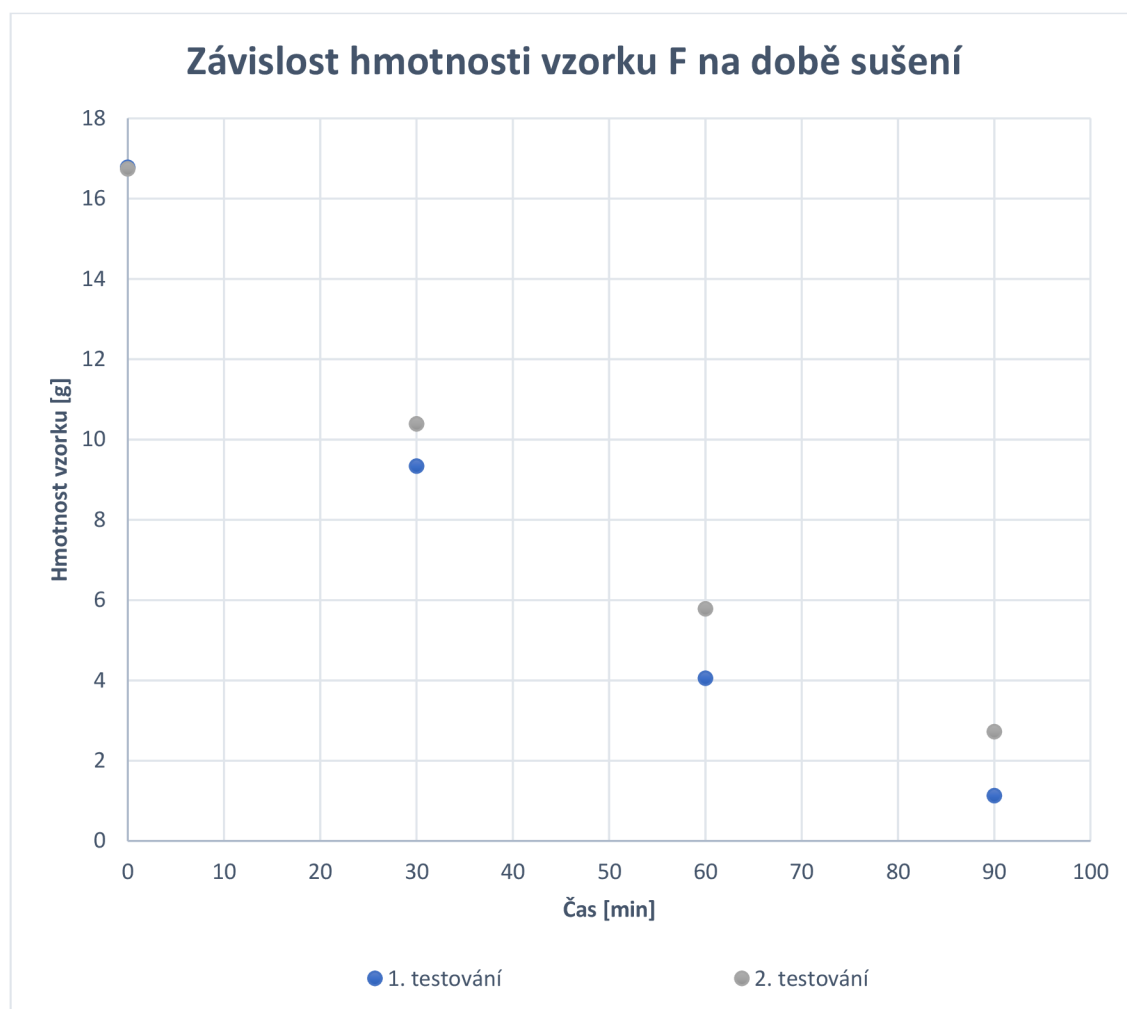


Graf 13: Nasákavost vzorku F

Vzorek F vykazoval nasákavost 1341 % se směrodatnou odchylkou 168,30 %. Dále byla vypočtena plošná sorpce, jejíž hodnota činila 1454 g/m<sup>2</sup> se směrodatnou odchylkou 125,94 g/m<sup>2</sup>. Následovalo testování sorpce na již testovaných vzorcích. Ani zde nedošlo k rapidnímu poklesu velikosti nasákavosti.

#### 2.3.3.4. Kinetika sušení vzorku F

Pro sušení vzorku F byla opět využita horkovzdušná sušička předehřátá na 105 °C, do které byly vkládány mokré vzorky. Pro měření byly připraveny dva vzorky, jejichž průměrná hodnota hmotnosti je zaznamenána v následujícím grafu 14.



Graf 14: Závislost hmotnosti vzorku F na době sušení

Z grafu 14 je patrné, že byl v tomto případě vzorek usušen daleko rychleji, než bylo zvykem u předešlých vzorků. Vzorky uschly za necelé dvě hodiny. Což bylo způsobeno tím, že objem nasáklé vody byl daleko menší, než tomu bylo u jiných vzorků. Co však zůstalo stejné, byla rychlost odpařování, i zde bylo odpařeno 5g vody za 30 min.

#### **2.3.3.5. Vyhodnocení vzorku F**

Soudržnost dvou vrstev byla výborná avšak na úkor míry sorpce. Nasákavost tohoto vzorku byla nejnižší v porovnání s ostatními vzorky. Což může být způsobené vzniklou strukturou textilie. Při porovnání tloušťky vzorků, je u vzorku F patrný rozdíl. Při redukci tloušťky nemá kapalina tolik prostoru pro usazení ve struktuře a tak je nasákavost daleko nižší.

Vzhledem k tomu, že nedošlo k tak velké nasákavosti, vzorek uschl již za 90 min, kdy každých 30 minut bylo odpařeno zhruba 5 g vody. Stejného výsledku dosáhly i vzorky, které už jednou sušeny byly.

#### 2.3.4. Vyhodnocení kompozitních netkaných textilií

V průběhu této části experimentu byly testovány celkem tři vzorky, vzorek D, vzorek E a vzorek F. Všechny tři kompozity obsahovaly dvě vrstvy, kdy sorpční vrstva obsahovala stejný podíl komponent. Složení druhé vrstvy bylo rozdílné až u vzorku F, jelikož tam už nebyla potřeba bikomponentní vlákna. Každý z připravených vzorků byl vyroben trochu jiným způsobem, proto není divu, že vzorky měly odlišnou strukturu. Již na pohled byl patrný rozdíl viz obrázek 36.



*Obrázek 36: Porovnání vzorků D, E a F*

Vzhledem k rozdílné struktuře a geometrii byl patrný rozdíl i ve velikosti nasákavosti. Největší hodnoty dosahoval vzorek D, naopak nejmenší nasákavost vykazoval vzorek F. I přesto, že vzorek F byl pro manipulaci nejvhodnější (při testování a sušení nedocházelo k rozdělování vrstev a tvar vzorku zůstal neměnný), jeho sorpce nebyla tak vysoká. Otázkou tedy je, zda je při využití takovéto kompozitní textilie, nutná soudržnost vrstev a pokud ano, tak zda je možné zajistit nějakým způsobem vyšší sorpci.

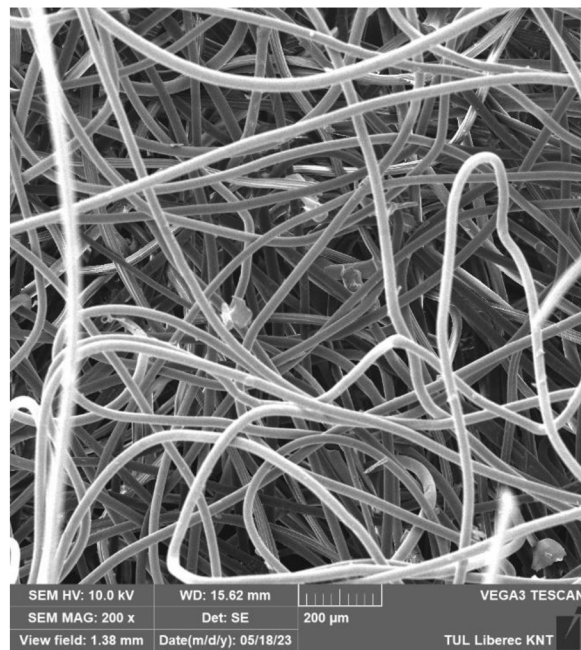
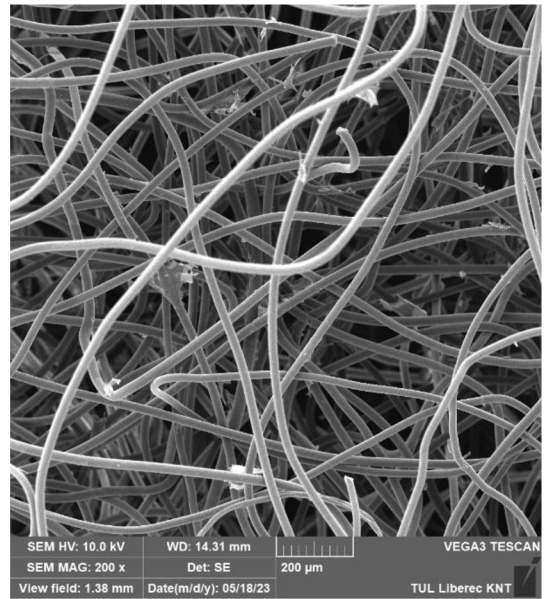
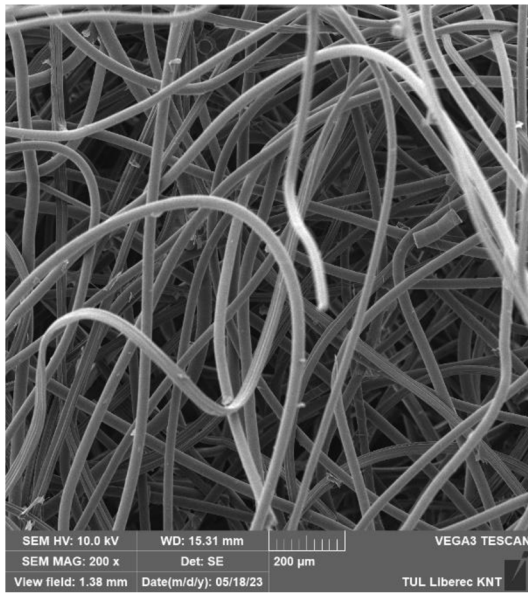
Rychlost sušení byla u všech vzorků stejná při použití totožných podmínek. Každých 30 minut bylo odpařeno 5 g absorbované vody ve struktuře kompozitu. Doba sušení se odvíjela od objemu absorbované vody. Vzorky D a E byly sušeny 210 minut, naopak vzorek F byl sušen pouze 90 min.

Při manipulaci s mokrým vzorkem, zejména při měření hmotnosti, kdy mokrý vzorek byl nejprve vložen do Petriho misky a následně s miskou byl položen na váhu, zanechávaly vzorky v misce malé částičky viz obrázek 37. Vzhledem k tomu, že při studiu SAF docházelo při sušení k defektům na vláknech a případně i k roztržení vlákna, dalo by se předpokládat, že to jsou právě ona. Dokonce i na omak byly částičky „slizké“, což bylo i SAF vlákno při jeho testování.



*Obrázek 37: Úlomky vláken kompozitních netkaných textilií po testování sorpce*

Z toho důvodu byly vzorky kompozitních netkaných textilií sledovány pod mikroskopem. Nejprve byly vzorky dány pod optický mikroskop, ale tam vzhledem k tloušťce materiálu nebylo nic vidět. Proto byl použit skenovací elektronový mikroskop. Z každého vzorku byl vytvořen preparát, který byl následně vložen do komory SEM. Výsledné snímky jsou znázorněny na následujícím obrázku 38.



Obrázek 38: Snímky již testovaných kompozitních materiálů

Z obrázků je patrné, že v průběhu výroby, eventuálně při testování, došlo k nějakým defektům. U jakých vláken došlo k defektům, nebylo možné zjistit. Vzhled všech vláken je stejný proto není možné identifikovat jednotlivá vlákna. Vzniklé defekty mohou být způsobeny bikomponentními vlákny, které při tepelném pojení sloužili jako pojivo, a při následným namočení mohly být nějaké spoje zpřetrhány. To by odpovídalo některým zvláštním anomáliím na snímku.

Při důkladném shlednutí prvního snímku, je možné vidět úlomek vlákna. Podle předpokladu by se mohlo jednat o ono superabsorpční vlákno, ale zároveň by to mohlo být i jiné vlákno, jehož délka byla shodou okolností takto malá. Pro přesnější určení, o jaké vlákno se jedná, by bylo nutné použít jiný přístroj případně jinou metodiku.

### 3. Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout vhodnou metodiku pro sledování chování superabsorpčních vláken po aplikaci kapaliny. Na základě získaných poznatků bylo úkolem připravit textilii vhodnou pro sorpci kapaliny a změřit její savost na následně ji vyhodnotit.

V první řadě bylo sledováno chování superabsorpčních vláken po aplikaci vody, kdy na ojednocené vlákno bylo pomocí mikropipety nanášeno určité množství vody. Preparát byl následně vložen do světelného mikroskopu, díky kterému bylo možné sledovat a zároveň i změřit zbobtnalé vlákno. V rámci experimentu bylo zjištěno, že vlákno svůj průměr dokáže zvětšit až 22krát, voda postupně prostupuje délkou vlákna, ale každá část vlákna jinak rychle bobtná, čímž dochází k rozdílnému zvětšování průměru. Rovněž bylo zjištěno, že tvar vlákna je zachován jak po absorpci kapaliny, tak i po odpaření vody z vlákna. Nicméně při sušení občas docházelo k deformaci, kdy část povrchu bylo odlomeno nebo dokonce byla vlákno přetrženo.

Na základě zjištěných informací o SAF byla připravena série netkaných textilií, které mimo SAF obsahovaly i viskóзовá vlákna, polyesterová vlákna a bikomponentní vlákna. Jelikož se jednalo o sorpční vrstvu, viskóзовá vlákna byla jasnou volbou kvůli svým dobrým sorpčním vlastnostem. Polyesterová vlákna, která mají hydrofobní charakter, byla vybrána pro zajištění odvodu kapaliny k jiným vláknům. Bikomponentní vlákna byla zvolena kvůli pružnosti spoje. Celkem byly připraveny tři vzorky s různým poměrem vláken. Výroba spočívala ve vytvoření homogenní vlákněné vrstvy, která byla zpevněna pomocí laminace. Následně byla u vzorků dle normy testována kapacita sorpce a kinetika sušení. Nejvyšší sorpci vykazoval vzorek s vyšším obsahem viskóзовých vláken, čímž byl potvrzen správný výběr vláken. Kinetika sušení závisela na objemu vody, který textilie pojala, v tomto případě byly textilie usušeny zhruba po 120 minutách po vložení do sušičky.

Následovala výroba kompozitních netkaných textilií, kde byly využity veškeré získané poznatky z předešlých experimentů. Kompozit byl složen ze dvou vrstev, kdy jedna měla stejné složení jako dříve vyrobená netkaná textilie, která vykazovala nejvyšší absorpci. Druhá byla složena z polyesterových a případně z bikomponentních vláken. Každá z nich měla svou funkci, první měla sorbovat kapalinu a druhá měla odvádět kapalinu z povrchu kompozitu právě k sorpční vrstvě. Postupně byly vyrobeny tři vzorky,



které se lišily svou výrobou, neboť u prvních dvou vzorků se vyskytl problém v soudržnosti vrstev. Po smočení kompozitu nedržely vrstvy u sebe a oddělovaly se. Proto byl připraven poslední vzorek, který byl vyroben jiným způsobem, čímž získal i jiné geometrické charakteristiky než předešlé vzorky, jednalo se zejména o tloušťku, která byla nižší. Ačkoli byl tento vzorek na pohled lepší a jednotlivé části se od sebe již neoddělovali, vykazoval nejnižší sorpci, což se dalo z hlediska struktury čekat.

Vzhledem k dnešním trendům v oblasti netkaných textilií, kdy je snaha nahradit jednorázové produkty opakovaně použitelnými, byly i zde prováděny testy, které zjišťovaly, zda z hlediska sorpce jsou tyto kompozitní netkané textilie vhodné pro opakované použití. Zajištěním soudržnosti vrstev kompozitu byla zajištěna rozměrová stabilita, která je důležitá pro neměnný vzhled při opakovaném použití. Velikost kapacity sorpce všech testovaných vzorků byla téměř srovnatelná se vzorky, které byly testovány opakovaně. Nicméně při smočení kompozitu docházelo k vyplavování úlomků SAF, což by se u těchto udržitelných produktů stávat nemělo.

Vzhledem k výsledkům by bylo možné tento kompozitní netkaný materiál využít v aplikacích, které vyžadují sorpční vlastnosti jako například inkontinenční prádlo. V případě nedostačující sorpce by mohlo být upraveno složení vlákněných komponentů. Eventuálně by vyšší sorpce mohla být zajištěna zvětšením tloušťky materiálu, aby se kapalina mohla lépe dostat do vnitřní struktury kompozitu. Co se týče omezení nebo úplného odbourání vzniklých úlomků SAF při smáčení, by nebylo na škodu zkusit jiný typ SAF od jiného výrobce. Tento druh kompozitu má potenciál pro uplatnění na trhu, nicméně by bylo nutné ho podrobit několika testům, případně změnám ve složení nebo výrobě, aby výsledné vlastnosti byly vylepšeny. Vyroběný materiál by navíc mohl být podroben zkoušce zpětné absorpce kapaliny pod tlakem.

## Seznam použité literatury

- [1] What are nonwovens?. *EDANA* [online]. [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.edana.org/nw-related-industry/what-are-nonwovens>
- [2] Nonwovens markets, facts and figures. *EDANA* [online]. [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.edana.org/nw-related-industry/nonwovens-markets>
- [3] Why use nonwovens in absorbent hygiene products?. *EDANA* [online]. [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.edana.org/nw-related-industry/nonwovens-in-daily-life/absorbent-hygiene-products>
- [4] Trends in the nonwovens industry. *Textile technology* [online]. 2022 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.textiletechnology.net/nonwovens/trendreports/index23-trends-in-the-nonwovens-industry-32129>
- [5] Trends in Nonwovens & Sustainable Products. *Barnhardt Purified Cotton* [online]. 2021 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://barnhardtcotton.net/blog/trends-in-nonwovens-sustainable-products/>
- [6] DAS, D. 1 - Introduction to composite nonwovens. *Composite Non-Woven Materials* [online]. 2014, 1-19 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780857097705500017>
- [7] DAS, D. 5 - Composite nonwovens in absorbent hygiene products. *Composite Non-Woven Materials* [online]. 2014, 74-88 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780857097705500017>
- [8] BABAARSLAN, Osman a Nazan AVCIOGLU. Fiber Selection for the Production of Nonwovens. *Non-woven Fabrics* [online]. 2016 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/chapters/49647>
- [9] TRONCI, G. a S.J. RUSSELL. Chapter 3 - Raw materials and polymer science for nonwovens. *Handbook of Nonwovens (Second Edition)* [online]. 2022, 49-88 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128189122000057#s0020>
- [10] Polyethylene terephthalate (PET or PETE). *Britannica* [online]. 2023 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/polyethylene-terephthalate>

- [11] Polyester. *How Products are Made* [online]. [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <http://www.madehow.com/Volume-2/Polyester.html>
- [12] KIRON, M.I. Polyester Fiber: Properties, Manufacturing and Applications. *Textile Learner* [online]. 2013 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://textilelearner.net/polyester-fiber-properties-manufacturing/>
- [13] KIRON, M.I. Production Process of Viscose Rayon. *Textile Learner* [online]. 2012 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://textilelearner.net/viscose-rayon-manufacturing-process/>
- [14] Properties, Production and Uses of Viscose Fiber. *Textile Blog* [online]. 2021 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.textileblog.com/production-process-of-viscose-fiber/>
- [15] Fabric Guide: What Is Viscose? Understanding Viscose Fabric and How Viscose Is Made. *MasterClass* [online]. 2022 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.masterclass.com/articles/fabric-guide-what-is-viscose-understanding-viscose-fabric-and-how-viscose-is-made#3GpntNT7LBLp44wh21hoMW>
- [16] GOPALAKRISHNAN, D. Bicomponent Fibers. *Fibre2Fashion* [online]. 2007 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/1587/bicomponent-fibers>
- [17] KIRON, M.I. Bicomponent Fibers: Types, Manufacturing, Aftertreatment and Application. *Textile Learner* [online]. 2021 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://textilelearner.net/bicomponent-fibers-types-manufacturing/>
- [18] UCAR, Nuray a Buracak K. KAYAOGLU. Superabsorbent Fibers. In: *Handbook of Fibrous Materials*. John Wiley, 2020, s. 315-334. ISBN 9783527342204.
- [19] DERKSEN, Bryan. Chemical structure of acrylic acid, made using BKChem [online]. In: . 2007 [cit. 2022-12-31]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Kyselina\\_akrylov%C3%A1#/media/Soubor:Acrylic\\_acid.svg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kyselina_akrylov%C3%A1#/media/Soubor:Acrylic_acid.svg)
- [20] JIRSÁK, Oldřich a Klára KALINOVÁ. *Netkané textilie*. Liberec: Technická univerzita, 2003. ISBN 80-7083-746-2.

- [21] WILSON, A. Chapter 1 - Development of the nonwovens industry. *Handbook of Nonwovens (Second Edition)* [online]. 2022, 1-11 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128189122000045>
- [22] BRYDON, A.G., A. POURMOHAMMADI a S.J. RUSSELL. Chapter 4 - Drylaid web formation. *Handbook of Nonwovens (Second Edition)* [online]. 2022, 89-180 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128189122000094#s0090>
- [23] AHMED. Chemical bonding. In: RUSSELL. *Handbook of Nonwovens*. 2007, s. 330-367. ISBN 978-1-85573-603-0.
- [24] RUSSELL, S.J., S.C. ANAND a D. BRUNNSCHWEILER. Chapter 8 - Mechanical bonding. *Handbook of Nonwovens (Second Edition)* [online]. 2022, 301-393 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128189122000069#s0115>
- [25] KOVAČIČ, Vladimír. *Textilní zkušebnictví*. Díl I. Liberec: Technická univerzita, 2004. ISBN 80-7083-824-8.
- [26] MORAVEC, Z. Mikroskopie. *Web o chemii, elektronice a programování* [online]. 2022 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <http://z-moravec.net/fyzikalne-chemicke-metody/mikroskopie/>
- [27] Oblast využití mikroskopu s ohledem na jeho název. *INTRACO MICRO* [online]. [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.intracomicro.cz/teorie/typy-mikroskopu/>
- [28] Popis mikroskopu. *INTRACO MICRO* [online]. [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.intracomicro.cz/teorie/typy-mikroskopu/>
- [29] JÄGER, A. a V. GÄRTNEROVÁ. Elektronovým mikroskopem do nitra materiálů aneb jak vypadá jejich struktura. *INTRACO MICRO* [online]. 2017 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.fzu.cz/aktuality/electronovym-mikroskopem-do-nitra-materialu-aneb-jak-vypada-jejich-struktura>
- [30] REICHL, J. Skenovací elektronový mikroskop. *Encyklopedie fyziky* [online]. [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1675-skenovaci-elektronovy-mikroskop>

- [31] REICHL, J. Zdroj elektronů. *Encyklopedie fyziky* [online]. [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1676-zdroj-elektronu>
- [32] REICHL, J. Příprava vzorku. *Encyklopedie fyziky* [online]. [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1680-priprava-vzorku>
- [33] ISO 9073 Textilie – zkušební metody pro netkané textilie. *EUROLAB Laboratory Services* [online]. [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.eurolab.net/cs/testler/tekstil-testleri/iso-9073-tekstiller-dokunmamis-kumaslar-icin-test-yontemleri/>
- [34] KOVAČIČ, Vladimír. *Kapitoly z textilního zkušebnictví*. Liberec: Technická univerzita, 2004. ISBN 80-7083-823-X.
- [35] Digitální tloušťkoměr Elcometer 456. *Elcometer* [online]. [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.elcometer.cz/elcometer-456/>
- [36] Sorption Process. *NETZSCH Proven Excellence* [online]. [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://analyzing-testing.netzsch.com/en/training-know-how/glossary/sorption-process>
- [37] WSP 010.1.R3 (12) A. *Three Standard Test Methods for Nonwoven Absorption*. EDANA, 2012.

## **Seznam příloh**

Obsah

Příloha č. I: Hodnoty získané studiem superabsorpčních vláken .....	87
Příloha č. II: Hodnoty z testování netkaných textilií .....	89
Příloha č. III: Hodnoty z testování kompozitních netkaných textilií .....	92

## Příloha č. I: Hodnoty získané studiem superabsorpčních vláken

Tabulka 12: Naměřené hodnoty průměrů SAF před aplikací kapaliny

	Průměr vláken [ $\mu\text{m}$ ]	Směrodatná odchylka [ $\mu\text{m}$ ]
	35,58	0,970
	34,67	1,156
	34,76	1,637
	36,14	1,110
	35,10	0,971
	35,22	0,945
	34,40	1,189
	32,40	1,657
	33,89	1,306
	30,90	1,199
Průměrná hodnota průměru vlákna [ $\mu\text{m}$ ]	34,306	
Směrodatná odchylka [ $\mu\text{m}$ ]	1,569	

Tabulka 13: Naměřené hodnoty průměrů SAF po aplikaci kapaliny

Objem vody [ $\mu\text{l}$ ]	Průměr vlákna po absorpci kapaliny [ $\mu\text{m}$ ]	Směrodatná odchylka [ $\mu\text{m}$ ]
10	541,4	92,49
15	641,2	101,11
20	653,4	116,93

*Tabulka 14: Naměřené hodnoty průměru při sušení SAF*

Čas [min]	Průměrná hodnota průměru [ $\mu\text{m}$ ]	Směrodatná odchylka [ $\mu\text{m}$ ]
0	271,9	10,59
10	234,3	6,56
20	205,5	3,25
30	178,1	5,13
40	153,3	7,80
50	100,6	2,31
60	45,0	3,85
70	42,5	2,09
80	41,1	3,15
90	40,8	1,13



## Příloha č. II: Hodnoty z testování netkaných textilií

*Tabulka 15: Hodnoty plošných hmotností netkaných textilií*

Vzorek	Průměrná hodnota plošné hmotnosti [g/m <sup>2</sup> ]	Směrodatná odchylka [g/m <sup>2</sup> ]
A	116,3	7,29
B	108,1	7,05
C	101,3	3,56

*Tabulka 16: Hodnoty tloušťky netkaných textilií*

Vzorek	Průměrná hodnota tloušťky [mm]	Směrodatná odchylka [mm]
A	0,92	0,074
B	0,91	0,072
C	0,86	0,085

*Tabulka 17: Objemová hmotnost netkaných textilií*

Vzorek	Průměrná hodnota objemové hmotnosti [g/m <sup>3</sup> ]	Směrodatná odchylka [g/m <sup>3</sup> ]
A	126,1	7,90
B	118,3	7,71
C	117,6	4,13

*Tabulka 18: Nasákavost netkaných textilií*

Vzorek	Nasákavost [%]	Směrodatná odchylka [%]
A	2167	88,79
B	2340	80,85
C	3023	76,90

*Tabulka 19: Plošná sorpce netkaných textilií*

Vzorek	Plošná sorpce [g/m <sup>2</sup> ]	Směrodatná odchylka [g/m <sup>2</sup> ]
A	2516	91,48
B	2526	125,14
C	3061	95,37

*Tabulka 20: Kinetika sušení netkaných textilií*

Čas [min]		0	30	60	90	120
A	Hmotnost [g]	30,4	25,6	20,1	14,8	9,7
	Směr. odchylka [g]	2,98	2,80	2,15	1,76	1,71
B	Hmotnost [g]	26,0	21,1	16,3	11,4	7,2
	Směr. odchylka [g]	1,89	0,68	1,24	0,98	1,36
C	Hmotnost [g]	30,3	24,7	19,8	14,2	8,7
	Směr. odchylka [g]	1,25	1,06	0,96	1,33	1,57

**Příloha č. III: Hodnoty z testování kompozitních netkaných textilií***Tabulka 21: Nasákavost vzorku D*

	Nasákavost [%]	Směrodatná odchylka [%]
1. testování	1647	197,85
2. testování	1687	97,68
3. testování	1662	174,45

*Tabulka 22: Plošná sorpce vzorku D*

	Plošná sorpce [g/m <sup>2</sup> ]	Směrodatná odchylka [g/m <sup>2</sup> ]
1. testování	3136	278,28
2. testování	3301	304,07
3. testování	3188	175,56

*Tabulka 23: Kinetika sušení vzorku D*

Čas [min]	1. testování		2. testování	
	Hmotnost vzorku [g]	Směrodatná odchylka [g]	Hmotnost vzorku [g]	Směrodatná odchylka [g]
0	51,5	6,39	45,5	4,37
30	43,3	7,45	38,9	3,60
60	37,6	7,48	33,9	4,62
90	31,4	6,25	29,5	2,11
120	25,7	6,58	23,0	3,60
150	20,9	5,34	15,7	4,00
180	16,3	4,71	9,0	2,46
210	11,4	4,31	4,6	3,70

Tabulka 24: Nasákavost vzorku E

	Nasákavost [%]	Směrodatná odchylka [%]
1. testování	1522	111,24
2. testování	1489	130,09
3. testování	1403	144,04

Tabulka 25: Plošná sorpce vzorku E

	Plošná sorpce [g/m <sup>2</sup> ]	Směrodatná odchylka [g/m <sup>2</sup> ]
1. testování	2979	260,15
2. testování	2510	132,46
3. testování	2440	101,78

Tabulka 26: Kinetika sušení vzorku E

Čas [min]	1. testování		2. testování	
	Hmotnost vzorku [g]	Směrodatná odchylka [g]	Hmotnost vzorku [g]	Směrodatná odchylka [g]
0	42,3	4,19	38,4	4,14
30	35,6	5,14	33,1	2,76
60	30,8	2,11	26,9	1,34
90	25,2	1,77	22,6	1,71
120	19,9	1,53	16,9	2,19
150	14,7	1,64	11,6	2,97
180	10,4	0,52	7,5	2,96
210	5,4	0,48	4,1	2,33

*Tabulka 27: Nasákavost vzorku F*

	Nasákavost [%]	Směrodatná odchylka [%]
1. testování	1341	168,30
2. testování	1328	138,66
3. testování	1295	121,70

*Tabulka 28: Plošná sorpce vzorku F*

	Plošná sorpce [g/m <sup>2</sup> ]	Směrodatná odchylka [g/m <sup>2</sup> ]
1. testování	1454	125,94
2. testování	1409	138,92
3. testování	1374	107,61

*Tabulka 29: Kinetika sušení vzorku F*

Čas [min]	1. testování		2. testování	
	Hmotnost vzorku [g]	Směrodatná odchylka [g]	Hmotnost vzorku [g]	Směrodatná odchylka [g]
0	16,8	1,61	16,7	2,66
30	9,3	1,42	10,4	3,21
60	4,1	2,29	5,8	3,22
90	1,1	0,5	2,7	2,34