TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní

Savost termicky pojených polyesterových vrstev

Bakalářská práce

Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: Textilní technologie, materiály a nanomateriály

Autor práce: **Šárka Tschiharschová**
Vedoucí práce: Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.
Katedra netkaných textilií a nanovlákenných materiálů

Liberec 2022

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní

Zadání bakalářské práce

Savost termicky pojených polyesterových vrstev

Jméno a příjmení:	**Šárka Tschiharschová**
Osobní číslo:	T18000146
Studijní program:	B3107 Textil
Studijní obor:	Textilní technologie, materiály a nanomateriály
Zadávající katedra:	Katedra netkaných textilií a nanovlákenných materiálů
Akademický rok:	**2020/2021**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou chování kapalin v kontaktu s textilními vrstvami. Vypracujte rešerši na dané téma.
2. Navrhněte postup výroby termicky pojených polyesterových vrstev a vyrobte sérii vzorků o různých plošných hmotnostech a s různou jemnosti základních vláken.
3. Takto vyrobené vzorky testujte na schopnost transportovat vodu. Navrhněte způsoby měření.
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 nanovlákenných materiálů
Datum zadání práce:	1. listopadu 2020
Předpokládaný termín odevzdání:	16. května 2022

L.S.

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

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

V Liberci dne 1. listopadu 2020

Prohlášení

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

Jsem si vědoma toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou 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 bakalářská 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.

9. května 2022 Šárka Tschiharschová

Poděkování

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Jiřímu Chaloupkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a trpělivost, kterou mi v průběhu zpracování této práce věnoval. Dále bych ráda poděkovala i své rodině a všem blízkým, kteří mi byli během studia oporou.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou smáčení netkaných textilií, které jsou zhotoveny ze smáčivých a nesmáčivých polyesterových vláken s různými jemnostmi.

Teoretická část práce popisuje základní informace a samotné principy výroby netkaných textilií na mykacím stroji, kladení vrstev a termického zpevňování pomocí laminovacího stroje. Tato část obsahuje také základní teorii smáčení a vzlínání.

V experimentální části jsou uvedeny přesné parametry a postupy, které byly při výrobě netkané textilie a při experimentu použity. Dále je v textu uvedeno chování netkané textilie během smáčení a výsledky testování.

Klíčová slova: netkané textilie, mykání, laminace, smáčení, vzlínání

Annotation

This bachelor's thesis deals with an analysis of wetting nonwoven fabric which are made of wettable and non-wettable polyester fibers with different finenesses.

The theoretical part of this thesis describes basic information and the principles of nonwoven production on a carding machine, layering and thermal bonding using laminator. This part also contains fundamental theory of wetting and capillary wicking.

The experimental part presents the exact parameters and production processes that were used during the production of nonwovens and during the experiment. The behavior of the nonwovens while wetting and the results of testing are also includes in this part of the text.

Key words: nonwoven fabric, carding, laminating, wetting, capillary wicking

Obsah

Úvod 9
TEORETICKÁ ČÁST 10
1. Netkaná textilie 10
2. Materiál 10
2.1. Polymer 11
2.2. Polyester 11
2.3. Výroba polyesterových vláken 11
3. Výroba vlákenné vrstvy 14
3.1. Mykání 14
3.2. Historie mykání 14
3.3. Mykací zařízení 15
3.4. Pracovní povlaky 16
3.5. Kladení 18
3.6. Příčný kladeč 18
4. Zpevňování vlákenné vrstvy 19
4.1. Termicky pojené NT 19
4.2. Pojiva 20
4.3. Základní vlákenná složka 20
5. Laminace 21
5.1. Mokrá laminace 21
5.2. Suchá laminace 22
5.3. Laminační zařízení 22
5.4. Plochá laminace 23
5.5. Konstrukce válců 24
5.6. Výrobce laminátů 24
5.7. Použití textilních laminátů 25
6. Smáčení 25
6.1. Povrchové napětí 26
6.2. Kohezní síla 26
6.3. Kohezní tlak 27
6.4. Kapilární tlak 27
6.5. Úhel smáčení 28
7. Vzlínání 29
7.1. Kapilární jevy 29

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST 31
8. Příprava textilií 31
9. Experiment 1 33
9.1. Výsledky experimentu 1 33
10. Experiment 2 37
10.1. Výsledky experimentu 2 38
11. Porovnání experimentů 46
Závěr 46
Literatura 47
Seznam obrázků 49
Seznam tabulek 50
Seznam grafů 50
Seznam příloh 50

Seznam použitých symbolů a zkratek

γ_p	napětí na rozhraní pevná látka - plyn
γ_{pk}	napětí na rozhraní pevná látka - kapalina
γ_k	napětí na rozhraní kapalina - plyn
θ	úhel smáčení
V	objem
η	viskozita tekutiny
t	čas
r	poloměr kapiláry
h	výška kapaliny v kapiláře
p1	tlak v kapiláře nad hladinou okolní kapaliny
p2	tlak v kapiláře pod hladinou okolní kapaliny
π	Ludolfovo číslo
NIS	Nikon Imaging Software
PES	Polyester

Úvod

Odvětví netkaných textilií, jak jej známe dnes, se postupně rozvinulo z vývoje textilního, papírenského a polymerního průmyslu. Jednotlivé netkané textilie jsou navrženy tak, aby poskytovaly pro specifické aplikace požadované vlastnosti. Z tohoto důvodu se netkané textilie často kombinují s jinými materiály, čímž se dosahuje nových kombinací vlastností. Netkané textilie tak nacházejí své uplatnění v čím dál více možných odvětvích.

Netkané textilie mohou vznikat mokrým nebo suchým způsobem. Mokrý způsob označuje technologii naplavování, zatímco suchý způsob dělíme na výrobu mechanickou, aerodynamickou a výrobu přímo z polymeru. Pro zlepšení mechanických vlastností se připravené vlákenné vrstvy zpevňují různými způsoby, a to mechanickými, chemickými a termickými.

Co se týče materiálů je v technologii mykání nejčastěji využívaným polymerem polyester, to v důsledku jeho všestrannosti v mnoha aplikacích a poměrně nízké pořizovací ceně. [1, 2]

Tato práce se zabývá analýzou rozdílů ve smáčení polyesterových netkaných textilií, jež byly vyrobeny mechanickým způsobem, a to technologií mykání, a jež byly zpevněny termickým způsobem pomocí laminovacího stroje. Při výrobě netkaných textilií byla použita polyesterová vlákna smáčivá a nesmáčivá o různých jemnostech a jako pojivo se do základní vlákenné složky přimísila vlákna bikomponentní jádro-plášť.

Teoretická část se zabývá podrobným popisem technologie mykání, kladení a laminace. Dále je v textu zahrnuto i uvedení do problematiky netkaných textilií, charakteristika používaných materiálů a základní teorie smáčení a vzlínání.

V praktické části zaznamenává již přesné postupy a parametry používané v průběhu výroby vlákenné vrstvy, zpevňování, přípravě vzorků a při samotném experimentu. Tato část textu obsahuje i dříve zmíněnou analýzu smáčených ploch vzorků, porovnání časů vsakování a rozbor propustnosti připravených netkaných textilií.

TEORETICKÁ ČÁST

1. Netkaná textilie

Termínem netkaná textilie se označuje vlákenná vrstva tvořena jednosměrně nebo nahodile orientovanými vlákny, která je zpevněna pomocí jedné nebo i více technik. [1]

K jedné z nevýznamnějších výhod netkaných textilií patří jejich všestrannost ve velké škále aplikací. Výběrem vhodných surovin a použitých technologií můžeme dosáhnout různých vlastností podle potřeby daného výrobku. Díky tomu jsou netkané textilie využívány v mnoha různých oblastech jako jsou kupříkladu:

- zdravotnictví (například hygienické ubrousky, hygienické vložky a tampony, dětské plenky, jednorázové pláště, roušky a čepice pro zdravotníky, obvazy),
- automobilový průmysl (například polstrování, odhlučnění, izolace),
- filtrační materiály (například respirační filtry, filtrace plynu, filtrace pro sorpci oleje, filtrace pro přípravu sterilního prostředí),
- geotextilie (například materiál pro stavbu silnic, základů, drenážních systémů),
- agrotextilie (například textilie pro ochranu sazenic před hmyzem, zvířaty a větrem, textilie podporující růst rostlin),
- stavebnictví (například tepelná a zvuková izolace, střešní obložení). [1, 2]

2. Materiál

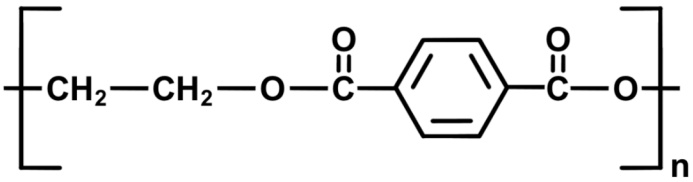
Prakticky každé vlákno, které lze mykat, je již pravděpodobně použito v některé z mnoha druhů netkaných textilií včetně organických i anorganických vláken. Avšak nadpoloviční většinu používaných vláken v průmyslu tvoří umělá vlákna z polymerů. Z těch se nejpoužívanější surovinou pro tvorbu mykaných vrstev stává polyester, a to hned ze dvou zásadních důvodů. Jedním je jeho všestranné použití v mnoha aplikacích a druhým důvodem zůstává jeho poměrně nízká cena oproti jiným polymerům. [2]

2.1. Polymer

Polymer je nadmolekulární látka vznikající polyreakcí z makromolekul. Ty obsahují tak velký počet atomů pojených chemickými vazbami, že v případě přidání či odebrání jedné nebo více jednotek se nemění výchozí vlastnosti. [1]

2.2. Polyester

Polyestery (PES) jsou určitá skupina polymerů charakteristické tím, že ve své chemické struktuře obsahují funkční esterovou skupinu. Z těchto polymerů při výrobě netkaných textilií se nejčastěji využívá polyethylentereftalát (PET), ale k dispozici jsou i například vlákna z polytrimethylentereftalátu (PTT) nebo polybutylentereftalová vlákna (PBT).

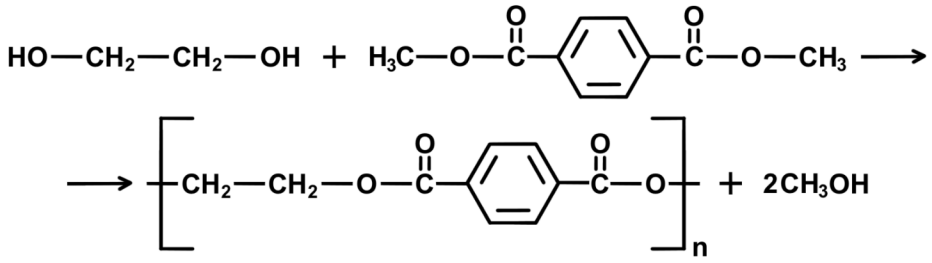


Obr. 1: *Strukturní vzorec polyethylentereftalátu*

První polyester byl vyroben už v roce 1830 a využíval se jako impregnační prostředek v 1. světové válce. Až v roce 1941 v Anglii vznikla produkce prvních vláken ze syntetického polyesteru. Technologie výroby těchto vláken se od té doby dále zdokonalovala, až sedosáhlo vláken o vysoké kvalitě. Dnes patří polyesterová vlákna hned po bavlně k nejpoužívanějším vláknům ve světě.

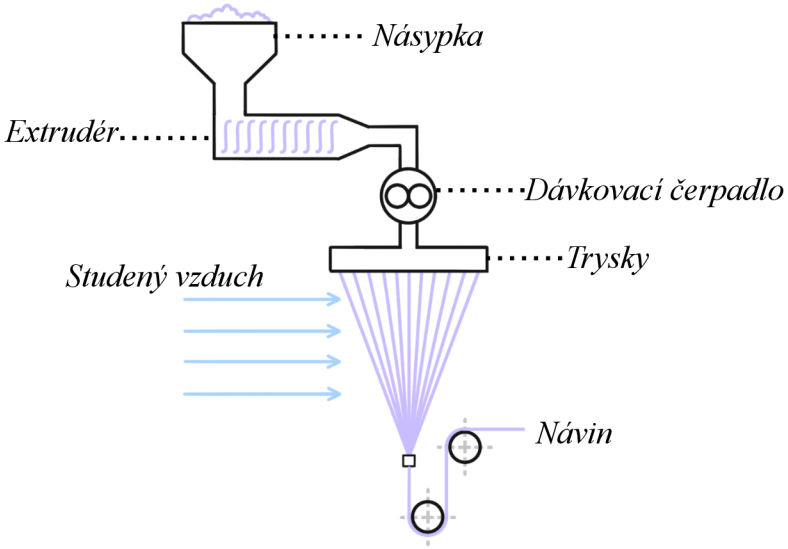
2.3. Výroba polyesterových vláken

Při přípravě polyesteru hraje důležitou roli ropa, ze které se získávají dvě základní složky. Jsou to glykol a dimethyltereftalát. Ty se zpracují procesem polykondenzace za vzniku již výše zmíněného polyethylentereftalátu. Při kontinuální technologii je možné připravený polymer hned zvlákňovat. Ve druhém případě se polymer uschovává ve formě granulátu. [3, 4]



Obr. 2: Polykondenzace glykolu s dimethyltereftalátem

Nejčastěji se připravený polymerní granulát přivádí násypkou do šnekového extrudéru, kde se následně posouvá rotující spirálou podél horkých stěn. Postupně tak dochází k roztavení granulí vlivem teploty a tření, které vzniká v důsledku jeho pohybu a rotaci šneku. Roztavený polymer o teplotě kolem 260–280°C je filtrován sítem zachycujícím veškeré nečistoty, hrudky a zbytky neroztavených pelet. Poté se polymerní tavenina dopravuje do dávkovacího čerpadla, které kromě dávkování rovněž zajišťuje rovnoměrný tok polymeru o konstantní viskozitě, teplotě a tlaku. Dále je tavenina přiváděna ke zvlákňovací trysce, jíž je protlačována do příčně směrovaného proudu studeného vzduchu.



Obr. 3: *Schéma zvlákňování PES*

Polymer lze tryskou protlačovat v široké škále rychlostí od 500 m.min^{-1} až po velmi vysoké rychlosti pohybující se kolem 6000 m.min^{-1}. V určité vzdálenosti od trysky

dochází k tuhnutí vlákna. To je následně navíjeno výrazně vyšší rychlostí než je rychlost vytlačování. Výsledkem je tedy dloužené vlákno s plochou průřezu 100–200krát menší než byla velikost počátečního otvoru trysky. [5, 6]

Polyester může být produkován ve více formách. Jednou z nich je základní filament, tedy samotné vlákno. To se dá velmi snadno modifikovat ať už přidáním jiné sloučeniny do chemické struktury polymeru nebo například tvarováním. Dále se dají jednotlivé filamenty sdružit do takzvaných kabelů, jež nacházejí své uplatnění v přádelnách. Zde dochází k jejich nařezání či natrhání na kratší staplová vlákna, která nazýváme střiž.

Jednoznačně mezi nejvýznamnější výhody polyesterových vláken patří jejich levná výrobnost, barvitelnost, odolnost vůči světlu, chemikáliím, mikroorganismům, povětrnostním podmínkám, nízká navlhavost a dobrá pevnost. Díky těmto vlastnostem polyesterová vlákna nacházejí své využití v mnoha textilních aplikacích. Ty se dají po použití recyklovata polymer, z nichž byly vyrobeny, znovu použít. Naopak největším problém po stránce ekologické tvoří mikrovlákna uvolňující se z polyesterových vláken při jejich namáhání (například při praní). [3, 4]

Polyesterová vlákna se označují různými obchodními názvy. Jsou to například: Tesil (v ČR), Dacron (v USA), Terital (v Itálii) nebo Terylene (v Anglii).

Tesil vlákna, vyráběná firmou SILON s.r.o., patří mezi přední výrobce polyesterových vláken v Evropě. V roce 1996 začali vlákna produkovat z recyklovaných PET lahví a stali se tak první firmou v Evropě využívající druhotných surovin při výrobě polyesterových vláken. Tato vlákna jsou k dispozici v jemnostech od 1,7 dtex až po 17 dtex a jsou přímo předurčená pro technologie netkaných textilií.

Výrobky z Tesil vláken jsou hojně využívány zejména v automobilovém průmyslu, a to prakticky všemi významnými výrobci automobilů v Evropě. V tomto odvětví jsou žádané především díky nízké hmotnosti, flexibilitě designu a pro jejich izolační a zvukové vlastnosti. Dále se tato vlákna značně využívají i v oblastech osobní hygieny nebo ve stavebním a konstrukčním průmyslu. [2, 7, 8]

Jedním z celosvětově nejvýznamnějších výrobců syntetických vláken je společnost DuPont. Ta v roce 1953 ve městě Kinston v Severní Karolíně postavila úplně první závod na světě zaměřený na výrobu polyesterových vláken. A právě zde bylo vyvinuto polyesterové vlákno označující se obchodní značkou Dacron. Nicméně v roce 2004 DuPont prodal

veškerá práva na výrobu těchto vláken společnosti INVISTA, která tento materiál využívá jako vlákennou výplň do polštářů, přikrývek, matrací a jiných potřeb do domácnosti.

Dnes firma DuPont produkuje nová polyesterová vlákna, jež byla představena v roce 2000 pod obchodním názvem Sorona. Tato speciální polyesterová vlákna se vyrábějí z 37 % z každoročně obnovitelných rostlinných složek. [9]

3. Výroba vlákenné vrstvy

Výběr vhodné technologie výroby vlákenné vrstvy musíme přizpůsobit zvolenému vstupnímu materiálu a daným požadavkům na finální výrobek.

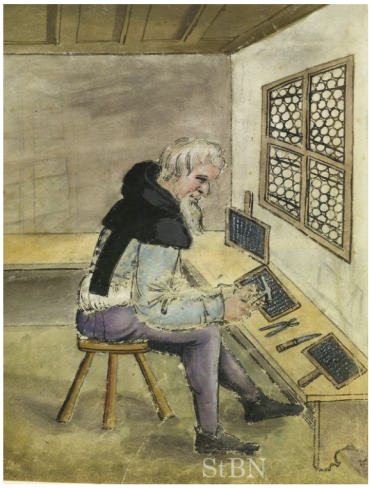
Vlákennou vrstvu můžeme vyrábět hned dvěma způsoby: mokrou a suchou cestou. Hydrodynamická výroba, neboli výroba mokrým způsobem, je odvozena od technologie tvorby papíru. Způsob suchou cestou dělíme na mechanicky a aerodynamicky vyráběnou vlákennou vrstvu a netkanou textilii vyrobenou přímo z polymeru. [1]

3.1. Mykání

Jedná se o základní technologii, která se v průmyslu využívá ke zpracování široké škály staplových vláken. Proces mykání se provádí za účelem rozvolnění, odstranění příliš krátkých vláken, lepšího promíchání vlákenné směsi, postupného ojednocování vláken a jejich napřímení ve směru výroby netkané textilie. Díky tomu je výstupem částečně orientovaná stejnoměrná vlákenná pavučina, kterou lze dále zpracovávat různými technologiemi. [2]

3.2. Historie mykání

Nejstarší důkazy o mykání byly zaznamenány na území Indie už ve 2. století našeho letopočtu. Tehdejší strunové mykací nástroje byly nazývány kaman (luk) a dhunaki (viz obrázek 4 vlevo) a pracovaly na principu vibrací. Ty měly za úkol uvolňovat vlákennou strukturu. Další ruční mykací náčiní se objevilo až kolem 13. století v podobě kartáčů. Ty se vyráběly ze dřeva, které bylo z jedné strany potažené kůží se zasazenými drátěnými háčky (viz obrázek 4 vpravo).

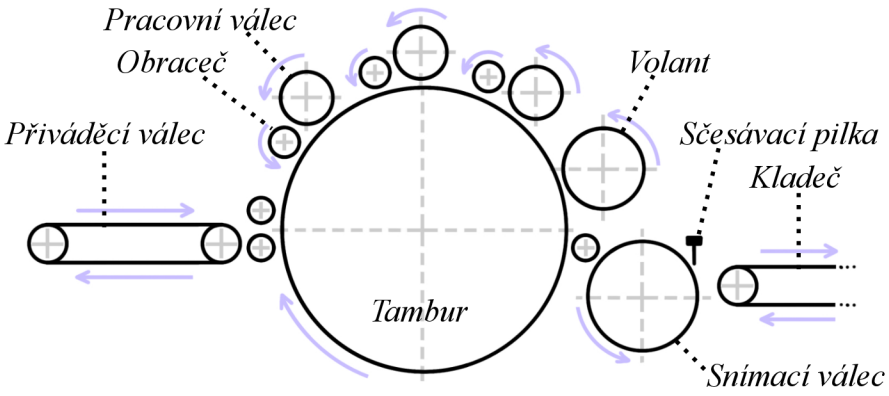


Obr. 4: *Strunový mykací nástroj kaman a dhunaki (vlevo) [10], mykací kartáče (vpravo) [11]*

První zaznamenané ruční mykací zařízení zhotovil vynálezce Lewis Paul již v roce 1738. Nicméně patent získal až o 10 let později v roce 1748. Jednalo se o mechanismus obsahující hlavní buben, kolem nějž byly vedeny pásy se zasazenými kovovými drátky. O několik let později, v roce 1772, se mykací stroj dočkal svého prvního vylepšení. To bylo provedeno Johnem Leesem, který ke stroji upevnil podavač vlákenného materiálu. Klikou ovládaný sčesávací hřeben byl zkonstruován v roce 1775 inovátorem Richardem Arkwrightem. Zásluhou této novinky mohla být zhotovená vlákenná vrstva kontinuálně sčesávána z válce, což výrazně ulehčilo výrobu. Pro ještě větší usnadnění připevnil k výstupu mykacího zařízení trychtýř, jímž byla výsledná pavučina shrnuta do pramene. Následně v 90. letech 18. století došlo k úspěšnému patentování automatizovaného mykacího stroje bratry Scholfieldovými. [12, 13]

3.3. Mykací zařízení

Mykání se provádí na mykacích strojích přímo sestrojenými pro výrobu netkaných textilií. Dělíme je na stroje víčkové (bavlnářské) a na stroje válcové (vlnařské), jež se využívají v průmyslu častěji, a to díky vyššímu výkonu a větší šíři vyráběné vlákenné vrstvy. Nejzásadnějším rozdílem mezi zmíněnými mykacími stroji je jejich hlavní pracovní ústrojí. U víčkového mykacího zařízení hovoříme o soustavě obsahující hlavní buben a víčka, zatímco soustava válcového stroje obsahuje pouze zmíněné válce.



Obr. 5: Schéma mykacího zařízení

Vlákenný materiál vstupuje do válcového mykacího ústrojí pomocí přiváděcího pásu, kterým je přiváděn k páru podávacích válečků. Ty materiál rozvolňují na drobné chomáčky, které jsou pak dále zachyceny hlavním bubnem, neboli tamburem. Hlavní buben je srdcem celého mykacího ústrojí a zároveň centrálním distributorem vláken při procesu. Kolem něj jsou rozmístěny další menší válečky. Jedná se o sady po dvou zahrnující pracovní válec a obraceč. Jejich funkcí je jak rozvolnění, tak i napřímení vláken. A právě z tohoto důvodu mykací ústrojí obsahuje vždy více sad válečků, díky nimž dochází k produkci mnohem kvalitnější, lépe orientované vlákenné vrstvy. Například při zpracování syntetických vláken hovoříme o 3–4 sadách.

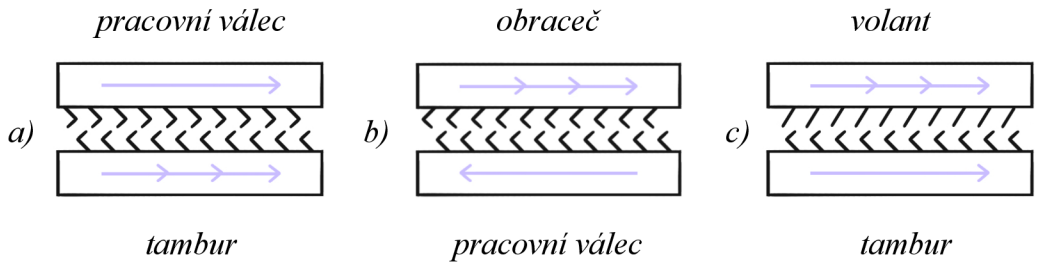
Pracovní válec s obracečem pracuje na celkem snadném principu. Vlákna se z tamburu zachytávají o pomaleji se otáčející pracovní válec, ze kterého se přenášejí na obraceč. Ten již rozvolněná a napřímená vlákna navrátí zpátky do procesu k hlavnímu bubnu.

Snímání hotové vlákenné vrstvy začíná pomocným válcem, který nazýváme volant. Ten zajišťuje svými charakteristickými drátky povyčesání vlákenné vrstvy na povrch povlaku hlavního bubnu. Povytažená vrstva se následně převíjí na snímací válec, ze kterého je sejmuta sčesávací pilkou. Vlákna, jež se nepodaří sejmout z hlavního bubnu, se vrací zpátky do oběhu, kde se promíchají s nově přivedeným materiálem. [2, 14]

3.4. Pracovní povlaky

Všechny válce v mykacím ústrojí jsou opatřeny drátkovými nebo pilkovými pracovními povlaky, které jsou vůči sobě v daném vzájemném postavení. Mezi hlavním bubnem a pracovními válci se jedná o postavení “na mykání”. Mezi obracečem a pracovním válcem a

mezi obracečem a hlavním bubnem je poloha “na snímání”. V soustavě bubnů se ale vyskytuje ještě třetí postavení, které nazýváme “na povyčesávání” a nachází se mezi hlavním bubnem a volantem. [14]



Obr. 6: *Polohy a) “na mykání”, b) “na snímání, c) “na povyčesávání”*

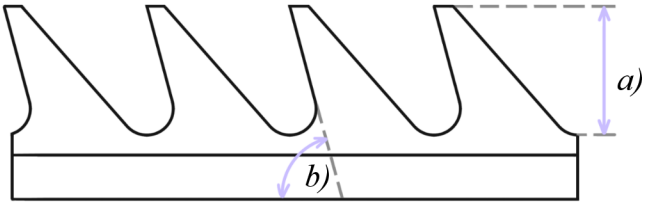
Rozeznáváme dva typy povlaků. Jedním typem jsou povlaky drátkové. Ty se od sebe odlišují tloušťkou, tvarem a počtem na jednotku plochy. Těmi častěji využívanými se staly povlaky pilkové, a to díky své životnosti. Členíme je na povlaky samosvorné zavírací, samosvorné zaklíněné a na povlaky s vynutím do drážky. Povlaky s vynutím do drážky jsou pevnější, a proto se hodí pro více namáhané povlaky. Jejich nevýhodou je, že při častější výměně povlaku se ve velké míře opotřebovává buben, do kterého hroty pilkového povlaku zajíždějí. Výběr pilkového povlaku je zcela ovlivněn vlastnostmi a rozměry zvoleného vlákenného materiálu, seřízením stroje, nastavenými rychlostmi a typem válce, na níž má povlak přijít. [1, 2]

Nejdůležitějším parametrem pilkových povlaků je pracovní hloubka zubů. Ta se udává vzdáleností od špičky zubu ke spodní části vykrojení (viz obrázek 7). Pracovní hloubka zubu je ovlivněna zatížením válce. Pokud má povlak přijít na válec, který je zatěžován více, musíme zvolit pilkový povlak s poměrně velkou hloubkou zubů. Takovými jsou například pracovní a snímací válce musející snadno nabírat vlákenný materiál z rychle otáčejícího se hlavního bubnu. Opakem je tomu u obracečů a hlavního bubnu. Ty se nesmí přetěžovat, a proto se potahují povlakem s menší pracovní hloubkou zubů. [2]

Dalším faktorem ovlivňujícím volbu hloubky zubů je jemnost a délka vláken. Například dlouhá a hrubá vlákna, často používána při výrobě vpichovaných podlahových krytin, vyžadují při mykání povlak s větší hloubkou zubů, jež se lépe přizpůsobí většímu objemu vláken. Vlákna s jemností pod 1,7 dtex se mykají na povlacích s menší hloubkou zubů, aby se vlákna snadno přenášela z jednoho válce na druhý. V případě, ve kterém by

byla použita vyšší hloubka zubů, by docházelo k zasekávání vlákenného materiálu a zpracovávala by se tak pouze vrchní vrstva vláken na povlaku válce.

Druhým velmi důležitým parametrem pilkového povlaku je přední úhel zubů. Na tomto úhlu závisí především množství vláken, jež je zub schopný nabrat a hlavně udržet, aby nedocházelo k uvolnění vlivem odstředivých sil točícího se válce. Například povlak hlavního bubnu musí mít přední úhly takové velikosti, aby byl schopen vlákna udržet a docházelo tak vlivem rotace pracovních válců k rozvolňování chomáčků vláken. Současně ale nesmí vlákna držet příliš silně, aby měly možnost se přenést na další válce a nezatěžovaly tak povlak. Proto se pro hlavní buben volí úhel 70-80°. Zatímco u pracovních válců se jedná o úhel 50–60°.



Obr. 7: *Tvar pilkového povlaku, a) hloubka zubu, b) přední úhel zubu*

3.5. Kladení

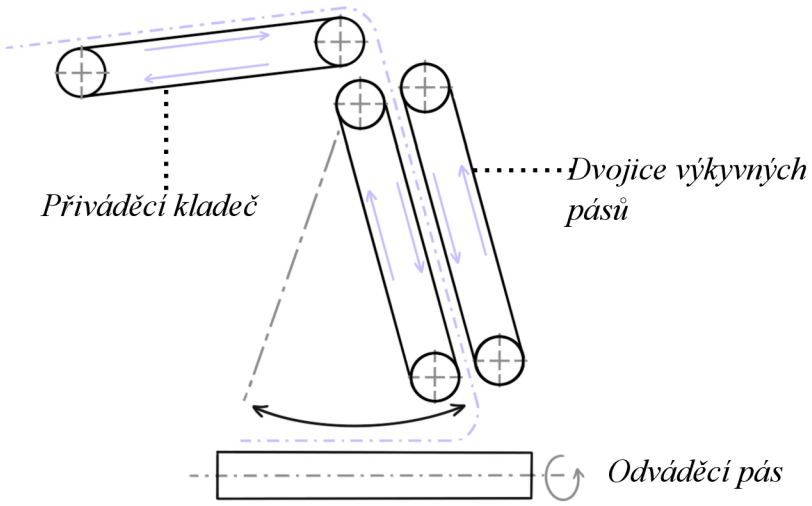
Obvyklá plošná hmotnost vlákenné vrstvy vystupující z mykacího zařízení se pohybuje okolo 5–30 $g.m^{-2}$. Tu lze poté hned zpevnit a vytvořit tak lehkou netkanou textilii. Ke zvýšení plošné hmotnosti textilie provádíme kladení, které může být buď podélné, příčné a nebo kolmé. [15]

3.6. Příčný kladeč

Příčné kladeče dělíme celkem na dva typy: horizontální a vertikální. Horizontální příčný kladeč je více používaný a je sestaven z přiváděcího pásu, výkyvného kompenzačního pásu a výkyvného kladecího pásu.

Vertikální příčný kladeč se používá o něco méně než výše zmíněný horizontální kladeč. Jeho soustava je tvořena přiváděcím kladečem a dvojicí společně výkyvných pásů, které kladou pavučinu na odváděcí pás.

Při kladení dochází k tvorbě šikmých skladů. Jejich velikost je ovlivněna rychlostí pohybu kladecích výkyvných pásů a rychlostí odvodového pásu. Plošnou hmotnost rouna determinuje plošná hmotnost přiváděné vrstvy a její rychlost, šíře odváděné nakladené pavučiny a rychlost odváděcího dopravníku. [1, 15]



Obr. 8: *Schéma příčného vertikálního kladeče*

4. Zpevňování vlákenné vrstvy

Vyrobenou vlákennou vrstvu je dobré zpevnit některou z mnoha možných technologií. Vhodnou metodu volíme podle předem stanovených požadavků na výsledný produkt.

Podle způsobu zpevnění dělíme netkané textilie do tří základních kategorií: mechanicky, chemicky a termicky pojené. Vlákennou vrstvu ale můžeme pojit i různými kombinacemi nyní zmíněných technologií. [14]

4.1. Termicky pojené NT

Principem termického pojení je zpevnění vlákenné vrstvy pomocí tuhých polymerů. Ty se aplikují některou z možných metod k základní vlákenné složce a následně se vlivem vyšší teploty taví, formují a chladí.

Zahřívání vlákenné vrstvy s již přidaným pojivem může probíhat hned několika způsoby. Například metodou teplovzdušného pojení, pojení kalandrem, lisem, laminací, ultrazvukem nebo infračerveným zářením.

V porovnání s chemickým pojením má termické pojení některé zásadní výhody. Jsou jimi například šetrnější výroba vůči životnímu prostředí, levnější strojní zařízení a nižší spotřeba energie.

U termicky pojených netkaných textilií hodně záleží na adhezi vzhledem k poměrně menší ploše styku vlákenného materiálu s pojivem. To je způsobeno především vyšší viskozitou polymerů. Nicméně adhezi můžeme zvýšit použitím chemicky podobných materiálů. [1, 2, 14]

4.2. Pojiva

Pojiva pro termické pojení se připravují v mnoha různých formách, například: prášky, pasty, mřížky, fólie, nitě nebo pojivá vlákna. Důležitými vlastnostmi pevných pojiv užívaných při termickém zpevňování jsou jejich termoplasticita a nižší bod tání v porovnání se zvolenou základní vlákennou složkou. Z tohoto důvodu se častěji používanými polymery pro výrobu pojiv stávají například polypropylen a polyamid. Ale také různé kopolymery jako kopolyester nebo kopolyamid.

Výběr ideální formy pojiva nám především ovlivňuje volba způsobu nanesení. Ve formě prášku nebo pasty se pojivo nanáší na předem připravenou vrstvu z vláken. V případě mřížek a fólií se netkaná textilie zpevňuje vrstvením vlákenné vrstvy se zmíněným pojivem.

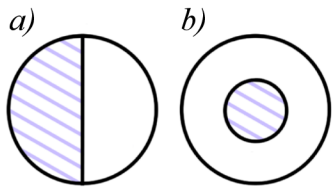
Poslední možností je příprava vlákenné vrstvy s obsahem nízkotajících či bikomponentních pojivých vláken. K dostatečnému promísení této směsi běžně dochází zpracováním dvojicí mykacích strojů, mezi kterými se pavučina vrství příčným kladením.

Množství pojiva hraje důležitou roli při určování vlastností výsledného produktu. V případě, kdy je obsah pojiva vyšší jak 50 % z celkové směsi, se materiál bude chovat spíše jako papírenský produkt. Zatímco při obsahu pojiva kolem 10 %, je netkaná textilie objemnější, porézní a má pružnou strukturu s relativně nižší pevností. [1, 2, 14]

4.3. Základní vlákenná složka

Mezi běžně používané základní materiály patří jak syntetická, tak i v menší míře přírodní (například rostlinná, proteinová vlákna a vlákna z regenerované celulózy), minerální (například skleněná vlákna a vlákna z oxidu křemičitého) a kovová vlákna. V případě bi-

komponentních vláken se jedná buď o vlákno jádro-plášť, ve kterém je nosné základové vlákno jádrem a jeho plášť je z pojivého polymeru s nižším bodem tání. Nebo se jedná o vlákno S/S (side by side), kde jsou dva různé polymery umístěny vedle sebe. [2]



Obr. 9: *Bikomponentní vlákna a) side by side, b) jádro-plášť*

5. Laminace

Laminování je proces, při kterém dochází k trvalému spojení dvou a více netkaných textilií nebo případně spojení netkané textilie s jinými produkty, jako jsou fólie, tkaniny, či jiné textilní i netextilní materiály. Nejčastěji se tato technologie používá za účelem spojení vrstev s různými vlastnostmi a vytvoření tak výhodného kompozitu.

Důležitou roli u těchto kompozitů hrají jejich stálostní vlastnosti. Mezi ty hlavní patří odolnost vůči praní, chemickému čištění a stárnutí. Těchto požadovaných vlastností se často dosahuje například použitím polyuretanových lepidel, zesíťovatelných vodních disperzí, a v některých případech i použitím termoplastických prášků z polyamidu, polyesteru či jiných vhodných polymerů.

Pokud by se stalo, že by ani jedna z použitých textilních vrstev nebyla vyrobena nebo alespoň neobsahovala žádný druh pojiva, jako například pojivá vlákna s nižším bodem tání či bikomponentní vlákna, je zapotřebí toto pojivé médium mezi vrstvy přidat dodatečně, aby došlo k požadovanému spojení. V praxi tuto technologii rozdělujeme na mokrou a suchou laminaci.

5.1. Mokrá laminace

V mokrém laminování se k pojení využívají pojiva, která jsou buď dispergovaná nebo rozpuštěná ve vhodném rozpouštědle, jež zároveň nesmí mít negativní vliv na zbylý materiál. Mokré laminování se může tedy použít pouze v případě, ve kterém je přebytečná kapalina, tedy rozpouštědlo či vodní fáze disperze, schopna se po pojení vrstev vypařit a uniknout alespoň jedním z pásů pryč od textilie.

Základní princip mokré laminace začíná nanesením roztoku či disperze například pomocí nástřiků, válců, tisku nebo raklí na jeden ze spojovaných pásů. Následně je přidána další vrstva textilie, která je díky mírnému až silnějšímu tlaku válců laminovacího zařízení spojena s vrstvou s již naneseným pojivem. Poté se vrstvy společně suší a vytvrzují nejčastěji v horkovzdušných komorách nebo v méně používaných válcových sušárnách.

5.2. Suchá laminace

Při suché laminaci se využívají veškeré typy termoplastů, jako jsou například polyestery, polyamidy, polyolefiny, polyuretany, a to ve formě prášků, mřížek, fólií nebo pojivých vláken. Oproti pojivům užívaných v mokré laminaci mají tu výhodu, že jsou 100% čisté a téměř vůbec se do materiálu nevpíjejí, což jim dodává mnohem měkčí a příjemnější omak. Na druhou stranu jsou vhodné pouze pro vrstvy z materiálů zvládající vysokou teplotu, kterou vyžaduje zvolený pojivý termoplast.

Další nevýhodou je, že ke své aplikaci potřebují speciální stroje, s výjimkou fólií a mřížek, jež se jednoduše pokládají na vrstvy. Například pojivá vlákna je potřeba přimísit k základní vlákenné složce za pomoci mykacího stroje. Prášky se zase rozptylují přístroji vybavenými rotačními kartáči nebo rotačními šablonami se stěrkou. Rotační kartáč rozprostírá pojivý prášek rovnoměrně po celé šíři vrstvy, takže výsledná laminovaná netkaná textilie je velmi pevná, ale také tuhá, kdežto rotační šablona vytváří pouze pojící body nebo jiné pojené tvary, díky nimž je textilie měkčí a pružnější. Taková lokalizovaná aplikace ale může zapříčinit rozdílné smrštění laminovaných vlákenných vrstev. [16, 17, 18]

5.3. Laminační zařízení

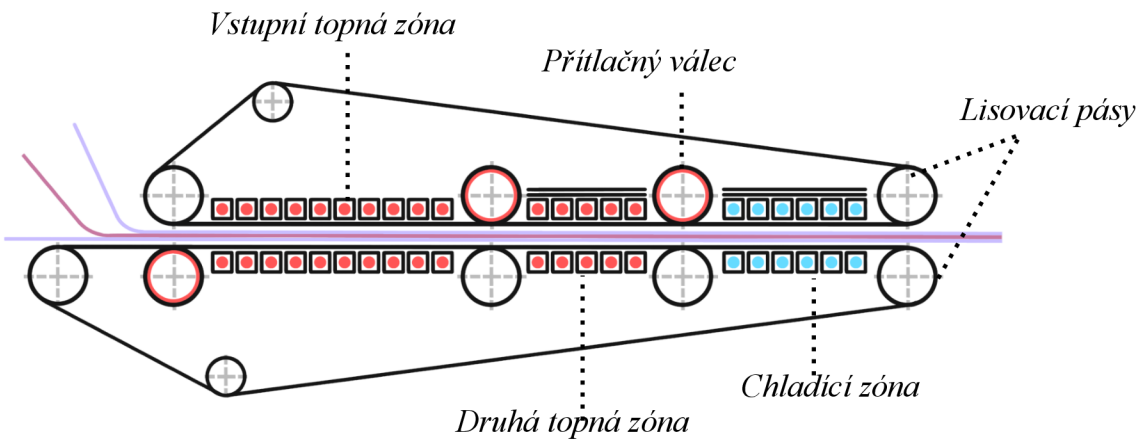
V průmyslu se laminování provádí často pomocí kalandrů, ve kterých se vlákenné vrstvy s pojivem vedenou štěrbinou mezi dvěma válci. Protože zde může být vyhřívaný pouze jeden z válců, je velmi důležité zkontrolovat, aby docházelo k dostatečnému přenosu tepla a docházelo tak k tavení pojiva. Kvůli tomu je kromě přítlaku a teploty válců také velmi významná rychlost průchodu štěrbinou.

Dalším typem je extruzní laminace, při které se polymerní pojivo dávkuje přímo z extrudéru a v podobě fólie je vytlačováno přímo na vlákennou vrstvu.

Laminace plamenem se široce využívá v případě, v němž lepíme fólii nebo netkanou textilii na polyuretanovou pěnu, jež se používá zejména v automobilovém průmyslu na obložení stropů, dveřní panely, sedadla, sluneční clony, opěrky, koberce a obložení zavazadlového prostoru. V procesu dochází k průchodu pěny přes otevřený plamen pro jednostranné lepení nebo mezi sadou plamenných hořáků pro laminaci z obou stran. Vrchní vrstva pěny se tak roztaví na viskózní polymer, kterým je následně pěna spojena s jiným materiálem. Pevnost spoje je řízena intenzitou a výškou plamene. Velkou nevýhodou laminace plamenem jsou plynné emise, které se produkují během procesu. [19]

5.4. Plochá laminace

Plochá laminace se provádí na stroji, který je vybaven dvěma lisovacími pásy. Vlákenné vrstvy s již přidaným pojivem jsou mezi pásy přiváděny vstupními přítlačnými válečky. Zahřátí pojiva na danou teplotu se zprostředkovává ve vstupní topné zóně integrovanými kontaktními topnými tělesy, která jsou individuálně odpružená kvůli dosažení dokonalého nastavení, díky kterému dojde k homogennímu přenosu tepla. Délka vstupní topné zóny je dostatečně dlouhá na to, aby došlo k dostatečnému prohřátí, což vede k optimálnímu pojení s vysokými adhezními hodnotami.



Obr. 10: *Schéma laminovacího stroje*

Bezprostředně po ohřátí pojiva se vlákenné vrstvy lisují kalandrovacími válci, z nichž alespoň jeden je vyhřívaný a odpružený. To nám umožňuje lisované vrstvy kalibrovat na požadovanou tloušťku výsledné netkané textilie. Je možné použít i profilované vál-

ce, které pojená místa dodatečně vytvarují. Po průchodu prvními lisovacími válci opět dochází k zahřívání topnými tělesy, které jsou již také zaopatřeny nastavitelným tlakovým systémem. Délka této zóny je však značně kratší než byla vstupní zóna. Na jejím konci se umísťují poslední lisovací válce, po nichž již dochází k ochlazení a stabilizaci výsledné netkané textilie.

Díky plochému průchodu materiálu a možnosti nastavení výšky laminovacího přístroje je možné laminovat i vrstvy o tloušťce 150 mm. Nejdůležitějšími parametry stroje jsou rychlost, teplota a přítlak válců. Tlak přítlačného válce, jak již bylo zmíněno, zajišťuje dobrý adhezivní kontakt. Avšak příliš vysoký tlak může způsobit nadměrné pronikání roztaveného pojiva do substrátu, což zapříčiní zhoršené výsledné vlastnosti. [2, 18, 19]

5.5. Konstrukce válců

Nejběžnějším problémem u laminačních strojů, kalandrů a jiných zařízení je prohýbání válců. Následkem prohnutí totiž dochází ke kolísání kontaktního tlaku podél sevření. Charakteristickými znaky této komplikace jsou silně lepené okraje s málo pojenými místy uprostřed textilie. Tento problém často nastává v případě ocelových válců a méně u válců s pružným a deformovatelným povrchem. Dá se vyřešit hned několika metodami: bombírovanými válci, vyosením válců, plovoucími válci či povrchovou úpravou.

Bombírované válce mají na okraji menší průměr než je ve středu válce. Je-li rozdíl mezi těmito průměry správně zvolený, odchylka se tak vyrovná a přítlak válce bude po celé délce stejný. Vyosením podélných os válců dojde pod zatížením k vzájemnému omotání, čímž se vyváží jejich průhyb. Plovoucí válec obsahuje pevné jádro kolem kterého je umístěn otočný plášť. Jádro válce kompenzuje prohnutí vnitřním tlakem způsobeným obsahem horkého oleje. Poslední metodou je povrchová úprava, kterou je možné provést například chromováním nebo kalením povrchu válce. [2]

5.6. Výrobce laminátů

Mezi nejznámější výrobce laminovacích strojů patří německá společnost Meyer. Tento rodinný podnik vlastní již třetí generace a během své více než sedmdesátileté historie se etabloval na post jednoho z nejvýznamnějších výrobců strojů specializovaných na laminování, lepení, potahování a tváření. [19]

Obr. 11: *Laminovací stroj značky Meyer [19]*

5.7. Použití textilních laminátů

Přesto, že netkané textilie nebyly navrženy pro laminaci, dnes jich existuje celá řada. Laminované netkané textilie a jiné textilní lamináty jsou široce využívané hlavně jako komponenty do absorpčních výrobků, mezi než patří kupříkladu plenky, hygienické vložky, inkontinenční vložky pro dospělé, jednorázové ubrousky, průmyslové oděvy, koberce, filtrační média a různé lékařské aplikace, jako jsou chirurgické pláště, chirurgické roušky, sterilizační zábaly a chirurgické oblečení a masky. Pro právě zmíněné jednorázové lékařské textilie, byly vyvinuty speciální bariérové netkané materiály. Jejich hlavní složkou je několik vrstev z mikrovláken o průměru cca 2–4 mikronů, které zabraňují průchodu bakterií a jiných kontaminantů.

Dále jsou velmi důležitým prvkem v oděvním průmyslu, kde se hojně užívají k podlepování dílců sak, límců, lég nebo například kapesních podsádek. Ve stavebnictví se jimi podkládají podlahové krytiny, čímž se zlepšuje jejich odolnost a izolační vlastnosti. [2, 18]

6. Smáčení

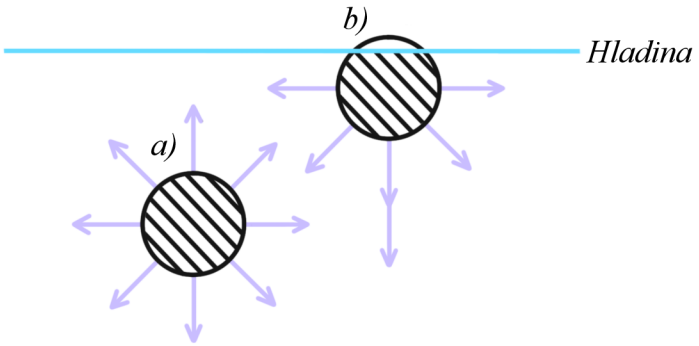
Smáčivost netkané textilie vyjadřuje, do jaké míry je schopna se smáčet kapalinou. Smáčení netkané textilie oproti smáčení samotného vlákna se projevuje jako mnohem složitější proces, a to z důvodu množství faktorů, které nám tento jev mohou ovlivňovat. Jedná se například o způsob zpevnění, strukturu a povrchovou úpravu smáčené textilie, o morfolo-

gii, geometrii a uspořádání vláken ve vrstvě a o chemické složení a fyzikální vlastnosti dané kapaliny.

6.1. Povrchové napětí

Povrchové napětí je dalším efektem, kterým je výrazně ovlivněno smáčení netkaných textilií. Je možné ho definovat jako sílu působící v povrchové vrstvě kapaliny kolmo na jednotku plochy povrchu.

Jedná se o jev způsobený mezimolekulárními silami. Molekuly nacházející se ve vnitru kapaliny mají síly vyrovnané, kdežto molekuly na povrchu jsou svými výslednými silami vtahovány dovnitř kapaliny (viz obrázek 12). Důsledkem toho se ve vrchní vrstvě kapaliny vytváří napětí, které právě díky svému umístění nazýváme povrchové. Povrch tekutiny tvořený vnějšími částicemi je tenký asi 1 nm a v porovnání s vnitřním obsahem tekutiny má nepatrně rozdílné chemické i fyzikální vlastnosti.



Obr. 12: *Mezimolekulární síly částic a) uvnitř kapaliny, b) na povrchu kapaliny*

Vlivem povrchového napětí se tekutiny tváří, jako by byly potaženy tenkou fólií napomáhající jim získat co nejmenší možnou plochu. Jejich povrch tak dosahuje nejnižší eventuální povrchové energie, která se bez působení různých vnějších vlivů projevuje zformováním daného obsahu kapalin do kulového tvaru. Tím pádem se dá říct, že se zvyšujícím se povrchovým napětím roste i kulatost tvaru kapaliny. [1, 2, 20]

6.2. Kohezní síla

Mezi molekulami stejné látky dochází k vzájemnému působení přitažlivých sil, které nazýváme kohezní síly. Tyto síly jsou kolem molekuly omezeny do velmi malého kulového

rozměru, který se označuje termínem sféra molekulárního působení. Směrem od částice silové působení výrazně klesá, a to rychlostí mnohem vyšší než je tomu u gravitačního působení, které upadá rychlostí druhé mocniny vzdálenosti.

Kohezní síly způsobují vzájemnou soudržnost molekul vody, kvůli níž mají tendenci se shromažďovat do velkých shluků. Výborným příkladem je déšť padající na zem ve formě kapek vody a nikoliv v podobě jemné mlhy, jakoby tomu bylo bez kohezních sil.

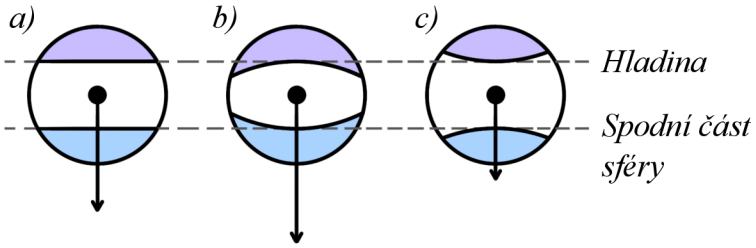
Aby došlo k rovnoměrnému rozložení sil, musí se molekula nacházet uvnitř kapaliny, jak již bylo zmíněno výše v kapitole povrchového napětí. To znamená, že její minimální vzdálenost od okraje musí být větší jak délka poloměru sféry molekulárního působení. Zatímco u molekul, které se vyskytují blíže povrchu kapaliny nebo přímo na něm, se síly nevyrovnají. Čím menší je totiž vzdálenost molekuly od okraje, tím větší síla ji přitahuje směrem do kapaliny.

6.3. Kohezní tlak

Působením kohezních sil v kapalině vzniká tak zvaný kohezní tlak. Ten je na okraji nejnižší a směrem do kapaliny se postupně zvyšuje. Maximálního možného kohezního tlaku dosahují molekuly, jež jsou od okraje vzdáleny minimálně o poloměr sféry molekulárního působení. Kohezní tlak tak má vliv na celkový objem kapaliny a je vysoký přibližně 1 GPa, což je mnohem více než u atmosférického tlaku. To je důvodem, proč mají kapaliny tak nízkou stlačitelnost a proč každou vzduchovou bublinu tekutina vytlačí z objemu pryč. [20, 21, 22]

6.4. Kapilární tlak

Kapilární tlak, neboli Laplaceův tlak, vzniká vlivem zakřivení hladiny kapalin. Jeho působení si můžeme představit na třech molekulách, které jsou umístěny ve stejné hloubce pod hladinou (viz obrázek 13). První molekula je pod povrchem rovinným, druhá pod povrchem konkávním a třetí pod povrchem konvexním.



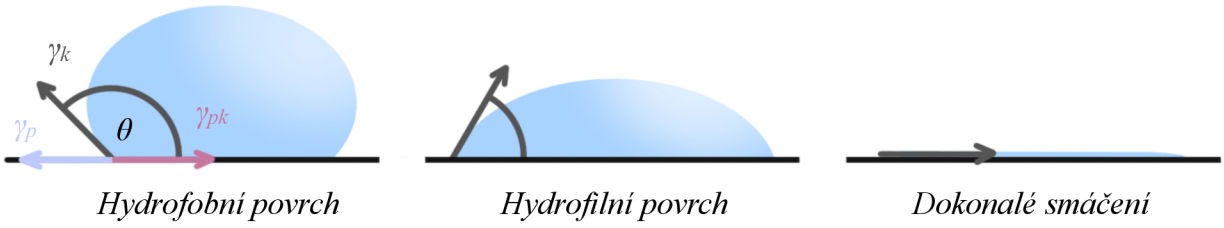
Obr. 13: *Molekula pod povrchem a) rovinným, b) konkávním, c) konvexním*

Oblast sféry mezi fialově vyznačenou hladinou a modře vyznačenou spodní částí sféry je zaplněna molekulami, které se navzájem kompenzují, jelikož na každou jednu takovou molekulu spadá molekula jiná, umístěná v symetrii vzhledem ke středové molekule. Zatímco v modré spodní částí sféry molekulového působení jsou obsaženy molekuly kapaliny, které naopak výrazně působí na středovou molekulu. Tyto síly totiž není čím kompenzovat a tak jejich vlivem dochází ke zakřivení hladiny.

V případě konkávního zakřivení je ve spodní částí sféry molekulového působení více nekompenzovaných molekul než u rovinné hladiny. A proto i její síla působící do středu kapaliny je větší, a to právě o hodnotu kapilárního tlaku. U konvexního zakřivení je tento efekt opačný, proto je síla molekuly o kapilární tlak snížena. [20, 23]

6.5. Úhel smáčení

Dalším důležitým charakteristickým parametrem je úhel smáčení neboli kontaktní úhel, který nám udává, v jaké míře dochází ke smáčení povrchu kapalinou. Úhel smáčení závisí na napětí celkem tří rozhraní (viz obrázek 14). Jsou jimi γp (pevná látky - plyn), γpk (pevná látka - kapalina) a γk (kapalina - plyn).



Obr. 14: *Kontaktní úhel smáčení*

V případě, kdy má γp větší napětí než γpk, je úhel smáčení menší jak 90°, což znamená, že dochází k dobrému smáčení. Naopak v momentě, kdy úhel smáčení dosáhne více jak 90°, kapalina povrch pevné látky smáčí minimálně nebo vůbec. Avšak existuje i třetí možnost, a to úplné smáčení, k němuž dochází v momentě, kdy se kapalina zcela rozteče po povrchu, takže úhel smáčení se rovná nule. Vztah mezi těmito třemi rozhraními a smáčecím úhlem se vyjadřuje pomocí Youngovy rovnice,

$$\cos\theta = \frac{\gamma_p - \gamma_{pk}}{\gamma_k}, \qquad (1)$$

kde je θ úhel smáčení, γp je napětí rozhraní pevná látka-plyn, γpk je napětí rozhraní pevná látka- kapalina a γk napětí rozhraní kapalina-plyn, jak již bylo uvedeno výše. [20, 24]

7. Vzlínání

Když kapalina textilii nejen smáčí, ale dokonce se do ní i vsakuje, dokud nedosáhne rovnováhy, hovoříme o vzlínání. Důležitým parametrem vzlínání je sací výška. Ta je ovlivněna rovnováhou mezi gravitační silou a silou vzlínání.

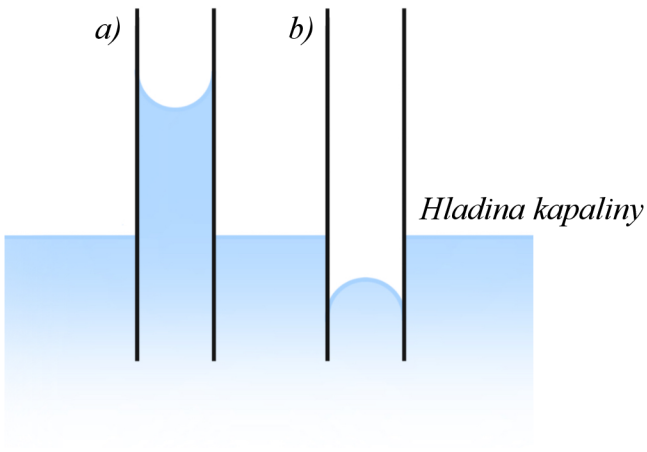
Rychlost vsakování kapaliny do vlákenného materiálu je popsána pomocí Lucas-Washburnovi rovnice,

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\pi (p1 - p2)\, r^4}{8h\eta}, \qquad (2)$$

kde je V objem newtonovské viskózní kapaliny, η je její viskozita, t je čas, r je poloměr kapiláry, h je výška kapaliny a (p1-p2) je rozdíl tlaků jejich konců. Tento vztah je popsán pomocí jedné kapiláry, ve níž kapalinu transportuje povrchové napětí. [25, 26]

7.1. Kapilární jevy

V případě, ve kterém ponoříme kapiláru neboli trubičku o malém průměru do kapaliny, může dojít ke dvěma jevům. Jsou jimi kapilární elevace a kapilární deprese (viz obrázek 15).



Obr. 15: *Kapilární a) elevace, b) deprese*

Při kapilární elevaci se oproti okolní hladině kapalina v kapiláře vyšplhá výše a zakřiví se do tvaru dutého vrchlíku. To je způsobeno nižším kapilárním tlakem a smáčením materiálu, z něhož se kapilára vyrábí. V opačném případě, kdy se kapilára nesmáčí a kapilární tlak je uvnitř kapiláry vyšší než v hladině okolní kapaliny, se jedná o kapilární depresi. U té je hladina kapaliny v kapiláře níže než hladina okolní kapaliny a zaujímá tvar vypuklého vrchlíku. [20]

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

8. Příprava textilií

Tento experiment je zaměřen na netkané textilie z vláken smáčivých i nesmáčivých o různých jemnostech, které byly testovány různými metodami smáčení.

Jako pojivé médium se použila vlákna bikomponentní jádro-plášť, u nichž je polyesterové jádro obklopeno pláštěm z kopolyesteru mající teplotu tání 110°C, zatímco klasický polyester má teplotu tání 250-260°C.

Vlákenné vločky polyesterových smáčivých vláken o jemnosti 6,7 dtex, a polyesterových nesmáčivých vláken o jemnostech 3,3 dtex, 6,7 dtex a 11 dtex se rozprostřely s 20 % a 10 % bikomponentních pojivých vláken na přiváděcí pás mykacího stroje značky Befama (viz obrázek 16).

Obr. 16: *Mykací stroj značky Befama*

Následně byly procesem mykání zpracovány do vlákenné vrstvy, jež byla kladena pomocí příčného vertikálního kladeče. Zhotovená vrstva s již rovnoměrněji smíchanými vlákny byla rozdělila na dvě hmotnosti, a to na 20 g a 35 g. Tyto hmotnosti se znovu zpracovaly na mykacím stroji a nakladly na dopravníkový pás. Od každého typu vláken tedy

vznikly celkem 4 vrstvy. Dvě o plošných hmotnostech okolo 90 g.m^{-2} a 55 g.m^{-2}, z nichž je jedna s poměrem 80:20 (základní vlákenná složka-pojivá vlákna) a druhá s poměrem 90:10. Celkově tedy bylo vyrobeno 16 vrstev (viz tabulka 1), jež byly poté zpevňovány lisovacím strojem.

Tabulka 1: *Přehled vzorků*

	Podíl vláken ku pojivým vláknům	**Plošné hmotnosti**
Smáčivý PES, 6,7 dtex	80:20	A1 90 g.m^{-2}
		A2 55 g.m^{-2}
	90:10	B1 90 g.m^{-2}
		B2 55 g.m^{-2}
Nesmáčivý PES, 6,7 dtex	80:20	C1 90 g.m^{-2}
		C2 60 g.m^{-2}
	90:10	D1 90 g.m^{-2}
		D2 60 g.m^{-2}
Nesmáčivý PES, 11 dtex	80:20	E1 96 g.m^{-2}
		E2 59 g.m^{-2}
	90:10	F1 90 g.m^{-2}
		F2 55 g.m^{-2}
Nesmáčivý PES, 3,3 dtex	80:20	G1 85 g.m^{-2}
		G2 55 g.m^{-2}
	90:10	H1 90 g.m^{-2}
		H2 55 g.m^{-2}

Jednotlivé vlákenné vrstvy se vložily do papíru, který zabraňuje ušpinění laminovacího stroje. Bez něj by mohla roztavená pojivá vlákna umístěna na povrchu vrstvy polepit pásy a zapříčinit tak i znečištění další vrstvy, která by laminovacím strojem procházela.

Vlákenná vrstva v papíře se vložila do lisovacího stroje značky Meyer, jež byl přednastaven na tlak 10 N.cm^{-2}, na rychlost 1 m.min^{-1} a teplotu 120°C. Po průchodu se již zpevněná vlákenná vrstva opatrně vyjmula a nechala vychladit.

9. Experiment 1

Tento experiment byl proveden za cílem zjistit, do jak velkých ploch se za daných podmínek kapalina rozprostře v předem připravené netkané textilii.

Pro tento typ testování se z každé netkané vrstvy vyřízly vzorky ve tvaru kruhu o průměru 10 cm. Ty byly připraveny do Petriho misky, z důvodu možného obarvení pracovní plochy vlivem prosáknutí kapaliny vrstvou.

Připravené vzorky byly následně pomocí pipety podrobeny smáčení 1 ml destilované vody smíchané s fialovým inkoustem. Přidáním inkoustu se docílilo lépe viditelných smáčených ploch na vzorku. Samotné smáčení probíhalo 20–25 s u každého vzorku, bez ohledu na plošnou hmotnost nebo zvolený typ vláken, což bylo způsobené malým objemem kapaliny.

9.1. Výsledky experimentu 1

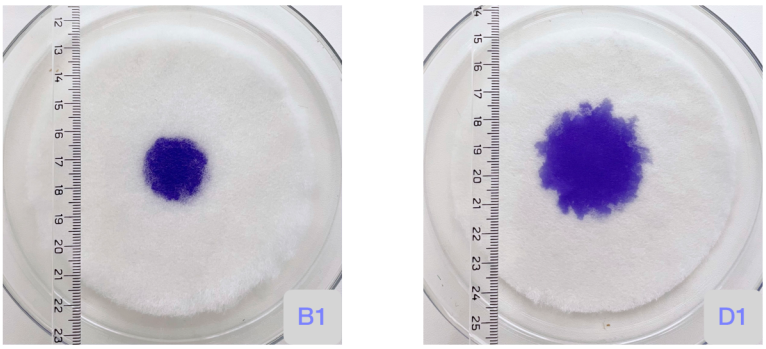
Velikosti ploch smáčených míst byly změřeny pomocí počítačového programu NIS-Elements. Výsledky byly následně zapsány do tabulky 2.

V tabulce je zaznamenáno celkem 6 výsledků ke každé textilii. Ve sloupci s názvem plocha se výsledky naměřených ploch vyjadřují v cm^2. Poté jsou uvedeny výsledné ekvivalentní průměry. Ty odpovídají průměrům kruhů o stejné ploše jako skvrny na testovaných vzorcích. Dále jsou uvedeny minimální průměty, maximální průměty a obvod smáčené plochy. Posledním uvedeným parametrem je tvarový faktor, který nám udává tvar skvrny. Čím více se naměřená hodnota blíží k 1, tím kulatější je skvrna na vzorku.

Tabulka 2: *Naměřené hodnoty ploch z programu NIS-Elements*

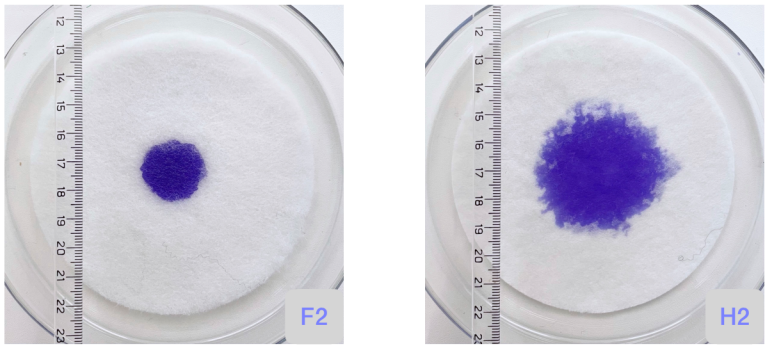
	Plocha [cm²]	Ekv. Průměr [cm]	Min. průmět [cm]	Max. průmět [cm]	Obvod [cm]	Tvarový faktor
A1	9,59	3,50	3,54	4,10	13,53	0,89
A2	15,40	4,43	4,80	5,28	25,19	0,78
B1	4,11	2,29	2,24	2,51	7,33	0,98
B2	13,48	4,14	4,35	5,22	17,57	0,80
C1	15,86	4,49	4,61	5,10	20,29	0,87
C2	32,69	6,45	6,60	7,84	35,36	0,80
D1	11,82	3,88	4,06	4,45	16,94	0,86
D2	15,19	4,40	4,44	5,08	18,90	0,87
E1	14,49	4,30	4,15	4,98	14,76	0,93
E2	11,18	3,77	3,46	4,58	14,06	0,88
F1	9,17	3,42	3,29	4,41	12,88	0,83
F2	3,84	2,21	2,20	2,44	7,17	0,97
G1	27,75	5,94	6,34	7,17	34,50	0,82
G2	15,81	4,49	4,33	5,82	19,56	0,81
H1	16,12	4,53	4,71	5,22	20,25	0,85
H2	15,70	4,47	4,53	5,30	20,25	0,87

Na obrázku 17 jsou dva vzorky, jež mají plošnou hmotnost 90 g.m^{-2} a poměr základní vlákenné složky ku pojivým vláknům 90:10. Liší se pouze v tom, že vzorek B1 (vlevo) je z polyesterových vláken smáčivých, zatímco vzorek D1 (vpravo) je z polyesterových vláken nesmáčivých.



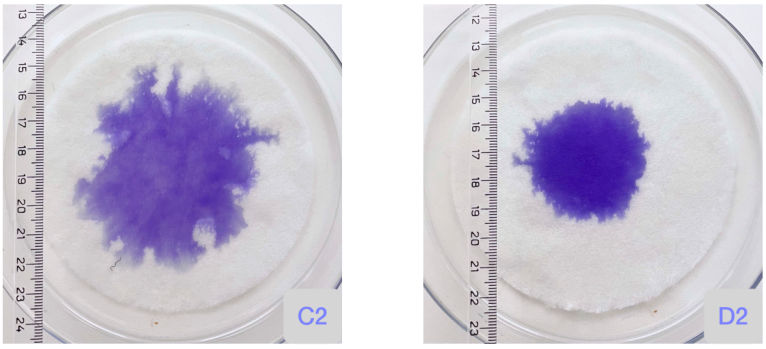
Obr. 17: *Vzorek z vláken smáčivých (vlevo) a nesmáčivých (vpravo)*

Stejně tak se dají porovnat i vzorky na obrázku 18 mající taktéž shodnou plošnou hmotnost, a to 55 g.m^{-2} a poměr 90:10. Oba vzorky se skládají z polyesterových vláken nesmáčivých, avšak vzorek F2 (vlevo) obsahuje vlákna o jemnosti 11 dtex, zatímco vzorek H2 (vpravo) vlákna o jemnosti 3,3 dtex.



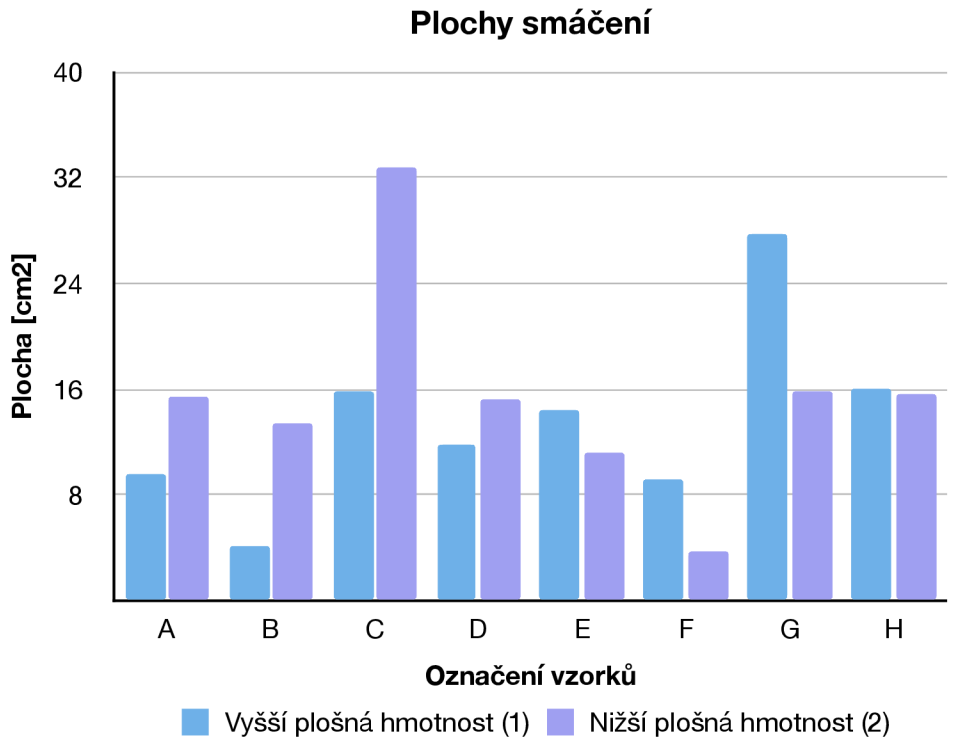
Obr. 18: *Vzorek o jemnosti 11 dtex (vlevo) a 3,3 dtex (vpravo)*

Další odlišnosti jsou vidět na obrázku 19, na němž se vyskytují vzorky z polyesterových vláken nesmáčivých o plošné hmotnosti 60 g.m^{-2}. Jejich rozdíl spočívá v poměru základní vlákenné složky ku pojivým vláknům. Vzorek C2 (vlevo) byl vyroben o poměru 80:20, kdežto vzorek D2 (vpravo) o poměru 90:10.



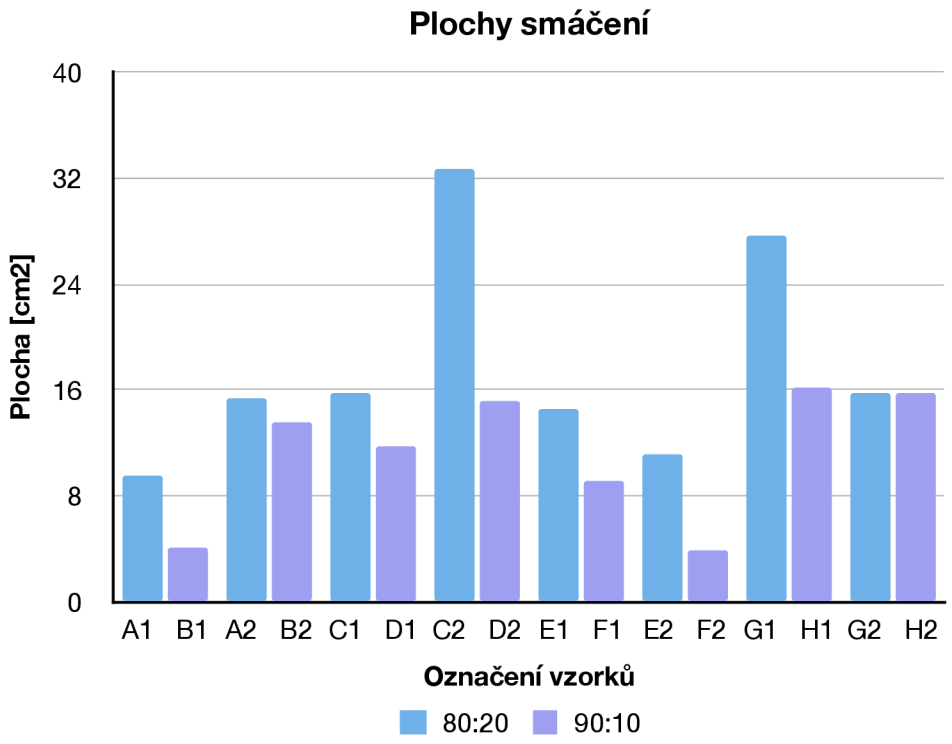
Obr. 19: *Vzorek o poměru 80:20 (vlevo) a 90:10 (vpravo)*

Jak již bylo zmíněno výše, velikost ploch smáčení se velmi liší podle typu použitých vláken. Například u polyesterových smáčivých vláken a polyesterových nesmáčivých vláken o jemnosti 6,7 dtex jsou plochy smáčení větší u vzorků s nižší plošnou hmotností (viz graf 1 A-D). Zatímco u vláken polyesterových nesmáčivých o jemnostech 11 dtex a 3,3 dtex jsou plochy smáčení větší u vzorků s vyšší plošnou hmotností (viz graf 1 E-H).



Graf 1: *Plochy smáčení s ohledem na plošnou hmotnost*

Při porovnání velikostí ploch smáčení podle poměru základní vlákenné složky ku pojivým vláknům zjistíme, že ať se jedná o vyšší či nižší plošnou hmotnost vrstvy, je plocha vždy větší u vzorku, s poměrem 80:20 (viz graf 2).



Graf 2: *Plochy smáčení s ohledem na poměr vláken*

Největší plochu 32,69 cm^2 zaujímá kapalina ve vzorku C2, jež byl připraven z polyesterových vláken nesmáčivých o jemnosti 6,7 dtex, poměru 80:20 a plošné hmotnosti 60 $g.m^{-2}$. Zatímco do nejmenší plochy 3,84 cm^2 se kapalina rozprostřela ve vzorku F2 z polyesterových nesmáčivých vláken o jemnosti 11 dtex, poměru 90:10 a plošné hmotnosti 55 $g.m^{-2}$.

10. Experiment 2

Tento experiment byl proveden za cílem zjistit, jak rychle se bude kapalina do vzorků vsakovat, do jak velkých ploch se za daných podmínek kapalina rozprostře a jak dobře bude textilie fungovat jako distribuční vrstva.

Nejprve se připravily samotné vzorky. Z netkaných textilií se vystřihly čtverce o délce strany 15 cm. Dále se vystřihly čtverce z filtračního papíru, a to o stejném rozměru jako vzorečky z netkané textilie, tedy o straně 15 cm. Celkem se připravilo 10 čtverců papíru pro jeden vzorek textilie.

Před začátkem samotného experimentu se jednotlivé předpřipravené vzorky z netkané textilie zvážily, aby bylo po otestování možné spočítat, jakou hmotnost kapaliny nasákly a kolik kapaliny propustily do filtračního papíru.

Již zvážené vzorky se podložily 10 vrstvami filtračního papíru. Těmi se zajistil odvod vsáknuté destilované vody, jež stejně jako při prvním experimentu byla obarvena fialovým inkoustem, aby byla smáčená plocha lépe viditelná. Nakonec byl na vzorek umístěn smáčecí kalíšek s krycím sklíčkem (viz obrázek 20), který je sestrojen tak, aby se kapalina rozprostřela na textilii rovnoměrně do všech stran stejně.

Obr. 20: *Smáčecí kalíšek s krycím sklíčkem*

Čas vsakování se počítal od počátku, kdy se do kalíšku nalilo 15 ml obarvené destilované vody a skončilo ve chvíli, kdy byla kapalina zcela vsáknuta do vzorku z netkané textilie. V ten okamžik mohl být kalíšek opatrně sejmut. Ihned po té se vzorek a deset vrstev filtračního papíru zvážily. Pokud by se vzorky zvážily později, mohlo by dojít vlivem gravitace a sací síly filtračního papíru ke zvětšení objemu vsáknuté kapaliny ve filtračním papíře. Poté se výsledky porovnaly.

10.1. Výsledky experimentu 2

Čas vsakování se nejdříve přepočítal na 1g materiálu, aby nedošlo ke zkreslení vlivem rozdílných hmotností vzorků (viz tabulka 3). V tabulce jsou časy rozděleny podle plošných hmotností. Vyšší plošná hmotnost se pohybuje kolem 90 $g.m^{-2}$ a nižší plošná hmotnost je okolo 55 $g.m^{-2}$.

Tabulka 3: *Časy vsakování*

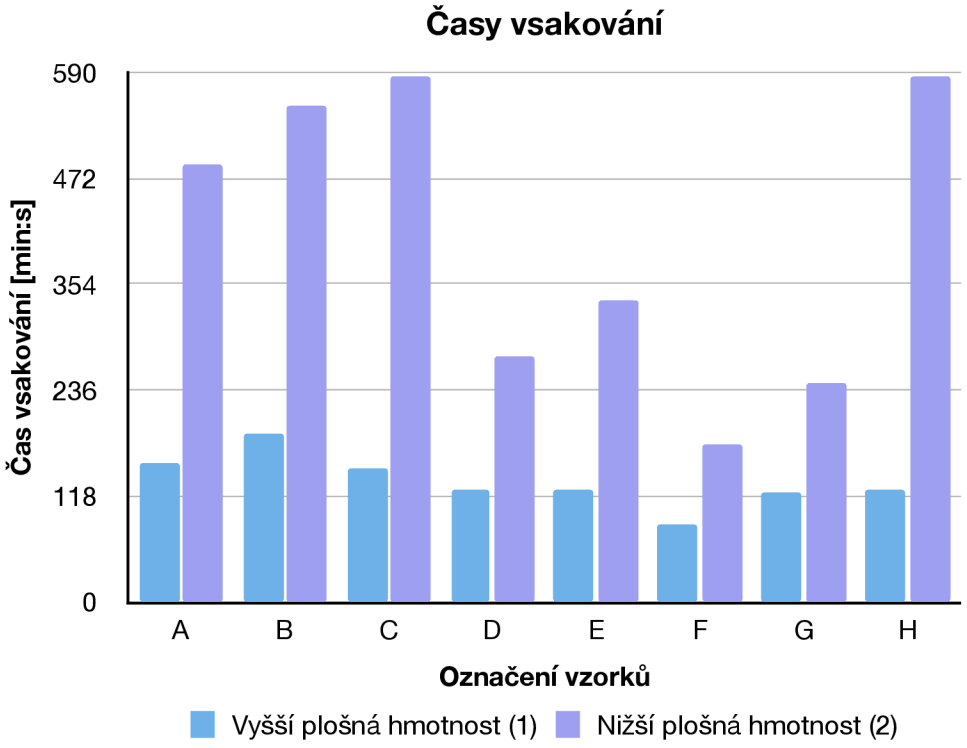
	A	B	C	D	E	F	G	H
Vyšší plošná hmotnost (1)	156 s	188 s	150 s	124 s	125 s	85 s	122 s	125 s
Nižší plošná hmotnost (2)	489 s	554 s	585 s	273 s	337 s	177 s	243 s	586 s

V tabulce 4 jsou uvedeny zaokrouhlené směrodatné odchylky časů vsakování. Tyto hodnoty byly vypočítány z pěti naměřených časů.

Tabulka 4: *Směrodatné odchylky času vsakování*

	A	B	C	D	E	F	G	H
Vyšší plošná hmotnost (1)	14 s	14 s	16 s	14 s	13 s	12 s	16 s	26 s
Nižší plošná hmotnost (2)	31 s	18 s	10 s	12 s	16 s	14 s	13 s	14 s

Do vzorků, které byly připraveny z textilie s vyšší plošnou hmotností, se kapalina vsákla výrazně rychleji, zatímco vzorky s nižší plošnou hmotností kapalinu vsakovaly mnohem pomaleji, a to bez ohledu na rozdílný typ použitých vláken a poměru základních vláken ku pojivým (viz graf 3).



Graf 3: *Časy vsakování*

Nejrychlejší vsáknutí obarvené destilované vody proběhlo za času 85 s při testování vzorku F1 vyrobeného z polyesterových nesmáčivých vláken o jemnosti 11 dtex, poměru 90:10 a plošné hmotnosti 90 $g.m^{-2}$. Naopak nejpomalejší vsáknutí kapaliny proběhlo za času 586 s, a to při testování vzorku H2 z netkané textilie připravené z polyesterových vláken nesmáčivých o jemnosti 3,3 dtex, poměru 90:10 a plošné hmotnosti 55 $g.m^{-2}$.

Obsah kapaliny vykazoval stejně tak jako čas vsakování největší rozdíly při porovnání plošných hmotností vzorků (viz tabulka 4). V tabulce jsou uvedena procenta obsahu kapaliny, která byla vypočítána z celkového objemu propuštěné destilované vody.

Tabulka 5: *Obsah kapaliny v textilii a ve filtračním papíře*

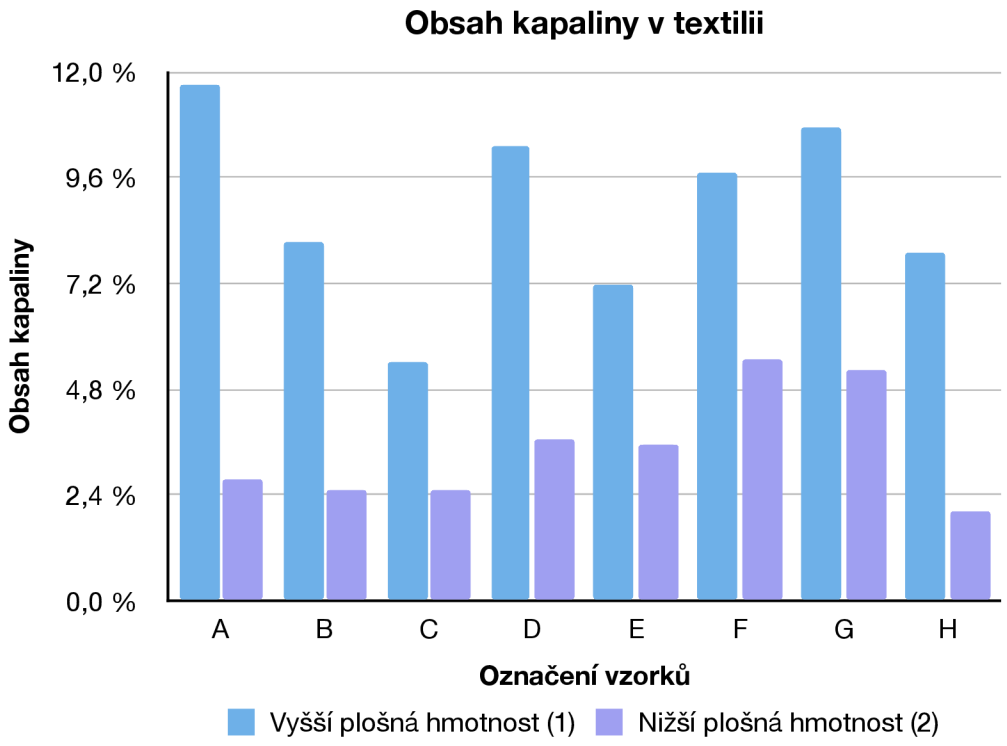
V textilii								
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**
Vyšší plošná hmotnost (1)	11,70 %	8,13 %	5,41 %	10,31 %	7,18 %	9,73 %	10,73 %	7,88 %
Nižší plošná hmotnost (2)	2,78 %	2,50 %	2,50 %	3,64 %	3,54 %	5,48 %	5,24 %	2,06 %
Ve filtračním papíře								
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**
Vyšší plošná hmotnost (1)	88,30 %	91,87 %	94,59 %	89,69 %	92,82 %	90,27 %	89,27 %	92,12 %
Nižší plošná hmotnost (2)	97,22 %	97,50 %	97,50 %	96,36 %	96,46 %	94,52 %	94,76 %	97,94 %

V tabulce 6 jsou uvedeny přesné směrodatné odchylky obsahu kapaliny v textilii a ve filtračním papíře. Tyto hodnoty byly vypočítány z pěti naměřených hmotností.

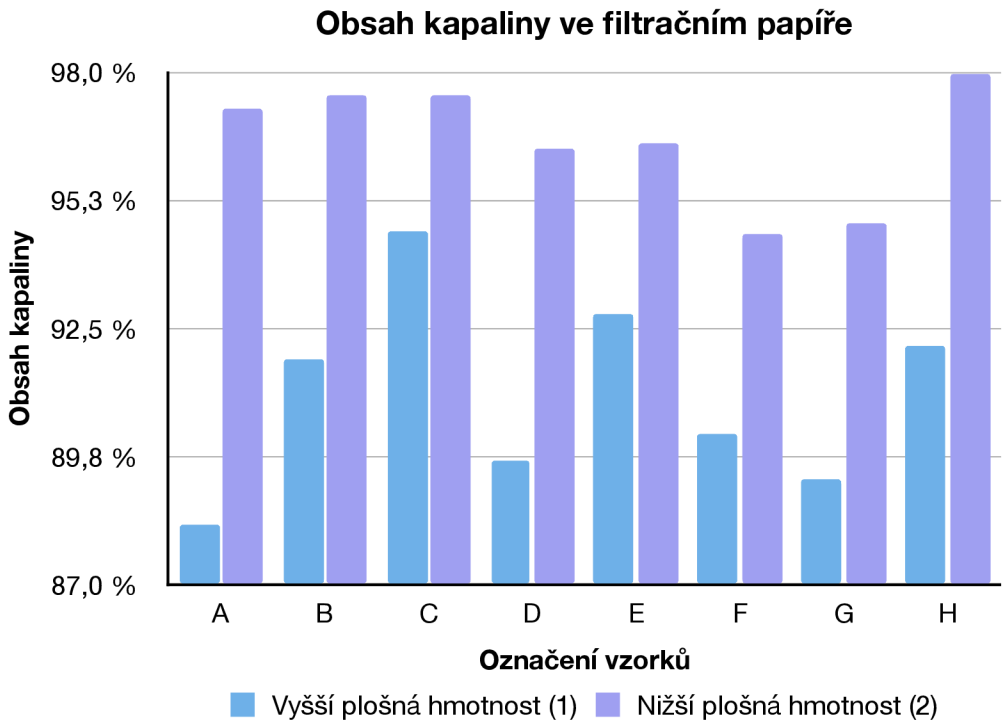
Tabulka 6: *Směrodatné odchylky obsahu kapaliny v textilii a ve filtračním papíře*

V textilii								
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**
Vyšší plošná hmotnost (1)	0,43 %	0,63 %	0,43 %	0,63 %	0,51 %	0,87 %	0,64 %	1,09 %
Nižší plošná hmotnost (2)	0,57 %	0,42 %	0,72 %	0,65 %	0,50 %	0,44 %	0,43 %	0,50 %
Ve filtračním papíře								
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**
Vyšší plošná hmotnost (1)	2,48 %	0,77 %	2,78 %	1,68 %	1,32 %	1,53 %	2,84 %	3,18 %
Nižší plošná hmotnost (2)	2,12 %	1,65 %	2,24 %	3,89 %	3,79 %	3,42 %	3,76 %	3,07 %

Největší obsah kapaliny udržely textilie, které byly zhotoveny s vyšší plošnou hmotností (viz graf 4). Naopak textilie s nižší plošnou hmotností byly schopny lépe odvádět kapalinu, a proto větší procento tekutiny nasákly filtrační papíry. A právě z tohoto důvodu je hmotnost filtračního papíru vyšší u vzorků s nižší plošnou hmotností (viz graf 5).



Graf 4: *Obsah kapaliny v textilii*



Graf 5: *Obsah kapaliny ve filtračním papíře*

Největší množství, tedy 97,94 % kapaliny propustil vzorek H2, který byl vyroben z polyesterových vláken nesmáčivých o jemnosti 3,3 dtex, poměru 90:10 a plošné hmotnosti

55 g.m^{-2}. Naopak nejméně kapaliny, tedy 88,3 %, propustil vzorek A1, který byl připraven z polyesterových smáčivých vláken o jemnosti 6,7 dtex, poměru 80:20 a plošné hmotnosti 90 g.m^{-2}.

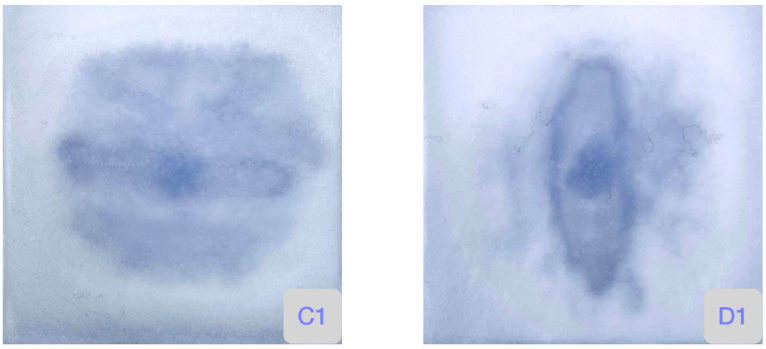
Při testování došlo ve vzorku k oddělení inkoustové složky od destilované vody. Dále tedy bude řešena pouze plocha vsáknuté destilované vody, protože inkoust byl v tomto experimentu použit pouze z důvodu obarvení.

Plochy smáčených míst destilovanou vodou byly změřeny pomocí počítačového programu NIS-Elements a výsledky byly zapsány do tabulky 5. V tabulce, jak již bylo popsáno v experimentu 1, je zaznamenáno 6 parametrů. Jsou to velikost smáčené plochy, ekvivalentní průměr, minimální průmět, maximální průmět, obvod a tvarový faktor.

Tabulka 7: *Naměřené hodnoty ploch z programu NIS-Elements*

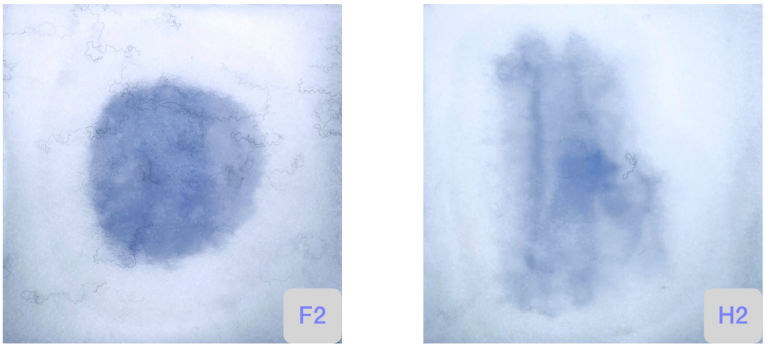
	Plocha [cm²]	Ekv. Průměr [cm]	Min. průmět [cm]	Max. průmět [cm]	Obvod [cm]	Tvarový faktor
A1	76,09	9,84	9,50	10,90	32,25	0,95
A2	112,65	11,98	11,30	13,39	38,73	0,96
B1	69,20	9,39	9,10	10,27	30,31	0,97
B2	86,72	10,51	10,24	11,30	34,16	0,95
C1	102,87	11,44	10,95	12,69	37,24	0,95
C2	111,60	11,92	10,88	13,92	39,96	0,92
D1	92,15	10,83	9,65	12,06	35,30	0,95
D2	94,41	10,96	9,40	13,31	39,03	0,86
E1	108,19	11,74	11,37	12,52	37,69	0,97
E2	97,61	11,15	10,84	11,63	37,66	0,97
F1	94,44	10,97	10,57	12,07	36,62	0,94
F2	87,44	10,55	9,84	11,48	34,15	0,96
G1	100,44	11,31	11,43	12,16	39,68	0,93
G2	100,20	11,30	10,58	12,49	37,00	0,94
H1	97,82	11,16	10,27	12,62	36,05	0,95
H2	92,40	10,85	9,83	12,42	36,58	0,90

Na obrázku 21 je vidět rozdíl ve velikosti plochy dvou vzorků, které jsou oba vyrobeny z polyesterových nesmáčivých vláken o jemnosti 6,7 dtex a o plošné hmotnosti 90 g.m^{-2}. Liší se tedy pouze v poměru vláken. Vzorek C1 (vlevo) s větší smáčenou plochou je zhotoven o poměru 80:20 a vzorek D1 (vpravo) s menší plochou o poměru 90:10. Zároveň je zde i zřejmá anizotropie vsakování kapaliny, která se výrazně projevila právě u těchto vzorků z polyesterových nesmáčivých vláken o jemnosti 6,7 dtex. Další patrné známky anizotropie se vyskytly u vláken polyesterových nesmáčivých o jemnosti 3,3 dtex (viz obrázek 20 vpravo).



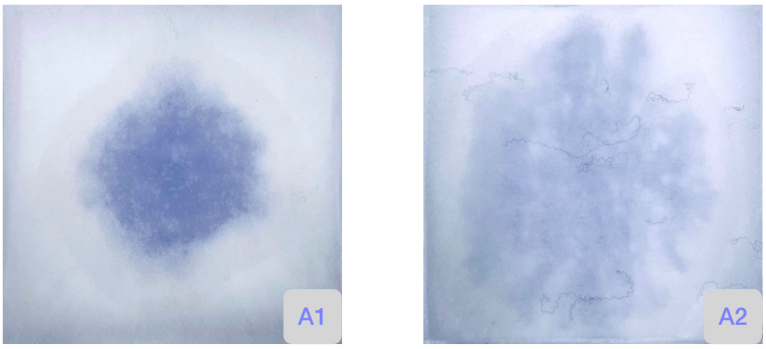
Obr. 21: Vzorek o poměru 80:20 (vlevo) a 90:10 (vpravo)

Tvarové rozdíly smáčených ploch se projevily především mezi různými jemnostmi vláken. Například vzorky na obrázku 22 jsou oba vyrobeny o stejném poměru 90:10 a plošné hmotnosti 55 g.m^{-2}. Vzorek F2 (vlevo) byl vyroben z polyesterových nesmáčivých vláken o jemnosti 11 dtex, kdežto vzorek H2 (vpravo) byl připraven z polyesterových nesmáčivých vláken o jemnosti 3,3 dtex.



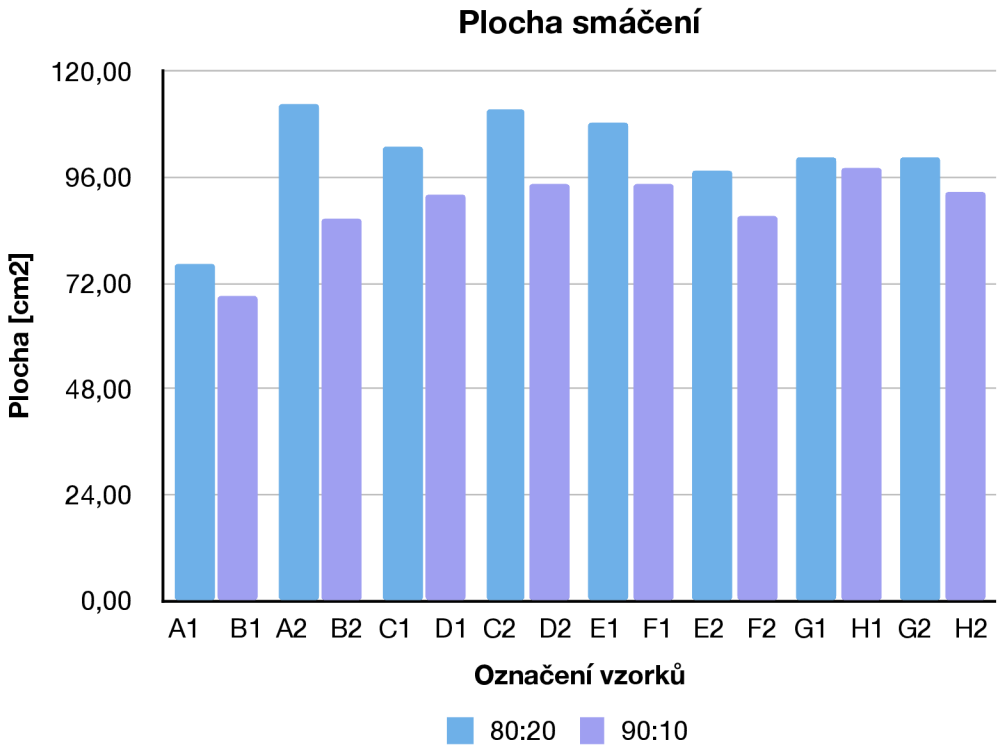
Obr. 22: *Vzorek o jemnosti 11 dtex (vlevo) a 3,3 dtex (vpravo)*

Na dalším obrázku jsou vzorky ze stejných polyesterových smáčivých vláken o jemnosti 6,7 dtex a o totožném poměru 80:20. Jediným rozdílem zde je jejich odlišná plošná hmotnost. Vzorek A1 (vlevo) byl připraven o plošné hmotnosti 90 g.m^{-2}, zatímco vzorek A2 (vpravo) o plošné hmotnosti 55 g.m^{-2}.



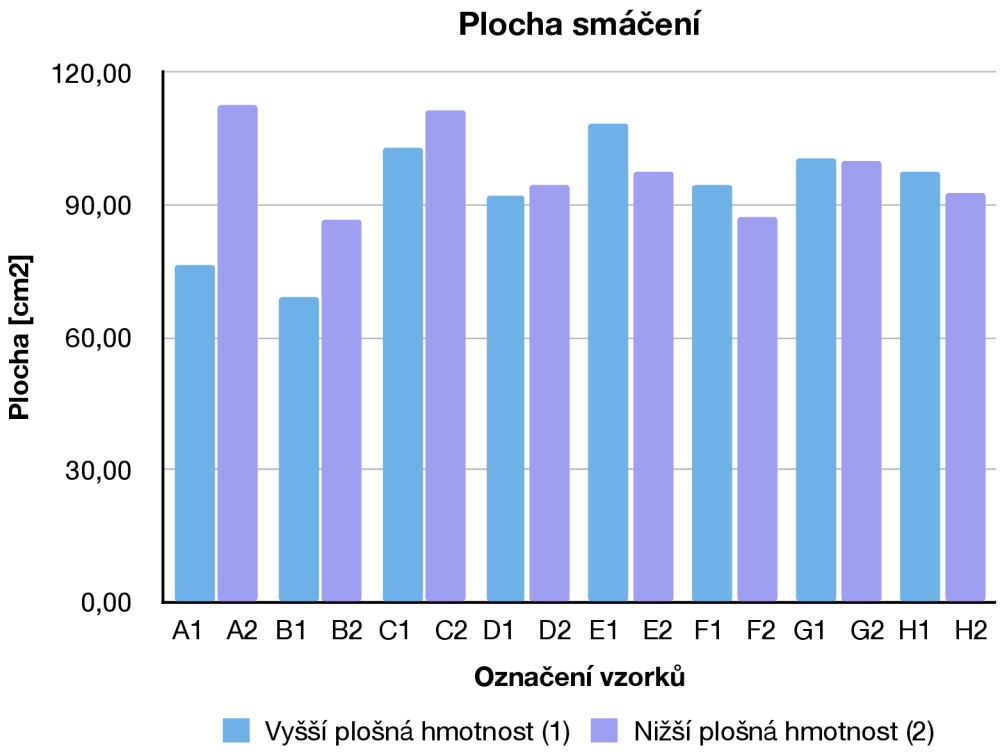
Obr. 23: *Vzorek s plošnou hmotností 90 g.m^{-2} (vlevo), a 55 g.m^{-2} (vpravo)*

Při porovnání velikostí ploch smáčení podle poměru, bylo zjištěno, že se kapalina rozprostřela do větších ploch v textilii o poměru 80:20. Zatímco ve vzorcích vyrobených o poměru 90:10 se destilovaná voda prosákla do menších ploch (viz graf 6).



Graf 6: *Plochy smáčení s ohledem na poměr vláken*

Plocha smáčení je samozřejmě ovlivněna i typem použitých vláken. Při smáčení vláken polyesterových smáčivých a polyesterových nesmáčivých o jemnosti 6,7 dtex je plocha větší při nižší plošné hmotnosti (viz graf 7 A-D). U vláken polyesterových nesmáčivých o jemnostech 11 dtex a 3,3 dtex jsou plochy větší naopak u vyšší plošné hmotnosti (viz graf 7 E-H). Stejný jev se prokázal již při předchozím experimentu.



Graf 7: *Plochy smáčení s ohledem na typ vláken*

Do největší plochy o velikosti 112,65 cm^{-2} se kapalina rozptýlila ve vzorku A2, který byl připraven z polyesterových smáčivých vláken o jemnosti 6,7 dtex, poměru 80:20 a plošné hmotnosti 55 $g.m^{-2}$. Za to nejmenší plochu o velikosti 69,20 cm^{-2} kapalina zaujala ve vzorku B1, který je sice také z polyesterových vláken smáčivých o jemnosti 6,7 dtex, ale o poměru 90:10 a plošné hmotnosti 90 $g.m^{-2}$. To potvrzuje fakt, který byl uveden v grafu 6, že na velikost plochy má velký vliv použitý poměr základní vlákenné složky ku pojivým vláknům.

11. Porovnání experimentů

Mezi výsledky prvního experimentu a výsledky druhého experimentu jsou viditelné shody. Například u obou experimentů vyšlo, že velikost plochy smáčení je větší u poměru 80:20 a naopak menší u poměru 90:10.

Stejně tak se výsledky shodují i u vlivu typu vláken na velikost plochy smáčení. Oba experimenty vykazují, že u polyesterových vláken smáčivých o jemnosti 6,7 dtex a u polyesterových vláken nesmáčivých o jemnosti 6,7 dtex je plocha smáčení výrazně větší u nižší plošné hmotnosti. Na rozdíl od polyesterových vláken nesmáčivých o jemnostech 3,3 dtex a 11 dtex, které mají větší plochy smáčení v případě vyšší plošné hmotnosti.

Závěr

Na začátku teoretické části bylo shrnuto základní uvedení do problematiky netkaných textilií a charakteristika materiálů používaných v experimentální části práce. Dále text podrobně popisuje technologie výroby vlákenné vrstvy procesem mykání, jeho kladení a následné zpevňování pomocí lisovacího stroje. Závěr teoretické části se věnoval základní teorii smáčení a vzlínání.

Cílem experimentální části práce bylo připravit vzorky netkaných textilií, popsat smáčené plochy vzorků, porovnat časy vsakování a analyzovat propustnost netkaných textilií. Netkané textilie byly připraveny na mykacím stroji a následně byly kladeny a zpevňovány lisovacím strojem. Pro výrobu textilií byla zvolena smáčivá a nesmáčivá polyesterová vlákna o různých jemnostech a rozdílných poměrech s vlákny bikomponentními.

Výsledky experimentu vyšly úspěšně. Se změnou materiálů a použitých parametrů se měnilo chování vzorků při kontaktu s kapalinou. Prokázaly, že připravené netkané textilie by mohly být použity jako distribuční vrstvy v mnoha aplikacích, jak bylo předpokládáno. Své uplatnění by mohly najít například v rámci hygienických pomůcek, kde je potřeba tekutinu rovnoměrně transportovat k superabsorbentu. Také by ale bylo možné vrstvy aplikovat v oboru geotextilií, například pro drenážní textilie, které mají za úkol transportovat kapalinu.

Dále bych tedy doporučila zmíněné vlákenné vrstvy testovat ve spojení s různými superabsorbenty a odzkoušet, zda by byla stejně dobře odváděna i kapalina podobná tělním tekutinám.

Literatura

[1] JIRSÁK, Oldřich a Klára KALINOVÁ. Netkané textilie. Liberec: Technická univerzita, 2003. ISBN 80-708-3746-2.

[2] RUSSELL, S. J. Handbook of nonwovens. Cambridge, England: Woodhead, 2007. ISBN 978-1-85573-603-0.

[3] Polyester. Polyester.cz [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: http://www.polyester.cz

[4] Encyklopedie plastů: Polyestery. Samosebou.cz [online]. 2020 [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://www.samosebou.cz/2020/11/30/encyklopedie-plastu-polyestery-pes/

[5] PURANE, Sandip V. a Narsingh R. PANIGRAHI. Nonwoven Processes and Applications. In: Fibre2Fashion [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://www.fibre2fashion.com/industry-article/1280/nonwoven-processes-and-applications

[6] BHUIYAN, Zaman. PET Fiber Spinning Method. Researchgate [online]. 2018 [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/338852603_PET_Fiber_Spinning_Method/stats

[7] MILITKÝ, Jiří. Textilní vlákna: klasická a speciální. V Liberci: Technická univerzita, c2012. ISBN 978-80-7372-844-1.

[8] Tesil. Silon [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://silon.eu/cs/product/tesil/#1559222116078-6e21b3d2-17118649-5301

[9] Our history. DuPont [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://www.dupont.com/about/our-history.html

[10] Kaman (bow) and dhunaki. In: Quora [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://www.quora.com/What-is-carded-cotton-used-for

[11] Making Wool Carders. In: Wovember [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://wovember.wordpress.com/2013/11/14/a-short-history-on-wool-carding/

[12] Carding - History. Liquisearch [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://www.liquisearch.com/carding/history

[13] ROGERS, Grace L. The scholfield wool - carding machines. Washington, D.C.: Creative Media Partners, 1959. ISBN 9781014160904.

[14] DOSTALOVÁ, Mirka a Mária KŘIVÁNKOVÁ. Základy textilní a oděvní výroby. Vyd. 3., upr. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004. ISBN 80-708-3831-0.

[15] URSÍNY, Petr. Předení. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2001. ISBN 80-708-3481-1.

[16] VADE, Akshay. Coating and Lamination of Non-Wovens. Researchgate [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/340901946_Coating_and_Lamination_of_Non-Wovens

[17] FIBERWEB NORTH AMERICA. Nonwoven laminate fabrics and processes of making same. 96401222.3. Přihlášeno 07.06.1996. Uděleno 22.01.1997. Dostupné také z: https://patentimages.storage.googleapis.com/8c/5c/10/09af17effab564/EP0754796A1.pdf

[18] Nonwovens Lamination. ACelli [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://www.acelli.it/en/nonwovens-lamination

[19] Doppelbandpressen Kaschiermaschinen. Meyer [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://www.meyer-machines.com/kaschieren/doppelbandpressen/?tx_machines_machines%5Baction%5D=list&tx_machines_machines%5Bcontroller%5D=Machine&cHash=4d191de2ceabb6a9c39a845a37ec7306%5B%5D

[20] Smáčení vlákenných útvarů. Liberec, 2007. Disertační práce. Technická univerzita v Liberci.

[21] Cohesive and Adhesive Forces. Chemistry LibreTexts [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_-Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Physical_Properties_of_Matter/States_of_Matter/Properties_of_Liquids/Cohesive_and_Adhesive_Forces

[22] Molekulový tlak. Artemis [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: http://artemis.osu.cz/fypx1/Balnar/newpage21.htm

[23] Tlak pod zakřiveným povrchem kapaliny. Physics [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz_fyziky_pro_DS/display.php/molekul/9_6

[24] KAMBLE, Zunjarrao a Bijoya Kumar BEHERA. Upcycling textile wastes: challenges and innovations. Textile Progress [online]. 2021, **53**(2), 65-122 [cit. 2022-04-20]. ISSN 0040-5167. Dostupné z: doi:10.1080/00405167.2021.1986965

[25] ČECHOVÁ, Marie. Studium dynamiky smáčení na svazcích vláken. Liberec, 2002. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci.

[26] WIENER, Jakub. Vzlínání kapaliny do plošné textilie. Liberec, 2006. Habilitační práce. Technická univerzita v Liberci.

Seznam obrázků

Obr. 1: *Strukturní vzorec polyethylentereftalátu*

Obr. 2: *Polykondenzace glykolu s dimethyltereftalátem*

Obr. 3: *Schéma zvlákňování PES*

Obr. 4: *Strunový mykací nástroj kaman a dhunaki (vlevo)[10] a mykací kartáče (vpravo) [11]*

Obr. 5: *Schéma mykacího zařízení*

Obr. 6: *Polohy a) "na mykání", b) "na snímání", c) "na povyčesávání"*

Obr. 7: *Tvar pilkového povlaku, a) hloubka zubu, b) přední úhel zubu*

Obr. 8: *Schéma příčného vertikálního kladeče*

Obr. 9: *Bikomponentní vlákna a) side by side, b) jádro-plášť*

Obr. 10: *Schéma laminovacího stroje*

Obr. 11: *Laminovací stroj značky Meyer [19]*

Obr. 12: *Mezimolekulární síly částic a) uvnitř kapaliny, b) na povrchu kapaliny*

Obr. 13: *Molekula pod povrchem a) rovinným, b) konkávním, c) konvexním*

Obr. 14: *Kontaktní úhel smáčení*

Obr. 15: *Kapilární a) elevace, b) deprese*

Obr. 16: *Mykací stroj značky Befama*

Obr. 17: *Vzorek z vláken smáčivých (vlevo) a nesmáčivých (vpravo)*

Obr. 18: *Vzorek o jemnosti 11 dtex (vlevo) a 3,3 dtex (vpravo)*

Obr. 19: *Vzorek o poměru 80:20 (vlevo) a 90:10 (vpravo)*

Obr. 20: *Smáčecí kalíšek*

Obr. 21: *Vzorek o poměru 80:20 (vlevo) a 90:10 (vpravo)*

Obr. 22: *Vzorek o jemnosti 11 dtex (vlevo) a 3,3 dtex (vpravo)*

Obr. 23: *Vzorek s plošnou hmotností 90 $g.m^{-2}$ (vlevo), a 55 $g.m^{-2}$ (vpravo)*

Seznam tabulek

Tabulka 1: *Přehled vzorků*

Tabulka 2: *Naměřené hodnoty ploch z programu NIS-Elements*

Tabulka 3: *Časy vsakování [s]*

Tabulka 4: *Směrodatné odchylky času vsakování [s]*

Tabulka 5: *Obsah kapaliny v textilii a ve filtračním papíře*

Tabulka 6: *Směrodatné odchylky obsahu kapaliny v textilii a ve filtračním papíře*

Tabulka 7: *Naměřené hodnoty ploch z programu NIS-Elements*

Seznam grafů

Graf 1: *Plochy smáčení s ohledem na plošnou hmotnost*

Graf 2: *Plochy smáčení s ohledem na poměr vláken*

Graf 3: *Časy vsakování*

Graf 4: *Obsah kapaliny v textilii*

Graf 5: *Obsah kapaliny ve filtračním papíře*

Graf 6: *Plochy smáčení s ohledem na poměr vláken*

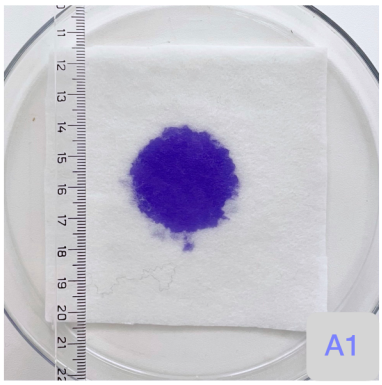
Graf 7: *Plochy smáčení s ohledem na typ vláken*

Seznam příloh

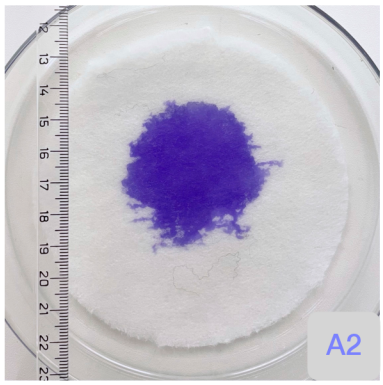
Příloha A: *Obrázky (obr. A1 – obr. A16) smáčených vzorků z experimentu 1*

Příloha B: *Obrázky (obr. B1 – obr. B16) smáčených vzorků z experimentu 2*

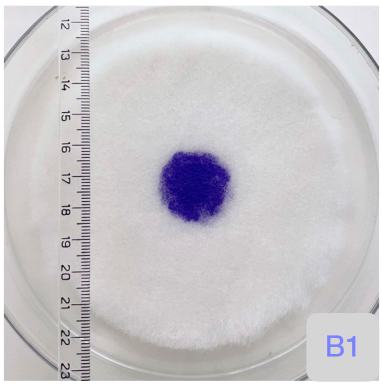
Příloha A



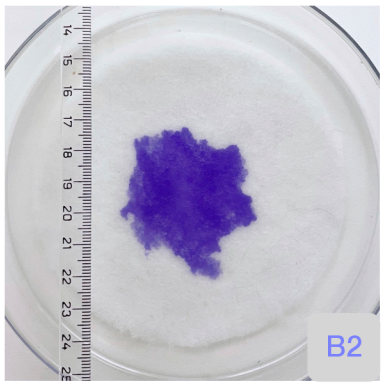
Obr. A1: *Vzorek A1*



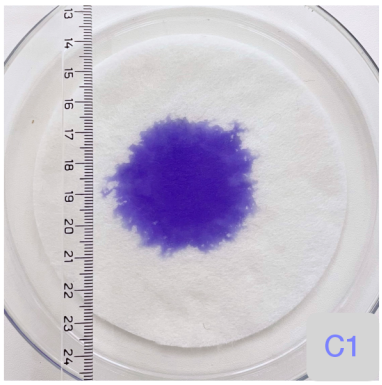
Obr. A2: *Vzorek A2*



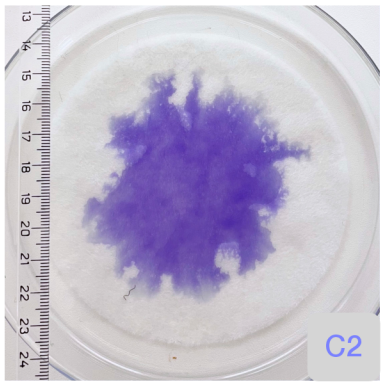
Obr. A3: *Vzorek B1*



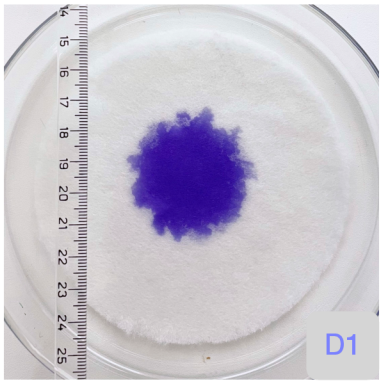
Obr. A4: *Vzorek B2*



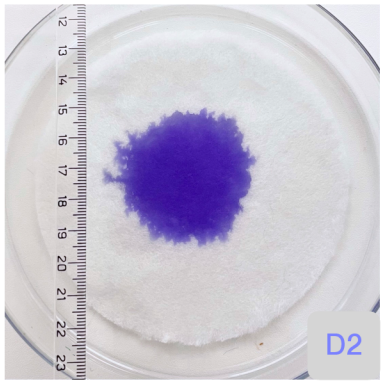
Obr. A5: *Vzorek C1*



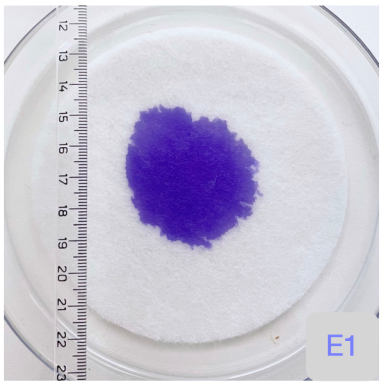
Obr. A6: *Vzorek C2*



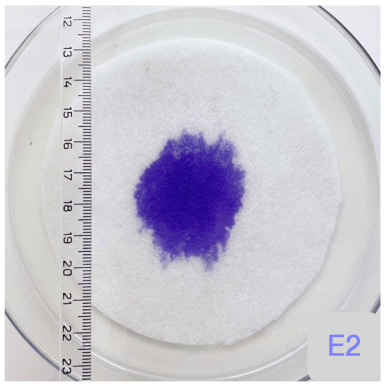
Obr. A7: *Vzorek D1*



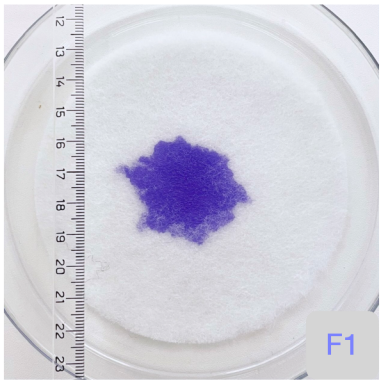
Obr. A8: *Vzorek D2*



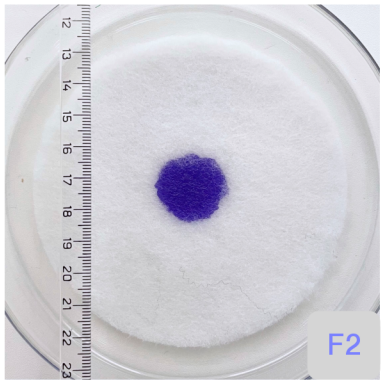
Obr. A9: *Vzorek E1*



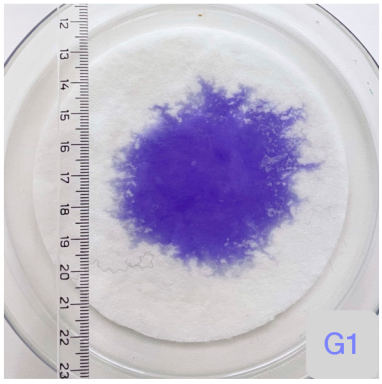
Obr. A10: *Vzorek E2*



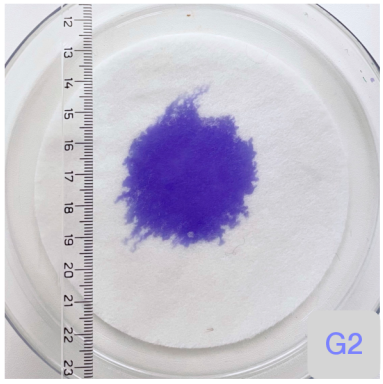
Obr. A11: *Vzorek F1*



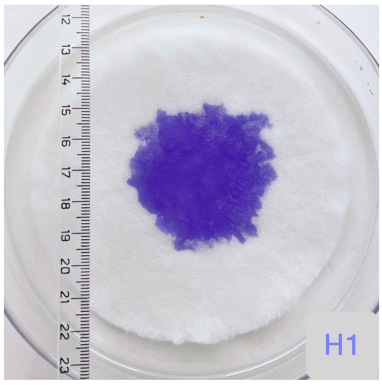
Obr. A12: *Vzorek F2*



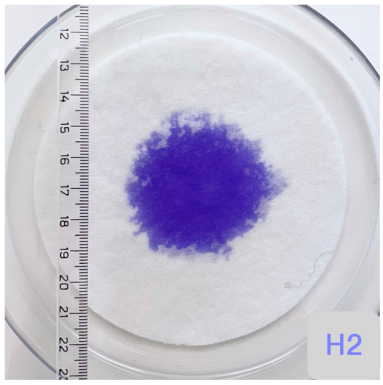
Obr. A13: *Vzorek G1*



Obr. A14: *Vzorek G2*

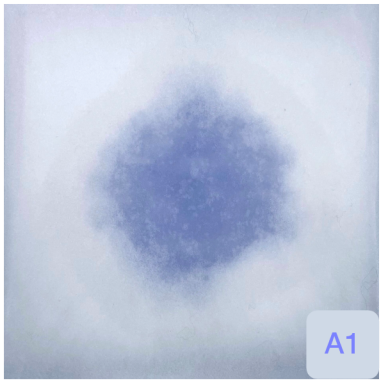


Obr. A15: *Vzorek H1*

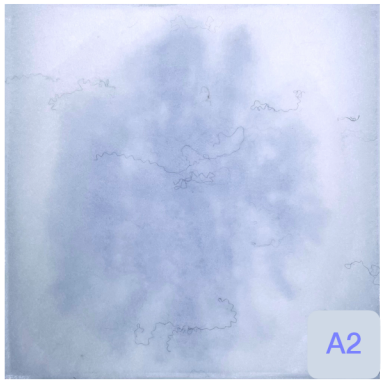


Obr. A16: *Vzorek H2*

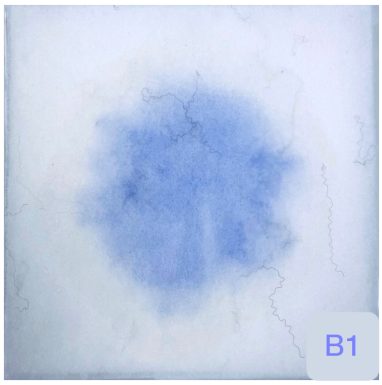
Příloha B



Obr. B1: *Vzorek A1*

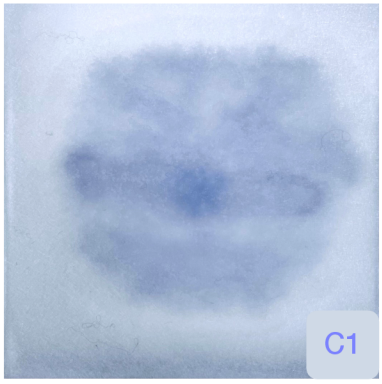


Obr. B2: *Vzorek A2*



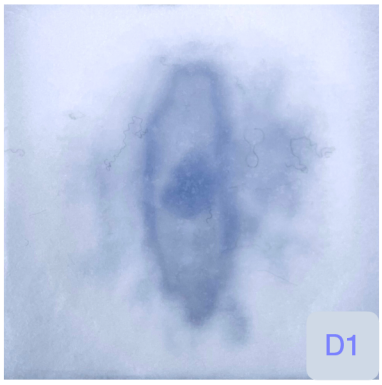
Obr. B3: *Vzorek B1*

Obr. B4: *Vzorek B2*

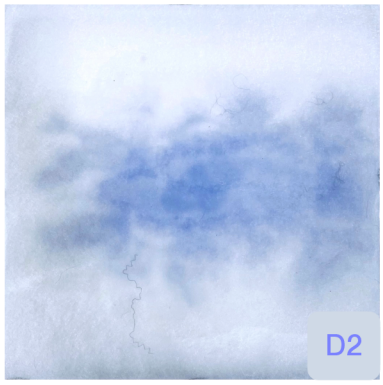


Obr. B5: *Vzorek C1*

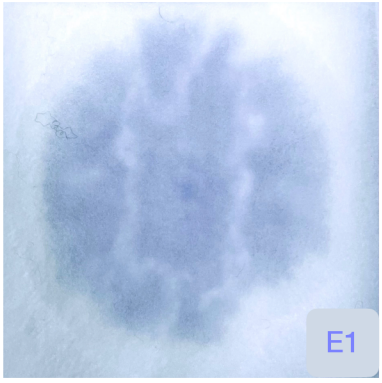
Obr. B6: *Vzorek C2*



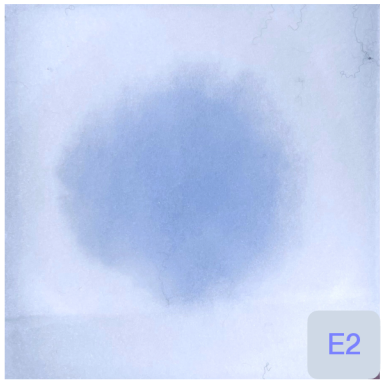
Obr. B7: *Vzorek D1*



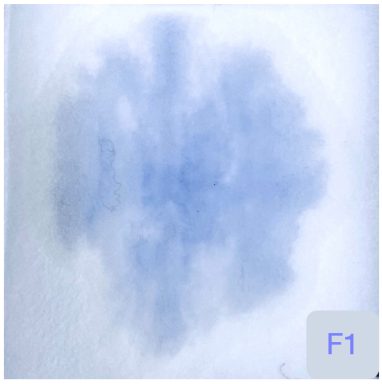
Obr. B8: *Vzorek D2*



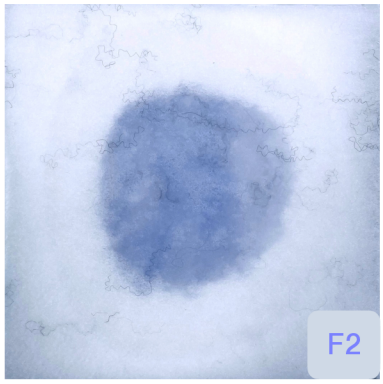
Obr. B9: *Vzorek E1*



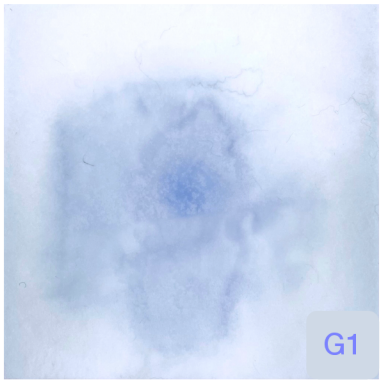
Obr. B10: *Vzorek E2*



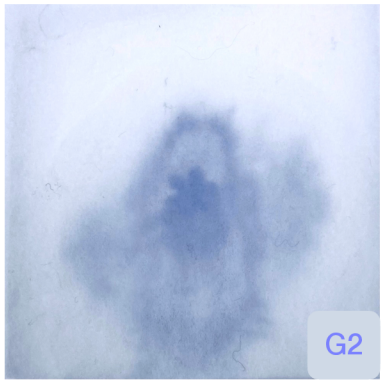
Obr. B11: *Vzorek F1*



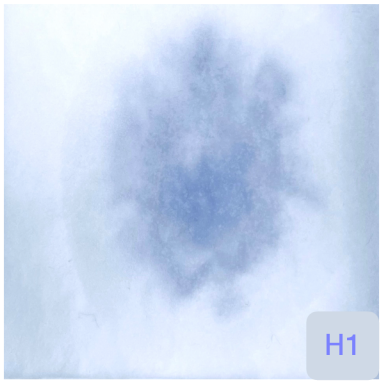
Obr. B12: *Vzorek F2*



Obr. B13: *Vzorek G1*



Obr. B14: *Vzorek G2*



Obr. B15: *Vzorek H1*

Obr. B16: *Vzorek H2*