



Návrh metody pro hodnocení účinnosti impregnačních přípravků

Bakalářská práce

Studijní program:

B3107 Textil

Studijní obor:

Textilní marketing

Autor práce:

Adam Šťastný

Vedoucí práce:

Ing. Tereza Heinisch, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií





Zadání bakalářské práce

Návrh metody pro hodnocení účinnosti impregnačních přípravků

Jméno a příjmení: **Adam Šťastný**
Osobní číslo: T18000198
Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: Textilní marketing
Zadávací katedra: Katedra hodnocení textilií
Akademický rok: **2020/2021**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte rešerši na téma hodnocení smáčivosti textilních materiálů a v oblasti impregnačních prostředků.
2. Na základě rešerše vyberte 5 impregnačních přípravků ve formě sprejů a naneste je na vybraný vzorek.
3. Sledujte komfortní vlastnosti před a po aplikaci impregnačních prostředků.
4. Navrhněte novou metodu pro testování smáčivosti naimpregnovaných textilních materiálů a porovnejte s vybranou standardní metodou.

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

tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

HES, Luboš – SLUKA, Petr. Úvod do komfortu textilií. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. 109 s. ISBN 80-7083-926-0 (brož.).

ČSN EN ISO 4920 (80 0827) Plošné textilie – Stanovení odolnosti vůči povrchovému smáčení (zkrápěcí metoda)

Vedoucí práce: Ing. Tereza Heinisch, Ph.D.
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání práce: 29. října 2020
Předpokládaný termín odevzdání: 16. května 2022

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

L.S.

Ing. Roman Knížek, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 4. dubna 2022

Prohlášení

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

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

12. května 2022

Adam Šťastný

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Tereze Heinisch, Ph.D. za velikou trpělivost, cenné rady a odborné vedení mé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval i dalším pedagogům a pracovníkům TUL za jejich ochotu a odborné konzultace při tvorbě bakalářské práce. V neposlední řadě děkuji své rodině a přátelům za jejich podporu, kterou mi poskytovali po celou dobu studia.

Anotace

Bakalářská práce se věnuje návrhu nové metody pro hodnocení účinnosti impregnačních přípravků, která by měla být snadno dostupná i bez složitého laboratorního vybavení. Dále dochází k porovnání standardní metody s novou metodou a následné zhodnocení. Práce se dále věnuje zhodnocení vybraných impregnačních přípravků a jejich vlivem na termofyziologické vlastnosti textilií.

V úvodní teoretické části jsou vysvětleny pojmy týkající se řešené problematiky a popisy standardních metod. Dále je zde zpracována rešerše dostupných impregnačních přípravků.

Praktická část pojednává o hodnocení impregnovaných vzorků za pomoci několika přístrojů, které jsou standardně využívány. Dále se práce zabývá popisem a následným experimentem za pomoci navržené metody. V závěru se práce zabývá zhodnocením a porovnáním standardní metody s metodou novou. Zároveň dochází i k hodnocení vybraných přípravků ať už po stránce jejich účinnosti tak i po stránce finanční.

Klíčová slova

Smáčivost, kontaktní úhel, impregnace, komfort textilií, voděodolnost

Annotation

This bachelor's thesis deals with the design of a new method for evaluating the effectiveness of impregnating products, which should be easily accessible even without complex laboratory equipment. Furthermore, the new method is compared with the standard methods and the subsequently evaluated. The work also deals with the evaluation of selected impregnating products and their effect on comfort properties.

The introductory theoretical part explains the concepts related to the problem and descriptions of the standard methods. Furthermore, a research of available impregnating products is compiled here.

The practical part deals with the evaluation of impregnated samples using several devices that are used as the standard. Furthermore, the work deals with the description and subsequent experiment behind the proposed methods. Simultaneously, an evaluation of selected products is conducted both in terms of their effectiveness and financial value.

Key words

Wettability, contact angle, impregnation, textile comfort, water resistance

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A VELIČIN.....	6
ÚVOD.....	7
1. Smáčivost.....	8
1.1 Adheze.....	8
1.2 Koheze.....	9
1.3 Povrchové napětí.....	9
1.4 Kontaktní úhel.....	9
1.5 Youngova rovnice.....	10
1.6 Adsorbce látek.....	10
1.7 Hystereze.....	11
2 Metody pro hodnocení smáčivosti textilních materiálů.....	12
2.1 Metody měření kontaktního úhlu.....	12
2.1.1 See-systém (Surface Energy Evalution System).....	12
2.1.2 Měření úhlu smáčení na naklánějící se destičce - přímá metoda.....	13
2.1.3 Měření kontaktního úhlu na přisedlé kapce nebo přilínající bublině - přímá metoda	13
2.1.4 Stanovení úhlu smáčení na drsných rovinných površích - nepřímá metoda..	14
2.2 Spray test.....	14
2.3 Spot test.....	15
3 Komfort textilií.....	16
3.1 Definice komfortu.....	16
3.2 Psychologický komfort.....	16
3.3 Senzorický komfort.....	16
3.4 Termofyziologický komfort.....	16
3.5 Patofyziologický komfort.....	16
4 Způsoby testování komfortu textilií.....	17
4.1 FX 3300.....	17
4.2 Permetest.....	17
4.3 Alambeta.....	19
5 Impregnace.....	21
5.1 Rešerše přípravků na impregnaci outdoorových textilií.....	21
Srovnání cen.....	29
6 Impregnace vzorků.....	30
6.1 Vliv vybraných impregnačních přípravků na prodyšnost vzorků.....	31
6.2 Vliv vybraných impregnačních přípravků na výparný odpor vzorků.....	32
6.3 Vybrané metody pro hodnocení smáčivosti.....	33
6.3.1 Skrápěcí test.....	33

6.3.2	Úhel smáčení.....	33
6.3.3	Nová metoda - sledování doby vsáknutí kapky do textilie pomocí kamery ..	34
6.4	Porovnání kontaktního úhlu a metody záznamu času vsáknutí kapky.....	37
6.5	Ekonomické zhodnocení účinnosti impregnačních přípravků	43
7	Závěr	44
	Seznam použité literatury a ostatních pramenů	45
	Seznam obrázků.....	47
	Seznam tabulek	48

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A VELIČIN

USB	univerzální sériová sběrnice
CO ₂	oxid uhličitý
pH	power of hydrogen
θ	úhel smáčení (°)
q	tepelný tok [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$]
p	relativní propustnost (%)
π	Ludolfovo číslo
°C	stupně Celsia
mm	milimetr
m	metr
ml	mililitr
Pa	pascal
g	gram
s	sekunda
ρ	hustota
h	tloušťka materiálu
λ	měrná tepelná vodivost
r	plošný odpor vedení tepla [$\text{K}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$]
a	měrná teplotní vodivost [$\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$]
c	specifické teplo [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]
b	tepelná jímavost [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{1/2}\cdot\text{K}^{-1}$]

ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá návrhem metody pro hodnocení účinnosti impregnačních přípravků. Cílem práce bylo vytvořit jednoduchou a v praxi aplikovatelnou metodu bez náročného laboratorního vybavení, která bude dostupná jak textilním firmám či běžným uživatelům.

Dále hodnotí účinnost hydrofobní úpravy po praní a zkoumá případné negativní vlivy na komfort vlastnosti textilií. Na šesti vzorcích ze stejného materiálu bylo testováno pět přípravků od různých výrobců. K impregnaci došlo dle instrukcí od výrobců a všechny vzorky byly impregnovány ze stejné vzdálenosti. Jeden vzorek byl ponechán bez impregnace. Testování bylo prováděno na Katedře hodnocení textilií na přístrojích Permetest, FX 3300, Spray-test, na prototypu přístroje pro snímání kapky pomocí video záznamů a See-systém na Katedře netkaných textilií a nanovláčkových materiálů. Práce je dělená na rešeršní část a na experimentální část. Rešeršní část se zabývá popisem smáčivosti, popisem metod měření kontaktního úhlu, hydrofobní úpravou textilií, komfortem textilií a popisem impregnačních přípravků.

V experimentální části je popsán průběh měření pomocí několika standardních metoda je navržena nová jednoduchá metoda pro hodnocení účinnosti impregnačních přípravků a následné vyhodnocení naměřených dat.

V závěru práce jsou popsány naměřené skutečnosti, porovnání vybrané standardní metody s navrženou metodou a jejich celkové zhodnocení. Dále je zde vyhodnocena účinnost vybraných impregnačních přípravků a jejich finanční zhodnocení.

1. Smáčivost

Smáčivost je vlastnost kapaliny přilnout k povrchu některých pevných látek. Jedná se o projev působení adhezních sil při styku pevné látky a kapaliny. Adhezní síly působící na vybranou molekulu v povrchové vrstvě kapaliny a molekulami povrchové vrstvy pevné látky musí být větší než působení kohezních sil mezi vybranou molekulou v povrchové vrstvě kapaliny a molekulami stejné kapaliny. [1]

Hodnocením smáčivosti textilních materiálů se zabývala například ve své práci Lenka Janoušková. Tento experiment byl zaměřen na zjišťování dlouhodobé účinnosti textilních úprav po praní. Přesněji se jednalo o vliv pracích a impregnačních prostředků na nepromokavost materiálů, na strukturu materiálu a na odstranění nečistot z materiálu. Měření proběhlo na přístroji Bundesmann a Navitar. Z výsledků vyplynulo, že praní má negativní vliv na dlouhodobou funkci impregnace a že po několika pracích cyklech dochází ke zdatelnému zhoršení nepromokavosti impregnovaných materiálů. [2]

Další práci na podobné téma je například práce Veroniky Havlasové. Tento experiment se zabýval porovnáním komerčně vyráběných prostředků pro zajištění hydrofobní úpravy na textilních sendvičích autosedaček. Dále došlo k hodnocení účinnosti hydrofobních úprav a došlo ke zkoumání negativních vlivů na komfortní vlastnosti textilie. Měření bylo prováděno na čtyřech druhích textilních sendvičů a testována byla šestice přípravků od různých výrobců. K testování došlo v laboratoři na Katedře hodnocení textilií na přístrojích Alambeta, Permetest, FX 3300 a Spray – test. Na Katedře netkaných textilií a nanovláknenných materiálů došlo k měření pomocí See-systému. Celkem bylo provedeno 2575 měření na 140 vzorcích. Z naměřených hodnot vyplynulo, že přípravky neovlivnily prodyšnost textilií ani plošný odpor vedení tepla. [3]

1.1 Adheze

Definicí adheze nebo také přilnavosti je soubor povrchových sil, pomocí kterých se mezi sebou navzájem poutají částice různých látek. Adhezi můžeme označit ku příkladu působení pevné a kapalné fáze na fázovém rozhraní. Smáčení plochého povrchu je podmíněno adhezí kapaliny k pevnému povrchu. Množství práce, která je potřebná k odtržení kapalné vrstvy od pevného povrchu určující pro adhezi soustavy. V průběhu odtrhávání je uplatněna velikost kohezních sil na úkor zmenšujících se adhezních sil. [1]

1.2 Koheze

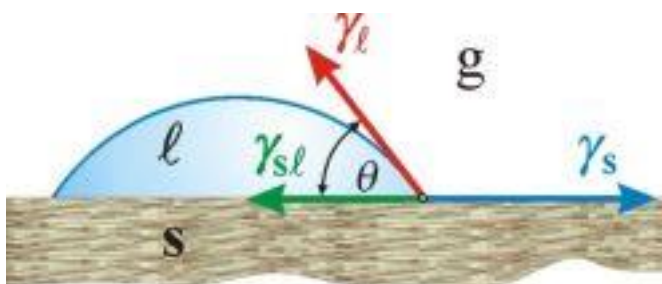
Koheze nebo také soudržnost, vzniká za působení přitažlivých sil v částicích dané látky, tj. mezi molekulami, atomy a ionty. Přitažlivé síly vzniknou pouze tehdy, když je poloha elektronů v jedné molekule vždy s určitým vstahu k poloze elektronů ve druhé molekule. Výsledkem tohoto jevu je vždy elektrická přitažlivost. [1]

1.3 Povrchové napětí

Povrchové napětí je vytvořeno když molekuly plynu nebo částice pevných látek obklopují molekuly ležící na povrchu kapaliny z jedné strany a z druhé strany jsou obklopeny molekulami kapaliny. Kvůli odlišné velikosti sil mezi molekulami po obou stranách kapaliny, nejsou ani síly působící na molekuly v povrchové vrstvě kapaliny stejné jako síly, které působí na molekulu ve vnitřku kapaliny. Povrchové napětí je tedy tečná síla, která působí v rovině kapaliny pokaždé takovým směrem, aby kladla odpor veškerým silám, které se snaží zvětšit plochu povrchu a své působení usměrňuje ve směru povrchu na jednotku délky. Povrchové napětí vždy klesá spolu s teplotou a při kritické hodnotě dané látky má nulovou hodnotu. Působením vzájemných mezimolekulových sil, které se nachází mezi molekulami kapaliny a silami mezi molekulami v kapalině, pevném tělese nebo také plynu, jsou vytvořeny kapilární jevy, jejichž příčinou je působení adhezních a kohezních sil. [1]

1.4 Kontaktní úhel

Jedná se o jednu z mála přímo měřitelných vlastností, které se nachází na fázovém rozhraní. Původ jeho vzniku je interakce kapalin s pevnými látkami. Kontaktní úhel je úhel, který svírá tečna k povrchu kapky, vedená v bodě styku kapky s rozhraním-hlavní charakteristika tvaru kapky kapaliny umístěné na povrchu nerozpustné tuhé látky. Vztah mezi úhlem smáčení θ a jednotlivými mezifázovými energiemi je dán Youngovou rovnicí. [4]

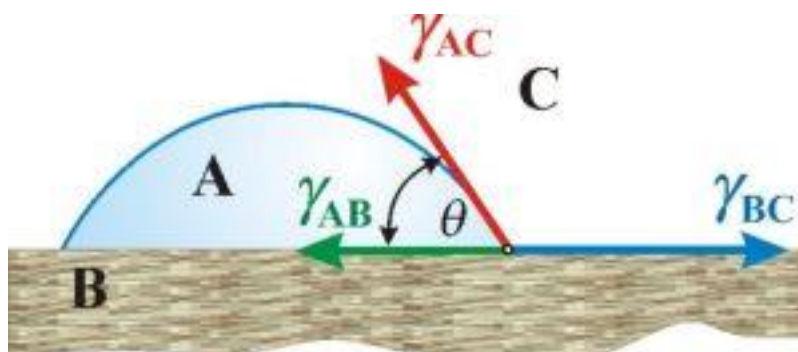


Obrázek 1 Kapka na tuhém povrchu [4]

1.5 Youngova rovnice

Podmínka rovnováhy na rozhraní tří fází - vztah mezi úhlem smáčení, který se ustavuje na rozhraní tří fází: pevné (B), kapalné (A) a fáze (C) - plynné nebo kapalné a jednotlivými mezifázovými energiemi.

$$\gamma_{BC} - \gamma_{AB} = \gamma_{AC} \cdot \cos \theta \quad (1)$$

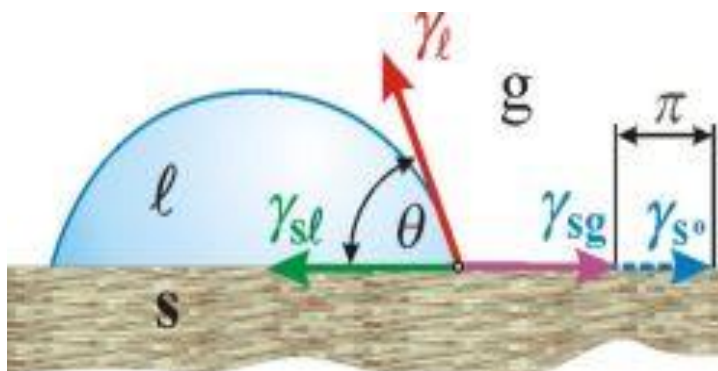


Obrázek 2 Rovnovážný tvar kapky na tuhém povrchu [4]

1.6 Adsorbce látek

Pomocí absorpce látek, která se nachází ve formě plynu ležícího na povrchu látky s tuhou hustotou, vede k redukci povrchové energie látky s tuhou hustotou z hodnot γ_{s0} na hodnotu γ_{sg} . Povrchová energie látky s tuhou hustotou je rovnovážné poloze s parou kapaliny, která tvoří kapku. Rozdíl $\gamma_{s0} - \gamma_{sg} = \pi$ povrchový tlak. Youngova rovnice tím získává následující tvar:

$$\gamma_{\ell} \cdot \cos \theta = \gamma_{s0} - \pi - \gamma_{s\ell} \quad (2)$$

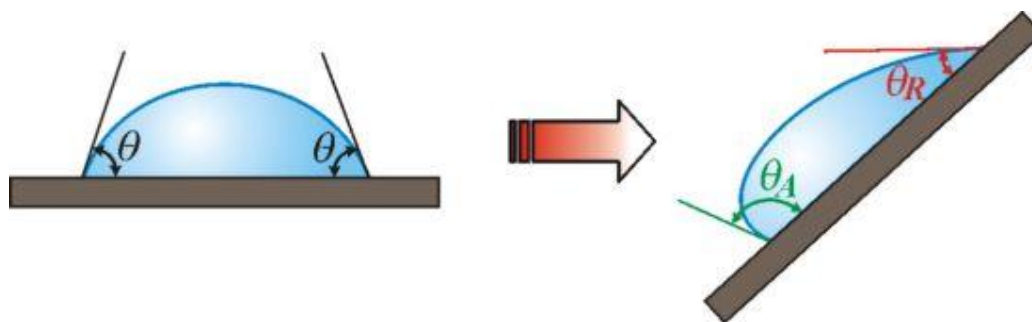


Obrázek 3 Vliv absorpce na hodnotu úhlu smáčení [4]

Je zřejmé, že hodnota θ se bude měnit v závislosti na hodnotách π . Tento vliv je velmi uplatněn u látek v tuhém skupenství o vysoké povrchové energii, která se adsorpcí snižuje. Různými ději, k nimž může docházet mezi tuhou látkou a kapalinou (chemická reakce, rozpouštění tuhé látky kapalinou, popř. bobtnání tuhé látky). Při těchto dějích se mění γ_s i γ_{sl} a tedy i pozorovaný úhel smáčení s časem. [4]

1.7 Hystereze

Různorodost kontaktních úhlů při postupování a ustupování na povrchu pevné látky. V případě styku s pevným povrchem je zde hned několik kontaktních úhlů, které se liší se od rovnovážného úhlu liší svou velikostí. Obvykle je kontaktní úhel kapaliny postupujícím po povrchu tuhého tělesa θ_A , větší než úhel θ_R na ustupujícím rozhraní. Rozptýl hodnot θ činí až 50° . Hlavní příčinou bývají nečistoty, naadsorbované plyny či nerovný tuhý povrch. Efekt je možno pozorovat ku příkladu při prudkém dešti, kdy dochází ke stékání dešťových kapek po špinavém okně: kapky vypadají, jako kdyby splývaly a jsou na okně přidržovány. Na spodním okraji je kontaktní úhel zdatelně vyšší než na okraji horním. [4]



Obrázek 4 Hystereze úhlu smáčení [4]

2 Metody pro hodnocení smáčivosti textilních materiálů

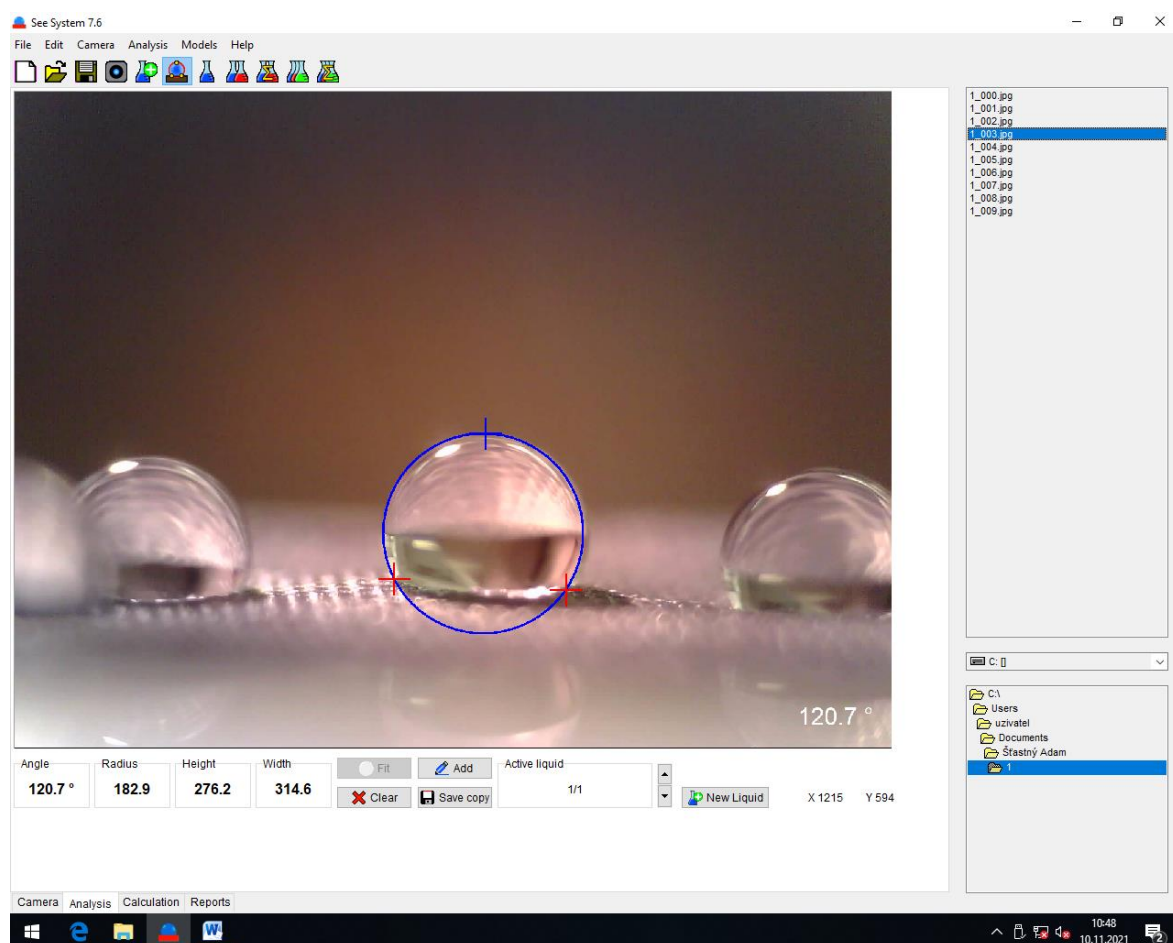
2.1 Metody měření kontaktního úhlu

Jednou z mála vlastností fázového rozhraní pevné látka/kapalina/plyn, která je měřitelná je měření úhlu smáčení neboli kontaktního úhlu. Úhel smáčení lze být stanoven za pomoci přímých metod, které využívají geometrická měření anebo metod nepřímých, tedy tenziometrických. [5]

2.1.1 See-systém (Surface Energy Evaluation System)

Jedná se pro přenosný počítačový přístroj pro měření kontaktního úhlu. Je-li úhel smáčení větší než 90° jedná se o nesmáčivý povrch.

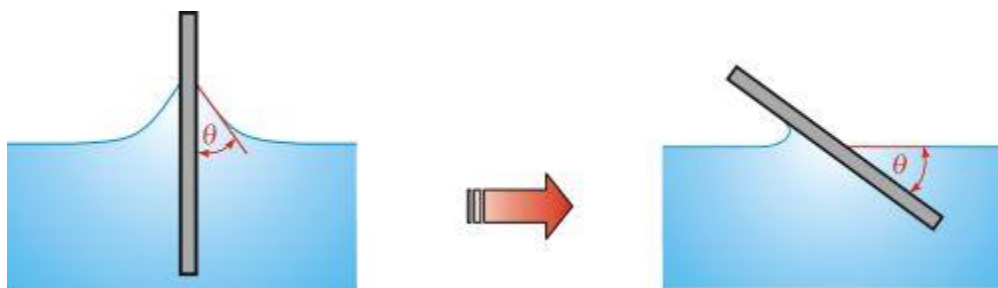
V tom měření se jedná o stanovení úhlu smáčení. Měření se provádí na malém přístroji, který se skládá z hliníkového těla, měřicí tabulky na upevnění vzorků a z barevné kamery 2 Mpix (1600 x 1200) UVC objektivem s vysokým rozlišením a možností periodického zachytávání snímků. Přístroj je připojený k počítači a pomocí softwaru dojde ke stanovení úhlu smáčení. [8]



Obrázek 5 See-system

2.1.2 Měření úhlu smáčení na naklánějící se destičce - přímá metoda

Tato metoda se řadí mezi nejjednodušší a nejstarší metody měření kontaktního úhlu smáčení. Podstatou této metody je to, že malá destička ze zkoumaného materiálu je vnořena do kapaliny a následně nakláněna tak dlouho, dokud není povrch kapaliny na jedné straně destičky rovný až k čáře, kde došlo ke styku mezi kapalinou a deskou. Pro toto měření je nezbytné, aby povrchy měřené kapaliny i destičky byly dokonale vyčištěné. Tato metoda byla využívána pouze pro měření menších úhlů, standardně se jedná o úhly menší než 10° . [6]



Obrázek 6 Měření úhlu smáčení na naklánějící se destičce [4]

2.1.3 Měření kontaktního úhlu na přisedlé kapce nebo přilínající bublině - přímá metoda

Pomocí mikroskopu, který je vybaven goniometrickým okulárem, je přisedlá kapka či bublina přilínající k tuhé látce ponořené do kapaliny pozorována, čímž je umožněno přímé odečtení úhlu smáčení. Úhel může také být vyhodnocen z pořízené fotografie kapky. Přesnost této metody však není vysoká a velkou roli zde hraje i zkušenost toho, kdo pomocí této metody měří.

Při stanovování kontaktního úhlu je velmi důležité nezapomínat na hysterezi. Kvůli tomu je nutné uvádět, zda se jedná o měření úhlu postupujícího či ustupujícího. Nejčastěji se setkáváme s úhlem postupujícím. Vše je uspořádáno tak, že dochází ke snímání sledu kapek, jejichž objem je postupným přidáváním malých množství kapaliny zvětšován, automaticky tím roste i průměr kapky. Zkoumaný povrch je lépe charakterizován průměrnou hodnotou kontaktního úhlu. [6]

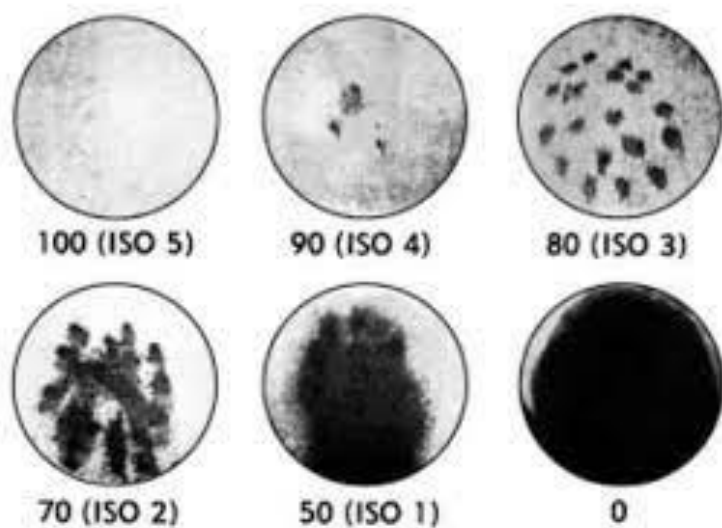
2.1.4 Stanovení úhlu smáčení na drsných rovinných površích - nepřímá metoda

Na površích s vyšší drsností, jako např. materiály biologického rázu, je stanovené kontaktního úhlu obtížné. Není to způsobeno pouze tím, že jejich hodnoty jsou velmi malé, ale také proto, že povrch je energeticky i morfologicky nestejnorodý, což vede k nepravidelnému tvaru linie smáčení. Kontaktní úhly odečtené na takovýchto kapkách jsou nespolehlivé. Tento problém lze řešit pomocí metody analýzy profilu axisymetické kapky na základě měření jeho průměru. Na drsný povrch je umístěna kapka, která je pozorována shora mikroskopem, snímána pomocí videokamery. Obraz je digitalizovaný a dochází k vyhodnocení středního průměru kapky, který spolu se známým objemem kapky, povrchovým napětím kapaliny, rozdílem hustot kapaliny a okolní plynné nebo druhé kapalné fáze, umožňuje vypočítat úhel smáčení. Mezi průměrem kapky D , jejím objemem V a úhlem smáčení je odvozen následující vztah. [6]

$$D^3/V = 24 \sin^3 \theta / \pi (2 - 3 \cos \theta + \cos^3 \theta) \quad (3)$$

2.2 Spray test

Pomocí Spray testu se měří odolnost plošné textilie proti povrchovému smáčení. Do kruhového držáku je vzorek upnut ve vzdálenosti 150 mm pod nálevku s nástavcem a pod úhlem 45°. Stanovené množství vody je 250 ml. Ke zkrápění textilie dochází po dobu 25–30 vteřin. Okamžitě po zkrápění se vzorek i s držákem sejme, dojde k jeho otočení a pomocí dvou úderů o tvrdý předmět je docíleno odstranění kapek z povrchu textilie. Výsledek je vyhodnocen buď pomocí přírůstku hmotnosti vzorku, anebo porovnáním s etalony. [7]



Obrázek 7 Etalony

2.3 Spot test

Pomocí této metody se testuje plošná textilie, vložená na vodorovnou plochu. K testování dochází při standardních podmínkách: teplota vzduchu 20 °C, relativní vlhkost vzduchu 65 %. Z výšky cca šesti mm je nanášena pomocí pipety kapka. Kapka je osvětlena a je měřen čas vsáknutí kapky do textilie. [7]

3 Komfort textilií

3.1 Definice komfortu

„Komfort je stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimu a kdy okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané našimi smysly. Subjektivně je tento pocit brán jako pocit pohody. Nepřevládají pocity tepla ani chladu, je možné v tomto stavu setrvat a pracovat.“ [11 str. 7]

Komfort textilií je dělený do čtyř kategorií:

- Psychologický
- Senzorický
- Termofyziologický
- Patofyziologický

3.2 Psychologický komfort

Mezi psychologický komfort je zahrnut: klimatická hlediska, ekonomická hlediska, historická hlediska, kulturní hlediska, sociální hlediska, skupinová a individuální hlediska.

3.3 Senzorický komfort

Senzorický komfort nám definuje, co jako první cítíme když dojde ke styku těla a textilie. Je rozdělen na komfort nošení a na omak. Je zde zahrnuta povrchová struktura textilie a jejich mechanické vlastnosti. Problémem omaku je, že se jedná o velmi subjektivní pocit, který stojí na vjemu zprostředkovaném pomocí dlaní a prstů. Dále se mezi těmito vjemy objevuje hladkost, tuhost, objemnost a tepelné-kontaktní vjemy.

3.4 Termofyziologický komfort

Tohoto komfortu je dosaženo pouze za podmínek kdy je teplota pokožky rovna 33-35 °C a hladina relativní vlhkosti $50 \pm 10 \%$, rychlost proudění vzduchu musí být rovna $25 \pm 10 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, obsahu CO₂ 0,07 % a pokožka musí být dokonale suchá.

3.5 Patofyziologický komfort

Patofyziologický komfort je velmi závislý na odolnosti člověka a na tom jak je vybaven snášet chemické látky obsažené v textiliích. Dále je důležité i množství mikroorganismů, které jsou obsaženy v mikroklimatu omezeném textilií a tělesným povrchem. Kožní onemocnění, které je způsobeno textilií na povrchu těla mohou vzniknout těmito dvěma způsoby: alergickou reakcí nebo drážděním textilií na povrchu lidského těla. [11]

4 Způsoby testování komfortu textilií

4.1 FX 3300

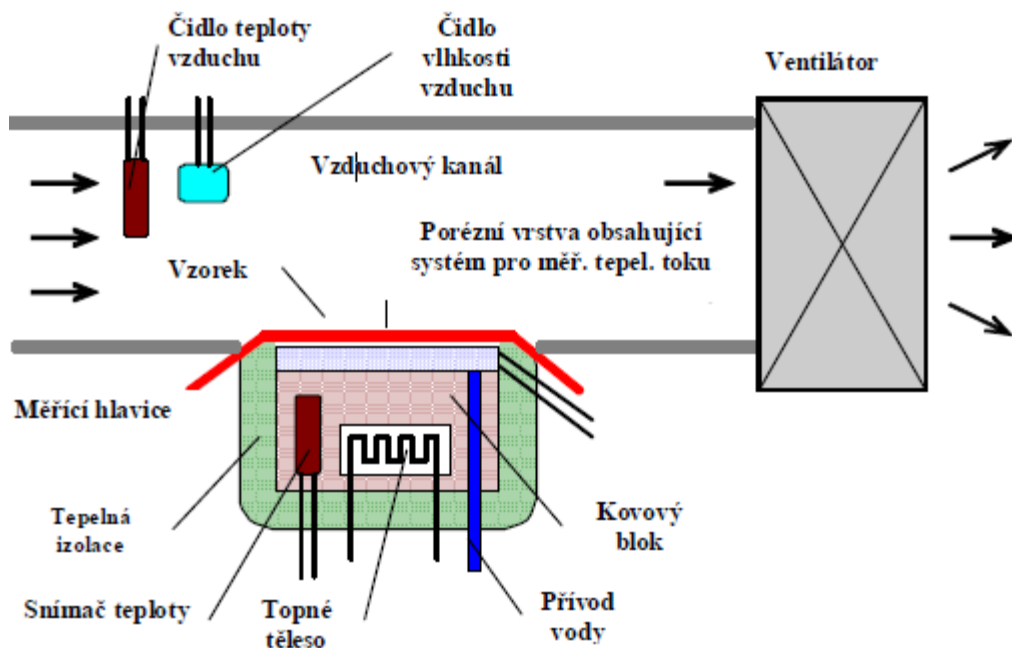
Pomocí tohoto zařízení dochází k měření propustnosti textilie pro vzduch. Na tomto stroji je možné měřit celé oděvy. Vzorek je upnutý na měřící hlavu pomocí ramene. Jakmile je vzorek upnut, dochází ke spuštění vakuového čerpadla. Po několika vteřinách se naměřené hodnoty zobrazí na displeji přístroje. Po dalším stisknutí ramene následuje vypnutí čerpadla a dochází k uvolnění vzorku. Poklesem tlaku je stanoven průtok vzduchu procházející přes vzorek. [12]



Obrázek 8 přístroj FX 3300

4.2 Permetest

Pomocí tohoto přístroje dochází k měření tepelného toku q , který prochází zvlhčovanou porézní vrstvou zakrytou separační fólií. Fólie je natažena přes testovaný vzorek. Z vnější strany dochází k ofukování vzorku. Kvůli správným izotermickým podmínkám se měřící hlavice temperuje teplotě vzduchu v okolí, který přístroj nasává. Topná elektrická spirála s regulací zajišťuje udržení teploty. Nejprve dochází k měření tepelného toku bez vzorku pomocí speciálního snímače, který slouží k měření výparného tepelného toku. Jeho hodnota je přímo úměrná paropropustnosti textilie či nepřímo úměrná jejímu výparnému odporu. V průběhu měření dochází ke změně vlhkosti v porézní vrstvě na páru, která prochází vzorkem skrze separační fólii. [11]



Obrázek 9 Schéma přístroje Permetest [11]

Relativní propustnost textilie pro vodní páru p [%]. Jedná se o nenormalizovaný, parametr. Tepelný tok q_0 vyvozený odparem z volné vodní hladiny o stejném průměru jako má měřený vzorek, odpovídá 100 % propustnosti. Po zakrytí vodní hladiny vzorkem dojde ke snížení tepelného toku na q_v .

Pro vztah relativní propustnosti textilie pro vodní páry p platí následující vzorec:

$$p = 100 (q_v / q_0) \quad (4)$$

p - relativní propustnost

q_v – plošná hustota tepelného toku procházející měřicí hlavou zakrytou měřeným vzorkem [$W \cdot m^{-2}$]

q_0 - plošná hustota tepelného toku (dále jen tepelný tok) procházející měřicí hlavou nezakrytou měřeným vzorkem [$W \cdot m^{-2}$]

Vzorec pro stanovení výparného odporu:

$$R_{et} = (P_m - P_a) \cdot (q_v^{-1} - q_0^{-1}) \quad (5)$$

R_{et} - výparný odpor zkoušeného vzorku [$m^2 \cdot Pa \cdot W^{-1}$]

P_m - nasycený parciální tlak vodní páry na povrchu měřicí hlavice [Pa]

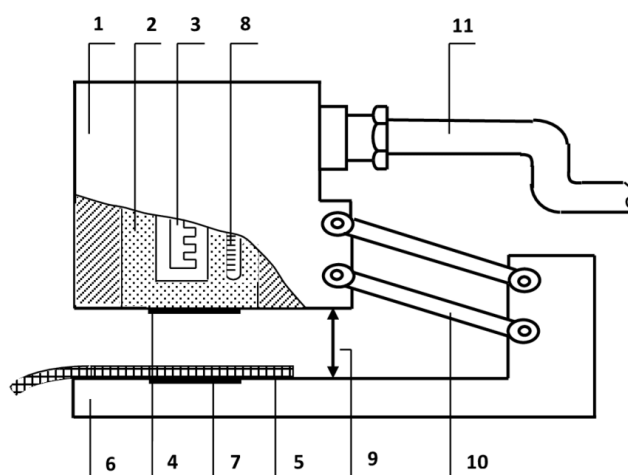
P_a - parciální tlak vodní páry ve vzduchu ve zkušebním prostoru při teplotě vzduchu ve zkušebním prostoru [Pa]

q_v - plošná hustota tepelného toku (dále jen tepelný tok) procházející měřicí hlavici zakrytou měřeným vzorkem [$W \cdot m^{-2}$]

q_0 - plošná hustota tepelného toku (dále jen tepelný tok) procházející měřicí hlavici nezakrytou měřeným vzorkem [11]

4.3 Alambeta

Přístroj měří termofyzikální parametry textilií a to jak stacionární tepelně – izolační vlastnosti (tepelný odpor, tepelnou vodivost), tak i vlastnosti dynamické (tepelná jímavost, tepelný tok). Alambeta je přístroj řízený poloautomatickým počítačem. Umožňuje statické zpracování naměřených hodnot.



Obrázek 10 Schéma přístroje Alambeta [11]

Přístrojem měřené parametry:

h – tloušťka materiálu [mm]

λ – měrná tepelná vodivost [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]

r – plošný odpor vedení tepla [$K \cdot m^2 \cdot W^{-1}$]

$$r = h / \lambda$$

q – tepelný tok [$W \cdot m^{-2}$]

$$q = \frac{t_2 - t_1}{\sqrt{\pi \cdot \tau}} \quad (6)$$

a – měrná teplotní vodivost [$m^2 \cdot s^{-1}$]

$$\mathbf{a} = \frac{\lambda}{c \cdot c} \quad (7)$$

c – specifické teplo [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

b – tepelná jímavost [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}$]

$$\mathbf{b} = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c} \quad (8)$$

[11]

5 Impregnace

Impregnaci je možno definovat jako proces, při kterém dochází k aplikaci chemikálií na plošný materiál za účelem odpuzení a zamezení průniku vody, špíny a dalších nečistot. U oděvních textilií je důležité, aby byla zachována především dobrá prodyšnost materiálu. [13]

5.1 Rešerše přípravků na impregnaci outdoorových textilií.

Pro výběr správných přípravků na impregnaci outdoorových textilií, byl proveden průzkum trhu, nabízející tento typ produktu. Jednalo se převážně o vyhledávání zmiňovaných přípravků pomocí internetu. K průzkumu došlo začátkem května roku 2021 a byl zaměřen převážně na obchody, nabízející outdoorové zboží a příslušenství. Na základně dostupnosti, vhodných vlastností, druhu výrobce a ceny, bylo vybráno několik přípravků na impregnaci outdoorových textilií. Jedná se o běžně dostupné přípravky, jejichž složení bývá nejčastěji na bázi modifikovaných, křemíkových nanočástic ve vodném roztoku. Nalezneme zde však i produkty, jejichž složení a princip je velmi odlišné. Například tu nalezneme přípravek fungující na bázi efektu lotosového květu, či různých směsí. Dle zákaznických recenzí jsou velmi oblíbené přípravky na bázi nanotechnologií. Nanotechnologie jsou považovány za pokrokovou technologii a díky tomu stále nabývají na oblíbenosti. Přípravky byly vybrány také podle objemu nádoby. Nejčastěji vyskytovaným objemem bylo 250 ml. Objem nádoby se však velmi často liší a nalezneme objemy od 200 ml, přes 500 ml až do 1000 ml. Dalším důležitým kritériem při výběru byla i samotná cena přípravku. Cena přípravků se velice lišila a závisí převážně na výrobci daného produktu. Průměrná cena se pohybovala kolem 350 Kč za 250 ml, ale jak bylo již zmiňováno, jsou na trhu levnější, ale i výrazně dražší přípravky. Samotné přípravky byly ve formě rozprašovačů. Byly vybrány přípravky od firmy NanoConcept, Inproducts, Nano4you, Atsko, Rapide, Nikwax, LTprotect, ISOKOR, Xavax, Ballistol a Pedag Tech.

Skupina vybraných přípravků:

1. Nano impregnace textilu a kůže

Složení – modifikovaný oxid křemičitý ve vodném roztoku-efekt lotosového květu

Objem nádoby – 250 ml

Cena – 425 Kč

Výrobce – NanoConcept

Způsob použití – rozprašovač

Díky impregnovanému povrchu dochází k výbornému odpuzování vody. Přípravek nemá vliv na prodyšnost materiálu. Nezatuchává a neplesniví. Přípravek se vyznačuje vysokou odolností impregnační vrstvy proti možnostem jeho stírání. Impregnační vrstva odolá až 5 vypráním a lze užívat i sušičku. Další výhodou je ušetření financí za prostředky na čištění. Jedná se o produkt na bázi nanotechnologie, který je vyvinut přímo na impregnaci kůží a textilních výrobků. Na rozdíl od běžných impregnačních přípravků nepracuje nanotechnologie na úrovni molekul, ale pracuje na atomární úrovni. Z tohoto důvodu se jedná o účinnější odpuzovací efekt. Jedná se o velmi ekologický způsob impregnace. Přípravek je bez nepříjemného zápachu a bez barvy. Na rozdíl od jiných impregnačních přípravků se nejedná o přípravek na bázi teflonu, olejů, vosků či silikonů, které se vyznačují menší prodyšností, horší trvanlivostí a špatnou odolností proti setření. Přípravek je aplikován pomocí rozprašovače. Přípravek není třeba aktivovat pomocí vysokých teplot jako tomu bývá u některých jiných impregnačních přípravků. K vysychání dochází při běžné pokojové teplotě. Další předností tohoto impregnačního přípravku jsou jeho antibakteriální účinky. Za pomoci nanotechnologie dochází k eliminaci množení bakterií.

2. INPRODUCTS – Impregnace na outdoor oděvy

Složení – disperzní produkt modifikovaných, křemíkových nanočástic ve vodném roztoku

Objem nádoby – 400 ml

Cena – 539 Kč

Výrobce – Inproducts

Způsob použití – rozprašovač

Tento přípravek je určen primárně pro outdoorové oděvy a svého uživatele udrží v teple a suchu i při velkém dešti. Funguje na bázi křemíkových nanočástic a jeho tenký film ochrání jakékoli oblečení proti vlivům znečištění i vlhnutí. S tímto přípravkem dojde k prodloužení životnosti vašich textilních výrobků o několik let.

Díky tomuto přípravku se zamezí ulpívání nečistot na textilií. Pomocí přípravku je vytvořena ochranná křemíková vrstva na povrchu textilie, která velmi dobře odpuzuje nečistoty a vodu. Impregnace zároveň brání i vzniku skvrn. Jedná se o přípravek, který je bez barvy i zápachu. Většinou jsou používána rozpouštědla na přírodní bázi, základem tohoto impregnačního roztoku je ovšem voda. Díky tomu se jedná o bezzápachový a bezbarvý přípravek, který nijak neohrožuje na zdraví a je možno ho užívat i v uzavřenějších prostorech. Tato

impregnační vrstva zachovává dobrou prodyšnost materiálu. Vrstva je schopna odolat až 10 pracím cyklům. Pomocí křemíkové vrstvy nanočástic je během praní vyčištěna tkanina od vlivů potu a soli. Po vyschnutí materiálu dojde k obnovení funkce nanočástic.

3. Nano4you – NanoTextil

Složení – modifikovaný oxid křemičitý

Objem nádoby – 250 ml

Cena – 402 Kč

Výrobce – Nano4you

Způsob použití – rozprašovač

Jedná se o přípravek na bázi vody a nano částic. Je určený pro ochranu všemožných textilních doplňků. Přípravek vytvoří ultra velmi tenkou a voděodolnou nanovrstvu. Tato vrstva ochrání textilií před nepříznivými vlivy zvenčí jako jsou prach, voda, špína apod. Součástí této vrstvy je takzvaný lotosový efekt. Jedná se takřka průhlednou vrstvou, která nezanechává povrch mastný. Tato vrstva je velmi voděodpudivá a vyznačuje se dobrou paropropustností a prodyšností. Do pH 13 je povrch naipregnovaného materiálu chemicky odolný. Přípravek je bez nepříjemného zápachu a neobsahuje nebezpečné látky. Vyznačuje se univerzálním použitím na několik typů doplňků. Nijak nepoškozuje ošetřovaný povrch.

4. Inproducts Premium na oděvy

Složení – disperzní produkt modifikovaných křemíkových nanočástic ve vodném roztoku.

Objem nádoby - 1000 ml

Cena – 1 078 Kč

Výrobce – Inproducts

Způsob použití – rozprašovač

5. Atsko Permanent Water Guard spray

Složení – modifikovaný oxid křemičitý ve vodném roztoku

Objem nádoby – 300 ml

Cena – 333 Kč

Výrobce – Atsko

Způsob použití – rozprašovač

Impregnace Permanent Water Guard nahrazuje při správné aplikaci dlouhodobou voděodolnou úpravu DWR. Tento přípravek se vyznačuje velmi efektním odpozuváním kapalin a špíny. Je možné ho použít na veškeré syntetické tkaniny jako je ku příkladu Gore-Tex, BlocVent, Gelanots atp. Přípravek dále umožňuje obnovení stávajících vlastností materiálu. Přípravek funguje na bázi pokročilé nanotechnologie. Aplikace přípravku probíhá pomocí spreje. Po aplikaci je nutné impregnační vrstvu aktivovat pomocí tepla (žehlením či v automatické sušičce). Impregnační vrstva vydrží až 25 pracích cyklů.

6. Rapide Waterproofspray

Složení – modifikovaný oxid křemičitý

Objem nádoby – 400 ml

Cena – 239 Kč

Výrobce – Rapide

Způsob použití – rozprašovač

Jedná se o velmi účinnou impregnaci, která je známá především svou kvalitou. Je ideální pro všechny typy kůží či textilních výrobků. Impregnace je možná i na voděodolné a prodyšné funkční textilie. Chráněna je obuv, oblečení či další výrobky, u kterých je požadována voděodolnost. Před impregnací je doporučeno důkladné protřepání přípravku. Před použitím dbejte na očištění a usušení materiálu. Při aplikaci je doporučeno držet nádobku ve svislé poloze a aplikovat ze vzdálenosti dvaceti centimetrů. Dále nechte naimpregnovaný materiál několik hodin volně schnout při pokojové teplotě.

7. Nikwax Cotton Proof

Složení – modifikovaný oxid křemičitý ve vodném roztoku

Objem nádoby – 1000 ml

Cena – 789 Kč

Výrobce – Nikwax

Způsob použití – rozprašovač

Jedná se o velice kvalitní impregnační prostředek od firmy Nikwax vhodný pro bavlněné textilie, směsi, plachty či plátna. Zvyšuje hydrofóbní vlastnosti textilie a má kladný vliv i na prodyšnost materiálu. Aplikovat lze v ruce či bubnové pračce. Zvyšuje funkčnost impregnace za deštivého počasí. Přípravek se vyznačuje svou schopností pro obnovu prodyšnosti materiálu. Velmi snadná aplikace pomocí rozprašovače. Přípravek se dá aplikovat i na mokrou látku.

8. Nikwax Softshell Proof – Spray

Složení – modifikovaný oxid křemičitý ve vodném roztoku

Objem nádoby – 300 ml

Cena – 339 Kč

Výrobce – Nikwax

Způsob použití – rozprašovač

Aplikace v pračce:

Nejprve odstraňte jakékoli nánosy pracího prášku ze zásobníku. Pro jeden kus oděvu použijte 50 ml, pro dva kusy 100 ml a pro tři kusy oděvu použijte 150 ml. Prací program by měl být nastaven na bavlnu. Dbejte na dodržení instrukcí, které jsou uvedeny na etiketě výrobku.

Ruční aplikace (použijte rukavice):

Čistý oděv musí být ponořen do umyvadla či nádoby s alespoň šesti litry vody. Dávkování použijte dle počtu oděvu v nádobě. Oděvy promáchejte, nechte alespoň pět minut máčet a pak znovu důkladně promáchat. Pokračujte v máchání ve studené vodě, dokud nebude voda úplně čistá.

Sušení:

Oděvy je možné nechat volně viset či nechat sušit v sušičce, řiďte se však symboly uvedenými od výrobce.

Stany ošetřujte nejlépe postavené, ostatní vybavení na čisté chráněné ploše. Na 1 díl prostředku použijte 9 dílů vlažné vody a dobře promíchejte. Použijte přibližně 50 ml Cotton Proof před zředěním na 3 m² tkaniny. Zředěný produkt rovnoměrně naneste na vnější stranu tkaniny nástřikem, štětcem nebo houbičkou. Velké plochy impregnujte po dílech. Přípravek aplikujte po celé ploše materiálu. Pečlivě zkontrolujte, zda jste naimpregnovali všechny části materiálu. Po několika minutách zkontrolujte a odstraňte přebytky prostředku čistým vlhkým hadrem. Spotřeba je orientační, závisí na stavu ošetřované tkaniny.

9. Hydrofobní a olejofobní impregnace na textil

Složení – modifikovaný oxid křemičitý ve vodném roztoku

Objem nádoby – 500 ml

Cena – 478 Kč

Výrobce – LTProtect

Způsob použití – rozprašovač

10. ISOKOR Lotus Effect Strong

Složení – modifikovaný oxid křemičitý ve vodném roztoku-efekt lotosového květu

Objem nádoby – 250 ml

Cena – 799 Kč

Výrobce – ISOKOR

Způsob použití – rozprašovač

11. XAVAX Impregnační prostředek na textil

Složení – modifikovaný oxid křemičitý ve vodném roztoku

Objem nádoby – 250 ml

Cena – 299 Kč

Výrobce – Xavax

Způsob použití – rozprašovač

Jedná se o impregnační přípravek od výrobce Xavax. Ideální na ochranu stanů, batohů, oblečení na sport či outdoorové oblečení. Skvěle se hodí i pro opakovou impregnaci látek s hydrofobními vlastnostmi. Jeho použití je velice prosté. Pokud se jedná o automatickou impregnaci v pračce, stačí přidat 80 mililitrů prostředku (jedná se o jeden prací cyklus) do nádoby pro prací prášek. Dále zapneme pračku na programu pro syntetické oděvy (40 °C) a nastavíme na jemné odstředění. Po dokončení praní prádlo jednoduše pověsíme a necháme usušit venku. Pokud impregnaci aplikujeme ručně, napustíme nádobu či umyvadlo teplou vodou a přilijeme 80 ml impregnačního prostředku. Poté prádlo rovnoměrně rozložíme a necháme v roztoku působit po dobu 10 minut. Prádlo jemně promáchejeme a v konečné fázi vypláchneme pod čistou vodou. Následně necháme jednoduše venku usušit.

12. Ballistol Impregnační sprej Pluvonin

Složení – modifikovaný oxid křemičitý ve vodném roztoku

Objem nádoby – 200 ml

Cena – 139 Kč

Výrobce – Ballistol

Způsob použití – rozprašovač

Jedná se o impregnační sprej hojně využívaný lovci, rybáři a dalšími uživateli, kteří jsou často vystaveni povětrnostním vlivům a dešti. Aplikací spreje na typ tkaniny, ať už přírodní či syntetickou tkaninu je tvořena vrstva, která je extrémně odolná a dokonale odpuzuje vodu a další možné nečistoty. Ideální na ochranu plachet, kabátů, mikin, sportovního a outdoorového oblečení, batohů a dalších podobných textilií. Tato impregnační vrstva obklopí vlákna velmi jemným a téměř neviditelnou vrstvou, která je UV i teplotně

stabilní a má kladný vliv na prodyšnost textilie. Odpuzuje ať už suchou či mokrou špínu a voda po této vrstvě velmi dobře stéká. Dochází tedy k úplné ochraně před protečením.

13. Pedag Tech Waterproofer

Složení – modifikovaný oxid křemičitý ve vodném roztoku

Objem nádoby – 400 ml

Cena – 298 Kč

Výrobce – Pedag Tech

Způsob použití – rozprašovač

Jedná se o velmi účinnou karbonovou impregnaci, která je zajištěna revoluční technologií. Díky této technologii vzniká velmi silný odpuzující efekt, který brání textilií proti nečistotám, vodě, vlhkosti či jakýmkoli skvrnám. Díky přidané pečující složce zůstává materiál jemný a pružný.

Srovnání cen

Následně byly všechny přípravky seřazeny dle ceny. Jako určující objem bylo vybráno 250 ml. Nejdražším přípravkem byl vyhodnocen ISOKOR Lotus Effect Strong, který stojí 799 Kč. Nejlevnějším přípravkem dle hodnocení byl Rapide Waterproofspray, který se prodává již za 149 Kč.

Tabulka 1 Přehled vybraných přípravků

Nano impregnace textilu a kůže	399 Kč
Inproducts Premium na oděvy	337 Kč
Rapide waterproofe	282 Kč
Atsko impregnace silicone water guard extreme	257 Kč
Atsko impregnace silicone water guard	221 Kč



Obrázek 11 Vybrané impregnační přípravky

6 Impregnace vzorků

K experimentům bylo použito pěti vzorků ze stejného materiálu. Jednalo se o materiál ze polyesterových vláken černé barvy v plátnové vazbě. Materiál nebyl nijak upravován. Každý z pěti vzorků (velikost vzorku 20x20) byl naimpregnován vybraným přípravkem. Výběr přípravků probíhal na základě cenového srovnání tak, aby byly ve výběru přípravy v různých cenových relacích. Následně bylo ověřeno, zda dané přípravky významně nezhorší komfortní vlastnosti a lze je tedy doporučit k běžnému užívání. Pouze vzorek č. 6 zůstal bez impregnace. Vzorky byly impregnovány ve stejný čas a ponechány v laboratoři po dobu 48 hodin při teplotě cca 24 °C, aby došlo ke správnému vsáknutí nanosené vrstvy do materiálu. Impregnace byla nanášena pomocí rozprašovače, dle postupu popsáném na každém vybraném impregnačním přípravku. K nanesení impregnační vrstvy na každý vzorek došlo ze stejné vzdálenosti a po stejnou dobu. Z důvodu velké variability nánosů, vzniklé kvůli různým typům rozprašovačů, došlo ke zvážení všech vzorků před a po impregnaci. Z následných rozdílů hmotností bylo vypočteno množství impregnace nanosené na vzorku. Na vzorek č. 1 byl použit přípravek Rapide waterproofe. Na vzorek č. 2 byl použit přípravek Inproducts Premium na oděvy. Vzorek č. 3 byl impregnován přípravkem Atsko impregnace silicone water guard. Vzorek č. 4 byl použit přípravek Atsko impregnace silicone water guard extreme a vzorek č. 5 byl impregnován přípravkem Nano impregnace textilu a kůže. Hodnoty vybraných přípravků byly následující:

Tabulka 2 Hmotnost přírůstku impregnace na vzorek

Číselné označení vzorků	Hmotnost vzorku před impregnací [g]	Hmotnost vzorku po impregnaci [g]	Množství nanoseného přípravku na vzorek 20x20 cm [g]
1	4,6	4,62	0,02
2	4,49	4,52	0,03
3	4,6	4,71	0,11
4	4,76	4,9	0,14
5	4,71	4,77	0,06
6 (bez impregnace)	4,7	-	-

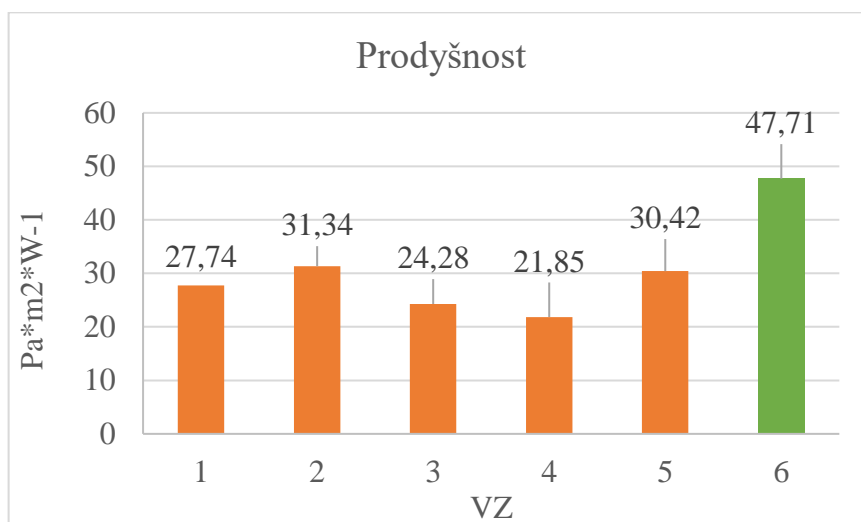
Z hodnot váhových přírůstků je patrný významný rozdíl v množství nanoseného přípravku a je třeba jej brát v potaz i při cenovém srovnání jednotlivých přípravků.

6.1 Vliv vybraných impregnačních přípravků na prodyšnost vzorků

K měření prodyšnosti byl použit přístroj FX 3300. Tlak na přístroji byl nastavený na 200 Pa. Plocha měřící hlavičky byla 20 cm². Pod měřící hlavičkou se umístil vzorek. Následným promáčknutím ramene přístroje došlo k zafixování vzorku a k zapnutí čerpadla. Po ustálení přístroje byla z displeje odečtena naměřená hodnota. Každý vzorek byl měřen na několika místech. Celkem došlo k 60 měření. U každého vzorku došlo k 10 měřením.

Tabulka 3 Prodyšnost

Číselné označení vzorku	průměr [mm·s ⁻¹]	směrodatná odchylka [mm·s ⁻¹]
1	27,74	1,68
2	31,34	1,62
3	24,28	3,04
4	21,85	3,59
5	30,42	3,28
6	47,71	1,4



Obrázek 12 Graf prodyšnosti

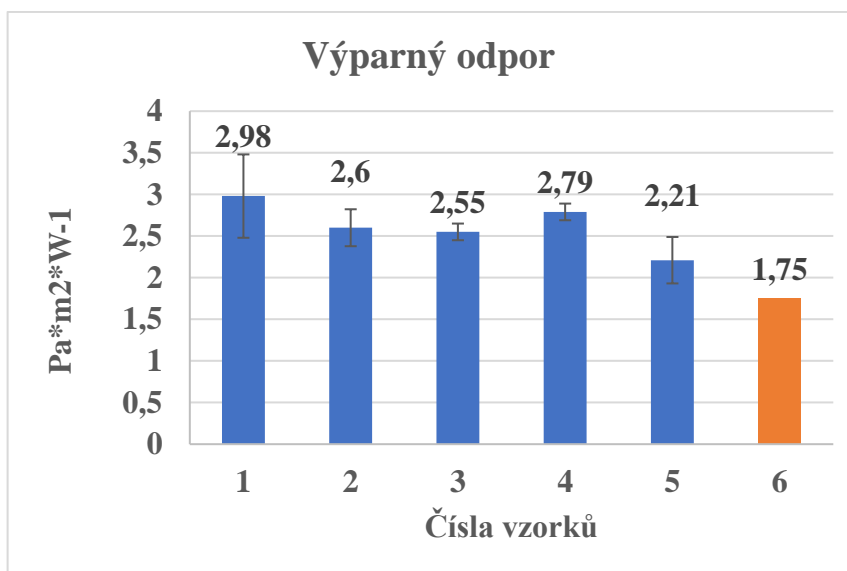
Z vyhodnocených dat bylo patrné, že vlivem impregnace došlo k mírnému zhoršení prodyšnosti u testovaných vzorků. Nejvíce byl ovlivněn vzorek č. 4 a nejméně vzorek č. 2. Vzhledem k pouze velmi mírnému snížení prodyšnosti a tedy zlepšení větruodolnosti, jsou všechny přípravky vhodné pro použití na svrchní oděvy. Naměřené rozdíly však nejsou z hlediska absolutních hodnot významné.

6.2 Vliv vybraných impregnačních přípravků na výparný odpor vzorků

Pro měření relativní propustnosti vodní páry a výparného odporu testovaných vzorků byl použit přístroj Permetest. Postup experimentu byl prováděn následovně. Nejprve bylo zkontrolováno množství vody ve stroji. Dále došlo ke kontrole stavu membrány. Po ustálení přístroje došlo nejprve ke kalibraci přístroje. Jako první se měření provedlo bez vzorku, stisknutím tlačítka Reference – start. Po ukončení měření se stiskne v dialogovém okénku OK. Další měření se provedlo s kalibrační textilií, která byla umístěna na hlavici, poté došlo ke stisknutí **Sample – START**. Po měření došlo ke kalibraci tlačítkem **Calibrate**. Při měření testovaných vzorků, byla měřicí hlavice každým ze vzorků zakryta. Došlo k 10 měření každého vzorku.

Tabulka 4 Výparný odpor

Číselné označení vzorku	průměr [m·Pa·W ⁻¹]	směrodatná odchylka [m·Pa·W ⁻¹]	horní kvartil [m·Pa·W ⁻¹]	dolní kvartil [m·Pa·W ⁻¹]	confidence [m·Pa·W ⁻¹]
1	2,98	0,77	3,53	2,43	0,5
2	2,6	0,52	2,97	2,22	0,2
3	2,55	0,17	2,66	2,43	0,1
4	2,79	0,14	2,89	2,68	0,1
5	2,21	0,39	2,48	1,93	0,3
6	1,75	0,7	2,25	1,25	0,1



Obrázek 13 Graf výparného odporu

Nanesená vrstva impregnace měla pouze velmi mírný vliv na paropropustnost, u všech vzorků došlo k mírnému zvýšení výparného odporu a tedy ke zhoršení paropropustnosti.

Z pokusu je patrné, že vybrané impregnační přípravky tedy výparný odpor textilie nijak významně neovlivňují a lze tedy doporučit jejich užívání.

6.3 Vybrané metody pro hodnocení smáčivosti

K hodnocení smáčivosti došlo pomocí několika metod. Nejprve došlo k měření známé jako Skrápěcí test nebo-li Spray-test. Při této metodě došlo k porovnání vzorků s etalony. Vzorky vykazovaly velmi podobné výsledky. Další metodou pro hodnocení smáčivosti bylo měření úhlů smáčení. Toto měření proběhlo na přístroji See-system na katedře netkaných textilií a nanovlákněných materiálů. K měření došlo u všech impregnovaných vzorků.

6.3.1 Skrápěcí test

Tento test se standardně používá při hodnocení vodoodpudivých úprav. Na měření bylo použito všech šesti vzorků. Každý z testovaných vzorků byl upnut do kruhového držáku. Do čisté kádinky bylo odměřeno 250 ml vody. Následně byla voda nalita do trychtýře. Po vytečení veškeré vody, byl vzorek uchycený v držáku sejmout. Po sklepaní přebytečné vody byl vzorek pozorován a vyhodnocen dle svého vzhledu. Výsledné hodnoty testovaných vzorků byly následující:

Tabulka 5 Porovnání s etalony

Číselné označení vzorku	Etalony
1	100 ISO 5
2	100 ISO 5
3	90 ISO 4
4	100 ISO 5
5	100 ISO 5
6 (bez impregnace)	70 ISO 2

Z výsledků tohoto experimentu je patrné, že mezi naimpregnovanými vzorky 1,2,4,5 nejsou významné rozdíly, pouze vzorek číslo 3 vykazuje horší hodnoty vodoodpudivosti a neimpregnovaný vzorek číslo 6 má hodnoty vodoodpudivosti nejnižší.

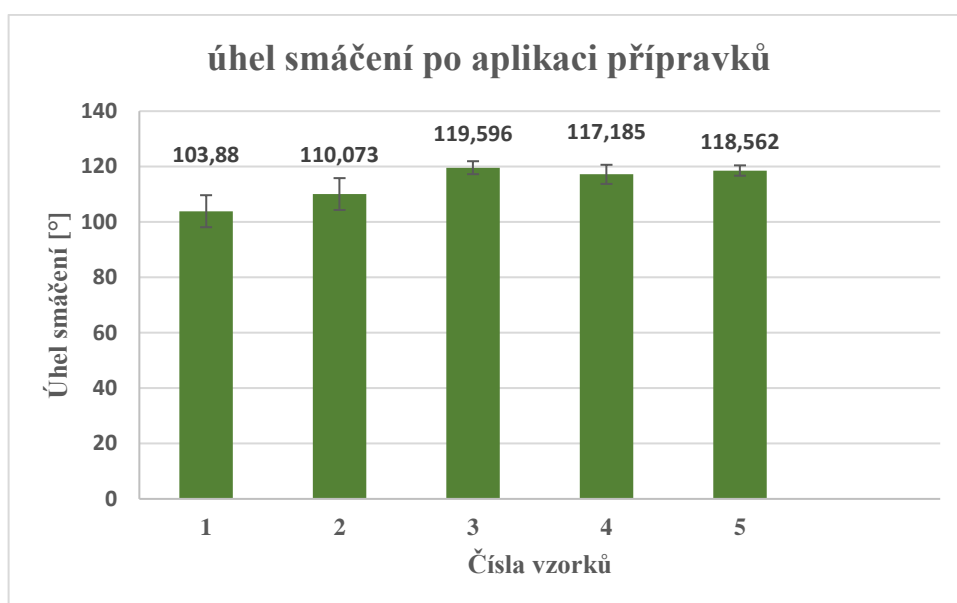
6.3.2 Úhel smáčení

Měření úhlu smáčení proběhlo na přístroji See system. Průběh experimentu byl následující. Textilie byla upevněna pomocí lepicí pásky na sklíčko přístroje. Na upevněnou textilií se umístila kapka vody. Následně byla kapka zaostřena a nasnímána. Poté byly na snímek zachycený v počítačovém programu umístěny tři měřící body. Dva byly umístěny na

rozhraní kapky a třetí bod byl umístěn na samotný vrchol kapky. Výsledná hodnota byla zapsána. K měření došlo na 5 vzorcích. U vzorku č. 6 bylo měření kvůli velmi rychlému vsakování kapky nemožné.

Tabulka 6 Úhel smáčení

Číselné označení vzorku	Průměr [°]	Směr. odchylka [°]	Interval spolehlivosti [°]
1	103	8,08	(98,11;109,64)
2	110	8,04	(104,32;115,81)
3	119	3,26	(117,26;121,91)
4	117	4,83	(113,73;120,62)
5	118	2,61	(116,7;120,41)



Obrázek 14 Úhel smáčení po aplikaci přípravku

Při porovnání naměřených dat lze konstatovat, že vzorky 3, 4 a 5 nevykazují statisticky významný rozdíl. Vzorky 1 a 2 vykazují hodnoty mírně nižší než vzorky zbývající. Na základě tohoto testu nelze jednoznačně říci, který přípravek je účinnější z hlediska vodoodpudivosti.

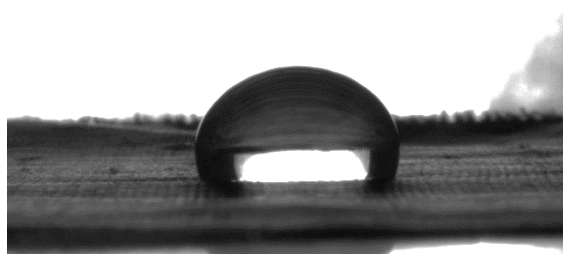
6.3.3 Nová metoda - sledování doby vsáknutí kapky do textilie pomocí kamery

Z tohoto důvodu byl navržen nový experiment, který hodnotil jednak účinnost impregnačních přípravků po praní pomocí standardní metody měření kontaktního úhlu a zároveň byla otestovaná jednoduchá metoda, která sledovala průběh a vyhodnocovala čas vsáknutí kapky do textilie. Použití podobné metody se vyskytuje pouze v americké studii,

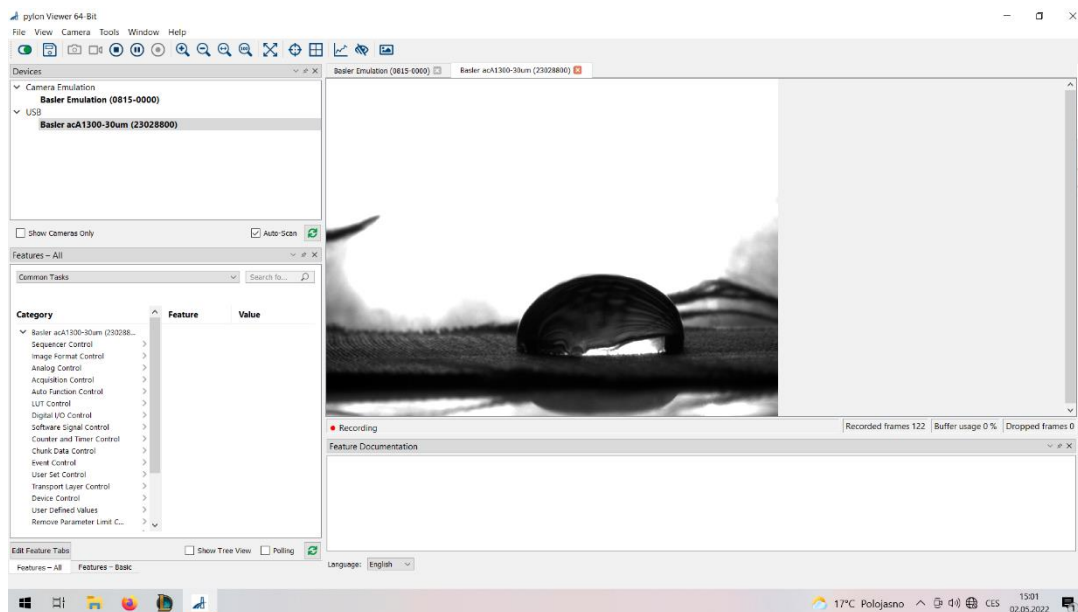
kde dochází pouze k měření doby vsáknutí a nic více se neuvádí. U nás se jedná o velmi nestandardní metodu a neexistuje žádná jiná norma kromě americké. Tato metoda byla v této práci doplněna i o obrazový záznam pro lepší vyhodnocení. Díky tomu bylo možné jednotlivá měření i bez přímé kontroly obsluhy. Pro tuto metodu byla využita kamera včetně osvětlení, zároveň byla nahraná i celá videa, kde je patrný průběh vsáknutí a lze z nich jednoduše odečíst čas zahájení vsáknutí i konec daného procesu.

Tento test vznikl jako simulace vlivu deště či polítky textilního materiálu vodou. Test proběhl na prototypu přístroje. Tento způsob však lze simulovat i pomocí jednoduššího zařízení pro obrazový záznam (například běžná kamera a jakákoliv hladká měřicí plocha s nasvícením) Testovaný vzorek byl vložen na plochu přístroje a pomocí lepící pásky upevněn. K přístroji byla připojena kamera a pomocí programu pro snímání, došlo k zachycení postupného vsakování kapky vody do měřeného vzorku.

K nahrávání a ke snímání kapky na povrchu vzorků došlo pomocí programu Pylon viewer od firmy Basler. Tento program je volně a zdarma ke stažení na oficiálních internetových stránkách firmy Basler. Jeho použití je velmi jednoduché. Po krátké instalaci došlo k připojení kamerky k notebooku pomocí USB kabelu a k následnému propojení kamery s programem. V nastavení programu Pylon viewer bylo nastaveno nahrávání videa po dobu 5 minut, s jehož pomocí došlo k pozorování kapky na testovaném vzorku a k měření času za jak dlouho se kapka vsáknula do materiálu.



Obrázek 15 Snímek kapky na měřeném vzorku



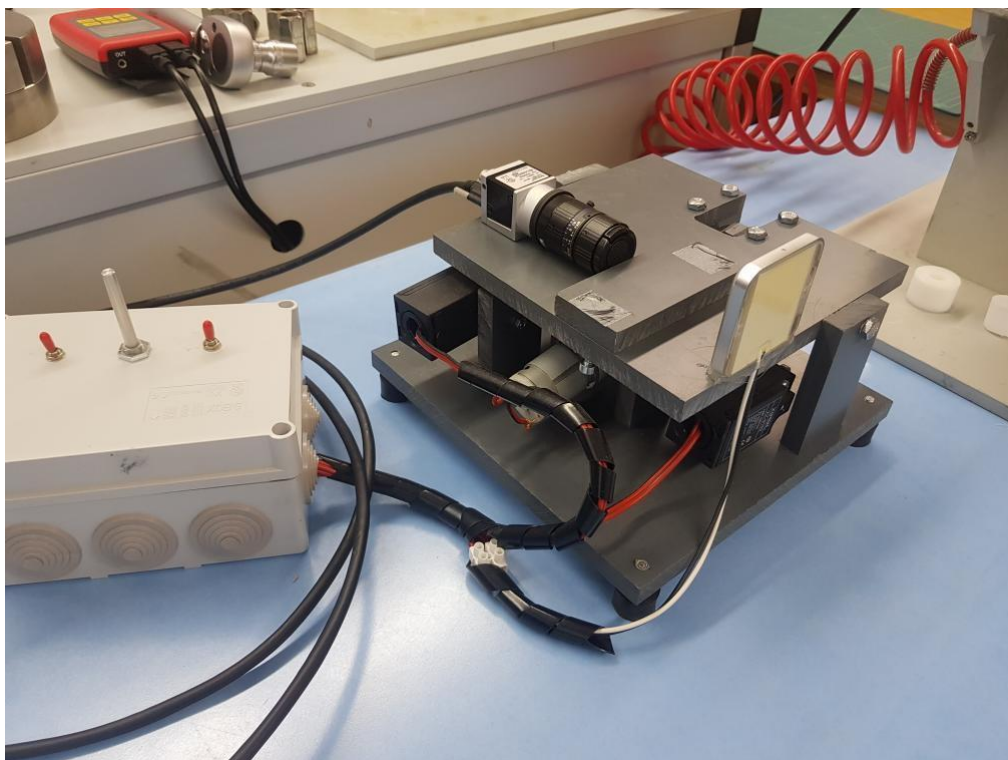
Obrázek 16 Pylon viewer

POSTUP MĚŘENÍ

Průběh experimentu vypadal následovně. Byla zvolena kapka o velikosti 30 μl . Čas testování bylo 5 minut, kdy se testovalo, zdali se kapka vsákne do testovaného vzorku před uplynutím této doby. V nastavení snímacího programu bylo nastaveno pořizování snímků každou vteřinu po dobu 5 minut. Celkem tedy došlo ke 300 snímkům každého vzorku. Pomocí pipety byla na textilií nanесena kapka o velikosti 30 μl . Hned na to bylo zapnuto ve snímacím programu nahrávání. V případě, že se kapka po uplynutí 5 minut nevsákla, došlo k cyklům praní měřeného vzorku a k následnému zopakování experimentu. Celkem došlo k 9 pracím cyklům.

Prací cykly

Celkem došlo k devíti pracím cyklům. První prací cyklus byl proveden na všech impregnovaných vzorcích. Na přípravcích, u kterých nedošlo k vsáknutí kapky v požadovaném čase, došlo k dalším třem pracím cyklům. V případě, že ani poté nedošlo k vsáknutí kapky, následovalo dalších šest pracích cyklů. U vzorků č. 1 a 2 bylo nutné provést dalších devětt pracích cyklů a stále nedošlo k vsáknutí kapky. Byla použita automatická pračka. Jako výchozí program byl nastaven program na praní outdoorových textilií. Jeden cyklus trval vždy 60 minut. K praní docházelo při teplotě 40 $^{\circ}\text{C}$ a při otáčkách 800 ot./min.



Obrázek 17 Prototyp přístroje

6.4 Porovnání kontaktního úhlu a metody záznamu času vsáknutí kapky

U neimpregnovaného vzorku č. 6 došlo k téměř okamžitému vsáknutí kapky do textilie. Z tohoto důvodu nebylo možno kontaktní úhel naměřit a nebyl tedy zahrnut do dalšího experimentu.

U všech ostatních (naimpregnovaných) vzorků (vzorky: č. 1-5) nedošlo v uplynulých 5 minutách k žádnému vsáknutí ani k žádné výrazné změně kapky zachycené na textilií.

Všech 5 vzorků bylo následně vypráno na 1 prací cyklus po dobu jedné hodiny. Z tabulky výsledných hodnot je patrné, že vrstva impregnace na vzorcích 1-5 odolala velmi dobře a že 1 prací cyklus zdaleka nestačil na opotřebení nanesené vrstvy. Kapka vody na všech impregnovaných vzorcích i poté vydržela déle než 5 minut. Zároveň však vlivem praní došlo k velmi mírnému snížení úhlu smáčení u všech testovaných vzorků.

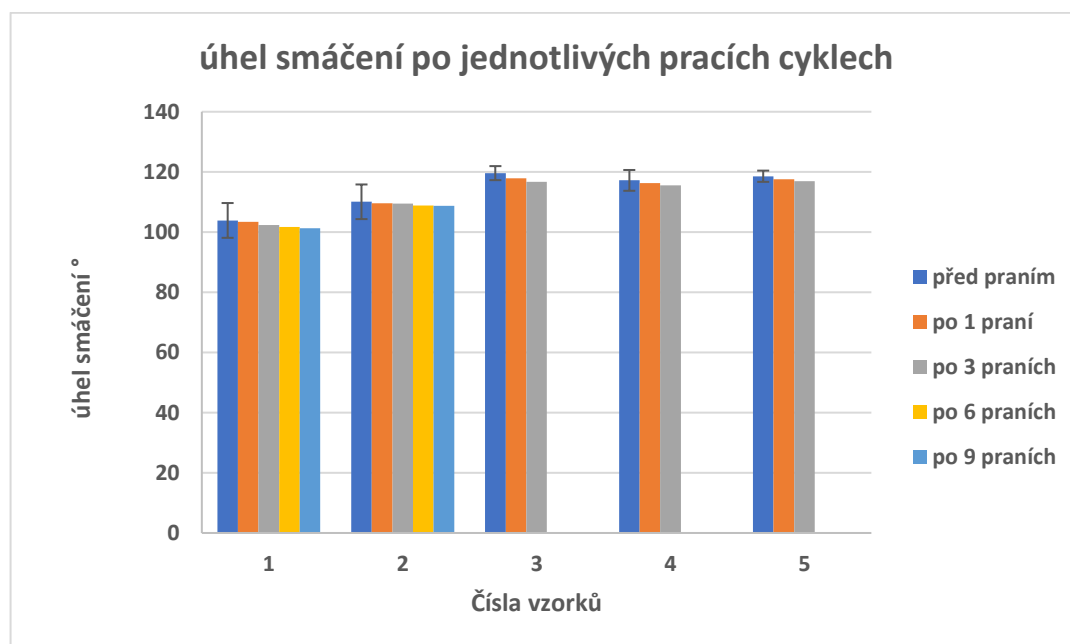
Po následných 3 pracích cyklech už byla změna patrná. Vlastnosti vzorku č. 1 a 2 se nezměnily. Ani po uplynutí 5 minut nedošlo ke vsáknutí kapky do textilie. U vzorku č. 3 došlo k vsáknutí již po čase 2 minut a 26 vteřin. U vzorku č. 4 došlo k vsáknutí kapky po 3 minutách a 5 vteřinách. Doba vsáknutí kapky na vzorku č. 5 byla 4 minuty a 18 vteřin. Opět došlo vlivem praní k velmi mírnému snížení úhlu smáčení u všech testovaných vzorků.

I po 6 cyklech a následných 9 pracích cyklech nedošlo po uplynutí 5 minut k vsáknutí kapky. Z naměřených hodnot tedy vyplývá, že nejlepší formy impregnace poskytly přípravky na vzorcích 1 a 2.

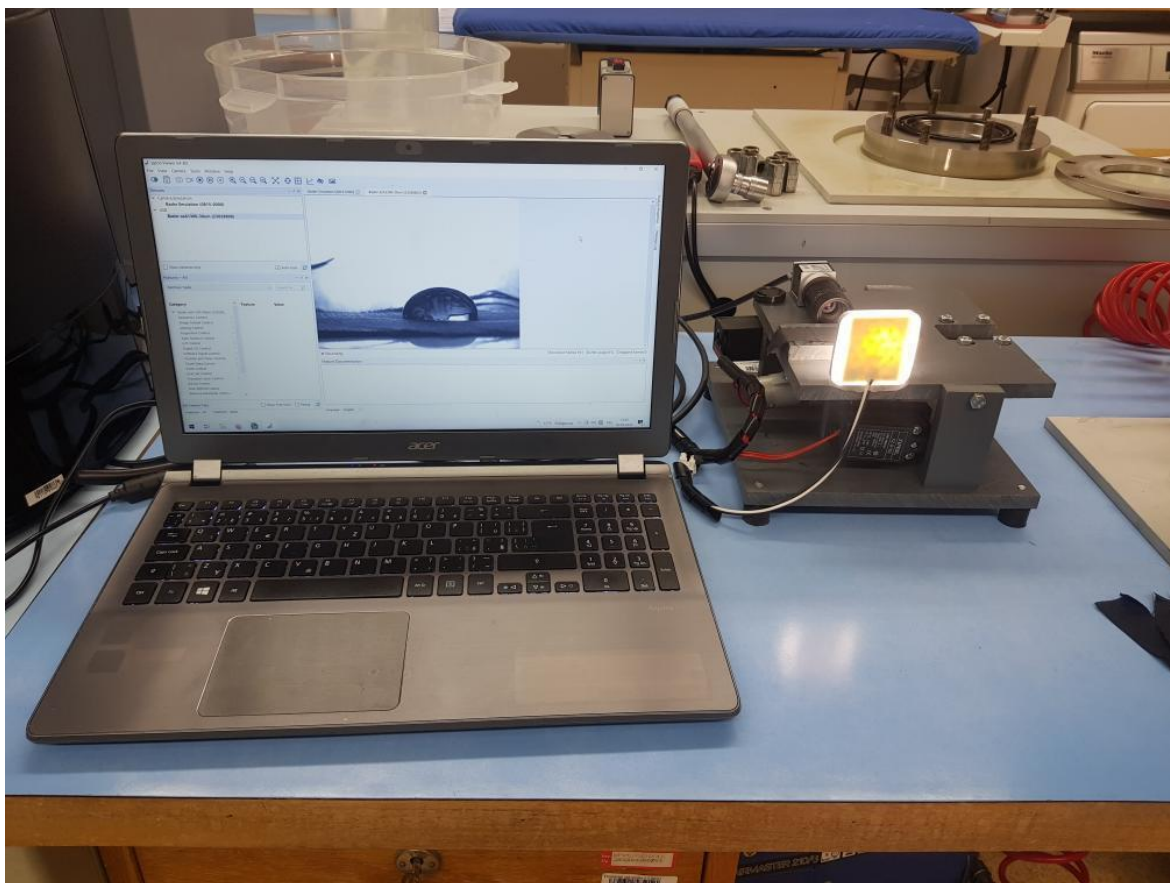
Dle naměřených dat úhlů smáčení po jednotlivých pracích cyklech u všech vzorků lze konstatovat, že mezi jednotlivými cykly nejsou rozdíly statisticky významné, jak je patrné z grafu na obrázku číslo 18. Na základě těchto dat tedy nelze predikovat čas vsáknutí kapky do textilie. Úhly smáčení byly u všech měřených vzorků velmi podobné a přesto došlo k vsáknutí kapky u každého vzorku v jiném časovém rozmezí. Naměřená data jsou uvedena v tabulce číslo 7.

Tabulka 7 porovnání úhlů smáčení po pracích cyklech a čas vsáknutí kapky

Číselné označení vzorku	0 pr.	úhel smáčení	1 pr.	Úhel smáčení	3 př.	úhel smáčení	6 pr.	úhel smáčení	9 pr.	úhel smáčení
1	>5	103,88	>5	103,42	>5	102,34	>5	101,68	>5	101,27
2	>5	110,07	>5	109,62	>5	109,43	>5	108,81	>5	108,68
3	>5	119,59	>5	117,84	2:26	116,73	/	/	/	/
4	>5	117,18	>5	116,24	3:05	115,56	/	/	/	/
5	>5	118,56	>5	117,54	4:18	116,87	/	/	/	/
6	0:10	/	/	/	/	/	/	/	/	/

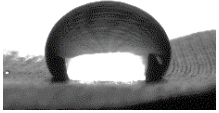
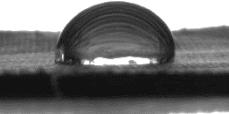
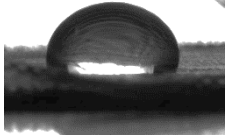


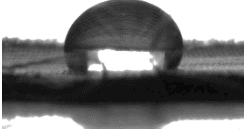
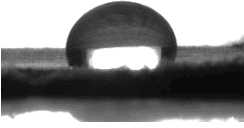
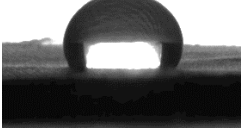
Obrázek 18 grafické znázornění úhlu smáčení po jednotlivých pracích cyklech

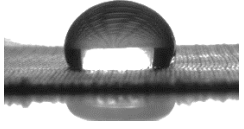
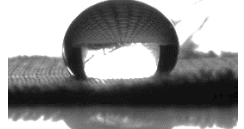
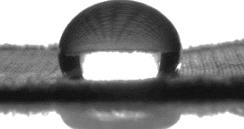
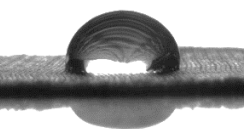
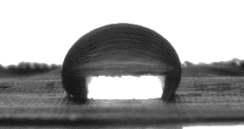


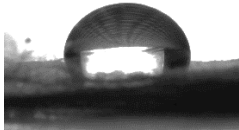
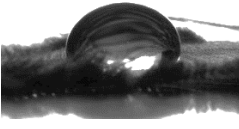
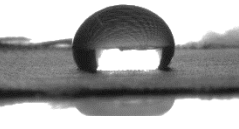
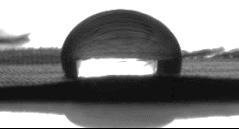
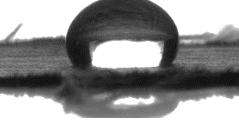
Obrázek 19 Nová metoda pro hodnocení účinnosti impregnačních přípravků

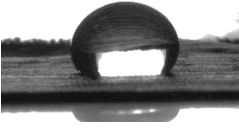
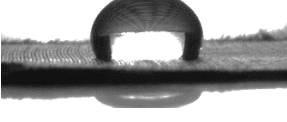
Tabulka 8 zobrazení prvního snímku kapky na textilií po provedení pracího cyklu

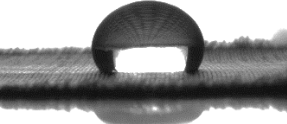
Číselné označení vzorku	0 pr.	Foto prvního snímku
1	>5	
2	>5	
3	>5	

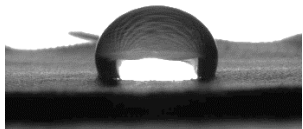
4	>5	
5	>5	
6	0:10	

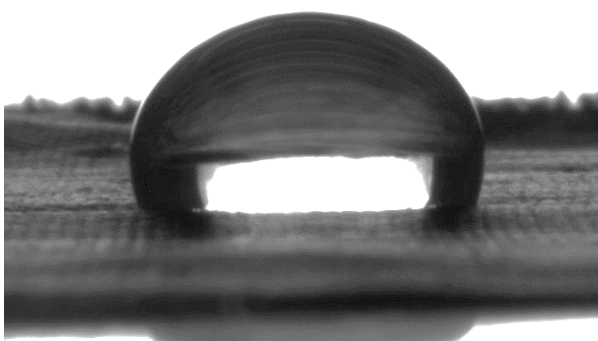
Číselné označení vzorku	1 pr.	Foto prvního snímku
1	>5	
2	>5	
3	>5	
4	>5	
5	>5	

Číselné označení vzorku	3 pr.	Foto prvního snímku
1	>5	
2	>5	
3	2:26	
4	3:05	
5	4:18	

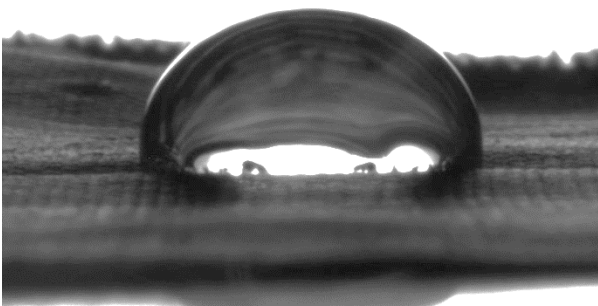
Číselné označení vzorku	6 pr.	Foto prvního snímku
1	>5	
2	>5	

Číselné označení vzorku	9 pr.	Foto prvního snímku
1	>5	

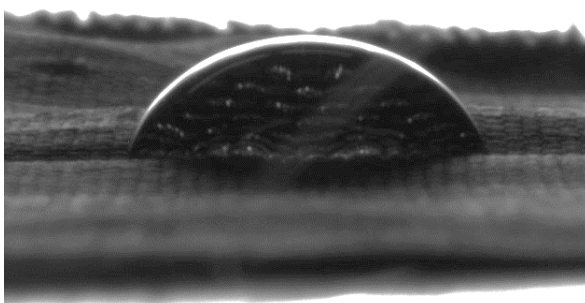
2	>5	
---	----	---



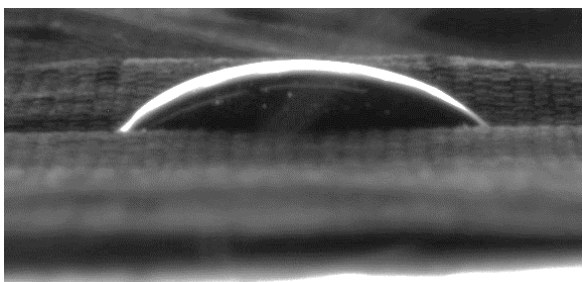
Obrázek 20 Vsakování kapky do materiálu fáze I



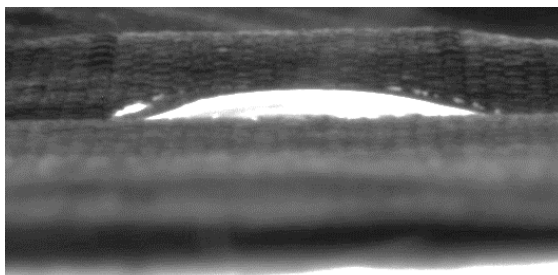
Obrázek 21 Vsakování kapky do materiálu fáze II



Obrázek 22 Vsakování kapky do materiálu fáze III



Obrázek 23 Vsakování kapky do materiálu fáze IV

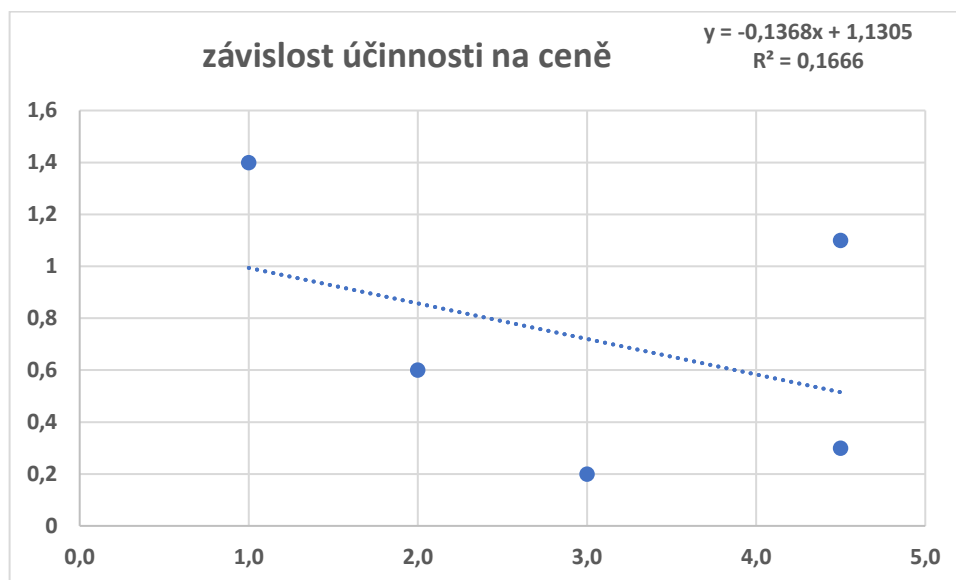


Obrázek 24 Vsakování kapky do materiálu fáze V

6.5 Ekonomické zhodnocení účinnosti impregnačních přípravků

Pro zhodnocení účinnosti impregnačních přípravků byla vybrána metoda pořadí, vzorky byly seřazeny od nejlepšího po nejhorší. Vzorek, který vydržel nejvíce pracích cyklů, měl nejvyšší číslo. U vzorků, které vydržely stejný počet pracích cyklů rozhodoval o pořadí čas vsáknutí kapky do textilie.

Vyhodnocená data vypadala následovně:



Obrázek 25 Graf závislosti účinnosti na ceně

Z grafu je patrné, že závislost účinnosti impregnačních přípravků na jejich ceně je nízká.

7 Závěr

Na základě naměřených dat na přístroji Permetest a FX 3300 lze konstatovat, že vybrané impregnační přípravky po aplikaci nezhoršily termofyziologické vlastnosti. Nedošlo tedy k významnému zhoršení paropropustnosti a prodyšnosti. Z naměřených hodnot v programu See-systém je zřejmé, že po aplikaci impregnačních přípravků nedošlo k významné změně velikosti úhlů smáčení u žádného z testovaných vzorků. Na velikost úhlů smáčení neměly významnější vliv ani pozdější cykly praní. Dále došlo ke zhodnocení účinnosti vybraných impregnačních přípravků. Jako nejodolnější přípravky byly vyhodnoceny přípravek Rapide waterproofe spray od firmy Rapide a přípravek Inproducts impregnace na Outdoor premium od firmy Inproducts. Ani u jednoho z těchto přípravků nedošlo k vsáknutí kapky ani po 9 pracích cyklech. Dále došlo k ekonomickému zhodnocení vybraných přípravků dle ceny jedné aplikace. Jako nejdražší impregnační přípravek byl vyhodnocen přípravek Atsko impregnace silicone water guard extreme od firmy Atsko. Naopak nejlevnějším přípravkem byl přípravek Nano impregnace textilu a kůže od firmy NanoConcept. Jak je z ekonomického zhodnocení patrné, cena přípravku příliš neodpovídá jeho účinnosti.

V druhé části experimentu byla navržena nová metoda pro hodnocení účinnosti impregnačních přípravků. Metoda byla realizována na prototypu přístroje v laboratoři na Katedře hodnocení textilií. Jedná se o velmi jednoduchou metodu, která je snadno aplikovatelná a pro její provedení není třeba použití žádného laboratorního vybavení. K provedení této metody stačí pouze jakákoli rovná měřicí plocha s nasvícením, USB kabel na propojení přístroje s notebookem, nainstalovaný program Pylon viewer a kamera. Metoda byla porovnána se standardní metodikou měření úhlu smáčení. Na základě naměřených dat lze konstatovat, že nová metoda vhodně doplňuje standardní metodu hodnocení úhlu smáčení a podává tak další informaci o době vsáknutí kapky do textilie.

Seznam použité literatury a ostatních pramenů

- [1] ŠÁRAL M. *Studie vlivu technologických parametrů na povrchém napětí výstřiku z PC/ABS*. 2007 : Diplomová práce, Technická univerzita v Liberci, Liberec. Fakulta strojní. Vedoucí práce Luboš Běhálek
- [2] JANOUŠKOVÁ L. *Funkce ošetrovacích prostředků pro outdoorové oblečení, analýza českého trhu a optimalizace ošetřování a údržby* 2008 : Bakalářská práce, Technická univerzita v Liberci, Liberec. Fakulta textilní. Vedoucí práce Pavka Vozková
- [3] HAVLASOVÁ V. *Porovnání komerčně vyráběných produktů pro zabezpečení hydrofobní úpravy z hlediska jejich použití na textilní sedviče pro autosedačky* 2018 : Bakalářská práce, Technická univerzita v Liberci, Liberec. Fakulta textilní. Vedoucí práce Vladimír Bajzík
- [4] KRÁSNÝ I. *Měření kontaktních úhlů smáčení a určování povrchové energie plastů* 2010 : Diplomová práce, Univerzita Tomáše Bati, Zlín. Fakulta technologická. Vedoucí práce Lubomír Labčik
- [5] RŮŽIČKA, J. *Technologie předúprav finálních a speciálních úprav textilních materiálů*. Pardubice : Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 1985. 550-718-84.
- [6] SCHINDLER, W. D., HAUSER, P. J. *Chemical finishing of textiles*. Cambridge : Woodhead, 2004. ISBN 0-8493-2825-X.
- [7] KRYŠTŮFEK, J. *Technologie zušlechtování*. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2002. ISBN 80-7083-560-5.
- [8] ADVEX INSTRUMENTSs. *See System*. [Online] 2007. [Citace: 14. 04 2022.] Dostupné Z WWW:http://www.advexinstruments.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=1&Itemid=26.
- [9] HARNETT, P. R. MEHTA, P. N. *A Survey and Comparison of Laboratory Test Methods for Measuring Wicking*. SAGE journals.[Online] červenec 1984. [Citace: 2.4. 2022.] Dostupné z WWW: <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/004051758405400710>.
- [10] SDL ATLAS. *Water & Vapor Resistance*. SDL Atlas - Products. [Online] 2018. [Citace: 28. března 2022.] Dostupné z WWW: https://admin.sdlatlas.com/public/content/product_brochures/eng_MMT-ENG.pdf.
- [11] HES, Luboš a Petr SLUKA. *Úvod do komfortu textilií*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN isbn80-7083-926-0.

[12] TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI. *Interní norma č. 33-302-01/01 Hodnocení prodyšnosti tkanin*. [Online] 2003. [Citace: 21. 03 2022.] Dostupné z WWW: <https://www.yumpu.com/xx/document/view/31745622/dokument-pdf-centrum-textil-technicka-univerzita-v-liberci>.

[13] KRÍŽOVÁ T. *Testování impregnací pro textilie na outdoorové oblečení 2011* : Diplomová práce, Technická univerzita v Liberci, Liberec. Fakulta textilní. Vedoucí práce Antonín Havelka

Seznam obrázků

Obrázek 1 Kapka na tuhém povrchu.....	9
Obrázek 2 Rovnovážný tvar kapky na tuhém povrchu.....	10
Obrázek 3 Vliv abropce na hodnotu úhlu smáčení.....	11
Obrázek 4 Hystereze úhlu smáčení.....	11
Obrázek 5 See-system.....	12
Obrázek 6 Měření úhlu smáčení na naklánějící se destičce.....	13
Obrázek 7 Etalony	15
Obrázek 8 přístroj FX 3300	17
Obrázek 9 Schéma přístroje Permetest	18
Obrázek 10 Schéma přístroje Alambeta.....	19
Obrázek 11 Vybrané impregnační přípravky	29
Obrázek 12 Graf prodyšnosti.....	31
Obrázek 13 Graf výparného odporu	32
Obrázek 14 Úhel smáčení po aplikaci přípravku.....	34
Obrázek 15 Snímek kapky na měřeném vzorku	35
Obrázek 16 Pylon viewer.....	36
Obrázek 17 Prototyp přístroje.....	37
Obrázek 18 grafické znázornění úhlu smáčení po jednotlivých pracích cyklech.....	38
Obrázek 19 Nová metoda pro hodnocení účinnosti impregnačních přípravků	39
Obrázek 20 Vsakování kapky do materiálu fáze I.....	42
Obrázek 21 Vsakování kapky do materiálu fáze II.....	42
Obrázek 22 Vsakování kapky do materiálu fáze III	42
Obrázek 23 Vsakování kapky do materiálu fáze IV	43
Obrázek 24 Vsakování kapky do materiálu fáze V	43
Obrázek 25 Graf závislosti účinnosti na ceně.....	43

Seznam tabulek

Tabulka 1 Přehled vybraných přípravků	29
Tabulka 2 Hmotnost přírůstku impregnace na vzorek	30
Tabulka 3 Prodyšnost.....	31
Tabulka 4 Výparný odpor	32
Tabulka 5 Porovnání s etalony	33
Tabulka 6 Úhel smáčení.....	34
Tabulka 7 porovnání úhlů smáčení po pracích cyklech a čas vsáknutí kapky.....	38
Tabulka 8 zobrazení prvního snímku kapky na textilií po provedení pracího cyklu.....	39

