

Bakalářská práce

Hodnocení míry rozvolnění povrchu režných tkanin vyrobených z přízí obsahujících různý podíl opakovaně použitých bavlněných vláken

Studijní program:

B0723A270001 Textilní technologie, materiály a nanomateriály

Autor práce:

Tereza Odvárková

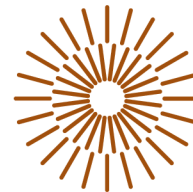
Vedoucí práce:

Ing. Gabriela Krupincová, Ph.D., Ing.Paed.IGIP
Katedra technologií a struktur

Konzultant práce:

doc. Ing. Brigita Kolčavová Sirková, Ph.D.
Katedra technologií a struktur

Liberec 2024



Zadání bakalářské práce

Hodnocení míry rozvolnění povrchu režných tkanin vyrobených z přízí obsahujících různý podíl opakovaně použitých bavlněných vláken

Jméno a příjmení:

Tereza Odvárková

Osobní číslo:

T21000222

Studijní program:

B0723A270001 Textilní technologie, materiály a nanomateriály

Zadávací katedra:

Katedra technologií a struktur

Akademický rok:

2022/2023

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerši na téma vliv použitého typu příze na výslednou kvalitu režné tkaniny. Zaměřte se především na změny kvality přízí způsobené charakterem vstupní vláknenné suroviny (opakovaně použitých bavlněných vláken) a s tím související následné změny kvality výsledného produktu.
2. Zajistěte vytkání sady experimentálních tkanin vhodné konstrukce z rotorových přízí vyrobených z opakovaně použitých bavlněných vláken v útkové soustavě.
3. Pokuste se zmapovat možnosti sledování míry rozvolnění povrchu textilie – "chlupatosti textilie". Využijte stávající systém pro stanovení strukturálních vlastností souvisejících s mírou rozvolnění povrchu textilie a možnosti popisu "chlupatosti tkanin".
4. Získaná data zpracujte, popř. porovnejte s dříve provedenými experimenty a pokuste se zhodnotit, zda zvolené sledované faktory ovlivňují kvalitu režných tkanin ve sledovaných ukazatelích. Získané souvislosti diskutujte.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: cca 40 stran
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: čeština

Seznam odborné literatury:

- [1] Lord P. L. *Handbook of Yarn Production: Technology, Science and Economics*. Woodhead Publishing 2003.
- [2] SABIT A. *Handbook of Weaving*, CRC Press 2001. ISBN 978 1 58716 013 4.
- [3] Meloun M., Militky J.: *Statistické zpracování experimentálních dat*, Plus, spol. s r.o. Praha 1994.
- [4] Ute T. B., Celik P., Uzumcu M. B. Utilization of cotton spinning mill wastes in yarn production. *Textile Industry and Environment*.
- [5] Yilmaz D., Yelkovan S., Tirak Y. Comparison of the effects of different cotton fibre wastes on different yarn types. *Fibers & Textile in Eastern Europe* 25, 4(124) 2017.
- [6] Yuksekkaya M. E., Celep G., Doghan G., Tercan M., Urhan B. A comparative study of physical properties of yarn and fabrics produced from virgin and recycled fibers. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 11(2) 2016.
- [7] Telli A., Babaarslan O. Commercialized denim fabric production with post-industrial and post-consumer wastes. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 26(2), 2016.
- [8] Mazal, M., Militký, J.: Image Analysis Method of Surface Roughness Evaluation. Book of Proceeding of 3rd INTERNATIONAL TEXTILE, CLOTHING & DESIGN CONFERENCE – Magic World of Textiles. Dubrovnik, Croatia – 2006.
- [9] Bleša, M. Komplexní hodnocení povrchové struktury textilií. Disertační práce FT TUL 2009, Liberec.
- [10] Cherkassky A, Weinberg A. Objective Evaluation of Textile Fabric Appearance Part 1: Basic Principles, Protrusion Detection, and Parameterization. *Textile Research Journal*. 2010;80(3):226-235. doi:10.1177/0040517509105072
- [11] Cherkassky, Arkady, a Amotz Weinberg. 2010. "Objective Evaluation of Textile Fabric Appearance. Part 2: SET Opti-Grade Tester, Grading Algorithms, and Testing". *Textile Research Journal* 80 (2): 135-44. <https://doi.org/10.1177/0040517509103327>.
- [12] Das, A., P. Chakroborty, a P. Kumar. 2009a. "Study of Fabric Hairiness Using Image Processing Technique". *Research Journal of Textile and Apparel* 13 (3): 27-32. <https://doi.org/10.1108/RJTA-13-03-2009-B003>.
- [13] Xia, Zhigang, Mian Zhou, Hongshan Wang, Kezuo Wang, a Youshun Wan. 2022a. "Evaluating the surface hairiness of woven fabric belts with a yarn hairiness tester". *The Journal of The Textile Institute* 113 (1): 116-124. <https://doi.org/10.1080/00405000.2020.1865505>.

Vedoucí práce: Ing. Gabriela Krupincová, Ph.D., Ing.Paed.IGIP
Katedra technologií a struktur

Konzultant práce: doc. Ing. Brigita Kolčavová Sirková, Ph.D.
Katedra technologií a struktur

Datum zadání práce: 5. října 2022
Předpokládaný termín odevzdání: 20. května 2024

L.S.

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

doc. Ing. Pavel Pokorný, Ph.D.
garant studijního programu

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.

HODNOCENÍ MÍRY ROZVOLNĚNÍ POVRCHU REŽNÝCH TKANIN VY- ROBENÝCH Z PŘÍZÍ OBSAHUJÍ- CÍCH RŮZNÝ PODÍL OPAKOVANĚ POUŽITÝCH BAVLNĚNÝCH VLÁKEN

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zaměřuje na ověření možnosti posuzování kvality textilie z hlediska míry rozvolnění jejího povrchu. Cílem je prozkoumat vliv použitého typu příze, především v závislosti na změně kvality vlákenné suroviny (se zaměřením na odpadová bavlněná vlákna) na výslednou kvalitu tkanin. Identifikují se klíčové parametry ovlivňující míru rozvolnění povrchu - chlupatost textilie a možnosti jejího stanovení z pohledu modifikované měřicí metodiky, způsobu vyhodnocení a volby parametrů, které ji popisují.

Nejprve jsou prověřeny možnosti měření a na základě nových poznatků je upravena stávající metodika pro bezkontaktní hodnocení povrchu textilií - Roughness Contactless Measurement System (zkráceně jako RCM), pro hodnocení chlupatosti. Následně je realizováno měření chlupatosti pro sadu tkanin, pro jejichž výrobu byly v útkovém směru použity rotorové příze s různým podílem odpadových vláken a výsledky hodnoceny.

V práci se podařilo efektivně upravit stávající metodiku RCM systému a umožnit tak podrobný popis chlupatosti tkanin pomocí zvolených parametrů. Ty jsou následně využity pro popis chlupatosti experimentální sady tkanin a přináší nové poznatky o souvislostech mezi vlákennou surovinou získanou z opakovaně použitých bavlněných vláken, přízemi a tkaninami z nich vyrobených. V závěrečné diskusi jsou popsány další faktory, které mohly experiment ovlivnit a nalezené souvislosti jsou zhodnoceny.

Klíčová slova: chlupatost tkanin, opakovaně použitá bavlněná vlákna, RCM systém

ABSTRACT

This bachelor thesis focuses on verifying the possibility of assessing the quality of textiles in terms of their hairiness. The aim is to explore the influence of the type of yarn used, primarily in relation to changes in the quality of fiber raw material (with a focus on waste cotton fibers), on the resulting quality of fabrics. Key parameters influencing the hairiness of textiles are identified, and possibilities for measuring this feature are examined.

First, measurement options are examined, and based on new findings, the existing methodology for contactless evaluation of textile surfaces - Roughness Contactless Measurement System (RCM) for hairiness assessment - is modified. Subsequently, hairiness measurements are carried out for a set of woven fabrics, for which rotor yarns with different proportions of waste fibers were used in the weft direction, and the results are evaluated.

The thesis successfully adapted the existing methodology of the RCM system to enable a detailed description of fabric hairiness using selected parameters. These parameters are then utilized to describe the hairiness of the experimental set of fabrics, introducing new insights into fiber raw material obtained from cotton waste fibers, yarns, and fabrics made from them. In the final discussion, additional factors that could have influenced the experiment are described, and the identified correlations are evaluated.

Keywords: hairiness of woven fabrics, waste cotton fibers, RCM system

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé práce Ing. Gabriele Krupincové, Ph.D., Ing.Paed.IGIP za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a neustálou podporu při psaní této práce.

Dále bych chtěla poděkovat firmě Rieter CZ s.r.o., jmenovitě panu Ing. Karlu Boňkovi za poskytnutí přízí, které v této práci byly využity a paní doc. Ing. Brigitě Kolčavové Sirkové, Ph.D. za vytkání tkanin a cenné připomínky.

V neposlední řadě děkuji své rodině, přátelům a kolegům z kombinovaného studia za velkou oporou během celého studia.

OBSAH

Obsah	7
Seznam zkratk	8
1 Úvod	10
2 Teoreticko-rešeršní část	11
2.1 Vlákenné odpady	11
2.1.1 Zdroje předspotřebitelského odpadu	12
2.2 Výroba přízí s použitím vlákenných odpadů	15
2.2.1 Dopřádací stroj Rieter R37	15
2.3 Povrchové vlastnosti plošných textilií	17
2.3.1 Základní vlastnosti přízí	17
2.4 Chlupatost přízí	19
2.4.1 Faktory ovlivňující chlupatost přízí	20
2.4.2 Měření chlupatosti přízí	21
2.5 Chlupatost plošných textilií	24
2.5.1 Měření chlupatosti plošných textilií	25
3 Experimentální část	30
3.1 Cíl experimentu	30
3.2 Popis experimentu, přípravy a použitých vzorků	30
3.3 Hodnocení míry rozvolnění povrchu textilie - původní metodika	33
3.4 Hodnocení míry rozvolnění povrchu textilie - modifikovaná me- todika	34
3.5 Definice kritérií pro stanovení míry rozvolnění povrchu textilie .	42
3.6 Zhodnocení míry rozvolnění povrchu sledovaných vzorků	45
3.7 Posouzení souvislostí mezi kvalitou vlákenného materiálů, přízí a tkanin	53
3.8 Hierarchická struktura tkaniny a možná souvislost se zjištěnou mírou rozvolnění povrchu - Pierceův model	54
4 Závěr	56
Literatura	58
Seznam příloh	62

SEZNAM ZKRATEK

A_F	[%]	odstraněná použitelná vlákna
A_T	[%]	celkový odpad
am	$[ktex^{\frac{2}{3}}m^{-1}]$	Phrixův zákrutový koeficient
α	$[ktex^{\frac{1}{2}}m^{-1}]$	Koechlinův zákrutový koeficient
C_D	[%]	míra čistitelnosti vlákenného odpadu
C_E	[%]	efektivita čištění vlákenného odpadu
CO	[%]	procentuální podíl primárních bavlněných vláken
CO_{waste}	[%]	procentuální podíl bavlněných vláken získaných z odpadu
CV	[%]	variální koeficient chlupatosti
CV_m	[%]	kvadratická hmotná nestejnomyernost
D_o	[Cnt/10 cm]	dostava osnovních nití v tkanině
$D_{o.stroj}$	[Cnt/10 cm]	strojní dostava osnovních nití v tkanině
D_u	[Cnt/10 cm]	dostava útkových nití
$D_{u.stroj}$	[Cnt/10 cm]	strojní dostava útkových nití v tkanině
$Dust$	[Cnt/g]	počet prachových částic
H	[-]	index chlupatosti přízí
H_{ab}	$[mm^2cm^{-1}]$	chlupatost pole tkaniny
\bar{H}_{ab}	$[mm^2cm^{-1}]$	průměrná chlupatost tkaniny
h_o	[mm]	výška vazné vlny osnovy
h_u	[mm]	výška vazné vlny útku
k	[-]	celkový počet tříd
L	[m]	měřená délka
l	[km]	délka příze
Ln	[mm]	střední délka vláken
$Ln CV$	[%]	variální koeficient střední délky vláken
m	[g]	hmotnost
$m(l)$	[g]	okamžitá hmotnost
\bar{m}	[g]	střední hodnota hmotnosti
N	$[min^{-1}]$	počet otáček
$Neps$	[Cnt/g]	množství norků ve vlákenném materiálu
R	$[cNtex^{-1}]$	poměrná pevnost v tahu
s	[-]	směrodatná odchylka
$S(tk)_{12}$	$[mm^{-3}]$	sumační kritérium chlupatosti tkaniny
$S(tk)_3$	$[mm^{-3}]$	sumační kritérium chlupatosti tkaniny
S_{12}	$[1/100 m]$	sumační kritérium chlupatosti příze
S_3	$[1/100 m]$	sumační kritérium chlupatosti příze
$SFCn$	[%]	obsah krátkých vláken určený četnostně
S^2	[-]	rozptyl
$S^2_{x,y}$	[-]	rozptyl ve směru X,Y

S_x^2	<i>[-]</i>	rozptyl ve směru X
S_y^2	<i>[-]</i>	rozptyl ve směru Y
T	<i>[tex]</i>	jemnost příze
T_o	<i>[tex]</i>	jemnost osnovní příze
$Trash$	<i>[Cnt/g]</i>	počet nečistot
T_u	<i>[tex]</i>	jemnost útkové příze
v	<i>[m·min⁻¹]</i>	odváděcí rychlost
Z	<i>[m⁻¹]</i>	zákrut
$Z12$	<i>[mm]</i>	výška profilového snímku odpovídající oblasti S(tk) ₁₂

1 ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je ověřit, zda je možné kvalitu textilie posuzovat z hlediska povrchových vlastností, konkrétně míry rozvolnění povrchu - „chlupatosti tkaniny“. Smyslem je stávající metodiku snímání textilie převíjené přes hranu upravit, eventuálně navrhnout vylepšení omezení a ověřit ji na specifickém souboru tkanin. Dále je cílem zjistit, zda existuje nějaká závislost mezi kvalitou primární vláknenné suroviny, přízí a chlupatostí tkaniny. Tkaniny, kterými se v práci zabývám, jsou vyrobeny ze shodné osnovy a ve směru útku jsou použity příze s různým poměrem vláken opakovaně získaných z bavlněného odpadu, jejichž využívání získává v současné době rostoucí význam jak z ekonomických, tak environmentálních důvodů.

V práci jsou identifikovány klíčové parametry a faktory, které mohou míru rozvolnění povrchu textilie respektive její „chlupatost“ ovlivňovat. Dále jsou zmapovány možnosti měření chlupatosti a popsán princip původního postupu snímání sekvence profilových obrazů pomocí bezkontaktního měřicího systému - Roughness Contactless Measurement System (dále jako RCM systém) využívaném v minulosti pro stanovení vybraných charakteristik povrchu a chlupatosti tkanin. Specifikovány jsou limity a omezení této metodiky pro popis chlupatosti tkanin, navrženy a ověřeny úpravy související s dříve používanou metodikou ve smyslu změny uspořádání měřicí soustavy, postupu přípravy pro měření, vlastního snímání i zpracování dílčích obrazů textilie vedené přes hranu v obrazové sekvenci i způsob jejich zpracování a definice vybraných parametrů pro popis míry rozvolnění povrchu. Tím, že bavlněná vlákna opakovaně získaná z odpadu mají kratší délku, může docházet ke zvýšené chlupatosti a horší stejnoměrnosti příze, což se může projevit v horší stejnoměrnosti textilie a případně i zvýšení rozvolnění povrchu. Cílem experimentální části je ověřit, zda se projeví kvalita vláknenné suroviny a typ zpracovávané příze v útkové soustavě na chlupatosti testovaných vzorků tkanin.

Práce přináší nové poznatky o vztahu mezi kvalitou vláknenné suroviny, chlupatostí přízí a textiliemi z nich vyrobených. Cílem je zjistit, zda je možné využít i suroviny nižší kvality k výrobě přízí s dostatečnou kvalitou a následně zpracovat tyto příze do textilií, které mají dostatečnou kvalitu pro určitý typ aplikace.

2 TEORETICKO-REŠERŠNÍ ČÁST

2.1 VLÁKENNÉ ODPADY

Textilní odpad představuje závažný problém, který ovlivňuje jak průmyslové odvětví, tak životní prostředí. Textilní odpad vzniká v každé části výrobního procesu jako je například předení, tkaní, pletení nebo samotné šití oděvních výrobků. Globálně skončí přibližně 87 % celkového textilního odpadu na skládkách, z tohoto množství by však přibližně 90 % mohlo být ještě použito nebo recyklováno [1]. S ohledem na téma a plán experimentu se v této práci zabývám pouze bavlněnými vlákny, která jsou mechanicky rozvolňována a následně zpracována pomocí rotorové technologie.

Textilní odpad lze rozdělit do dvou kategorií - na předspotřebitelský („pre-consumer“) a pospotřebitelský („post-consumer“) [2]. Předspotřebitelský odpad, jak již vyplývá z názvu, vzniká před tím, než produkt dosáhne spotřebitele. Obvykle se jedná o čistý odpad, který lze recyklovat a znovu začlenit do výrobního procesu. Mezi předspotřebitelský odpad se řadí vlákna, která jsou vyloučena v procesu přípravy vláken pro předení společně s nečistotami a cizorodými látkami, zbytky pramenů či přástů, výčesky, zbytky přízí, zbytky tkanin a kraje tkanin z procesu tkaní, zbytky přízí z pletení, zbytky pletenin z procesu pletení, odřezky textilií z oděvního dohotovení nebo procesu zušlechťení a neprodané oděvní výrobky. Pospotřebitelský odpad představuje převážně oblečení, které je vyřazeno po použití. I tento druh odpadu lze recyklovat mechanickým rozvolněním do formy vláken, případně pomocí dalších způsobů recyklace jako je např. chemická recyklace, umožňující opakované využití při výrobě textilií pro podobný účel aplikace [3]. Recyklace předspotřebitelského textilního odpadu je obecně jednodušší, protože nevyžaduje tolik hygienických opatření jako odpad po spotřebitelském užívání [4].

Je také důležité zdůraznit, že odpady z různých částí výrobního procesu mají různé vlastnosti. Jedná se o délku vláken nebo míru znečištění, které mají velký vliv na zpracovatelnost a kvalitu výsledného produktu, ale také ohybovou tuhost či koeficient tření. V této práci se zaměřuji na odpad, vznikající již při přípravě pro předení – tedy část předspotřebitelského odpadu.

2.1.1 ZDROJE PŘEDSPOTŘEBITELSKÉHO ODPA- DU

Využívání předspotřebitelského odpadu má velký význam nejen s rostoucími environmentálními nároky, ale i s rostoucími cenami materiálu. Náklady na surový materiál tvoří asi 50 – 70 % z celkových nákladů na výrobu příze, a tudíž využívání odpadních vláken má velký vliv na výslednou cenu [5]. Tvorbu vlákenného materiálu je tedy nutné monitorovat a pokud možno materiál znovu využívat. V následující části práce blíže popisují tvorbu odpadu v jednotlivých částech předení. Bavlna je dodávána do přádelen ve formě slisovaných balíků, které však obsahují nečistoty. Tyto nečistoty lze rozdělit do třech základních kategorií:

- a) rostlinné (zbytky semen, tobolek, stonků)
- b) minerální (zemina, písek, prach)
- c) ostatní (kovové části, zbytky obalů, části tkanin, části vláken) [5].

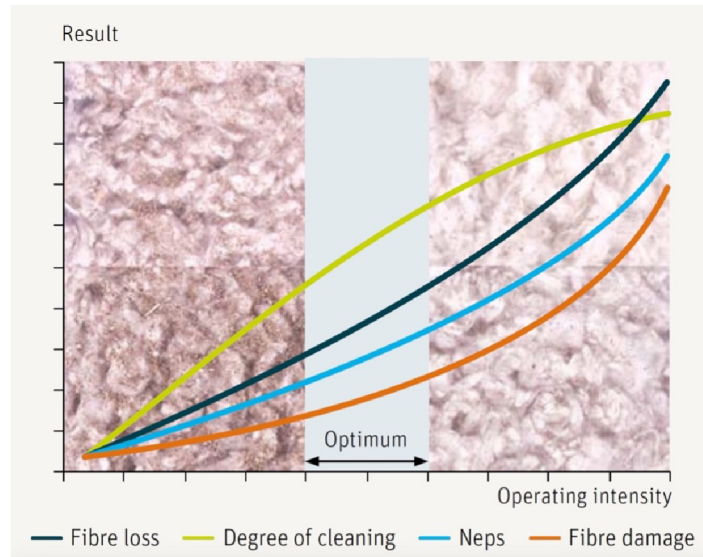
Prvním krokem je příprava materiálu k předení, při kterém dochází na čistírenských linkách k rozvolňování slisovaných balíků na menší vlákenné vločky, mísení a čechrání. Při tomto kroku dochází k odstranění 40 – 70 % nečistot. Dokonalé oddělení vlákenného materiálu a nečistot je však téměř nemožné, a proto jsou spolu s odpadem odstraňována i použitelná vlákna suroviny. Až 40 – 60 % těchto nečistot představují vlákna. Aby došlo k dostatečnému odstranění nečistot, je potřeba odstranit přibližně stejné množství vláken.

Intenzitu čištění je třeba upravovat podle stupně znečištění materiálu – odstraňování nečistot ze silně znečištěného materiálu bude jednodušší než z materiálu málo znečištěného. Také je důležité zmínit, že zvyšování intenzity čištění exponenciálně zvyšuje množství odstraněných krátkých, avšak stále spřadatelných vláken. Dosažení maximální hodnoty vyčištění jde proti kritériu využití vláken. Je proto potřeba dodržovat optimální hodnotu čištění [6]. Závislost je zobrazena na obrázku 2.1:

Jak již bylo zmíněno, mezi odstraněnými nečistotami se může vyskytovat různé množství vláken. Na každém stroji je tento poměr jiný a vzhledem k opakovanému využívání těchto vláken je důležité definovat jejich množství. Byla zavedena tzv. efektivita čištění C_E (2.1)[6]:

$$C_E = \frac{A_T - A_F}{A_T} \times 100 \quad (2.1)$$

Množství vláken z celkového odpadu pak lze vyjádřit jako $100 - C_E$.



Obrázek 2.1: Optimální hodnota čištění [6]

Dále lze sledovat míru čistitelnosti odpadu (cleaning degree) C_D (2.2), popisující množství odpadu, které se podařilo odstranit vůči celkovému odpadu původní suroviny.

$$C_D = \frac{\text{obsah vyloučených nečistot}}{\text{obsah nečistot v původní surovině}} \quad (2.2)$$

V neposlední řadě lze sledovat tzv. využití vláknenné suroviny (fiber yield) (2.3), které popisuje poměr délky vyrobené příze a hmotnosti vstupní suroviny.

$$\text{využití vláknenné suroviny} = \frac{\text{délka vyrobené příze}}{\text{hmotnost vstupní suroviny}} \quad (2.3)$$

Dalším krokem předení je mykání, při němž dochází k rozvolňování vláknenného materiálu na jednotlivá vlákna, částečnému urovnání vláken do podélného směru a vyloučení krátkých vláken a nečistot.

Po mykání následuje protahování a družení. Při protahování dochází ještě k lepší paralelizaci vláken. Protážené prameny jsou dále druženy, což pozitivně ovlivňuje nestejnou příze. V této fázi procesu zároveň dochází k nejnižšímu vzniku odpadu.

Pro výrobu vysoce kvalitní příze je do procesu předení zařazeno česání, při kterém dochází k vyčesávání krátkých, avšak stále spřadatelných vláken. Tento vláknenný odpad je vysoce ceněn, neboť vlákna jsou čistá, urovnaná a ojednocená. V této části procesu tedy vzniká velké množství cenného vláknenného odpadu tzv. výčesky.

Během předpřádání a prstencového dopřádání může docházet ke tvorbě vlákných odledeků. Ty jsou pomocí pneumatického systému odsávány. K opětovnému použití jsou využívány pouze odletky z procesu předpřádání, ale i ty jsou používány spíše zřídka a přidávají se pouze v malém množství do vlákných směsí, ze kterých budou vznikat méně kvalitní příze. Součástí vlákného odpadu jsou také zbytky přízí, vznikajících při procesu navíjení nebo soukání [6].



Obrázek 2.2: Typy a charakter vlákného odpadu z procesu přípravy pro předení a vlastního předení [7]

Mezi předspotřebitelský odpad patří i odpad z textilní výroby, specifikovaný v dřívější části textu. Pro výrobu rotorových přízí v této práci byl však využit pouze odpad z procesu přípravy pro předení a předení, a proto se v této kapitole zaměřuji pouze na tento typ odpadu.

Předspotřebitelský odpad lze rozdělit do několika kategorií podle rozpracovanosti a znečištění materiálu:

- a) čistý odpad – patří sem například vlákna, která se oddělila z provazců, pavučiny, či pramenové stůčky
- b) odpad z procesu česání – jedná se o výčesky, které bývají komercializovány za vyšší cenu než primární bavlna srovnatelné délky, neboť vlákna jsou ojednocená, vyčištěná a urovnána
- c) nečištěný odpad – odpad vnikající v čistírenských linkách (rozvolňování, mísení, čechrání) a při mykání
- d) pevný odpad – vlákné odletky [6].

2.2 VÝROBA PŘÍZÍ S POUŽITÍM VLÁKENNÝCH ODPADŮ

Vláknový odpad z různých částí předení má různé vlastnosti (délka vláken a míra znečištění), a je proto nutné s ním zacházet odlišně. Čistý odpad (vlákna z provazců, pavučin, pramenových stůček) může být vrácen mezi směs stejně kvalitních vláken, jako ze kterých vznikl. Odpad z procesu česání může být využíván jak pro rotorové, tak pro prstencové dopřádání. Recyklovaná vlákna ze znečištěného odpadu mohou být přidávána zpět do vlákenného materiálu v omezeném množství, které se odvíjí od délky a znečištění vláken. Autoři [6] uvádějí možné přimísení odpadního materiálu do primární suroviny pro prstencovou technologii mykanou maximálně 5 %, pro česanou maximálně 2,5 %. U rotorové příze záleží na typu vyráběné příze, u hrubých přízí může být použito až 20 % recyklovaných vláken, u jemných přízí pouze 5 %. Situace se však vyvíjí a vždy záleží na charakteru materiálu.

Záleží také na tom, jaká je vyžadována finální kvalita textilie. Pro zpracování odpadních vláken jsou využívány dvě hlavní strategie:

U první je cílem vyrábět příze z kvalitní suroviny pro široký účel použití. Je používána vysoce kvalitní primární bavlněná surovina, která může být případně mísená s vlákny získanými z odpadu, jenž byl pouze mírně znečištěn a je při opakované výrobě příze maximálně vyčištěn. Smyslem je vyrábět textílii velmi vysoké kvality i za cenu ztráty vlákenné suroviny.

U druhé strategie jsou používána vlákna nižší kvality a cílem je vyrábět příze s optimalizovanou kvalitou z pohledu zpracovatelských a uživatelských parametrů pro užší segment výrobců se specifikovanou potřebou. Lze použít i méně kvalitní surovinu a při čištění je smyslem co nejvyšší využití vláken a jejich nejnižší ztráta. Mírné znečištění suroviny a příze je tolerováno a bráno v potaz při volbě aplikace pro finální výrobek.

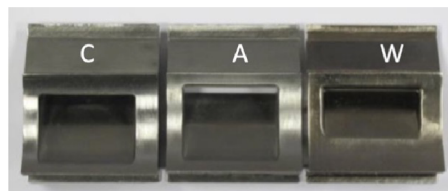
Příze, které byly použity pro výrobu tkanin v této bakalářské práci, byly vyrobeny pomocí rotorové technologie. V následující části blíže popisují specifiky rotorového dopřádacího stroje, použitého k výrobě.

2.2.1 DOPŘÁDACÍ STROJ RIETER R37

Pro výrobu rotorových přízí, použitých v útkovém směru testovaných tkanin, byl použit dopřádací stroj Rieter R37. Tento stroj bývá s výhodou používán pro zpracování recyklovaných vláken, neboť nabízí vyměnitelné čistící kanály, které lze volit dle znečištění materiálu a zvolené finální aplikace přízí.

Zároveň má vyšší čistící účinek (oproti předchozímu modelu až o 20 %), a tudíž nabízí více možností při výběru zpracovávaného materiálu [8].

Znečištění materiálu lze regulovat pomocí čistících kanálů typu A, C a W. Kanály typu A a C poskytují nejvyšší čistící účinek a jsou určeny pro výrobu vysoce kvalitních přízí. Používají se pro málo znečištěné vlákenné suroviny a jsou navrženy tak, aby se z této suroviny podařilo odstranit veškeré nečistoty, ale zároveň minimální množství vláken. Naopak u kanálu W je cílem uchovat co nejvíce vláken a vyrábět příze s dostatečnou kvalitou pro vybrané typy aplikací. Při použití kanálu typu W tedy dochází k nejnižší tvorbě odpadu a maximálnímu využití suroviny. Nečistoty mohou být zakomponovány do struktury příze a vznikají tak méně kvalitní příze, které však svojí kvalitou zvolenému segmentu výrobků ve smyslu zpracovatelských i uživatelských vyhovují. Možné vyšší znečištění příze především rostlinnými nečistotami způsobuje rustikální vzhled, který je pro vybraný sortiment vhodný nebo je potlačen optimalizovaným zušlechtěním příze nebo finální textilie [9].



Obrázek 2.3: Čistící kanály typu C, A, W [10]

2.3 POVRCHOVÉ VLASTNOSTI PLOŠNÝCH TEXTILIÍ

Povrchové vlastnosti lze popsat jako parametry charakterizující vzhled a kvalitu plošných textilií a je důležité se jimi zabývat, neboť úzce souvisí s užitnou hodnotou textilií. Mezi tyto vlastnosti patří lesk, oděr, klouzavost, žmolkovitost, zátrhovost a chlupatost a lze je hodnotit jak subjektivně, pohledem a omakem, tak objektivně [11].

Chlupatost plošných textilií mnohdy bývá opomíjeným parametrem, neboť její hodnocení je poměrně problematické a doposud nebyla definována jednotná metoda měření. Metody, které pro měření chlupatosti plošných textilií existují, jsou popsány v následující části práce. Zároveň však budou specifikovány jejich limity a navrženy možné úpravy systému RCM, jimiž se tato práce blíže zabývá. Je důležité zmínit, že u většiny metod se jedná pouze o laboratorní postupy. Existují i metody, které jsou využívány v praxi na různých typech pořehovacích a prohlížecích strojů, avšak o jejich využití i u jiných technologií se odborné publikace zatím nezmiňují.

Vlastnosti tkanin jsou formovány vlastnostmi vláken a délkových textilií, ze kterých jsou vyráběny a také konstrukčními parametry tkanin (jemnost přízí v osnově a útku, dostavy v obou hlavních směrech a vazba). Z tohoto důvodu i projevy chlupatosti souvisí s danými vlastnostmi příslušných vláken a přízí [12]. V následující kapitole tyto vlastnosti definuji.

2.3.1 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI PŘÍZÍ

Jemnost příze T je definována jako lineární hmotnost a lze ji vyjádřit jako podíl hmotnosti a délky příze, pomocí vztahu (2.4)[13].

$$T = \frac{m}{l} \quad (2.4)$$

Zákrut příze Z popisuje počet otáček (zákrutů) vložených do 1 m příze. Kruťový element, kterým může být vřeteno nebo rotor, vkládá vlákennému materiálu určitý počet otáček N . Hotová příze je současně odtahována rychlostí v [13]. Zákrut lze tedy vyjádřit podle vztahu (2.5).

$$Z = \frac{N}{v} \quad (2.5)$$

Se zákrutem příze souvisí i pevnost, která spolu se zákrutem stoupá až do hodnoty kritického zákrutu. Při překročení této hodnoty pevnost naopak klesá. Všechny příze nemají hodnotu ideálního zákrutu stejnou, a tudíž byly definovány zákrutové koeficienty, respektující způsob výroby a především

účel použití. Podle těchto kritérií je hodnota zákrutu volena s využitím zákrutového koeficientu.

Pro určení zákrutů se používá Koechlinův (2.6) nebo Phrixův vztah (2.7) [14]. Koechlinův vztah se zpravidla používá pro výpočet zákrutů vlákenných útvarů o vyšších jemnostech, jako jsou přásty, hrubé příze nebo skané příze. Pro výpočet zákrutu jemných přízí se nejčastěji využívá vztah Phrixův. Hodnoty zákrutových koeficientů α a am byly zjišťovány empiricky [15].

$$Z = \frac{\alpha \cdot 31.6}{\sqrt{T}} \quad (2.6)$$

$$Z = \frac{am \cdot 100}{\sqrt[3]{T^2}} \quad (2.7)$$

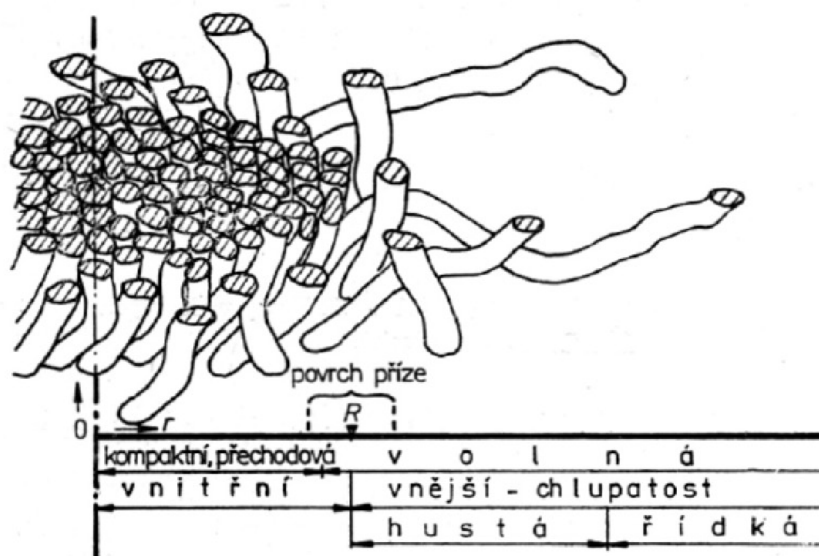
Kvadratická hmotná nestejnomyšnost CV_m je definována jako kolísání hmoty vláken v průřezu vlákenného útvaru. Může se projevit i u plošných textilií, kde může způsobit nežádoucí efekty jako je pruhovitost, mrakovitost či moiré efekt [16].

$$CV_m = \frac{100}{\bar{m}} \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L (m(l) - \bar{m})^2 dl} \quad (2.8)$$

2.4 CHLUPATOST PŘÍZÍ

Chlupatost povrchu textilie je definována jako množství volných konců vláken nebo vlákněných smyček, vystupujících z povrchu textilie [13]. Ke vzniku chlupatosti dochází u staplových přízí, kde jsou vlákna stlačována kolem osy příze působením tlaku, způsobeným zákrutem. Se zvyšujícím se poloměrem příze se stlačování snižuje, čímž dochází i ke snížení hustoty výskytu vláken. Na povrchu přízí počet vláken klesá a vyskytují se zde pouze osamocené volné konce vláken [17].

Abychom byli schopni chlupatost příze měřit, je nezbytné určit její povrch, což může být problematické. Pro jeho určení jsou používány různé metodiky, závislé však na charakteristikách, které chceme kvantifikovat. Vnější oblast obsahuje nenapjaté úseky vláken, jež se do určité míry chovají nezávisle. Právě tato oblast je označována jako chlupatost. Na základě množství hmoty lze tuto oblast dále rozdělit na oblast husté chlupatosti a oblast řídké chlupatosti [13].



Obrázek 2.4: Znázornění úseků příze [13]

2.4.1 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ CHLUPATOST PŘÍZÍ

Chlupatost přízí je ovlivněna třemi hlavními faktory, mezi které patří vlastnosti vláknenného materiálu, parametry příze a technologie výroby [18].

Vlastnosti vláknenného materiálu:

- Délka vláken – Má velký vliv na chlupatost textile. Patrné je to při porovnání chlupatosti prstencové příze mykané a česané. Do procesu výroby příze česané jsou zařazeny technologické operace, umožňující efektivní odstranění krátkých, avšak spřadatelných vláken. Tím dochází k vylepšení uspořádání vláken, která mají výrazně delší staplovou délku. Tato úprava vede ke zvýšení kvality příze, konkrétně k redukci hmotné nestejnomy, snížení výskytu vad a výraznému snížení chlupatosti ve srovnání s přízí mykanou vyrobenou ze shodné suroviny při stejném nastavení dopřádacího stroje. Z toho vyplývá, že čím kratší vlákna jsou, tím se chlupatost zvyšuje. Je to způsobeno tím, že krátká vlákna mají větší tendenci migrovat na povrch a vystupovat z povrchu příze. Chlupatost lze do určité míry snižovat přidáním delších vláken. Je nutné zajistit, aby v materiálu byl obsažen určitý podíl tzv. nosné složky (od 10-20 %), která zajistí dostatečnou soudržnost vláknenné suroviny při zpracování a ve výsledné struktuře příze. Naopak přidáním odpadních vláken chlupatost roste [18].
- Jemnost vláken – Pokud předpokládáme, že hrubší vlákna jsou tužší, budou klást větší odpor proti kroucení, a tím pádem vyčnívat z povrchu příze [18]. Zároveň bude příze vykazovat horší míru uspořádání v průřezu, což se projeví ve zhoršení hmotné nestejnomy, větším výskytu vad a vyšší chlupatosti při porovnání s přízí se stejnými konstrukčními parametry a podmínkami výroby, avšak vyrobenou z vláken jemnějších. V tomto případě bude platit, že čím větší je jemnost vláken, tím větší je i chlupatost. Je však důležité zmínit, že u bavlněných vláken jsou rozdíly v jemnosti a ohybové tuhosti obvykle malé a v některých případech mohou být zanedbatelné. Odlišnosti se však objevují pokud se jedná o vlákna získaná z odpadních již zušlechtěných textilií, kdy např. díky vyvážce dochází k odstranění tuků a vosků z povrchu bavlněných vláken a díky merceraci k botnání vláken, což vede ke změně povrchových vlastností, ohybové tuhosti, jemnosti i pevnosti vláken.
- Koeficient tření vláken – Pomocí koeficientu tření lze popsat velikost třecí síly vznikající mezi jednotlivými vlákny nebo mezi vlákny a dalším povrchem. Vysoký koeficient tření mezi vlákny, který je zvyšován pomocí zákrutu, zlepšuje soudržnost příze a znesnadňuje migraci vláken na povrch [12]. Naopak při vzniku třecí síly mezi vlákny a dalším povrchem dochází k povytahování vláken ze struktury příze a tím

i k růstu chlupatosti.

Koeficient tření je zároveň velmi důležitým parametrem právě při zpracování odpadních vláken, neboť tato vlákna prošla odlišnými kroky zpracování a jejich povrch a koeficient tření proto může být odlišný. To představuje výzvu při mísení s primární bavlnou. Vlákna se mohou chovat odlišně a způsobovat nerovnoměrné promísení suroviny a horší uspořádání vláken, což může opět negativně ovlivňovat chlupatost.

Parametry příze:

- Jemnost příze – Při použití vláken stejné jemnosti roste spolu s jemností příze i počet vláken v příčném řezu příze, a tedy i pravděpodobnost výskytu volných konců či smyček na povrchu příze. Lze tedy říci, že s rostoucí jemností příze roste chlupatost příze.
- Zákrut příze – Množství volných konců vláken, které vyčnívají z příze, nesouvisí s počtem zákrutů příze, nicméně s narůstajícím počtem zákrutů klesá počet a délka vlákenných smyček v blízkosti povrchu příze. Je to způsobeno zvýšeným působením tlaku v důsledku zákrutu, a tudíž větším přilnutím vláken k povrchu příze.

Technologie výroby:

Problematika vlivu technologie na chlupatost je poměrně komplikovaná, protože je nutné zohlednit mnoho faktorů a parametrů. Vzhledem k charakteru práce zmíním pouze které faktory mohou ovlivňovat chlupatost příze vyrobené rotorovou technologií. Rotorová příze obecně vykazuje menší chlupatost než příze prstencová, což je dáno specifickou strukturou a faktem, že vlákna jsou v rotoru lépe kontrolována. Hlavními faktory, které ovlivňují chlupatost rotorové příze, jsou povrch rotoru, jeho průměr a otáčky [19].

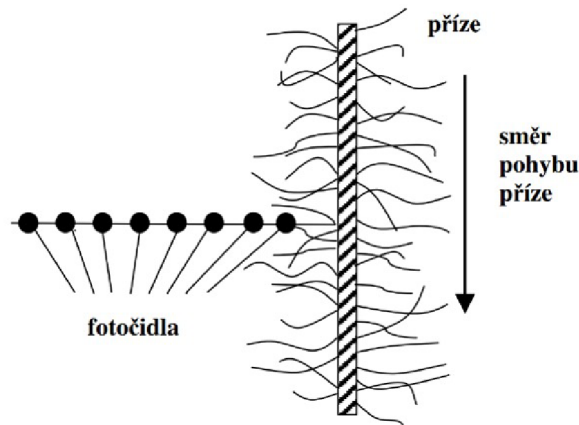
2.4.2 MĚŘENÍ CHLUPATOSTI PŘÍZÍ

V následující části popisují zařízení, která byla využita k měření chlupatosti přízí, použitých v této bakalářské práci.

a) Zweigle G 567

Měřicí zařízení Zweigle G 567 vyhodnocuje délku chlupů a rozřazuje je do kategorií S_{12} a S_3 . Měření funguje na optickém principu – měřená příze prochází mezi zdrojem světla a fotočidly. Stanovením oblasti, kde dochází k minimálnímu kolísání intenzity dopadajícího světla na fotosenzory, je možné definovat povrch příze. Místa, kde dojde k poklesu dopadajícího světla pod určitou mez, je pak zaznamenán výskyt odstávajícího vlákna v dané vzdálenosti od povrchu příze. Tyto výskyty jsou rozřazeny do délkových kategorií a pro kvantifikaci jsou použita sumační kritéria specifikující množství dvou typů odstávajících vláken - nacházejících se v oblasti do 2 mm od povrchu příze (S_{12}) a ve vzdále-

nosti nad 3 mm (S_3) [18]. Novější verze přístroje je nyní nabízena pod názvem Uster Zweigle HL400 [17].

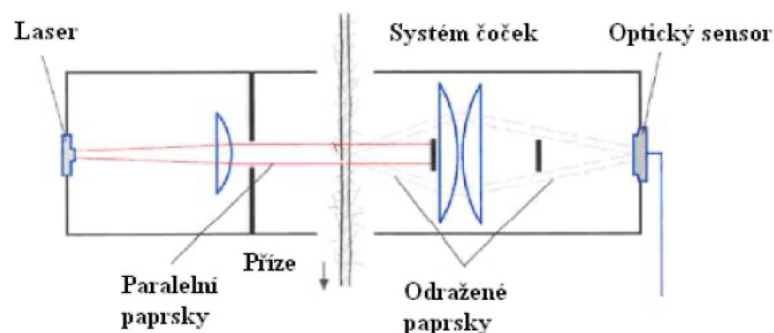


Obrázek 2.5: Princip měření chlupatosti přízí na Zweigle G 567 [18]

b) Uster Tester 6

Uster Tester 6, který byl na trhu představen v roce 2015, zajišťuje komplexní měření kvality přízí. Mezi vyhodnocované veličiny patří mimo chlupatosti i hmotná nestejnost, průměr, hustota, tvar, zákrut, či počet nečistot [20]. Uster Tester 6 má nově 2 senzory měřící chlupatost – senzor OH a senzor HL.

Oproti generaci Uster Tester 5 byl přidán senzor HL, vyhodnocující rozdělení vláken do délkových kategorií, a tedy plně nahrazuje funkci stroje Uster Zweigle. Senzor OH měří index chlupatosti H , určující souhrnnou délku volných konců vláken. Měření funguje na principu prosvěcování příze infračerveným zářením, které je přízí a chlupy rozptylováno, pomocí senzorů snímáno a vyhodnocováno [18].



Obrázek 2.6: Princip měření chlupatosti na Uster Tester 4-SX [21]

Pro měření chlupatosti přízí použitých v této bakalářské práci byla použita starší verze stroje – Uster Tester 4-SX, který funguje na

podobném principu jako generace Uster Tester 5. Tedy vyhodnocuje pouze index chlupatosti H . Z toho důvodu byl k měření sumačních kritérií S_{12} a S_3 použit stroj Zweigle G 567.

Chlupatost přízí lze popsat dvěma základními způsoby:

- a) Indexem chlupatosti H – Je hodnocen opticky - souvisí s množstvím rozptýleného světla na povrchu vláken, které z povrchu příze vystupují a je úměrný úhrnné délce všech chlupů vztažených na 1 cm příze. Index chlupatosti H je tudíž bezrozměrnou veličinu [19].

- b) Rozdělením do délkových kategorií S_{12} , S_3 – Při tomto typu optického měření jsou detekována vlákna v definovaném odstupu od povrchu příze v délkových kategoriích od 1 mm do k . Výstupem je četnost chlupů v daných kategoriích. Je definováno součtové kritérium S_{12} , vyjádřeno vztahem (2.9), ve kterém jsou započítány chlupy z délkových kategorií 1 mm a 2 mm a součtové kritérium S_3 , vyjádřeno vztahem (2.10) zahrnující všechny detekované konce vláken v odstupu od povrchu příze od 3 mm do k [17]. Výhodou je, že je chlupatost rozdělena do dvou typů chlupatosti. S_{12} popisuje chlupatost příze z pohledu množství vláken vyskytujících se v blízkosti povrchu maximálně do 2 mm a S_3 indikuje výskyt dlouhých vláken, nacházejících se více než 3 mm od povrchu textilie.

$$S_{12} = \sum_{i=1}^{i=2} n_i \quad (2.9)$$

$$S_3 = \sum_{i=3}^k n_i \quad (2.10)$$

2.5 CHLUPATOST PLOŠNÝCH TEXTILIÍ

Vlastnosti plošných textilií jsou kromě konstrukčních parametrů textilií formovány i vlastnostmi jednotlivých vláken a délkových textilií, ze kterých jsou vyráběny. Proto i projevy chlupatosti souvisí s danými vlastnostmi příslušných vláken a přízí [12]. Čím větší bude chlupatost přízí, tím větší lze očekávat chlupatost plošných textilií.

Jak již bylo zmíněno, chlupatost povrchu textilie popisuje množství volných konců vláken nebo vlákenných smyček, vystupujících z povrchu příze či plošné textilie [13]. Je to důležitá vlastnost, kterou je potřeba vyhodnocovat, neboť ovlivňuje jak výrobu, tak vzhled textilie a může být vnímána jak pozitivně, tak negativně.

Výskyt krátkých vláken na povrchu může způsobit, že textilie působí měkčím dojmem, a tudíž zvyšovat pohodlí při kontaktu s pokožkou [22]. Především u vlasových textilií je způsob uspořádání vláken na povrchu nedílnou součástí hodnocení kvality (například u manžestrů nebo počesaných textilií). Podle Breugnot má chlupatost významný vliv na odpověď mechanoreceptorů během stimulace textilního materiálu [23]. Je však důležité zmínit, že hodnocení komfortu zůstává obtížným předmětem objektivního hodnocení.

Nicméně chlupatost působí i negativně. Nadměrná chlupatost příze může být příčinou zvýšené přetrhovosti při jejím zpracování do plošné textilie a tím komplikovat výrobu [24]. Zároveň ovlivňuje charakter povrchu textilie a tím i užité vlastnosti, jako je omak, žmolkovitost a vzhled. Zvýšená chlupatost plošných textilií může vést nejen ke snadnějšímu opotřebení vlivem tření a tedy snižovat jeho estetickou hodnotu a životnost, ale i k problémům spojeným s rovnoměrností vybarvení. Nerovnoměrná chlupatost může způsobit nerovnoměrnou absorpci barviva, což vede k vadám a nežádoucím odchylkám v barevnosti [25]. Z tohoto důvodu bývá často při procesu zušlechťování zařazováno požehování či specifické enzymatické úpravy, které mají za úkol volné konce vláken odstranit [26].

Měření chlupatosti plošných textilií je důležitým aspektem kontroly kvality v textilním průmyslu, pro zaručení nejen estetické, ale i funkční kvality textilních výrobků. V následující části bude popsáno, jakými způsoby lze chlupatost plošných textilií měřit.

Měření chlupatosti plošných textilií představuje důležitý aspekt při kontrole jejich kvality, jelikož ovlivňuje jak estetické, tak funkční vlastnosti výrobků. Nicméně toto měření zahrnuje spoustu komplikací a je problematické zajistit spolehlivé, objektivní a reprodukovatelné vyhodnocení [27]. Z tohoto důvodu se v posledních letech stalo měření chlupatosti plošných textilií předmětem

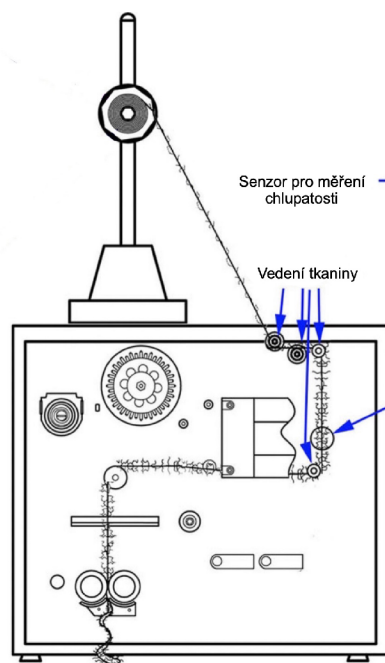
intenzivního výzkumu, přičemž různé přístupy a metodiky byly navrhovány a zkoušeny s cílem nalézt nejvhodnější způsob měření. V následující kapitole představují některé z těchto přístupů a jejich přínosy pro zlepšení kontroly kvality plošných textilií.

2.5.1 MĚŘENÍ CHLUPATOSTI PLOŠNÝCH TEXTILIÍ

a) Gravimetrická metoda

Chlupatost je možné měřit i pomocí gravimetrické metody. Při této metodě jsou vlákna odstraněna z povrchu textilie pomocí postřihovacího strojeku nebo na požehovacích strojích v plné šíři tkaniny. Textilie je zvážena před odstraněním a po odstranění vláken, rozdílem je váha vláken odstraněných z povrchu [12,25]. Výsledným parametrem je pouze hmotnost vláken, nikoliv však informace o jejich rozložení na povrchu.

b) Upravené zařízení určené původně pro testování chlupatosti příze U této metody byl pro měření chlupatosti tkanin použit měřicí přístroj YG172A, který standartně slouží k měření chlupatosti příze a pro tuto metodu byl pouze doplněn o vodící aparát. Tkaniny byly nastříhány na různě široké proužky - 2 mm, 3 mm, 4 mm a 5 mm. Stejně široké proužky byly slepeny tak, aby vytvořily 5 m dlouhé pásy a následně testovány.



Obrázek 2.7: Přístroj YG172A upravený pro měření chlupatosti tkanin[28]

S rostoucí šířkou pásů docházelo k nárůstu chlupatosti, který však nebyl poměrný šířce pásu, ale klesající. Lze předpokládat, že příčinou bylo vzájemné překrývání vláken v šířce pásu. Zároveň byla měřena chlupatost pásů před a po odstranění chlupů, kde u pásů všech šířek byl zaznamenán pokles chlupatosti. Lze tedy předpokládat, že plošné textilie různých chlupatostí by na základě této metody mohly být identifikovány [28].

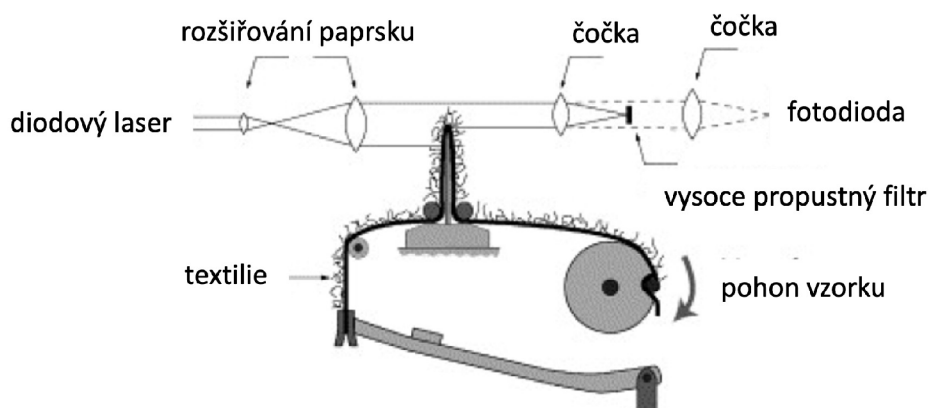
c) Optické měření chlupatosti založené na analýze pohledu na strukturu textilie

Metodiky navržené a představené v odborných člancích, které zpracovávají obrazy pohledů na textilii jsou založeny na různých matematických principech a využívají například Fourierovu nebo vlnovou transformaci, neuronové sítě [27] nebo statistické techniky typu „random walking approach“. Ty byly v [29] použity pro hodnocení chlupatosti pletenin.

d) Optické měření chlupatosti s využitím snímání profilových obrazů přes hranu

Při této metodě je chlupatost textilií vyhodnocována z profilových snímků získaných převíjením přes hranu. Existují různé přístupy k vyhodnocování chlupatosti textilií a jejich rozdílnosti popisují dále.

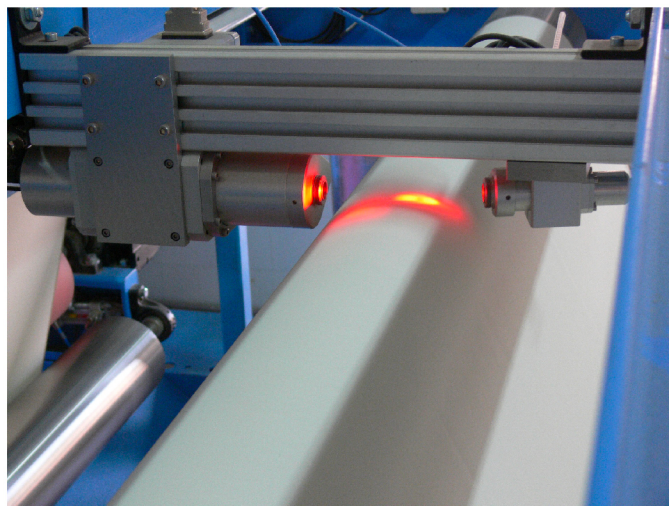
I. Testovaný materiál je upevněn na nosiči v pohyblivém zařízení a je rolován po svisle skloněné kovové desce. Tímto způsobem je možné osvětlit a měřit odstávající vlákna nacházející se nad povrchem textilie. Profil textilie nad hranou je osvětlen v šíři 2 cm a rozptýlené světlo je detekováno fotodiodou [12,30]. Světelný signál je úměrný kvantitě chlupů, avšak neudává bližší charakteristiky chlupatosti jako je například jejich délka.



Obrázek 2.8: Schéma zařízení pro optické měření chlupatosti [30]

II. U této metody jsou profilové snímky zpracovány pomocí obrazové analýzy, což spočívá v odhadu výšky, do které zasahují odstávající vlákna. Ta je stanovena s ohledem na porovnání jasu oblasti příslušející textilií a jasu nad jejím povrchem. Tyto parametry poskytují popis délky a hustoty vláken, což umožňuje poměrně přesnou charakteristiku chlupatosti. Index chlupatosti je poté vypočítán jako lineární konvoluce výšky a průměrného jasu oblasti s chlupatosti [27].

III. Tato metoda je využívána u požehovacích strojů firmy Osthoff-Senge a slouží k hodnocení efektivity požehování pomocí měření chlupatosti. Tu lze měřit po celé šíři tkaných i pletených textilií nebo po celém obvodu u okrouhlých úpletů. Výsledky měření jsou vyhodnocovány online a dokáží reagovat na hodnoty chlupatosti případnou úpravou nastavení procesu požehování. Systém se skládá ze zdroje světla a monochromatické kamery. Snímaný signál je vyhodnocován pomocí analytického programu, určujícího dolní limit (povrch textilie) a horní limit (nejvzdálenější bod, kde mohou být detekována odstávající vlákna). Vzdálenost mezi nimi odpovídá délce chlupu. Pro kvantifikaci je využíváno souhrnné kritérium specifikující množství odstávajících vláken nad povrchem textilie ve sledované oblasti. Systém následně počítá průměrnou hodnotu a směrodatnou odchylku. Průměrná hodnota odráží stupeň požehování (jak krátké jsou chlupy obecně) a směrodatná odchylka odráží kvalitu požehování (rovnoměrnost délky chlupů) [29].

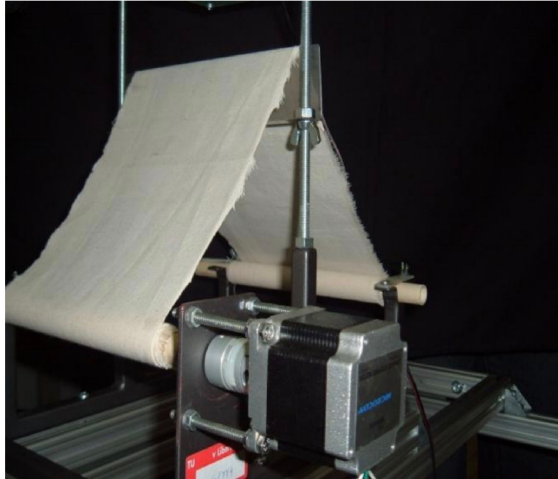


Obrázek 2.9: Systém pro měření chlupatosti na požehovacím stroji firmy Osthoff-Senge [29]

IV. Poslední metodou je RCM systém, umožňující detailní analýzu povrchových vlastností textilií prostřednictvím kontrolovaného převíjení textilie přes hranu za pomoci krokového motorku a následného

zpracování snímků. Původně byl vyvinut pro bezkontaktní měření drsnosti materiálu, ale později byl použit i pro vyhodnocování chlupatosti a žmolkovitosti.

V této bakalářské práci je RCM systém využit k měření chlupatosti tkanin a je blíže popsán v experimentální části této práce. Zároveň jsou zmíněny návrhy pro vylepšení a úpravu nastavení.



Obrázek 2.10: RCM systém a způsob vedení tkaniny přes měřící hranu [31]

Je tedy zřejmé, že existuje více přístupů s různými výhodami a nevýhodami. U gravimetrické metody je limitací fakt, že stanoví pouze váhu vláken, nikoliv jejich charakter, rozmístění, či délku. Zároveň je potřeba velké množství materiálu a velmi přesné váhy.

Metoda využívající přístroje pro měření chlupatosti přízí nabízí poměrně rychlou a jednoduchou možnost identifikovat rozdíly v chlupatosti různých textilií. Nicméně její omezení je v měření tkanin s velmi hustou či naopak řídkou dostavou. Autoři [28] zmiňují, že přesnost měření klesá při testování širších pásů textilie, neboť dochází k vzájemnému překrytí vláken v šířce pásu. To by mohl být problém právě při měření chlupatosti tkanin s vysokou dostavou. Naopak u tkanin s malou dostavou by mohl být problém s přípravou pásů. Ty mohou mít pouze omezenou šířku, což by u tkanin s malou dostavou mohlo působit problém se soudržností struktury. Také by po vystřížení pásů mohlo docházet k uvolňování krajních nití a volné konce v krajích tkanin by tím pádem mohly zvyšovat měřenou chlupatost.

Při optickém měření chlupatosti pomocí analýzy struktury může být problematické hodnocení textilií různých textur s různě barevnými vlákny nebo vzory.

Optické měření chlupatosti s využitím snímání profilových obrazů přes hranu se zdá být technikou s výraznou potenciální přesností, avšak jednotlivé metodiky měření jsou odlišné a mají také své limity. Metody I., II. a III. (zmiňované výše v textu) mají omezení v popisu širší charakteristiky chlupatosti a přestože lze získat představu o souhrnném množství chlupů pro daný profilový obraz, není možné zjistit distribuci nebo případný výkyv ve vybrané oblasti. To je u RCM systému (IV. metody) možné, limitací je však omezená délka vzorku, která může být proměřena aniž by došlo ke změně velikosti kroku vlivem změny velikosti nábalu materiálu. Další limity RCM systému jsou zmíněny v [31].

Celkově lze tedy říci, že žádná z metod není dokonalá a je nutné zvážit jednotlivé výhody a nevýhody. Optimální volba metody měření chlupatosti plošných textilií by měla zohledňovat požadavky na přesnost, úroveň detailů a praktickou proveditelnost u konkrétní aplikace. Osobně si ale myslím, že metody používající obrazovou analýzu vykazují největší potenciál v dosažení spolehlivého a podrobného vyhodnocování chlupatosti textilií.

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 CÍL EXPERIMENTU

Cílem experimentální části této bakalářské práce je ověřit, zda je možné navrhnout a realizovat modifikaci systému RCM tak, aby došlo k odstranění některých jeho omezení pro hodnocení míry rozvolnění povrchu plošných textilií a eventuálně definovat vhodná kritéria pro popis chlupatosti plošných textilií. Dále ověřit, zda lze pro popis míry rozvolnění povrchu - „chlupatosti textilií“ využít charakteristiky vycházející ze stávajících používaných charakteristik pro popis chlupatostí přízí. V neposlední řadě je cílem navrhnout a realizovat měření na souboru tkanin vyrobených z přízí obsahujících různý podíl vláken získaných mechanickým rozvolněním z předspotřebitelského odpadu z přípravy pro předení a předení a posoudit, zda je možné sledovat odlišnosti v míře rozvolnění jejich povrchu.

V následující části práce jsou blíže popsány vzorky, postup měření a způsob jejich vyhodnocení. Každý vzorek je nasnímán pomocí digitální kamery a dále zpracován pomocí obrazové analýzy. Získané výsledky jsou statisticky zpracovány a vyhodnoceny s cílem identifikovat jakékoliv signifikantní rozdíly mezi různými poměry materiálů.

3.2 POPIS EXPERIMENTU, PŘÍPRAVY A POUŽITÝCH VZORKŮ

Vláknenný materiál:

Vzhledem k cílům této práce byla pro výrobu rotorových přízí použita vlákna získaná z předspotřebitelského odpadu z přípravy pro předení a předení. Rotorové příze, které byly následně použity pro útkový směr tkanin, byly vyrobeny ve firmě Rieter CZ s.r.o.. Příze byly vyrobeny ze směsi primární bavlny a odpadových vláken, která vznikala v přádelnách při přípravě materiálu k předení. Opakovaně využitá bavlněná vlákna byla získána z výroby bavlněných přízí různého typu (prstencových, kompaktních, rotorových) a kvality ve smyslu finálního použití (tkalcovské, pletařské příze). Použity byly odpady z procesu přípravy vláknenného materiálu, mykání, předpřádání i předení.

Konkrétně se jednalo o odpad z čistírenských linek, mykacích strojů, zbytky pramenů, přástů, přízí a další. Takto získaná vlákna byla poté mísená s primární bavlnou v různých poměrech. Tímto způsobem byly vyrobeny prameny s pěti různými poměry, které jsou znázorněny v tabulce číslo 1. Tyto prameny byly dále zpracovány do přízí. Příze pro osnovní směr byly vyrobeny ze 100 % primární bavlny z důvodu vyššího nároku na pevnost osnovních přízí vzhledem k technologii tkaní [10].

Tabulka č.1: Způsob mísení vlákenného materiálu při výrobě pramenů pro předení [10]

<i>CO</i> [%]	100	75	50	25	0
<i>CO_{waste}</i> [%]	0	25	50	75	100

Vlákenné směsi byly vzhledem se svému rozlišnému charakteru testovány pomocí USTER®AFIS, aby mohla být porovnána jejich kvalita. Zjišťována byla střední délka vláken a její variabilita, obsah krátkých vláken, obsah nopků, obsah prachu a obsah nečistot. Z výsledků zobrazených v tabulce číslo 2 je patrné, že s rostoucím obsahem odpadových vláken ve směsi dochází k poklesu střední délky vláken, naopak variabilita délky, obsah krátkých vláken a počet nečistot roste [10].

Tabulka č.2: Kvalita vlákenného materiálu [10]

<i>CO_{waste}</i> [%]	0	25	50	75	100
<i>L_n</i> [mm]	19,6	18,7	18,1	17	16,1
<i>L_n CV</i> [%]	45,2	48,3	50,2	53,1	54,9
<i>SFC_n</i> [%] <12,7 [mm]	24,1	28,1	30	34,7	38,2
<i>Neps</i> [Cnt/g]	74	138	196	289	412
<i>Dust_{vl,m}</i> [Cnt/g]	146	350	486	711	1004
<i>Trash_{vl,m}</i> [Cnt/g]	9	32	50	92	122

Příze:

Příze byly vyrobeny v přádelnách firmy Rieter CZ s.r.o. na dopřádacím roto-rovém stroji R37. Celkem byly vyrobeny 3 sady přízí, pro jejichž výrobu byly použity 3 typy čistících kanálů. Pro tuto práci byla zvolena sada přízí vyrobená s čistícím kanálem C. Jelikož jednotlivé příze měly rozdílnou kvalitu vstupní suroviny (především z hlediska délky vláken a míry znečištění), při jejich výrobě byly upraveny konstrukční parametry. Pro příze s vyšším obsahem odpadových vláken byl použit vyšší zákrut, což ovlivnilo i parametry související se zákrutem – odváděcí rychlost, otáčky rotoru a otáčky vyčesávacího válečku. Ostatní strojní parametry zůstaly neměnné. Parametry jsou uvedeny v tabulce číslo 3. Kvalitativní charakteristiky přízí jsou uvedeny v tabulce číslo 4.

Tabulka č.3: Parametry předení pro rotorový dopřádací stroj R37 (čistící kanál C) [10]

CO_{waste} [%]	0	25	50	75	100
Jemnost pramene [tex]	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000
Jemnost příze [tex]	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5
Průtah [-]	203	203	203	203	203
Zákrut [m^{-1}]	796	827	901	932	985
Otáčky rotoru [min^{-1}]	110 000	105 000	100 000	100 000	100 000
Otáčky vyčesávacího válečku [min^{-1}]	9 000	9 500	10 000	10 000	10 000
Odváděcí rychlost [$m\ min^{-1}$]	138,2	127,0	111,0	107,3	101,5

Tabulka č.4: Parametry přízí [10]

CO_{waste} [%]	0	25	50	75	100
CV_m [%]	12,93	13,49	13,38	13,54	13,68
H [-]	4,03	4,16	4,49	4,65	5,12
S_{12} [1/100 m]	2793	2536	2833	2561	4375
S_3 [1/100 m]	487	346	500	314	537
R [cNtex $^{-1}$]	10,96	10,40	9,63	8,71	8,62

Výroba tkanin:

Ke tkaní vzorků byl použit jehlový tkací stroj Somet s elektronickým prošlupným žakárským zařízením Stäubli. Jako osnovní nitě byly použity dvojmo skané prstencové příze o jemnosti 2×6 tex. Jako nitě útkové byly použity rotorové příze s různým obsahem odpadových vláken o jemnosti 29,5 tex. S ohledem na kvalitu rotorových přízí (především mechanicko-fyzikální vlastnosti) je nebylo možné použít jako příze osnovní bez toho, aby byly seskány nebo šlichtovány. Tkaniny byly vytkány v plátnové vazbě s dostavou osnovy 290 nití/10 cm a v útkovém směru dostavou 200 nití/10 cm [10]. Konstrukční parametry jsou popsány v tabulce číslo 5. Jejich konstrukce byla volena s ohledem na možnou aplikaci a použití ve finálním výrobku (lehké tkaniny určené pro dámské šatovky nebo halenky nebo domácenský textil). Přestože tkaniny v plátnové vazbě jsou běžně tkány na listových tkacích strojích, pro výrobu byl použit žakárský tkací stroj. To by v praxi nebylo výhodné, neboť výroba by byla zbytečně nákladná. V případě vytkání těchto vzorků to však výhodné bylo vzhledem k navedené osnově v žakárském tkacím stroji.

Tabulka č.5: Konstrukční parametry tkanin [10]

CO_{waste} [%]	0 / 25 / 50 / 75 / 100
Vazba tkaniny	P1/1
T_o [tex]	6x2
T_u [tex]	29,5
$D_{o.stroj}$ [Cnt/10 cm]	290
$D_{u.stroj}$ [Cnt/10 cm]	200

Vzhledem k charakteru vlákenného materiálu docházelo při tkaní k uvolňování krátkých vláken, částí vláken a vlákenného prachu a tím i k většímu špinění stroje, a tudíž bylo nutné stroj častěji čistit. Další komplikací byla větší přetrhovost útkových nití, především při použití přízí s vyšším obsahem odpadových vláken, tedy CO_{waste} 75 % a CO_{waste} 100 %. U vyššího obsahu odpadových vláken byl také patrný rustikálnější vzhled textilie a s rostoucím obsahem odpadových vláken také viditelně rostlo množství nečistot na povrchu tkaniny. Popis vzorků vlákenného materiálu, přízí a tkanin byl převzat z bakalářské práce Anastasie Inozemtsevy, která ve své práci používala stejné vzorky.

3.3 HODNOCENÍ MÍRY ROZVOLNĚNÍ POVRCHU TEXTILIE - PŮVODNÍ METODIKA

Hodnocení míry rozvolnění povrchu tkanin bylo provedeno pomocí RCM systému, což je bezkontaktní měřicí systém, který se skládá ze:

- snímacího zařízení – digitální kamery s optickou soustavou,
- krokového motorku spojeného s navíjecím zařízením,
- systému osvětlení,
- a měřicí kovové hrany o šířce cca 2 mm.

Snímací zařízení je tvořeno digitální kamerou určené pro snímání rychle se pohybujících objektů a optickou soustavou NAVITAR 12x Zoom Vision System, která zajišťuje přiblížení a zaostření obrazu.

Krokový motor Microcon řady SX23-1012 má za funkci pohybovat vzorkem pomocí otáčení rolovacího zařízení, na němž je vzorek navinut. Krokový motor pohybuje vzorkem v krocích, jejichž velikost, rychlost a počet lze nastavit pomocí řídicího počítače v programu Microcon Inmotion.

Původní postup měření je navržen následovně: před samotným měřením je vzorek umístěn na rolovací zařízení. Je zvoleno zvětšení (optická soustava NAVITAR 12x Zoom Vision System umožňuje dvanácti násobné zvětšení) a zaostření obrazu. Dále je specifikován způsob pohybu motorku (velikost kroku, rychlost převíjení a doba, kdy je motorek v klidu, aby mohlo dojít ke snímání dílčích obrazů). Hodnocení chlupatosti textilie je realizováno díky sekvenci obrazů v definovaném odstupu s využitím prostorových statistik [32,33].

Obecně je možné postup popsat v následujících krocích.

- A. Příprava na snímání
- B. Vlastní snímání
- C. Zpracování snímků
- D. Vyhodnocení získaných dat

Navržené dílčí úpravy se týkaly všech kroků a v následující kapitole jsou popsány.

3.4 HODNOCENÍ MÍRY ROZVOLNĚNÍ POVRCHU TEXTILIE - MODIFIKOVANÁ METODIKA

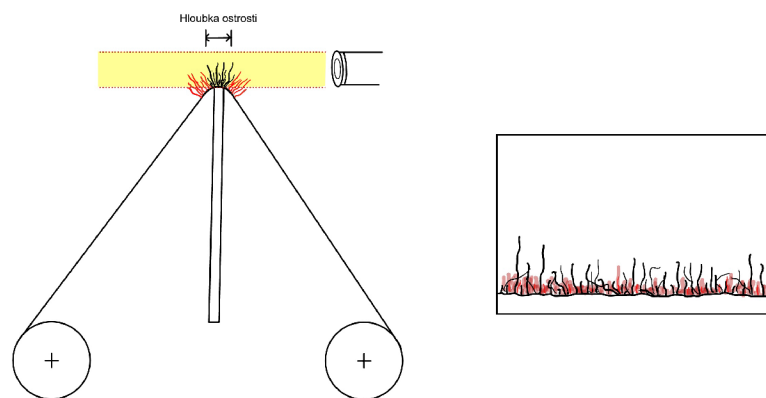
A. Příprava na snímání

K měření bylo použito 5 tkanin s různým podílem odpadových vláken, přičemž z každé tkaniny byly nastříhány vzorky v osnovním směru. Vzorky byly odebírány ze stejné části osnovy, aby vliv chlupatosti těchto nití byl u všech vzorků pokud možno stejný. Vzorky byly stříhány jako 10 cm široké a přibližně 50 cm dlouhé pásy. K jejich koncům byla poté přišita vodící textilie, aby mohla být proměřena co nejdelší část pásu. Celkem bylo připraveno 5 vzorků, které byly měřeny na katedře KMI FT TUL pomocí systému RCM.

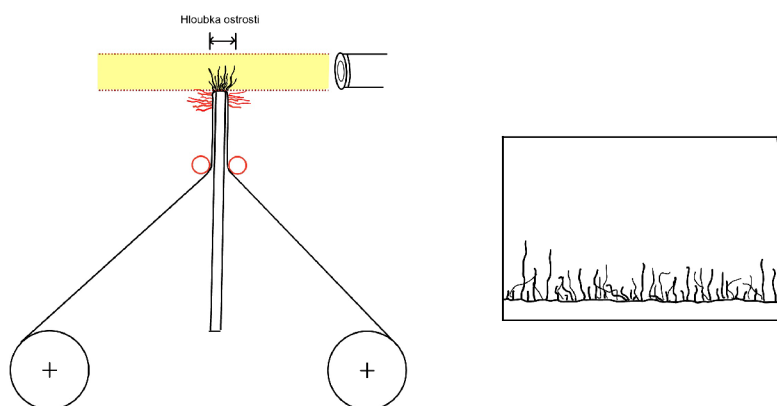
Zařízení bylo oproti předchozí verzi dodatečně upraveno přidáním pomocných válečků k snímací hraně. Cílem bylo zajistit, aby byla snímána pouze vlákna vyskytující se v hloubce ostrosti kamery. To u předchozí verze zajištěno nebylo, což vedlo k tomu, že byla nasnímána i vlákna nacházející se mimo hloubku ostrosti (před a za). Tím došlo k tomu, že nasnímané profilové obrázky plošné textilie se v blízkosti povrchu jeví jako rozmazané a bylo obtížné identifikovat jednotlivá vlákna. Úprava je znázorněna na obrázcích 3.6.

Pomocné válečky byly zároveň umístěny pouze v pravé a levé části textilie, nikoliv uprostřed - tedy v místech, kde dochází ke snímání tkaniny, a tudíž by neměly ovlivnit výslednou chlupatost textilie, protože v měřící zóně nedojde k ovlivnění uspořádání vláken.

Změněn byl nejen způsob vedení textilie přes hranu, ale i **způsob osvitu**. Původní osvětlení textilie z vrchu bylo nahrazeno osvětlením zezadu, což umožnilo zobrazení vláken nad povrchem materiálu. Obě úpravy jsou zobrazeny na obrázku 3.7.

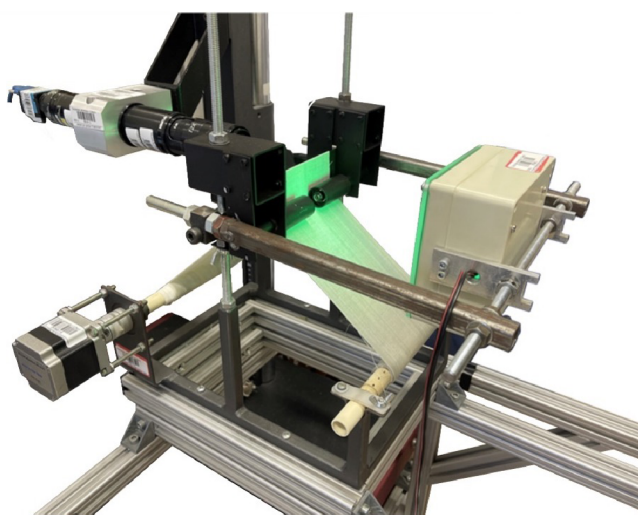


(a) Původní uspořádání převíjené textilie a schéma profilového obrázku textilie



(b) Inovované uspořádání převíjené textilie a schéma profilového obrázku textilie

Obrázek 3.6: Úprava RCM systému přidáním válečků



Obrázek 3.7: Uspořádání měřícího zařízení

Před samotným měřením byly dodrženy následující přípravné kroky:

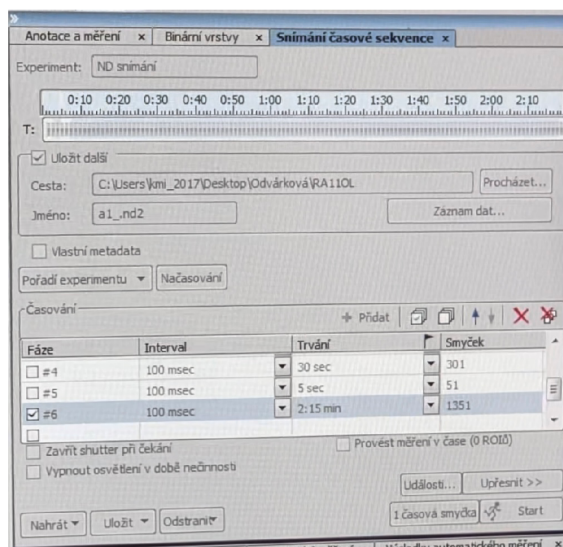
1. Zapnutí počítače a přihlášení do systému
2. Spuštění ovládání krokového motoru a volba rychlosti
3. Zapnutí osvětlení
4. Zapnutí digitální kamery
5. Příprava snímacího systému spočívající ve volbě kamery, kontrole přiblížení a zaostření snímku
6. Korekce stínů pozadí
7. Provléknutí vzorku přes měřicí hranu a navinutí na rolovací zařízení
8. Nastavení výšky snímací hrany
9. Příprava snímacího systému spočívající v kontrole přiblížení a zaostření snímku

Některé z kroků nyní detailněji popíšu:

2. Spuštění ovládání krokového motoru a volba rychlosti - při volbě rychlosti závisí na typu textilie a způsobu vyhodnocování profilových obrazů. V této práci jsou obrazy snímány v sekvenci. Vzdálenost mezi jednotlivými snímky se nazývá krok a v této práci byl 0,4 mm. Pokud má být mezi snímanými obrazy stejný časový odstup (krok), je nutné omezit jejich množství tak, aby nedošlo ke změně velikosti kroku vlivem změny velikosti nábalu materiálu. Jedna otáčka krokového motoru má 200 mikrokroků. Pokud dojde ke změně velikosti průměru nábalu, dojde při pootočení o jeden krok k odlišnému posunu textilie (vlivem jiné úhlové dráhy).

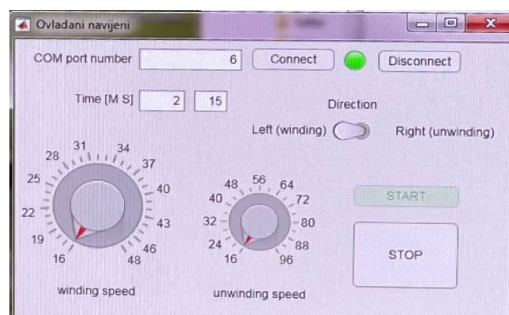
V nastavení časové sekvence NIS Elements (obrázek 3.8) je nejprve nutné nastavit podmínky časové sekvence jako je interval mezi snímáním jednotlivých snímků a celkovou dobu snímání (v NIS Elements jako trvání).

Je také důležité synchronizovat pohyb textilie, správné nastavení časové prodlevy pro ukládání v obrazové analýze a dobu snímání. Důvodem je fakt, že časová prodleva se zvolenou rychlostí definuje vzdálenost mezi jednotlivými profilovými snímky v sekvenci. Celkový počet obrazů souvisí nejen s dobou snímání, ale je také důležité zohlednit změnu průměru nábalu (a s tím související změnu vzdálenosti mezi jednotlivými snímky).



Obrázek 3.8: Nastavení časové sekvence v NIS Elements

Oproti předchozí verzi bylo také změněno ovládání krokového motorku. V aktuální verzi lze pouze nastavit rychlost a směr pohybu, nikoliv počet kroků, jejich velikost a eventuálně prodlevu mezi nimi. Tato varianta je uživatelsky více přívětivá než původní obsluha pomocí programu Microcon Inmotion, neposkytuje však uživateli tak vysokou flexibilitu jako tomu bylo u předchozí verze. Ukázka nastavení rychlosti motorku je na obrázku 3.9.



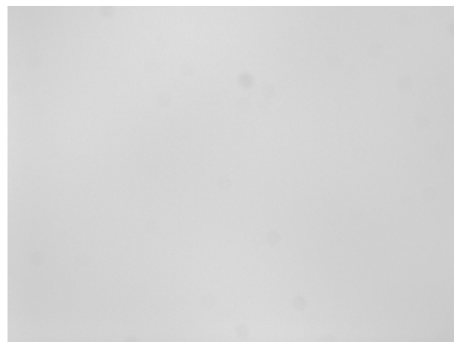
Obrázek 3.9: Nastavení rychlosti motorku

3. Intenzita osvitu - kromě zapnutí osvitu je důležité zkontrolovat jeho správnou intenzitu tak, aby došlo k zobrazení profilu textilie a zároveň byla viditelná odstávající vlákna nad ním.

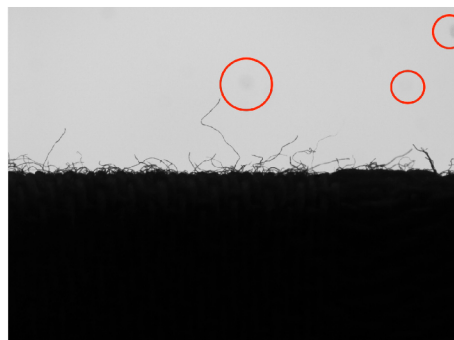
4. Zapnutí digitální kamery - nastavení kamery je prováděno před vlastním snímáním a to z pohledu parametrů snímání (Gain, Offset, Gamma, Saturation, Exposure). Pro měření v této práci byly nastaveny následující parametry: Gain - 1,1; Offset 3; Gamma 0,9; Saturation 0 a Exposure 12 ms.

5. Volba přiblížení - jsou voleny dva parametry: kalibrace, která udává velikost 1 pixelu ve fyzickém rozměru a rozlišení, které udává počet pixelů popisující obraz (šířka x výška obrazu v pixelech). Je důležité si uvědomit, jaká je velikost nejmenšího snímaného elementu (u snímání v této práci to byl průměr vlákna) a rozlišení a zvětšení zvolit tak, aby velikost jednoho pixelu byla menší než velikost nejmenšího elementu. Díky tomu je možné získat detailní informace o nejmenším elementu v obraze. Současně je však nezbytné, aby rozlišení obrazu umožňovalo efektivní zpracování většího počtu obrázků bez vysokovýkonného výpočetního počítačového systému. V této práci byla použita kalibrace 7 $\mu\text{m}/\text{pxl}$ a rozlišení 1600 \times 1200 pxl.

6. Korekce stínů pozadí - jako modifikaci systému navrhuji korekci stínů pozadí, díky které je možné odstranit veškeré nehomogenity a dosáhnout tak jednolitého pozadí, což je klíčové pro úspěšné oddělení objektů (chlupů a textile) od pozadí v obrazové analýze. Korekce stínů lze provést v programu NIS Elements pomocí cesty Snímat>Korekce stínů>Společná korekce pro všechny. Je možné vyvolat již nasnímané snímky a opakovaně je použít nebo nasnímat nové. V tom případě jsou snímány 2-3 obrázky a pro jejich získání je nutné posunout hranu textile mimo zorné pole a snímání tak provést bez hodnocené textile. Korekce je ukázána na obrázcích 3.10, 3.11, 3.12.



Obrázek 3.10: Korekční obraz pozadí - příklad



Obrázek 3.11: Profilový snímek tkaniny bez korekce pozadí



Obrázek 3.12: Profilový snímek tkaniny s korekcí pozadí

8. Nastavení výšky snímací hrany - lze provést pohybem hrany nahoru a dolů. Cílem bylo nastavit výšku tak, aby linie povrchu textilie byla co nejdále od horní hranice obrazu. Díky takovému nastavení je možné analyzovat potenciálně odstávající vlákna v co největším prostoru nad povrchem textilie.

B. Vlastní snímání

Přednastavená časová sekvence je spuštěna a je zahájeno snímání. To lze provést pomocí cesty Snímání>Časové sekvence>Nasnímat automaticky (případně lze nastavit vlastní časovou smyčku). Je také důležité zvolit cestu pro uložení snímků.

Spuštění krokového motoru se provádí pomocí programu v Matlabu (viz obrázek 3.9). Je důležité synchronizovat spuštění snímání spolu se spuštěním krokového motoru. Pokud tato podmínka není splněna a snímání je spuštěno dříve, jsou první snímky statické a musí být ze sekvence odstraněny. S tím je nutné počítat, pokud chceme měřit přesnou délku textilie a upravit nastavení tak, aby počet snímaných profilových obrazů byl cíleně větší. Zároveň pro porovnávání výsledků měření pro více textilií je dobré mít srovnatelný počet vyhodnocovaných snímků.

V této práci bylo celkem nasnímáno 5 sekvencí, každá o přibližně 700 snímcích.

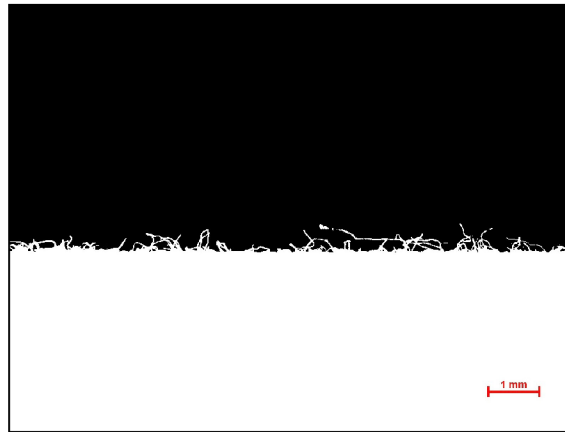
C. Zpracování snímků:

Nasnímané obrazové sekvence byly zpracovány v softwaru pro obrazovou analýzu – NIS Elements. Cílem bylo oddělit odstávající vlákna nacházející se nad povrchem textilie od struktury textilie, aby mohla být následně vyhodnocena. V následující části popíšu postup pro zpracování jednotlivých sekvencí.

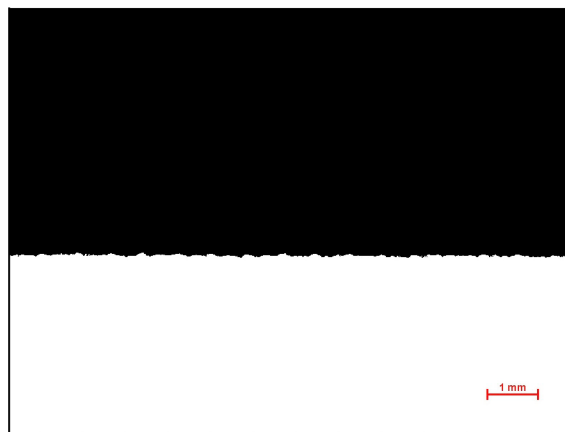
1. Snímky v sekvenci jsou převedeny na stupně šedi pomocí cesty Obraz > Převést > Převést na stupně šedi a následně naprahovány pomocí cesty Binární > Definovat prah. Snahou je najít takový prah, jenž umožní detekovat většinu vláken, která se nad povrchem textilie nachází a jsou

dostatečně zaostřena. Zároveň je práh volen u všech snímaných sekvencí shodným způsobem.

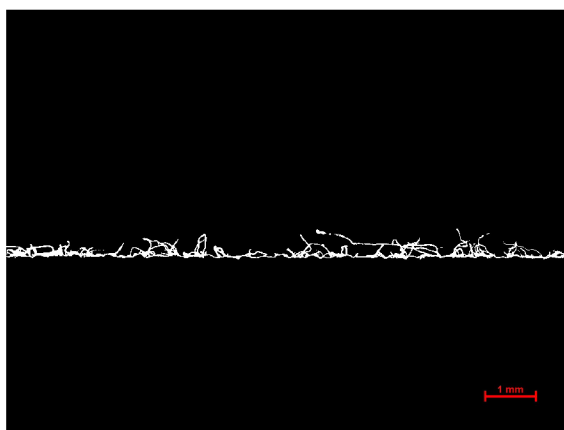
2. Ve snaze získat pro další zpracování pouze vrstvu obrazu obsahující odstávající vlákna nad povrchem textilie, je sekvence binárních obrazů tkaniny s chlupy duplikována a pomocí morfologických operací eroze, dilatace a vyčištění upravena tak, aby byly odstraněny chlupy. Výsledkem je pouze vrstva tkaniny bez chlupů. Naprahané vrstvy tkaniny s chlupy a tkaniny bez chlupů jsou od sebe odečteny, čímž je získána pouze vrstva s chlupy. Zpracování je ukázáno na obrázcích 3.13, 3.14 a 3.15.



Obrázek 3.13: Binární obraz tkaniny s chlupy



Obrázek 3.14: Binární obraz tkaniny bez chlupů



Obrázek 3.15: Binární obraz chlupů

Takto zpracované sekvence byly exportovány do formátu .jpg a vloženy do softwaru Matlab, který vyhodnocoval kompletní charakteristiky chlupatosti.

D. Vyhodnocení chlupatosti:

Principem měření chlupatosti v Matlabu je sesazení pixelů na jednu společnou linii (viz obrázky 3.16) a následné sledování počtu pixelů nad prvním bílým pixelém. Parametry, které lze vyhodnotit a kterými lze chlupatost plošných textilií popsat jsou definovány v kapitole 3.5.



(a) Detail vrstvy chlupatosti před sesazením (b) Detail vrstvy chlupatosti po sesazení

Obrázek 3.16: Vrstva chlupatosti nad povrchem textilie před a po sesazení na společnou linii

3.5 DEFINICE KRITÉRIÍ PRO STANOVENÍ MÍRY ROZVOLNĚNÍ POVRCHU TEXTILIE

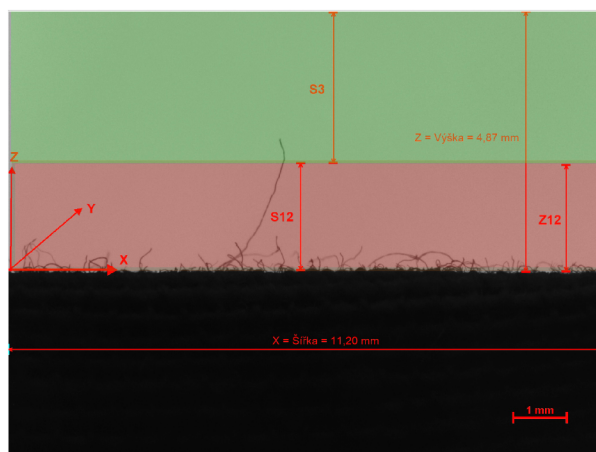
V této kapitole jsou definována kritéria, kterými jde míru rozvolnění povrchu textilie popsat. Metody popsané v teoreticko-rešeršní části využívaly pro popis chlupatosti plošných textilií následující parametry:

- hmotnost odstávajících vláken
- parametry pro popis chlupatosti přzí
- plochu vláken nad povrchem textilie
- hodnoty vycházející z průměrného jasů oblasti s chlupatostí

Pro popis míry rozvolnění povrchu tkanin v této práci byly navrženy následující parametry:

- index chlupatosti I , popisující plochu pixelů chlupů na celkovou prosnímanou plochu tkaniny.
- rozdělení do kategorií $S(tk)_{1,2}$ a $S(tk)_3$, udávajících počet pixelů v prostoru nad tkaninou, která pro $S(tk)_{1,2}$ odpovídá vzdálenosti od povrchu textilie do 2 mm, pro $S(tk)_3$ od 2 mm do konce obrázku (tedy od 2 mm do 4,87 mm).
- prostorový popis chlupatosti, umožňující sledovat kolísání chlupatosti v různých částech tkaniny, poskytnout průměrnou hodnotu chlupatosti, ale zároveň i variační koeficient a rozptyl pro různé směry. Prostorovým popisem chlupatosti se podrobně zabývám dále v této práci.

Na obrázku 3.17 je znázorněn popis profilového snímku tkaniny, kde X značuje směr útku, Y směr osnovy a zároveň směr převíjení vzorku a směr Z prostor nad tkaninou.



Obrázek 3.17: Popis profilového snímku tkaniny

Základní parametry jsou vypočítány pomocí následujících vztahů:
Index chlupatosti I :

$$I = \frac{\text{počet pixelů chlupů} \cdot \text{kalibrace}^2}{\text{počet pixelů v šířce snímku} \cdot \text{kalibrace} \cdot \text{počet snímku} \cdot \text{krok}} \quad (3.1)$$

Sumační kritérium $S(tk)_{1,2}$:

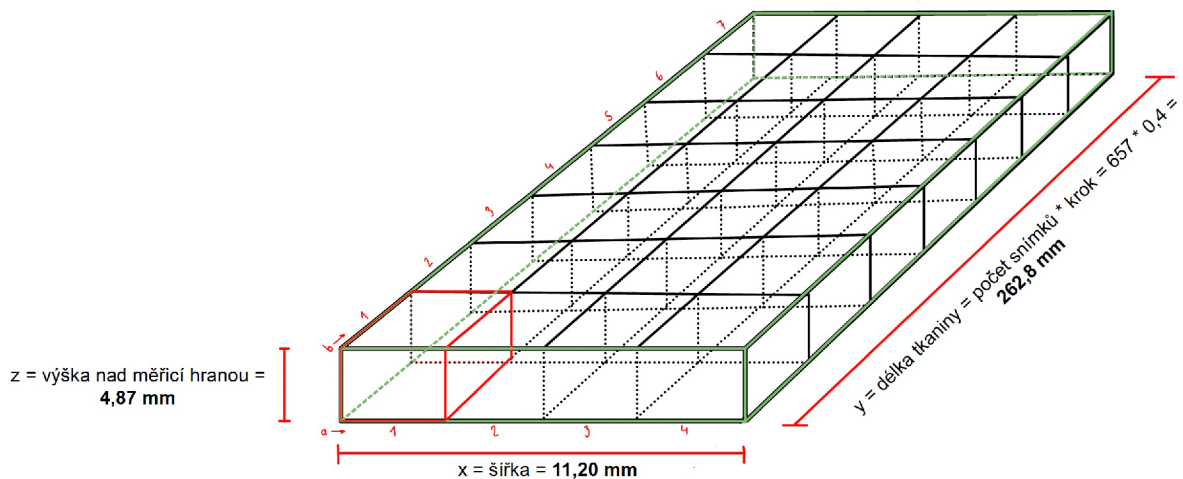
$$S(tk)_{12} = \sum_{i=1}^{2mm} \frac{\text{počet pixelů chlupů}}{\text{šířka snímku} \cdot \text{kalibrace} \cdot \text{počet snímku} \cdot \text{krok} \cdot \text{délka}} \quad (3.2)$$

Sumační kritérium $S(tk)_3$:

$$S(tk)_3 = \sum_{2mm}^n \frac{\text{počet pixelů chlupů}}{\text{šířka snímku} \cdot \text{kalibrace} \cdot \text{počet snímků} \cdot \text{krok} \cdot \text{výška } (Z_{12}) - \text{výška } (Z)} \quad (3.3)$$

Prostorová analýza:

Pro popis chlupatosti lze využít také prostorové analýzy, spočívající v rozdělení tkaniny do polí, pro něž je vyhodnocována chlupatost $H_{a,b}$, která popisuje plochu pixelů pole na plochu daného pole. Rozdělení do polí je znázorněno na obrázku 3.18. Z hodnot chlupatosti jednotlivých polí lze poté získat průměrnou chlupatost $\bar{H}_{a,b}$, variační koeficient CV a rozptyly pro různé směry tkaniny [30].



Obrázek 3.18: Rozdělení tkaniny do polí

Parametry jsou vypočítány pomocí následujících vztahů:
Chlupatost vybraného pole $H_{a,b}$:

$$H_{a,b} = \sum_{i=1}^{lag} \frac{\text{počet pixelů chlupů} \cdot \text{kalibrace}^2}{0,1 \cdot \text{krok} \cdot \text{kalibrace}} \quad (3.4)$$

Průměrná chlupatost $\bar{H}_{a,b}$:

$$\bar{H}_{a,b} = \frac{\sum H_{a,b}}{\text{počet polí}} \quad (3.5)$$

Variační koeficient chlupatosti CV :

$$CV = \frac{s}{\bar{H}_{a,b}} \quad (3.6)$$

Rozptyl S^2 :

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H_{a,b} - \bar{H}_{a,b})^2 \quad (3.7)$$

Celkový rozptyl lze také rozložit a vyhodnotit pro směr útku S_x^2 , směr osnovy S_y^2 a směr transversální $S_{x,y}^2$ [31].

3.6 ZHODNOCENÍ MÍRY ROZVOLNĚNÍ PVRCHU SLEDOVANÝCH VZORKŮ

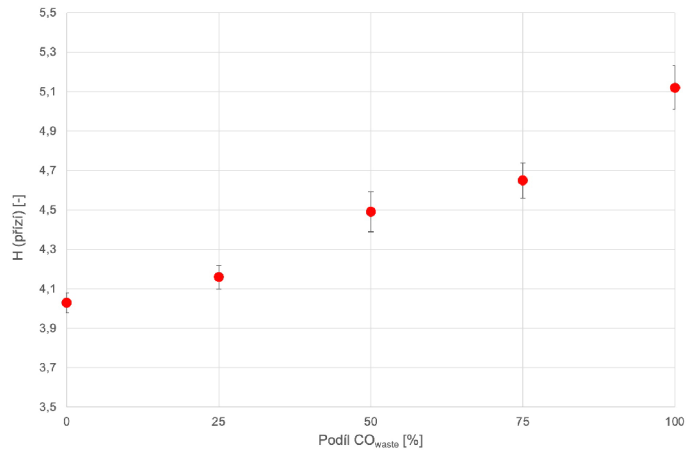
Tato kapitola slouží k hodnocení výsledků experimentální části práce. Nejprve zde představím očekávané výsledky na základě teoretických předpokladů, které následně porovnam s naměřenými hodnotami z experimentu. Diskuse pak poskytne prostor pro zhodnocení a interpretaci těchto výsledků, vysvětlení jejich významu v kontextu výzkumu a jejich případný dopad na praktické aplikace.

S rostoucím podílem odpadových vláken ve vlákenné surovině docházelo k poklesu střední délky vláken, zvýšení podílu obsahu krátkých vláken a zvýšení míry znečištění. Všechny tyto parametry mohou mít vliv na uspořádání vláken v přízi a tedy i jejich chlupatost. Tím, že při výrobě přízi bylo cílem zajistit jejich konstantní kvalitu, bylo nutné u přízi s rostoucím podílem odpadových vláken zvyšovat zákrut (viz tabulky 2 a 3).

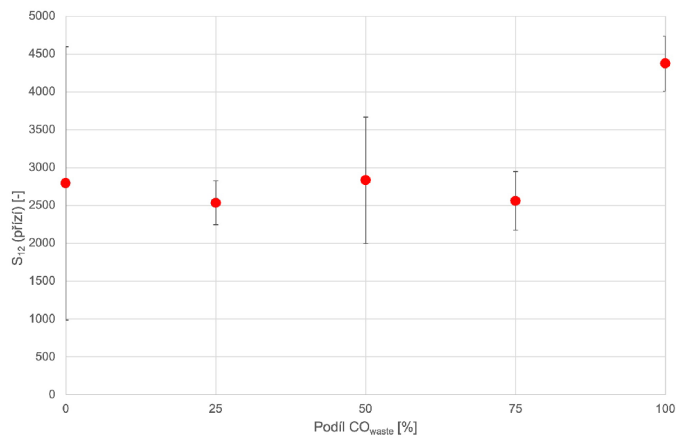
Délka vláken a zákrut mají opačný vliv na chlupatost příze - klesající délka vláken způsobuje nárůst chlupatosti, naopak rostoucí zákrut chlupatost snižuje. Očekávám tedy, že zvýšením zákrutu by mělo dojít k vyrovnání vlivu délky krátkých vláken a chlupatost jednotlivých přízí by měla být podobná.

Tato hypotéza byla částečně potvrzena. Pouze u indexu chlupatosti H je pozorován mírně rostoucí trend v chlupatosti přízi spolu s rostoucím podílem odpadových vláken v surovině. Sumační kritérium přízi S_{12} vykazuje statisticky významný rozdíl pouze u příze s obsahem CO_{waste} 100 %, kde je sumační kritérium vyšší. U ostatních přízí se konfidenční intervaly překrývají, tedy nedochází k statisticky významnému rozdílu v hodnotách S_{12} . Lze tedy říci, že vliv délky vláken na chlupatost příze byl použitím vyšších hodnot zákrutu u přízí s vyšším podílem vláken získaných z odpadu potlačen. U sumačního kritéria S_3 dochází také k překrytí konfidenčních intervalů a mezi hodnotami není statisticky významný rozdíl.

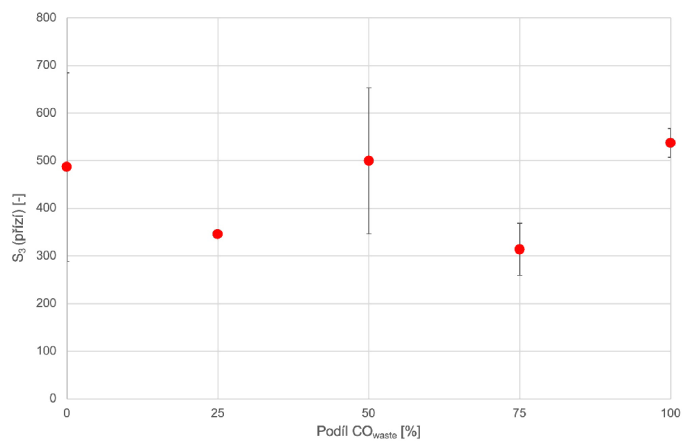
Cílem této práce bylo zhodnotit, zda se kvalita vlákenné suroviny a příze z ní vyrobené promítne na výsledné kvalitě režných tkanin, kdy rotorové příze byly použity pouze ve směru útku. Z grafů 3.19, 3.20 a 3.21 je patrné, že vliv kvality vlákenné suroviny byl u přízí díky zákrutu částečně potlačen. Lze předpokládat, že kvalita tkanin bude odpovídat kvalitě přízí, ze kterých byla vyrobena. Tím, že konstrukce a způsob výroby všech vzorků byl stejný, lze předpokládat, že i v případě tkanin s různým typem útkové příze bude míra rozvolnění povrchu sledovaných vzorků textilií specifikovaná pomocí indexu chlupatosti textilií I a H nebo sumačních kritérií $S(tk)_{12}$ a $S(tk)_3$ srovnatelná a případné rozdíly se budou nacházet v intervalech spolehlivosti. Měřením se pokusím tento předpoklad ověřit.



Obrázek 3.19: Závislost H na podílu CO_{waste}



Obrázek 3.20: Závislost S_{12} na podílu CO_{waste}

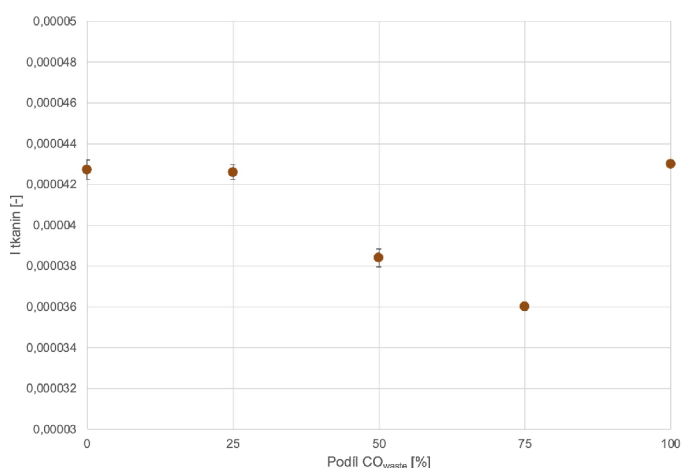


Obrázek 3.21: Závislost S_3 na podílu CO_{waste}

Chlupatost tkanin byla popsána pomocí indexu chlupatosti I , sumačních kritérií $S(tk)_{1,2}$, $S(tk)_3$, průměrné chlupatosti $\bar{H}_{a,b}$, variačního koeficientu chlupatosti CV a rozptylů S^2 , S_x^2 , S_y^2 a $S_{x,y}^2$. Výsledky jsou znázorněny v tabulce číslo 6.

Tabulka č.6: Výsledky chlupatosti tkanin

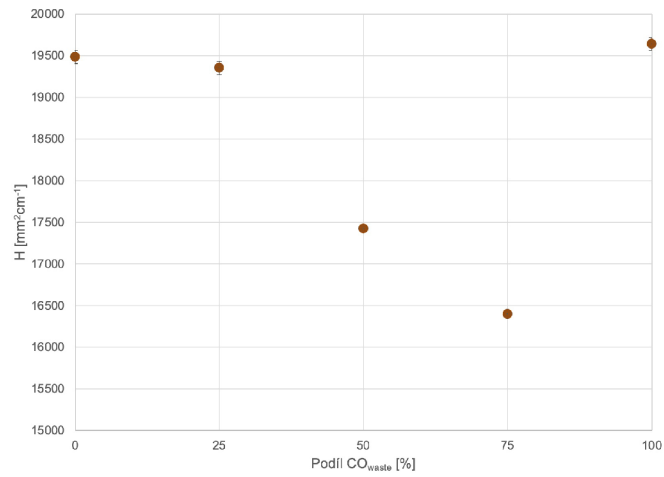
Podíl odpadových vláken [%]	Index chlupatosti I [-]	$S(tk)_{12}$ [mm^{-2}]	$S(tk)_3$ [mm^{-2}]	$S(tk)$ [mm^{-2}]	H [$\text{mm}^2\text{-cm}^{-1}$]	Variační koeficient chlupatosti [%]	Rozptyl ve směru x [-]	Rozptyl ve směru x,y [-]	Rozptyl ve směru y [-]
0	0,0069	3,66	0,0009	0,87	19484,5	5,86E+07	977139	5,76E+07	8,82E+06
25	0,0068	3,65	0,0001	0,87	19355,2	4,53E+07	1,09E+06	4,42E+07	5,01E+06
50	0,0061	3,28	0,0002	0,78	17427,1	3,84E+07	251667	3,82E+07	5,87E+06
75	0,0057	3,10	0,0008	0,74	16398,5	3,30E+07	241622	3,28E+07	4,60E+06
100	0,0076	3,71	0,0002	0,88	19639,9	4,56E+07	956594	4,46E+07	6,22E+06



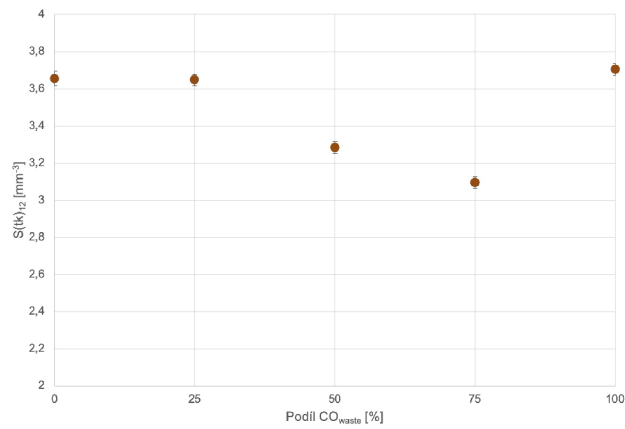
Obrázek 3.23: Závislost indexu chlupatosti I na podílu CO_{waste}

Z grafu 3.23 je patrné, že index chlupatosti I je srovnatelný u tkanin s útkovými přízemi s 0 %, 25 % a 100 % odpadových vláken. U tkanin s útkovými přízemi s 50 % a 75 % odpadových vláken je zaznamenán pokles v hodnotě chlupatosti. Shodný trend vykazuje i index chlupatosti H (graf 3.24) a sumační kritérium $S(tk)_{12}$ (graf 3.25). U sumačního kritéria $S(tk)_3$ (graf 3.26) se trend liší. Srovnatelná chlupatost je u tkanin s útkovými přízemi s 0 % a 75 % odpadových vláken a poté u tkanin s útkovými přízemi s 25 %, 50 % a 100 % odpadových vláken.

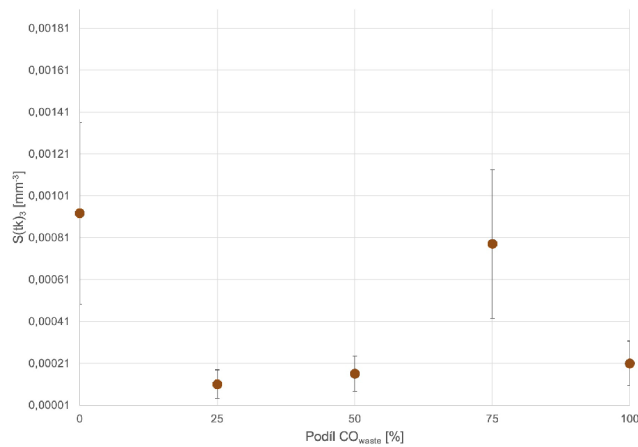
V práci [10], kde byly použity stejné vzorky, bylo zjištěno, že tkanina s útkovou přízí ze 100 % vlákenného odpadu obsahovala menší počet hrubých nečistot než útkové příze z 25 %, 50 % a 75 % vlákenného odpadu. Zároveň bylo zjištěno, že vyššího podíl vlákenného odpadu zhoršuje vnitřní uspořádání vláken v přízi (CV_m) a na povrchu příze (H , S_{12}). Naopak délka vláken Ln



Obrázek 3.24: Závislost chlupatosti H na podílu CO_{waste}



Obrázek 3.25: Závislost $S(t_k)_{12}$ na podílu CO_{waste}

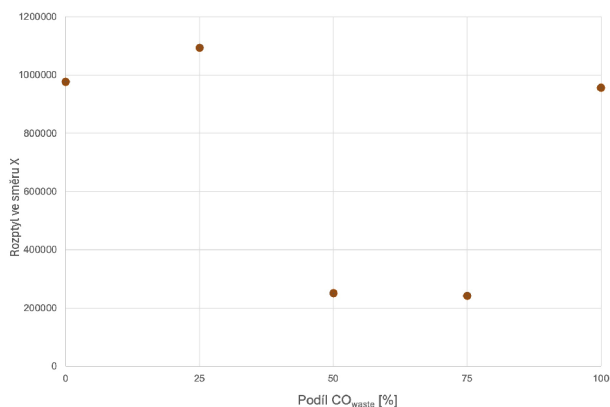


Obrázek 3.26: Závislost $S(t_k)_3$ na podílu CO_{waste}

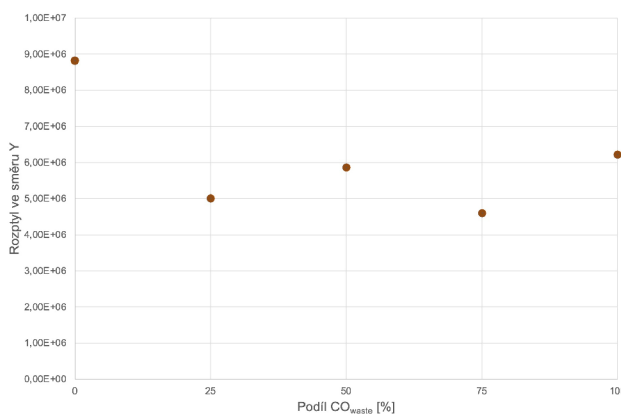
na CV_m , H a S_{12} vliv neměla. Je pravděpodobné, že míra uspořádání vláken v přízi byla ovlivněna přítomností většího množství nečistot, což mohlo vést

nejen ke zvýšení chlupatosti příze, ale především její variability. Tento fakt se mohl odrazit v míře rozvolnění povrchu textilie.

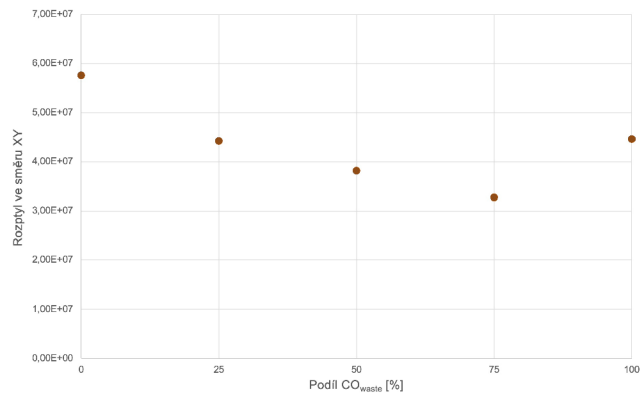
Pomocí prostorové analýzy je možné popsat, zda docházelo k nějakým lokálním výkyvům v množství odstávajících vláken v ploše tkaniny. Kromě specifikace indexu H a číselných hodnot variačního koeficientu a rozptylu, je možné získat i grafické zobrazení kolísání hodnot $S(tk)_{12}$ a $S(tk)_3$ jak ve směru X (směr osnovy), tak ve směru Y (směr útku). Dále lze také získat pomyslný řez prostoru nad tkaninou a tím získat představu o výskytu vláken v délkových kategoriích odpovídajících významným kvantilům rozdělení vláken detekovaných jako chlupy v prostoru nad povrchem textilie (5 %, 25 %, 75 % a 95 %). Díky tomu je možné odhalit lokální extrém a získat představu o tom, ve které části tkaniny se vyskytují dlouhá odstávající vlákna. Příklad grafického zobrazení pro tkaninu s útkovými přízemi ze 100 % odpadových vláken a následná detekce peaku je na obrázcích 3.31, 3.32 a 3.33. Dílčí grafy všech tkanin jsou uvedeny v příloze A.



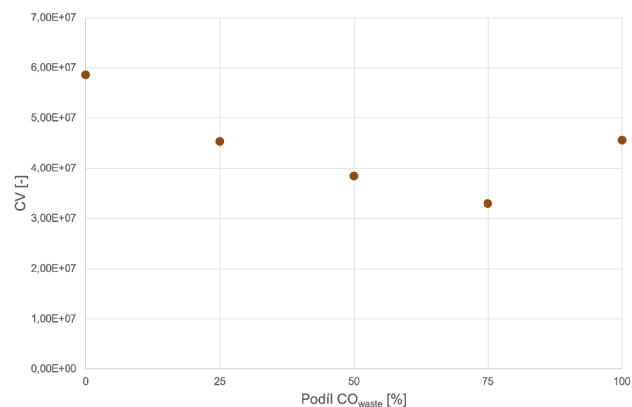
Obrázek 3.27: Závislost rozptylu ve směru X na podílu CO_{waste}



Obrázek 3.28: Závislost rozptylu ve směru Y na podílu CO_{waste}



Obrázek 3.29: Závislost rozptylu ve směru XY na podílu CO_{waste}



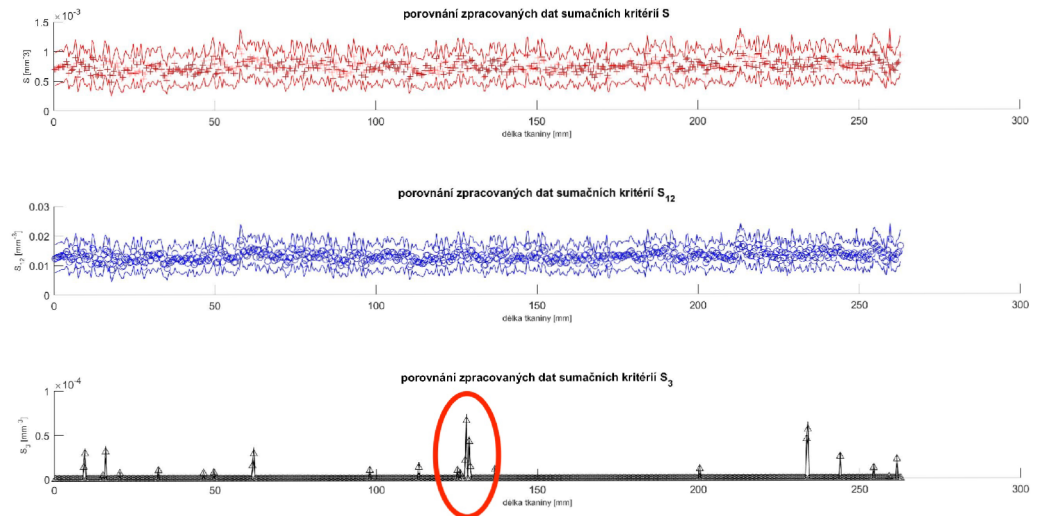
Obrázek 3.30: Závislost CV na podílu CO_{waste}

Porovnání zjištěných rozptylů ve směru osnovy (směr X), útku (směr Y) a transversálním (směr XY) je pro jednotlivé vzorky tkanin uvedeno na obrázku 3.27, 3.28 a 3.29.

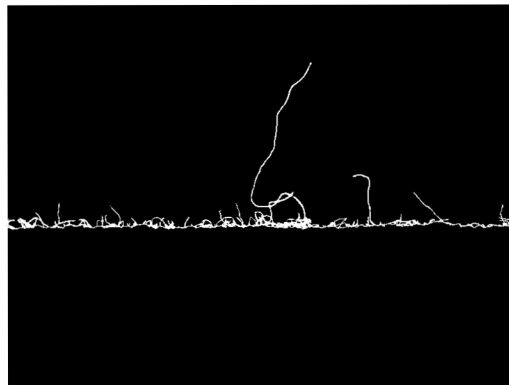
Je patrné, že chování z pohledu variability indexu chlupatosti H v osnově a útku není u sledovaných vzorků rovnoměrné (nedosahuje shodných hodnot). Přestože byly vzorky tkanin tkány z jedné osnovy za sebou, výsledky naznačují, že variabilita odpovídající směru osnovy se u vzorků s útkovými přízemi s 50 % a 75 % odpadových vláken výrazně liší. To potvrzují i nižší hodnoty variačního koeficientu CV a indexu H .

Variabilita odpovídající směru útku se jeví jako shodná u vzorků s útkovými přízemi z 25 %, 50 %, 75 % a 100 % odpadových vláken. Odlišně se chová u vzorku s útkovými přízemi z 0 % odpadových vláken. Důvody pro pochopení chování rozptylů potřebují hlubší analýzu a ověření měření.

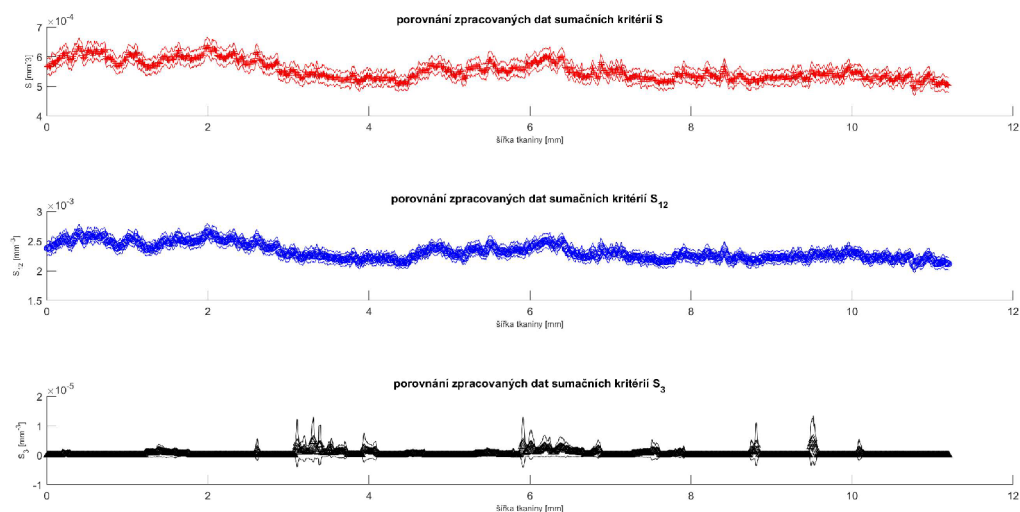
Z grafu 3.29, který ukazuje závislost rozptylu ve směru XY na podílu odpadových vláken, je vidět stejný trend jako u hodnot H a CV .



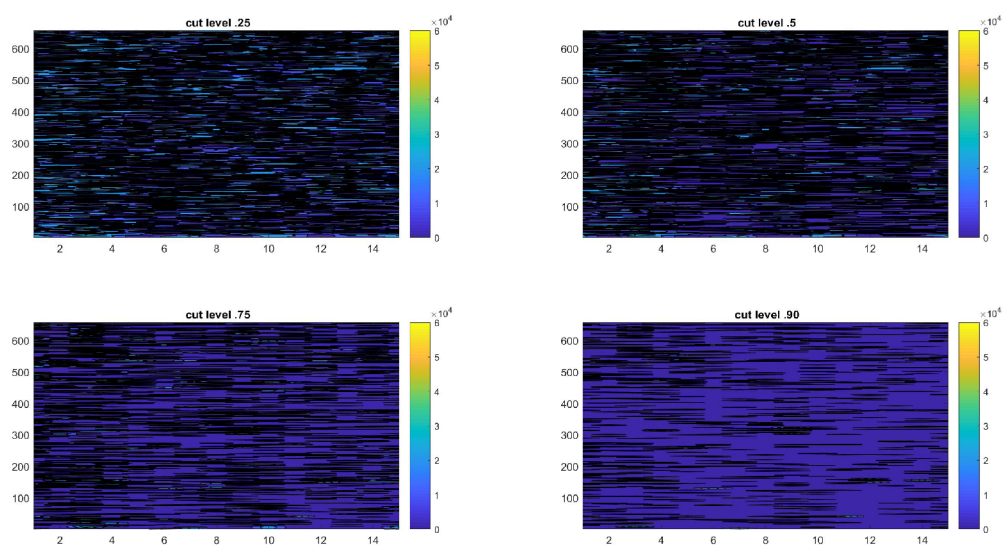
Obrázek 3.31: Kolísání hodnot S , S_{12} a S_3 v délce tkaniny a detekce peaku - tkanina s útkovými přízemi ze 100 % odpadových vláken



Obrázek 3.32: Zobrazení peaku na profilovém snímku tkaniny s útkovými přízemi ze 100 % odpadových vláken



Obrázek 3.33: Kolísání hodnot S , S_{12} a S_3 v šířce tkaniny s útkovými přízemi ze 100 % odpadových vláken



Obrázek 3.34: Pomyslný řez prostoru nad tkaninou s útkovými přízemi ze 100 % odpadových vláken v 5 %, 25 %, 75 % a 90 % výšky prostoru

Pomocí prostorové analýzy lze v rámci RCM systému poskytnout detailní a komplexní hodnocení chlupatosti, umožňující detekci lokálních extrémů v ploše tkaniny, což žádná jiná metoda uvedená v rešeršní části této práce nedokázala. To také považuji za velký přínos této metody.

3.7 POSOUZENÍ SOUVISLOSTÍ MEZI KVALITOU VLÁKENNÉHO MATERIÁLU, PŘÍZÍ A TKANIN

Pro posouzení souvislostí mezi kvalitou vlákenného materiálu, přízí a tkanin byla provedena korelační analýza - statistická metoda používaná k určení míry vztahu mezi dvěma nebo více proměnnými. Pro zjištění míry vztahu mezi jednotlivými parametry byl v této práci použit Pearsonův korelační koeficient r , který vyjadřuje sílu a směr lineárního vztahu mezi proměnnými. Hodnota tohoto koeficientu se pohybuje od -1 do 1, kde hodnota blíží se k 1 naznačuje silnou pozitivní lineární korelaci, zatímco hodnota blíží se k -1 naznačuje silnou negativní lineární korelaci. Hodnota 0 naznačuje, že mezi proměnnými není žádný lineární vztah [34].

Korelační analýzy se často používá k identifikaci vztahů mezi různými vlastnostmi nebo faktory a umožňuje tak posouzení a kvantifikaci jejich lineární závislosti. V kontextu hodnocení souvislostí mezi vlastnostmi vlákenného materiálu, útkových přízí a kvalitou tkanin z nich vyrobených byla korelační analýza použita ke zhodnocení jejich vzájemného vztahu a především ověření, zda existuje lineární závislost mezi kvalitou vlákenného materiálu či přízí a tkanin z nich vyrobených. Zjišťován byl vztah mezi parametry:

- vlákenného materiálu $Ln, Neps, Dust$,
- přízí H, S_{12}, S_3
- a tkanin $I, \bar{H}, S(tk)_{1,2}, S(tk)_3$.

Korelační matice, obsahující veškeré korelační koeficienty je k nahlédnutí v příloze B. V této části textu zmíním významné korelace, které korelační analýza ukázala.

Výsledky korelační analýzy:

Signifikantní korelace byla zjištěna mezi podílem odpadových vláken a chlupatostí přízí H ($r=0,98$), střední délkou vláken Ln ($r=-0,99$), hodnotami $Neps$ ($r=0,99$), hodnotami $Dust$ ($r=0,99$) a hodnotami $Trash$ ($r=0,99$). Dále mezi všemi hodnotami popisujícími vlákennou surovinu (tedy $Ln, Neps, Dust$ a $Trash$) s chlupatostí příze H . Hlavní snahou bylo zjistit, zda existuje závislost chlupatosti tkanin na vlákenné surovině a přízích, ze kterých byly vyrobených. Korelační analýza mezi nimi však žádný vztah nenaznačuje (viz příloha B tabulka 7).

Předpokladem bylo, že pokud při výrobě přízí z vláknenného materiálu s klesající střední délkou vláken zvýšíme zákrut, tak dojde k eliminaci vlivu krátkých vláken na kvalitu přízí a tkanin z nich vyrobených. Hypotézou tedy bylo, že závislost mezi vlastnostmi vláknenné suroviny, přízí a tkaniny z nich vyrobených by neměla existovat. Tato hypotéza bylo korelační analýzou potvrzena.

V práci [10] byla potvrzena souvislost mezi kvalitou vláken (z pohledu jejich délky a míry znečištění) a kvalitou přízí a tkanin z nich vyrobených z pohledu pevnosti textilií ve směru útku a odolnosti v oděru textilií. Vliv mezi mírou znečištění vláknenné suroviny, přízí a následně tkanin z nich vyrobených, kde byly tyto příze použity ve směru útku, se nepotvrdil.

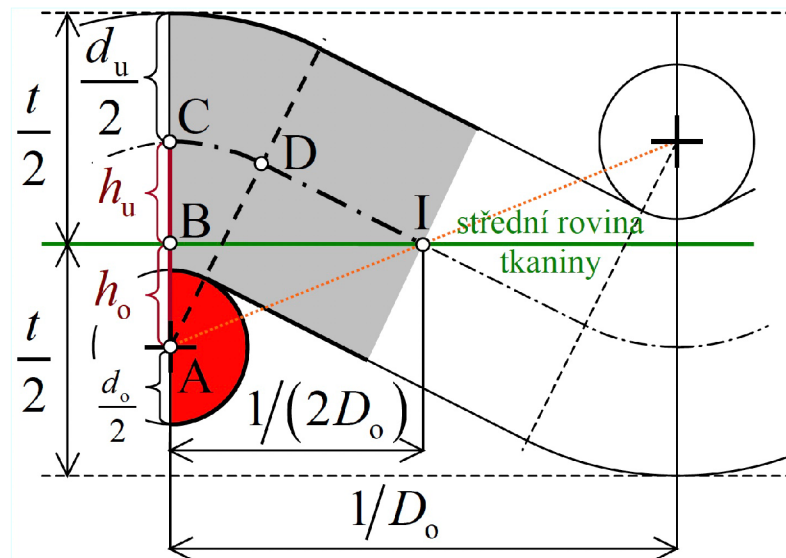
Je možné očekávat, že i v tomto případě se bude kvalita vláknenné suroviny (z pohledu délkových charakteristik a míry znečištění) promítat více do úrovně vnitřního uspořádání vláken. Je ale možné, že díky vyššímu zákrutu přízí s vyšším obsahem opakovaně použitých vláken bude tento vliv z pohledu chlupatosti přízí výrazněji omezen.

Výsledky experimentu nepotvrdily přímý vztah mezi kvalitou vláknenné suroviny, přízí a tkanin z nich vyrobených. Pouze z grafu 3.18 je patrná závislost koeficientu chlupatosti přízí H na podílu odpadových vláken CO_{waste} .

3.8 HIERARCHICKÁ STRUKTURA TKANINY A MOŽNÁ SOUVISLOST SE ZJIŠTĚNOU MÍROU ROZVOLNĚNÍ POVRCHU - PIERCEŮV MODEL

Je důležité zmínit, že existuje několik faktorů, které mohly měření a chlupatost tkanin ovlivnit a je třeba je zvážit při interpretaci získaných dat. Jedním z faktorů je vliv odporu vzduchu při převíjení tkanin, který může způsobit vychýlení chlupů a tím ovlivnit přesnost měření. Tento jev by však měly omezit válečky, které byly k měřicí hraně přidány.

Dále je také důležité si uvědomit, že chlupatost tkaniny byla ovlivněna svou strukturou. Při výrobě tkaniny se nitě obou soustav (osnova a útek) provazují, což způsobuje jejich zvlnění. Toto zvlnění způsobuje, že původní délka nitě osnova a útku se zkracuje na konečnou délku v tkanině. Díky tomu, že osnova je napnutá na tkalcovském stavu a útek je provazován volněji, obvykle dochází k menšímu zkrácení nitě osnova než nitě útku [35]. Struktura tkaniny může být popsána pomocí Pierceova modelu (viz obrázek 3.35).



Obrázek 3.35: Příčný řez tkaninou dle Pierceova modelu [37]

Z obrázku je patrné, že průměr osnovní a útkové nitě není stejný, což platilo i u testovaných tkanin. Z toho důvodu struktura nebude vyrovnaná a výšky vazných vln (h_u a h_o) se budou lišit. Tím, že hodnoty tažnosti tkaniny po osnově jsou vyšší než hodnoty tažnosti tkaniny po útku, dojde mírou zvlňení osnovy k vyrovnaní útku. Hodnoty tažnosti tkanin ve směru osnovy se pohybovaly mezi hodnotami 15 - 20 %, pro tkaniny ve směru útku mezi hodnotami 6 - 8 % [36].

V chlupatosti tkanin se tedy promítla nejen chlupatost útkových, ale i osnovních nití. Z modelu je zároveň patrné, že z důvodu setkání byla část chlupů zakryta. To bylo ale způsobeno i snímací hranou, přes kterou byla tkanina převíjena. Z dostavy útku ($D_u=200$ nití/10 cm) je možné dopočítat, že 2 mm snímací hrany odpovídají 4 útkovým nitím. Tím, že výška vazných vln pro útkové a osnovní nitě nebyla stejná, docházelo k zakrytí části chlupů, které se nacházely blízko povrchu tkanin.

4 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo provést rešerši zaměřenou na vliv použitého typu příze a vlákenné suroviny z opakovaně použitých bavlněných vláken na kvalitu tkanin. Dále bylo cílem zmapovat možnosti sledování míry rozvolnění povrchu a stávající systém pro hodnocení strukturálních vlastností využít pro hodnocení míry rozvolnění povrchu experimentální sady tkanin vyrobených za použití útkových nití s odlišnými podíly odpadových bavlněných vláken, které byly vyrobeny ve firmě Rieter CZ s.r.o. a výsledky zhodnotit.

V rešeršní části bylo zjištěno, že povrchové vlastnosti tkanin souvisí s vlastnostmi vláken a přízí, z nichž jsou vyrobeny. Mezi faktory, které ovlivňují chlupatost přízí patří vlastnosti vlákenného materiálu (délka vláken, jemnost vláken a koeficient tření vláken), parametry příze (jemnost a zákrut) a technologie výroby. Dále jsou povrchové vlastnosti tkanin ovlivněny svými konstrukčními parametry.

Bylo zjištěno, že míru rozvolnění povrchu tkanin je možné měřit pomocí gravimetrické metody, upraveného zařízení pro testování chlupatosti příze a optické metody založené na analýze pohledu na strukturu textilie nebo na využití snímání profilových snímků přes hranu. Žádná z metod není dokonalá a u konkrétních aplikací je potřeba zhodnotit požadavky na přesnost, úroveň detailů a praktickou proveditelnost.

Na základě teoretických poznatků byla formulována hypotéza, která byla následně testována v experimentální části práce. Pro měření chlupatosti byl využit měřicí systém RCM, jenž byl dodatečně upraven a vylepšen pro účely této práce. Snímky byly zpracovány pomocí obrazové analýzy NIS Elements a následně vyhodnoceny pomocí softwaru Matlab.

Jako přínos práce považuji detailní návod a popis postupu pro použití RCM systému a následné vyhodnocení chlupatosti v obrazové analýze. Také byla navržena modifikace systému, která spočívá v korekci stínů pozadí a měla by tak zajistit snadnější a přesnější vyhodnocení v obrazové analýze.

Kromě toho byla navržena a pro soubor experimentálních tkanin stanovena další kritéria chlupatosti textilie, částečně inspirovaná parametry používanými pro popis chlupatosti přízí. Prostorová analýza chlupatosti také umožňuje

detekovat místa výskytu dlouhých chlupů a jiných výkyvů v chlupatosti pomocí detekce peaků, což je také velkým přínosem této metody a zajišťuje velmi komplexní popis míry rozvolnění povrchu.

Tím, že pro výrobu rotorových přízí byla použita vlákenná surovina lišící se délkou a mírou znečištění, bylo pro příze s vyšším podílem opakovaně získaných vláken z odpadu nutné využít vyšší zákrutový koeficient. To vedlo k tomu, že parametry popisující chlupatost přízí se pro jednotlivé vzorky výrazně nelišily. Proto byla ověřována hypotéza, zda i plošné textilie vyrobené za stejných podmínek (se stejnými konstrukčními parametry na shodném tkacím stroji se stejným nastavením) z útkových přízí s různým podílem odpadových vláken budou vykazovat srovnatelné chování.

Pro popis chlupatosti tkanin byl použit index chlupatosti I , sumační kritéria $S(tk)_{1,2}$, $S(tk)_3$, průměrná chlupatost $\bar{H}_{a,b}$, variační koeficient chlupatosti CV a rozpyly S^2 , S_x^2 , S_y^2 a $S_{x,y}^2$.

Získané výsledky byly graficky zpracovány a hodnoceny. U parametrů chlupatosti I , $S(tk)_{12}$ a $S(tk)_3$ byl trend podobný, ale neodpovídal charakteru výsledků chlupatosti útkových přízí. Rozdíly hodnot se nenacházely v intervalech spolehlivosti pro všechny typy tkanin a hypotéza tedy nebyla potvrzena.

Z tohoto důvodu byla provedena korelační analýza, která měla za cíl ověřit, zda mezi kvalitou vlákenné suroviny, přízí a tkanin existuje nějaký vztah. Korelační analýza ukázala pouze vztah mezi parametry vláken a parametry přízí. Vztah s parametry tkanin nebyl nalezen a lze tedy předpokládat, že kvalita vlákenné suroviny a přízí nemají vliv na míru rozvolnění povrchu tkanin.

V dalších pracích bych doporučila zabývat se pochopením souvislosti spojených se změnou variability chlupatosti tkanin prozkoumáním delších úseků vzorků. Tím, že v této práci byly měřeny poměrně krátké úseky textilií, nebylo možné tuto problematiku plně prozkoumat. Dále bych doporučila blíže prozkoumat problematiku spojenou se strukturou tkaniny.

LITERATURA

- [1] Moazzem, Shadia; Wang, Lijing; Daver, Fugen and Crossin, Enda. *Environmental impact of discarded apparel landfilling and recycling*. *Resources, Conservation and Recycling*. 2021, vol. 166. ISSN 0921-3449.
- [2] Sandin, Gustav and Peters, Greg M. *Environmental impact of textile reuse and recycling – A review*. *Journal of Cleaner Production*. 2018, no. 184, pp. 353-365. ISSN 0959-6526.
- [3] Arafat, Yeasin and Uddin, Ahmed Jalal. *Recycled fibers from pre-and post-consumer textile waste as blend constituents in manufacturing 100% cotton yarns in ring spinning: A sustainable and eco-friendly approach*. *Heliyon*. 2022, vol. 8, no. 11. ISSN 2405-8440.
- [4] Hag, Upama Nasrin and Alam, S.M. Rakifull. *Implementing circular economy principles in the apparel production process: Reusing pre-consumer waste for sustainability of environment and economy*. *Cleaner Waste Systems*. 2023, vol. 6. ISSN 2772-9125.
- [5] Ernst, Heinz. *The Rieter Manual of Spinning. Volume 5 - Rotor Spinning*. Rieter Machine Works, 2014.
- [6] Klein, Werner. *The Rieter Manual of Spinning. Volume 2 - Blowroom & Carding*. Rieter Machine Works, 2016.
- [7] Bedez Upe, Tuba; Celik, Pinar and Bunyamin Uzumcu, Memik. *Utilization of Cotton Spinning Mill Wastes in Yarn Production*. In: *Textile Industry and Environment*. 2019. Dostupné z: <https://doi.org/10.5772/intechopen.85127>.
- [8] *Semi-Automated Rotor Spinning Machine R 37* [online]. Switzerland: Rieter, 2022 [cit. 2024-01-22]. Dostupné z: <https://www.rieter.com/product/systems/rotor-spinning/rotor-spinning-machine-r-37>.
- [9] *Structure and Structural Mechanics of Textile Fabrics*. 2022. Liberec: Technical University of Liberec, 2022. ISBN 978-80-7494-621-9.
- [10] Inozemtseva, Anastasiia. *Vliv materiálového složení rotorové příze s různým podílem vlákenného odpadu na kvalitu rezných tkanin*. Online, diplomová práce. [cit. 2024-01-22]. Dostupné z: <https://dspace.tul.cz/handle/15240/174073>.
- [11] Staněk, Jaroslav. *Nauka o textilních materiálech. Díl I., Vlastnosti vláken*. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1986.
- [12] Zoláková, Pavla. *Studie měření chlupatosti plošných textilií*. Diplomová práce. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní, 1994.

- [13] Neckář, Bohuslav. *Tvorba a struktura příze*. Doktorská disertační práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 1987. Dostupné z: <https://dspace.tul.cz/handle/15240/38420>.
- [14] Ursíny, Petr. *Předení II*. Liberec: Technická univerzita, 2001. ISBN 80-7083-540-0.
- [15] *Measurement of Hairiness*. Online. Dostupné z: <https://textilematerials.blogspot.com/2014/11/measurement-of-hairiness.html>. [cit. 2024-04-08].
- [16] Moučková, Eva. *Hmotová nestejnomyernost délkových a plošných textilií*, skripta. TU Liberec, 2002.
- [17] Mazurkiewiczová, Sandra and Krupincová, Gabriela. *Přístupy k hodnocení chlupatosti přízí*. Technická Univerzita v Liberci, 2014. Dostupné z: http://knihovna-opac.tul.cz/diplomovaPrace.php?id_dipl=30361&typ=1.
- [18] Rippl, Pavel. *Hodnocení chlupatosti příze - rozšíření optické metody*. Diplomová práce. Liberec, 2007.
- [19] Krupincová, Gabriela. *Influence of yarn count, yarn twist and yarn technology production on yarn hairiness*. 2006.
- [20] *Uster Tester 6*. [online]. Dostupné z: https://www.uster.com/fileadmin/user_upload/Downloads/1_Products/1.2_Laboratory_Systems/Staple_Yarn/Uster_Tester_6_brochure_web_en_21.pdf
- [21] Juhás, Martin. *Vliv parametrů nastavení prstencového dopřádacího stroje na kvalitu vlnářské příze*. Bakalářská práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012.
- [22] Praëne, Jean Maurice and Bueno, Marie-Ange. *Compressional Behavior of Hairy and Non Hairy Textile Fabrics*. Online. *Mechanics of Advanced Materials and Structures*. 2011, vol. 18, no. 5, pp. 373-388. ISSN 1537-6494. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/15376494.2010.524970>. [cit. 2023-11-21].
- [23] Breugnot, Cécile; Bueno, Marie-Ange; Renner, Marc; Ribot-Ciscar, Edith; Aimonetti, Jean-Marc et al. *Mechanical Discrimination of Hairy Fabrics from Neurosensorial Criteria*. *Textile Research Journal*. 2006, vol. 76, no. 11, pp. 835-846.
- [24] Huang, XX; Tao, XM and Xu, BG. *A theoretical model of maximum hairiness of staple ring-spun yarns*. Online. *Textile Research Journal*. 2014, vol. 84, no. 11, pp. 1121-1137. ISSN 0040-5175. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/0040517513507368>. [cit. 2024-03-09].
- [25] Xia, Zhigang; Zhou, Mian; Wang, Hongshan; Wang, Kezuo and Wan, Youshun. *Evaluating the surface hairiness of woven fabric belts with a yarn hairiness tester*. *The Journal of The Textile Institute*. 2022, vol. 113, no. 1, pp. 116-124.
- [26] Esfandiari, Amirhossein, Elham Firouzi-Pouyaei, and Parinaz Aghaei-Meibodi. *Effect of enzymatic and mechanical treatment on combined desizing and biopolishing of cotton fabrics*. *The Journal of The Textile*

- Institute*. 2014, vol. 105, no. 11, pp. 1193-1202.
- [27] Cherkassky, Arkady and Weinberg, Amotz. *Objective Evaluation of Textile Fabric Appearance Part 1: Basic Principles, Protrusion Detection, and Parameterization*. Online. *Textile Research Journal*. 2010, vol. 80, no. 3, pp. 226-235. ISSN 0040-5175. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/0040517509105072>. [cit. 2024-05-07].
- [28] Xia, Zhigang; Zhou, Mian; Wang, Hongshan; Wang, Kezuo and Wan, Youshun. *Evaluating the surface hairiness of woven fabric belts with a yarn hairiness tester*. Online. *The Journal of The Textile Institute*. 2022, vol. 113, no. 1, pp. 116-124. ISSN 0040-5000. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/00405000.2020.1865505>. [cit. 2024-05-07].
- [29] ATE Group. *Hairiness measuring* [online]. [cit. 2024-05-10]. Dostupné z: <https://www.ategroup.com/wp-content/uploads/brochures/Hairiness-measuring.pdf>.
- [30] Bueno, Marie-Ange; Lamy, Bernard and Renner, Marc. *Effect of grain size and abrasion duration on the state of textile fabric surfaces*. *Wear*. 2002, vol. 253, no. 3-4, pp. 448-457.
- [31] Tichá, Iva. *Hodnocení „chlupatosti“ tkanin*. Diplomová práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010.
- [32] Kuzněcov, Jan. *Měření drsnosti a struktury textilií metodou přes hranu*. Online, diplomové práce. 2007. Dostupné z: <https://dspace.tul.cz/handle/15240/110810>. [cit. 2023-11-19].
- [33] Bleša, Martin. *Komplexní hodnocení povrchové struktury textilií*. Disertační práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009.
- [34] Meloun, M., Militky, J. *Statistické zpracování experimentálních dat*. Plus, spol. s.r.o. Praha, 1994.
- [35] Kovář. *Struktura a vlastnosti plošných textilií*. TU Liberec, 2002.
- [36] Krupincová, G. et al. *Posouzení dopadů kvality vlákenné suroviny do kvality příze a tkanin z nich vyrobených*. Interní materiály KTT FT TUL, 2023.
- [37] Neckář, Bohuslav. *Základy textilní struktury* [online]. 2024 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://elearning.tul.cz/course/view.php?id=11708>. Cyklus přednášek z předmětu Základy textilní struktury. Technická Univerzita v Liberci.