



Diplomová práce

Vliv délky naváděcího prvku vláken spřádací trysky tryskového dopřádacího stroje na vlastnosti a strukturální parametry příze

Studijní program:

N0723A270001 Textilní inženýrství

Autor práce:

Bc. Lucie Rozehnalová

Vedoucí práce:

Ing. Petra Jirásková, Ph.D.

Katedra technologií a struktur

Konzultanti práce:

Ing. Eva Moučková, Ph.D.

Katedra technologií a struktur

Ing. Iva Mertová, Ph.D.

Katedra technologií a struktur

Ing. Martin Janoušek

Rieter CZ s.r.o

Liberec 2023



Zadání diplomové práce

Vliv délky naváděcího prvku vláken spřádací trysky tryskového dopřádacího stroje na vlastnosti a strukturální parametry příze

<i>Jméno a příjmení:</i>	Bc. Lucie Rozehnalová
<i>Osobní číslo:</i>	T20000021
<i>Studijní program:</i>	N0723A270001 Textilní inženýrství
<i>Zadávací katedra:</i>	Katedra technologií a struktur
<i>Akademický rok:</i>	2020/2021

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši na téma týkající se vlivu strojně-technologických parametrů tryskového dopřádacího stroje na vlastnosti a strukturu tryskové příze.
2. Vhodně vyberte vlastnosti a strukturální parametry příze, které by mohly být ovlivněny délkou naváděcího prvku vláken tělesa spřádací trysky tryskového dopřádacího stroje.
3. Navrhněte způsob stanovení vybraných strukturálních parametrů, především procenta obalových vláken.
4. Na sadě experimentálních přízí vyrobených na tryskovém dopřádacím stroji s použitím různé délky naváděcího prvku vláken proveďte měření vybraných vlastností a strukturálních parametrů příze, výsledky statisticky vyhodnoťte.
5. Analyzujte vliv délky naváděcího prvku vláken spřádací trysky tryskového dopřádacího stroje na vybrané vlastnosti a strukturální parametry příze.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: cca 50 stran
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: Čeština

Seznam odborné literatury:

- [1] STALDER, H. The Rieter Manual of Spinning, Volume 6 – Alternative spinning systems. Rieter Machine Works Ltd, Winthertur, 2014.
[2] ERDUMLU, N., OZIPEK, B., OXENHAM, W. Vortex spinning technology, *Textile Progress*, 44 (3-4), 141-174.
[3] ORTLEK, H. G., & ULKU, S. Effect of some variables on properties of 100% cotton vortex spun yarn. *Textile Research Journal*, 75(6), 458-461.
[4] Normy.

Vedoucí práce: Ing. Petra Jirásková, Ph.D.
Katedra technologií a struktur

Konzultanti práce: Ing. Eva Moučková, Ph.D.
Katedra technologií a struktur
Ing. Iva Mertová, Ph.D.
Katedra technologií a struktur
Ing. Martin Janoušek
Rieter CZ s.r.o

Datum zadání práce: 15. března 2021
Předpokládaný termín odevzdání: 5. ledna 2023

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

L.S.

doc. Ing. Brigita Kolčavová Sirková,
Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

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

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

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

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

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

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

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

Poděkování

Na prvním místě děkuji vedoucí práce Ing. Petře Jiráskové, Ph.D. za vedení, cenné rady a připomínky a za čas, který mi věnovala. Poděkování patří i konzultantce Ing. Ivě Mertové, Ph.D. za pomoc při stanovení strukturních parametrů přízí. Ráda bych také poděkovala laborantce KTT Šárce Řezníčkové za pomoc při měření vlastností a parametrů přízí a dík patří i dalším pracovníkům katedry za jejich rady a podporu.

Děkuji firmě Rieter CZ, s.r.o. a firmě Kümpers Textil s.r.o. za poskytnutí materiálu pro experimentální část práce.

Vliv délky naváděcího prvku vláken spřádací trysky tryskového dopřádacího stroje na vlastnosti a strukturální parametry příze

Anotace

Diplomová práce pojednává o vlivu délky naváděcího prvku vláken tryskového dopřádacího stroje na vybrané vlastnosti a strukturální parametry příze o složení 100% Tencel. V teoretické části práce je popsán princip tryskového dopřádacího stroje pomocí jedné trysky a struktura tryskové příze. Dále je provedena rešerše vlivu strojně-technologických parametrů tryskového dopřádacího stroje na vlastnosti a parametry příze. Experimentální část se věnuje analýze vlastností a parametrů příze vypředených s využitím tří různých délek naváděcího prvku vláken. Zkoumanými vlastnostmi a strukturálními parametry příze jsou poměrná pevnost a tažnost, hmotná nestejnomyšnost, počet vad, chlupatost, průměr, zaplnění a zákrut obalové stužky vláken. Pozornost je směřována především na určení procenta obalových vláken z příčných řezů příze.

Klíčová slova

Trysková příze, tryskový dopřádací stroj, Air-Jet, naváděcí prvek vláken, obalová vlákna, procento obalových vláken.

Influence of the length of the fiber feeding element of the spinning nozzle of Air-Jet spinning machine on the yarn properties and structural parameters

Annotation

The diploma thesis deals with an effect of the length of fiber feeding element on selected properties and structural parameters of 100% Tencel Air-Jet yarn. In the theoretical part the principle of one nozzle Air-Jet spinning and the structure of Air-Jet yarn are described. Later on a research of the effect of Air-Jet spinning machine and technological parameters on yarn properties and parameters is made. The experimental part is dedicated to an analysis of properties and parameters of yarns made with the use of three different lengths of fiber feeding element. The yarn properties and structural parameters that are examined are: tenacity and breaking elongation, mass irregularity, number of yarn defects, hairiness, yarn diameter, packing density and twist of the wrapping fiber ribbon. Attention is paid to the determination of the percentage of wrapping fibers from yarn cross-section view.

Keywords

Air-Jet yarn, Air-Jet spinning machine, Air-Jet, fiber feeding element, wrapping fibers, percentage of wrapping fibers.

Obsah

Úvod.....	16
Teoretická část.....	17
1 Tryskové dopřádání	17
1.1 Historie tryskového dopřádání	17
1.2 Tryskové dopřádání pomocí jedné trysky (Air-Jet, MVS).....	18
1.2.1 Princip tvorby trykové příze na stroji s jednou tryskou.....	19
1.2.2 Modifikace trykové dopřádacího stroje	22
1.2.3 Porovnání technologie Air-Jet a Murata Vortex Spinning.....	23
1.2.4 Dopřádací stroj Rieter J 26	24
1.3 Porovnání technologie dopřádání pomocí dvou trysek (MJS) a jedné trysky (MVS, Air-jet)	26
1.4 Struktura a vlastnosti trykové příze.....	26
2 Rešerše – Vliv strojně-technologických parametrů na vlastnosti a strukturu trykové příze	28
2.1 Tlak vzduchu.....	28
2.2 Odtahová rychlost	29
2.3 Průtah	30
2.4 Úhel sklonu trysky	30
2.5 Průměr spřádací špičky	30
2.6 Vzdálenost mezi bodem svěru odváděcích válečků a spřádací špičkou.....	31
2.7 Naváděcí prvek vláken – předpoklady	32
3 Vybrané testované vlastnosti a strukturální parametry příze.....	34
3.1 Jemnost (délková hmotnost).....	34
3.2 Zákrut.....	35
3.3 Procento obalových vláken	36
3.3.1 Metoda četnostní.....	36
3.3.2 Metoda přímá	37
3.3.3 Metoda přímá modifikovaná	38
3.3.4 Metoda objemová.....	39
3.3.5 Metoda mikroskopická	40
3.4 Zaplnění	40
3.5 Pevnost v tahu a tažnost	41
3.6 Hmotná nestejnomyěrnost	42
3.7 Chlupatost	43
3.8 Vady v přízi.....	43
4 Metody použité ke statistickému zpracování dat.....	44
Experimentální část.....	46
5 Příze použité pro experiment	46
5.1 Tencel.....	47
5.2 Vlastnosti a parametry vláken	47
6 Postup přípravy příčných řezů.....	48
6.1 Příčné řezy příze	48
6.2 Příčné řezy rovnoběžného svazku vláken	49

7	Ověření jemnosti přízí.....	50
8	Zákrut obalové stužky vláken.....	51
8.1	Vliv délky FFE na počet zákrutů	52
9	Procento obalových vláken	53
9.1	Metoda četnostní	53
9.1.1	Vliv délky FFE na procento obalových vláken – metoda četnostní	54
9.2	Metoda přímá.....	55
9.2.1	Vliv délky FFE na procento obalových vláken – metoda přímá.....	56
9.3	Metoda přímá modifikovaná.....	57
9.3.1	Vliv délky FFE na procento obalových vláken – metoda přímá modifikovaná.....	58
9.4	Porovnání metod	59
10	Zaplnění	61
10.1	Vliv délky FFE na zaplnění příže	62
11	Průměr příže.....	63
11.1	Vliv délky FFE na průměr příže.....	63
12	Mechanické vlastnosti	64
12.1	Pevnost v tahu	64
12.1.1	Vliv délky FFE na poměrnou pevnost	64
12.1.2	Vliv procenta obalových vláken na poměrnou pevnost	66
12.1.3	Vliv počtu zákrutů na poměrnou pevnost.....	66
12.2	Tažnost.....	67
12.2.1	Vliv délky FFE na tažnost	67
12.2.2	Vliv procenta obalových vláken na tažnost	68
12.2.3	Vliv počtu zákrutů na tažnost.....	69
13	Hmotná nestejnomyěrnost	70
13.1	Vliv délky FFE na hmotnou nestejnomyěrnost	71
14	Vady příže	72
14.1	Počet tenkých míst.....	72
14.1.1	Vliv délky FFE na počet tenkých míst	72
14.2	Počet silných míst	73
14.2.1	Vliv délky FFE na počet silných míst	73
14.3	Počet nopků	74
14.3.1	Vliv délky FFE na počet nopků	75
15	Chlupatost.....	76
15.1	Index chlupatosti H a směrodatná odchylka chlupatosti sH	76
15.1.1	Vliv délky FFE na index chlupatosti H	77
15.1.2	Vliv délky FFE na směrodatnou odchylku chlupatosti sH	77
15.1.3	Vliv procenta obalových vláken na index chlupatosti H	78
15.2	Sumační kritérium chlupatosti S_3.....	79
15.2.1	Vliv délky FFE na chlupatost S_3	79
	Závěr	80
	Seznam použité literatury	83
	Seznam příloh	87

Seznam obrázků

Obrázek 1 Schéma průtahového ústrojí stroje MVS	19
Obrázek 2 Schématické znázornění formování příze v tělese trysky stroje od firmy Rieter	20
Obrázek 3 Schématické znázornění vzdálenosti L na stroji Air-Jet	20
Obrázek 4 Schéma části spřádací jednotky tryskového dopřádacího stroje	21
Obrázek 5 Povrch dutého vřetene (vlevo hladký, vpravo modifikovaný)	22
Obrázek 6 Schéma stroje Air-Jet J 10 od firmy Rieter (vlevo) a stroje MVS od firmy Murata (vpravo)	23
Obrázek 7 Princip tvorby tryskové příze technologií MVS	24
Obrázek 8 Tryskový dopřádací stroj Rieter J 26	25
Obrázek 9 Struktura tryskové příze	27
Obrázek 10 Transport vláken od průtahového ústrojí k dutému vřetenu (MVS)	31
Obrázek 11 Šroubovicový model příze	35
Obrázek 12 Binární obraz příčného řezu tryskové příze	37
Obrázek 13 Znázornění strukturních parametrů tryskové příze dle Eldeeba	40
Obrázek 14 Vanička pro zalévání příze do směsi včelího vosku a parafínu	48
Obrázek 15 Proces chlazení vosku	49
Obrázek 16 Měření výšky stoupání šroubovice v programu obrazové analýzy NIS Elements.....	51
Obrázek 17 Porovnání rekonstrukce středů vláken (vlevo) s reálným snímkem řezu příze Z+1_20 (vpravo).....	53
Obrázek 18 Překrytý obraz příčného řezu příze Z+1_20.....	55
Obrázek 19 Rekonstrukce obalových a jádrových vláken pomocí metody přímé (a.), metody přímé modifikované (b.) a porovnání se skutečným snímkem řezu příze Z-3_20 (c.).....	57

Seznam grafů

Graf 1 Histogram plochy vlákných řezů tryskové příze	38
Graf 2 Vliv délky naváděcího prvku na počet zákrutů příze jemnosti 20 tex (a.) a 30 tex (b.).....	52
Graf 3 Vliv délky naváděcího prvku na procento obalových vláken přízí jemnosti 20 tex (a.) a 30 tex (b.).....	54
Graf 4 Vliv délky naváděcího prvku vláken na procento obalových vláken – metoda přímá	56
Graf 5 Vliv délky naváděcího prvku na procento obalových vláken – metoda přímá modifikovaná	58
Graf 6 Porovnání vlivu délky FFE na procento obalových vláken zjištěné třemi metodami pro příze jemnosti 20 tex (a.) a 30 tex (b.).....	59
Graf 7 Radiální zaplnění příze Z+1_20	61
Graf 8 Vliv délky naváděcího prvku na průměr příze	63
Graf 9 Vliv délky naváděcího prvku na poměrnou pevnost přízí	65
Graf 10 Tahová křivka: a. příze Z-3_30, b. příze Z-1_30	65
Graf 11 Vliv procenta obalových vláken na poměrnou pevnost příze	66
Graf 12 Vliv počtu zákrutů na poměrnou pevnost příze.....	67
Graf 13 Vliv délky naváděcího prvku na tažnost příze	68
Graf 14 Vliv procenta obalových vláken na tažnost příze.....	69
Graf 15 Vliv počtu zákrutů na tažnost příze	69
Graf 16 Vliv délky naváděcího prvku na kvadratickou hmotnou nestejnomyšnost přízí	71
Graf 17 Vliv délky naváděcího prvku na počet tenkých míst přízí jemnosti 20 tex.....	73
Graf 18 Vliv délky naváděcího prvku na počet silných míst.....	74
Graf 19 Vliv délky naváděcího prvku na počet nopků	75
Graf 20 Vliv délky naváděcího prvku na index chlupatosti H přízí jemnosti 20 tex (a.) a 30 tex (b.).....	77
Graf 21 Vliv délky naváděcího prvku vláken na směrodatnou odchylku chlupatosti sH	78
Graf 22 Vliv procenta obalových vláken na index chlupatosti H	78
Graf 23 Vliv délky naváděcího prvku na sumační kritérium S_3 přízí jemnosti 20 tex (a.) a 30 tex (b.).....	79

Seznam tabulek

Tabulka 1 Experimentální sada přízí a jejich označení v práci	46
Tabulka 2 Statisticky zpracovaná data vlastností a parametrů vláken.....	47
Tabulka 3 Jemnost přízí – statistické zpracování dat	50
Tabulka 4 Zákrut obalové stužky vláken – statistické zpracování dat	51
Tabulka 5 Procento obalových vláken – metoda četnostní.....	54
Tabulka 6 Plocha řezu vlákna rovnoběžného s osou příze – statistické zpracování dat.	55
Tabulka 7 Procento obalových vláken – metoda přímá.....	56
Tabulka 8 Procento obalových vláken – metoda přímá modifikovaná	57
Tabulka 9 Efektivní zaplnění příze	62
Tabulka 10 Průměr příze – statistické zpracování dat	63
Tabulka 11 Poměrná pevnost přízí – statistické zpracování dat.....	64
Tabulka 12 Tažnost přízí – statistické zpracování dat.....	67
Tabulka 13 Kvadratická hmotná nestejnomyernost – statistické zpracování dat	70
Tabulka 14 Počet tenkých míst – statistické zpracování dat	72
Tabulka 15 Počet silných míst – statistické zpracování dat.....	73
Tabulka 16 Počet nopků – statistické zpracování dat.....	74
Tabulka 17 Index chlupatosti H – statistické zpracování dat	76
Tabulka 18 Směrodatná odchylka chlupatosti sH – statistické zpracování dat	76
Tabulka 19 Sumační kritérium S_3 – statistické zpracování dat.....	79

Seznam zkratk

ČSN	Česká soustava norem/česká technická norma
EN	Evropská norma
FFE	fiber feeding element – naváděcí prvek vláken
IN	interní norma
ISO	International organization for standardization
ITMA	International textile machinery exhibition
KTT	Katedra technologií a struktur
MJS	Murata Jet Spinning
MVS	Murata Vortex Spinning
NIS	Nicon Imaging Software
PÚ	průtahové ústrojí
S	levý směr zákrutu
Z	pravý směr zákrutu

$95\% IS$	95% interval spolehlivosti střední hodnoty
a	průměr jádra příze [μm]
c	šířka obalové stužky vláken [μm]
CV	kvadratická nestejnomyěrnost [%]
CVm	kvadratická hmotná nestejnomyěrnost [%]
\overline{CVm}	střední kvadratická hmotná nestejnomyěrnost [%]
D	průměr příze [μm]
\bar{D}	střední průměr příze [μm]
F	absolutní pevnost v tahu [N]
H	index chlupatosti [1]
\bar{H}	střední index chlupatosti [1]
h	výška stoupání šroubovice [m]
l	délka délkové textilie [m]
L	vzdálenost mezi bodem svěru odváděcích válečků průtahového ústrojí a spřádací špičkou [mm]
L_0	upínací délka příze [mm]
L_1	vzdálenost čelistí v okamžiku přetrhu příze [mm]
l_{Ne}	délka příze [ya]
m	hmotnost [g]
m_{Ne}	hmotnost příze [lb]
n	počet měření [1]
n_{j+o}	počet vláken v průřezu příze [1]
n_o	počet obalových vláken v průřezu příze [1]
Ne_c	číslo anglické pro bavlnu
Nm	číslo metrické
r	poloměr příze [mm]
R	poměrná pevnost v tahu [N/tex]
\bar{R}	střední poměrná pevnost v tahu [N/tex]
R_s	substanční poloměr příze [mm]
s	výběrová směrodatná odchylka
\bar{S}	střední plocha kolmému řezu vláknem [μm^2]
s^2	výběrový rozptyl
S_{12}	sumační kritérium chlupatosti (počet odstávajících vláken v délkových kategoriích 1 mm a 2 mm od těla příze) [1/100 m]

S_3	sumační kritérium chlupatosti (počet odstávajících vláken v délkových kategoriích 3–15 mm od těla příze) [1/100 m]
\bar{S}_3	střední počet odstávajících vláken v délkových kategoriích 3–15 mm od těla příze [1/100 m]
sH	směrodatná odchylka chlupatosti [1]
\overline{sH}	střední směrodatná odchylka chlupatosti [1]
T	jemnost příze [tex]
\bar{T}	střední jemnost příze [tex]
T_d	jemnost v deniérech [den]
$t_\alpha(n)$	α -kvantil t-rozdělení o n stupních volnosti
U	lineární nestejnomyšlnost [%]
v	variační koeficient [%]
w	procento obalových vláken [%]
\bar{w}	střední procento obalových vláken [%]
\bar{x}	průměr
\bar{x}_0	průměrný počet vad v přízi [1/km]
x_{0i}	počet vad v přízi [1/km]
x_i	naměřená hodnota
Z	počet zákrutů [m^{-1}]
\bar{Z}	střední počet zákrutů [m^{-1}]
β_D	úhel stoupání šroubovice [$^\circ$]
ε_p	tažnost [%]
$\bar{\varepsilon}_p$	střední tažnost [%]
λ	parametr Poissonova rozdělení
μ	zaplnění příze [1]
$\hat{\lambda}$	odhad parametru λ Poissonova rozdělení
ρ	měrná hmotnost vláken [kg/m^3]
ν_3, ν_4	počet stupňů volnosti
$\chi^2_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)}(\nu_3), \chi^2_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}(\nu_4)$	kvantily χ^2 rozdělení

Úvod

Princip dopřádání na prstencovém dopřádacím stroji je znám mnoho let. Na prstencovém dopřádacím stroji je možné vyrobit příze o různém materiálovém složení a široké škále jemností a zákrutů. V dnešní době se stále jedná o nejpoužívanější dopřádací systém. Nevýhodou prstencového dopřádání je jeho nízká produktivita. Tato nevýhoda dala v průběhu 20. století vzniknout nekonvenčním způsobům dopřádání, mezi které se řadí například rotorové, frikční nebo tryskové předení. Právě tryskovému dopřádání se věnuje tato diplomová práce. K zakrucování vláken dochází pomocí proudu stlačeného vzduchu, tudíž produktivita tryskového dopřádacího stroje může být několikanásobně vyšší než v případě prstencového dopřádání.

Trysková příze obsahuje obalová vlákna, která jsou zakroucena okolo jádrových vláken umístěných rovnoběžně s osou příze. Obalová vlákna zajišťují soudržnost vlákenného svazku. Je tedy vymezen předpoklad, že procento obalových vláken je důležitým strukturálním parametrem majícím vliv na výsledné vlastnosti přízí. K oddělení volných konců vláken dochází především v oblasti naváděcího prvku vláken. Hlavním cílem práce je analyzovat vliv délky naváděcího prvku vláken na vlastnosti a strukturu příze. Pozornost je také směřována na možnosti stanovení procenta obalových vláken. Procento obalových vláken je zjišťováno četnostně a také je navržena nová metoda, která je více objektivní.

Experimentální část práce je doplněna teoretickou částí, ve které je přiblížen princip tryskového dopřádání, je popsána struktura tryskové příze a také jsou zde uvedeny zkoumané vlastnosti a parametry přízí. Důležitou částí je rešerše vlivu strojně-technologických parametrů na vlastnosti a strukturu tryskové příze. V minulosti byla zkoumána mj. závislost vlastností a parametrů příze na odtahové rychlosti, tlaku vzduchu, tvaru a velikosti spřádací špičky. Tato diplomová práce tedy svým cílem na literaturu uvedenou v rešeršní části navazuje.

Teoretická část

1 Tryskové dopřádání

V současné době je nejčastěji používané dopřádání na prstencovém dopřádacím stroji (případně kompaktní dopřádání), dále rotorové a tryskové. Tryskové dopřádání je jedním z nekonvenčních způsobů dopřádání.

Výhodou tryskového předení je značné zvýšení produktivity. Na prstencovém dopřádacím stroji je dle firmy Rieter možné dosáhnout odváděcí rychlosti přibližně 35 m/min, kdežto u tryskového stroje je to až 500 m/min [1; 2]. Jako nevýhoda tryskového dopřádání se mohou jevit vysoké nároky na zpracovávaný materiál. Vláknenný materiál by měl mít vysokou poměrnou pevnost, vysoké mezivláknenné tření, nízkou ohybovou tuhost a s tím související nízkou odolnost vůči zakrucování a malé procento obsahu krátkých vláken. Je proto kladen důraz na velmi vysokou čistotu předkládaného pramene [3].

Vláknenný materiál musí být nejprve rozvolněn, čištěn a promíchán, poté následuje proces mykání, jehož produktem je pramen – mykanec. Pokud je zpracovávanou surovinou bavlna, je zařazena i operace česání. Pro dosažení dostatečné čistoty pramene je nutné provést tři pasáže družení a protahování. Výstupem je stejnoměrný pramen, který může být předložen tryskovému dopřádacímu stroji [4].

1.1 Historie tryskového dopřádání

V průběhu 60. let minulého století dosáhlo konvenční dopřádání na prstencovém dopřádacím stroji svých limitů. Díky tomu začaly vznikat nové alternativní způsoby dopřádání, které dovolily vyrábět přízi při vyšších odtahových rychlostech. Prvním úspěšným a komerčně využívaným nekonvenčním způsobem výroby příze se stalo rotorové dopřádání [5].

V 80. letech se na trhu objevily první tryskové dopřádací stroje. Princip tryskového dopřádání byl ale vynalezen již v roce 1956 firmou DuPont, ovšem v té době nebyl komerčně využíván. Pomocí technologie firmy DuPont bylo možné vyrobit přízi, kde byla část staplových vláken pevně ovinuta druhou částí vláken v náhodných intervalech. Nekonečná syntetická vlákna byla nejprve trhána na vlákna staplová.

Vzniklý vlákenný svazek byl podroben točivému momentu prostřednictvím vzduchového víru vznikajícího v tělese trysky. Technologie výroby byla později upravena i pro použití přírodních staplových vláken a patentována pod obchodním názvem Rotofil™ [5].

Japonská firma Murata vyvinula v té době komerčně nejvyužívanější tryskový dopřádací stroj – Murata Jet Spinner. MJS disponoval dvěma tryskami, které vytvářely vzduchové víry opačného směru. Tato technologie ovšem nebyla v té době schopna spřádat 100% bavlněné příze [5].

V roce 1987 na výstavě ITMA přišla německá firma Suessen s vlastním tryskovým strojem, který zaregistrovala pod obchodním označením PLYfiL™. Tato technologie je využívána dodnes. Princip spočívá ve ztenčení dvou pramenů v průtahových ústrojích uložených vedle sebe a následném zpevnění ve vzduchových tryskách. Vlákenné svazky o jemnosti příze jsou navinuty paralelně na jednu cívku obdobně jako druzená příze a jsou dále skány [5].

Firma Murata přišla poté s modifikací jejich původní úspěšné technologie Murata Jet Spinner (MJS) a vytvořila stroj Murata Vortex Spinner (MVS). Na stroji MVS jsou příze předeny s použitím jedné trysky a je možné zpracovat i jednokomponentní 100% bavlněnou surovinu, což technologií MJS možné nebylo [5].

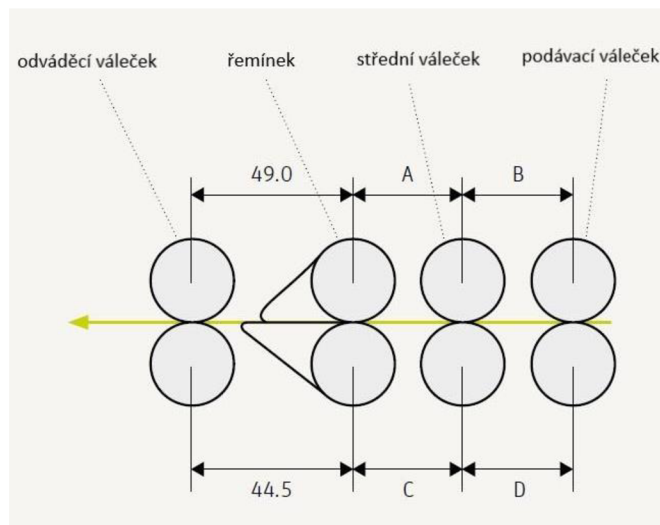
Dalším průkopníkem v oblasti tryskového předení se stala v roce 2008 švýcarská firma Rieter, která uvedla svůj tryskový dopřádací stroj J 10 využívající technologii Air-Jet. Firma zaregistrovala přízi vyráběnou na tomto stroji pod obchodní značkou ComforJet®. O dva roky později byl vyvinut stroj J 20, který nabídl vyšší produktivitu výroby při menším zastavěném prostoru [3; 5]. Nyní je na trhu dostupný stroj J 26, na kterém byly vypředeny příze pro experimentální část práce.

1.2 Tryskové dopřádání pomocí jedné trysky (Air-Jet, MVS)

Technologie Murata Jet Spinning (MJS), která byla první komerčně využívanou technologií tryskového dopřádání měla řadu nevýhod. Jednalo se především o nízký počet obalových vláken v přízi, s tím související nízkou pevnost příze a také nemožnost spřádat 100% bavlněnou surovinu. Z toho důvodu byla navržena technologie Murata Vortex Spinning (MVS) a později Air-Jet od firmy Rieter [3]. Porovnání technologií výroby příze využívající jednu a dvě trysky je v kapitole 1.3.

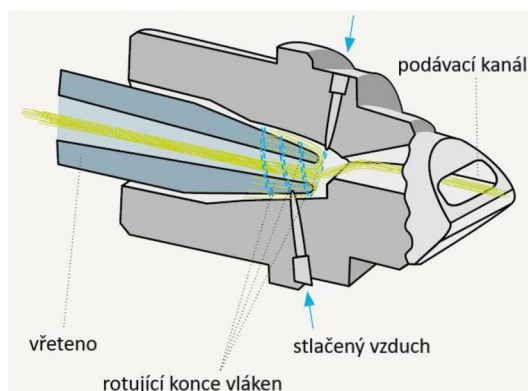
1.2.1 Princip tvorby tryskové příze na stroji s jednou tryskou

Pramen vláken je nejprve ztenčen v průtahovém ústrojí. V rámci tryskových strojů se obecně provádí vysoké průtahy. Firma Rieter uvádí průtah jejich stroje J 26 v rozmezí 43 a 317. Tryskové stroje firmy Rieter i Murata disponují čtyř-válečkovým průtahovým ústrojím (obrázek 1). Řemínky pomáhají k lepšímu vedení vláken mezi páry válečků. Uspadňují hlavní průtah, který dosahuje hodnot od 30 do 60. Díky řemínkům nedochází při vysokých hodnotách průtahu k tvorbě odpadu. Vstupní a střední průtah je nižší [3].



Obrázek 1 Schéma průtahového ústrojí stroje MVS [3]

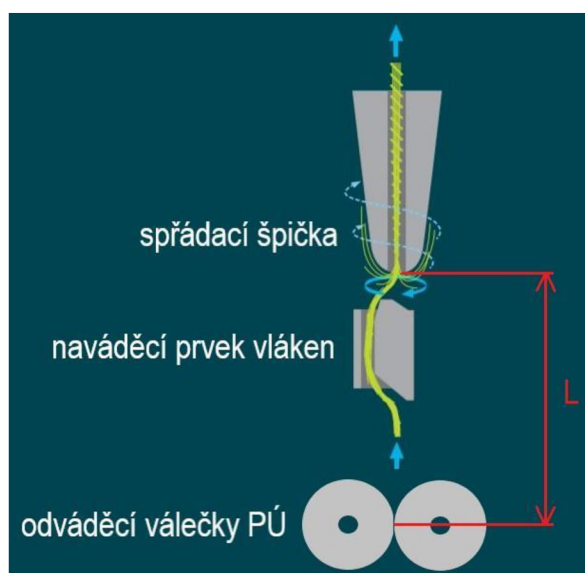
Po protažení pramene je vlákenná stužka vedena pomocí naváděcího prvku vláken do tělesa trysky. Mezi průtahovým ústrojím a spřádací špičkou musí dojít k oddělení volných konců vláken, které jsou poté vrženy na vnější povrch stacionárně umístěné spřádací špičky a následně působením vzduchových vírů zakrouceny kolem středu příze (viz obrázek 2). Tlak stlačeného vzduchu je až 0,6 MPa. Vzduch je přiváděn do tělesa trysky většinou čtyřmi otvory a jeho otáčky jsou až $1\,000\,000\text{ min}^{-1}$. Oddělené konce vláken, které jsou roztočeny vzduchem z trysek, dosahují vlivem odporových sil otáček přibližně $300\,000\text{ min}^{-1}$ [3].



Obrázek 2 Schématické znázornění formování příze v tělese trysky stroje od firmy Rieter [3]

Principem tvorby tryskové příze je zakroucení oddělených konců vláken okolo vláken středových, která jsou uložena paralelně s osou příze. Z toho vyplývají následující podmínky pro tvorbu příze. První podmínkou je oddělení volných konců vláken v zóně mezi průtahovým ústrojím a vstupem do spřádací špičky. Druhou podmínkou je zabránění tvorbě nepravého zákrutu [3].

Podmínka oddělení volných konců vláken je dána vzdáleností L (viz obrázek 3). V literatuře je uvedeno, že tato vzdálenost by měla být o trochu kratší než je průměrná délka vláken. Pokud je vzdálenost L správně zvolena, je podmínka oddělení volných konců vláken splněna [3]. Na oddělení konců vláken má vliv také naváděcí prvek, který je dále přiblížen v kapitole 1.2.1.1 Naváděcí prvek vláken.



Obrázek 3 Schématické znázornění vzdálenosti L na stroji Air-Jet [4]

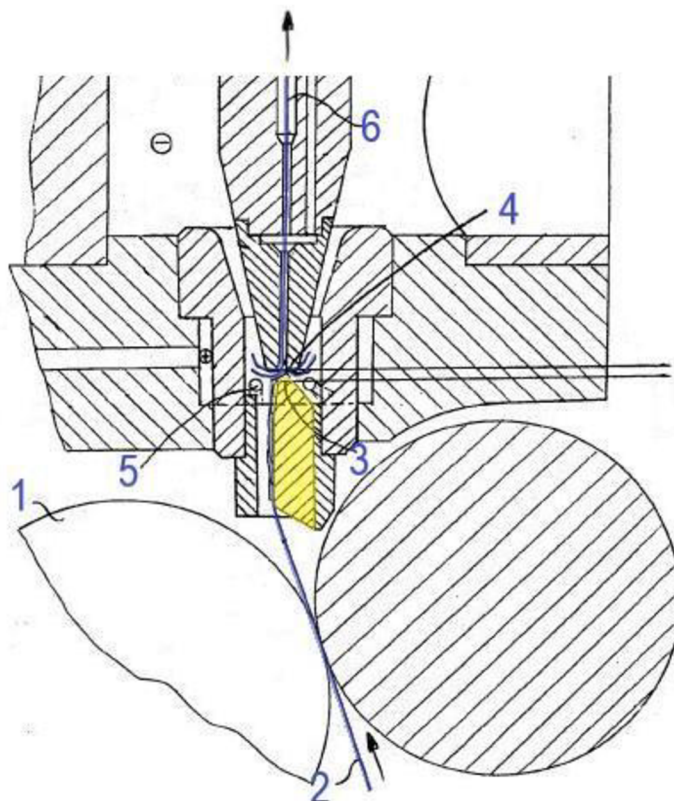
Především při zpracování přírodních surovin nejsou všechna vlákna stejně dlouhá. Vlákna, která jsou příliš krátká, se stanou vlákněným odpadem, který u technologie Air-Jet tvoří 5 až 10 % pramene. Vhodným nastavením vzdálenosti L je dosaženo nízkého procenta odpadu a dostatečně vysokého procenta obalových vláken [3].

Příze je navijena na válcové nebo kónické cívky s křížovým vinutím, které je možné použít k dalšímu zpracování ihned, bez soukání. Tryskové dopřádací stroje jsou navíc vybaveny čističem příze, který odstraňuje případné vady v přízi [3].

Tryskové stroje vyráběné v dnešní době jsou plně automatické. Není tedy potřeba obsluha, která by řešila přerhy příze a výměnu plných a prázdných cívek [3].

1.2.1.1 Naváděcí prvek vláken

Na obrázku 4 je možné vidět schématické znázornění částí spřádací jednotky. Žlutě je zvýrazněn naváděcí prvek vláken.



Obrázek 4 Schéma částí spřádací jednotky tryskového dopřádacího stroje [6]

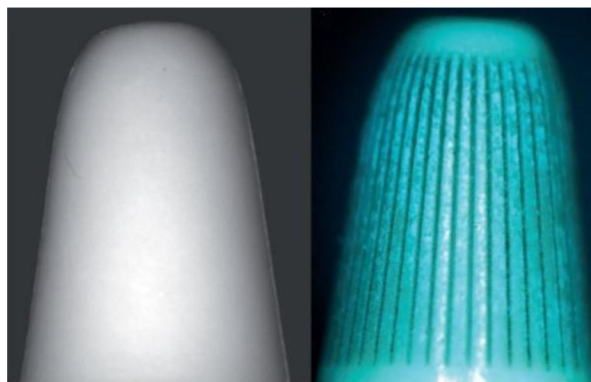
Pramínek vláken (1) protažený v průtahovém ústrojí (2) je veden naváděcím prvkem vláken (3). Mezi naváděcím prvkem a vstupem do spřádací špičky (4) se nachází

trysky (5) přivádějí stlačený vzduch, který vytváří vzduchový vír. Ten zajišťuje vržení konců vláken na vnější povrch spřádací špičky a jejich zakroucení okolo jádrových vláken. Spřádací špička má uvnitř kanál pro vedení právě vzniklé příze (6) [7].

Naváděcí prvek vláken (z angličtiny: fiber feeding element – FFE) je speciálně tvarovaný element, který je umístěn v určité vzdálenosti před vstupem do spřádací špičky. FFE vychyluje trajektorii pramínku vláken z osy spřádání. Tím je předcházeno tvorbě nepravého zákrutu mezi svěrnou linií odváděcích válečků průtahového ústrojí a vstupem do spřádací špičky. Nepravý zákrut by mohl zapříčinit nesprávné zakrucování obalových vláken a neparalelní postavení vláken jádrových. Další funkcí FFE je oddělení většího počtu konců vláken, které mohou být zakrouceny vzduchem z trysek [4; 6]. Toho je dosaženo zkosenou hranou FFE, kde dochází k vychýlení konců vláken od vlákenné stužky. Bylo zjištěno, že příze vypředené s využitím FFE s hranou, kde dochází k vychýlení vlákenné stužky, mají vyšší počet obalových vláken a tím i vyšší pevnost [7].

1.2.2 Modifikace tryskového dopřádacího stroje

Jelikož je technologie tryskového předení poměrně nová, je předmětem zkoumání a vylepšování. Jako příklad může být uveden výzkum Wena a dalších [8], kteří se zabývali modifikací spřádacího ústrojí. Navrhli použití tzv. „self-twist“ dutého vřetene. Pomocí laseru byly na vnějším povrchu dutého vřetene vytvořeny drážky (obrázek 5) [9].



Obrázek 5 Povrch dutého vřetene (vlevo hladký, vpravo modifikovaný) [9]

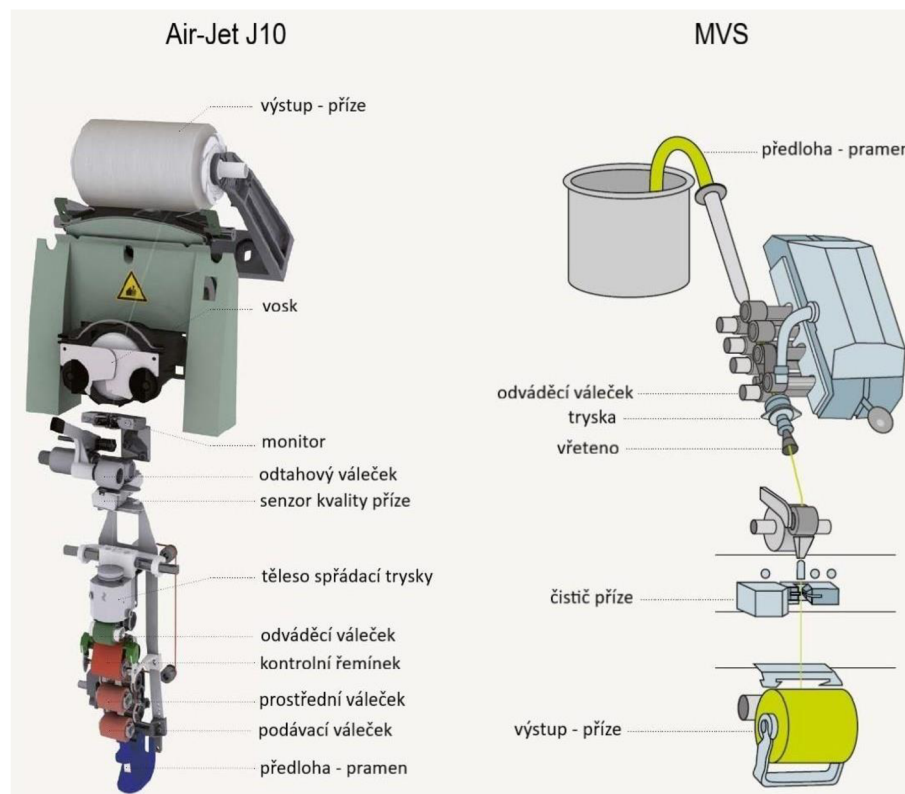
Základní myšlenkou „self-twist“ dutého vřetene je zvýšení tření mezi volným koncem vlákna a vnějším povrchem dutého vřetene. Drážky na povrchu vřetene vytvoří větší

drsnost povrchu a tím se zvýší třecí síla mezi vláknem a povrchem vřetene. Vyšší tření zapříčiní tzv. samozakroucení jednotlivých konců vláken. Toto zakroucení přenáší vlákno do struktury příze, kde pak dochází k vyššímu tření a kohezi mezi vlákny. Takto vzniklá struktura, vzhledem k vyšší soudržnosti, vede k vyšší poměrné pevnosti příze [9; 10].

Z experimentu [9] vyplývá, že příze vypředené na modifikovaném tryskovém dopřádacím stroji mají kompaktnější strukturu, která je dána vyšším třením mezi vlákny. U těchto přízí byl pozorován o něco menší úhel sklonu obalových vláken vůči ose příze. Příze vypředené na modifikovaném stroji mají vyšší poměrnou pevnost a vyšší poměrné prodloužení [9].

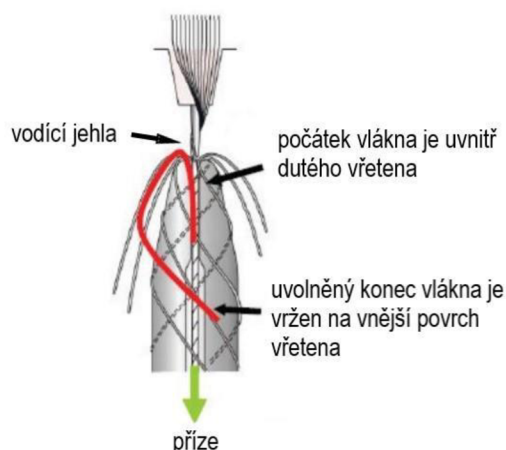
1.2.3 Porovnání technologie Air-Jet a Murata Vortex Spinning

Spřádací tryska Murata využívá vodící jehlu v oblasti přivádění vláken ke spřádací špičce. Spřádací tryska Air-Jet od švýcarské firmy Rieter jehlu neobsahuje a další odlišností je orientace průchodu materiálu. U firmy Rieter je předlohový pramen podáván zespodu a příze je navíjena na cívku v koruně stroje (viz obrázek 6).



Obrázek 6 Schéma stroje Air-Jet J 10 od firmy Rieter (vlevo) a stroje MVS od firmy Murata (vpravo) [3]

Z provedeného experimentu [11] plyne, že vodící jehla technologie MVS nejspíše napomáhá vláknům udržet se jedním koncem uprostřed příze, aniž by došlo k nechtěnému povytahování tohoto konce vlákna vlivem rotujícího víru vzduchu (obrázek 7). Tento způsob formování příze umožní více kompaktní strukturu a vyšší pevnost příze. Příze vyrobené technologií Air-Jet nevyužívající prvek vodící jehly, jsou tedy měkčí a mají nižší poměrnou pevnost v tahu [11].



Obrázek 7 Princip tvorby tryskové příze technologií MVS [12]

Stroje od firmy Murata mají spřádací jednotky uloženy na jedné straně stroje, u firmy Rieter jsou osazovány obě strany [3].

Tato práce má za cíl zkoumat příze vyrobené technologií Air-Jet. Vzhledem k tomu, že tato technologie je poměrně nová, není dostupné velké množství odborných článků, které by popisovaly vlastnosti a strukturu Air-Jet přízí. Z tohoto důvodu je v práci využito i literatury týkající se tryskových přízí vyrobených technologií Murata Vortex Spinning (MVS). Mezi strukturou a vlastnostmi tryskové příze vyrobené technologií Air-Jet a MVS nejsou významné rozdíly a základní princip výroby je shodný.

1.2.4 Dopřádací stroj Rieter J 26

Příze zkoumané v rámci experimentální části byly vypředeny na stroji Rieter J 26 (obrázek 8). Tento stroj disponuje až 200 spřádacími jednotkami a 6 roboty. Stroj J 26 má spřádací jednotky na obou stranách stroje a výhodou je možnost individuálního ovládání těchto dvou stran. Je tak možné spřádat najednou jiný materiál nebo jinou jemnost přízí. Stroj je vybaven čističem příze, který kontroluje kvalitu příze (vady příze, zapředené cizí vlákenné příměsi). Při přetrhu příze dojde k automatickému zapředení

dvou konců. V případě výskytu vady dojde k jejímu vystřížení a poté k automatickému zapředení. Odváděcí rychlost stroje může být až 500 m/min. Stroje Air-jet firmy Rieter mají směr předení od zdola nahoru. Konve s prameny jsou tedy umístěny přímo pod strojem a příze je navijena na cívku v horní části stroje. Výstupem jsou válcové nebo kónické cívky s křížovým vinutím [2].

Doporučenou zpracovávanou surovinou jsou 100% celulózová vlákna, 100% bavlněná vlákna, směs bavlněných a celulózových vláken, směs bavlněných a polyesterových vláken a směs celulózových a polyesterových vláken. Jemnost příze je v rozsahu od 8,5 tex do 37 tex. Na stroji J 26 je možné vypřádat příze se zákrutem ve směru Z i S [2].



Obrázek 8 Tryskový dopřádací stroj Rieter J 26 [13]

1.3 Porovnání technologie dopřádání pomocí dvou trysek (MJS) a jedné trysky (MVS, Air-jet)

Proces spřádání pomocí jedné trysky (Air-jet, MVS) zaručuje vyšší procento obalových vláken než předení pomocí dvou trysek (MJS). Podle firmy Rieter může být procento obalových vláken u technologie Air-jet v rozsahu od 15 % do 30 % z počtu vláken v přízi. Vyšší procento obalových vláken zajistí vyšší pevnost příze a nižší poměrné prodloužení [3; 14]. Příze vyrobené pomocí jedné trysky jsou více stejnoměrné, mají méně silných míst a nižší chlupatost. Příze vyrobené na stroji s jednou tryskou mají vzhled podobnější konvenční prstencové přízi [14].

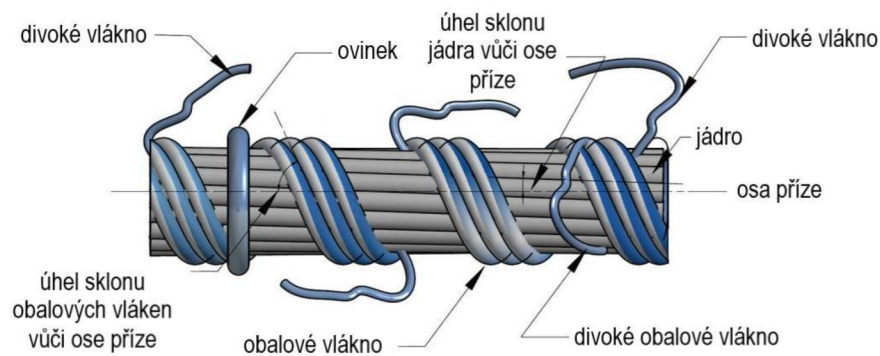
1.4 Struktura a vlastnosti tryskové příze

Trysková příze se skládá z nezakroucených jádrových a zakroucených obalových vláken. Jádrová vlákna jsou orientována paralelně s osou příze a jsou držena pohromadě díky zákrutu obalových vláken. Trysková příze se jinak také nazývá svazková příze, vortex příze (vyrobená na stroji od firmy Murata) a air-jet příze (vyrobená na stroji od firmy Rieter) [15].

Na základě výzkumů [15; 16] lze vlákna v tryskové přízi rozdělit do více skupin než na jádrová a obalová. Jedno z možných rozdělení vláken je uvedeno níže.

1. **Jádrová vlákna**, která jsou orientovaná paralelně s osou příze. Tato vlákna zaujímají v přízi největší procentuální zastoupení.
2. **Divoká vlákna**, která náhodně vyčnívají z těla příze. Dají se mezi ně zařadit také smyčky, které se podél osy příze mohou tvořit.
3. **Obalová vlákna**, jež jsou zakroucena okolo jádra, a jejich orientace je dána úhlem stoupání šroubovice.
4. **Divoká obalová vlákna** zakroucená okolo jádra. Jsou orientována jiným směrem než obalová vlákna, ale není možné určit jejich přesný úhel sklonu vůči ose příze.
5. **Ovinky**, které obalují tělo příze. Mohou to být buď jádrová vlákna, nebo jádrová i obalová vlákna orientovaná kolmo na osu příze. Výzkum uvádí, že se tento typ vláken ve struktuře příze příliš často nevyskytuje [15; 16].

Schématické znázornění vláken v tryskové přízi je na obrázku 9.



Obrázek 9 Struktura tryskové příze [17]

Trysková příze má unikátní strukturu, kterou nelze porovnat s jinými přízemi vyráběnými nejčastěji na prstencovém a rotorovém dopřádacím stroji. Vlastnosti příze ovšem porovnat můžeme.

Hodnoty poměrné pevnosti tryskové příze se pohybují v rozmezí mezi přízí česanou prstencovou a přízí vyrobenou zkrácenou rotorovou technologií. Jemnost přízí vyrobených na tryskovém dopřádacím stroji se pohybuje v rozmezí 15–70 tex. Pokud je správně nastaveno průtahové ústrojí, je možné dosáhnout podobné stejnoměrnosti jako u prstencové příze. V případě chlupatosti velmi záleží na zákrutu příze, ale obecně by se dalo říci, že trysková příze obsahuje méně odstávajících vláken než příze prstencová. Díky nižšímu počtu odstávajících vláken je možné dosáhnout vyšší odolnosti v oděru [3].

Vzhledem k nízké chlupatosti, vysoké odolnosti vůči oděru a malému počtu vad dochází k nízké prašnosti při následném zpracování pletením, případně tkaním. Plošné textilie z tryskových přízí mají vysoký lesk. Jejich omak je mezi textiliemi z prstencových a rotorových přízí [3].

Z tryskových přízí vypředených technologií Air-Jet se vyrábí především pleteniny, spodní prádlo, svrchní oděvy a ložní prádlo. Textilie mají vysokou absorpci vody a jsou mechanicky stálé v praní [2].

2 Rešerše – Vliv strojně-technologických parametrů na vlastnosti a strukturu tryskové příze

Tryskové předení je nové odvětví dopřádání, které si rychle získalo pozornost odborné veřejnosti. Na téma vliv strojně-technologických parametrů na vlastnosti a strukturální parametry tryskové příze bylo zpracováno několik vědeckých článků a závěrečných prací. V minulosti byl zkoumán vliv tlaku vzduchu, odtahové rychlosti, průtahu, velikosti dutého vřetene, dále vliv sklonu trysek a vliv vzdálenosti svěrné linie odtahových válečků průtahového ústrojí a ústí dutého vřetene.

V rámci rešerše tématu tryskového dopřádání nebyla nalezena literatura zabývající se vlivem délky naváděcího prvku na strukturu a vlastnosti vypředených přízí. Tuto problematiku má za cíl zkoumat tato diplomová práce, která tématem navazuje na výzkum uvedený v rešeršní části níže.

2.1 Tlak vzduchu

Důležitým parametrem nastavení tryskového stroje je tlak vzduchu. Jeho vlivu na strukturu a vlastnosti přízí je věnována řada studií. Pokud je tlak vzduchu nastaven na vyšší hodnotu, dojde ke zvýšení rychlosti pohybu vlákných konců a i ke zvýšení procenta obalových vláken. Při vyšším tlaku vzduchu je také dosaženo nižší chlupatosti. Ovšem pokud je tlak vzduchu příliš vysoký, dojde k nekontrolovatelnému pohybu vláken a výsledná struktura příze pak obsahuje velké množství divokých vláken a chlupatost příze se zvyšuje. Při příliš vysokém tlaku vzduchu roste vlákný odpad a snižuje se stejnoměrnost příze [18; 19].

Pokud roste tlak vzduchu, je struktura příze více kompaktní, příze má menší průměr a je více tuhá. Tím roste její odolnost vůči oděru [19; 20]. S rostoucím tlakem vzduchu roste míra zakroucení obalové stužky, vlákna v jádru jsou více utažená vlákny obalovými [20]. Pevnost příze je také ovlivněna tlakem vzduchu. Při vyšším tlaku vzduchu roste procento obalových vláken, struktura je kompaktnější a tím je dosaženo vyšší pevnosti. To však platí pouze do určité hodnoty tlaku vzduchu. Nad kritickou hodnotou tlaku vzduchu se pevnost snižuje, jelikož dochází k vytažení některých vláken z jádra a objevují se vlákna divoká. Zvyšuje se množství odpadu a tím roste počet tenkých míst. Tato hodnota tlaku vzduchu je pro každý materiál a jemnost vláken i příze specifická. Záleží také na dalších strojně-technologických parametrech [18; 20; 21].

Vlivu tlaku vzduchu na vlastnosti a strukturu tryskových přízí se věnovaly ve své závěrečné práci Š. Hajská [22] a P. Bílá [23]. Hajská zkoumala vliv tlaku vzduchu a odtahové rychlosti na vlastnosti a strukturální parametry viskózních přízí. Tlak byl nastaven na 4, 5 nebo 6 bar. Byly potvrzeny předpoklady, že při vyšším tlaku vzduchu dochází k nárůstu pevnosti a tažnosti, ke snížení chlupatosti, ke snížení počtu silných míst a ke zmenšení průměru příze [22]. Bílá v experimentu zjišťovala, jaký vliv má tlak vzduchu a odtahová rychlost na vlastnosti a strukturu bavlněných přízí o dvou jemnostech – 15 a 25 tex. Výsledky experimentu z části neodpovídaly předpokladům, což mohlo být podle Bílé dáno například nestejnouměrností použité bavlněné suroviny. Při vyšším tlaku vzduchu se snížila chlupatost, zmenšil se průměr a zvýšila se míra zakroucení obalové stužky. U některých přízí došlo k nárůstu pevnosti. Dále bylo zjištěno, že s rostoucím tlakem vzduchu roste hmotná nestejnouměrnost, což neodpovídá předpokladům. V rámci práce bylo zjišťováno procento obalových vláken metodou objemovou a metodou četnostní (Secant). Při vyhodnocení výsledků objemové metody bylo zjištěno, že s vyšším tlakem vzduchu je dosaženo většího procenta obalových vláken. Z výsledků četnostní metody nebylo možné vyvodit vliv tlaku vzduchu na počet obalových vláken, jelikož získaná data byla příliš variabilní [23].

2.2 Odtahová rychlost

Odtahová rychlost, respektive dodávka vláken k trysce, určuje dobu, po kterou vlákna prochází zónou spřádání. Pokud je odtahová rychlost vysoká, vlákna nad spřádací špičkou krouží kratší dobu, proto je vliv působení proudícího vzduchu na vlákna nižší. To může vést ke vzniku nepravidelných ovinů a k neúplnému zakroucení obalových vláken, dále také ke vzniku vláken divokých. Kvůli zkrácení času v zóně spřádání se snižuje procento těsně zakroucených obalových vláken a dlouhých ovinů. Výsledkem je vyšší nestejnouměrnost příze [20; 21; 22]. To se neprokázalo v experimentu P. Bílé [23], kde bylo při vyšší rychlosti dosaženo naopak vyšší stejnoměrnosti přízí. Tento výsledek byl dle autorky s nejvyšší pravděpodobností dán lepším napřímením a rozmístěním vláken [23].

Pokud je rychlost předení nižší, působí vzduchový vír na vlákna delší čas. Díky tomu je dosaženo vyšší míry zakroucení obalových vláken, příze se stává kompaktnější a průměr se zmenší [22; 23; 24]. S nižší odváděcí rychlostí klesá chlupatost příze, obdobně jako je tomu např. u příze prstencové. Odváděcí rychlost je snižována, což má

za následek vyšší počet zákrutů na jednotku délky, z toho plyne nižší chlupatost [22; 24]. Zvýšení odváděcí rychlosti způsobuje nižší odolnost příze vůči oděru, což je nejspíše způsobeno nesprávně zformovanou obalovou vrstvou příze. Při vyšší rychlosti je sníženo procento obalových vláken a z důvodu nedokonalého obalení jádra není dosaženo tak vysoké pevnosti [21]. Experiment Hajské ukázal nejprve rostoucí a poté klesající trend pevnosti příze s rostoucí odtahovou rychlostí [22]. Optimální hodnota odváděcí rychlosti je vždy závislá na jemnosti příze [5].

Bylo zjištěno, že vyšší tlak vzduchu spolu s nižší odtahovou rychlostí má za následek vyšší zakroucení obalové vrstvy vláken, menší průměr příze, vyšší pevnost i tažnost, nižší chlupatost a nestejnomyšlnost a nižší počet vad [22].

2.3 Průtah

Ať už průtah v průtahovém ústrojí, tak i příadní průtah mají vliv na vzhled i strukturu příze. Pokud je celkový průtah v průtahovém ústrojí vysoký, je příze více stejnoměrná a má nižší počet tenkých míst [25]. Hodnotou příadního průtahu je ovlivňováno procento obalových vláken. Příadní průtah je poměr rychlosti odtahového válečku a odváděcího válečku průtahového ústrojí. Rychlost odtahového válečku je většinou nepatrně nižší a z toho plyne, že příadní průtah dosahuje hodnoty menší než 1. Pokud je příadní průtah nižší, tak procento obalových vláken roste. Z toho plyne více semknutá struktura příze a tedy nižší tažnost [3; 26].

2.4 Úhel sklonu trysky

Na výsledné vlastnosti příze má vliv také tryska pro stlačený vzduch. Pokud je použita tryska, která má menší úhel sklonu k ose spřádací špičky, zvýší se rychlost proudění a tím je dosaženo vyšší pevnosti příze [5].

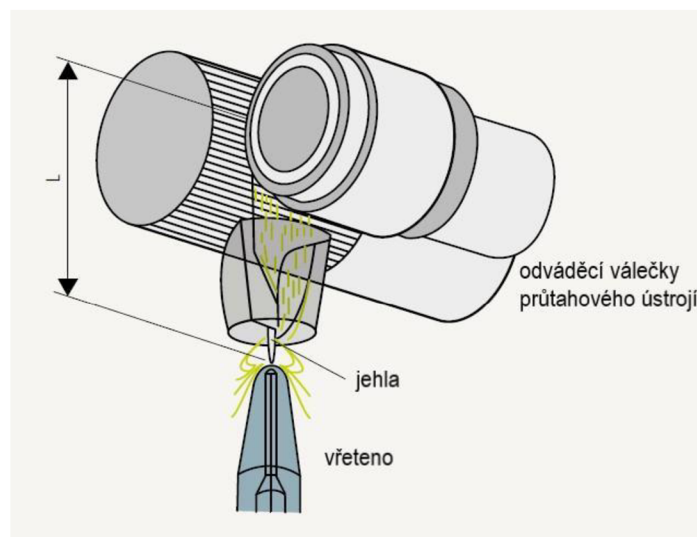
2.5 Průměr spřádací špičky

Velikost průměru spřádací špičky má vliv na sevření vlákenného svazku obalovými vlákny. Při použití menšího průměru spřádací špičky má svazek vláken v místě vstupu do spřádací špičky více omezen prostor pro svůj pohyb. To má za následek stěsnání vláken a vyšší tření. Vzniká pak příze s těsněji ovinutými obalovými vlákny a vyšším počtem zákrutu. Z toho plyne i nižší chlupatost. V opačném případě, když je průměr

spřádací špičky vyšší, má vlákenný svazek větší prostor k pohybu. Obalová vlákna jsou méně zakroucena a tím drží strukturu celé příze o něco volněji. Při použití spřádací špičky s větším poloměrem vznikne objemnější a chlupatější příze s vyšší mírou nestejnomyšnosti a nižší tuhostí [5].

2.6 Vzdálenost mezi bodem svěru odváděcích válečků a spřádací špičkou

Vzdálenost mezi odváděcími válečky a spřádací špičkou (dutým vřetenem) ovlivňuje procento obalových vláken a množství vlákenného odpadu. Tato vzdálenost se označuje L a je zřejmá z obrázku 10. Studie provedené na toto téma uvádí, že délka vláken uložených paralelně v jádru příze se zvyšuje, pokud je vzdálenost L menší. Pokud je vzdálenost L větší, dochází k uchycení kratší části vlákna uvnitř příze [27]. Delší část vlákna rotuje ve vzduchovém víru a to zapříčiňuje vyšší chlupatost příze [20; 21]. Vlákno není dostatečně fixováno v jádru, je pomocí víru snadněji vytaženo a stává se vlákenným odpadem. Z toho vyplývá, že čím větší je vzdálenost L , tím je vyšší i procento vlákenného odpadu a s tím v přízi vzroste výskyt nežádoucích tenkých míst [18; 19; 27]. Pokud je použita větší vzdálenost L , je dosaženo vyššího procenta obalových vláken, příze má více dlouhých pravidelných ovinů a je odolnější v oděru [20; 21].



Obrázek 10 Transport vláken od průtahového ústrojí k dutému vřetenem (MVS) [3]

Pokud je vzdálenost L příliš malá, má příze nižší procento obalových vláken a její poměrná pevnost nemusí být dostačující pro dané využití [5]. Je proto nutné najít mezi těmito dvěma hranicemi vhodné optimum. Zvolená vzdálenost L má vliv na volbu délky naváděcího prvku vláken (FFE). Čím delší bude L , tím delší se volí FFE [4].

2.7 Naváděcí prvek vláken – předpoklady

Naváděcí prvek vláken a jeho význam byl přiblížen v kapitole 1.2.1.1. V rámci rešerše nebyla nalezena literatura zabývající se vlivem délky FFE na vlastnosti a strukturální parametry příze.

Jak již bylo zmíněno, FFE má za úkol eliminovat tvorbu nepravého zákrutu a pomáhat oddělení volných konců vláken. Z tohoto důvodu je vymezen předpoklad, že čím delší bude FFE, tím více vlákenných konců bude uvolněno a tím bude vyšší **procento obalových vláken**. Toto nejspíš nebude platit vždy. Předpokládá se, že pokud délka FFE bude vzhledem k délce vláken příliš vysoká, dojde k horší fixaci předního konce vlákna v jádru a vzroste procento odpadu. Kvůli vyššímu odpadu se v přízi bude vyskytovat vyšší počet **tenkých míst a hmotná nestejnomyšlnost** vzroste.

Dalším předpokladem je, že se vzrůstající délkou FFE bude vzrůstat poměrná **pevnost** příze. To souvisí s procentem obalových vláken, která v přízi plní funkci sevření vláken jádrových. Z toho plyne vyšší tření a tím pádem i vyšší soudržnost příze jako celku při tahovém namáhání. Je zde předpoklad, že tato závislost nebude platit vždy. Je pravděpodobné, že zde bude existovat kritické procento obalových vláken, při kterém bude pevnost nejvyšší a při dalším zvýšení počtu obalových vláken bude docházet ke snížení pevnosti. Tento předpoklad lze vysvětlit tím, že v přízi bude příliš mnoho zakroucených vláken, která nejsou uložena paralelně s osou příze. Při tahovém namáhání jsou namáhána všechna vlákna v přízi. Vlákna uložena paralelně s osou příze (a také se směrem namáhání) plně přenašejí vzniklou sílu. Osa zakroucených vláken se nachází v určitém (nenulovém) úhlu k ose příze. Výsledná síla zakroucených vláken se rozloží na dvě složky – na složku ve směru osy příze (a namáhání na tah) a na složku ve směru kolmém na osu příze. Tato kolmá složka síly způsobuje v přízi krutný moment. Pokud je v přízi příliš mnoho zakroucených obalových vláken, dochází k tomuto rozkladu sil u příliš mnoha vláken a výsledná pevnost příze se tím snižuje [28]. Je třeba nalézt optimální množství obalových vláken, které je dostatečné pro zvýšení soudržnosti příze, ale není příliš vysoké.

Co se týká **tažnosti**, je pravděpodobné, že při větší délce naváděcího prvku bude tažnost klesat. Předpokladem je nárůst procenta obalových vláken s rostoucí délkou FFE. Při vyšším procentu obalových vláken může vznikat sevřenější struktura, kde nedochází k prokluzům vláken. Díky tomu by mohlo být dosaženo nižších hodnot tažnosti.

Tryskové příze mají obecně nižší **chlupatost**. Není předpokládán významný vliv délky FFE na chlupatost. Je možné, že příze s použitím delšího FFE budou mít vyšší chlupatost, jelikož dojde k oddělení vyššího počtu vláknenných konců. To by znamenalo i vyšší **průměr** příze se vzrůstající délkou FFE.

3 Vybrané testované vlastnosti a strukturální parametry příze

V následujících kapitolách jsou popsány vlastnosti a parametry příze, které byly v rámci experimentální části práce testovány.

3.1 Jemnost (délková hmotnost)

Jemnost neboli délková hmotnost je charakterizována jako poměr mezi hmotností a délkou příslušné délkové textilie [29]. V České republice se nejčastěji vyjadřuje v jednotce *tex*. Jemnost vláken se obvykle uvádí v jednotkách *dtex*. Jemnost se vypočítá dle vzorce (1),

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

kde T je jemnost [tex], m hmotnost [g] a l délka [km] [29]. Jemnost v jednotce *tex* tedy uvádí hmotnost délkové textilie, která je vztažena na délku 1 km.

Obdobnou soustavou pro vyjádření jemnosti je deniér. Deniér vyjadřuje, kolik gramů váží 9 km délkové textilie (nejčastěji přírodního nebo chemického hedvábí). Jemnost v deniérech T_d [den] se tedy spočítá dle rovnice (2) [30].

$$T_d = \frac{m [0,05 \text{ g}]}{l [450 \text{ m}]} = \frac{m [g]}{l [9 \text{ km}]} \quad (2)$$

Jemnost lze také vyjádřit v čísle metrickém podle vzorce (3),

$$Nm = \frac{l}{m} \quad (3)$$

kde Nm je číslo metrické, l je délka [m] a m hmotnost [g] [30].

V současnosti se v zahraničí často používá číslo anglické, které je vyjádřené pro každý materiál zvlášť. Jako příklad je uvedeno číslo anglické pro bavlnu, které udává „kolik přaden po 840 yardech se vypře z jedné libry materiálu.“ [30] Vypočítá se dle vzorce (4),

$$Ne_c = \frac{l_{Ne} [840 \text{ ya}]}{m_{Ne} [lb]} \quad (4)$$

kde Ne_c je číslo anglické pro bavlnu, l_{Ne} je délka [ya], m_{Ne} je hmotnost [lb] [30].

Jemnost se experimentálně stanovuje dle normy ČSN EN ISO 2060 (800702) Textilie. Nítě na návinech. Zjišťování jemnosti (dévkové hmotnosti) pásmovou metodou. Zkouška spočívá v odvinutí 100 m příze na vijáku a následném zvažení pomocí laboratorních vah [31].

3.2 Zákrut

„Zákrutem rozumíme zakroucení vláken ve směru šroubovice kolem osy příze vyjádřené počtem celých otáček na délku 1 m.“ [29] Zákrut má výrazný vliv na pevnost příze [29].

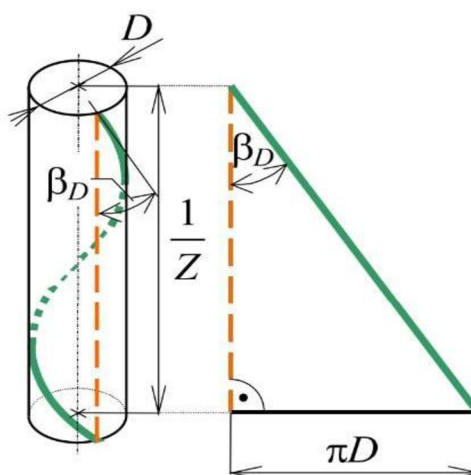
V případě tryskových přízí se nejedná o zákrut v pravém slova smyslu a není jej možné měřit pomocí zákrutoměru jako je tomu například u příze vyrobené na prstencovém nebo rotorovém dopřádacím stroji. Je to dáno její odlišnou strukturou (viz kapitola 1.4 Struktura a vlastnosti tryskové příze). Z toho důvodu je v práci aplikována metoda stanovení zákrutu pomocí podélných pohledů.

Jedná se o nepřímou metodu měření zákrutu příze, která spočívá v ručním měření vzdálenosti v programu obrazové analýzy. Nejprve je změřena výška stoupání šroubovice a poté je pomocí této hodnoty vyjádřen zákrut.

Zákrut je stanoven podle vzorce (5),

$$Z = \frac{1}{h} \quad (5)$$

kde Z je zákrut [m^{-1}] a h je výška stoupání šroubovice [m] [32]. Výpočet zákrutu vyplývá z obrázku 11.



Obrázek 11 Šroubovicový model příze [32]

3.3 Procento obalových vláken

Jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, trysková příze je tvořena jádrem, v němž jsou vlákna orientovaná paralelně s osou příze (nejsou zakroucena), a obalovou vrstvou, kterou tvoří zakroucená vlákna ve tvaru šroubovice.

Z literatury vyplývá, že vlastnosti tryskové příze jsou ovlivněny poměrem jádrových a obalových vláken. Procento obalových vláken (w) bylo zjišťováno v několika experimentech [15; 23; 33; 34]. V následujících podkapitolách budou tyto metody sloužící k určení procenta obalových vláken blíže popsány a dále budou přiblíženy i nové metody, které jsou vyzkoušeny v experimentální části práce. Všechny uvedené metody využívají ke stanovení procenta obalových vláken program obrazové analýzy.

3.3.1 Metoda četnostní

Nejjednodušší metoda sloužící k určení poměru obalových a jádrových vláken byla představena v diplomové práci P. Bílé [23]. Pro tuto metodu je třeba připravit mikroskopické snímky příčných řezů přízí. Snímky jsou zpracovávány v programu obrazové analýzy. Nejprve se označí vlákna v obalové části příze, jsou zjištěny jejich souřadnice a poté se označí i vlákna jádrová. Vlákna v jádru nejsou nijak zešikmena, vlákna obalová jsou zakroucena, proto je i jejich příčný řez jiný než u jádrových vláken. Obalová vlákna mají protáhlejší tvar a větší plochu řezu. Ze zjištěného počtu obalových vláken a celkového počtu vláken v řezu, se dopočítá procento obalových vláken w [%] dle vzorce (6),

$$w = \frac{n_o}{n_{j+o}} \cdot 100 \quad (6)$$

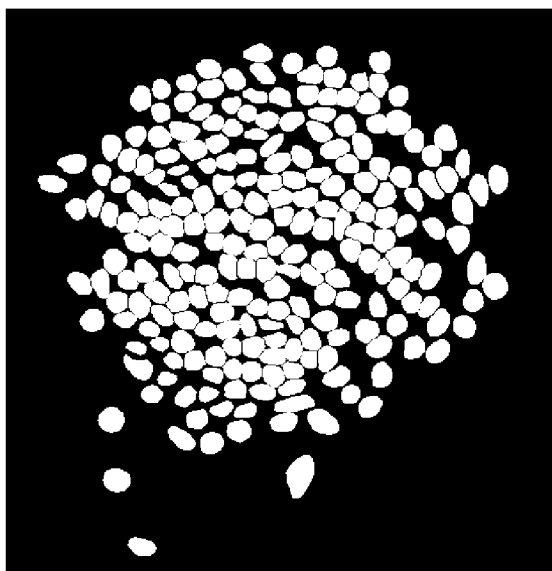
kde n_o je počet obalových vláken a n_{j+o} je celkový počet vláken, tedy v jádru a v obalové stužce.

Pro četnostní metodu je rovněž možné postupovat podle metody Secant pro dvoukomponentní příze [35], která slouží ke stanovení zaplnění. Makro „Stanovení středů vláken“ zahrnuje i četnostní podíl obou komponent – v tomto případě jádra a obalu.

Jako výhodu metody lze uvést časovou nenáročnost. Nevýhodou je subjektivita určení obalové stužky vláken. Je pravděpodobné, že tato metoda je nejvhodnější pro příze s vlákny kruhového průřezu.

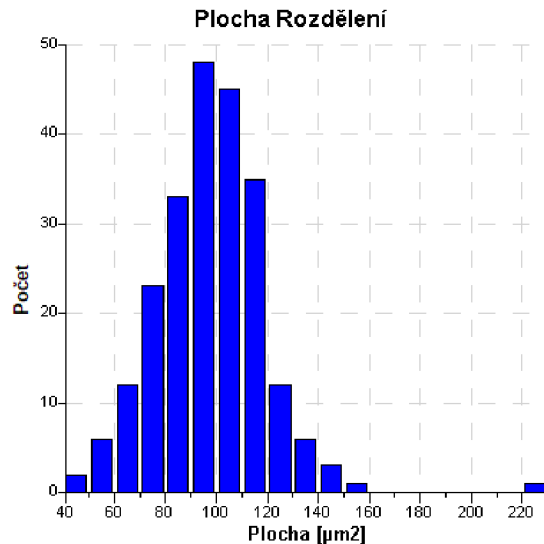
3.3.2 Metoda přímá

Vzhledem k tomu, že u metody četnostní může být obtížné určit, které vlákno náleží do obalové vrstvy, byla navržena nová metoda určení procenta obalových vláken. Tato metoda zohledňuje velikost plochy vláknenných řezů. Je pracováno s představou, že vlákna uložená s určitým sklonem vůči ose příze mají větší plochu řezu. Mikroskopické řezy přízí se připraví stejným způsobem jako u metody četnostní. Následuje práce v programu obrazové analýzy. Pokud to kvalita obrazu dovoluje, je možné pomocí funkce prahování získat binární obraz, který lze využít pro další zpracování. Pokud toto možné není, je nutné v editoru binární vrstvy získat binární obraz plochy vláknenných řezů (obrázek 12).



Obrázek 12 Binární obraz příčného řezu tryskové příze

Následně je nutné zvolit hranici velikosti plochy, od které se bude jednat o obalové (zakroucené) vlákno (hranici jádro/obal). Hranice může být zvolena dvěma způsoby. První způsob spočívá ve změření plochy jednotlivých objektů (řezných ploch vláken) a posouzení histogramu. Na ukázkovém grafu 1 je vidět výrazný pokles počtu vláken ve třídě $120\text{--}130\ \mu\text{m}^2$. V tomto případě by bylo možné stanovit hranici jádro/obal právě $120\ \mu\text{m}^2$.



Graf 1 Histogram plochy vlákných řezů tryskové příze

Druhý způsob, který byl zvolen v diplomové práci, spočívá v určení hranice plochy jádro/obal podle rovnoběžného svazku vláken. Je třeba nejprve připravit snímky příčných řezů rovnoběžného svazku vláken. Binární obraz je získán stejným způsobem jako v případě přízí. Z obrazu je zjištěna plocha řezu jednotlivých vláken. Data se statisticky zpracují, vypočítá se 95% interval spolehlivosti (viz kapitola 4). Hranice jádro/obal se stanoví na horní hranici intervalu spolehlivosti.

Následuje práce s příčnými řezy přízí. Data z měření řezné plochy vláken jsou seřazena vzestupně. Hranice jádro/obal je zaznačena a je určen počet vláken s nižší nebo stejnou plochou jako je určená hranice (jádrová vlákna) a počet vláken s větší plochou (obalová vlákna). Na základě určeného počtu vláken v obalové vrstvě a celkového počtu vláken je pak vypočítáno procento obalových vláken dle vzorce (6).

3.3.3 Metoda přímá modifikovaná

V rámci experimentální části práce byla navržena modifikace přímé metody. Modifikovaná metoda definuje dvě podmínky, které musí být splněné, aby se jednalo o obalové vlákno. První podmínka je stejná jako v případě přímé metody. Plocha vlákna musí být větší než horní hranice 95% intervalu spolehlivosti střední hodnoty plochy vlákna, které leží paralelně s osou příze. Druhá podmínka je založena na představě, že trysková příze má zakroucená (obalová) vlákna na okraji, nikoliv ve středu. Druhá podmínka určuje, že obalové vlákno musí být umístěno vně substančního průřezu příze.

Substanční průřez příze je takový průřez, který by příze měla, pokud by vlákna byla stlačena do tvaru válce bez vzduchových pórů. Jedná se v podstatě o přízi se 100% zaplněním. Substanční průřez je tedy kruhový průřez o tzv. substančním poloměru příze R_S [mm], který se vypočítá dle vzorce (7),

$$R_S = \frac{\sqrt{\frac{4T}{\pi\rho}}}{2} \quad (7)$$

kde T [tex] je jemnost příze a ρ [kg/m³] je měrná hmotnost vláken [36].

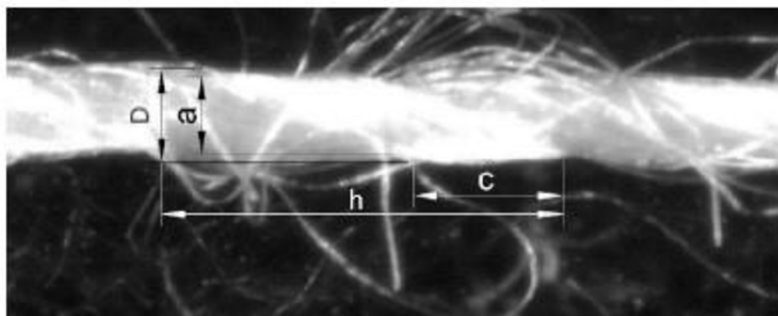
Prvním krokem modifikované přímé metody je změření plochy jednotlivých vláken a nalezení souřadnic těžišť vláken v programu obrazové analýzy. Data je vhodné exportovat do tabulkového procesoru. Vlákna, která splňují první podmínku, jsou nalezena stejným způsobem jako v případě přímé metody. Pro druhou podmínku je třeba nejprve nalézt střed příze. Souřadnice středu příze se vypočítají jako střední hodnota (případně medián) jednotlivých souřadnic x a y pro těžiště všech vláken v přízi. Získáme tedy střední hodnotu x a střední hodnotu y . Poté je střed příze posunut do počátku souřadnic [0;0] a souřadnice vláken jsou přepočítány pomocí získané střední hodnoty x a y . Dále je možné se znalostí nové souřadnice x a y pro každé vlákno vypočítat poloměr, na kterém těžiště vlákna leží. Pro výpočet hranice, od které se bude jednat o obalové vlákno je využito vztahu (5) pro výpočet substančního poloměru. Vlákna, která mají těžiště na poloměru větším než je substanční poloměr příze, splňují druhou podmínku modifikované metody přímé. Vlákna, která splňují zároveň první i druhou podmínku, jsou považována za vlákna obalová. Procento obalových vláken je spočítáno podle vztahu (6).

3.3.4 Metoda objemová

Dalším přístupem je výpočet procenta obalových vláken dle Eldeeba [33]. Tato metoda nevyužívá porovnání počtu vláken v obalové vrstvě a počtu vláken celkem, nýbrž porovnání objemu obalové vrstvy a objemu celé příze pomocí podélných pohledů. Podíl obalové části w [%] se určí podle rovnice (8),

$$w = \frac{c(D^2 - a^2)}{c(D^2 - a^2) + a^2h} \cdot 100 \quad (8)$$

kde a je průměr jádra příze [μm], D je průměr příze [μm], c je šířka obalové stužky [μm] a h je výška stoupání šroubovice [μm] [33] (viz obrázek 13).



Obrázek 13 Znáromění strukturních parametrů tryskové příze dle Eldeeba [33]

Jak je již z obrázku zřejmé, jedná se o poměrně subjektivní metodu stanovení procenta obalových vláken. Proto Bílá ve své práci [23] metodu upravila. Navrhla ke stanovení průměru jádra příze a využít příčné řezy. Pomocí vkládání mezikruží bylo možné stanovit tloušťku obalové stužky vláken, což může být z podélných pohledů obtížné.

3.3.5 Metoda mikroskopická

V rámci studie zkoumající příze vyrobené technologií Air-Jet [34] byla provedena velmi odlišná metoda od předešlých popsaných. Přibližně dva centimetry příze byly rozkrucovány pod mikroskopem do stavu, kdy byla obalová vlákna umístěna paralelně s osou příze. Poté byl spočítán poměr jádrových a obalových vláken [34]. Mikroskopická metoda nebyla blíže popsána a dosud nebyla provedena analýza, která by porovnávala její výsledky s výsledky jiných metod zjištění procenta obalových vláken.

3.4 Zaplnění

Zaplnění lze vyjádřit pomocí různých interpretací. Zaplnění dle objemové interpretace je veličina definující poměr objemu vláken k celkovému objemu příze. V diplomové práci je pracováno s plošnou interpretací zaplnění. Zaplnění z pohledu plošné interpretace je možné definovat jako poměr plochy vláken k celkové ploše příčného řezu příze. Třetí možná interpretace zaplnění je hmotnostní respektive hustotní. Ta je definována jako poměr hustoty příze k hustotě vlákenného materiálu [36].

Definovat plošné zaplnění tryskové příze je možné, pokud je na tuto přízi nahlíženo jako na dvoukomponentní přízi, přičemž jádro je jedna komponenta a obal je komponenta druhá. Tento přístup k hodnocení tryskových přízí byl použit v diplomové práci Bílé [23].

Zaplnění je stanoveno metodou Secant pro dvoukomponentní příze dle interní normy IN 22-103-01/01 Zaplnění příze. Přímá metoda a metoda Secant [35]. Metoda Secant je založena na rekonstrukci ploch vláken. Rekonstrukce může být provedena, pokud známe souřadnice těžišť vláken, jemnost vláken a příze, měrnou hmotnost vlákenného materiálu a zákrut příze. Další metodou stanovení zaplnění příze je metoda přímá, která je náročnější než metoda Secant, ale výsledky těchto metod jsou srovnatelné [35].

3.5 Pevnost v tahu a tažnost

Pevnost a tažnost patří mezi důležité mechanicko-fyzikální vlastnosti délkových textilií, kterými se hodnotí odolnost příze proti tahovému namáhání. Příze je napínána na dynamometru (trhacím přístroji). Jedním z výstupů tahového namáhání je tahová křivka. Jedná se o graf závislosti mezi tahovou silou působící na přízi a prodloužením příze. Při destrukci příze je z grafu odečtena maximální síla, tedy pevnost příze, a k ní náležící prodloužení, pomocí kterého je vyjádřena tažnost příze [36].

Výsledná pevnost příze je dána pevností vláken, ale také strukturálními charakteristikami, např. zákrutem, procentem obalových vláken, migrací vláken atd. Hodnota maximální síly zjištěná pomocí trhacího přístroje se nazývá **absolutní pevnost** a je udávána v jednotce síly [N]. V případě délkových textilií je častěji určována **poměrná pevnost** v jednotkách [N/tex], která se vypočítá dle vzorce (9),

$$R = \frac{F}{T} \quad (9)$$

kde R je poměrná pevnost v tahu [N/tex], F absolutní pevnost v tahu a T je jemnost příze [tex] [29]. Poměrná pevnost je, oproti absolutní pevnosti, veličina závislá na jemnosti délkové textilie. Z tohoto důvodu je také v praxi k vyjádření pevnosti používanější.

Tažnost lze definovat jako poměrné prodloužení při přetrhu. Tažnost je zjišťována na trhacím přístroji současně s pevností a je vyjádřena podle vztahu (10),

$$\varepsilon_p = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \cdot 100 \quad (10)$$

kde ε_p je tažnost [%], L_1 délka příze v okamžiku přetrhu [mm] a L_0 délka příze mezi čelistmi v okamžiku upnutí [mm] [29].

Pevnost a tažnost se zjišťuje dle normy ČSN EN ISO 2062 (800700) Textilie. Nitě na návinech. Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu. Jak již bylo zmíněno, měří se na trhacím přístroji. Příze je upnuta do čelistí, přičemž jedna čelist je pohyblivá, druhá statická. Dochází k napínání příze až do okamžiku přetrhu [37]. Výstupem měření je tahová (pracovní) křivka, dále hodnoty protažení délkové textilie a tomu náležící hodnoty jejího zatížení snímané v pravidelných časových intervalech. Výstupem může být také energie vynaložená na tahové napětí nebo Youngův modul pružnosti.

3.6 Hmotná nestejnomyěrnost

Hmotná nestejnomyěrnost je definovaná jako „míra nestejnomyěrnosti rozložení hmoty v délce textilie“ [4]. Hmotnou nestejnomyěrnost lze vyjádřit jako lineární a kvadratickou. Lineární nestejnomyěrnost (U) udává, jaká je průměrná lineární odchylka hmotnosti od průměrné hmotnosti. Kvadratická nestejnomyěrnost (CV) oproti tomu udává, jaká je průměrná kvadratická odchylka hmotnosti od průměrné hmotnosti. Jedná se tedy o variační koeficient. Lineární i kvadratická hmotná nestejnomyěrnost se uvádí v jednotkách procent [38].

Nestejnomyěrnost je možné měřit kapacitně nebo opticky. V experimentální části práce bylo provedeno měření kapacitním způsobem podle normy ČSN 80 0706. Zjišťování hmotné nestejnomyěrnosti pramenů, přástů a nití [38]. Principem kapacitního měření je průchod příze skrz pole kondenzátoru. Při průchodu dochází ke změně kapacity podle změny hmotnosti procházející příze. Pokud se vyskytne hodnota hmotné nestejnomyěrnosti mimo určitý interval hodnot, započítá se toto místo jako nopek, případně tenké nebo silné místo. Výsledkem měření je hodnota lineární a kvadratické hmotné nestejnomyěrnosti. Grafickými výstupy je spektrogram, na kterém je možné pozorovat periodicitu hmotné nestejnomyěrnosti na vlnových délkách, dále diagram kolísání hmoty v průřezu příze, délková variační křivka a DR-křivka [4].

3.7 Chlupatost

Chlupatost příze lze charakterizovat jako počet, délku nebo plochu volných konců vláken nebo smyček nacházejících se na povrchu příze. Chlupatost příze se nejčastěji měří na přístroji Uster Tester, Zweigle Hairiness tester a CTT Lawson Hemphill [39].

Aparatura Uster Tester je v první řadě určena k měření nestejnomyšnosti, ovšem disponuje i optickým čidlem, které měří chlupatost příze. Dochází k osvětlení příze světelným zdrojem a detekci rozptýleného světla. Výstupem z měření je index chlupatosti H , který vyjadřuje celkovou délku všech odstávajících vláken od těla příze v cm vztaženou na 1 cm délky příze. Dále je vyjádřena variabilita chlupatosti hodnotou sH , která je směrodatnou odchylkou chlupatosti [39].

Chlupatost měřená na přístroji Zweigle Hairiness tester je vyjádřena počtem vláken odstávajících od těla příze v určitých délkových třídách. Příze je osvětlena z jedné strany. V určitých vzdálenostech od povrchu příze jsou umístěny fotosenzory, které snímají přerušování světelného toku z důvodu výskytu odstávajícího vlákna. Přístroj sčítá počet odstávajících vláken v délkových kategoriích. Nejčastěji se hodnotí součtová třída S_3 , která udává počet odstávajících vláken v délkových kategoriích 3–15 mm od těla příze. Další součtovou třídou je třída S_{12} , která zahrnuje počet odstávajících vláken v kategorii 1 mm a 2 mm od těla příze. Jedná se o oblast husté chlupatosti [39].

3.8 Vady v přízi

Vady v přízi je možné měřit na aparatuře Uster Tester společně s měřením hmotné nestejnomyšnosti kapacitním způsobem. Vady se řadí na tenká (slabá) místa (thin), silná (tlustá) místa (thick) a nopky (neps). Tenké místo je místo, kde dochází k zeslabení příčného průřezu příze až o 60 %. Silné místo je naopak místo, kde dochází k zesílení příčného průřezu příze až o 100 %. Nopek je místo, kde na délce 1 mm příze dochází k zesílení průřezu o více než 140 % [40].

V rámci experimentální části práce jsou vyhodnocovány parametry *Thin -50%*, *Thick +50%* a *Neps +200%* z přístroje Uster Tester.

4 Metody použité ke statistickému zpracování dat

Pro zpracování dat v experimentální části práce byly použity následující vztahy.

Výběrový **průměr** je vyjádřen dle vzorce (11),

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_1^n x_i \quad (11)$$

kde \bar{x} je výběrový průměr, n je rozsah souboru a x_i je naměřená hodnota [41].

Míru variability dat udává výběrový **rozptyl** (s^2), který se spočítá dle vztahu (12) [41].

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_1^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (12)$$

V práci je uvedena výběrová **směrodatná odchylka** (s) počítaná dle vzorce (13) [41].

$$s = \sqrt{s^2} \quad (13)$$

Vzhledem k tomu, že výběrový průměr je pouze bodovým odhadem střední hodnoty, je vhodné vypočítat intervalový odhad. V technické praxi se zpravidla stanovuje 95% **interval spolehlivosti**, jež udává interval, v kterém se s 95% pravděpodobností nachází neznámá střední hodnota. Pokud známe pouze odhad směrodatné odchylky a rozsah souboru není vyšší než 100 hodnot, použijeme ke konstrukci intervalu spolehlivosti Studentovo t-rozdělení. Interval spolehlivosti se vypočítá podle vzorce (14),

$$\left(\bar{x} - t_{(1-\frac{\alpha}{2})}(n-1) \frac{s}{\sqrt{n}}; \bar{x} + t_{(1-\frac{\alpha}{2})}(n-1) \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \quad (14)$$

kde $t_{\alpha}(n)$ je α -kvantil t-rozdělení o n stupních volnosti, který nalezneme v tabulkách [41].

Variační koeficient (v) udává relativní míru variability dat. Spočítá se dle vztahu (15) [41].

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \quad (15)$$

Pro vyhodnocení počtu vad v přízi bylo nutné použít odlišné statistické metody. Pokud je počet vad nižší než 30, jedná se o nesymetrické **Poissonovo rozdělení** náhodných veličin. Pro Poissonovo rozdělení je stanoven parametr Poissonova rozdělení λ , který je roven střední hodnotě a rozptylu souboru. Pro odhad parametru $\hat{\lambda}$ platí (16),

$$\hat{\lambda} = \bar{x}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{0i} \quad (16)$$

kde \bar{x}_0 je průměrný počet vad v přízi [1/km], n je počet měření, x_{0i} je počet vad v přízi [1/km] [40].

Interval spolehlivosti je možné zkonstruovat dle vzorce (17),

$$\left(\frac{1}{2n} \chi_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)}^2(v_3); \frac{1}{2n} \chi_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}^2(v_4) \right) \quad (17)$$

$$v_3 = 2n\hat{\lambda} \quad (18)$$

$$v_4 = 2(n\hat{\lambda} + 1) \quad (19)$$

kde $\chi_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)}^2(v_3)$, $\chi_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}^2(v_4)$ jsou příslušné kvantily χ^2 rozdělení, v_3 a v_4 je počet stupňů volnosti [40].

Experimentální část

V rámci experimentální části práce je zkoumán vliv délky naváděcího prvku na vybrané vlastnosti a strukturální parametry tryskových přízí. Předpoklady jsou uvedeny v kapitole 2. Jsou zkoumány vlastnosti přízí, jako je pevnost, tažnost, hmotná nestejnomyšnost a chlupatost. V rámci struktury přízí je zjišťováno procento obalových vláken, průměr a zaplnění.

Příze byly skladovány i testovány v normálním ovzduší podle normy ČSN EN 20139 (80 0056) Textilie. Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení [42]. Data všech měření byla statisticky zpracována dle vzorců v kapitole 4. Měření probíhalo v laboratoři Katedry technologií a struktur na Technické univerzitě v Liberci. Protokoly z měření a snímky podélných a příčných pohledů jsou nahrány na přiloženém CD.

5 Příze použité pro experiment

Pro experimentální část byly použity příze se složením 100% Tencel o jmenovité jemnosti vláken 1,3 dtex a délce vláken 38 mm. Prameny byly vyrobeny ve firmě Kümpers Textil s.r.o. Plavy. Z pramenů byly vypředeny příze firmou Rieter v Ústí nad Orlicí na stroji J 26. Tlak vzduchu byl konstantní a to 6 bar. Odtahová rychlost byla nastavena na 380 m/min. Všechny vyrobené příze mají zákrut obalových vláken ve směru Z.

Byly vyrobeny příze s třemi různými délkami naváděcího prvku. Byly zkoumány dvě jemnosti přízí – 20 tex a 30 tex. Celkem tedy bylo k dispozici 6 různých typů přízí, viz tabulka 1. Od každého typu příze byly k dispozici 3 cívky.

Tabulka 1 Experimentální sada přízí a jejich označení v práci

Jemnost příze	Délka naváděcího prvku vláken [mm]		
	17,6	19,6	21,6
	Z-3	Z-1	Z+1
20 tex	Z-3_20	Z-1_20	Z+1_20
30 tex	Z-3_30	Z-1_30	Z+1_30

5.1 Tencel

Jedná se o lyocelové vlákno pod ochranou značkou Tencel®. Lyocel se řadí mezi vlákna na bázi regenerované celulózy, stejně jako viskóza. Lyocel je však oproti viskóze vyráběn více ekologickou cestou. Při výrobě lyocelu se celulóza rozpouští v netoxickém a recyklovatelném N-methylmorfolin-N oxidu [43; 44]. Oproti viskóze má lyocel oválný tvar příčného řezu, vyšší pevnost a nižší tažnost za sucha i za mokra a vyšší tendenci k fibrilaci vláken za mokra [44]. Lyocelová vlákna mají uplatnění v oděvním průmyslu, v oblasti netkaných textilií (filtry) i v medicíně. Lyocel se směsuje s bavlnou, konopím, hedvábím, syntetickými vlákny a viskózou [43].

5.2 Vlastnosti a parametry vláken

Vlastnosti a parametry vláken byly ověřeny v laboratořích Katedry technologií a struktur (tabulka 2).

Tabulka 2 Statisticky zpracovaná data vlastností a parametrů vláken

	\bar{x}	s	Dolní mez 95% IS	Horní mez 95% IS	v [%]	n [1]
Délka vláken [mm]	34,90	1,31	34,79	35,02	3,76	518
Jemnost vláken [dtex]	1,31	0,16	1,28	1,34	11,88	100
Poměrná pevnost vláken [cN/tex]	39,25	7,38	37,78	40,71	18,81	100
Tažnost vláken [%]	10,53	2,30	10,07	10,98	21,80	100

Zdroj dat: laboratoře KTT

Délka vláken byla ověřena pomocí kuličkového staplovacího přístroje. Jemnost vláken byla měřena na přístroji Vibroskop. Pevnost a tažnost byla měřena na přístroji Vibrodyn.

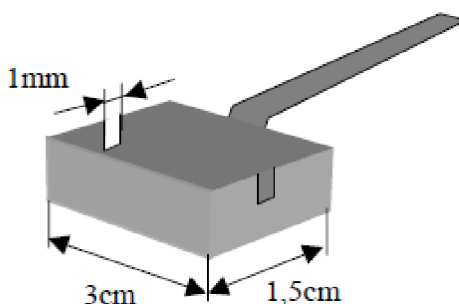
6 Postup přípravy příčných řezů

Pro experimentální část práce věnující se struktuře přízí byly vytvořeny měkké řezy dle interní normy č. 46-108-01/01 Doporučený postup tvorby příčných řezů [45]. Základním principem je zalití délkové textilie do média, tuhnutí média a tvorba tenkých řezů. V rámci experimentu byly vytvořeny příčné řezy všech typů přízí a také příčné řezy rovnoběžného svazku vláken.

6.1 Příčné řezy příze

Bylo vytvořeno 20 příčných řezů od každého typu příze. Příze byla odebírána z cívek tak, aby nedošlo k rozkroucení zákrutů. U přízí bylo třeba fixovat zákruty pomocí několika fázové impregnace ve směsi disperzního lepidla a rychlosmáčecího přípravku Spolion 8. V každé fázi impregnace byla použita jiná koncentrace lepidla a po každé fázi bylo třeba nechat impregnované vzorky sušit po dobu přibližně 24 hodin. V rámci experimentu byly příze impregnovány postupně ve 3 fázích o různé koncentraci lepidla, přičemž s každou další fází byla koncentrace lepidla vyšší.

Když byly zákruty příze fixovány pomocí impregnace, bylo možné příze upevnit do speciálních vaniček (viz obrázek 14).



Obrázek 14 Vanička pro zalévání příze do směsi včelího vosku a parafinu [45]

Příze byly zalévány směsí roztaveného včelího vosku a parafinu (obrázek 15). Po vychlazení při pokojové teplotě byly vaničky vloženy na min. 24 hodin do mrazničky s teplotou přibližně -18°C .



Obrázek 15 Proces chlazení vosku

Po úplném ztuhnutí směsi byly bločky vyňaty z vaniček a byly upraveny pomocí žiletky do tvaru čtyřbokého jehlanu. Takto upravené bločky bylo možné upevnit do mikrotomu. Tloušťka řezu byla nastavena na 15 μm . Řezy byly pokládány na podložní sklíčko s kapkou xyleny. Po kontaktu vosku s xylenem došlo k rozpuštění vosku. Takto připravené preparáty bylo možné snímat v programu obrazové analýzy NIS Elements. Z každého bločku byl vybrán jeden řez.

6.2 Příčné řezy rovnoběžného svazku vláken

Kromě přízí byl k dispozici pramen vláken, z kterého byly příze vypředeny. Z pramene byly odebírány tenké snopky vláken, které byly upevněny na pomocné příze. Připravené snopky byly dále impregnovány stejným postupem jako v případě přízí. Vysušené rovnoběžné svazky vláken byly upevněny do vaniček a zality směsí včelího vosku a parafinu. Po ztuhnutí vosku v mrazničce byly bločky vyjmuty z vaniček. Samotná tvorba řezů byla prováděna stejným způsobem jako v případě přízí.

7 Ověření jemnosti přízí

Délková hmotnost přízí byla ověřena dle normy ČSN EN ISO 2060 (80 0702) [31]. Pro každou jednotlivou cívku byla provedena 3 měření, pro každý typ příze tedy 9 měření. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 3. U všech přízí je jemnost nepatrně nižší než hodnota udávaná výrobcem. Tato odchylka není pro jemnost přízí významná. Může být dána například nastavením průtahu na dopřádacím stroji.

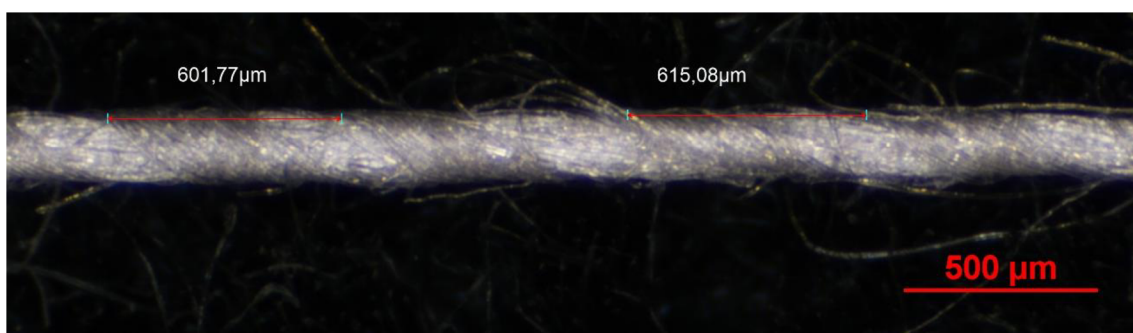
Tabulka 3 Jemnost přízí – statistické zpracování dat

Příze	\bar{T} [tex]	s [tex]	Dolní mez 95% IS [tex]	Horní mez 95% IS [tex]	v [%]
Z-3_20	19,74	0,138	19,63	19,84	0,70
Z-1_20	19,82	0,134	19,72	19,92	0,67
Z+1_20	19,80	0,181	19,66	19,94	0,91
Z-3_30	29,70	0,157	29,58	29,82	0,53
Z-1_30	29,62	0,179	29,48	29,76	0,61
Z+1_30	29,64	0,127	29,54	29,74	0,43

Pro příze jmenovité jemnosti 20 tex vyrobené pomocí nejkratšího FFE (Z-3_20) je zjištěná jemnost nejnižší. Nejvyšší hodnota experimentálně zjištěné jemnosti pro příze o jemnosti 20 tex vyšla u příze Z-1_20. Pro příze jmenovité jemnosti 30 tex je nejvyšší experimentálně zjištěná jemnost 29,7 tex, a to u příze Z-3_30. Rozdíly mezi průměrnými hodnotami jemnosti pro příze jmenovité jemnosti 20 tex i 30 tex jsou však statisticky nevýznamné.

8 Zákrut obalové stužky vláken

Nejprve byly nasnímány podélné pohledy příze na makroskopu. Příze byla odebírána tak, aby nedošlo k rozkroucení obalové vrstvy vláken a byla umístěna na sametovou destičku. Snímání podélných pohledů a vyhodnocování snímků bylo provedeno v programu obrazové analýzy NIS Elements. Prvním krokem úpravy snímků bylo zobrazení pravoúhlé mřížky. Dále byla definována nová horizontála, aby osa příze byla vodorovně a měření bylo přesné. Samotné měření bylo provedeno pomocí funkce měření vzdálenosti. Byla měřena výška stoupání šroubovice (obrázek 16). Poté byl vypočítán zákrut obalových vláken dle vzorce (5).



Obrázek 16 Měření výšky stoupání šroubovice v programu obrazové analýzy NIS Elements

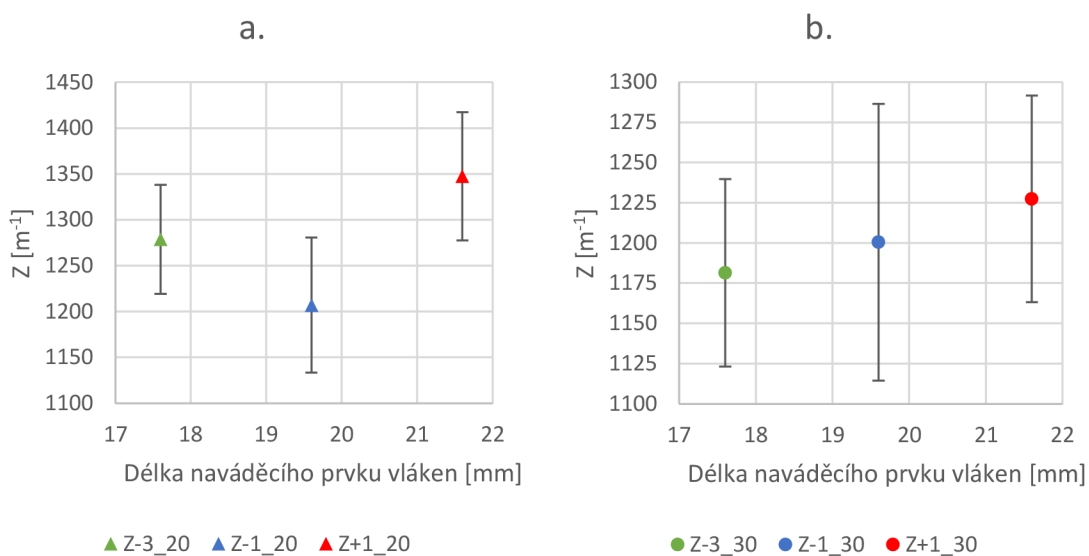
Pro každý typ příze bylo změřeno 50 hodnot. Výsledky statistického zpracování dat jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4 Zákrut obalové stužky vláken – statistické zpracování dat

Příze	\bar{Z} [m^{-1}]	s [m^{-1}]	Dolní mez 95% IS [m^{-1}]	Horní mez 95% IS [m^{-1}]	v [%]
Z-3_20	1279	226	1219	1338	17,64
Z-1_20	1207	265	1133	1281	21,99
Z+1_20	1347	260	1278	1417	19,27
Z-3_30	1181	210	1123	1240	17,79
Z-1_30	1201	310	1115	1287	25,85
Z+1_30	1227	239	1163	1292	19,44

8.1 Vliv délky FFE na počet zákrutů

Byl hodnocen vliv délky naváděcího prvku na počet zákrutů příze (graf 2). Nejvyšší zákrut mají příze vypředené s nejdelším FFE. Může to být způsobeno tím, že konce vláken v oblasti FFE se mohou více uvolnit a dojde k jejich snadnějšímu zakroucení proudícím vzduchem. Z grafu je patrné, že se intervaly spolehlivosti překrývají. Vliv délky FFE na počet zákrutů tedy není statisticky významný. Může to být dáno i metodou měření. Tato metoda je závislá na úsudku osoby, která měření provádí. U tryskových přízí bohužel nelze měřit zákrut na zákrutoměru, proto je variabilita počtu zákrutů vysoká.



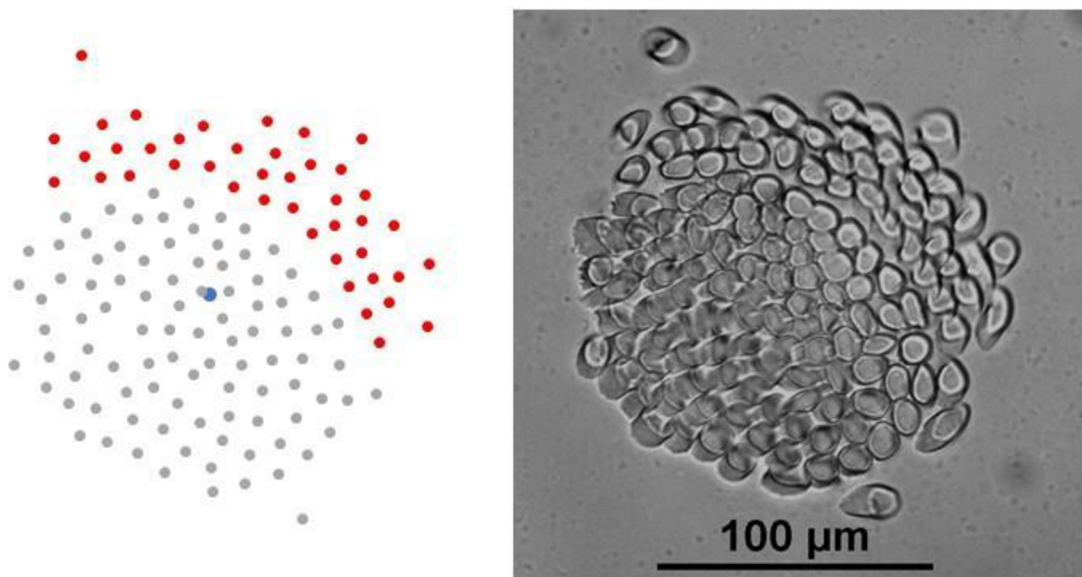
Graf 2 Vliv délky naváděcího prvku na počet zákrutů příze jemnosti 20 tex (a.) a 30 tex (b.)

9 Procento obalových vláken

Procento obalových vláken bylo zjišťováno třemi metodami – metodou četnostní, metodou přímou a metodou přímou modifikovanou. Jejich popis se nachází v teoretické části práce v kapitole 3.3.

9.1 Metoda četnostní

Od každého typu příze bylo pořízeno 20 snímků. Pro každý typ příze bylo vybráno a zpracováno pouze 4 až 9 snímků. Byly vybrány snímky, u kterých bylo zřejmé, která vlákna jsou obalová a která jádrová. Na obrázku 17 se nachází porovnání reálného snímku řezu příze (vpravo) a rekonstrukce těžišť vláken (vlevo). Červeně jsou označena vlákna započítaná jako obalová, šedě vlákna jádrová a modře je znázorněn vypočítaný střed příze.



Obrázek 17 Porovnání rekonstrukce středů vláken (vlevo) s reálným snímkem řezu příze Z+1_20 (vpravo)

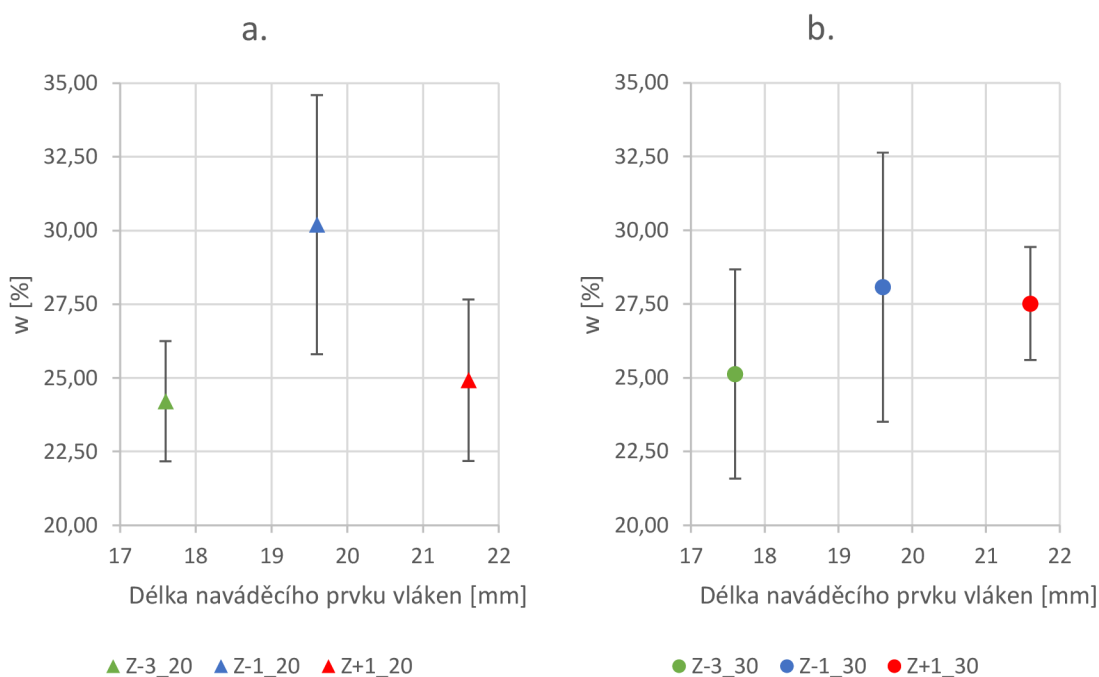
Výsledky z metody četnostní jsou uvedeny v tabulce 5. Procento obalových vláken je v rozmezí 24–30 %. To odpovídá literatuře od firmy Rieter [3], kde je uvedeno, že procento obalových vláken se pro technologii Air-Jet pohybuje zhruba od 15 % do 30 %.

Tabulka 5 Procento obalových vláken – metoda četnostní

Příze	\bar{w} [%]	s [%]	Dolní mez 95% IS [%]	Horní mez 95% IS [%]	v [%]
Z-3_20	24,21	2,75	22,17	26,25	11,36
Z-1_20	30,21	4,49	25,81	34,60	14,85
Z+1_20	24,92	4,20	22,18	27,67	16,84
Z-3_30	25,13	4,44	21,57	28,68	17,66
Z-1_30	28,07	5,20	23,51	32,63	18,52
Z+1_30	27,51	2,39	25,60	29,43	8,69

9.1.1 Vliv délky FFE na procento obalových vláken – metoda četnostní

Vliv délky naváděcího prvku na procento obalových vláken (w) je možné pozorovat na grafu 3. Pro obě jemnosti přízí platí, že nejvyšší procento obalových vláken je u přízí se střední délkou naváděcího prvku (Z-1). Jedná se o délku FFE, která je běžně používaná pro příze z viskózy a Tencelu. Vzhledem k vysoké variabilitě dat však není vliv délky FFE na procento obalových vláken statisticky významný.



Graf 3 Vliv délky naváděcího prvku na procento obalových vláken přízí jemnosti 20 tex (a.) a 30 tex (b.)

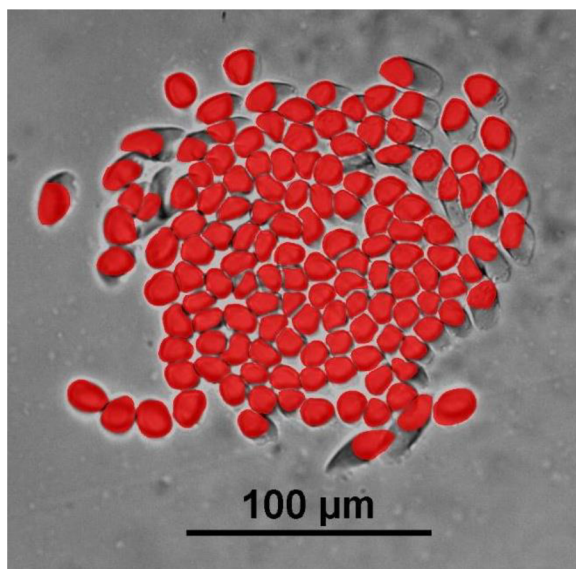
9.2 Metoda přímá

Vzhledem k tomu, že metoda četnostní je nejvhodnější pro příze s vlákny kruhového průřezu a použitý Tencel má spíše oválný průřez, byla navržena nová metoda. Postup je uveden v kapitole 3.3.2. Nejprve bylo zapotřebí zjistit řeznou plochu vláken v rovnoběžném svazku. Získaná data měřené plochy řezu vláken byla statisticky zpracována (tabulka 6). Hranice jádro/obal byla stanovena jako horní mez 95% intervalu spolehlivosti střední hodnoty plochy příčného řezu vláknem. Tato hranice vyšla přibližně **112 μm^2** .

Tabulka 6 Plocha řezu vlákna rovnoběžného s osou příze – statistické zpracování dat

\bar{S} [μm^2]	s [μm^2]	Dolní mez 95% IS [μm^2]	Horní mez 95% IS [μm^2]	v [%]
109,65	17,67	107,65	111,65	16,11

Jedná se o časově náročnou metodu zpracování příčných řezů, tudíž byl pro každý typ příze zpracován jeden snímek. Prvním krokem bylo vytvoření binárního obrazu (obrázek 18).



Obrázek 18 Překrytý obraz příčného řezu příze Z+1_20

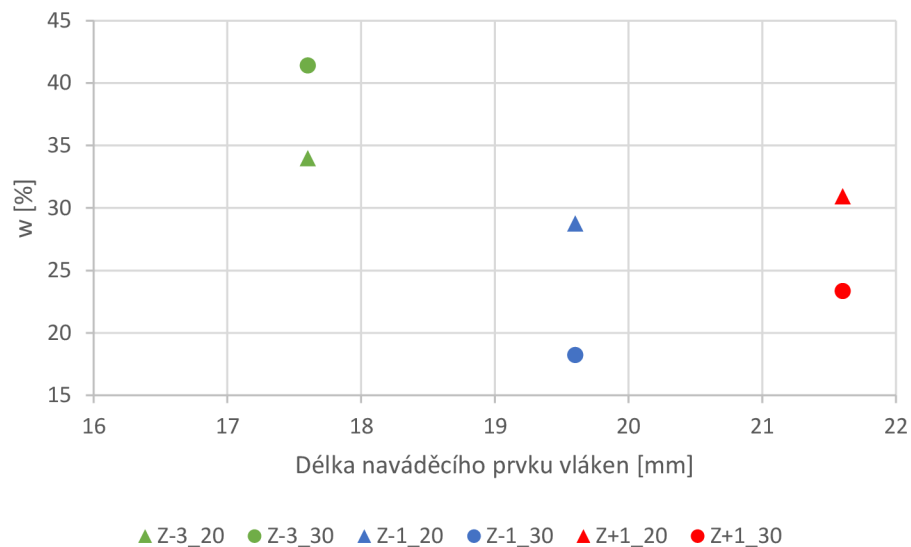
Poté bylo provedeno měření plochy objektů (jednotlivých řezných ploch vláken). Data byla exportována do tabulkového procesoru, kde byla seřazena vzestupně. Vlákná s plochou příčného řezu vyšší než 112 μm^2 byla označena jako vlákna obalová. Bylo dopočítáno procento obalových vláken dle vzorce (6) (tabulka 7).

Tabulka 7 Procento obalových vláken – metoda přímá

Příze	w [%] – metoda přímá
Z-3_20	33,99
Z-1_20	28,76
Z+1_20	30,94
Z-3_30	41,40
Z-1_30	18,23
Z+1_30	23,35

9.2.1 Vliv délky FFE na procento obalových vláken – metoda přímá

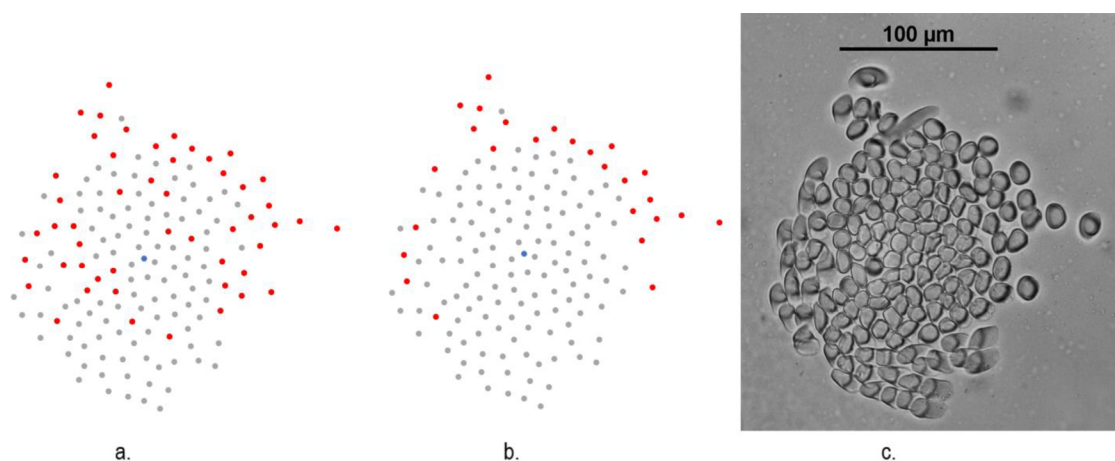
Na grafu 4 můžeme pozorovat vliv délky FFE na procento obalových vláken zjištěné metodou přímou. Nejvyšší procento obalových vláken mají příze vypředené s nejkratším FFE. Nižší procento obalových vláken u přízí přededených pomocí FFE Z-1 a Z+1 by mohlo být způsobeno příliš velkou délkou FFE, která by mohla způsobit nízkou míru fixace vlákna ve středu příze. Uvolněné konce vláken by mohly být vytrženy z vlákenného svazku vlivem proudícího vzduchu a staly by se vlákenným odpadem. Vzhledem k časové náročnosti metody byl tímto způsobem zpracován pouze jeden snímek od každého typu příze, proto jsou výsledky metody přímé považovány za orientační.



Graf 4 Vliv délky naváděcího prvku vláken na procento obalových vláken – metoda přímá

9.3 Metoda přímá modifikovaná

Při analýze snímků vyhodnocených metodou přímou bylo zjištěno, že vlákna s plochou řezu vyšší než $112 \mu\text{m}^2$ se nachází i v blízkosti středu příze (viz obrázek 19a.). Z tohoto důvodu byla navržena modifikace původní přímé metody (obrázek 19b.), která určuje, že obalová vlákna se musí nacházet za substančním průřezem příze. Na obrázcích je znázorněna rekonstrukce středů vláken. Červeně jsou označena vlákna obalová, šedě vlákna jádrová a modře střed příze. Na obrázku 19c. je reálný snímek řezu příze.



Obrázek 19 Rekonstrukce obalových a jádrových vláken pomocí metody přímé (a.), metody přímé modifikované (b.) a porovnání se skutečným snímkem řezu příze Z-3_20 (c.)

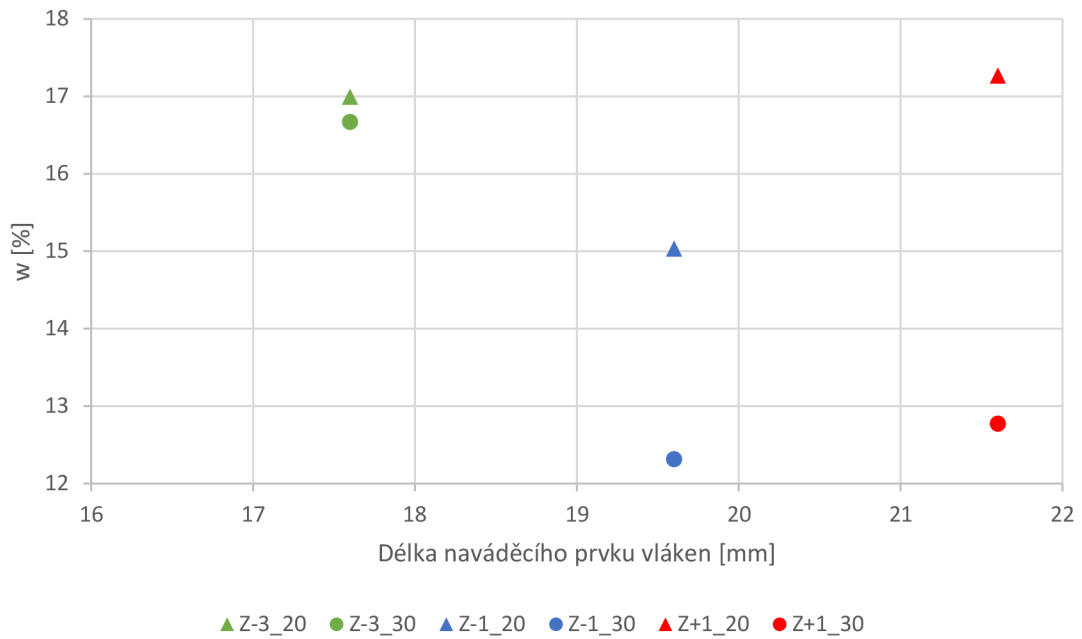
Postup modifikované metody je uveden v kapitole 3.3.3. Pro analýzu procenta obalových vláken byly použity stejné snímky přízí jako pro metodu přímou. Procento obalových vláken bylo vypočítáno pomocí vzorce (6). Výsledky jsou k nahlédnutí v tabulce 8.

Tabulka 8 Procento obalových vláken – metoda přímá modifikovaná

Příze	w [%] - metoda přímá modifikovaná
Z-3_20	16,99
Z-1_20	15,03
Z+1_20	17,27
Z-3_30	16,67
Z-1_30	12,38
Z+1_30	12,78

9.3.1 Vliv délky FFE na procento obalových vláken – metoda přímá modifikovaná

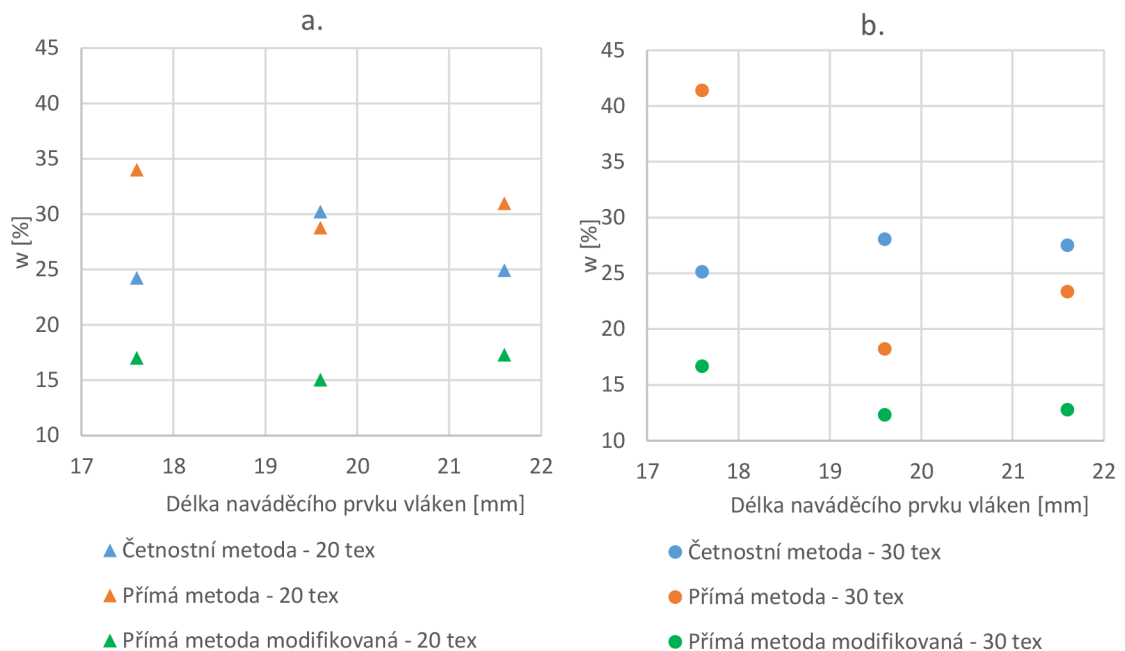
Z grafu 5 je patrná stejná závislost jako v případě přímé metody. Oproti přímé metodě jsou ovšem hodnoty procenta obalových vláken výrazně nižší.



Graf 5 Vliv délky naváděcího prvku na procento obalových vláken – metoda přímá modifikovaná

9.4 Porovnání metod

Grafické porovnání metod stanovení procenta obalových vláken je v grafu 6. Jak již bylo uvedeno, metoda přímá a přímá modifikovaná mají velmi podobné výsledky, co se týká vlivu délky FFE na procento obalových vláken. Procento obalových vláken je u metody přímé přibližně dvakrát vyšší než u metody modifikované. U metody přímé modifikované je w nízké z důvodu přidání druhé podmínky pro obalová vlákna, která udává vzdálenost vlákna od středu příze. Nejnížší w stanovené metodou přímou a přímou modifikovanou je u příze vyrobené s naváděcím prvkem Z-1. U metody četnostní mají tyto příze naopak w nejvyšší.



Graf 6 Porovnání vlivu délky FFE na procento obalových vláken zjištěné třemi metodami pro příze jemnosti 20 tex (a.) a 30 tex (b.)

Metoda četnostní je ze všech tří metod nejméně časově náročná. S tím souvisí možnost zpracovat větší počet snímků, což vede k nižší variabilitě dat. Jako nevýhoda se jeví nutnost určité zkušenosti s rozhodnutím, kdy se jedná o jádrové (paralelní) vlákno a kdy o obalové (vůči ose příze skloněné) vlákno. Další nevýhodou je zřejmá subjektivita při stanovení obalových vláken. Jak již bylo zmíněno, tato metoda je nejvhodnější pro příze s vlákny kruhového průřezu. Tryskové příze se však často vyrábí z vláken viskózy, Tencelu, či bavlny. V rámci experimentu tedy byly navrženy další metody, které by v budoucnu mohly sloužit k objektivnímu stanovení procenta obalových vláken.

Metoda přímá je časově náročnější než metoda četnostní. Pokud nejsou k dispozici snímky řezů přízí, které jsou dostatečně kvalitní, není možné získat binární obraz automaticky. Je nutné ručně obkreslit každé vlákno. Zároveň je třeba připravit dostatečně kvalitní snímky, aby bylo možné rozlišit okraje horní řezné plochy vláken. Rozdíl mezi plochou vlákna paralelního s osou příze a vlákna skloněného je malý, proto je k obkreslení třeba preciznost. Experiment ukázal, že některá vlákna umístěná blízko středu příze mají řeznou plochu vyšší než hranice jádro/obal. Mohlo by to být dáno nepřesností při zpracování řezů a snímků nebo tím, že jádrová vlákna nemusí být stoprocentně paralelní s osou příze a plocha některých jádrových vláken přesáhne zadanou hranici. Díky tomuto zjištění byla navržena modifikovaná metoda.

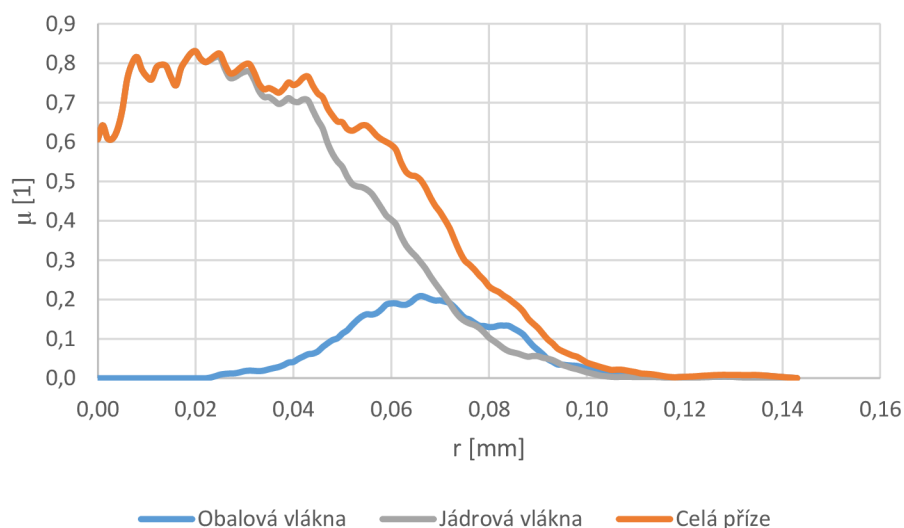
Modifikovaná přímá metoda má totožné zpracování snímků. Její nevýhodou je tedy také vysoká časová náročnost a nutná preciznost při přípravě binárního obrazu. Kromě plochy je dále změřena poloha všech vláken, tedy jejich těžišť. Zpracování získaných dat je náročnější než v případě přímé metody. Jako výhoda se jeví eliminace započítání vláken ve středu příze jako obalového.

Z důvodu vysoké časové náročnosti byly metoda přímá a modifikovaná přímá v rámci experimentu pouze vyzkoušeny. Pro každý typ příze byl vyhodnocen jeden snímek. Z tohoto důvodu je v následujících kapitolách práce provedena analýza vlivu procenta obalových vláken na vlastnosti a strukturální parametry příze s využitím dat získaných metodou četnostní.

10 Zaplnění

Zaplnění bylo stanoveno pomocí metody Secant pro dvoukomponentní příze. Jako jedna komponenta byla zvolena jádrová vlákna a jako druhá komponenta obalová vlákna. Efektivní zaplnění bylo vypočítáno jako poměr rekonstruované plochy vláken, která se nacházejí v kruhu o efektivním průměru a plochy tohoto kruhu. Efektivní průměr je průměr příze v místě zaplnění 15 % [35].

Na grafu 7 je možné pozorovat, že blízko středu příze je vysoké zaplnění jádrových vláken (šedě). Křivka zaplnění jádrových vláken s vyšším poloměrem klesá. Oproti tomu zaplnění obalových vláken (modře) je blízko středu příze nulové, s přibývajícím vzdáleností od středu roste. Oranžová křivka znázorňuje součet zaplnění jádrových a obalových vláken.



Graf 7 Radiální zaplnění příze Z+1_20

Metoda Secant je určena pro jednoduché příze, které mají téměř kruhový průřez. Zkoumané tryskové příze nemají ideálně kruhový průřez. Pro detailní analýzu zaplnění tryskových přízí by bylo vhodné navrhnout jinou metodu. Tato práce se však nezaměřuje na analýzu zaplnění, a proto je metoda Secant považována za dostačující.

10.1 Vliv délky FFE na zaplnění příze

Výsledné hodnoty efektivního zaplnění jsou v tabulce 9. Pro příze o jemnosti 20 tex se s vyšší délkou FFE zaplnění nejprve snižuje a pak opět roste. Příze jemnosti 20 tex vypředené pomocí nejkratšího FFE mají nejvyšší hodnotu zaplnění. Může to být dáno větším množstvím jádrových vláken, která jsou umístěna paralelně s osou příze a mohou být uspořádána více kompaktně, což dokazují i snímky příčného řezu příze.

Pro příze o jemnosti 30 tex je trend odlišný. Příze předené s nejkratší a střední délkou FFE vykazují téměř shodné zaplnění, které je nižší než zaplnění pro přízi Z+1_30. Vyšší zaplnění příze Z+1_30 by mohlo být dáno vyšším procentem obalových vláken, která zapříčiní větší semknutí jádrových vláken. To potvrzuje vyšší počet zákrutů a malý průměr příze Z+1_30.

Pro obě jemnosti příze platí, že příze předené pomocí střední délky FFE (Z-1) mají nižší zaplnění. Je pravděpodobné, že je to dáno vyšším procentem obalových vláken. Tyto příze mají menší počet jádrových vláken, která by zajistila kompaktnost příze.

Tabulka 9 Efektivní zaplnění příze

Příze	Efektivní zaplnění [%]
Z-3_20	63,81
Z-1_20	50,12
Z+1_20	55,61
Z-3_30	59,23
Z-1_30	59,74
Z+1_30	63,65

11 Průměr příze

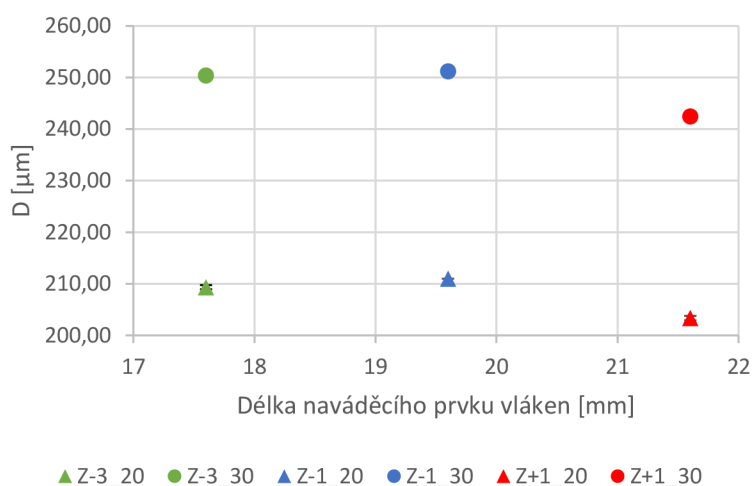
Průměr příze byl měřen optickým čidlem na přístroji Uster Tester. Podmínky měření byly shodné s měřením hmotné nestejnomy. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce 10.

Tabulka 10 Průměr příze – statistické zpracování dat

Příze	\bar{D} [μm]	s [μm]	Dolní mez 95% IS [μm]	Horní mez 95% IS [μm]	v [%]
Z-3_20	209,33	0,50	208,95	209,72	0,24
Z-1_20	211,00	0,00	211,00	211,00	0,00
Z+1_20	203,38	0,52	202,94	203,81	0,25
Z-3_30	250,33	0,50	249,95	250,72	0,20
Z-1_30	251,14	0,69	250,50	251,78	0,27
Z+1_30	242,44	1,01	241,67	243,22	0,42

11.1 Vliv délky FFE na průměr příze

V grafu 8 je viditelné, že nejvyšší průměr byl naměřen u přízi vyrobených pomocí FFE se střední délkou. Je pravděpodobné, že to souvisí s procentem obalových vláken, které je u těchto přízi nejvyšší. Nejnižší průměr mají příze vyrobené pomocí nejdelšího FFE. To je nejspíše zapříčiněno snadnějším uvolněním konců vláken v oblasti FFE, které by mohly být ve formovací zóně příze lépe přikrouceny. Odpovídá tomu i vyšší hodnota zákrutů pro příze předené s FFE Z+1.



Graf 8 Vliv délky naváděcího prvku na průměr příze

12 Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti přízí byly měřeny dle normy [37] na trhacím přístroji Instron 4411. Rychlost pohybu čelisti byla nastavena na 500 mm/min. Předpětí pro příze o jemnosti 20 tex bylo 0,1 N, pro příze o jemnosti 30 tex 0,15 N. Upínací délka byla nastavena na 500 mm. Bylo provedeno 50 měření pro každou cívku, tedy 150 měření pro každý typ příze. Vzorový protokol z měření na trhacím přístroji je k nahlédnutí v příloze A.

12.1 Pevnost v tahu

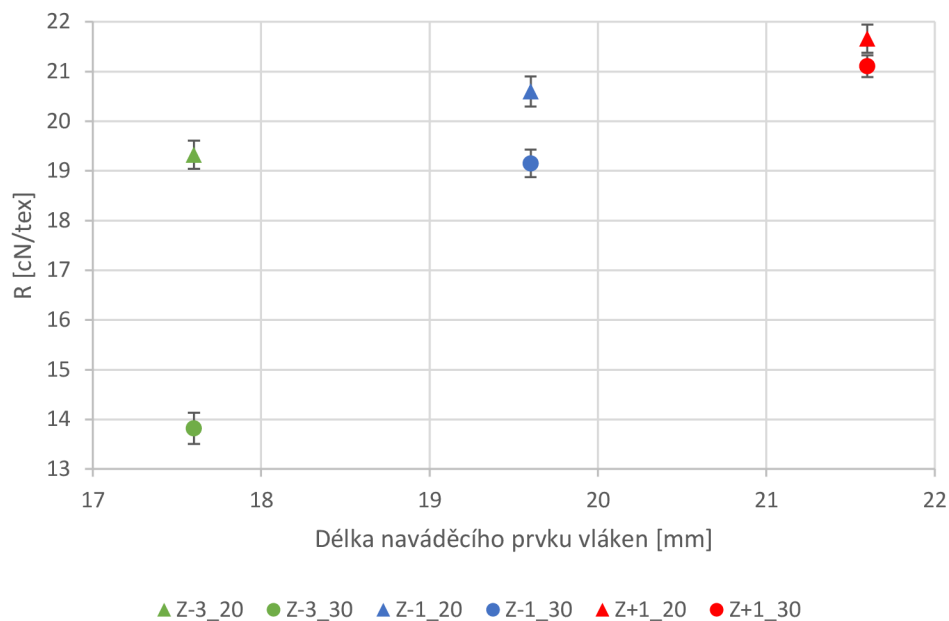
Z naměřených dat byla vypočítána poměrná pevnost (viz tabulka 11) dle vzorce (9).

Tabulka 11 Poměrná pevnost přízí – statistické zpracování dat

Příze	\bar{R} [cN/tex]	s [cN/tex]	Dolní mez 95% IS [cN/tex]	Horní mez 95% IS [cN/tex]	v [%]
Z-3_20	19,32	1,77	19,04	19,61	9,15
Z-1_20	20,60	1,90	20,29	20,90	9,23
Z+1_20	21,66	1,78	21,38	21,95	8,21
Z-3_30	13,82	1,96	13,50	14,13	14,22
Z-1_30	19,15	1,73	18,87	19,43	9,04
Z+1_30	21,11	1,36	20,89	21,33	6,44

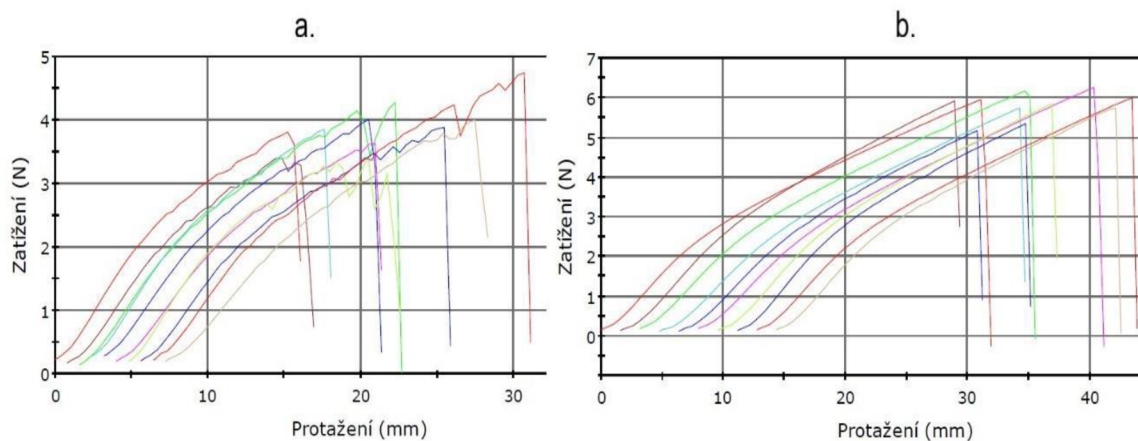
12.1.1 Vliv délky FFE na poměrnou pevnost

Z grafu 9 je patrné, že se zvětšující se délkou naváděcího prvku vláken se zvyšuje pevnost přízí. Tento trend je výraznější pro příze o jemnosti 30 tex. Při použití kratšího FFE nemusí dojít k uvolnění dostatečného množství vlákněných konců, které jsou později přikrouceny a díky tomu klesá soudržnost příze. To se projevuje nižší pevností v tahu. Výsledky odpovídají předpokladům.



Graf 9 Vliv délky naváděcího prvku na poměrnou pevnost přízí

Na grafu je rovněž vidět, že příze Z-3_30 má oproti ostatním přízím velice nízkou hodnotu pevnosti. Již během měření na dynamometru byl pozorován znatelný rozdíl oproti ostatním přízím. Porovnání tahových křivek je na grafu 10. Je možné, že to je způsobeno nižším počtem zákrutů, či nižším zaplněním příze.

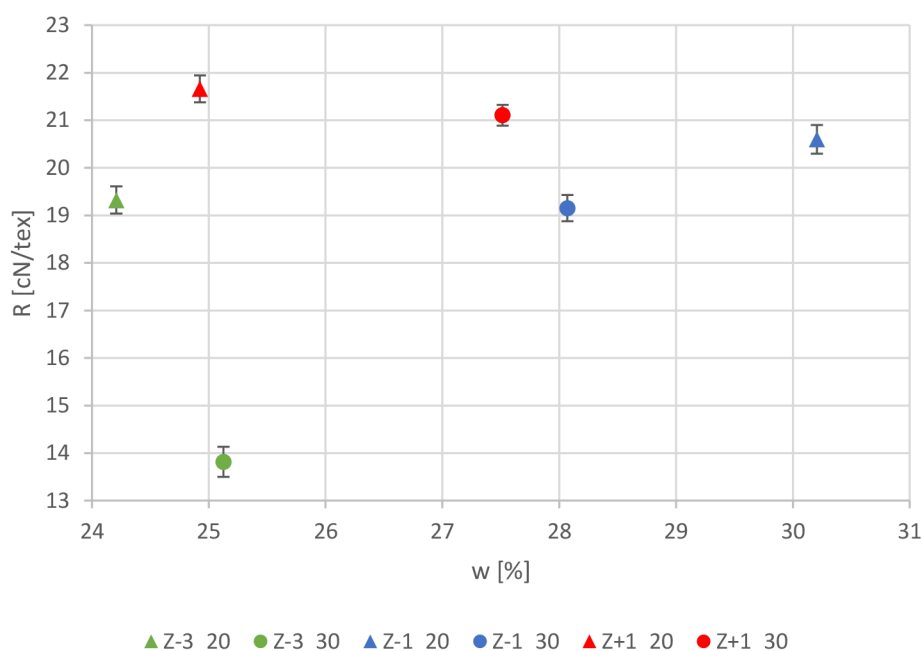


Graf 10 Tahová křivka: a. příze Z-3_30, b. příze Z-1_30

12.1.2 Vliv procenta obalových vláken na poměrnou pevnost

Byl vymezen předpoklad, že čím vyšší bude procento obalových vláken, tím bude vyšší i pevnost. Předpokládá se, že tato závislost nebude platit vždy. Může existovat určité kritické procento obalových vláken, nad kterým bude docházet ke snížení pevnosti. V přízi bude nižší počet vláken, která jsou paralelně s osou příze (a i s osou působení tahové síly) a která jsou schopna plně přenášet působící sílu.

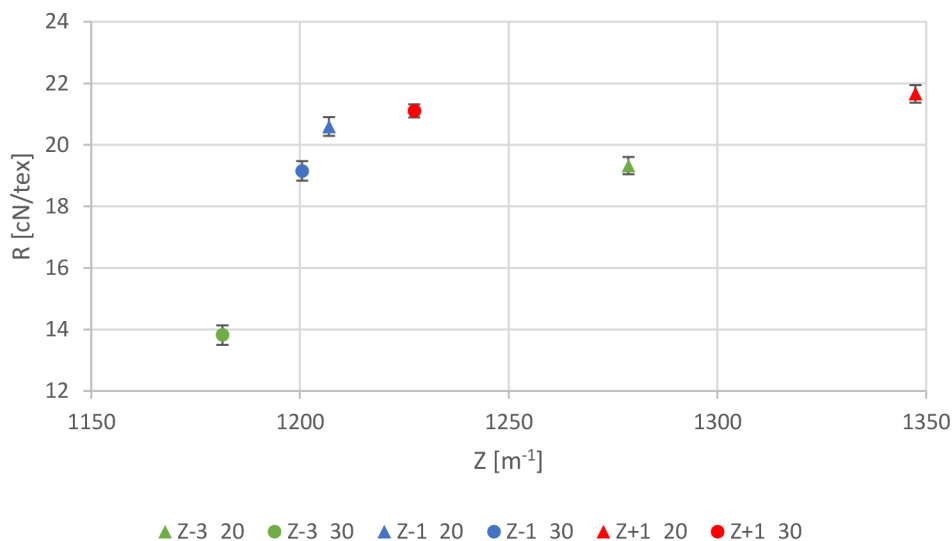
Na grafu 11 je možné pozorovat vliv procenta obalových vláken na poměrnou pevnost příze. Nejvyšší pevnost vykazují příze se středním množstvím obalových vláken. Je možné, že příze Z-1_20 a Z-1_30 již přesáhly kritické množství obalových vláken a způsobilo to snížení jejich pevnosti.



Graf 11 Vliv procenta obalových vláken na poměrnou pevnost příze

12.1.3 Vliv počtu zákrutů na poměrnou pevnost

Na grafu 12 je zobrazen vliv počtu zákrutů na poměrnou pevnost příze. Předpokladem je, že s vyšším počtem zákrutů bude pevnost narůstat až do hodnoty kritického zákrutu. Nárůst pevnosti je dán vyšším třením mezi vlákny a tím vyšší soudržností při tahové zkoušce. Graf odpovídá předpokladu. Čím vyšší je zákrut, tím vyšší je pevnost příze. Pro přízi Z-3_20 se předpoklad nepotvrdil. Může to být způsobeno např. nepřesností metody zjišťování zákrutu příze.



Graf 12 Vliv počtu zákrutů na poměrnou pevnost příze

12.2 Tažnost

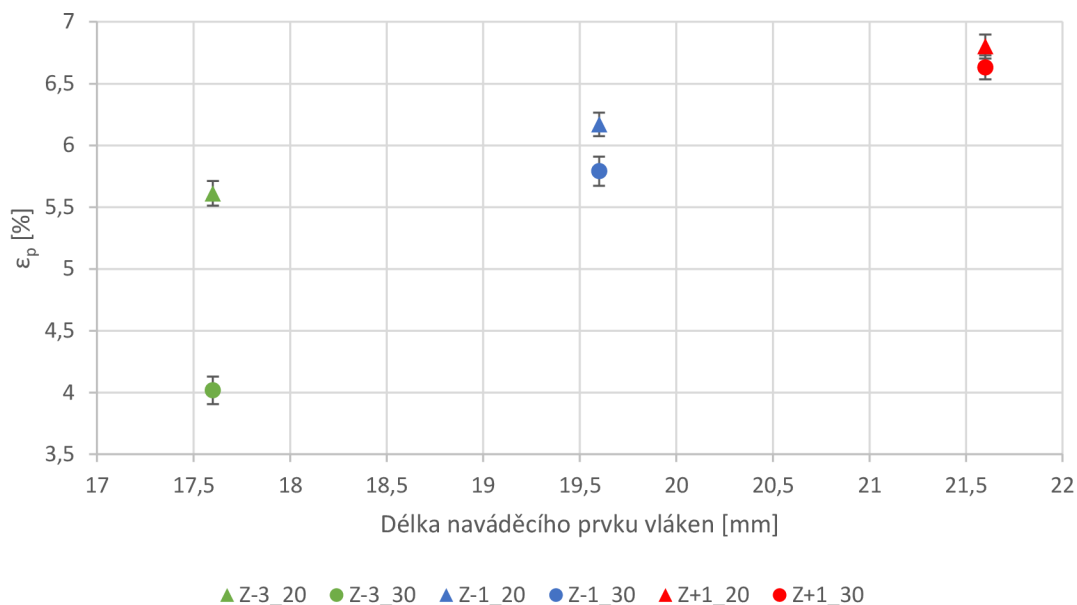
Tažnost byla počítána dle vzorce (10). Statisticky zpracovaná data tažnosti jsou uvedena v tabulce 12.

Tabulka 12 Tažnost přízí – statistické zpracování dat

Příze	$\bar{\epsilon}_p$ [%]	s [%]	Dolní mez 95% IS [%]	Horní mez 95% IS [%]	v [%]
Z-3_20	5,61	0,62	5,51	5,71	11,03
Z-1_20	6,17	0,60	6,07	6,27	9,73
Z+1_20	6,80	0,61	6,70	6,90	8,96
Z-3_30	4,02	0,70	3,91	4,13	17,37
Z-1_30	5,79	0,74	5,67	5,91	12,74
Z+1_30	6,63	0,61	6,53	6,73	9,16

12.2.1 Vliv délky FFE na tažnost

S větší délkou FFE je tažnost přízí vyšší (graf 13). Tento jev neodpovídá předpokladům. Předpokladem bylo, že se při delším FFE uvolní více konců vláken, která mohou být zakroucena. Tím by došlo ke vzniku více semknuté struktury a tažnost by poklesla. Vzrůstající tažnost pravděpodobně souvisí s rostoucím počtem zákrutů.

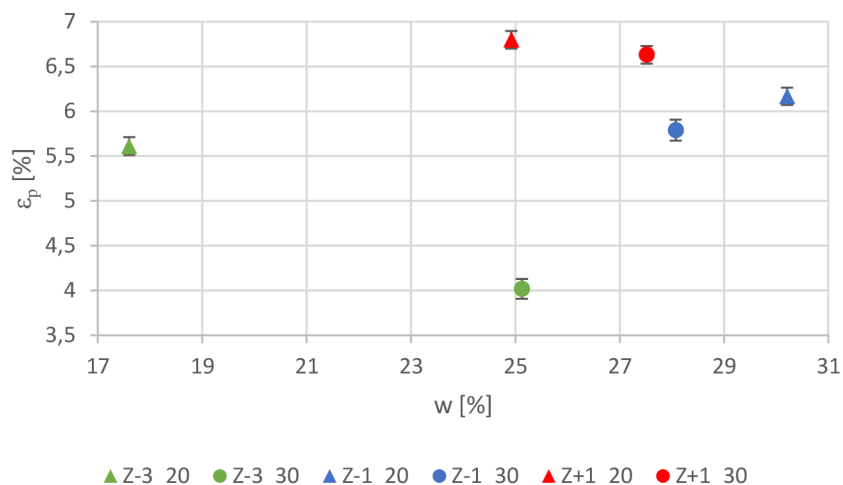


Graf 13 Vliv délky naváděcího prvku na tažnost příze

12.2.2 Vliv procenta obalových vláken na tažnost

Závislost tažnosti příze na procentu obalových vláken je obdobná jako v případě pevnosti. Nejvyšší tažnost mají příze vyrobené s nejdelším FFE. Vliv procenta obalových vláken na tažnost příze je vidět na grafu 14. S vzrůstajícím procentem obalových vláken tažnost nejprve roste a pak klesá. Bylo zjištěno, že nejvyšší tažnost mají příze se středním počtem obalových vláken vypředené s nejdelším FFE (Z+1).

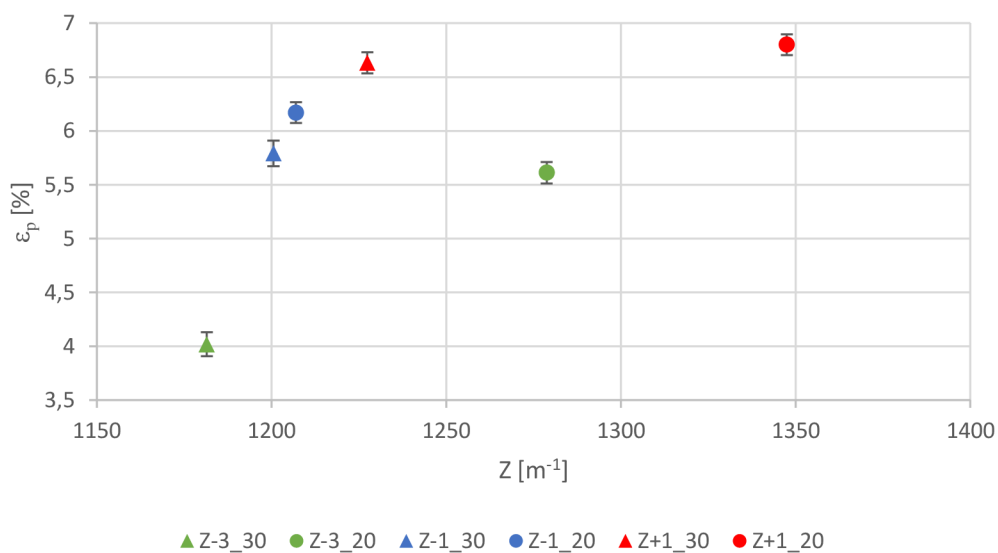
Předpokladem je, že příze s vyšším procentem obalových vláken budou mít více semknutou strukturu, nebude docházet k prokluzům vláken a tažnost bude nižší. To se v rámci experimentu nepotvrdilo.



Graf 14 Vliv procenta obalových vláken na tažnost příze

12.2.3 Vliv počtu zákrutů na tažnost

Předpokladem je, že čím vyšší bude počet zákrutů příze, tím bude vyšší tažnost. Závislost počtu zákrutů na tažnost příze je zobrazena na grafu 15. Pro příze jemnosti 20 tex je tento předpoklad splněn. Příze Z-3_30 nesplňuje předpoklad. Je to nejspíše způsobeno technologickým problémem při výrobě tohoto typu příze.



Graf 15 Vliv počtu zákrutů na tažnost příze

13 Hmotná nestejnomyěrnost

Hmotná nestejnomyěrnost byla měřena na přístroji Uster Tester 4 – SX. Rychlost průchodu příze byla 400 m/min a čas měření byla 1 minuta. Pro každou cívku byla provedena 3 měření, pro každý typ příze tedy 9 měření. Vzorový protokol z měření na přístroji Uster Tester je v příloze B. Data kvadratické hmotné nestejnomyěrnosti (CV_m) z aparatury Uster Tester jsou uvedena v tabulce 13.

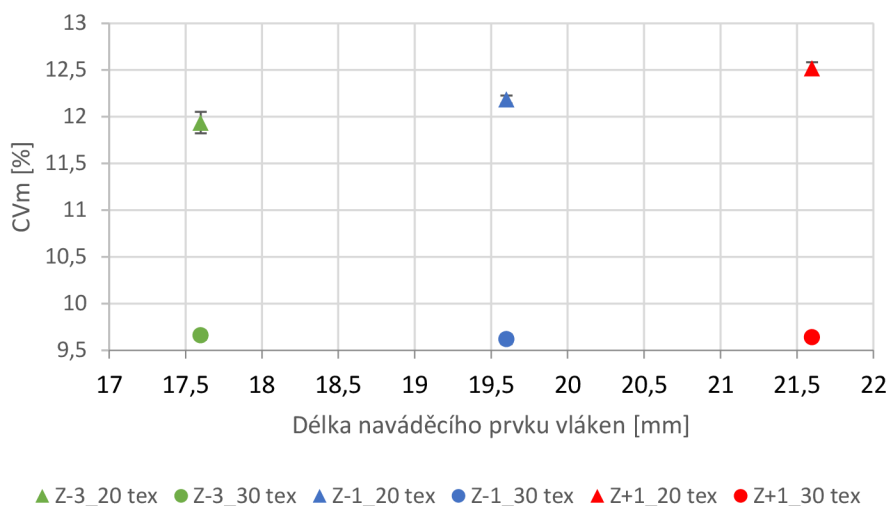
Tabulka 13 Kvadratická hmotná nestejnomyěrnost – statistické zpracování dat

Příze	$\overline{CV_m}$ [%]	s [%]	Dolní mez 95% IS [%]	Horní mez 95% IS [%]	v [%]
Z-3_20	11,93	0,148	11,82	12,05	1,243
Z-1_20	12,18	0,057	12,14	12,23	0,471
Z+1_20	12,51	0,087	12,45	12,58	0,698
Z-3_30	9,66	0,064	9,61	9,71	0,662
Z-1_30	9,62	0,066	9,57	9,67	0,690
Z+1_30	9,64	0,060	9,60	9,69	0,621

Naměřené hodnoty CV_m byly porovnány v databázi Uster Statistics. Databáze je sestavena na základě dat získaných od výrobců přízí. Bylo zjištěno, že tryskové viskózní příze jemnosti 20 tex s hodnotou CV_m stejnou nebo nižší vyrábí okolo 50 % výrobců. Pro příze jemnosti 30 tex je to pouze 10 % výrobců.

13.1 Vliv délky FFE na hmotnou nestejnost

Na grafu 16 je možné pozorovat, že u přízí o jemnosti 20 tex došlo při použití delšího FFE ke zvýšení hmotné nestejnosti. Rozdíl mezi průměrnou hodnotou CV_m přízí vypředených s využitím nejkratšího FFE a nejdelšího FFE je však pouze 0,58 %, což je z technologického pohledu zanedbatelný rozdíl. Pro příze o jemnosti 30 tex je vliv délky FFE na hmotnou nestejnost technologicky i statisticky nevýznamný.



Graf 16 Vliv délky naváděcího prvku na kvadratickou hmotnou nestejnost přízí

14 Vady příze

Na přístroji Uster Tester 4 – SX byl zjišťován počet tenkých míst (thin), počet silných míst (thick) a počet nopků (neps). Podmínky měření jsou uvedeny v kapitole 13 Hmotná nestejnomyěrnost. Pokud je počet vad nižší než 30 km^{-1} , jedná se o Poissonovo rozdělení a je nutné počítat statistické ukazatele pomocí χ^2 rozdělení. Byly použity vzorce (16), (17), (18), (19) z kapitoly 4.

14.1 Počet tenkých míst

Počet tenkých míst byl hodnocen na kontrolní hranici -50 %. Naměřený počet tenkých míst byl velmi nízký (tabulka 14). U přízi jemnosti 30 tex nebyla naměřená žádná tenká místa. To odpovídá obecnému předpokladu vyššího výskytu vad ve struktuře přízi o nižší jemnosti.

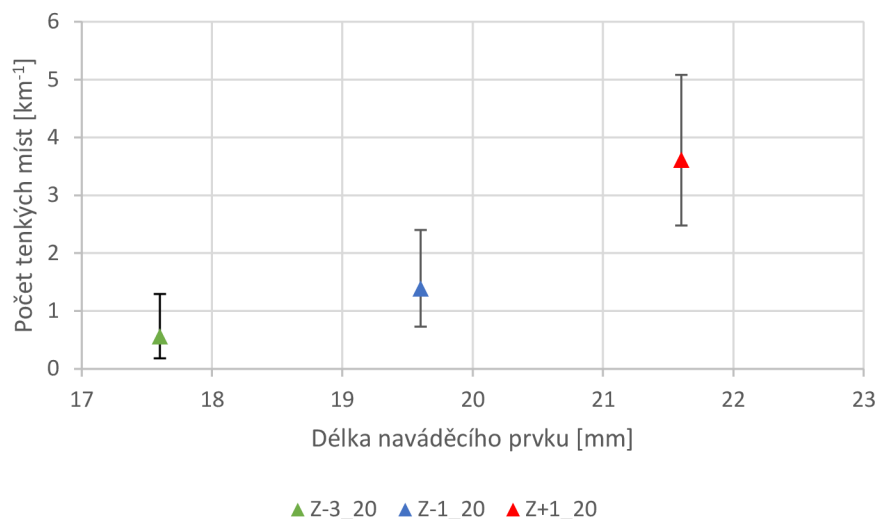
Tabulka 14 Počet tenkých míst – statistické zpracování dat

Příze	$\overline{\text{Thin-50\%}}$ [km^{-1}]	σ [km^{-1}]	Dolní mez 95% IS [km^{-1}]	Horní mez 95% IS [km^{-1}]	v [%]
Z-3_20	0,6	0,7	0,2	1,3	134,2
Z-1_20	1,4	1,2	0,7	2,4	84,9
Z+1_20	3,6	1,9	2,5	5,1	52,6
Z-3_30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Z-1_30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Z+1_30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Počet tenkých míst byl porovnán v databázi Uster Statistics. Pro přízi Air-jet složení 100% viskóza bylo zjištěno, že 25 % výrobců těchto přízi vyrábí přízi se stejným, nebo nižším počtem tenkých míst jako mají experimentální příze.

14.1.1 Vliv délky FFE na počet tenkých míst

Na grafu 17 je vidět rostoucí trend počtu tenkých míst s rostoucí délkou FFE. Při použití větší délky FFE může dojít k vyšší míře uvolnění vlákných konců. Tato vlákna nemusí být dostatečně fixována druhým koncem ve struktuře vlákně stužky a mohou se stát vlákněm odpadem. Vysoká odpadovost vede ke vzniku tenkých míst. Počet tenkých míst je ovšem velice nízký a chybové úsečky pro přízi Z-3_20 a Z-1_20 se překrývají. Proto je i z pohledu dalšího zpracování vliv délky naváděcího prvku na počet tenkých míst nevýznamný.



Graf 17 Vliv délky naváděcího prvku na počet tenkých míst přízi jemnosti 20 tex

14.2 Počet silných míst

Z naměřených dat z přístroje Uster Tester byl hodnocen počet silných míst na kontrolní hranici +50 %. Výsledky měření počtu silných míst jsou v tabulce 15.

Tabulka 15 Počet silných míst – statistické zpracování dat

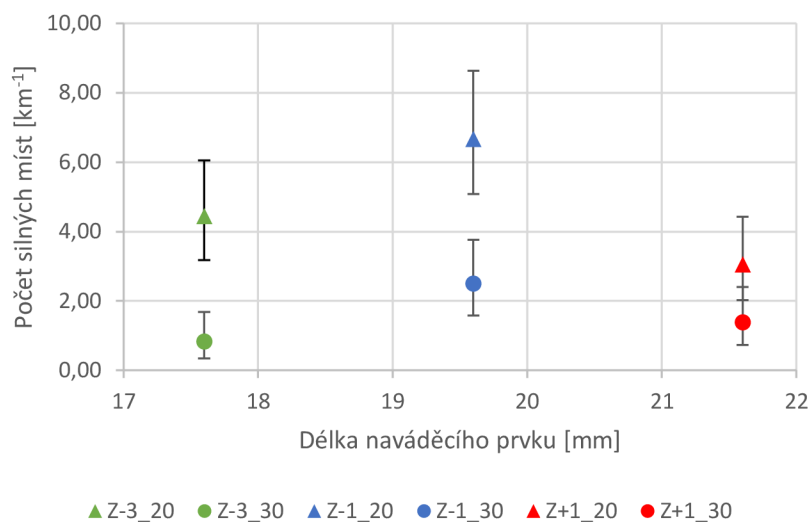
Příze	$\overline{Thick+50\%}$ [km ⁻¹]	σ [km ⁻¹]	Dolní mez 95% IS [km ⁻¹]	Horní mez 95% IS [km ⁻¹]	v [%]
Z-3_20	4,4	2,1	3,2	6,1	47,4
Z-1_20	6,7	2,6	5,1	8,6	38,7
Z+1_20	3,1	1,7	2,0	4,4	57,2
Z-3_30	0,8	0,9	0,3	1,7	109,5
Z-1_30	2,5	1,6	1,6	3,8	63,2
Z+1_30	1,4	1,2	0,7	2,4	84,9

Počet silných míst byl také porovnán v databázi Uster Statistics. Bylo zjištěno, že pouze 5 % výrobců vyrábí tryskové viskóznové příze se stejným, případně nižším počtem silných míst oproti testované sadě přízí.

14.2.1 Vliv délky FFE na počet silných míst

Na grafu 18 je možné pozorovat, že nejvyšší počet silných míst byl naměřen u přízí vyrobených se střední délkou FFE. Je možné, že tento jev souvisí s počtem obalových vláken. Tyto příze vykazují nejvyšší procento obalových vláken. Tato struktura příze

v rámci experimentu vede k vyšší chlupatosti (index H) a vyššímu průměru příze. Zaplnění je spíše nižší. Tyto skutečnosti mohou vést ke vzniku silných míst v přízi. Vliv délky naváděcího prvku na počet silných míst je ovšem statisticky nevýznamný.



Graf 18 Vliv délky naváděcího prvku na počet silných míst

Z grafu je rovněž možné vypočítat, že příze o nižší jemnosti mají vyšší výskyt silných míst. Tento výsledek odpovídá předpokladu.

14.3 Počet nopků

Byl hodnocen počet nopků na kontrolní hranici +200 %. Data z měření počtu nopků v přízi jsou uvedena v tabulce 16.

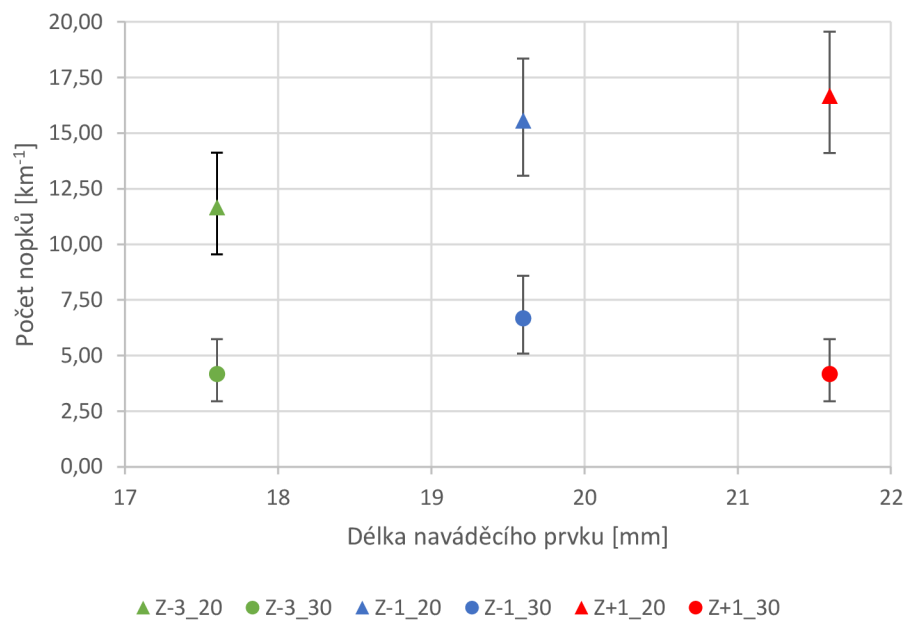
Tabulka 16 Počet nopků – statistické zpracování dat

Příze	$N_{eps+200\%}$ [km ⁻¹]	σ [km ⁻¹]	Dolní mez 95% IS [km ⁻¹]	Horní mez 95% IS [km ⁻¹]	v [%]
Z-3_20	11,7	3,4	9,5	14,1	29,3
Z-1_20	15,6	3,9	13,1	18,4	25,4
Z+1_20	16,7	4,1	14,1	19,6	24,5
Z-3_30	4,2	2,0	2,9	5,7	49,0
Z-1_30	6,7	2,6	5,1	8,6	38,7
Z+1_30	4,2	2,0	2,9	5,7	49,0

V databázi Uster Statistics bylo zjištěno, že 50 % výrobců vyrábí tryskové viskóznové příze jemnosti 20 tex o stejném či nižším počtu nopků jako mají testované příze. Pro příze jemnosti 30 tex je to 25 % výrobců.

14.3.1 Vliv délky FFE na počet nopků

V grafu 19 je zobrazen vliv délky FFE na počet nopků. Pro příze o jemnosti 20 tex platí, že čím vyšší je délka FFE, tím vyšší je počet nopků. Je to pravděpodobně způsobeno výraznějším uvolněním konců vláken, které se mohou ve víru vzduchu zaplést do sebe, čímž vznikne vlákenný nopek. Pro příze jemnosti 30 tex byl naměřen nejvyšší počet nopků u příze vyrobené pomocí středně dlouhého FFE. V datech není jednoznačný trend, což může být způsobeno principem tvorby tryskové příze. Může docházet k náhodnému pohybu vláken, který je způsoben působícím proudem vzduchu. Počet nopků u všech přízí je nízký a rozdíly jsou statisticky i technologicky nevýznamné.



Graf 19 Vliv délky naváděcího prvku na počet nopků

15 Chlupatost

Chlupatost přízi byla testována optickým čidlem na přístroji Uster Tester 4 – SX, kde byl hodnocen index chlupatosti H . Dále bylo hodnoceno sumační kritérium S_3 z dat naměřených na přístroji Zweigle G567.

15.1 Index chlupatosti H a směrodatná odchylka chlupatosti sH

Statisticky zpracovaná data z měření indexu chlupatosti H jsou uvedena v tabulce 17.

Tabulka 17 Index chlupatosti H – statistické zpracování dat

Příze	\bar{H} [1]	s [1]	Dolní mez 95% IS [1]	Horní mez 95% IS [1]	v [%]
Z-3_20	4,12	0,0073	4,11	4,12	0,18
Z-1_20	4,32	0,0164	4,31	4,33	0,38
Z+1_20	4,10	0,0520	4,06	4,14	1,27
Z-3_30	4,10	0,0475	4,07	4,14	1,16
Z-1_30	4,17	0,0350	4,14	4,20	0,84
Z+1_30	3,91	0,0406	3,88	3,94	1,04

V rámci porovnání naměřených hodnot indexu chlupatosti H s hodnotami v databázi Uster Statistics bylo zjištěno, že přibližně 80 % výrobců vyrábí přízi o jemnosti 20 tex se stejnou, případně nižší hodnotou H . Naměřené hodnoty indexu H jsou velice podobné pro příze jemnosti 20 tex a 30 tex. Platí však, že čím je vyšší jemnost příze, tím je vyšší chlupatost. Přibližně 25 % výrobců tryskových přízi vyrábí příze o jemnosti 30 tex se srovnatelnou hodnotou H či nižší.

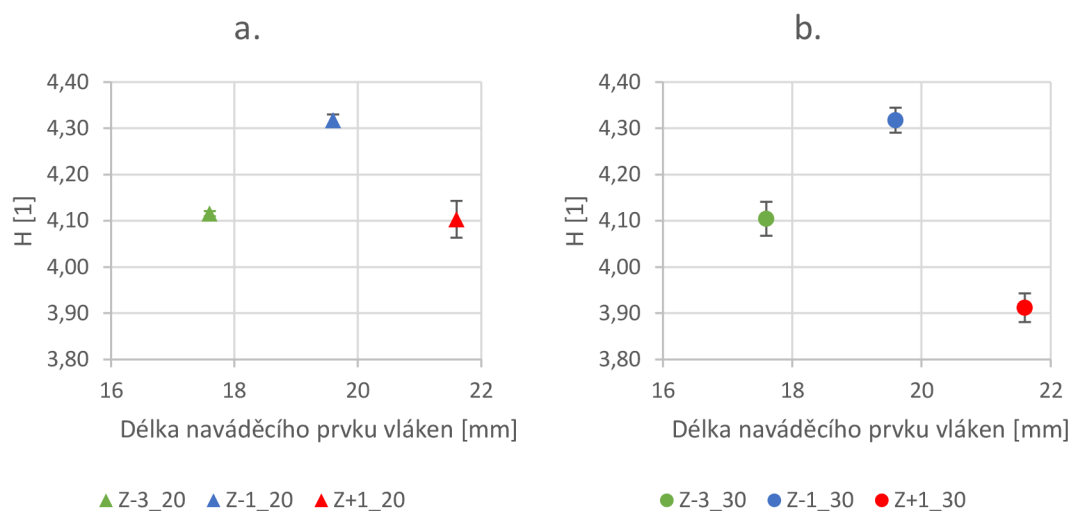
Přístroj Uster Tester měří kromě indexu chlupatosti H také jeho směrodatnou odchylku sH . Je to veličina, která udává míru variability chlupatosti během jednoho měření. Statisticky zpracované hodnoty sH jsou uvedeny v tabulce 18.

Tabulka 18 Směrodatná odchylka chlupatosti sH – statistické zpracování dat

Příze	\overline{sH} [1]	s [1]	Dolní mez 95% IS [1]	Horní mez 95% IS [1]	v [%]
Z-3_20	0,93	0,01	0,93	0,94	0,76
Z-1_20	0,98	0,01	0,97	0,98	1,04
Z+1_20	0,92	0,01	0,92	0,93	0,77
Z-3_30	0,89	0,01	0,88	0,89	0,60
Z-1_30	0,89	0,01	0,88	0,89	1,14
Z+1_30	0,84	0,01	0,83	0,85	1,33

15.1.1 Vliv délky FFE na index chlupatosti H

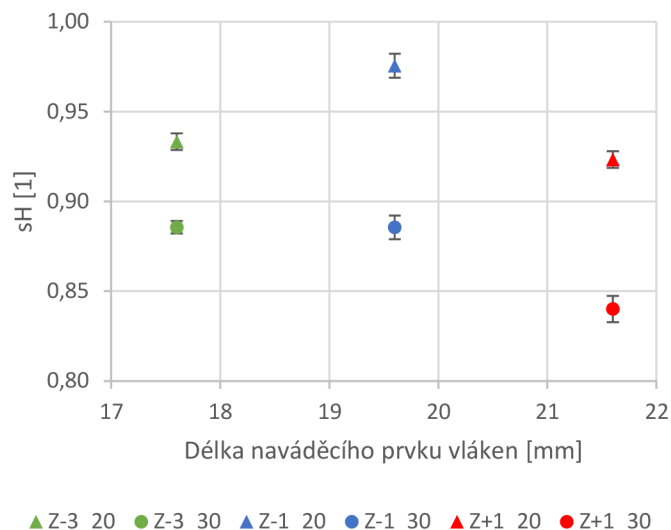
Na grafu 20 lze pozorovat, že nejvyšší hodnoty indexu H dosahují příze vyrobené se střední délkou FFE. Tyto příze vykazují i nejvyšší procento obalových vláken a nejvyšší průměr příze. Nejspíše dochází k výraznějšímu oddělení vlákných konců, které mohou být zakrouceny vlivem proudícího vzduchu. Tlak vzduchu a odtahová rychlost jsou ovšem konstantní, a tak je možné, že nedojde k úplnému zakroucení celé délky uvolněných vláken, díky tomu roste chlupatost příze a tím i její průměr.



Graf 20 Vliv délky naváděcího prvku na index chlupatosti H přízi jemnosti 20 tex (a.) a 30 tex (b.)

15.1.2 Vliv délky FFE na směrodatnou odchylku chlupatosti sH

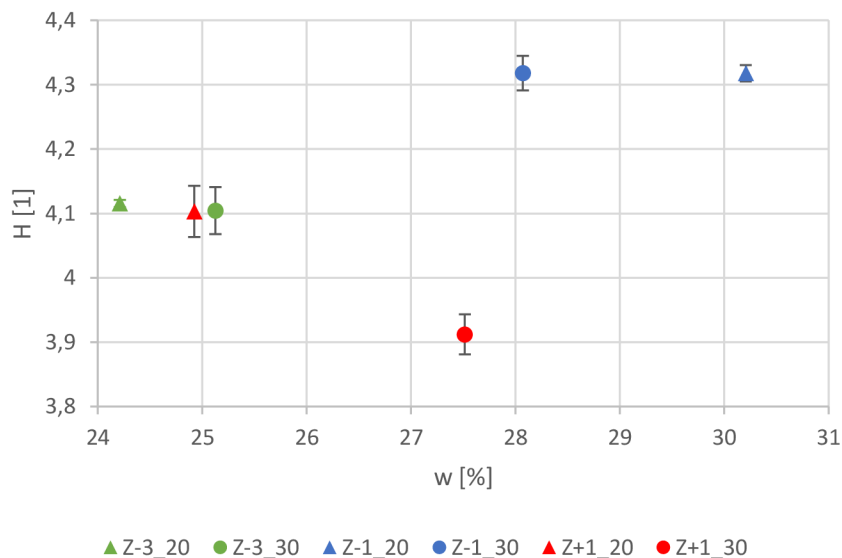
Závislost sH na délce FFE je zobrazena na grafu 21. Trend závislosti sH na délce FFE je obdobný jako v případě závislosti H na délce FFE (graf 20). Je zde tedy patrné, že délka naváděcího prvku vláken má téměř shodný vliv na index chlupatosti H i na směrodatnou odchylku sH . Je pravděpodobné, že tato závislost souvisí s procentem obalových vláken.



Graf 21 Vliv délky naváděcího prvku vláken na směrodatnou odchylku chlupatosti sH

15.1.3 Vliv procenta obalových vláken na index chlupatosti H

Vliv procenta obalových vláken na index chlupatosti příze H je na grafu 22. S vyšším w dochází nejprve k poklesu chlupatosti a poté k jejímu vzrůstu. Nejvyšší chlupatost mají příze s nejvyšším procentem obalových vláken. Je to nejspíše dané neúplným zakroucením konců vláken, které se uvolní v oblasti FFE.



Graf 22 Vliv procenta obalových vláken na index chlupatosti H

15.2 Sumační kritérium chlupatosti S_3

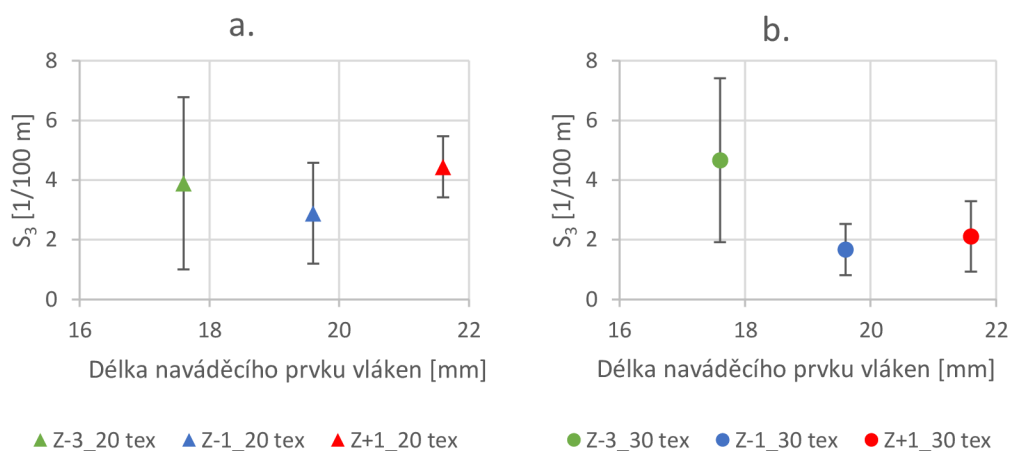
Sumační kritérium chlupatosti S_3 bylo spočítáno z dat z přístroje Zweigle G567. Sumační kritérium S_3 udává počet odstávajících vláken v délkových kategoriích 3–15 mm od těla příze. Rychlost průchodu příze byla nastavena na 50 m/min a v rámci jednoho měření bylo změřeno 100 m příze. Pro každou cívku byla provedena 3 měření, celkem 9 měření pro každý typ příze. Vzorový protokol z měření chlupatosti na přístroji Zweigle je k nahlédnutí v příloze C. Statistické zpracování naměřených dat se nachází v tabulce 19.

Tabulka 19 Sumační kritérium S_3 – statistické zpracování dat

Příze	\bar{S}_3 [1/100 m]	s [1/100 m]	Dolní mez 95% IS [1/100 m]	Horní mez 95% IS [1/100 m]	v [%]
Z-3_20	3,89	3,76	1,00	6,78	96,60
Z-1_20	2,89	2,20	1,19	4,58	76,32
Z+1_20	4,44	1,33	3,42	5,47	30,00
Z-3_30	4,67	3,57	1,92	7,41	76,52
Z-1_30	1,67	1,12	0,81	2,53	67,08
Z+1_30	2,11	1,54	0,93	3,29	72,79

15.2.1 Vliv délky FFE na chlupatost S_3

Na grafu 23 lze pozorovat, že vliv délky FFE na chlupatost příze je statisticky nevýznamný. Hodnoty chlupatosti jsou velice nízké a intervaly spolehlivosti se překrývají. U tryskových přízí je obecně dosahováno velice nízké chlupatosti, proto je pro její hodnocení pravděpodobně vhodnější princip měření na aparatuře Uster Tester.



Graf 23 Vliv délky naváděcího prvku na sumační kritérium S_3 přízí jemnosti 20 tex (a.) a 30 tex (b.)

Závěr

Diplomová práce se věnovala vlivu délky naváděcího prvku vláken (FFE) spřádací trysky tryskového dopřádacího stroje na vlastnosti a strukturu příze. V teoretické části byl popsán princip dopřádání na tryskovém dopřádacím stroji s jednou tryskou. Pozornost byla věnována i struktuře tryskové příze. Dále byla provedena rešerše věnující se vlivu strojně-technologických parametrů tryskového dopřádacího stroje na vlastnosti a strukturu příze. Důležitou částí teoretické části bylo uvedení vybraných vlastností a strukturálních parametrů příze, které by mohly být ovlivněny délkou naváděcího prvku vláken.

Experimentální část práce byla zaměřena na analýzu vlivu délky naváděcího prvku vláken na vybrané vlastnosti a strukturální parametry příze. Prameny byly vyrobeny ve firmě Kümpers Textil s.r.o. v Plavech. Prameny byly spřádány na tryskovém dopřádacím stroji J 26 ve firmě Rieter CZ, s.r.o. v Ústí nad Orlicí. Byly testovány příze se složením 100% Tencel o jemnosti 20 tex a 30 tex. Obě jemnosti příze byly vypředeny s využitím tří různých délek naváděcího prvku vláken, a to 17,6 mm (Z-3), 19,6 mm (Z-1) a 21,6 mm (Z+1). Zkoumanými vlastnostmi a parametry příze byl zákrut obalové stužky vláken, zaplnění, průměr, chlupatost, hmotná nestejnomyšnost a vady v přízi, pevnost a tažnost a především procento obalových vláken.

Procento obalových vláken bylo zjišťováno z měkkých příčných řezů příze třemi metodami. **Metoda četnostní** spočívá v subjektivním označení obalových a jádrových vláken a následném výpočtu procenta obalových vláken. Vzhledem k subjektivitě metody četnostní byla navržena nová **metoda přímá**. Při užití metody přímé je za obalové vlákno považováno to vlákno, které má plochu řezu větší než je stanovená hranice mezi jádrovým a obalovým vláknem. Bylo zjištěno, že pomocí metody přímé byla jako obalová vlákna započítána i vlákna nacházející se blízko středu příze, což není z principu tryskového dopřádání možné. Proto byla metoda přímá upravena. **Metoda přímá modifikovaná** udává dvě podmínky, jež musí být splněny, pokud má být vlákno započítáno jako obalové. První podmínka je shodná jako u metody přímé, tedy, že obalové vlákno má plochu řezu větší než stanovená hranice. Druhá podmínka určuje minimální vzdálenost obalového vlákna od středu příze.

Z důvodu vysoké časové náročnosti navržené metody přímé i metody přímé modifikované byly tyto metody pouze otestovány na jednom snímku od každého typu

příze. Pro další hodnocení vlivu délky naváděcího prvku vláken byla použita data získaná metodou četnostní. Bylo zjištěno, že příze vyrobené se střední délkou naváděcího prvku (*Z-1*) měly nejvyšší procento obalových vláken. Jedná se o naváděcí prvek vláken, který je firmou Rieter běžně používán pro příze z viskózy a Tencelu. Nejnižší procento obalových vláken měly příze vypředené s nejkratším naváděcím prvkem (*Z-3*). Tato délka nejspíše nestačila k uvolnění dostatečného počtu vláknenných konců.

Zákrut byl stanoven pomocí podélných pohledů v programu obrazové analýzy. Nejvyšší počet zákrutů měly příze vypředené pomocí nejdelšího naváděcího prvku vláken. Mohlo to být způsobeno tím, že konce vláken se v oblasti naváděcího prvku vláken mohly více uvolnit a ve spřádací zóně došlo k jejich snadnějšímu zakroucení. Vzhledem k vysoké variabilitě dat nebyl rozdíl v počtu zákrutů mezi jednotlivými typy přízí statisticky významný.

S počtem zákrutů úzce souvisí **průměr** příze a **chlupatost**. Data z měření chlupatosti na přístroji Uster Tester a Zweigle nepoukázala na stejný trend. Tryskové příze mají obecně nízký počet odstávajících vláken, což se v experimentu potvrdilo. Vyjádření chlupatosti indexem *H* měřeným na přístroji Uster Tester se ukázalo jako vhodnější pro nízkou míru chlupatosti. Bylo zjištěno, že index chlupatosti *H* roste spolu s rostoucím procentem obalových vláken. V rámci experimentu bylo vyhodnoceno, že příze s vyšším počtem zákrutů mají kompaktnější strukturu, tedy menší průměr a nižší míru chlupatosti.

Zaplnění bylo stanoveno metodou Secant pro dvoukomponentní příze. Nebyl pozorován jednoznačný vliv délky naváděcího prvku vláken na zaplnění příze. V rámci budoucího výzkumu struktury tryskových přízí by bylo vhodné použít ke stanovení zaplnění i další metody, jejich výsledky porovnat a určit optimální metodu.

Hmotná nestejnomyšlnost tryskových přízí je obecně velmi nízká. Tyto příze obvykle vykazují nízký **počet vad**. To se v experimentu potvrdilo. Vliv délky naváděcího prvku vláken na hmotnou nestejnomyšlnost a počet vad nebyl vyhodnocen jako technologicky významný.

Bylo zjištěno, že vyšší délka FFE vede k vyšší **poměrné pevnosti a tažnosti** příze. Nejvyšší hodnota poměrné pevnosti pro příze vypředené s nejdelším FFE je s největší pravděpodobností dána kompaktností struktury těchto přízí, která vede k vyšší soudržnosti příze při tahovém namáhání.

Příze vyrobené pomocí nejkratšího FFE ($Z-3$) měly nejnižší procento obalových vláken a nejnižší poměrnou pevnost a tažnost. Zákrut přízí byl v porovnání s dalšími dvěma přízemi nízký. Na základě zjištěných výsledků se nejkratší naváděcí prvek vláken jeví jako nejméně vhodný pro výpřed přízí z vláken Tencelu.

Bylo zjištěno, že příze vyrobené pomocí středně dlouhého naváděcího prvku vláken ($Z-1$) mají nejvyšší procento obalových vláken, zároveň mají nižší počet zákrutů a s tím související vyšší chlupatost a větší průměr. Příze jsou objemnější a pravděpodobně díky této struktuře mají středně vysokou hodnotu pevnosti a tažnosti.

Příze vyrobené pomocí nejdelšího naváděcího prvku vláken ($Z+1$) měly středně vysoké procento obalových vláken, které bylo pravděpodobně optimální pro dosažení vyšších hodnot poměrné pevnosti a tažnosti. Nejvyšší poměrná pevnost a tažnost mohla být způsobena také kompaktní strukturou přízí. Tyto příze mají nejvyšší počet zákrutů, nejmenší průměr a nejnižší chlupatost.

Na základě výsledků experimentu je vhodné použít střední délku FFE ($Z-1$) pro výpřed objemnějších přízí a největší délku FFE ($Z+1$) pro výpřed kompaktnějších přízí s vyšší pevností a tažností. Tato doporučení platí pouze pro zkoumané příze o daných parametrech.

V rámci dalšího výzkumu tryskových přízí by bylo vhodné dále otestovat nově navržené metody pro stanovení procenta obalových vláken na přízích s vláknou kruhového i nekruhového průřezu. Podmínka pro obalové vlákno by mohla být pro kruhová vlákna založena kromě plochy řezu vlákna také na parametru kruhovitosti vlákna. Pro snížení časové náročnosti metod by bylo vhodné připravit dostatečně kvalitní snímky řezů k získání binárního obrazu prahováním. K tomu by mohla sloužit například počítačová tomografie (CT).

Seznam použité literatury

- [1] G 38: Ring Spinning Machine G 38. In: *Ring Spinning* [online]. s. 1-28 [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: https://www.rieter.com/fileadmin/user_upload/products/documents/systems/end-spinning/rieter-g-38-ring-spinning-machine-brochure-3236-v3-94325-en.pdf
- [2] J 26: Automated Air-Jet Spinning Machine J 26. In: *Air-Jet Spinning* [online]. Rieter, s. 1-24 [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: https://www.rieter.com/fileadmin/user_upload/products/documents/systems/end-spinning/rieter-j-26-air-jet-spinning-machine-brochure-2887-v5-25516-en.pdf
- [3] STALDER, Herbert. *The Rieter Manual of Spinning: Volume 6 - Alternative Spinning Systems*. Rieter Machine Works Ltd., 2016. ISBN 978-3-9523173-6-5.
- [4] MOUČKOVÁ, Eva. *Studijní materiály k předmětu Procesy a systémy v předení*. Technická univerzita v Liberci, KTT, 2021.
- [5] ERDUMLU, Nazan, Bulent OZIPEK a William OXENHAM. Vortex spinning technology. *Textile Progress* [online]. 2012, **44**(3-4), 141-174 [cit. 2021-07-07]. ISSN 0040-5167. Dostupné z: doi:10.1080/00405167.2012.739345
- [6] SCHAEFFLER, Gernot. *Air-Jet Spinning Device*. 2007. Německo. US 2007/0125062 A1. Uděleno 30.6.2004. Zapsáno 7.6.2007.
- [7] STALDER, Herbert a Olivier WÜST. *Tunnel cladding*. 2006. United states. US 7,024,848 B2. Uděleno 19.3.2003. Zapsáno 11.4.2006.
- [8] *Self-twisting hollow ingot special for jet air vortex spinning*. 2010. ISBN 2009100458080. China. CN101476180B. Zapsáno 8.12.2010.
- [9] HAN, Chenchen, Wenliang XUE, Longdi CHENG a Jiangwei YAO. Comparative analysis of traditional jet vortex spinning and self-twist jet vortex spinning on yarn mechanism and yarn properties. *Textile Research Journal* [online]. 2016, **86**(16), 1750-1758 [cit. 2022-02-27]. ISSN 0040-5175. Dostupné z: doi:10.1177/0040517515606359
- [10] HAN, Chenchen, Wenliang XUE, Longdi CHENG a Zhuanyong ZOU. Comparative analysis of different jet vortex spinning hollow spindle groove structures on yarn mechanism and yarn properties. *Textile Research Journal* [online]. 2016, **86**(19), 2022-2031 [cit. 2022-11-17]. ISSN 0040-5175. Dostupné z: doi:10.1177/0040517515619354

- [11] HAN, Chenchen, Longdi CHENG, Weidong GAO, Yuan XUE, Wenliang XUE a Ruihua YANG. Analysis of the influence of the guided needle structure on the vortex spinning process and yarn properties. *Textile Research Journal* [online]. 2019, **89**(7), 1246-1257 [cit. 2022-03-20]. ISSN 0040-5175. Dostupné z: doi:10.1177/0040517518767152
- [12] PEREZ-DE-TEJADA, Hector, ed. *Vortex Structures in Fluid Dynamic Problems* [online]. InTech, 2017 [cit. 2022-02-27]. ISBN 978-953-51-2943-1. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/chapters/53651>
- [13] Rieter Air-Jet Spinning Machine J 26: Automated Air-Jet Spinning Machine J 26. In: *Erbel* [online]. [cit. 2022-10-02].
- [14] BASAL, Guldemet a Wiliam OXENHAM. Vortex spun yarn vs. air-jet spun yarn. *AUTEX Research Journal*. 2003, **3**(3), 96-101.
- [15] SOE, Aung, Masaoki TAKAHASHI, Masaru NAKAJIMA, Tatsuki MATSUO a Tatsumori MATSUMOTO. Structure and Properties of MVS Yarns in Comparison with Ring Yarns and Open-End Rotor Spun Yarns. *Textile Research Journal* [online]. 2004, **74**(9), 819-826 [cit. 2021-07-10]. ISSN 0040-5175. Dostupné z: doi:10.1177/004051750407400911
- [16] BEGUM, Hosne, Khalilur KHAN a Merajur RAHMAN. An Overview on Spinning Mechanism, Yarn Structure and Advantageous Characteristics of Vortex Spun Yarn and Fabric. *Advances in Applied Sciences* [online]. 2018, **3**(5), 58-64 [cit. 2022-02-26]. ISSN 2575-1514. Dostupné z: doi:10.11648/j.aas.20180305.11
- [17] GÜNAYDIN, Gizem a Ali SOYDAN. Vortex Spinning System and Vortex Yarn Structure. In: PEREZ-DE-TEJADA, Hector, ed., Hector PEREZ-DE-TEJADA. *Vortex Structures in Fluid Dynamic Problems* [online]. InTech, 2017 [cit. 2021-07-10]. ISBN 978-953-51-2943-1. Dostupné z: doi:10.5772/67076
- [18] ZOU, ZhuanYong, ShiRui LIU, ShaoMing ZHENG a LongDi CHENG. Numerical Computation of a Flow Field Affected by the Process Parameters of Murata Vortex Spinning. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* [online]. 2010, **18**(2), 35-39 [cit. 2022-11-08]. Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0040517517753637?icid=int.sj-full-text.similar-articles.9>
- [19] ZOU, Zhuanyong, Longdi CHENG, Wenliang XUE a Jianyong YU. A Study of the Twisted Strength of the Whirled Airflow in Murata Vortex Spinning. *Textile Research Journal* [online]. 2008, **78**(8), 682-687 [cit. 2022-11-08]. ISSN 0040-5175. Dostupné z: doi:10.1177/0040517508089753

- [20] TYAGI, G., D. SHARMA a K. SALHOTRA. Process-structure-property relationship of polyester-cotton MVS yarns: Part II - Influence of process variables on yarn characteristics. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2004, (29), 429-435.
- [21] TYAGI, G., D. SHARMA a K. SALHOTRA. Process-structure-property relationship of polyester-cotton MVS yarns: Part I-Influence of processing variables on yarn structural parameters. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2004, (29), 419-428.
- [22] HAJSKÁ, Šárka. *Vliv parametrů tryskového dopřádacího stroje na mechanicko-fyzikální vlastnosti a strukturální parametry příze*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2017. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Eva Moučková.
- [23] BÍLÁ, Pavlína. *Struktura a vlastnosti bavlněné tryskové příze: Structure and properties of 100% cotton air-jet yarn*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2018. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Eva Moučková.
- [24] BASAL, Guldemet a William OXENHAM. Effects of some Process Parameters on the Structure and Properties of Vortex Spun Yarn. *Textile Research Journal* [online]. 2006, **76**(6), 492-499 [cit. 2022-11-11]. ISSN 0040-5175. Dostupné z: doi:10.1177/0040517506064253
- [25] ERDumlu, Nazan a Bulent OZİPEK. Effect of the Draft Ratio on the Properties of Vortex Spun Yarn. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* [online]. 2010, **18**(3), 38-42 [cit. 2022-11-12]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/290673226_Effect_of_the_Draft_Ratio_on_the_Properties_of_Vortex_Spun_Yarn
- [26] BHATTI, Muhammad, Muhammad TAUSIF, Muhammad MIR, Muhammad UMAR a Tom CASSIDY. Effect of key process variables on mechanical properties of blended vortex spun yarns. *The Journal of The Textile Institute* [online]. 2019, **110**(6), 932-940 [cit. 2022-11-12]. ISSN 0040-5000. Dostupné z: doi:10.1080/00405000.2018.1532784
- [27] ZHUANYONG ZOU, , JIANYONG YU, WENLIANG XUE, YUNDE ZHU, JIANMING WU a LONGDI CHENG. Analysis of the Fiber Spatial Trajectory in Vortex Spun Yarn. *Textile Research Journal* [online]. 2009, **79**(10), 924-929 [cit. 2022-11-10]. ISSN 0040-5175. Dostupné z: doi:10.1177/0040517508095609
- [28] NECKÁŘ, Bohuslav. *Studijní materiály k předmětu Struktura vláknenných útvarů: Tahové namáhání a pevnost příze*. Technická univerzita v Liberci, KTT, 2021.

- [29] URSÍNÝ, Petr. *Předení I*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 2001. ISBN 80-7083-481-1.
- [30] JIRÁSKOVÁ, Petra. *Výroba délkových textilií*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 2004. ISBN 80-7083-845-0.
- [31] ČSN EN ISO 2060 (80 0702). *Textilie. Nitě na návinech. Zjišťování jemnosti (délkové hmotnosti) pásmovou metodou*. Praha: Český normalizační institut, 1996.
- [32] NECKÁŘ, Bohuslav. *Studijní materiály k předmětu Struktura a vlastnosti textilií: Příze 1: Definice, souvislosti*. Technická univerzita v Liberci, 2018.
- [33] ELDEEB, Moaz. Theoretical Analyses of Air Jet Yarn Strength. In: *STRUTEX: Structure and Structural Mechanics of Textile Fabrics*. Liberec: Faculty of Textile Engineering - Technical University of Liberec, 2016, s. 131-136. ISBN 978-80-7494-269-3.
- [34] LEITNER, Hans a Herald SCHWIPPL. *Processing TENCEL® fibers* [online]. In: . [cit. 2021-12-04]. Dostupné z: https://www.rieter.com/fileadmin/user_upload/services/documents/expertise/textile-technology/archive/rieter-special-print-processing-tencel-fibers-technology-42964-en.pdf
- [35] INTERNÍ NORMA Č. 22-103-01/01. *Zaplnění příze: Přímá metoda a metoda Secant*. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004.
- [36] NECKÁŘ, Bohuslav. *Příze: tvorba, struktura, vlastnosti*. Vydání první. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN 80-03-00213-3.
- [37] ČSN EN ISO 2062 (800700). *Textilie. Nitě na návinech. Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu*. 1. Praha: Český normalizační institut, 1996.
- [38] ČSN 80 0706. *Zjišťování hmotné nestejnomyernosti pramenů, přástů a nití*. Praha: Český normalizační institut, 1992.
- [39] KRUPINCOVÁ, Gabriela. *Studijní materiály k předmětu Konstrukce a vlastnosti délkových textilií: Chlupatost příze*. Technická univerzita v Liberci, 2021.
- [40] CIHLÁŘOVÁ, Eva. *Hmotová nestejnomyernost délkových a plošných textilií* [online]. Technická univerzita v Liberci - Katedra mechanických technologií, 2002 [cit. 2022-12-09].
- [41] KADEŘÁBEK, Jiří. *Statistika*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 2006. ISBN 80-7372-044-2.
- [42] ČSN EN ISO 139 (80 0056). *Textilie. Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení*. 1. Praha: Český normalizační institut, 2005.

- [43] JIANG, Xiaoya, Yuanyuan BAI, Xuefeng CHEN a Wen LIU. A review on raw materials, commercial production and properties of lyocell fiber. *Journal of Bioresources and Bioproducts* [online]. 2020, **5**(1), 16-25 [cit. 2022-10-16]. ISSN 23699698. Dostupné z: doi:10.1016/j.jobab.2020.03.002
- [44] MILITKÝ, Jiří. *Textilní vlákna: klasická a speciální*. [2. vydání]. V Liberci: Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-7372-844-1.
- [45] INTERNÍ NORMA Č. 46-108-01/01. *Doporučený postup tvorby příčných řezů: Měkké a tvrdé řezy*. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002.

Seznam příloh

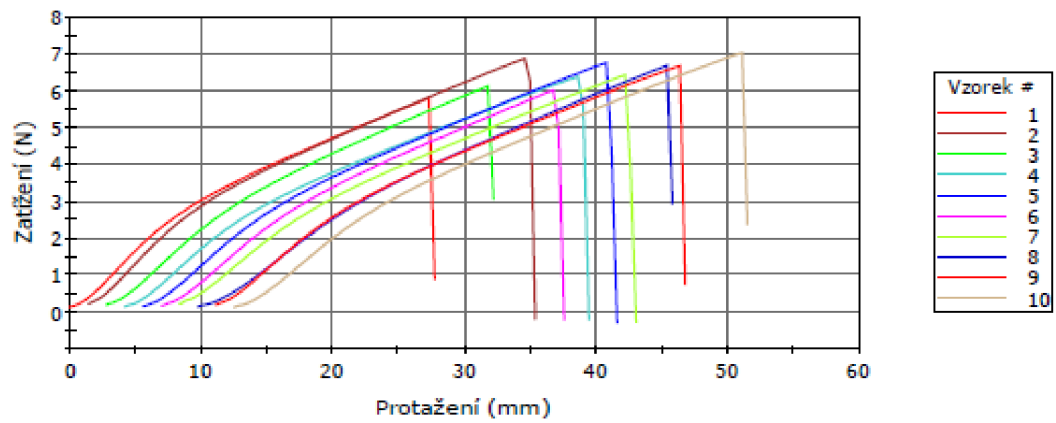
- Příloha A Vzorový protokol z měření na trhacím přístroji – Z+I_30
- Příloha B Vzorový protokol z měření na přístroji Uster Tester 4 – SX – Z+I_30
- Příloha C Vzorový protokol z měření na přístroji Zweigle G567 – Z+I_30

Příloha A

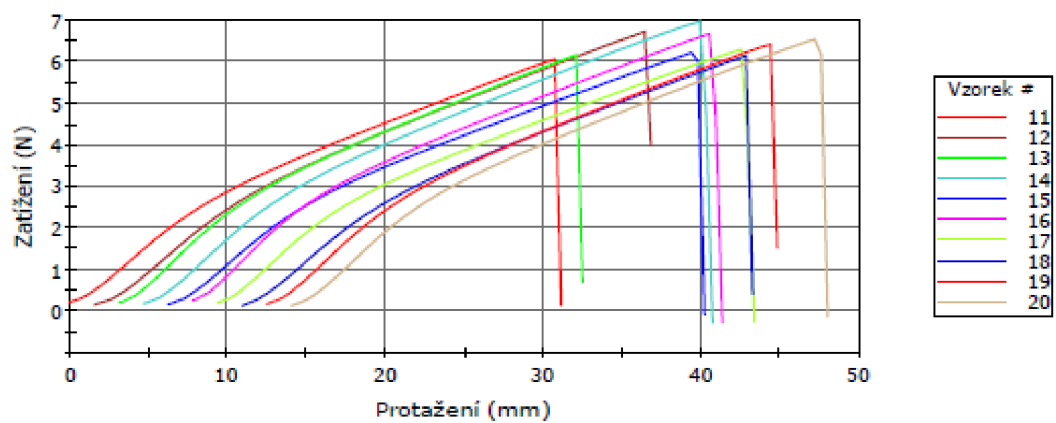
Vzorový protokol z měření na trhacím přístroji – Z+I_30

Tahova zkouska pro prize.

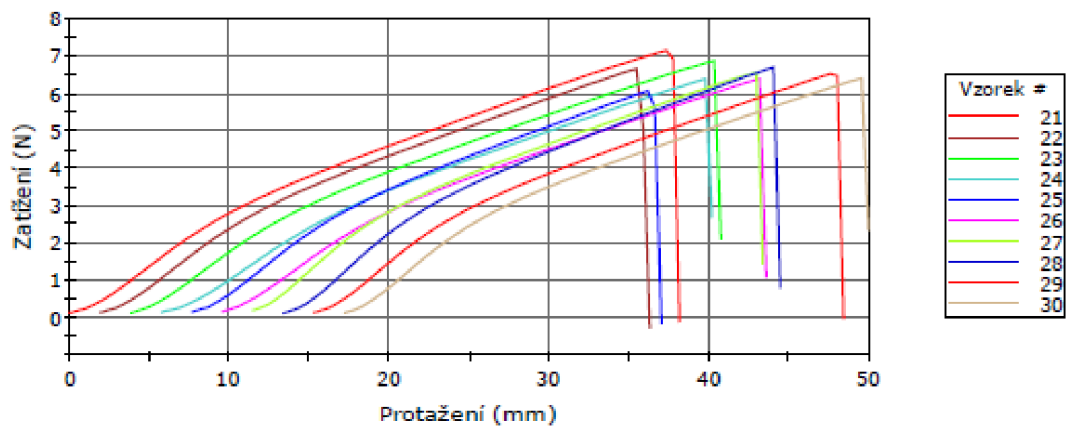
Vzorek 1 až 10



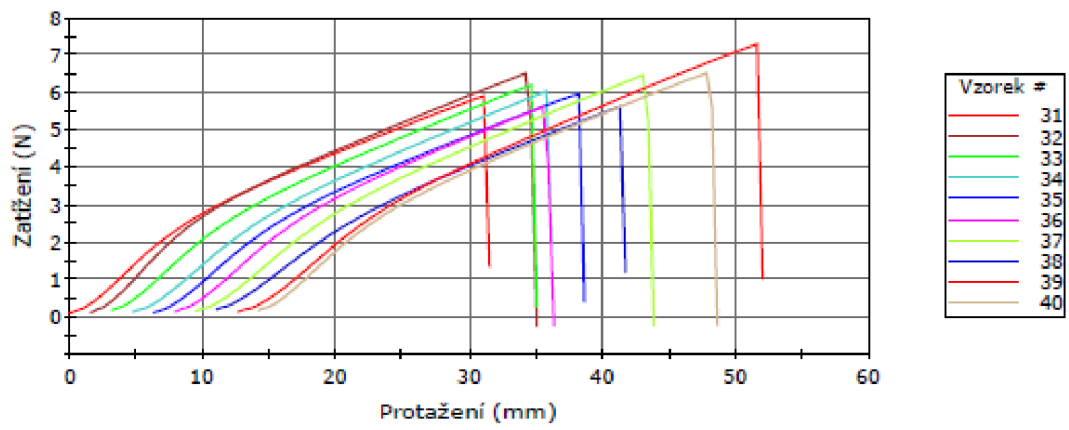
Vzorek 11 až 20



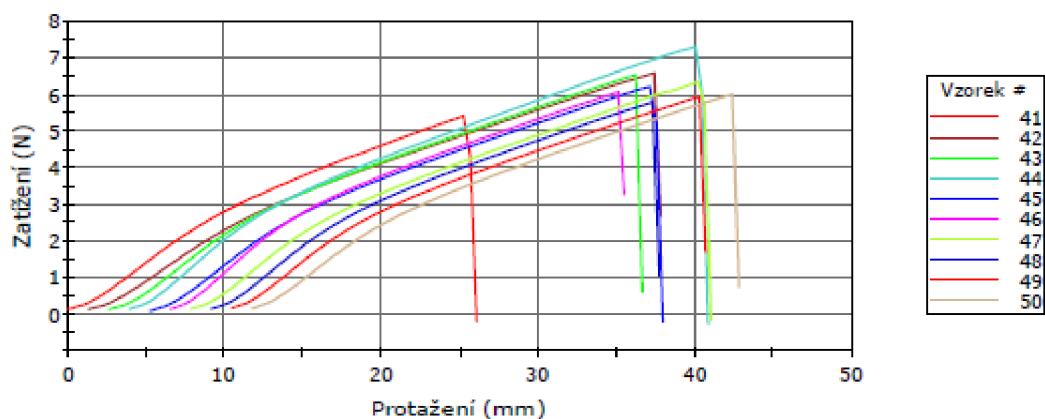
Vzorek 21 až 30



Vzorek 31 až 40



Vzorek 41 až 50



	Maximální Protažení (mm)	Max Síla (N)	Energie při Maximální Tahové napětí (mJ)	Modul (Automatický Youngův modul pružnosti) (gf/tax)	Čas při Maximální Tahové napětí (sec)
1	27,73	5,81	94,16	608,15432	3,300
2	34,00	6,88	136,70	579,46643	4,000
3	29,41	6,13	103,81	545,69938	3,500
4	35,28	6,39	129,41	505,64546	4,150
5	36,05	6,77	138,53	506,64121	4,250
6	30,63	6,02	103,37	515,22688	3,600
7	34,70	6,43	127,21	475,64921	4,100
8	36,08	6,69	133,58	465,69888	4,300
9	35,66	6,68	138,43	488,65718	4,250
10	39,01	7,02	155,94	479,63487	4,650
11	31,11	6,06	110,13	525,80876	3,700
12	35,25	6,72	136,07	512,68406	4,200
13	29,36	6,17	106,34	583,11944	3,500
14	36,05	6,97	145,48	546,13755	4,250
15	33,96	6,22	121,63	514,67544	4,000
16	33,55	6,68	132,21	577,63776	3,950
17	34,00	6,30	125,40	536,94069	4,000
18	32,35	6,15	115,08	519,05710	3,850
19	32,33	6,43	121,89	567,42145	3,850
20	33,98	6,55	128,10	556,10417	4,000
21	38,13	7,16	154,33	513,34342	4,500
22	34,36	6,67	129,56	535,47746	4,050
23	36,90	6,88	145,80	499,94307	4,400
24	34,43	6,40	123,83	479,89598	4,100
25	29,36	6,08	100,66	566,03663	3,450
26	34,00	6,40	124,86	497,32975	4,050
27	31,90	6,57	124,23	601,49769	3,800

	Maximální Protažení (mm)	Max Sila (N)	Energie při Maximální Tahové napětí (mJ)	Modul (Automatický Youngův modul pružnosti) (qf/tax)	Čas při Maximální Tahové napětí (sec)
28	31,06	6,71	120,81	622,48272	3,700
29	33,13	6,53	123,95	564,13916	3,900
30	32,75	6,41	122,81	567,73198	3,900
31	31,50	5,91	107,81	544,78595	3,750
32	33,46	6,51	126,15	591,45926	3,950
33	31,90	6,21	114,26	520,33136	3,800
34	31,45	6,03	107,08	501,71549	3,750
35	32,31	5,95	110,65	510,29873	3,850
36	28,46	5,62	89,44	531,75284	3,350
37	34,38	6,46	123,85	487,72912	4,050
38	30,68	5,63	97,86	449,51970	3,650
39	39,38	7,29	162,18	493,77260	4,700
40	34,43	6,52	128,40	519,72341	4,050
41	26,05	5,42	78,32	545,96560	3,050
42	36,46	6,59	136,64	470,27502	4,350
43	34,00	6,53	127,84	529,63958	4,050
44	36,90	7,30	155,75	575,06798	4,350
45	32,70	6,22	115,53	547,71039	3,850
46	28,95	6,07	103,53	627,30775	3,450
47	33,16	6,35	120,78	544,05622	3,900
48	28,55	5,79	96,38	575,68220	3,400
49	30,21	5,95	104,91	556,64880	3,600
50	31,03	6,01	108,32	531,48855	3,700
Maximální	39,38	7,30	162,18	627,30775	4,700
Minimální	26,05	5,42	78,32	449,51970	3,050
Standardní odchylka	2,92337	0,42160	17,96257	41,57035	0,34753

	Maximální Protažení (mm)	Max Sila (N)	Energie při Maximální Tahové napětí (mJ)	Modul (Automatický Youngův modul pružnosti) (gf/tax)	Čas při Maximální Tahové napětí (sec)
S f e d ní	33,05	6,38	121,80	534,25737	3,917

	Modul (Youngův Tahové napětí 2 mm - 5 mm) (gf/tax)	Tahové protažení při Maximální Tahové napětí (mm)
1	657,08805	27,3149
2	646,15505	33,1645
3	569,50093	28,9981
4	558,52658	34,4477
5	558,52658	35,2144
6	536,61956	29,7980
7	509,24632	33,8644
8	459,85548	35,6643
9	547,55286	35,2477
10	525,68610	38,5975
11	569,50061	30,6980
12	558,52689	34,8311
13	635,18066	28,9481
14	613,27363	35,2144
15	569,50061	33,1312
16	656,97074	32,7145
17	613,27397	33,1645
18	569,45958	31,9312
19	624,09757	31,9146
20	624,24801	33,1478
21	558,52658	37,2976
22	569,50093	33,5311
23	547,59344	36,4809
24	503,77953	34,0144
25	602,29960	28,5315
26	525,68656	33,5811
27	657,08805	31,4813
28	678,99509	30,6480
29	624,24766	32,2979
30	624,20698	32,3312
31	580,43393	31,0813
32	657,08805	32,6312
33	569,50093	31,4813
34	525,68610	31,0313
35	547,46202	31,8979
36	547,42100	27,6315

	Modul (Youngův Tahové napětí 2 mm - 5 mm) (gf/tex)	Tahové protažení při Maximální Tahové napětí (mm)
37	514,71253	33,5478
38	459,96548	30,2647
39	503,77953	38,9641
40	569,50061	33,5978
41	558,52658	25,2150
42	514,71253	36,0476
43	580,43361	33,5811
44	646,15505	36,0643
45	591,36660	31,8646
46	668,06209	28,5315
47	602,34097	32,3312
48	613,31466	28,1315
49	602,19625	29,7980
50	580,43393	30,6147
Maximální	678,99509	38,9641
Minimální	459,85548	25,2150
Standardní odchylka	53,02761	2,90274
Standardní	578,55613	32,4502

Příloha B

Vzorový protokol z měření na přístroji Uster Tester 4 – SX – Z+1_30

Style 100% Sample ID 42835 Nom. count 30 tex Nom. twist 0 T/m
 Tests 3 / 1 v= 400 m/min t= 1 min Meas. slot 3 Short staple

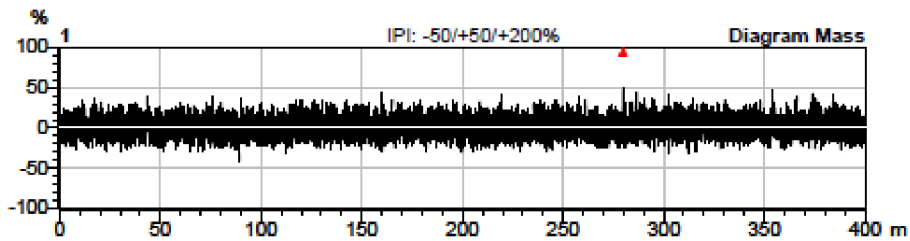
Article 100% TENCEL Material class Yarn Mach. Nr. -
 Uster Statistics
 Fiber
 Z+1 1

Total tests : 3 / 3 Single test(s)

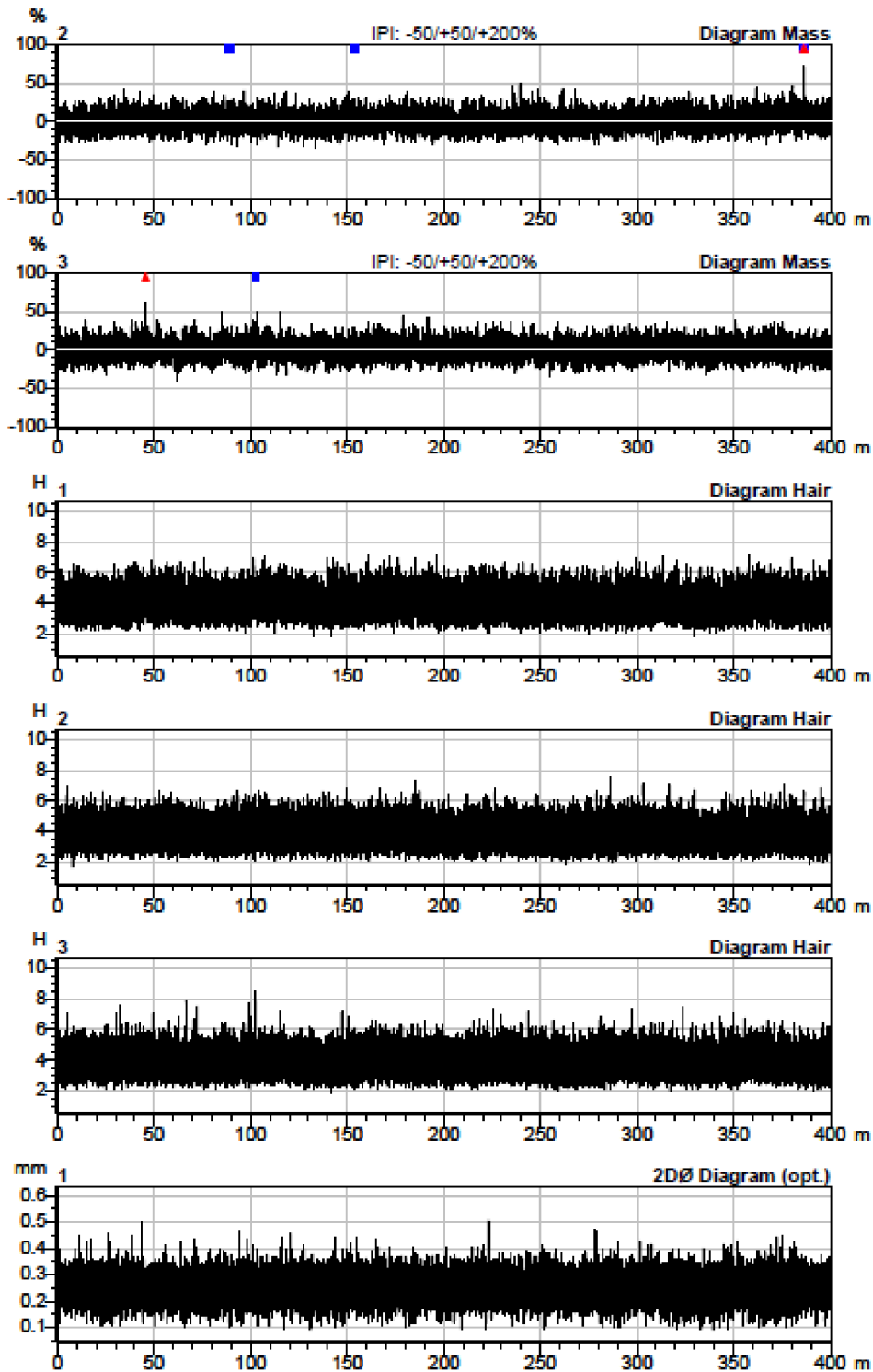
Nr	U%	U inert	U hi	CVm	CVm 1m	CVm 3m	CVm 10m	CVm 50m	CVm 100m	CVm inert	CVm hi	Thin -30%	Thin -40%	Thin -50%
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	/km	/km	/km
1	7.64	0.82	1.29	9.61	3.15	2.22	1.37			1.03	1.62	185.0	5.0	0.0
2	7.61	1.05	1.44	9.59	3.21	2.33	1.68			1.31	1.80	175.0	2.5	0.0
3	7.65	0.75	1.44	9.65	3.31	2.45	1.44			0.94	1.80	195.0	2.5	0.0
Mean	7.64	0.87	1.39	9.62	3.22	2.33	1.50			1.09	1.74	185.0	3.3	0.0
CV														
Q95														
Max	7.65	1.05	1.44	9.65	3.31	2.45	1.68			1.31	1.80	195.0	5.0	0.0
Min	7.61	0.75	1.29	9.59	3.15	2.22	1.37			0.94	1.62	175.0	2.5	0.0

Nr	Thin -60%	Thick +35%	Thick +50%	Thick +70%	Thick +100%	Neps +140%	Neps +200%	Neps +280%	Neps +400%	H	sh	2DØ	CV2D 8mm	s2D 8mm
	/km	/km	/km	/km	/km	/km	/km	/km	/km			mm	%	mm
1	0.0	12.5	2.5	0.0	0.0	30.0	0.0	0.0	0.0	3.98	0.84	0.243	7.31	0.024
2	0.0	15.0	2.5	0.0	0.0	27.5	7.5	0.0	0.0	3.89	0.83	0.241	7.73	0.024
3	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0	42.5	2.5	2.5	0.0	3.89	0.84	0.241	7.91	0.025
Mean	0.0	10.0	2.5	0.0	0.0	33.3	3.3	0.8	0.0	3.92	0.84	0.242	7.65	0.024
CV														
Q95														
Max	0.0	15.0	2.5	0.0	0.0	42.5	7.5	2.5	0.0	3.98	0.84	0.243	7.91	0.025
Min	0.0	2.5	2.5	0.0	0.0	27.5	0.0	0.0	0.0	3.89	0.83	0.241	7.31	0.024

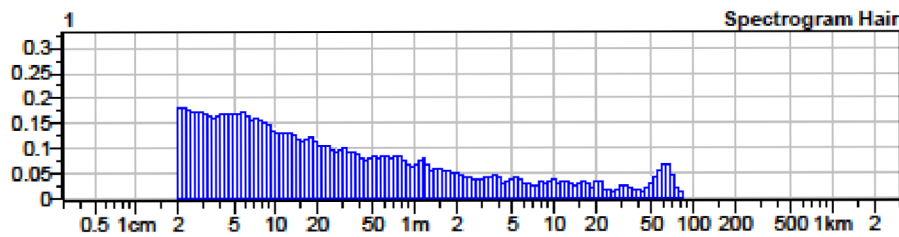
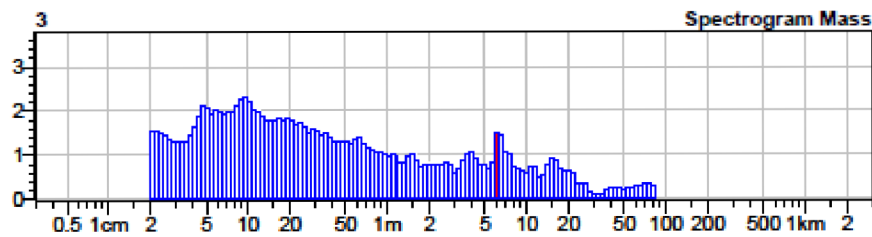
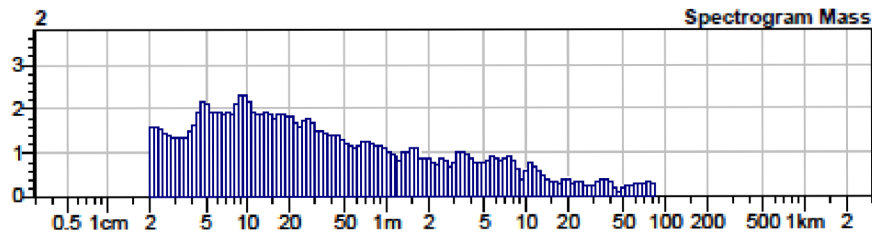
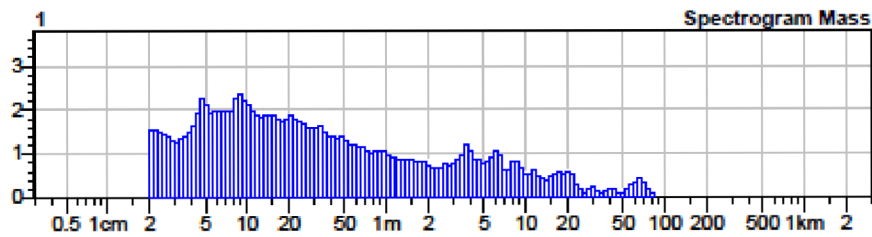
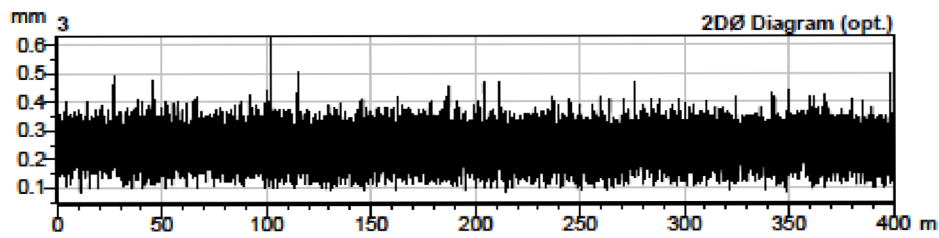
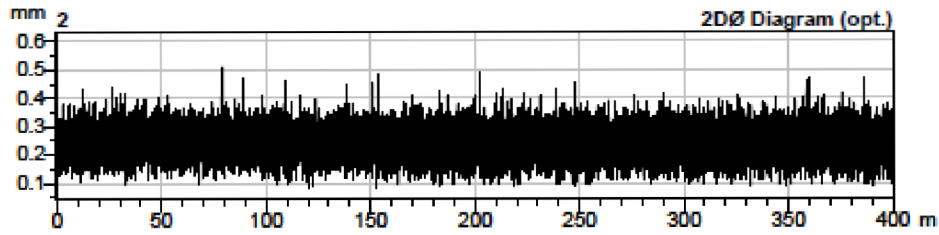
Nr	Shape	CV2D 0.3mm	CV1D 0.3mm	D (nom)
		%	%	g/cm3
1	0.79	11.18	16.22	0.64
2	0.78	11.55	17.59	0.68
3	0.77	11.76	18.13	0.66
Mean	0.78	11.50	17.31	0.65
CV				
Q95				
Max	0.79	11.76	18.13	0.68
Min	0.77	11.18	16.22	0.64



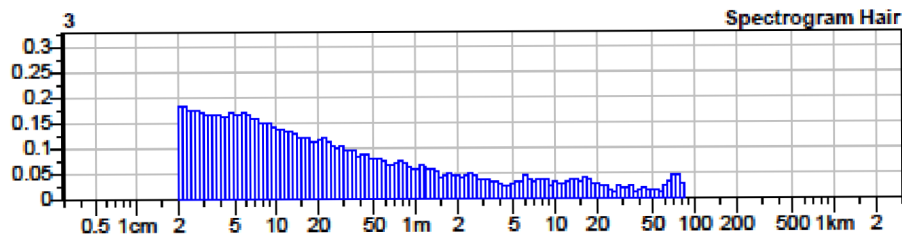
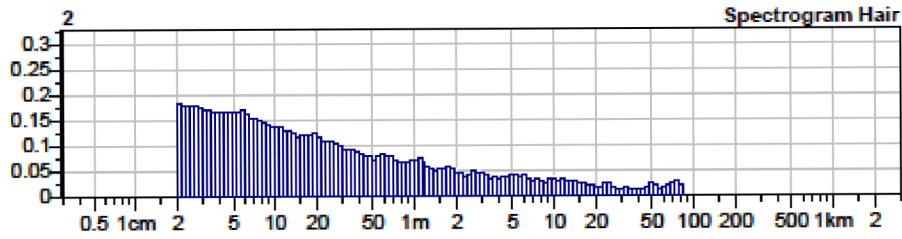
Style	100%	Sample ID	42835	Nom. count	30 tex	Nom. twist	0 T/m
Tests	3 / 1	v= 400 m/min	t= 1 min	Meas. slot	3	Short staple	



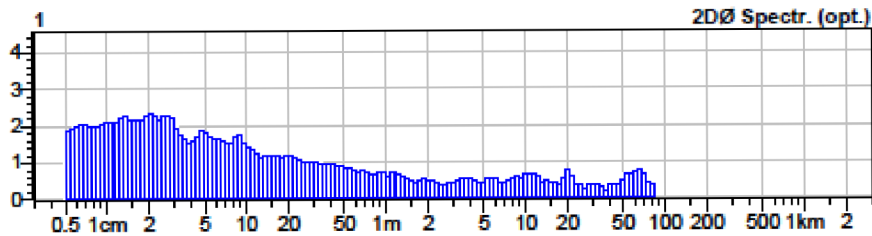
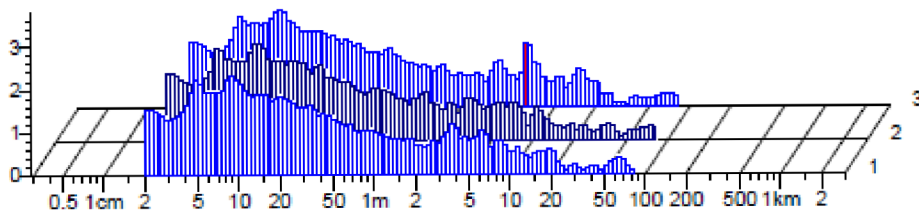
Style	100%	Sample ID	42835	Nom. count	30 tex	Nom. twist	0 T/m
Tests	3 / 1	v= 400 m/min	t= 1 min	Meas. slot	3	Short staple	



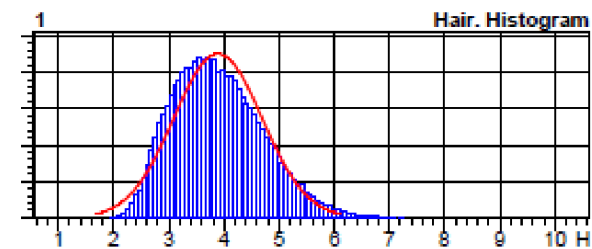
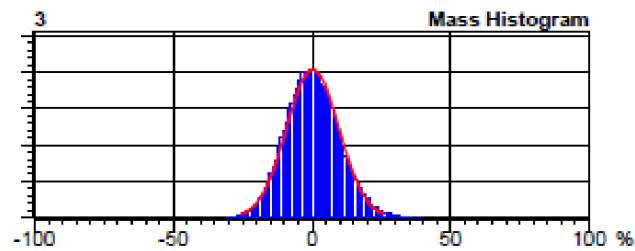
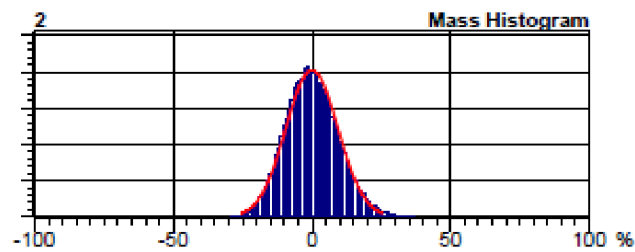
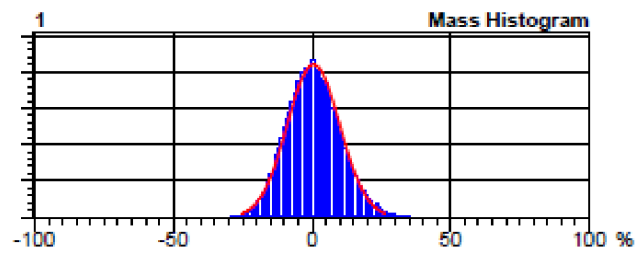
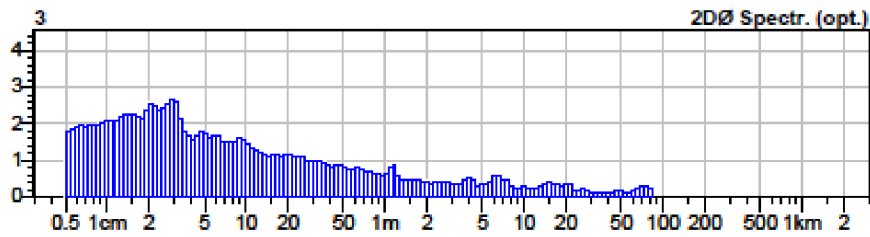
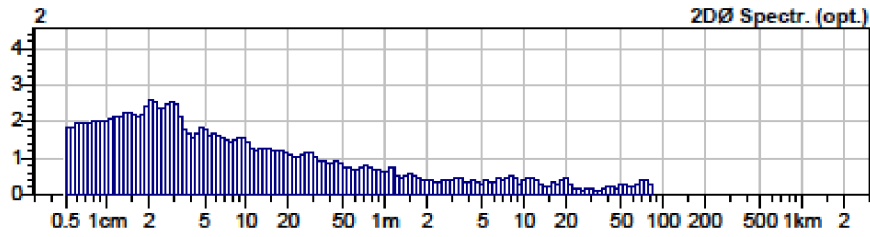
Style	100%	Sample ID	42835	Nom. count	30 tex	Nom. twist	0 T/m
Tests	3 / 1	v= 400 m/min	t= 1 min	Meas. slot	3	Short staple	



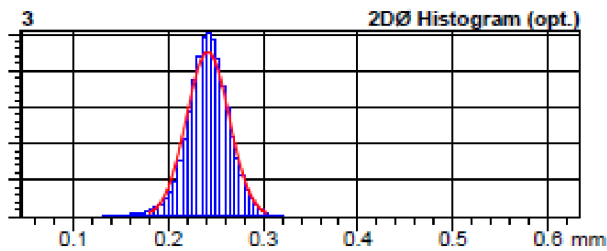
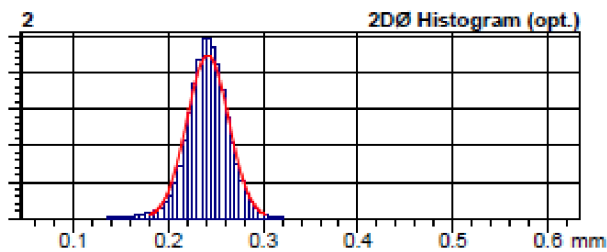
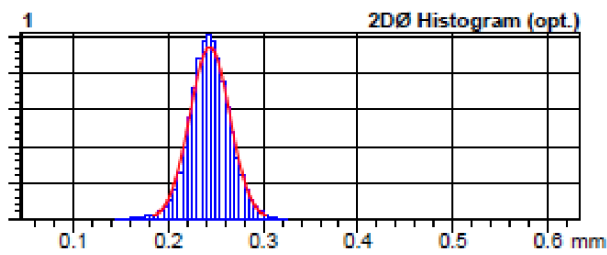
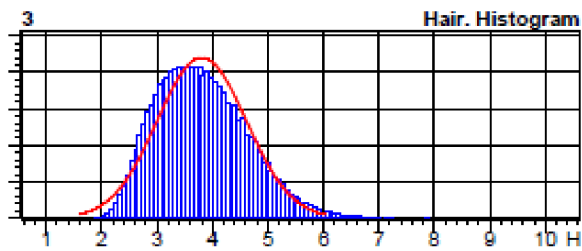
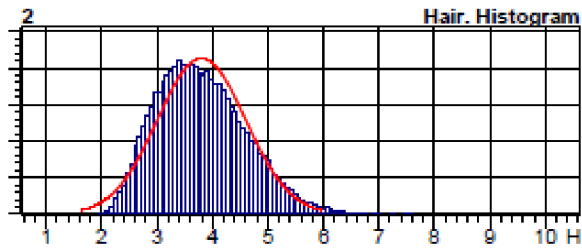
Spectrogram Mass



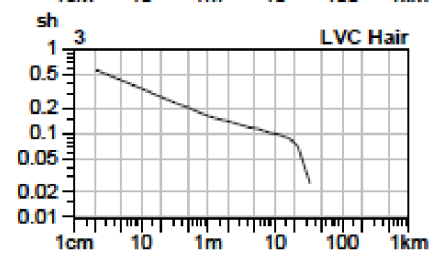
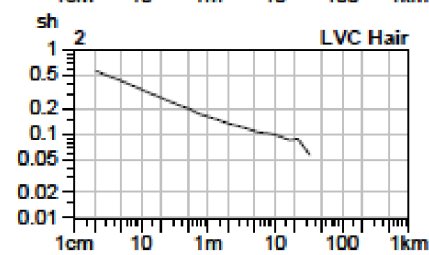
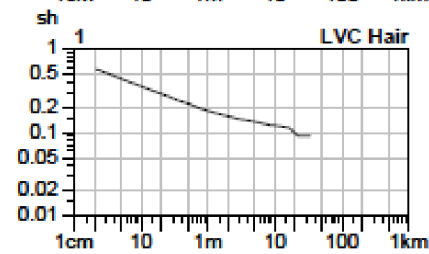
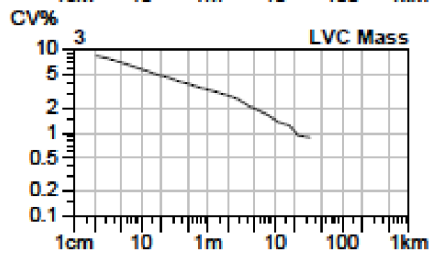
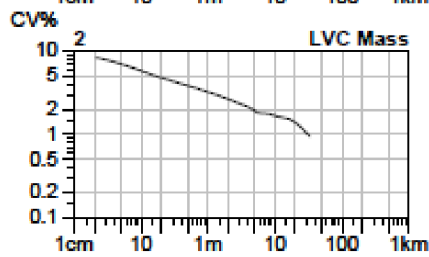
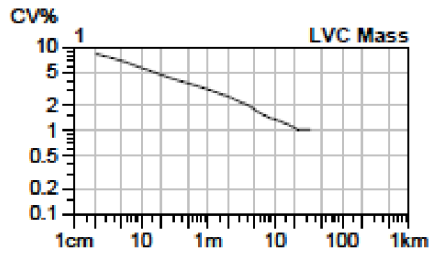
Style	100%	Sample ID	42835	Nom. count	30 tex	Nom. twist	0 T/m
Tests	3 / 1	v= 400 m/min	t= 1 min	Meas. slot	3	Short staple	



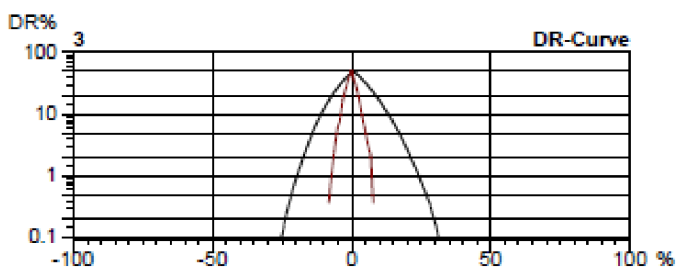
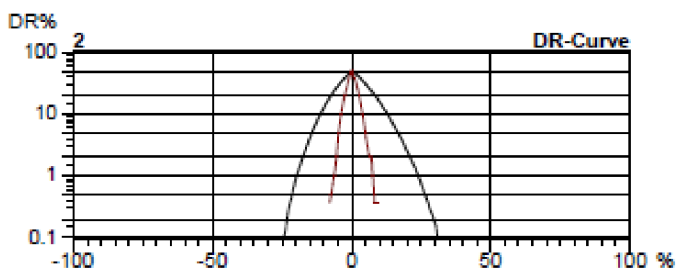
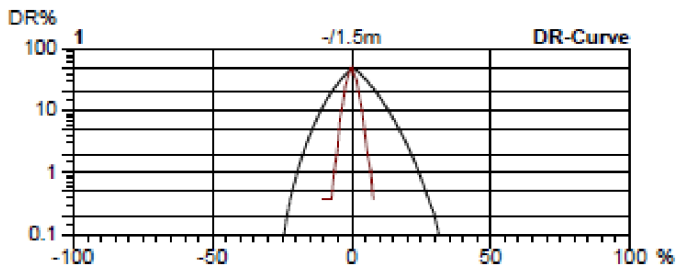
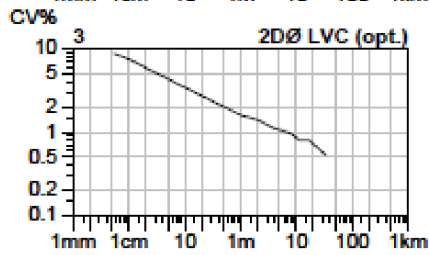
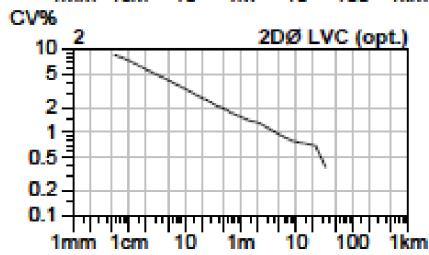
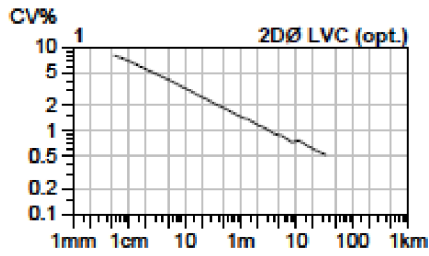
Style	100%	Sample ID	42835	Nom. count	30 tex	Nom. twist	0 T/m
Tests	3 / 1	v= 400 m/min	t= 1 min	Meas. slot	3	Short staple	



Style	100%	Sample ID	42835	Nom. count	30 tex	Nom. twist	0 T/m
Tests	3 / 1	v= 400 m/min	t= 1 min	Meas. slot	3	Short staple	



Style	100%	Sample ID	42835	Nom. count	30 tex	Nom. twist	0 T/m
Tests	3 / 1	v = 400 m/min	t = 1 min	Meas. slot	3	Short staple	



Příloha C

Vzorový protokol z měření na přístroji Zweigle G567 – Z+1_30

CLUTEX - Klastre technické textilie

U Jezu 525/4

460 02 Liberec
Tschechische Republik



G 567

INDIVIDUAL RESULTS
7/20/2021 PAGE 1 (1)

DESIGN. : 30-Z+1

DATE	7/19/2021	BOBBINS	3
TIME	1:08:58 PM	TESTS	3
MATERIAL	TENCEL	LENGTH	100 m
FINENESS	30 tex	SPEED	50 m/min
PRETENSION	5 cN		

105

BOBBIN	TEST	1mm	2mm	3mm	4mm	6mm	8mm	10mm	12mm	15mm	S3
1	1	858	39	0	1	0	0	0	0	0	1
1	2	798	22	3	1	0	0	0	0	0	4
1	3	903	15	2	1	0	0	0	0	0	3
2	1	916	49	2	0	0	1	0	0	0	3
2	2	701	30	2	0	0	0	0	0	0	2
2	3	786	20	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	936	18	2	0	0	0	0	0	0	2
3	2	838	20	3	1	0	0	0	0	0	4
3	3	889	26	0	0	0	0	0	0	0	0
OVERALL											
MEAN		847.22	26.56	1.56	0.44	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	2.11
MEAN/100m		847.22	26.56	1.56	0.44	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	2.11
S		75.18	11.09	1.24	0.53	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	1.54
CV%		8.87	41.77	79.46	118.59	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	72.79
MAX		936.00	49.00	3.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	4.00
MIN		701.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F		1.01	0.82	0.06	7.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.27