

Bakalářská práce

Vliv velikosti podtlaku na kompaktním dopřádacím stroji na vlastnosti vypředených přízí

Studijní program:

B0723A270001 Textilní technologie, materiály
a nanomateriály

Autor práce:

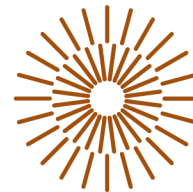
Jan Bydžovský

Vedoucí práce:

Ing. Petra Jirásková, Ph.D.

Katedra technologií a struktur

Liberec 2024



Zadání bakalářské práce

Vliv velikosti podtlaku na kompaktním dopřádacím stroji na vlastnosti vypředených přízí

Jméno a příjmení:

Jan Bydžovský

Osobní číslo:

T20000222

Studijní program:

B0723A270001 Textilní technologie, materiály
a nanomateriály

Zadávací katedra:

Katedra technologií a struktur

Akademický rok:

2022/2023

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši stávajících poznatků o kompaktním předení a jeho vlivu na vlastnosti přízí, zaměřte se na vliv podtlaku.
2. Seznamte se s technologií výroby vlnařských přízí česaných v podniku Schoeller Křešice, zaměřte se na operaci dopřádání. Podle stávajících podmínek podniku naplánujte experimentální výhled přízí a vyberte vlastnosti, které budete sledovat.
3. Proveďte experimentální měření vybraných vlastností na souboru vlnařských kompaktních přízí vypředených s různou úrovní podtlaku na kompaktním dopřádacím stroji.
4. Naměřená data vyhodnoťte a statisticky zpracujte. Diskutujte zjištěné výsledky a sledujte vliv velikosti podtlaku na změnu sledovaných vlastností vyrobených přízí.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování práce: tištěná/elektronická

Jazyk práce: čeština

Seznam odborné literatury:

[1]Ursíny, P., Jirásková, P, Moučková, E.: Analýza vlastností kompaktních přízí, rešeršní studie, TUL 2007.

[2]Çelik , P., Kadoglu, H.: A Research on the Compact Spinning for Long Staple Yarns, Fibres & Textiles in Eastern Europe, October / December 2004, Vol. 12, No. 4 (48)

[3]Spinnovation, No.19, 10/2003

[4]Juhás, M.: Vliv seřízení kompaktního prstencového dopřádacího stroje na vlastnosti vypředené příže, Diplomová práce TUL, 2015 (vedoucí: ing. E. Moučková, Ph.D.)

Vedoucí práce:

Ing. Petra Jirásková, Ph.D.

Katedra technologií a struktur

Datum zadání práce:

5. října 2022

Předpokládaný termín odevzdání: 20. května 2024

L.S.

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

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

V Liberci dne 15. dubna 2024

Prohlášení

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

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

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

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

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

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

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

Poděkování:

Velice rád bych poděkoval vedoucí své bakalářské práce Ing. Petře Jiráskové, Ph.D. za odborné vedení, rady a připomínky k mé bakalářské práci.

Poděkování patří také firmě Schoeller Křešice s.r.o. za poskytnutí materiálů pro vypracování experimentální části bakalářské práce.

Dále bych rád poděkoval všem, kteří se malou radou, či pomocí podíleli na tvorbě této bakalářské práce.

Anotace

Cílem této bakalářské práce je porovnání vybraných vlastností kompaktních vlnářských přízí v závislosti na velikosti podtlaku. Pro experiment byly vybrány dvě sady vzorků z materiálů Nomex (aramidové vlákno) a Loro Piana (100% vlna). Sledovanými vlastnostmi byla pevnost, tažnost, chlupatost, stejnoměrnost a počet vad.

Vlastnosti přízí byly měřeny v laboratoři TUL na strojích Uster Tester 4 SX, Zweigle G567, Instron 4411. Naměřené vlastnosti byly statisticky zpracovány a vyhodnoceny.

Obsahem rešeršní části bude shrnutí dosavadních poznatků o kompaktním předení, vlastnostech příze a metodách měření. Dále je uveden obecný technologický postup vlnářské příze česané včetně stručného popisu jednotlivých operací.

Klíčová slova: kompaktní předení, podtlak, pevnost, chlupatost, tažnost, jemnost

Anotation

The aim of this bachelor's thesis is to compare selected properties of compact spun yarns depending on the level of vacuum pressure. Two sets of samples made from Nomex (aramid fiber) and Loro Piana (100% wool) materials were chosen for the experiment. The properties under investigation included tenacity, breaking elongation, hairiness, evenness and number of defects.

The yarn properties were measured in the TUL laboratory using Uster Tester 4 SX, Zweigle G567, and Instron 4411 machines. The measured properties were statistically processed and evaluated.

The literature review will summarize existing knowledge on compact spinning, yarn properties, and measurement methods. Additionally, a general technological process of combed spinning will be outlined, including a brief description of individual operations.

Keywords: compact spinning, vacuum pressure, tenacity, hairiness, breaking elongation, fineness

Seznam použitých symbolů a zkratek

Symbol	Popis	Jednotka
l	délka	[km]
m	hmotnost	[g]
T	jemnost	[tex]
Nm	číslo metrické	[-]
n	počet	[-]
L_0	délka vzorku příze při upnutí	[m]
L_p	délka vzorku příze při přetržení	[m]
U	lineární hmotová nestejnomyěrnost	[%]
CVm	kvadratická hmotová nestejnomyěrnost	[%]
H	index chlupatosti příze	[-]
$2D\emptyset$	průměr příze (aparatura Uster)	[mm]
$S12$	součtové kritérium chlupatosti příze	[1/100m]
$S3$	součtové kritérium chlupatosti příze	[1/100m]
F	absolutní pevnost v tahu	[N]
R	poměrná pevnost v tahu	[N/tex]
ε_p	tažnost	[%]
B	šíře přiváděného přástu	[mm]
b	šířka předního trojúhelníku	[mm]
s	směrodatná odchylka	[-]
s^2	rozptyl vypočítaný ze souboru dat	[-]
\bar{x}	aritmetický průměr	[-]
t	kvantil studentova rozdělení	[-]
μ	střední hodnota	[-]

ANOVA analysis of variance (analýza rozptylu)

WO wool (vlna)

Obsah

1.	ÚVOD	9
2.	VÝROBA ČESANÉ PŘÍZE VLNAŘSKÉ	10
2.1.	Třídění	10
2.2.	Čištění.....	10
2.3.	Odstranění řepíků	10
2.4.	Sušení	10
2.5.	Mísení.....	10
2.6.	Maštění	10
2.7.	Směsování	10
2.8.	Mykání.....	10
2.9.	Příprava pro česání	11
2.10.	Česání	11
2.11.	Družení a protahování.....	11
2.12.	Předřádání.....	11
3.	ÚVOD DO DOPŘÁDÁNÍ.....	11
3.1.	Prstencové dopřádání.....	12
4.	KOMPAKTNÍ PŘEDENÍ	12
4.1.	Přádní trojúhelník	13
5.	POUŽITÉ VLÁKENNÉ MATERIÁLY	14
5.1.	Vlna	14
5.2.	Nomex	14
6.	SLEDOVANÉ VLASTNOSTI A METODY MĚŘENÍ	14
6.1.	Jemnost.....	14
6.2.	Pevnost	14
6.3.	Tažnost	15
6.4.	Měření pevnosti a tažnosti.....	15
6.4.1.	Měření na přístroji Instron 4411	15

6.5.	Chlupatost.....	15
6.6.	Měření chlupatosti.....	16
6.6.1	Měření na přístroji Uster Tester 4 SX.....	16
6.6.2	Měření na přístroji Zweigle G567	16
6.7.	Nestejnoměrnost.....	16
6.7.1.	Měření nestejnoměrnosti	17
6.8.	Jemnost.....	17
6.9.	Zákrut	18
7.	METODY VYHODNOCENÍ DAT	18
7.1.	Aritmetický průměr	18
7.2.	Rozptyl	18
7.3.	Směrodatná odchylka	19
7.4.	Variační koeficient	19
7.5.	Interval spolehlivosti	19
7.6.	Testování normality a homogenity dat	20
7.6.2.	Leveneho test	21
7.7.	Faktorová analýza ANOVA	22
7.7.1.	Typy ANOVA:	23
7.7.2.	Tukeyho test.....	24
	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	26
7.7.3.	Základní parametry vyrobených přízí	27
7.8.	Měření pevnosti a tažnosti na přístroji Instron 4411	28
7.8.1.	Výsledky měření poměrné pevnosti R.....	28
7.8.2.	Výsledky měření tažnosti ep.....	32
7.9.	Měření nestejnoměrnosti, chlupatosti a počtu vad na přístroji Uster Tester 4 SX.....	35
7.9.1.	Výsledky měření kvadratické nestejnoměrnosti CVm.....	36
7.9.2.	Výsledky měření slabých míst -50%.....	40
7.9.3.	Výsledky měření silných míst +50%.....	43
7.9.4.	Výsledky měření nopkovitosti +200%.....	46
7.9.5.	Výsledky měření chlupatosti H.....	50
7.9.6.	Výsledky měření průměru příže 2DØ	54
7.10.	Měření chlupatosti na přístroji Zweigle G567	57
7.10.1.	Výsledky měření chlupatosti S3	58
7.10.2.	Výsledky měření chlupatosti S12.....	62
	ZÁVĚR	67
	ZDROJE:	70

1. Úvod

Předení je z historického hlediska velice starou technikou zpracování materiálu. Největší rozmach této technologie přišel až v průběhu průmyslové revoluce, kdy se začaly objevovat první průmyslové stroje na zpracování a výrobu textilu. První prstencové dopřádací stroje se objevily ve 30. letech 19. století. Od 70. let se pak objevují další jiné nekonvenční techniky předení. Důvodem vývoje nových metod výroby přízí bylo zlepšení výsledné kvality příze, snížení množství odpadu při výrobě, zvýšení produktivity, snížení nákladů a snížení dopadů na životní prostředí. Stejně tak vývoj nových strojů a technik ovlivnil i vývoj a použití nových materiálů, jak na výrobu samotných strojů, tak i samotných zpracovávaných materiálů, jako jsou syntetická vlákna, různé kompozity, uhlíková vlákna a další materiály.

Kompaktní dopřádací systémy umožňují vyrábět příze vysoké kvality a lepších mechanických vlastností nežli klasické konvenční prstencové, nebo rotorové dopřádací stroje. Pro masovou výrobu mají však nevýhodu ve vysokých pořizovacích nákladech výrobních zařízení a vyšším nákladům na údržbu, oproti konvenčním dopřádacím systémům. [6] [7] [11]

Dosavadní studie řešily rozdíly a porovnání různých kompaktních dopřádacích systémů a konvenčního dopřádacího. Tato práce je zaměřena pouze na podtlakový systém kompaktního dopřádacího a porovnání vlastností v rámci tohoto konkrétního systému EliTe od firmy Suessen, kdy budou porovnávány vlastnosti přízí vyrobených stejnou technologií a za použití stejných vstupních parametrů jemnosti a zákrutu.

Bakalářská práce je zaměřena na kompaktní prstencové dopřádací, konkrétně na kompaktní dopřádací s pneumatickou zhušťovací zónou. Hlavním cílem bude zjistit, jaký vliv má velikost podtlaku vzduchu ve zhušťovací zóně dopřádacího stroje a dále zjistit, jak souvisí a ovlivňuje některé vybrané vlastnosti příze. Předpokládáme, že příze vyrobené za použití vyšší úrovně podtlaku budou mít lepší mechanické vlastnosti, nižší chlupatost a lepší nestejnomyšlnost, jak je patrné z dosavadních studií a informacemi od výrobců kompaktních systémů. [5] [6] [7] [10] [11]

Práce je rozdělena na tři části, a to rešeršní, experimentální a závěr. Rešeršní část obsahuje základní pojmy a definice pro příze a vybrané vlastnosti příze, které jsou pro tuto bakalářskou práci podstatné. Dále je zde uveden obecný postup výroby vlnařské česané příze.

V experimentální části jsou uvedeny vlastní měření vybraných vlastností přízí a matematicko-statistické zpracování výsledků. Výsledky budou zpracovány i graficky. Pro práci byly vybrány dva materiály, které firma Schoeller Křešice s.r.o. standardně používá ve své výrobě touto technologií spřádá, a to materiály Nomex (meta-aramidové vlákno) a Loro Piana (100% vlněné vlákno, dále označované jako 100% WO) Vzhledem k tomu, že vlákna mají odlišný charakter, je nelze navzájem porovnávat. Cílem tedy bylo sledovat vliv podtlaku na různé typy vláken.

2. Výroba česané příze vlnářské

2.1. Třídění

Účelem třídění je rozdělit části ovčího rouna do několika kvalit, protože ovčí rouno obsahuje různé kvality vlny. Dle technologického předpisu je 3-5 kvalit vlny. Třídění se provádí obvykle ručně.

Rozvolňování před praním

Účelem rozvolňování je rozvolnit a rozdělit chomáče vlny na menší. Dále zde dochází k uvolnění některých nečistot. Tato operace se provádí na bubnovém rozvolňovacím stroji. [3]

2.2. Čištění

Je to hlavní operace pro odstranění nečistot z vlny. Provádí se zpravidla na pracích linkách složených z několika strojů. Obvykle je v práci lince prací stroj a sušicí stroj. Prací stroj se nazývá leviatan. Jde o stroj s několika vanami (obvykle 4-5 van) ve kterých postupně dochází k praní. Pro praní je důležité složení prací lázně. Při praní se úplně odstraní pot, výkaly, močovina a anorganické nečistoty. Částečně se odstraní ovčí tuk. Při praní se neodstraní řepíky. [1] [3]

2.3. Odstranění řepíků

Tato operace slouží k odstranění řepíků a to mechanicky, nebo chemicky. Mechanicky se provádí na odřepíkovacím ústrojí na mykacím stroji. Řepíky, které nejsou odstraněny při mykání jsou odstraněny v operaci česání. [3]

2.4. Sušení

Účelem sušení je odvodnit vlnu a snížit obsah vlhkosti ve vláknech na 16-20 %. Odvodnění se provádí odmačkem na ždímacích válcích. Sušení se dále provádí za pomoci vzduchu. [1] [3]

2.5. Mísení

Účelem mísení je promísit vlákna vlny s různými vlastnostmi tak, aby výsledná příze měla v délce „neměnné“ vlastnosti. Při směsování různých materiálů je také nutné, aby byly vlákenné materiály správně a rovnoměrně promísené. [1] [3]

2.6. Maštění

Účelem je promastit vlákna vlny tak, aby nebyla křehká a lámavá. Maštění se provádí v průběhu celé technologie výroby. Promaštění se provádí postřikem emulzí vody a oleje. [1] [3]

2.7. Směsování

Směsování se provádí v česancích. Účelem je zajistit rovnoměrné rozložení vláken různých materiálů. Dále se pak provádí pro promísení barevných odstínů tak, aby vznikl požadovaný odstín barvy. [1] [3]

2.8. Mykání

Účelem této operace je ojednotit a rozvláknit chomáče vlákenné suroviny. Dále pak odstranit zbylé nečistoty a krátká nespřadatelná vlákna. Pro vlnu se používá válcový mykací stroj. Výsledkem mykání je stejnoměrná pavučina, která se shrnuje do pramene. [1] [3]

2.9. Příprava pro česání

Při přípravě pro česání se používají posukovací stroje. Úkolem přípravy pro česání je zjemnit pramen, ztenčit pramen a více orientovat vlákna.. Operace je rozdělena na několik pasáží. Výstupem je pramen uložený v konvi a následuje česání.

2.10. Česání

Česání je technologická operace, kdy je úkolem vlákna narovnat do rovnoběžné polohy. Z předlohy dojde k odstranění krátkých vláken, která jsou se zbytky nečistot vyčesány z pramene. Výstupem z česacího stroje je česanec. [1] [3]

2.11. Družení a protahování

Účelem této operace je zlepšit stejnoměrnost a promísení výsledných pramenů. Zároveň je jejím účelem ztenčit a urovnat předlohu do podélného směru. Družení a protahování se realizuje pomocí hřebenového průtahového ústrojí a vyrovnávačů nestejnoměrnosti. [2] [3]

2.12. Předpřádání

Účelem operace předpřádání je zjemnit předlohu průtahem a nepravým zákrutem zpevnit. Je také nutno navinout přást na přástovou cívku, která se předkládá dopřádacímu stroji. Pro vlnu se používá technologie tzv. předpřádacího sortimentu. Jde obvykle o 4 pasáže, kdy první tři stroje jsou posukovací stroje, kdy dochází k družení a protahování. Strojem na poslední pasáži je tzv. finisér, který tvoří přást s nepravým zákrutem. [2] [3]

3. Úvod do dopřádání

Dopřádání je závěrečnou operací technologického postupu výroby příze. Strojů na dopřádání je vícero druhů. Nejčastějším typem dopřádacího stroje je prstencový dopřádací stroj. Ten umožňuje dopřádat velkou škálu materiálů. Úkolem dopřádacího stroje je ztenčení přástu nebo pramene, zpevnění protaženého vlákenného útvaru a tvorba návínu.

Kompaktní dopřádání má velký potenciál, protože příze vyrobené touto technologií se vyznačují nižší chlupatostí a lepšími mechanicko-fyzikálními vlastnostmi. Všechny tyto vlastnosti jsou důležité pro následné zpracování a použití příze v technologii tkaní a pletení. Dosavadní studie ukazují, že příze vyrobené kompaktním dopřádáním vykazují lepší mechanické vlastnosti (pevnost příze, tažnost, nižší chlupatost, menší nestejnoměrnost) než příze vyrobené konvenčním prstencovým předením. Výsledky výzkumů a studií dále ukazují, že zlepšení kvality příze je závislé na vzájemné interakci mezi strojem a materiálem. Důležité je proto pochopit jaké kombinace jsou vhodné pro co nejlepší dosažené výsledky z hlediska kvality a zpracování přízí kompaktním předením. [6] [7] [9] [10] [11] [13]

3.1. Prstencové dopřádání

Úkolem dopřádacího stroje je:

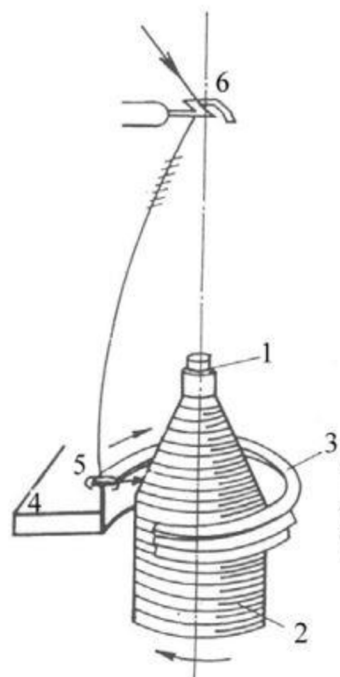
- Zjemnění předkládaného prástu průtahem
- Zpevnění protaženého vlákenného produktu zakrucováním
- Tvorba návínu

Hlavní ústrojí prstencového dopřádacího stroje:

- ústrojí pro uložení předlohy
- průtahové ústrojí
- ústrojí zakrucovací a navinovací

Princip tvorby příze na prstencovém dopřádacím stroji:

Prást je veden vodícími elementy do válečkového dvou řemínekového průtahového ústrojí. V něm je pramen ztenčován a protahován. Za průtahovým ústrojím dochází k zakrucování a tvorbě příze. Zakrucování u prstencového dopřádacího stroje se provádí pomocí obíhajícího běžce na prstenci. Pohyb je zajišťován od naháněného vřetene prostřednictvím odváděné příze. [2]



Obr. 1 Schéma tvorby příze na prstencovém dopřádacím stroji

4. Kompaktní předení

Kompaktní dopřádání je modifikací klasického prstencového dopřádacího stroje. Modifikací je přidání zhušťovací zóny mezi průtahové ústrojí a zónu tvorby příze. Při klasickém prstencovém předení dochází v průtahovém ústrojí ke zmáčknutí prástu. Zmáčkнутý prást tvoří šířku předního trojúhelníku. Vlákna, která leží ve středu šířky předního trojúhelníku jsou zakrucována více než vlákna na okraji. Tím dochází k nedostatečnému zakrucování krajních vláken. To může vést ke vzniku chlupatosti. U kompaktního předení je vlákenný materiál nejprve zhušťován a teprve poté zakrucován. Dochází tak k zhuštění a zúžení vlákenné stužky a ke zmenšení předního trojúhelníku. Lze tak docílit menší chlupatosti, zvýšení pevnosti a tažnosti. [4]



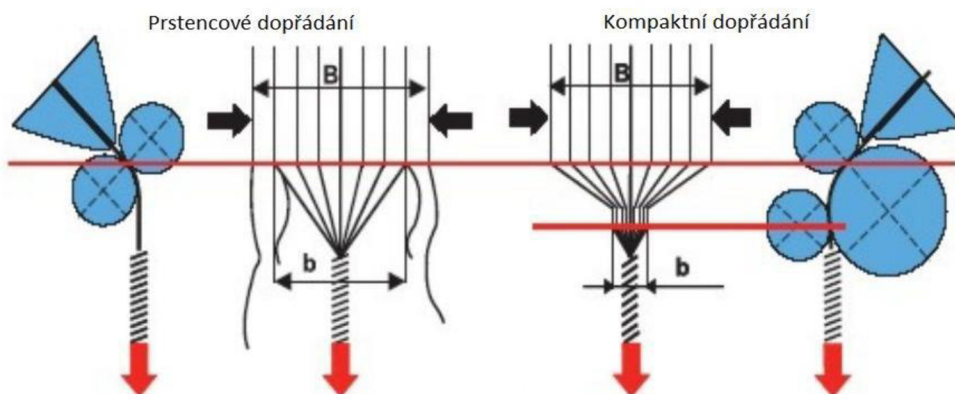
Obr. 2: Zhušťovací systém SUessen EliTe

Výsledná příze je pevnější, dochází ke snížení nepokovitosti a chlupatosti. Pro tyto vlastnosti je velmi důležitá paralelizace vláken neboli uspořádání vláken v podélném směru. K tomu je potřeba, aby vlákna byla při dopřádání zatěžována stejnoměrně. Přední trojúhelník lze zmenšit, nebo částečně eliminovat tak aby sevlákněná stužka a následně příze stala zhuštěnou neboli kompaktní. V ideálním případě bude vlákenný útvar vycházející z kompaktní zóny přibližně kruhového průřezu a s lépe orientovanou strukturou vláken. [5] [16]

Pro tuto práci byl použitý kompaktní dopřádací systém EliTe od firmy Suesen. Dle výrobce má příze vyrobená na tomto systému až o 20% vyšší pevnost v tahu, o 85% nižší chlupatost (Zweigle S3) a o 30% nižší chlupatost (Uster H). Dále má pak příze až o 20% lepší nařimení vláken. [5]

4.1. Přádní trojúhelník

Přádní trojúhelník je zóna tvorby příze za průtahovým ústrojím. V této zóně se vlákenný produkt zužuje na určitou šíři. Jeho velikost je závislá na způsobu provedení a nastavení průtahového ústrojí. V tomto místě dochází nejčastěji k přetrhům vláknenného útvaru.



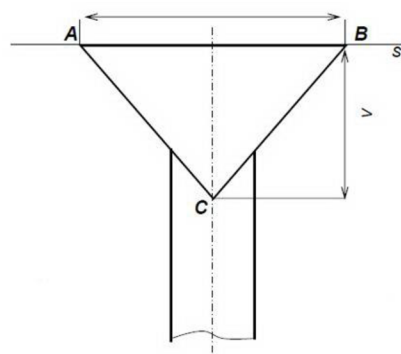
Obr 3 Přádní trojúhelník (vlevo klasické prstencové dopřádání, vpravo kompaktní dopřádání)

Je to trojúhelníkový rovnoramenný útvar, jehož osa symetrie je stejná jako osa příze.

Ve svěrné linii má vlákenný útvar různou hustotu. Šířka přádního trojúhelníku b je tvořena vlákennou stužkou stlačeným mezi posledními válečky průtahového ústrojí a je dána jemností předkládaného pramene, přítlakem válců průtahového ústrojí a na povlaku válců. Ze svěrné linie se vlákna sbíhají do bodu tvorby příze. Do příze se napojují pod různou tahovou silou. Čím blíže jsou vlákna k ose příze, tím menší tahovou silou jsou vlákna namáhána. Vlivem krutného momentu dochází k překrucování některých svazků vláken, a to má za následek kolísání napětí ve hmotě příze.

Výška přádního trojúhelníku v je dána zákrutem příze, úhlem opásání spodního válečku pramenem na posledním úseku průtahového ústrojí, odváděcí rychlostí odváděcích válečků a vkládaným zákrutem. Větší úhel opásání znamená větší výšku trojúhelníku. Příliš malá výška přádního trojúhelníku zapříčiňuje přílišnou nerovnoměrnost v tahovém napětí vláken a tím vzniká nebezpečí přetrhů. Větší výška je příznivá pro stejnoměrnější zatížení vláken.

Předpokladem je, že zvýšení podtlaku zmenší parametr b přádního trojúhelníku, jak je znázorněno na obr.3. Tím by mělo dojít k většímu zhuštění vláken, ke snížení chlupatosti a ke zvýšení poměrné pevnosti v tahu.



Obr.4 Schéma přádního trojúhelníku

5. Použité vláknenné materiály

5.1. Vlna

Je nevýznamnějším z živočišných vláken. Jedná se o přírodní vlákno ze srsti (ovčí rouno). Surová vlna obsahuje jen asi polovinu spřadatelných vláken. Zbytek je ovčí tuk a pot (10-45 %) a nečistoty (5-20 %). Vlákná mohou obsahovat až 25 % vlhkosti. Většina vlny zpracovávané v ČR se dováží už vyčištěná ve formě balíků, nebo česanců. Jemnosti vlněných vláken se mohou pohybovat v rozmezí 14 μm – 31 μm . Pevnost vlněných vláken za sucha se pohybuje v rozmezí 0,9 – 1,8 cN/dtex. Délka vlněných vláken (merino) se pohybuje v rozmezí 50–150 mm. [15]

5.2. Nomex

Nomex je obchodní název pro meta-aramidové vlákno vyráběné firmou DuPont. Vyznačuje se speciálními termo-izolačními vlastnostmi a ohnivzdorností. Je používané především na ochranné oděvy pro hasiče, armádu, ale i závodní kombinézy. Jde o aromatický Nylon, metavariantu para-aramidu Kevlaru. Tkaniny z tohoto materiálu jsou lehké a příjemné k běžnému použití, a to za zachování vysokých parametrů odolnosti a životnosti. Vlákno je přirozeně nehořlavé a odolnost proti ohni je zachována i při častém praní. Vlákná se vyznačují vysokou tepelnou odolností a ohnivzdorností. Při přímém kontaktu s plamenem neodkapávají, ale karbonizují. Nomexová vlákna mají pevnost za sucha 7,2–7,8 cN/dtex. [15]

6. Sledované vlastnosti a metody měření

6.1. Jemnost

Jemnost, jinak také „délková hmotnost“, je vyjádřena nepřímo a vyjadřuje vztah mezi hmotností m a délkou l příze. Pro vyjádření se používá několik soustav. V České republice se setkáme především se soustavou tex. Ta je vyjádřena vztahem:

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

kde: T jemnost [tex]

m hmotnost [g]

l délka [km]

Dále se jemnost dá vyjádřit pomocí tzv. číslování. Číslo metrické je definováno, jako délka jednoduché nitě l o hmotnosti m 1 gramu. Je vyjádřeno vztahem:

$$Nm = \frac{l}{m} \quad (2)$$

kde: Nm číslo metrické [-]

l délka [m]

m hmotnost [g]

6.2. Pevnost

Pevnost vyjadřuje odpor materiálu při tahovém namáhání. Pevnost v tahu vyjadřuje odolnost materiálu proti tahové síle. Je udávána silou potřebnou k přetržení zkušebního

vzorku. Jednotkou pevnosti F je [N]. Absolutní pevnost příze závisí na jemnosti zkoušeného materiálu, proto se v textilním průmyslu používá tzv. poměrná pevnost R [N/tex], která umožňuje porovnat různé příze a materiály různých jemností. Je vyjádřena vztahem:

$$R = \frac{F}{T}$$

(3)

kde R poměrná pevnost v tahu [N/tex]

F absolutní pevnost v tahu [N]

T jemnost [tex]

6.3. Tažnost

Tažnost je celkové poměrné prodloužení při přetržení a je vyjádřena vztahem:

$$\varepsilon_p = \frac{L_p - L_0}{L_0} * 100$$

(4)

kde: ε_p poměrné prodloužení při přetržení – tažnost [%]

L_p délka vzorku příze v okamžiku přetržení [m]

L_0 původní délka vzorku, tj. mezi upínacími čelistmi [m]

Zkouška pevnosti a zkouška tažnosti probíhá současně na jednom přístroji.

6.4. Měření pevnosti a tažnosti

6.4.1. Měření na přístroji Instron 4411

Měření na přístroji Instron 4411 proběhlo dle normy ČSN EN ISO 2062. Zkoušený materiál (příze, tkanina, pletenina) definované upínací délky je uchycen do čelistí přístroje. Horní pohyblivá čelist se posunuje na příčniku směrem vzhůru danou rychlostí a vytváří tahovou sílu, která působí na zkušební vzorek. Ve chvíli přetrhu dochází k měření délky posunu a síly k tomu potřebné. Po přetrhu zkušební vzorku se horní čelist vrátí do původní definované upínací polohy.

6.5. Chlupatost

Chlupatost lze charakterizovat, jako množství vystupujících nebo volných konců vláken, či smyček z příze nebo plošné textilie.

Přízi lze charakterizovat, jako délkový útvar skládající se z vnitřní a vnější oblasti. Ve vnitřní oblasti se nacházejí pravidelně zakroucená vlákna a vytváří jádro příze. Vnější oblast lze rozdělit na oblast řídké a husté chlupatosti. Hustá chlupatost se nachází těsně u jádra příze a pozitivně ovlivňuje některé vlastnosti příze, jako například omak, vzhled, zakrytí. Řídká chlupatost je obvykle považována za nežádoucí, protože negativně ovlivňuje technologické zpracování příze z hlediska průchodu vodičnými elementy výrobních strojů a odpadáváním a oděrem příze, kdy mohou vznikat vlákenné shluky, které mohou přesahovat svým rozměrem průměr příze.

To může vést při zpracování k vyšší přetřhovosti nebo pruhovitosti ve smyslu zaplnění ve výsledné plošné textili. [1] [2]

6.6. Měření chlupatosti

6.6.1 Měření na přístroji Uster Tester 4 SX

Měření chlupatosti na přístroji Uster Tester 4 SX. Měření je založeno na optické metodě měření. Příze je prosvětlována infračerveným paprskem. Na povrchu odstávajících vláken dochází k částečnému pohlcení a odrazu světla. Přímé paprsky jsou pomocí polarizačních čoček (polarizátoru a analyzátoru) eliminovány a odražené paprsky jsou pomocí soustavy čoček spojeny a zaznamenány pomocí senzoru.

Chlupatost je u přístroje Uster Tester 4 SX vyjádřena indexem chlupatosti H . Ten je definován jako úhmná délka odstávajících vláken v cm na povrchu příze připadajících na jeden centimetr příze. Na začátku měření je provedena kalibrace optického senzoru bez testované příze.

6.6.2 Měření na přístroji Zweigle G567

Měření a vyhodnocení na přístroji Zweigle G567 proběhlo při rychlosti 50 m/min po dobu 2 minut. Před zkouškou byly všechny vzorky klimatizovány dle normy ČSNE ISO 139. Měření je na optickém principu. Přístroj vyhodnocuje změny intenzity světla procházející odstávajícími konci vláken pomocí fototranzistorů. Na začátku měření je provedena kalibrace bez příze. Následně dojde k proměření daného úseku příze a je vymezen její povrch. Následně dojde k proměření testované příze dle zadaných parametrů. Při testu je sledován počet odstávajících konců vláken n_i od jádra příze, a to v kategoriích ($i = 1$ mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm, 15 mm). Výstupem je absolutní četnost odstávajících konců vláken v délkových kategoriích.

Délka odstávajících vláken je měřena od povrchu příze. K zobrazení se používá diferenční metoda: vlákna registrovaná v určité délkové třídě n_i se odečítají od vláken registrovaných v nižší třídě ($n_i - 1$). Pro hodnocení chlupatosti měřené pomocí stroje Zweigle se používají kritéria $S12$ a $S3$. Kritérium $S12$ je definováno, jako počet odstávajících vláken v délkové kategorii 1 mm a 2 mm. Kritérium $S3$ je definováno, jako počet odstávajících vláken v délkové kategorii 3 mm a výše. Tato dvě kritéria poskytují informace o rozdělení vláken do dvou typů chlupatosti: „krátká odstávající vlákna“ definována do 2 mm délky a „dlouhá odstávající vlákna“ 3 mm délky a více. Veškerá naměřená data jsou závislá na proměřené délce, kdy počet odstávajících vláken v každé kategorii je vztažen na proměřenou délku. [1] [2]

6.7. Nestejnoměrnost

Hmotová nestejnoměrnost je kolísání hmoty vláken v průřezu nebo v délkových úsecích vlákenného produktu. Hmotová nestejnoměrnost (lineární U , nebo kvadratická CV) přímo ovlivňuje některé vlastnosti příze, především míru přetrhovosti příze. Dále pak ovlivňuje pevnost příze (z důvodu slabých nebo silných míst), nebo vzhled výsledné pleteniny či plošné textilie. Příčinou vzniku hmotové nestejnoměrnosti je náhodné rozložení vláken v přízi a charakter vláken (druh vlákna, jeho vlastnosti, materiál vláken u směsových přízí) v průřezu příze. Nestejnoměrnost je též ovlivněna technologickými parametry výrobního procesu, opotřebením strojních součástí a zařízení. Dále pak nestejnoměrnost mohou způsobovat chyby ve výrobním procesu příze. Proto je nestejnoměrnost jednou z hlavních sledovaných vlastností a je jí zapotřebí sledovat po celý proces výroby, aby mohly být provedeny zásahy do technologie, například nastavení stroje. Je nutné snížit nestejnoměrnost na nejnižší míru. [1] [2]

Hmotovou nestejnomyřnost lze vyjádřit:

Parametry:

- Lineární hmotová nestejnomyřnost U [%]
- Kvadratická hmotová nestejnomyřnost CV [%]
- Limitní hmotová nestejnomyřnost CV_{lim} [%], U_{lim} [%]
- Index nestejnomyřnosti I [-]
- Výrobní nestejnomyřnost CV_f [%], U_f [%]
- Strojová nestejnomyřnost CV_m [%], U_m [%]
- Míra odchylky DR [%]

Charakteristickými funkcemi:

- Spektrogram
- Délková variační funkce
- Modul poměrné přenosové funkce
- DR funkce

Lineární hmotová nestejnomyřnost vyjadřuje střední lineární odchylku od střední hodnoty hmotnosti délkového úseku vláknenného útvaru. Kvadratická hmotová nestejnomyřnost je variační koeficient hmotnosti délkových úseků vláknenného útvaru.

Charakteristické funkce vyjadřují strukturu nestejnomyřnosti. Lze tak analyzovat příčinu nestejnomyřnosti a predikovat vzhled budoucí tkaniny nebo pleteniny. Nevýhodou charakteristických funkcí je, že nevyjadřují hmotovou nestejnomyřnost jedním konkrétním číslem.

Spektrogram je amplitudový záznam harmonických složek kolísání hmoty příze v závislosti na vlnové délce periodické nestejnomyřnosti. Zachycuje periodickou nestejnomyřnost. Délková variační křivka vyjadřuje závislost vnější hmotové nestejnomyřnosti na proměřené délce příze. Zachycuje neperiodickou nestejnomyřnost.

6.7.1. Měření nestejnomyřnosti

Nestejnomyřnost byla naměřena na přístroji Uster Tester 4 SX. Před zkouškou byly všechny vzorky klimatizovány dle normy ČSNE ISO 139. Měřicí aparatura pracuje na kapacitním a optickém principu. Měření hmotové nestejnomyřnosti spočívá v průchodu délkového vláknenného materiálu mezi keramickými deskami kondenzátoru. Se změnou hmoty vláknenného materiálu se mění kapacita kondenzátoru, která ovlivňuje výstupní signál ze snímače. Změna signálu je úměrná změně hmotnosti vláknenného materiálu. Analogový signál je následně převeden na digitální.

Optický princip využívá optických senzorů a zjišťuje průměr příze v její délce. Sensory pracují na principu infračerveného světla. Přístroj má dva takové senzory umístěné paralelně k probíhající přízi. Sensory pak porovnají zastíněnou plochu vláknenným útvarem a nezastíněnou referenční plochu. V průběhu měření se hodnotí také vady příze, slabá nebo silná místa a nopky.

Kapacitní čidlo měří každých 8mm příze, optické čidlo měří každých 0,3mm příze.

6.8. Jemnost

Jemnost příze měříme v laboratorních podmínkách nejčastěji gravimetrickou metodou podle normy ČSN EN ISO 2060 „Textilie – Nitě na návinech – Zjišťování jemnosti (délkové hmotnosti) pásmovou metodou. Nejdříve je nutné naměřit přesnou délku příze. K tomu

slouží přístroj zvaný viják, jehož obvod je přesně jeden metr. Zde se odměří potřebná délka příze, kterou nám ukládá norma. Po sejmutí příze z vijáku se vytvoří tak zvané přadýnko, které se přesně zváží na laboratorní váze. Skutečnou jemnost příze se pak získá výpočtem podle vztahu (1).

6.9. Zákrut

Měření zákrutu probíhalo dle normy ČSN EN ISO 2061 „Textilie – Zjišťování zákrutů nití – Metoda přímého počítání“. Nejprve bylo nutné zjistit, zdali je příze zakroucena pravým, nebo levým zákrutem. K tomu slouží zařízení zákrutoměr. Pro jednoduché nitě použijeme metodu nepřímou s napínačem a omezovačem. Vzorek je nejprve upnut do výkyvné čelisti a následně do otočné. Při spuštění přístroje budeme sledovat stupnici změny délky. Pokud dojde ihned ke zkracování příze, máme na přístroji nastavený stejný zákrut, jako má příze. Dojde-li k prodloužení, máme nastaven na přístroji jiný zákrut, než má příze. Díky tomu se příze začne rozkrucovat. Tím je stanoven směr zákrutu příze. [21]

Pro stanovení zákrutu příze je nutné upnout vzorek, který není ovlivněn předešlým měřením zákrutu příze, mezi čelisti přístroje. Zvolíme vhodnou velikost závaží, které nám určuje norma. Závaží zajišťuje požadované napětí příze při zkoušení, díky kterému můžeme efektivně sledovat přesné prodloužení jednoduché nitě vlivem rozkrucování. Omezovač omezuje maximální změnu prodloužení příze. Třecí síly nám díky omezovači drží přízi pohromadě, tedy i při nulovém zákrutu a nedojde k rozpadnutí příze. [21] [22]

S odaretovaným předpětím v přízi se upraví délka upnuté příze na upínací délku 500mm, která je dána normou. Na zákrutoměru nastavíme vhodný směr rozkrucování příze, který vychází z předešlého zjišťování směru zákrutu příze. Po spuštění je zkouška ukončena automaticky, když je délka zkoušené příze opět rovna upínací délce. Během tohoto procesu dojde k úplnému rozkrucení příze a jejímu opětovnému zakroucení na stejnou hodnotu, jako na počátku měření, jen v opačném směru. [21] [22]

7. Metody vyhodnocení dat

K výpočtu níže uvedených statistických veličin byl použit statistický software.

7.1. Aritmetický průměr

Aritmetický průměr \bar{x} je součtem všech hodnot x_1, x_2, \dots, x_n vydělený jejich počtem.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

7.2. Rozptyl

Rozptyl s^2 udává, jak veličina x kolísá kolem hodnoty aritmetického průměru \bar{x} .

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (6)$$

kde: s je směrodatná odchylka

x_i jsou jednotlivé hodnoty v souboru dat

\bar{x} je aritmetický průměr souboru dat

7.3. Směrodatná odchylka

Směrodatná odchylka je statistický ukazatel, který měří míru variability nebo rozptylu hodnot v souboru dat. Vyjadřuje, jak moc jsou jednotlivé hodnoty rozptýleny kolem průměru. Směrodatná odchylka je často používaným ukazatelem variability a rozptylu v statistických analýzách a je základním pojmem v popisu rozložení dat.

Směrodatná odchylka se vypočítá jako odmocnina z rozptylu. Rozptyl je průměrný kvadrát rozdílů mezi jednotlivými hodnotami a aritmetickým průměrem.

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (7)$$

kde: s je směrodatná odchylka
 x_i jsou jednotlivé hodnoty v souboru dat
 \bar{x} je aritmetický průměr souboru dat
 s^2 je rozptyl

7.4. Variační koeficient

Variační koeficient vypovídá o relativním významu průměrné odchylky od průměru, tj. kolik procent průměru představuje směrodatná odchylka. Čím je nižší variační koeficient, tím je homogenita dat souboru větší.

Variační koeficient je definován, jako poměr směrodatné odchylky s a aritmetického průměru \bar{x} .

$$v = \frac{s}{\bar{x}} * 100 [\%] \quad (8)$$

kde: v je variační koeficient
 s je směrodatná odchylka
 \bar{x} je aritmetický průměr souboru dat

7.5. Interval spolehlivosti

Interval spolehlivosti je statistický koncept, který poskytuje rozsah hodnot, ve kterém s určitou pravděpodobností leží skutečný neznámý parametr populace, jako je průměr nebo poměr. Slouží k odhadu nejistoty odhadu parametru na základě omezeného množství vzorkových dat.

Interval spolehlivosti je rozsah hodnot kolem odhadovaného parametru, ve kterém s určitou pravděpodobností (často vyjádřenou pomocí hladiny spolehlivosti) leží skutečná hodnota parametru. Hladina spolehlivosti (nejčastěji 95%) udává, jak často by se interval, získaný z opakovaných výběrů, měl překrývat se skutečnou hodnotou parametru.

$$IS = \bar{x} \pm t_{\alpha/2} * (s/\sqrt{n}) \quad (9)$$

kde: \bar{x} je aritmetický průměr vzorku
 s je směrodatná odchylka vzorku

n je velikost vzorku

$t_{\alpha/2}$ je kritická hodnota Studentova t -rozdělení s $n-1$ stupni volnosti pro danou hladinu spolehlivosti $1-\alpha/2$

7.6. Testování normality a homogenity dat

Naměřená data byla podrobena testu normality a homogenity dat prostřednictvím statistického softwaru.

7.6.1. Shapiro-Wilkův test

Pro ověření normality dat byl použit Shapiro-Wilkův test normality dat.

Shapiro-Wilkův test je statistický test, který se používá k testování normality dat. Tento test je jedním z nejpoužívanějších testů normality, protože má vysokou sílu při detekci odchylek od normálního rozdělení, zvláště při malých až středně velkých vzorcích.

Teorie Shapiro-Wilkova testu:

Základní myšlenka:

Shapiro-Wilkův test hodnotí, zda vzorek pochází z populace s normálním rozdělením. Testuje nulovou hypotézu, že data pocházejí z normálního rozdělení.

Testová statistika:

Testová statistika W je definována následovně:

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^k a_i y_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^k (y_i - \bar{y})^2} \quad (10)$$

kde: $y_{(i)}$ jsou uspořádané hodnoty (tj. data seřazená ve vzestupném pořadí)

\bar{y} je průměr vzorku.

n je počet pozorování.

a_i jsou konstanty (koeficienty) závislé na pořadích a očekávaných hodnotách normálního rozdělení, které jsou předpočítány a závisí na velikosti vzorku n .

Koeficienty a_i jsou určeny následujícím způsobem:

1. Vypočítají se očekávané hodnoty m_i normálního rozdělení pro uspořádané pořadí i .
2. Kovarianční matice těchto očekávaných hodnot se použije k výpočtu koeficientů a_i .

Postup Shapiro-Wilkova testu:

1. Seřazení dat: Data y_i se seřadí do vzestupného pořadí, čímž vzniknou hodnoty $y_{(i)}$.
2. Výpočet průměru: Vypočítá se průměr vzorku y .
3. Výpočet koeficientů a_i : Koeficienty a_i se vypočítají z předpokládaných hodnot normálního rozdělení.
4. Výpočet testové statistiky W : Pomocí výše uvedeného vzorce se vypočítá testová statistika W .

5. Porovnání s kritickými hodnotami: Hodnota W se porovná s kritickými hodnotami nebo se použije p -hodnota k rozhodnutí o zamítnutí nebo nezamítnutí nulové hypotézy.

Kritické hodnoty a p -hodnota:

- Nulová hypotéza (H_0): Data pocházejí z normálního rozdělení
- Alternativní hypotéza (H_1): Data nepocházejí z normálního rozdělení
- p -hodnota:
 - Pokud je p -hodnota menší než zvolená hladina významnosti, nulová hypotéza je zamítnuta, což naznačuje, že data nepocházejí z normálního rozdělení.
 - Pokud je p -hodnota větší než hladina významnosti, nulová hypotéza se nezamítá, což naznačuje, že není dostatek důkazů pro odchylku od normality.

7.6.2. Leveneho test

Pro ověření homogenity dat byl použit Leveneho test pro zjištění variability rozptylu.

Leveneho test je statistický test, který se používá k ověření homogenity rozptylů (homoscedasticity) mezi skupinami. Tento test je robustní vůči odchylkám od normality a je obecně doporučován při analýze dat, která nemusí být normálně rozdělena.

Leveneho test zkoumá, zda rozptyly (variability) ve skupinách jsou stejné. Testuje nulovou hypotézu, že všechny skupiny mají stejný rozptyl, proti alternativní hypotéze, že alespoň dvě skupiny mají různé rozptyly.

Postup Leveneho testu:

1. Transformace dat:

Vypočítá se absolutní odchylky od skupinových mediánů nebo průměrů. Existují dvě hlavní varianty Leveneho testu:

- Klasický Leveneho test používá průměry (mean-based Levene's test).
- Brown-Forsytheova varianta používá mediány (median-based Levene's test).

2. Výpočet absolutních odchylek:

Pro každé pozorování y_{ij} (kde i označuje skupinu a j označuje jednotlivá pozorování), se vypočítá absolutní odchylka od skupinového průměru nebo mediánu:

$$d_{ij} = |y_{ij} - \bar{y}_i| \tag{11}$$

kde \bar{y}_i je průměr nebo medián skupiny i

3. ANOVA na transformovaných datech:

Na absolutní odchylky d_{ij} se poté provede jednofaktorová ANOVA, aby se zjistilo, zda existují významné rozdíly mezi skupinami v těchto odchylkách.

Testová statistika:

Testová statistika pro Leveneho test je W která je definována jako:

$$W = \frac{(N - k)}{(k - 1)} * \frac{\sum_{i=1}^k n_i (\bar{d}_i - \bar{d})^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (d_{ij} - \bar{d}_i)^2} \quad (12)$$

kde: N je celkový počet pozorování.

k je počet skupin.

n_i je počet pozorování ve skupině i .

\bar{d}_i je průměr absolutních odchylek ve skupině i .

\bar{d} je celkový průměr absolutních odchylek.

Rozdělení testové statistiky

Testová statistika W následuje F-rozdělení s $k-1$ a $N-k$ stupni volnosti. Pokud je vypočtená p-hodnota menší než zvolená hladina významnosti, nulová hypotéza o rovnosti rozptylů je zamítnuta.

7.7. Faktorová analýza ANOVA

Faktorová analýza rozptylu (ANOVA) je statistická metoda používaná k analýze rozdílů mezi skupinovými prostředky v souboru dat. Je široce využívána v experimentálním designu a ve výzkumu pro testování hypotéz o tom, zda existují významné rozdíly mezi více než dvěma skupinami.

Hypotézy jsou formulovány takto:

Nulová hypotéza (H_0):

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$$

kde: μ_i je průměr i -té skupiny a k je počet skupin

Nulová hypotéza předpokládá, že všechny skupinové prostředky jsou stejné. To znamená, že mezi skupinami neexistují žádné skutečné rozdíly a veškeré pozorované rozdíly jsou způsobeny náhodou.

Alternativní hypotéza (H_1):

Alternativní hypotéza předpokládá, že alespoň jeden skupinový průměr je odlišný od ostatních. To znamená, že existuje alespoň jeden skutečný rozdíl mezi skupinami.

$$H_1: \text{Existuje alespoň jedna dvojice } (i, j), \text{ pro kterou } \mu_i \neq \mu_j$$

Základní pojmy a předpoklady:

1. Faktory a úrovně:

- Faktor: Nezávislá proměnná, která se zkoumá. Například v experimentu s různými dietami může být faktor "typ diety".
- Úrovně faktoru: Různé hodnoty nebo kategorie faktoru. V případě diety to mohou být "Dieta A", "Dieta B" a "Dieta C".

2. Odpovědná proměnná:

- Závislá proměnná, která se měří. Například hmotnostní přírůstek.

3. Předpoklady ANOVA:

- Normalita: Odpovědné proměnné by měly být normálně rozděleny v každé skupině.

- Homoscedasticita (homogenita rozptylů): Variance v odpovědných proměnných by měly být stejné napříč skupinami.
- Nezávislost: Pozorování by měla být nezávislá.

7.7.1. Typy ANOVA:

1. Jednofaktorová ANOVA:
 - Analyzuje vliv jednoho faktoru na odpovědnou proměnnou
 - Testuje, zda se prostředky různých úrovní faktoru významně liší
2. Dvoufaktorová ANOVA (bez interakce):
 - Analyzuje vliv dvou nezávislých faktorů na odpovědnou proměnnou, ale nezkoumá interakci mezi nimi
 - Testuje hlavní efekty obou faktorů
3. Dvoufaktorová ANOVA (s interakcí):
 - Analyzuje vliv dvou nezávislých faktorů na odpovědnou proměnnou a také zkoumá interakci mezi nimi
 - Testuje hlavní efekty obou faktorů i interakční efekt

Jednofaktorová ANOVA: Výpočetní postup

1. Výpočet součtů čtverců (SS):
 - Celkový součet čtverců (SST): Měří celkovou variabilitu v datech.

$$SST = \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \quad (13)$$

- Součet čtverců mezi skupinami (SSB): Měří variabilitu mezi skupinovými prostředky.

$$SSB = \sum_{j=1}^k n_j (y_j - \bar{y})^2 \quad (14)$$

- Součet čtverců v rámci skupin (SSW): Měří variabilitu v rámci skupin.

$$SSW = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (y_{ij} - \bar{y}_j)^2 \quad (15)$$

kde: y_i jsou jednotlivá pozorování
 \bar{y}_j je průměr skupiny j
 \bar{y} je celkový průměr
 n_j je počet pozorování ve skupině j

2. Výpočet stupňů volnosti (df):

- Stupně volnosti mezi skupinami: $df_B=k-1$
 - Stupně volnosti v rámci skupin: $df_W=N-k$,
- kde k je počet skupin a N je celkový počet pozorování

3. Výpočet středních čtverců (MS):

- Střední čtverec mezi skupinami (MSB):

$$MSB = \frac{SSB}{df_B} \tag{16}$$

- Střední čtverec v rámci skupin (MSW):

$$MSW = \frac{SSW}{df_W} \tag{17}$$

4. Výpočet F-statistiky:

$$F = \frac{MSB}{MSW} \tag{18}$$

5. Porovnání F-statistiky s kritickou hodnotou:

- Kritická hodnota je získána z F-rozdělení s df_B a df_W stupni volnosti.
- Pokud vypočtená F-statistika překročí kritickou hodnotu, zamítá se nulová hypotéza, že skupinové prostředky jsou stejné.

Pro tuto práci byla použita jednofaktorová ANOVA. Zvoleným faktorem byla velikost podtlaku.

7.7.2. Tukeyho test

Tukeyho test, často nazývaný Tukeyho HSD test, je post-hoc test používaný po provedení analýzy rozptylu (ANOVA) k určení, které konkrétní skupiny se od sebe statisticky významně liší. Tento test se používá, když ANOVA indikuje, že existují celkové rozdíly mezi skupinovými prostředky, ale neidentifikuje konkrétní skupiny, které se liší.

Cíl Tukeyho Testu:

Tukeyho test porovnává všechny možné dvojice skupinových prostředků a určuje, zda jsou rozdíly mezi nimi statisticky významné. Test kontroluje celkovou míru chyby typu I (falešně pozitivní) při provádění vícenásobných porovnání.

Předpoklady Tukeyho Testu:

- Normalita: Data v každé skupině by měla být přibližně normálně rozdělená
- Homoscedasticita: Variance v jednotlivých skupinách by měly být přibližně stejné
- Nezávislost: Pozorování by měla být nezávislá na sobě

Formulace hypotéz pro Tukeyho test:

Pro každý pár skupin i a j se formulují následující hypotézy:

Nulová hypotéza (H_0): Neexistuje žádný rozdíl mezi průměry skupin i a j .

$$H_0: \mu_i = \mu_j$$

Alternativní hypotéza (H_1): Existuje žádný rozdíl mezi průměry skupin i a j .

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j$$

Vzorec pro Tukeyho HSD Test:

Tukeyho test používá následující vzorec pro výpočet kritické hodnoty a testové statistiky:

$$q = \frac{|\bar{X}_i - \bar{X}_j|}{\sqrt{\frac{MSW}{n}}} \quad (19)$$

kde: $|\bar{X}_i - \bar{X}_j|$ je absolutní rozdíl mezi průměry dvou skupin i a j

MSW je střední čtverec v rámci skupin, což je odhad variance v rámci skupin získaný z ANOVA

n je počet pozorování v každé skupině (pokud jsou velikosti skupin stejné) nebo harmonický průměr počtu pozorování, pokud jsou velikosti skupin rozdílné

Postup Tukeyho Testu:

1. Provedení ANOVA: Nejprve se provede analýza rozptylu (ANOVA) pro zjištění, zda existují statisticky významné rozdíly mezi skupinami.
2. Výpočet středního čtverce v rámci skupin (MSW): Tento krok se provádí v rámci ANOVA.
3. Výpočet rozdílů mezi páry skupinových prostředků: Rozdíly mezi všemi možnými páry skupinových prostředků se porovnají s kritickou hodnotou.
4. Stanovení kritické hodnoty qq : Kritická hodnota qq se získá z Tukeyho rozdělení pro daný počet skupin a stupně volnosti odpovídající $MSWMSW$.
5. Porovnání rozdílů: Pokud rozdíl mezi průměry dvou skupin překračuje kritickou hodnotu q , rozdíl je považován za statisticky významný.

Kritická hodnota q :

Kritická hodnota q se získává z tabulek Tukeyho rozdělení, které závisí na počtu skupin a stupních volnosti odpovídajících střednímu čtverci v rámci skupin. Výsledná hodnota se porovná s vypočtenou hodnotou q pro rozhodnutí o statistické významnosti.

Interpretace Výsledků Tukeyho Testu:

Výsledky Tukeyho testu jsou obvykle prezentovány ve formě tabulky, která zahrnuje:

- Páry porovnávaných skupin.
- Rozdíly mezi průměry těchto skupin.
- Kritickou hodnotu q .

- Informaci o statistické významnosti rozdílů - p-hodnoty.

Experimentální část

Firmou Schoeller Křešice s.r.o. byly vyrobeny sady vzorků prstencových přízí. Sada česané vlněné příze z materiálu 100%WO obchodním označením Lorna Piana a sada příze z meta-aramidových vláken obchodně značených Nomex. Každý materiál byl vyroben ve 3 úrovních jemnosti a zákrutu. Hodnoty podtlaku jsou uvedeny v tabulkách jako hodnoty:

- 1 – minimální úroveň podtlaku
- 2 – 70% maximální hodnoty podtlaku
- 3 – maximální úroveň podtlaku

Jednotlivé materiály nebudou porovnávány mezi sebou, neboť vlastnosti samotného vlákenného materiálu jsou velmi odlišné. Jejich porovnání by bylo nereálné.

Sledovanými vlastnostmi byly nestejnóměrnost, pevnost, tažnost, chlupatost a počet vad.

V experimentální části byly jednotlivé vzorky podrobeny měření v laboratořích TUL, konkrétně na přístrojích Zweigle G567, Uster Tester 4, Instreon 4411, Zákrutoměr MESDANLAB,

Parametry vláken:

- Nomex
 - Jemnost: 2,2 dtex
 - Délka vláken: 70,4 mm
- Vlna
 - Jemnost: 18,5 μm
 - Délka vláken: 66,7 mm

7.7.3. Základní parametry vyrobených přízí

Příze byly vyrobeny se vstupními parametry podtlaku, jemnosti a zákrutu. Pro zpracování některých zkoumaných parametrů příze bylo nutné parametry jemnosti a zákrutu ověřit. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce níže.

Tab. 1 Parametry vzorků přízí použitých v experimentální části práce

Parametry měřených vzorků příze					
Materiál	Podtlak [Pa]	Jemnost příze <i>T</i> nastavená výrobce[m] [tex]	Zákrut příze <i>Z</i> nastavený výrobce[m] [1/m]	Jemnost příze <i>T</i> skutečná [tex]	Zákrut příze <i>Z</i> skutečný [1/m]
Nomex	1	12,5	800	12,7	644,37
	2				
	3				
	1	14,3	720	14,2	619,61
	2				
	3				
	1	16,7	650	16,4	521,14
	2				
	3				
Vlna	1	12,5	800	12,6	755,09
	2				
	3				
	1	14,3	720	14,1	714,79
	2				
	3				
	1	16,7	650	16,2	636,37
	2				
	3				

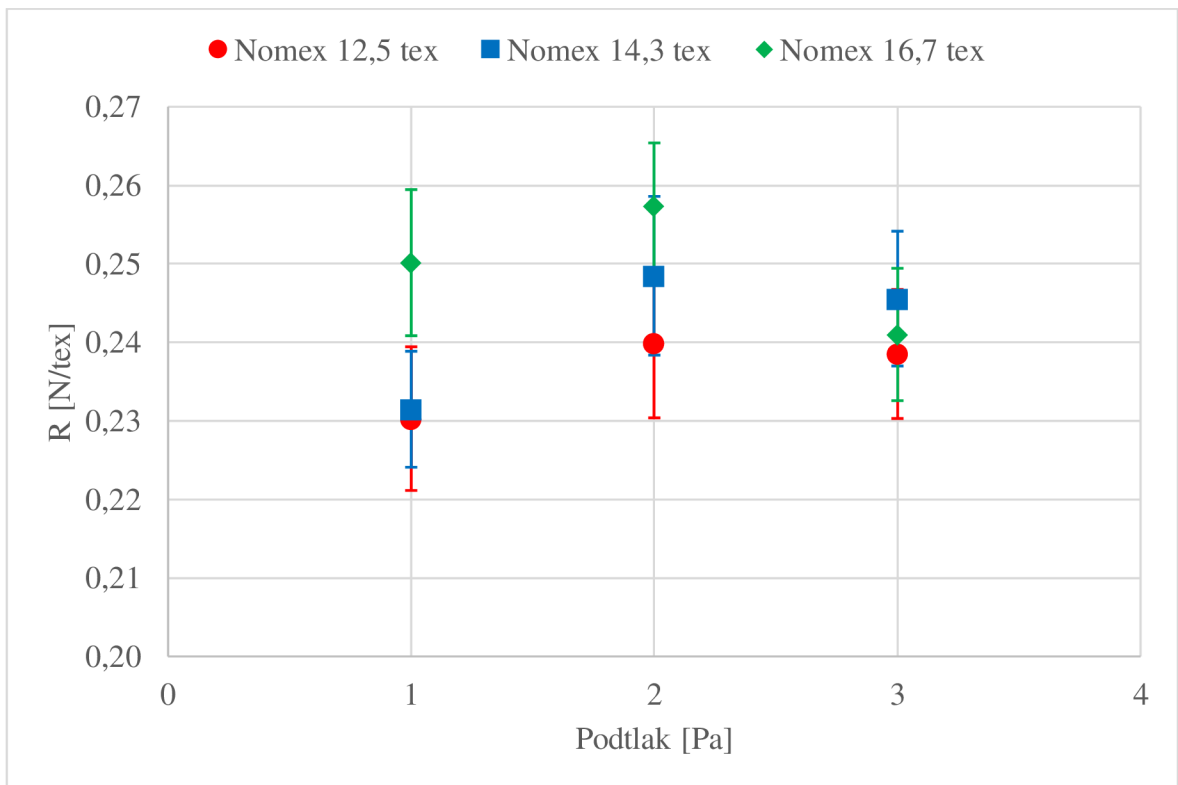
7.8. Měření pevnosti a tažnosti na přístroji Instron 4411

Měření na přístroji Instron 4411 proběhlo dle normy ČSN EN ISO 2062 (80 0700)-Textilie. Nitě na návinech - Zjišťování pevnosti a tažnosti jednot. nití při přetrhu. Sledovanými vlastnosti byly pevnost a tažnost. Z každého potáče bylo provedeno 10 měření rychlostí 500mm/min. Všechny vzorky byly před měřením klimatizovány dle normy ČSNE ISO 139.

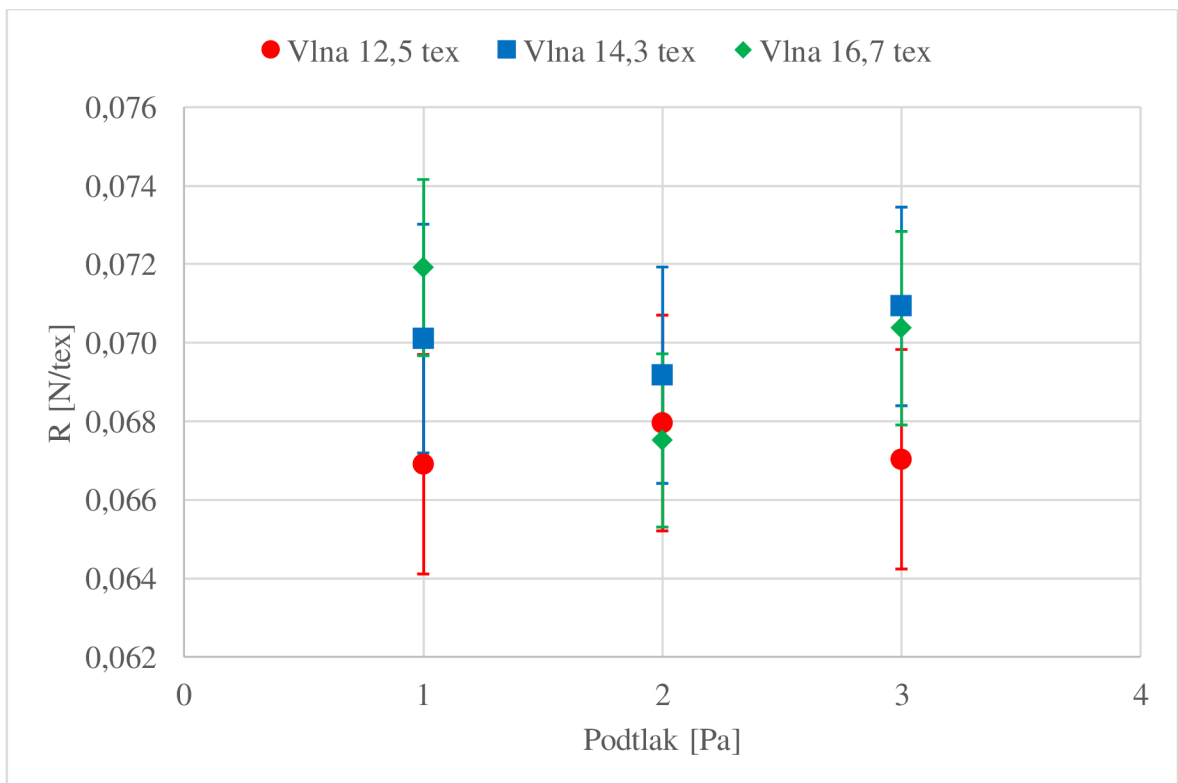
7.8.1. Výsledky měření poměrné pevnosti R

Tab. 2: Přehled zpracovaných výsledků naměřených hodnot poměrné pevnosti R

Poměrná pevnost R [cN/tex]							
Materiál	Jemnost přže T [tex]	Podtlak [Pa]	Poměrná pevnost R [N/tex]	Směrodatná odchylka s [N/tex]	95% Interval spolehlivosti IS [N/tex]		Variační koeficient [N/tex]
Nomex	12,5	1	0,2303	0,0354	0,2211	0,2394	15,3842
		2	0,2399	0,0367	0,2304	0,2493	15,2867
		3	0,2385	0,0318	0,2303	0,2467	13,3366
	14,3	1	0,2315	0,0286	0,2241	0,2389	12,3486
		2	0,2485	0,0391	0,2384	0,2586	15,7432
		3	0,2456	0,0332	0,2370	0,2542	13,5272
	16,7	1	0,2502	0,0360	0,2409	0,2595	14,3996
		2	0,2574	0,0311	0,2493	0,2654	12,0921
		3	0,2410	0,0326	0,2326	0,2494	13,5405
Vlna	12,5	1	0,0669	0,0108	0,0641	0,0697	16,1730
		2	0,0680	0,0106	0,0652	0,0707	15,6488
		3	0,0670	0,0108	0,0642	0,0698	16,1517
	14,3	1	0,0701	0,0113	0,0672	0,0730	16,0834
		2	0,0692	0,0107	0,0664	0,0719	15,4162
		3	0,0709	0,0098	0,0684	0,0735	13,8111
	16,7	1	0,0719	0,0087	0,0697	0,0742	12,0727
		2	0,0675	0,0085	0,0653	0,0697	12,6522
		3	0,0704	0,0095	0,0679	0,0728	13,5563



Obr. 5 Graf – poměrná pevnost R příze Nomex



Obr. 6 Graf – poměrná pevnost příze 100% WO

Tab. 3: Výsledky testu ANOVA

Nomex	R		Vlna	R	
jemnost materiálu	vliv velikosti podtlaku	p-hodnota	jemnost materiálu	vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
12,5	nevýznamný	0,265	12,5	nevýznamný	0,844
14,3	významný	0,015	14,3	nevýznamný	0,664
16,7	významný	0,029	16,7	významný	0,025

Tab. 4: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál nomex 16,7 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
R	podtlak min	podtlak 70% max	nevýznamný	0,465
		podtlak max	nevýznamný	0,291
	podtlak 70% max	podtlak min	nevýznamný	0,465
		podtlak max	významný	0,021
	podtlak max	podtlak min	nevýznamný	0,291
		podtlak 70% max	významný	0,021

Tab. 5: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál nomex 14,3 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
R	podtlak min	podtlak 70% max	významný	0,018
		podtlak max	nevýznamný	0,062
	podtlak 70% max	podtlak min	významný	0,018
		podtlak max	nevýznamný	0,886
	podtlak max	podtlak min	nevýznamný	0,062
		podtlak 70% max	nevýznamný	0,886

Tab. 6: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál vlna 16,7 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
R	podtlak min	podtlak 70% max	významný	0,021
		podtlak max	nevýznamný	0,611
	podtlak 70% max	podtlak min	významný	0,021
		podtlak max	nevýznamný	0,188
	podtlak max	podtlak min	nevýznamný	0,611
		podtlak 70% max	nevýznamný	0,188

Na základě testu ANOVA na hladině významnosti 5% lze stanovit, že změna podtlaku v zhušťovací zóně dopřádacího stroje statisticky významně ovlivnila poměrnou pevnost R přízi Nomex jemnosti 14,3 tex a 16,7 tex a dále přízi 100%WO jemnosti 16,7 tex.

Vyhodnocení párového porovnání dvojic úrovní příze Nomex:

Párové porovnání dvojic úrovní středních hodnot ukázalo, že u příze Nomex jemnosti 16,7 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **70% max** a **max**. U příze Nomex jemnosti 14,3 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **70% max**.

Vyhodnocení párového porovnání dvojic úrovní příze 100%WO:

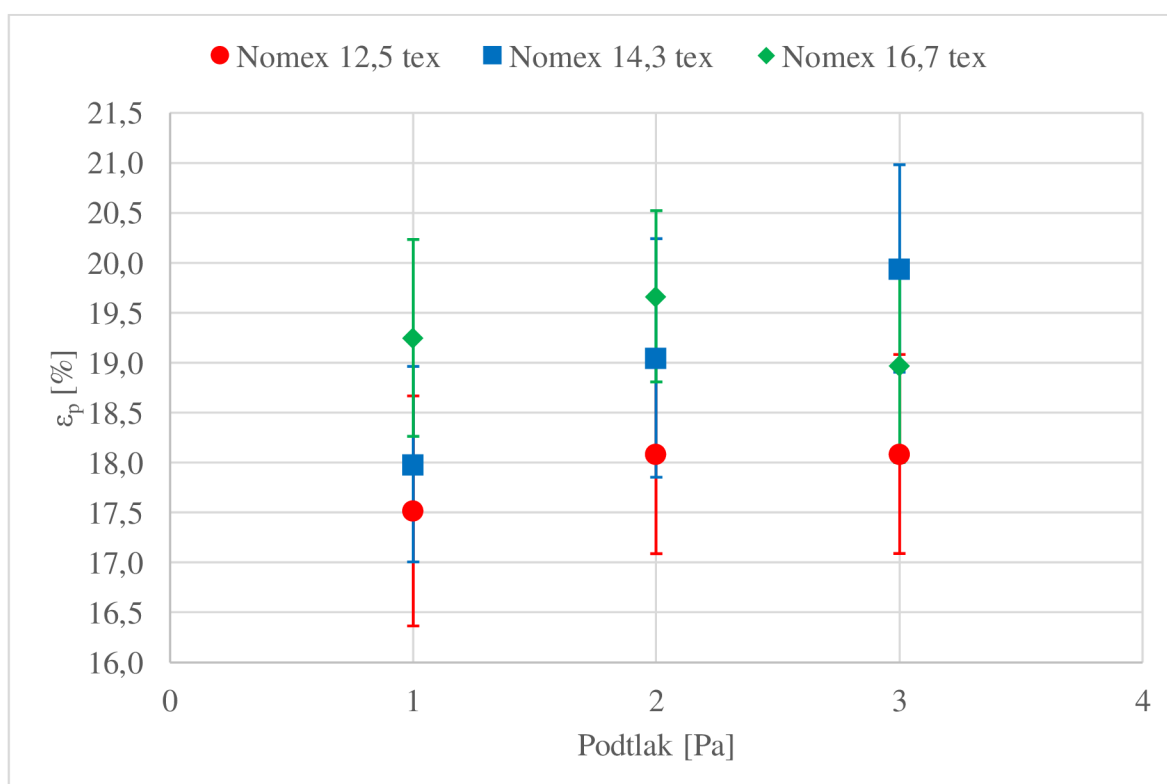
Párové porovnání dvojic úrovní středních hodnot ukázalo, že u příze 100% WO jemnosti 16,7 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **70% max**.

Předpoklad, že vyšší úroveň podtlaku ovlivní příznivě poměrnou pevnost příze se nepotvrdil. To potvrzuje i práce [20], kde je vliv podtlaku označen, jako nevýznamný. Práce [10] uvádí, že pokud v přízi nejsou přítomna přírodní vlákna, vliv podtlaku je při kompaktním dopřádání na výslednou pevnost příze menší. Analýza ANOVA i následné párové porovnání dvojic toto potvrdilo. Ačkoliv je u některých přízi určitý statistický vliv na poměrnou pevnost, z hlediska mechanicko-fyzikálních vlastností příze jsou rozdíly zanedbatelné.

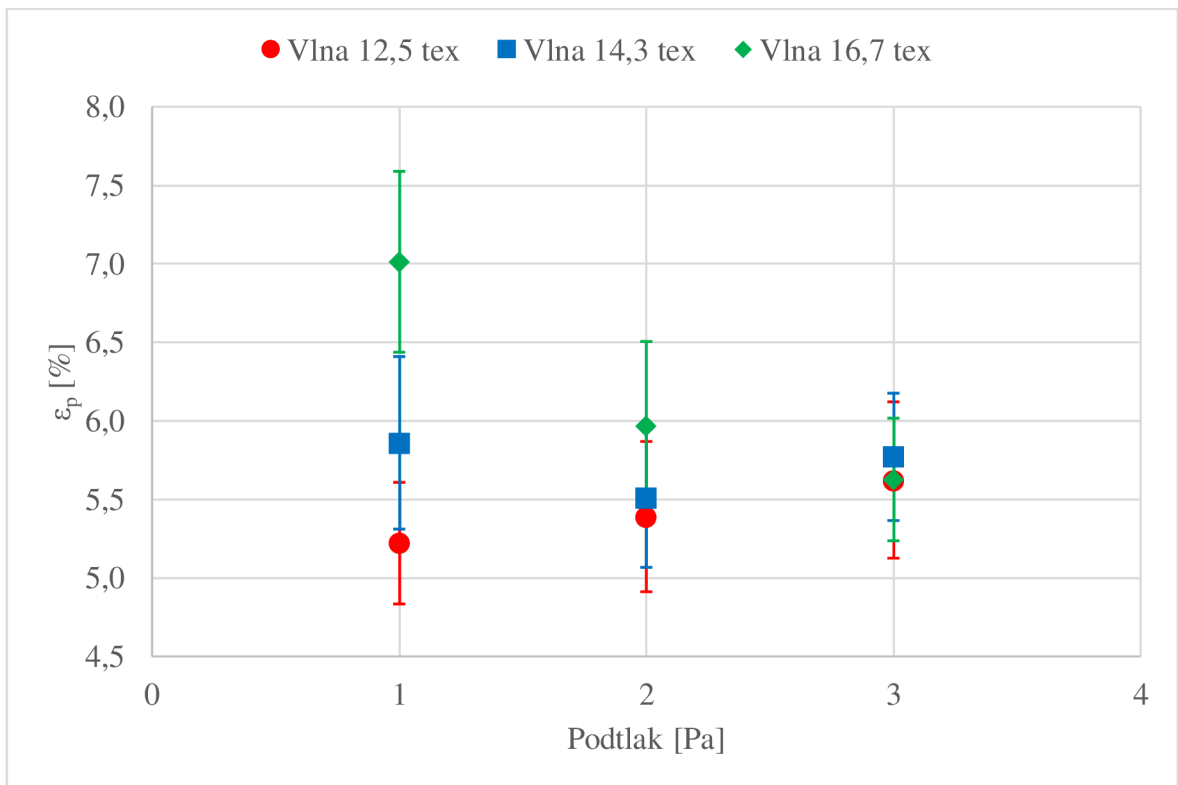
7.8.2. Výsledky měření tažnosti ϵ_p

Tab. 7: Přehled zpracovaných výsledků naměřených hodnot tažnosti ϵ_p

Tažnost ϵ_p [%]							
Materiál	Jemnost příze T [tex]	Podtlak [Pa]	Tažnost ϵ_p [%]	Směrodatná odchylka s [%]	95% Interval spolehlivosti IS [%]		Variační koeficient [%]
Nomex	12,5	1	17,52	4,45	16,37	18,67	25,43
		2	18,09	3,87	17,09	19,09	21,42
		3	18,09	3,85	17,09	19,08	21,31
	14,3	1	17,99	3,79	17,01	18,96	21,06
		2	19,05	4,62	17,85	20,24	24,26
		3	19,94	4,02	18,91	20,98	20,15
	16,7	1	19,25	3,81	18,26	20,23	19,82
		2	19,67	3,32	18,81	20,52	16,87
		3	18,97	3,74	18,00	19,93	19,72
Vlna	12,5	1	5,22	1,50	4,83	5,61	28,73
		2	5,39	1,85	4,91	5,87	34,38
		3	5,62	1,93	5,13	6,12	34,26
	14,3	1	5,86	2,13	5,31	6,41	36,28
		2	5,51	1,72	5,07	5,95	31,17
		3	5,77	1,57	5,37	6,18	27,21
	16,7	1	7,01	2,23	6,44	7,59	31,80
		2	5,97	2,07	5,44	6,51	34,60
		3	5,63	1,51	5,24	6,02	26,84



Obr. 7 Graf – tažnost ϵ_p příze Nomex



Obr. 8 Graf – tažnost ϵ_p příže 100% WO

Tab. 8: Výsledky testu ANOVA

Nomex	ϵ_p		Vlna	ϵ_p	
	vliv velikosti podtlaku	p-hodnota		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
12,5	nevýznamný	0,675	12,5	nevýznamný	0,459
14,3	významný	0,038	14,3	nevýznamný	0,551
16,7	nevýznamný	0,573	16,7	významný	<0,001

Tab. 9: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál nomex 14,3 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
ϵ_p	podtlak min	podtlak 70% max	nevýznamný	0,343
		podtlak max	významný	0,029
	podtlak 70% max	podtlak min	nevýznamný	0,343
		podtlak max	nevýznamný	0,467
	podtlak max	podtlak min	významný	0,029
		podtlak 70% max	nevýznamný	0,467

Tab. 10: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál vlna 16,7 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
ϵ_p	podtlak min	podtlak 70% max	významný	0,011
		podtlak max	významný	<0,001
	podtlak 70% max	podtlak min	významný	0,011
		podtlak max	nevýznamný	0,601
	podtlak max	podtlak min	významný	<0,001
		podtlak 70% max	nevýznamný	0,601

Na základě testu ANOVA na hladině významnosti 5% lze stanovit, že změna podtlaku v zhušťovací zóně dopřádacího stroje statisticky významně ovlivnila tažnost ϵ_p přízí Nomex jemnosti 14,3 tex a přízí 100% WO jemnosti 16,7 tex.

Vyhodnocení párového porovnání dvojic úrovní příze Nomex:

Párové porovnání dvojic úrovní středních hodnot ukázalo, že u příze Nomex jemnosti 14,3 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **max**.

Předpoklad, že vyšší úroveň podtlaku ovlivní příznivě tažnost příze se nepotvrdil, jak je patrné z obr. 7. Práce [10] uvádí, že nomexová vlákna mají rovnoměrnější staplovou křivku, kvůli zpracování kabelů na trhacím konvertoru. Staplový diagram je tudíž rovnoměrnější

v porovnání se staplovým diagramem přírodních vláken. TO má za následek nevýznamný vliv podtlaku. Analýza ANOVA i následné párové porovnání dvojic potvrdilo, že ačkoliv je u některých přízí určitý statistický vliv na poměrnou pevnost, z hlediska mechanicko-fyzikálních vlastností příze jsou rozdíly zanedbatelné. Přestože u příze Nomex jemnosti 14,3 tex je z grafů patrné zlepšení tažnosti, jedná se o nárůst pouze 2%.

Vyhodnocení párového porovnání dvojic úrovní příze 100% WO:

Párové porovnání dvojic úrovní středních hodnot ukázalo, že u příze 100% WO jemnosti 16,7 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **70% max** a úrovněmi **min** a **max**.

Z hlediska statistického se jedná o významné rozdíly, avšak z hlediska vlastností příze lze konstatovat, že se jedná většinou o minimální rozdíly v tažnosti příze, jak je patrné z obr. 8. U příze 100% WO jemnosti 16,7 tex je naopak viditelný pokles tažnosti o téměř 2%, což je při naměřených hodnotách z hlediska mechanicko-fyzikálních vlastností příze značná změna.

7.9. Měření nestejnoměrnosti, chlupatosti a počtu vad na přístroji Uster Tester 4 SX

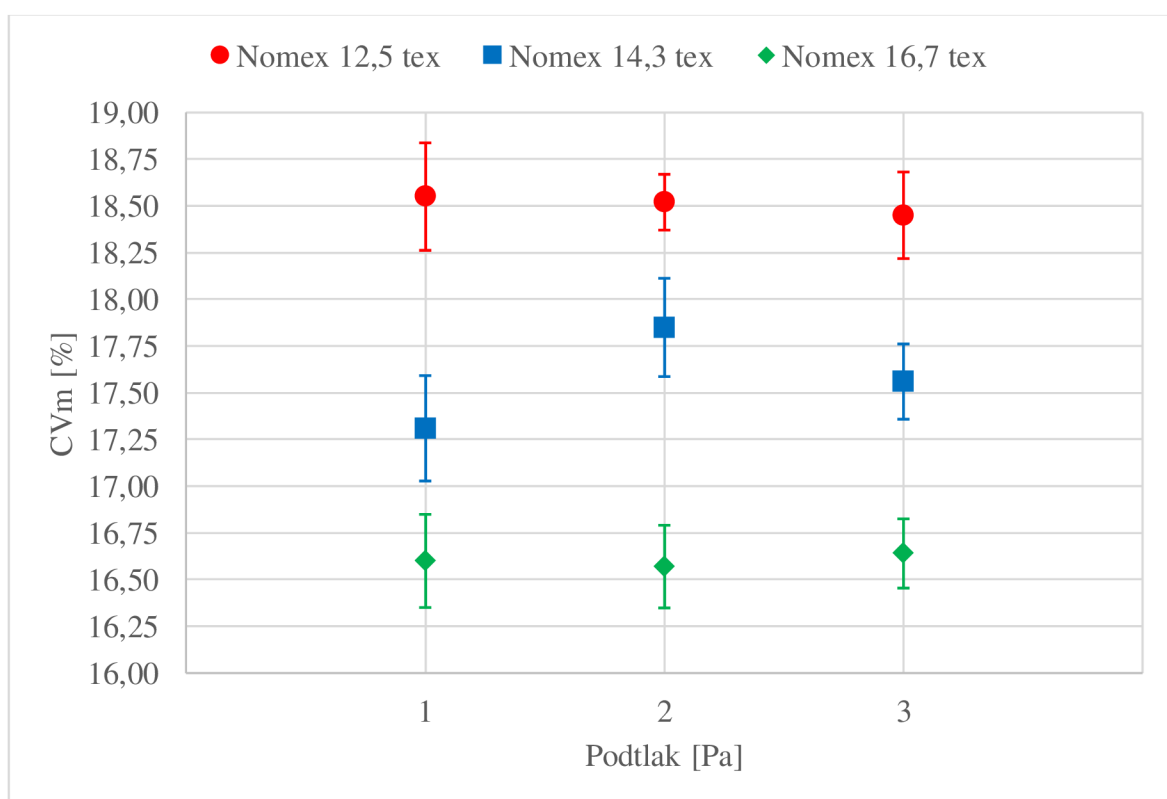
Měření na přístroji Uster Tester 4 SX dle normy ČSN 80 0706 - Zjišťování hmotné nestejnoměrnosti pramenů, přástů a nití. Dále byly měřeny parametry chlupatost a průměr příze pomocí dodatečné měřicí optické aparatury na přístroji. Z měřených parametrů byly pro vyhodnocení vybrány hodnoty nestejnoměrnost C_{Vm}, slabá místa -50%, silná místa +50%, nopkovitost +200%, chlupatost H, průměr příze 2D₀.

Při experimentu byl každý potáč podroben 3 měřením (pokud to dovoľovalo množství náviny) při rychlosti 400m/min po dobu 1 minuty. V každé sadě je 6 potáčů. Všechny vzorky byly před měřením klimatizovány dle normy ČSNE ISO 139.

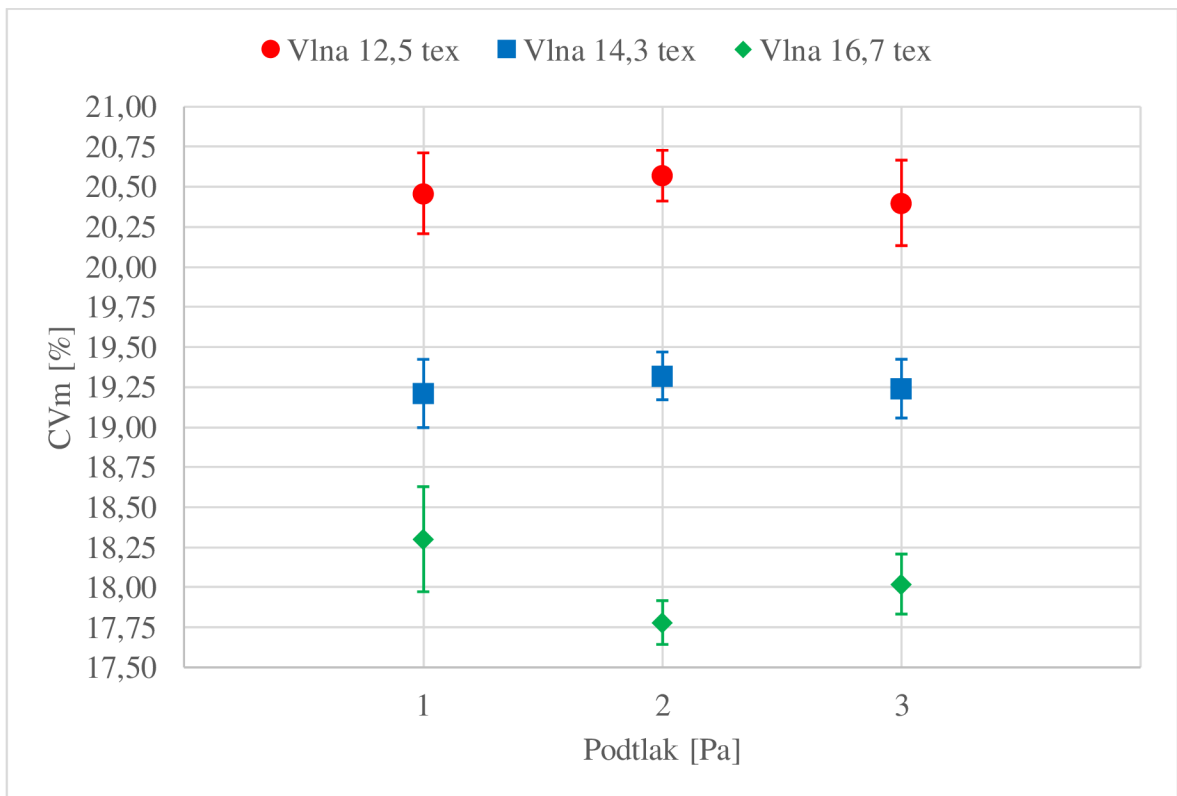
7.9.1. Výsledky měření kvadratické nestejnoměrnosti CVm

Tab. 11: Přehled zpracovaných výsledků naměřených hodnot nestejnoměrnosti CVm

Kvadratická nestejnoměrnost CVm [%]							
Materiál	Jemnost příze T [tex]	Podtlak [Pa]	Kvadratická nestejnoměrnost CVm [%]	Směrodatná odchylka s [%]	95% Interval spolehlivosti IS [%]		Variační koeficient [%]
Nomex	12,5	1	18,55	0,58	18,26	18,84	3,12
		2	18,52	0,30	18,37	18,67	1,62
		3	18,45	0,23	18,20	18,67	2,45
	14,3	1	17,31	0,57	17,03	17,60	3,28
		2	17,85	0,53	17,58	18,11	2,97
		3	17,56	0,40	17,36	17,75	2,23
	16,7	1	16,60	0,50	16,35	16,85	3,02
		2	16,57	0,45	16,35	16,79	2,70
		3	16,64	0,36	16,46	16,83	2,17
Vlna	12,5	1	20,46	0,51	20,21	20,71	2,48
		2	20,57	0,32	20,41	20,72	1,55
		3	20,40	0,52	20,13	20,67	2,55
	14,3	1	19,21	0,43	18,99	19,42	2,23
		2	19,32	0,30	19,17	19,47	1,55
		3	19,24	0,36	19,06	19,43	1,85
	16,7	1	18,30	0,33	17,97	18,62	3,60
		2	17,78	0,27	17,64	17,91	1,55
		3	18,02	0,19	17,83	18,21	2,02



Obr. 9 Graf – kvadratická nestejnoměrnost CVm příze Nomex



Obr. 10 Graf – kvadratická nesejnoměrnost CVm příže 100% WO

Tab. 12: Výsledky testu ANOVA

Nomex	CVm		Vlna	CVm	
	vliv velikosti podtlaku	p-hodnota		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
12,5	nevýznamný	0,747	12,5	nevýznamný	0,555
14,3	významný	0,009	14,3	nevýznamný	0,646
16,7	nevýznamný	0,880	16,7	významný	0,006

Tab. 13: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál nomex 14,3 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
CVm	podtlak min	podtlak 70% max	významný	0,006
		podtlak max	nevýznamný	0,306
	podtlak 70% max	podtlak min	významný	0,006
		podtlak max	nevýznamný	0,206
	podtlak max	podtlak min	nevýznamný	0,306
		podtlak 70% max	nevýznamný	0,206

Tab. 14: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál vlna 16,7 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
CVm	podtlak min	podtlak 70% max	významný	0,004
		podtlak max	nevýznamný	0,189
	podtlak 70% max	podtlak min	významný	0,004
		podtlak max	nevýznamný	0,268
	podtlak max	podtlak min	nevýznamný	0,189
		podtlak 70% max	nevýznamný	0,268

Na základě testu ANOVA na hladině významnosti 5% lze stanovit, že změna podtlaku v zhušťovací zóně dopřádacího stroje statisticky významně ovlivnila kvadratickou nestejnoměrnost CVm přízí Nomex jemnosti 14,3 tex a přízí 100% WO jemnosti 16,7 tex.

Vyhodnocení párového porovnání dvojic úrovní příze Nomex:

Párové porovnání dvojic úrovní středních hodnot ukázalo, že u příze Nomex jemnosti 14,3 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **70% max**.

Vyhodnocení párového porovnání dvojic úrovní příze 100% WO:

Párové porovnání dvojic úrovní středních hodnot ukázalo, že u příze 100% WO jemnosti 16,7 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **70% max**.

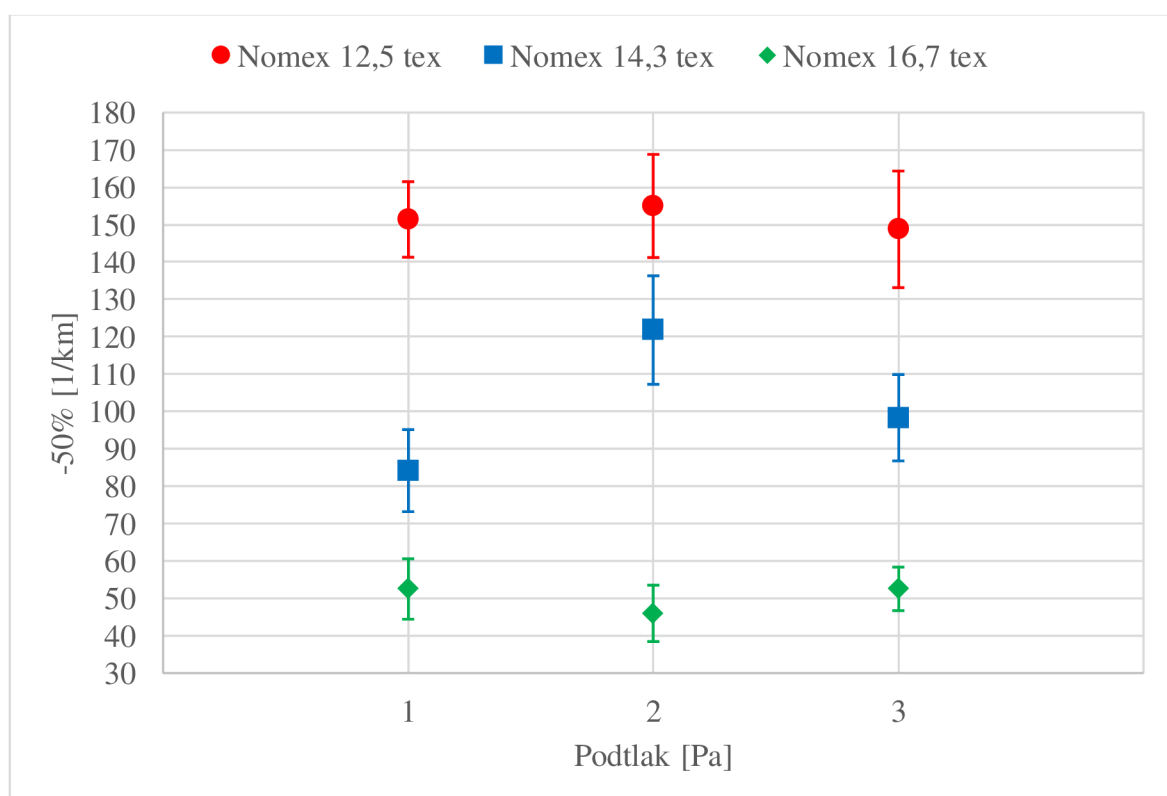
V hodnotách ovšem nelze najít pozitivní vliv na hodnotu hmotové nestejnomyěrnosti, jak bylo předpokládáno. Přestože z hlediska statistického byly v hodnotách u některých přízí významné změny, z celkového hlediska jsou změny minimální (v rozmezí 1-2%) a z hlediska mechanicko-fyzikálních vlastností příze zanedbatelné.

Významný vliv na hodnotu nestejnomyěrnosti příze může mít nestejnomyěrnost předlohy, jak je již zmíněno v práci [20]. Posouzení tohoto vlivu však nebylo možné, neboť prást nebylo možné podrobit měřením. Dalšími možnými ovlivňujícími faktory jsou například strojová nestejnomyěrnost, případně opotřebení částí dopřádacího stroje.

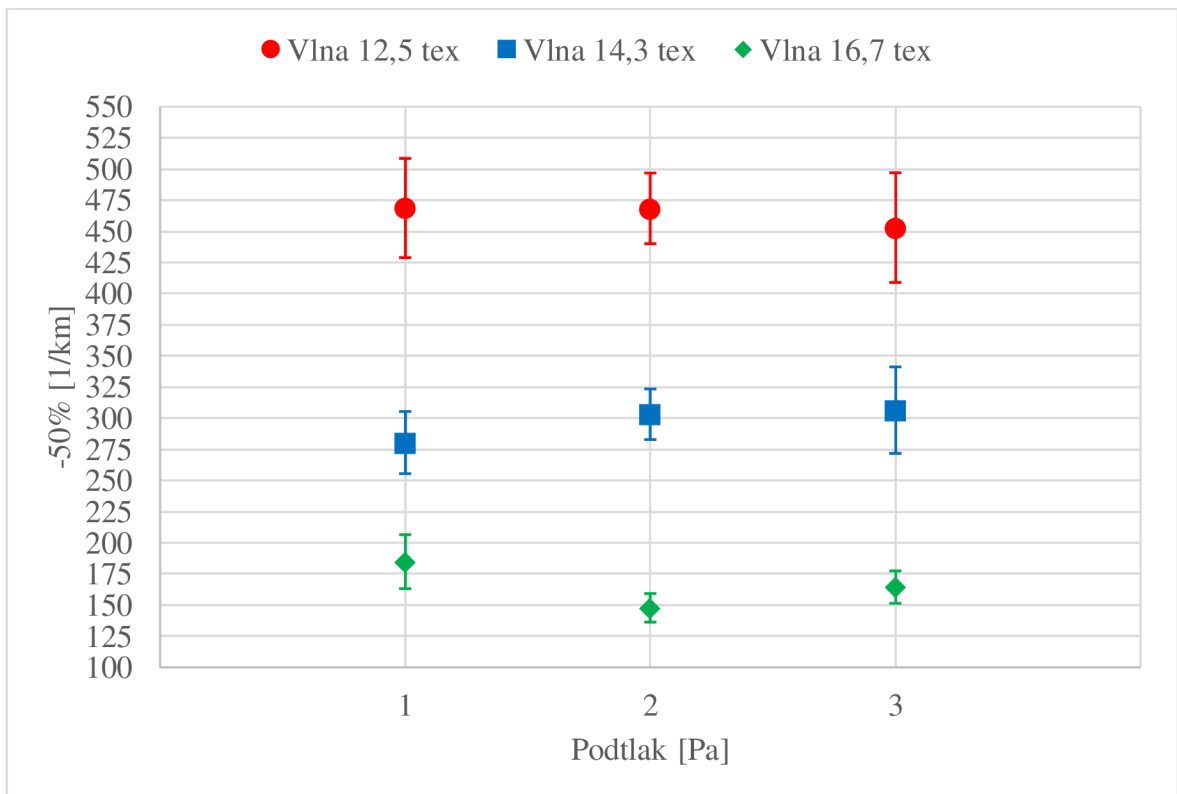
7.9.2. Výsledky měření slabých míst -50%

Tab. 15: Přehled zpracovaných výsledků naměřených hodnot slabých míst -50%

Slabá místa -50%							
Materiál	Jemnost přize <i>T</i> [tex]	Podtlak [Pa]	Slabá místa - 50% [1/km]	Směrodatná odchylka <i>s</i> [1/km]	95% Interval spolehlivosti <i>IS</i> [1/km]		Variační koeficient [1/km]
Nomex	12,5	1	151,39	20,31	141,29	161,49	13,42
		2	155,00	27,76	141,20	168,80	17,91
		3	148,75	30,34	133,15	164,35	20,40
	14,3	1	84,17	22,06	73,20	95,14	26,21
		2	121,81	29,20	107,29	136,33	23,97
		3	98,33	22,49	86,77	109,90	22,87
	16,7	1	52,50	16,27	44,41	60,60	30,99
		2	45,97	15,15	38,44	53,51	32,95
		3	52,53	11,31	46,71	58,35	21,54
Vlna	12,5	1	468,75	80,07	428,93	508,57	17,08
		2	468,47	57,08	440,09	496,86	25,61
		3	453,06	85,63	409,03	497,08	18,90
	14,3	1	280,42	50,13	255,49	305,35	17,88
		2	303,19	40,83	282,89	323,50	13,47
		3	306,53	67,54	271,80	341,25	22,03
	16,7	1	184,83	43,54	163,18	206,48	23,55
		2	147,78	23,02	136,33	159,23	15,58
		3	164,44	25,33	151,42	177,47	15,40



Obr. 11 Graf – slabá místa -50% přize Nomex



Obr. 12 Graf – slabá místa -50% příze 100% WO

Tab. 16: Výsledky testu ANOVA

Nomex	-50%		Vlna	-50%	
jemnost materiálu	vliv velikosti podtlaku	p-hodnota	jemnost materiálu	vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
12,5	nevýznamný	0,778	12,5	nevýznamný	0,775
14,3	významný	<0,001	14,3	nevýznamný	0,296
16,7	nevýznamný	0,305	16,7	významný	0,004

Tab. 17: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál nomex 14,3 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
-50%	podtlak min	podtlak 70% max	významný	<0,001
		podtlak max	nevýznamný	0,210
	podtlak 70% max	podtlak min	významný	<0,001
		podtlak max	významný	0,018
	podtlak max	podtlak min	nevýznamný	0,210
		podtlak 70% max	významný	0,018

Tab. 18: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál vlna 16,7 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
-50%	podtlak min	podtlak 70% max	významný	0,003
		podtlak max	nevýznamný	0,145
	podtlak 70% max	podtlak min	významný	0,003
		podtlak max	nevýznamný	0,271
	podtlak max	podtlak min	nevýznamný	0,145
		podtlak 70% max	nevýznamný	0,271

Na základě testu ANOVA na hladině významnosti 5% lze stanovit, že změna podtlaku v zhušťovací zóně dopřádacího stroje statisticky významně ovlivnila počet slabých míst -50% přízi Nomex jemnosti 14,3 tex a přízi 100% WO jemnosti 16,7 tex.

Vyhodnocení párového porovnání dvojic úrovní příze Nomex:

Párové porovnání dvojic úrovní středních hodnot ukázalo, že u příze Nomex jemnosti 14,3 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **70% max** a úrovněmi **70% max** a **max**.

Vyhodnocení párového porovnání dvojic úrovní příze 100% WO:

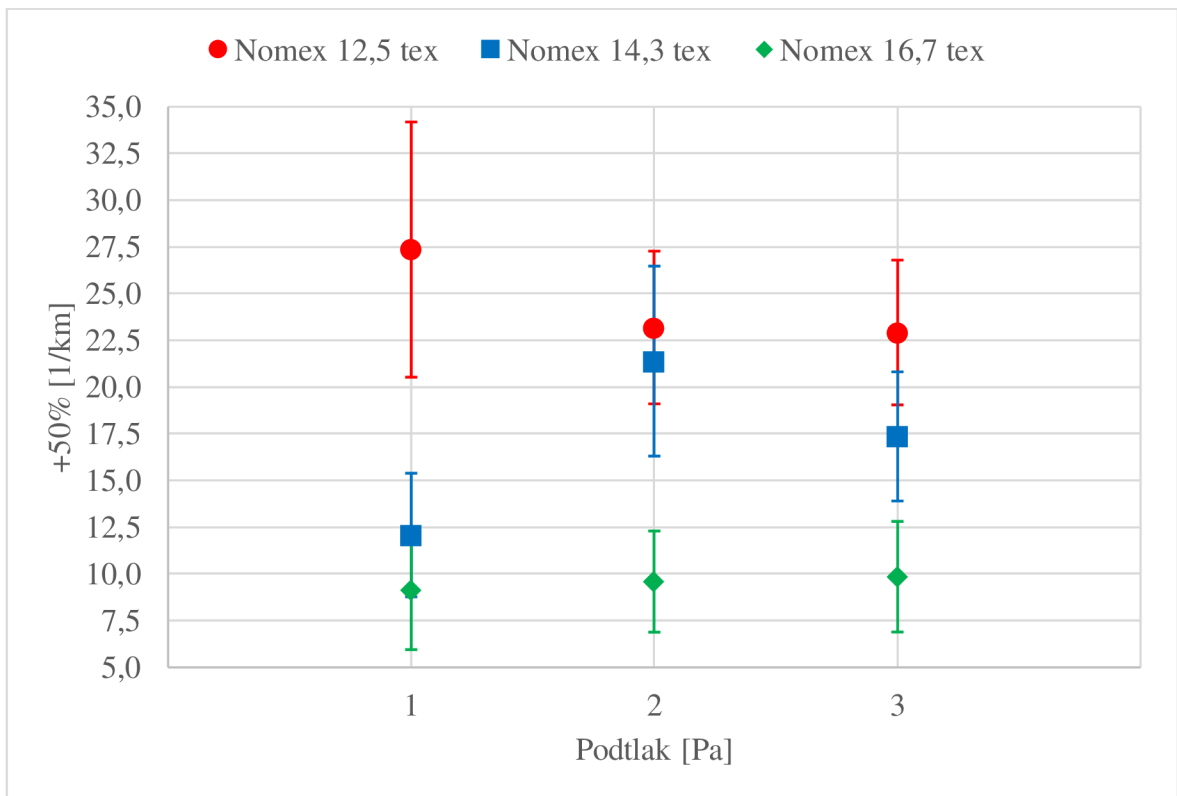
Párové porovnání dvojic úrovní středních hodnot ukázalo, že u příze 100% WO jemnosti 16,7 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **70% max**.

Přestože u některých přízí vedlo zvýšení průtahu na určitou hodnotu ke statisticky významným změnám v počtu vad -50%, v rámci naměřených hodnot došlo ke změnám v řádu procent. Tento rozdíl na 1km délky je z hlediska mechanicko-fyzikálních vlastností příze minimální.

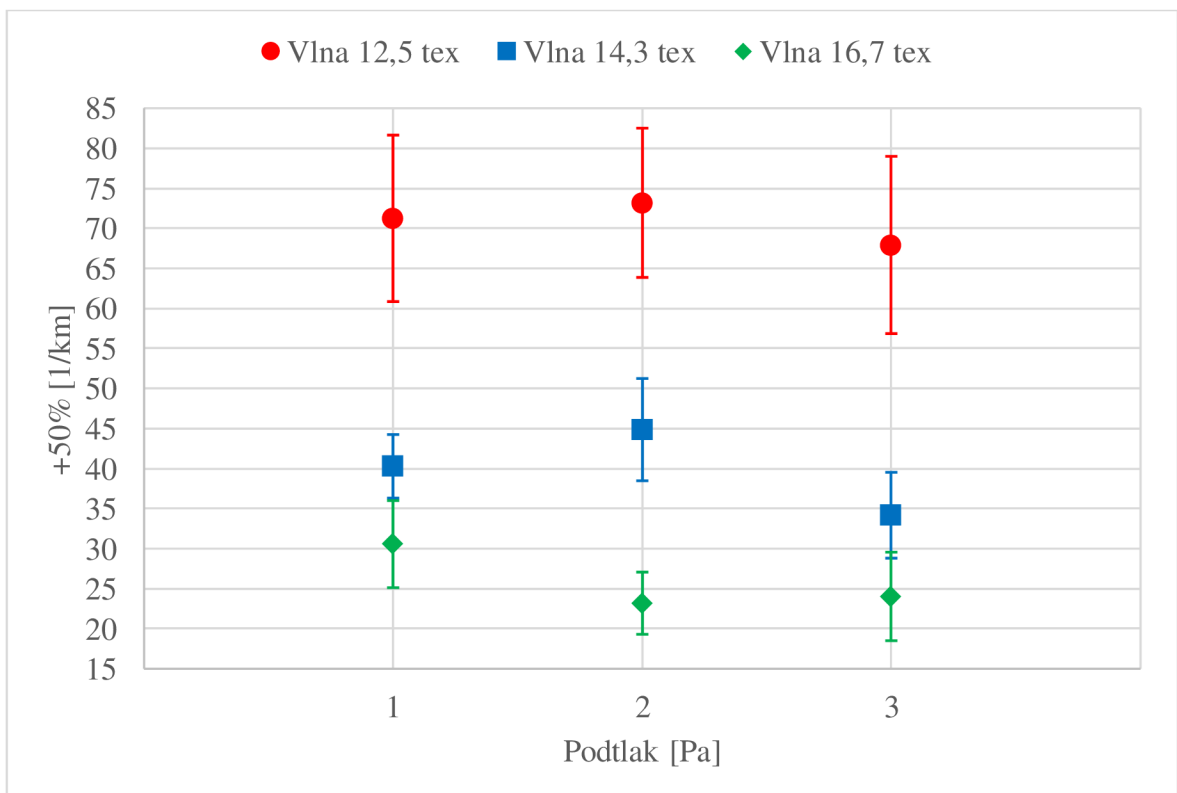
7.9.3. Výsledky měření silných míst +50%

Tab. 19: Přehled zpracovaných výsledků naměřených hodnot silných míst +50%

Silná místa +50%							
Materiál	Jemnost příze <i>T</i> [tex]	Podtlak [Pa]	Slabá místa - 50% [1/km]	Směrodatná odchylka <i>s</i> [1/km]	95% Interval spolehlivosti <i>IS</i> [1/km]		Variační koeficient [1/km]
Nomex	12,5	1	27,36	13,73	20,53	34,19	50,19
		2	23,19	8,22	19,11	27,28	35,42
		3	22,92	7,54	19,04	26,79	32,89
	14,3	1	12,08	6,66	8,77	15,40	55,08
		2	21,39	10,23	16,30	26,47	47,81
		3	17,36	6,72	13,90	20,82	38,73
	16,7	1	9,17	6,48	5,95	12,49	70,62
		2	9,59	5,44	6,68	12,29	56,77
		3	9,85	5,76	6,89	12,81	58,46
Vlna	12,5	1	71,25	20,90	60,86	81,65	29,34
		2	73,19	18,74	63,87	82,52	25,51
		3	67,92	21,53	56,85	78,98	31,70
	14,3	1	40,28	7,99	36,30	44,25	19,85
		2	44,86	12,85	38,47	51,25	28,64
		3	34,17	10,43	28,80	39,53	30,53
	16,7	1	30,56	10,93	25,12	31,04	35,78
		2	23,19	7,80	19,31	27,08	33,64
		3	24,03	10,75	18,50	29,55	44,74



Obr. 13 Graf – slabá místa +50% přize Nomex



Obr. 14 Graf – slabá místa +50% přize 100% WO

Tab. 20: Výsledky testu ANOVA

Nomex	50%		Vlna	50%	
jemnost materiálu	vliv velikosti podtlaku	p-hodnota	jemnost materiálu	vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
12,5	nevýznamný	0,351	12,5	nevýznamný	0,737
14,3	významný	0,004	14,3	významný	0,015
16,7	nevýznamný	0,942	16,7	nevýznamný	0,061

Tab. 21: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál nomex 14,3 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
50%	podtlak min	podtlak 70% max	významný	0,003
		podtlak max	nevýznamný	0,130
	podtlak 70% max	podtlak min	významný	0,003
		podtlak max	nevýznamný	0,298
	podtlak max	podtlak min	nevýznamný	0,130
		podtlak 70% max	nevýznamný	0,298

Tab. 22: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál vlna 14,3 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
50%	podtlak min	podtlak 70% max	nevýznamný	0,404
		podtlak max	nevýznamný	0,205
	podtlak 70% max	podtlak min	nevýznamný	0,404
		podtlak max	významný	0,011
	podtlak max	podtlak min	nevýznamný	0,205
		podtlak 70% max	významný	0,011

Na základě testu ANOVA na hladině významnosti 5% lze stanovit, že změna podtlaku v zhušťovací zóně dopřádacího stroje statisticky významně ovlivnila počet silných míst +50% přízi Nomex jemnosti 14,3 tex a přízi 100% WO jemnosti 14,3 tex.

Vyhodnocení párového porovnání dvojic úrovní příze Nomex:

Párové porovnání dvojic úrovní středních hodnot ukázalo, že u příze Nomex jemnosti 14,3 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **70% max**.

Vyhodnocení párového porovnání dvojic úrovní příze 100% WO:

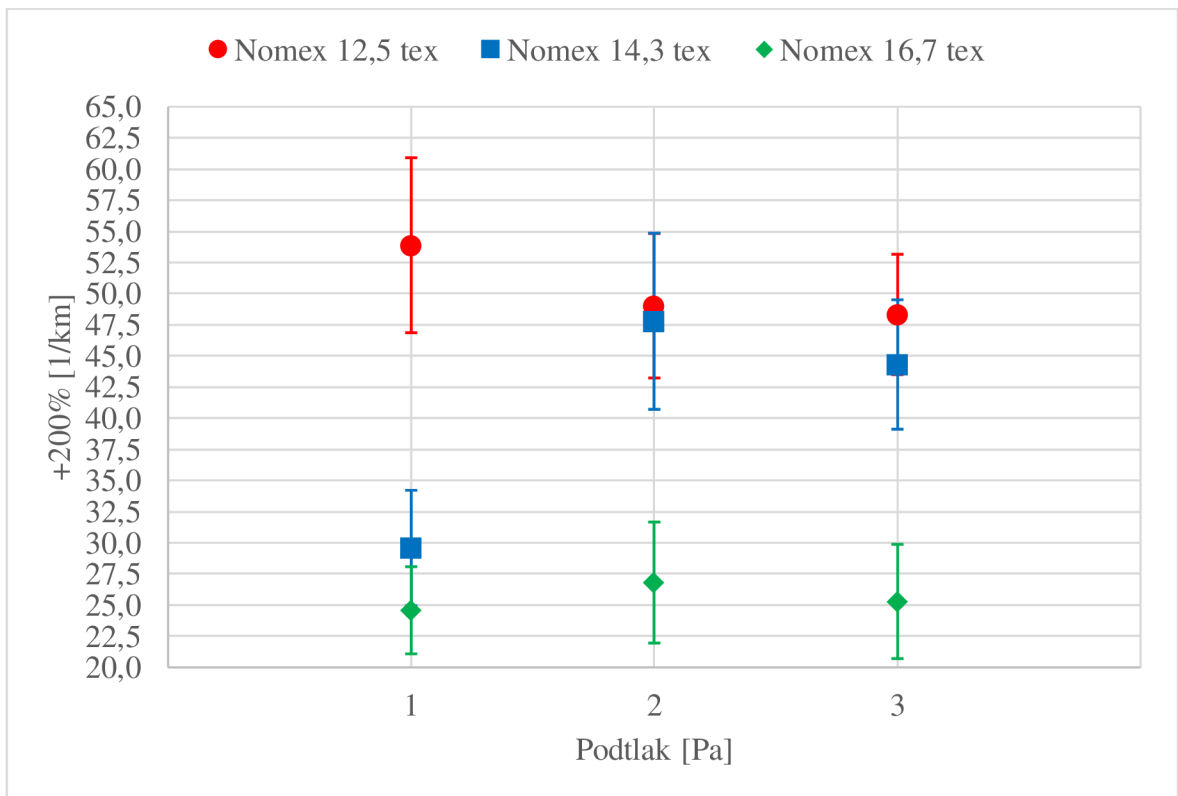
Párové porovnání dvojic úrovní středních hodnot ukázalo, že u příze 100% WO jemnosti 16,7 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **70% max**.

U přízi Nomex i 100% WO došlo ke stejnému efektu, jak je patrné z obr. 10 a 11, kdy při zvýšení úrovně podtlaku na **70% max** došlo ke zvýšení počtu silných míst. Následné zvýšení podtlaku na hodnotu **max** mělo za následek opět snižení počtu silných míst. Rozdíl v počtu silných míst mezi jednotlivými úrovněmi podtlaku je ale malý a tudíž z hlediska hlediska mechanicko-fyzikálních vlastností příze zanedbatelný.

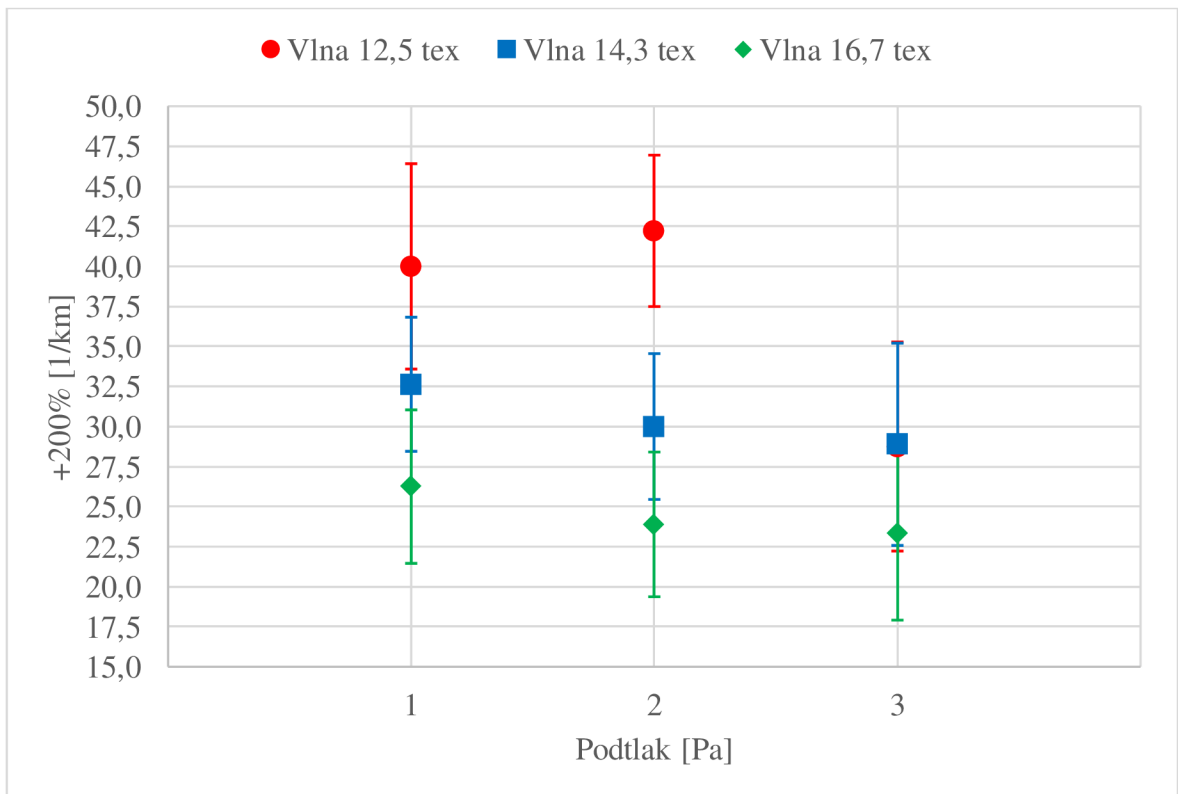
7.9.4. Výsledky měření nopkovitosti +200%

Tab. 23: Přehled zpracovaných výsledků naměřených hodnot nopkovitosti +200%

Nopky +200% [/km]							
Materiál	Jemnost příze T [tex]	Podtlak [Pa]	Nopky +200% [1/km]	Směrodatná odchylka s [1/km]	95% Interval spolehlivosti IS [1/km]		Variační koeficient [1/km]
Nomex	12,5	1	53,89	14,12	46,86	60,91	26,21
		2	49,03	11,67	43,23	54,83	23,80
		3	48,33	9,39	43,50	53,16	19,43
	14,3	1	29,58	9,32	24,95	34,22	31,52
		2	47,78	14,22	40,71	54,85	29,76
		3	44,31	10,10	39,11	49,50	22,80
	16,7	1	24,58	7,03	21,09	28,08	28,60
		2	26,81	9,77	21,95	31,66	36,45
		3	25,29	8,92	20,71	29,88	35,27
Vlna	12,5	1	40,00	12,89	33,59	46,41	32,23
		2	42,22	9,51	37,50	46,95	22,51
		3	28,75	12,70	22,22	35,28	44,16
	14,3	1	32,64	8,42	28,45	36,83	25,80
		2	30,00	9,16	25,45	34,55	30,52
		3	28,89	12,28	22,58	35,20	42,52
	16,7	1	26,25	9,63	21,46	31,04	36,70
		2	23,89	9,08	19,37	28,41	38,03
		3	23,33	10,54	17,92	28,75	45,16



Obr. 15 Graf – nopkovitost +200% příze Nomex



Obr. 16 Graf – nopkovitost +200% příze 100% WO

Tab. 24: Výsledky testu ANOVA

Nomex	200%		Vlna	200%	
jemnost materiálu	vliv velikosti podtlaku	p-hodnota	jemnost materiálu	vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
12,5	nevýznamný	0,319	12,5	významný	0,003
14,3	významný	<0,001	14,3	nevýznamný	0,524
16,7	nevýznamný	0,735	16,7	nevýznamný	0,639

Tab. 25: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál nomex 14,3 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
200%	podtlak min	podtlak 70% max	významný	<0,001
		podtlak max	významný	<0,001
	podtlak 70% max	podtlak min	významný	<0,001
		podtlak max	nevýznamný	0,635
	podtlak max	podtlak min	významný	0,001
		podtlak 70% max	nevýznamný	0,635

Tab. 26: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál vlna 12,5 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
200%	podtlak min	podtlak 70% max	nevýznamný	0,839
		podtlak max	významný	0,017
	podtlak 70% max	podtlak min	nevýznamný	0,839
		podtlak max	významný	0,003
	podtlak max	podtlak min	významný	0,017
		podtlak 70% max	významný	0,003

Na základě testu ANOVA na hladině významnosti 5% lze stanovit, že změna podtlaku v zhušťovací zóně dopřádacího stroje statisticky významně ovlivnila nopkovitost +200% přízí Nomex jemnosti 14,3 tex a přízí 100% WO jemnosti 12,5 tex.

Párové porovnání dvojic úrovní příze Nomex:

Párové porovnání dvojic úrovní středních hodnot ukázalo, že u příze Nomex jemnosti 14,3 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **70% max** a úrovněmi **min** a **max**.

U příze 14,3 tex došlo k nárůstu nopkovitosti při zvýšení úrovně podtlaku. Naopak u příze 12,5 tex došlo ke snížení nopkovitosti. Předpokladem bylo, že nopkovitost bude s rostoucí úrovní podtlaku klesat. Z naměřených hodnot vyplývá, že se tento předpoklad nenaplnil a příze nevykazují většinou ani žádné výraznější změny.

Párové porovnání dvojic úrovní příze 100% WO:

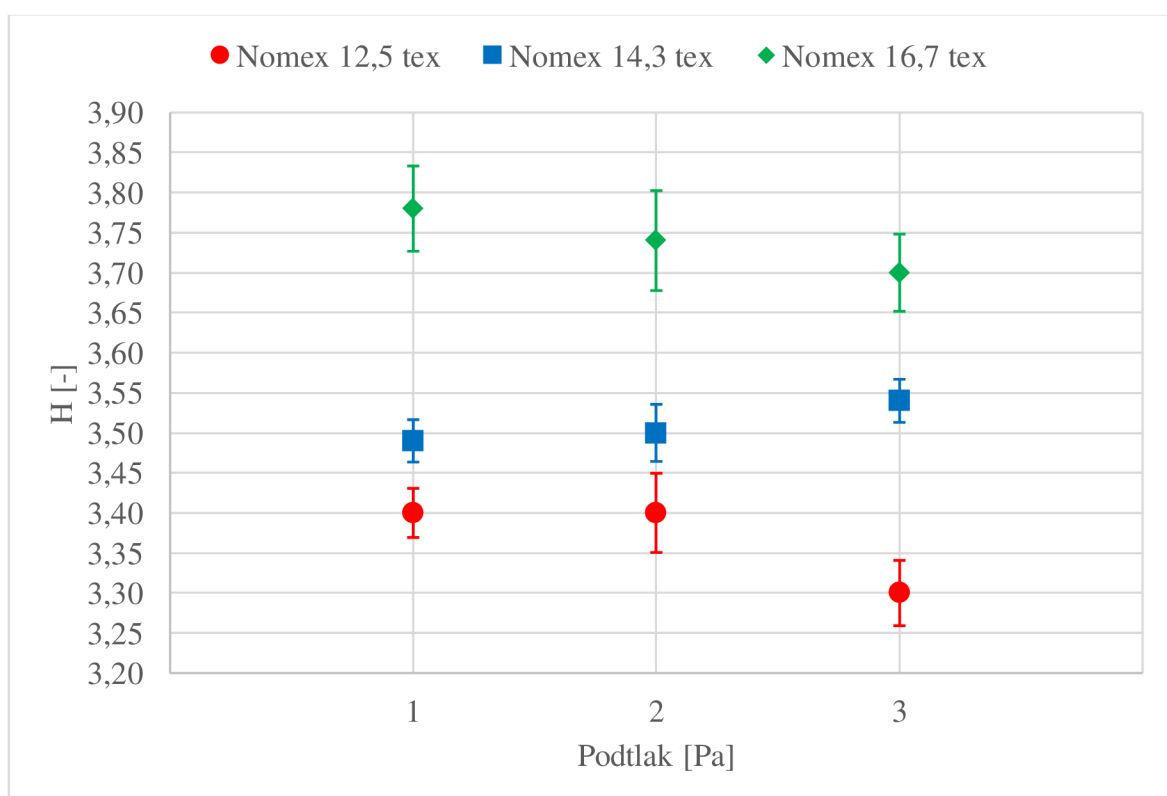
Párové porovnání dvojic úrovní středních hodnot ukázalo, že u příze 100% WO jemnosti 16,7 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **70% max** a **max** a úrovněmi **min** a **max**.

U přízí 100% WO je z obr. 16 patrný určitý trend ve vývoji nopkovitosti vzhledem k úrovni podtlaku. U příze 12,5 tex je sice určitý nárůst nopkovitosti u hodnoty podtlaku **70% max**, ale při podtlaku **max** je vidět značný pokles. Dá se tedy říci, že zde se předpoklad o snížení nopkovitosti vzhledem k rostoucí úrovni podtlaku potvrdil.

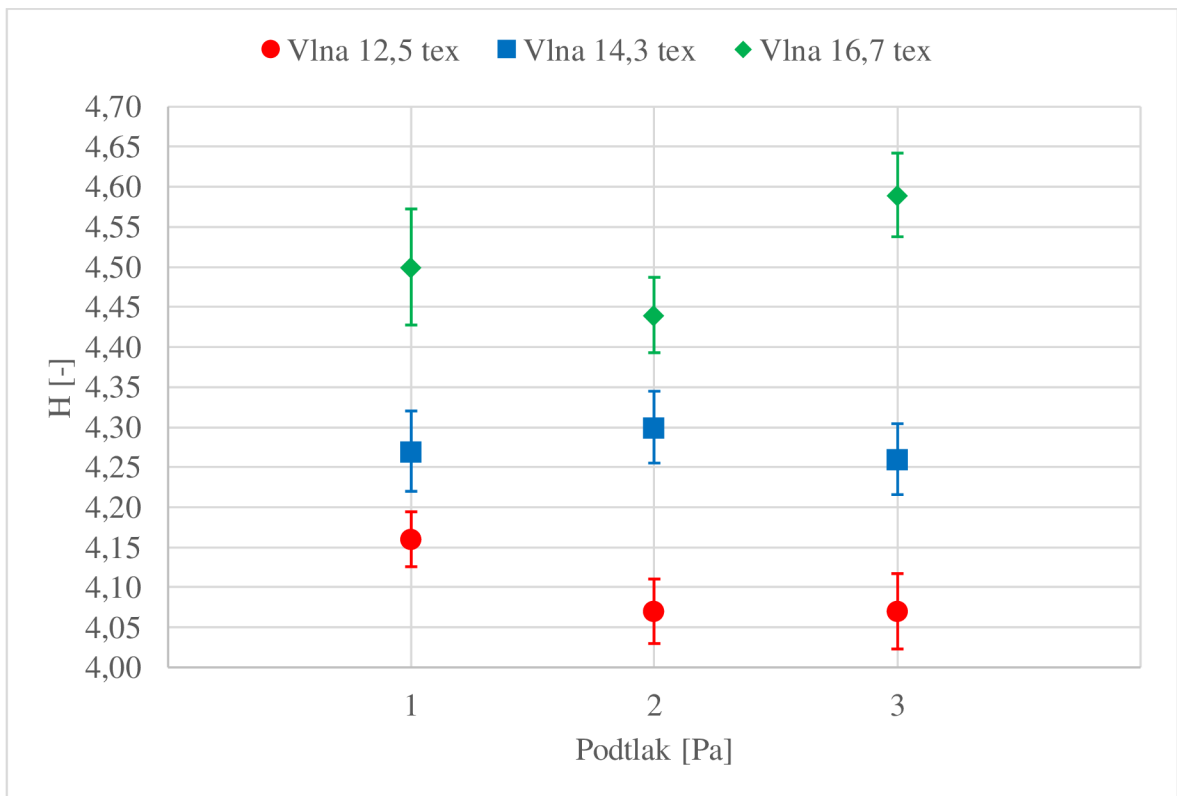
7.9.5. Výsledky měření chlupatosti H

Tab. 27: Přehled zpracovaných výsledků naměřených hodnot chlupatosti H

Chlupatost H							
Materiál	Jemnost přize T [tex]	Podtlak [Pa]	Chlupatost H [-]	Směrodatná odchylka s [-]	95% Interval spolehlivosti IS [-]		Variční koeficient [-]
Nomex	12,5	1	3,40	0,06	3,37	3,43	1,82
		2	3,40	0,10	3,35	3,45	2,92
		3	3,30	0,08	3,25	3,34	2,41
	14,3	1	3,49	0,05	3,47	3,52	1,53
		2	3,50	0,07	3,47	3,54	2,04
		3	3,54	0,05	3,52	3,57	1,48
	16,7	1	3,78	0,11	3,72	3,83	2,83
		2	3,74	0,13	3,68	3,80	3,35
		3	3,70	0,09	3,66	3,75	2,53
Vlna	12,5	1	4,16	0,07	4,12	4,19	1,66
		2	4,07	0,08	4,03	4,11	1,99
		3	4,07	0,09	4,03	4,12	2,25
	14,3	1	4,27	0,10	4,22	4,32	2,36
		2	4,3	0,09	4,25	4,34	2,10
		3	4,26	0,09	4,22	4,31	2,02
	16,7	1	4,50	0,15	4,43	4,57	3,24
		2	4,44	0,09	4,39	4,49	2,13
		3	4,59	0,10	4,53	4,64	2,22



Obr. 17 Graf – chlupatost H přize Nomex



Obr. 18 Graf – chlupatost H přize 100% WO

Tab. 28: Výsledky testu ANOVA

Nomex	H		Vlna	H	
	vliv velikosti podtlaku	p-hodnota		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
12,5	významný	<0,001	12,5	významný	0,003
14,3	významný	0,032	14,3	nevýznamný	0,592
16,7	nevýznamný	0,155	16,7	významný	0,002

Tab. 29: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál nomex 14,3 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
H	podtlak min	podtlak 70% max	nevýznamný	0,828
		podtlak max	významný	0,033
	podtlak 70% max	podtlak min	nevýznamný	0,828
		podtlak max	nevýznamný	0,120
	podtlak max	podtlak min	významný	0,033
		podtlak 70% max	nevýznamný	0,120

Tab. 30: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál nomex 12,5 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
H	podtlak min	podtlak 70% max	nevýznamný	0,992
		podtlak max	významný	<0,001
	podtlak 70% max	podtlak min	nevýznamný	0,992
		podtlak max	významný	<0,001
	podtlak max	podtlak min	významný	<0,001
		podtlak 70% max	významný	<0,001

Tab. 31: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál vlna 16,7 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
H	podtlak min	podtlak 70% max	nevýznamný	0,277
		podtlak max	významný	0,082
	podtlak 70% max	podtlak min	nevýznamný	0,277
		podtlak max	významný	0,001
	podtlak max	podtlak min	významný	0,082
		podtlak 70% max	významný	0,001

Tab. 32: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál vlna 12,5 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
H	podtlak min	podtlak 70% max	významný	0,007
		podtlak max	významný	0,009
	podtlak 70% max	podtlak min	významný	0,007
		podtlak max	nevýznamný	0,998
	podtlak max	podtlak min	významný	0,009
		podtlak 70% max	nevýznamný	0,998

Na základě testu ANOVA na hladině významnosti 5% lze stanovit, že změna podtlaku v zhušťovací zóně dopřádacího stroje statisticky významně ovlivnila chlupatost H přízí Nomex jemnosti 14,3 tex a 12,5 tex a dále přízí 100% WO jemnosti 16,7 tex a 12,5 tex.

Vyhodnocení párového porovnání dvojic příze Nomex:

Párové porovnání dvojic úrovní středních hodnot ukázalo, že u příze Nomex jemnosti 14,3 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **70% max** a úrovněmi **min** a **max**. U příze Nomex jemnosti 12,5 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **70% max** a **max** a úrovněmi **max** a **max**.

Vyhodnocení párového porovnání dvojic příze 100% WO:

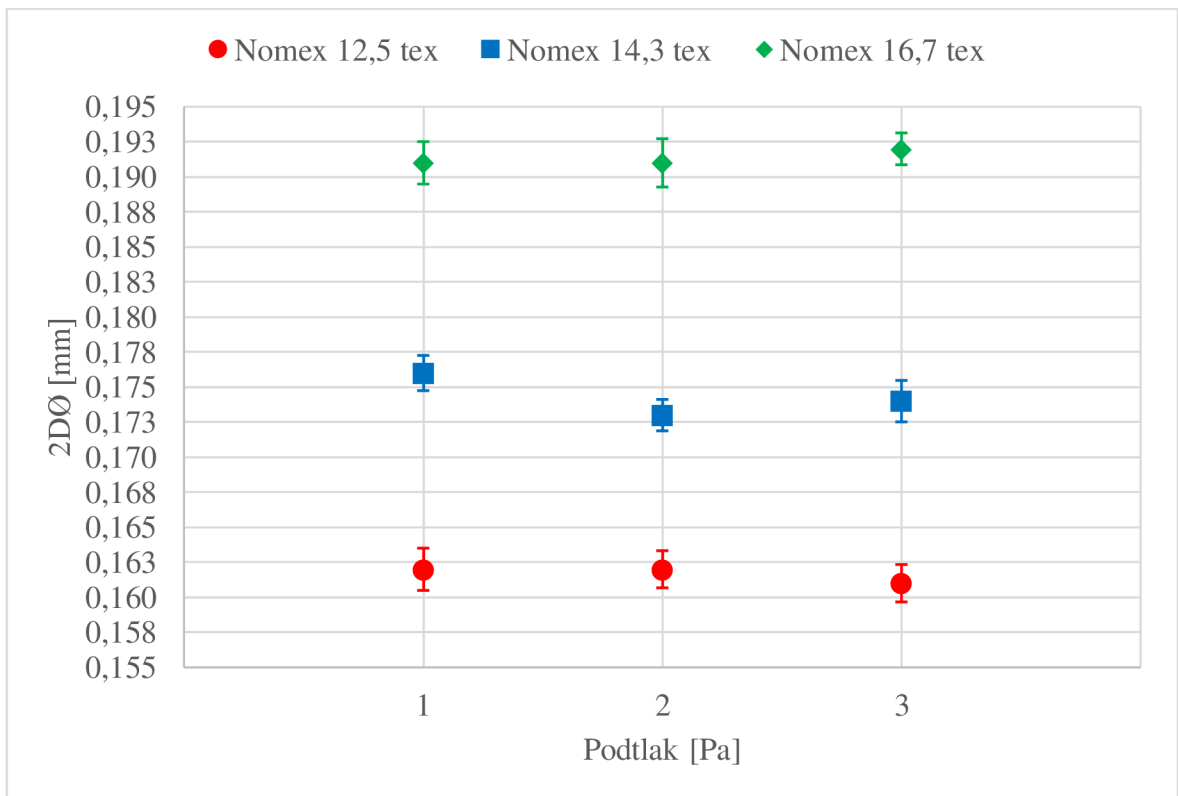
Párové porovnání dvojic úrovní středních hodnot ukázalo, že u příze 100% WO jemnosti 16,7 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **70% max** a **max** a úrovněmi **min** a **max**. U příze 100% WO jemnosti 12,5 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **70% max** a úrovněmi **min** a **max**.

Předpoklad, že zvýšení podtlaku povede ke snížení chlupatosti se jednoznačně nepotvrdil, neboť u různých přízí byla chlupatost pod tlakem ovlivněna různě, jak je patrné z obr. 14 a 15. K viditelnému snížení chlupatosti došlo jen u přízí jemnosti 12,5 tex, ovšem minimální. Chlupatost příze může být ovlivněna opotřebením běžce při výrobě příze, což by vysvětlilo nárůst chlupatosti u některých přízí.

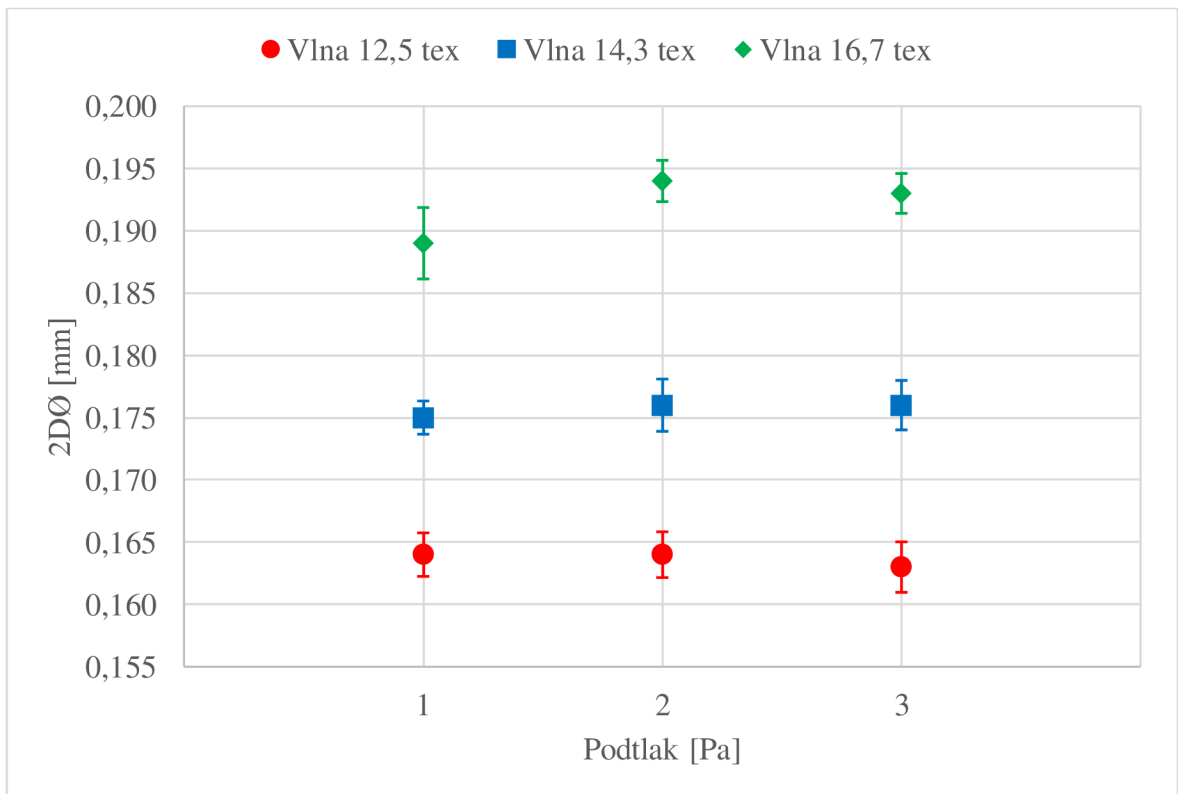
7.9.6. Výsledky měření průměru příze 2DØ

Tab. 33: Přehled zpracovaných výsledků naměřených hodnot průměru příze 2DØ

průměr příze 2DØ [mm]							
l	Jemnost příze T [tex]	Podtlak [Pa]	průměr příze 2DØ [mm]	Směrodatná odchylka s [mm]	95% Interval spolehlivosti IS [mm]		Variační koeficient [mm]
Nomex	12,5	1	0,162	0,003	0,160	0,163	1,878
		2	0,162	0,003	0,161	0,164	1,639
		3	0,161	0,003	0,160	0,163	1,610
	14,3	1	0,176	0,003	0,174	0,177	1,439
		2	0,173	0,002	0,172	0,174	1,299
		3	0,174	0,003	0,172	0,175	1,657
	16,7	1	0,191	0,003	0,190	0,193	1,592
		2	0,191	0,004	0,190	0,193	1,811
		3	0,192	0,002	0,190	0,193	1,155
Vlna	12,5	1	0,164	0,004	0,162	0,165	2,148
		2	0,164	0,004	0,162	0,166	2,259
		3	0,163	0,004	0,161	0,165	2,423
	14,3	1	0,175	0,003	0,174	0,176	1,535
		2	0,176	0,004	0,174	0,178	2,390
		3	0,176	0,004	0,174	0,178	2,191
	16,7	1	0,189	0,006	0,186	0,192	3,047
		2	0,194	0,003	0,192	0,195	1,721
		3	0,193	0,003	0,192	0,195	2,752



Obr. 19 Graf – průměru příze 2DØ příze Nomex



Obr. 20 Graf – průměru příze 2DØ příze 100% WO

Tab. 34: Výsledky testu ANOVA

Nomex	2DØ		Vlna	2DØ	
jemnost materiálu	vliv velikosti podtlaku	p-hodnota	jemnost materiálu	vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
12,5	nevýznamný	0,373	12,5	nevýznamný	0,665
14,3	významný	0,008	14,3	nevýznamný	0,383
16,7	nevýznamný	0,981	16,7	významný	0,005

Tab. 35: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál nomex 14,3 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
2DØ	podtlak min	podtlak 70% max	významný	0,008
		podtlak max	nevýznamný	0,051
	podtlak 70% max	podtlak min	významný	0,008
		podtlak max	nevýznamný	0,755
	podtlak max	podtlak min	nevýznamný	0,051
		podtlak 70% max	nevýznamný	0,755

Tab. 36: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál vlna 16,7 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
2DØ	podtlak min	podtlak 70% max	významný	0,006
		podtlak max	významný	0,024
	podtlak 70% max	podtlak min	významný	0,006
		podtlak max	nevýznamný	0,867
	podtlak max	podtlak min	významný	0,024
		podtlak 70% max	nevýznamný	0,867

Na základě testu ANOVA na hladině významnosti 5% lze stanovit, že změna podtlaku v zhušťovací zóně dopřádacího stroje statisticky významně ovlivnila průměru příze 2DØ přízí Nomex jemnosti 14,3 tex a přízí 100% WO jemnosti 16,7 tex.

Párové porovnání dvojic úrovní příze Nomex:

Párové porovnání dvojic úrovní středních hodnot ukázalo, že u příze Nomex jemnosti 14,3 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **70% max**.

Dle předpokladu by měla příze vyrobena s vyšší úrovní podtlaku mít menší průměr, neboť vyšší podtlak vede k většímu zhuštění vláken. Tento předpoklad se nepotvrdil, neboť některé příze měly naopak větší průměr při vyšší hodnotě podtlaku. Z hlediska mechanicko-fyzikálních vlastností příze jsou ovšem rozdíly zanedbatelné, jak je vidět na obr. 19.

Párové porovnání dvojic úrovní příze 100% WO:

Párové porovnání dvojic úrovní středních hodnot ukázalo, že u příze 100% WO jemnosti 16,7 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **70% max** a úrovněmi **70% max** a **max**.

Z hlediska statistického jsou mezi hodnotami statisticky významné rozdíly, nicméně při pohledu na vlastní hodnoty je patrné, že z hlediska mechanicko-fyzikálních vlastností příze jsou rozdíly zanedbatelné.

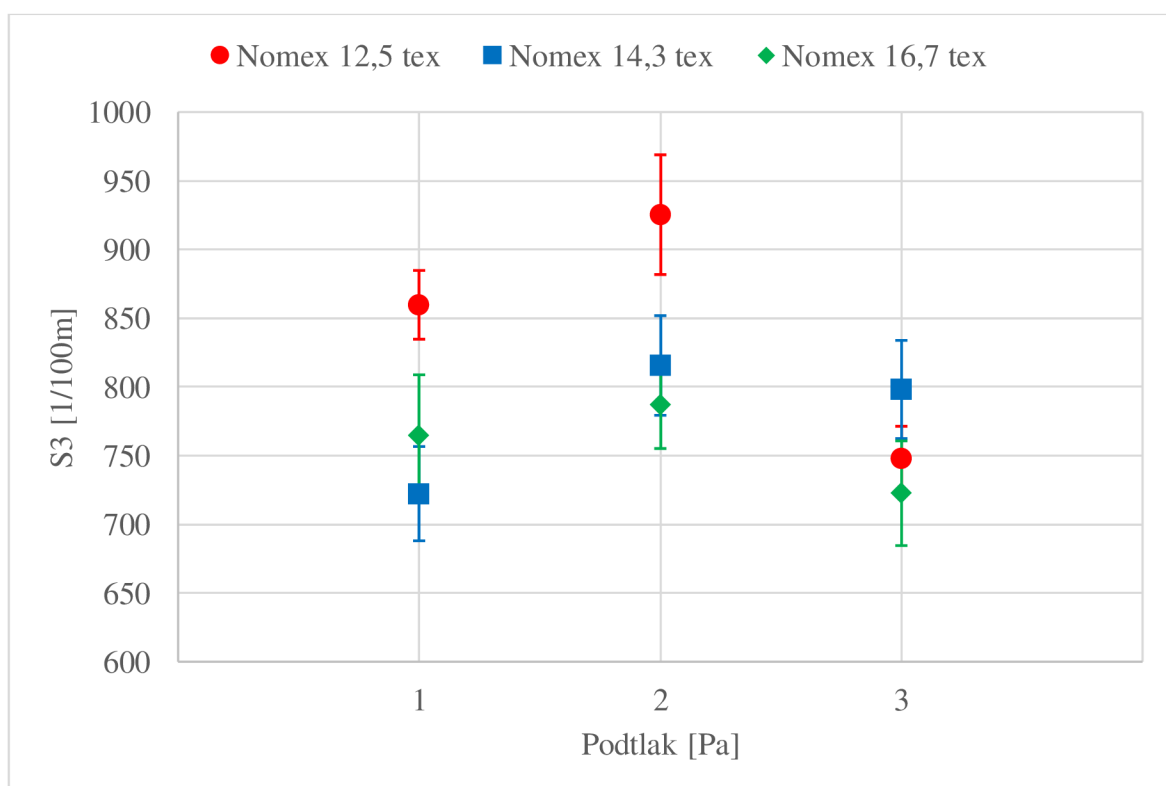
7.10. Měření chlupatosti na přístroji Zweigle G567

Na stroji Zweigle G567 bylo provedeno měření chlupatosti dle normy IN 42-102-01/01 - Vyhodnocení chlupatosti přízí. Z naměřených dat byla vyhodnocena chlupatost kategorie S3 a S12. Z každého potáče bylo provedeno 5 měření rychlostí 50m/min po dobu 2 minut. Všechny vzorky byly před měřením klimatizovány dle normy ČSNE ISO 139.

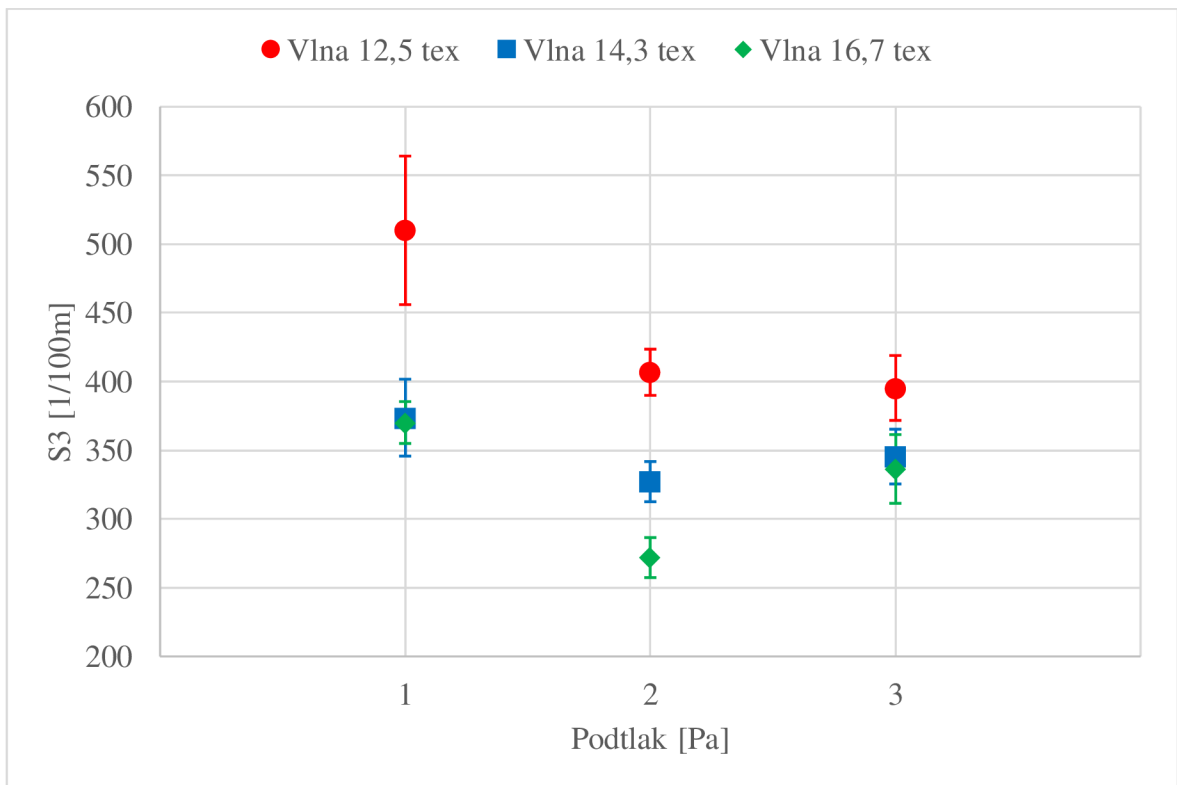
7.10.1. Výsledky měření chlupatosti S3

Tab. 37: Přehled zpracovaných výsledků naměřených hodnot chlupatosti S3

Chlupatost S3 [1/100m]							
Materiál	Jemnost příze T [tex]	Podtlak [Pa]	Chlupatost S3 [1/100m]	Směrodatná odchylka s [1/100m]	95% Interval spolehlivosti IS [1/100m]		Variační koeficient [1/100m]
Nomex	12,5	1	859,73	66,98	834,72	884,74	7,79
		2	925,37	116,69	881,80	968,94	12,61
		3	747,90	62,74	724,47	771,33	8,39
	14,3	1	722,31	85,69	689,72	754,90	12,48
		2	815,60	97,08	779,35	851,85	11,90
		3	798,10	95,74	762,35	833,85	12,00
	16,7	1	764,50	118,68	720,18	808,82	15,52
		2	786,83	84,53	755,27	818,40	10,74
		3	722,60	102,03	684,50	760,70	14,12
Vlna	12,5	1	510,10	144,78	456,04	564,16	28,38
		2	406,80	45,01	389,99	423,61	11,07
		3	395,37	62,61	371,99	418,75	15,57
	14,3	1	373,77	74,95	345,78	401,75	20,05
		2	327,23	39,16	312,61	341,86	11,97
		3	345,47	53,35	325,55	365,39	15,44
	16,7	1	370,23	40,76	355,01	385,45	11,01
		2	271,93	36,54	258,29	285,58	14,08
		3	336,43	67,05	311,40	361,47	19,93



Obr. 21 Graf – chlupatost S3 příze Nomex



Obr. 22 Graf – chlupatost S3 příze 100% WO

Tab. 38: Výsledky testu ANOVA

Nomex	S3		Vlna	S3	
	vliv velikosti podtlaku	p-hodnota		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
12,5	významný	<0,001	12,5	významný	<0,001
14,3	nevýznamný	0,606	14,3	významný	0,006
16,7	nevýznamný	0,055	16,7	významný	<0,001

Tab. 39: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál nomex 12,5 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
S3	podtlak min	podtlak 70% max	významný	0,009
		podtlak max	významný	<0,001
	podtlak 70% max	podtlak min	významný	0,009
		podtlak max	významný	<0,001
	podtlak max	podtlak min	významný	<0,001
		podtlak 70% max	významný	<0,001

Tab. 40: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál vlna 16,7 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
S3	podtlak min	podtlak 70% max	významný	<0,001
		podtlak max	významný	0,023
	podtlak 70% max	podtlak min	významný	<0,001
		podtlak max	významný	<0,001
	podtlak max	podtlak min	významný	0,023
		podtlak 70% max	významný	<0,001

Tab. 41: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál vlna 14,3 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
S3	podtlak min	podtlak 70% max	významný	0,004
		podtlak max	nevýznamný	0,120
	podtlak 70% max	podtlak min	významný	0,004
		podtlak max	nevýznamný	0,409
	podtlak max	podtlak min	nevýznamný	0,120
		podtlak 70% max	nevýznamný	0,409

Tab. 42: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál vlna 12,5 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
S3	podtlak min	podtlak 70% max	významný	<0,001
		podtlak max	významný	<0,001
	podtlak 70% max	podtlak min	významný	<0,001
		podtlak max	nevýznamný	0,880
	podtlak max	podtlak min	významný	<0,001
		podtlak 70% max	nevýznamný	0,880

Na základě testu ANOVA na hladině významnosti 5% lze stanovit, že změna podtlaku v zhušťovací zóně dopřádacího stroje statisticky významně ovlivnila chlupatost S3 přízí Nomex jemnosti 12,5 tex a dále přízí 100% WO jemností 16,7 tex, 14,3 tex a 12,5 tex.

Vyhodnocení párového porovnání dvojic úrovní příze Nomex:

Párové porovnání dvojic úrovní středních hodnot ukázalo, že u příze Nomex jemnosti 12,5 tex došlo ke statisticky významné změně mezi všemi úrovněmi podtlaku. Vliv velikosti podtlaku se u chlupatosti S3 nejvíce projevil u přízí jemnosti 12,5 tex jak je viditelné z obr. 18 a 19. Předpoklad, že s vyšší úrovní podtlaku budou mít příze nižší chlupatost se nepotvrdil.

Vyhodnocení párového porovnání dvojic úrovní příze 100% WO:

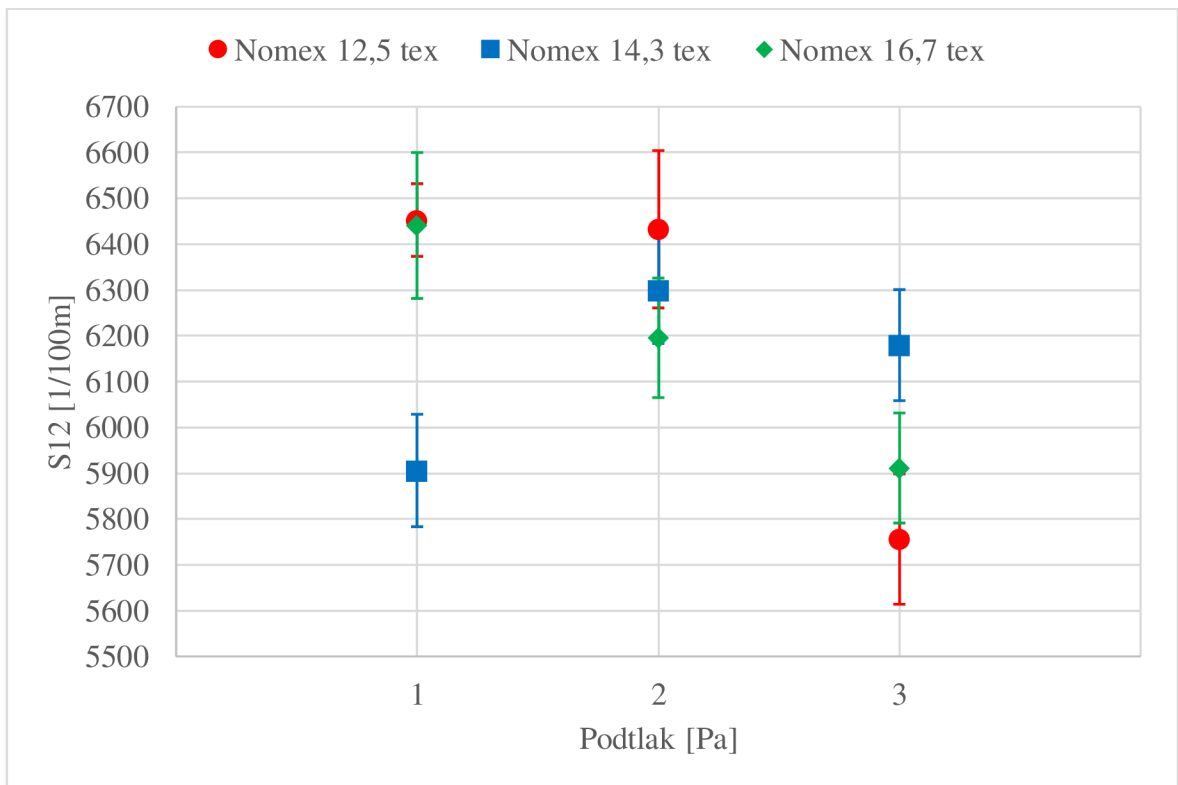
Párové porovnání dvojic úrovní středních hodnot ukázalo, že u příze 100% WO jemnosti 16,7 tex došlo ke statisticky významné změně mezi všemi úrovněmi podtlaku. U příze 100% WO jemnosti 14,3 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **70% max**. U příze 100% WO jemnosti 12,5 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **70% max** a úrovněmi **min** a **max**.

U příze 100% WO se velikost podtlaku, byť v menší míře projevila i u zbylých jemností příze a to pozitivně. U vlněných přízí lze tak konstatovat, že vyšší úroveň podtlaku vedla k nižší chlupatosti, byť nepatrné.

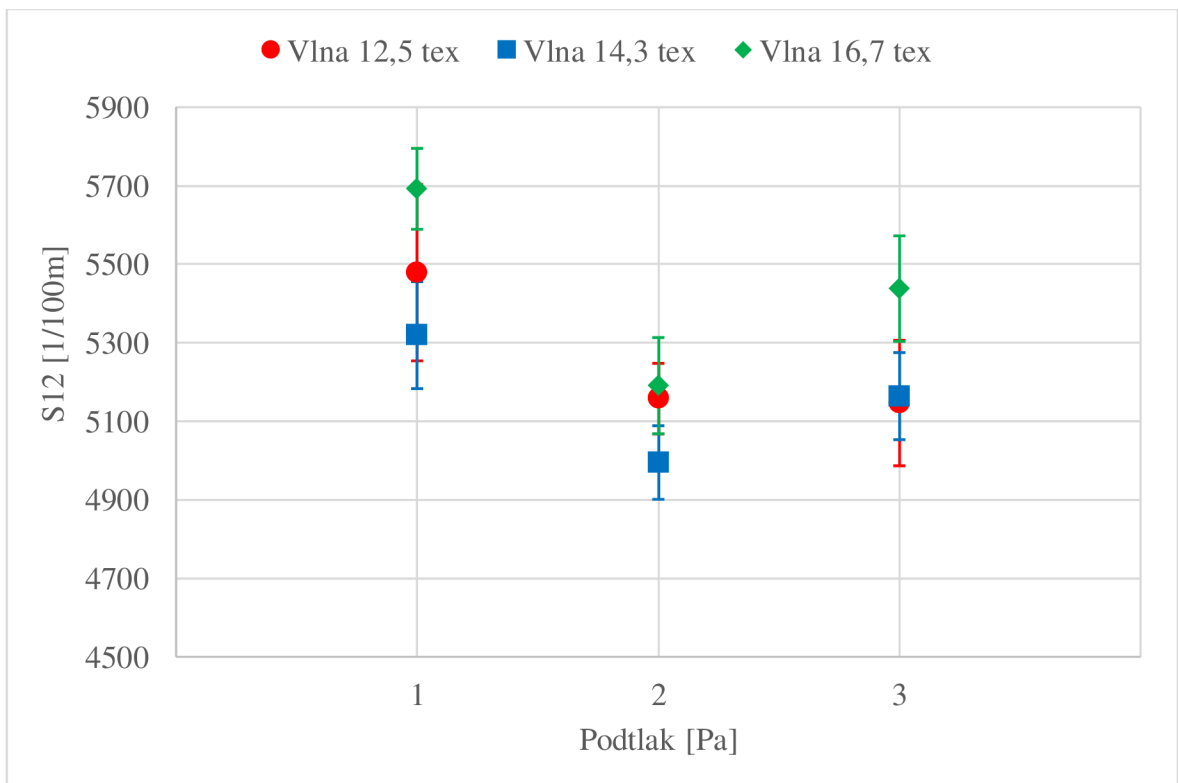
7.10.2. Výsledky měření chlupatosti S12

Tab. 43: Přehled zpracovaných výsledků naměřených hodnot chlupatosti S12

Chlupatost S12 [1/100m]							
Materiál	Jemnost příze T [tex]	Podtlak [Pa]	Chlupatost S12 [1/100m]	Směrodatná odchylka s [1/100m]	95% Interval spolehlivosti IS [1/100m]		Variační koeficient [1/100m]
Nomex	12,5	1	6452,77	212,42	6373,45	6532,09	3,29
		2	6432,73	459,73	6261,07	6604,40	7,15
		3	5756,27	381,24	5612,91	5898,62	6,62
	14,3	1	5906,07	339,89	5779,15	6032,98	5,45
		2	6300,00	312,82	6183,19	6416,81	4,97
		3	6179,63	324,48	6058,47	6300,79	5,25
	16,7	1	6440,80	426,65	6281,49	6600,11	6,62
		2	6195,57	349,36	6065,11	6326,02	5,64
		3	5911,37	321,72	5791,23	6031,50	5,44
Vlna	12,5	1	5478,53	601,71	5253,85	5703,22	10,98
		2	5157,67	240,65	5067,80	5247,53	4,67
		3	5146,46	408,25	4988,16	5304,77	8,16
	14,3	1	5319,27	364,57	5183,13	5455,40	6,85
		2	4994,97	250,83	4901,30	5088,63	5,02
		3	5163,93	297,05	5053,01	5274,85	5,75
	16,7	1	5692,13	276,08	5589,04	5795,22	4,85
		2	5190,75	307,69	5071,44	5310,06	6,19
		3	5437,83	360,27	5303,31	5572,36	6,63



Obr. 23 Graf – chlupatost S12 příze Nomex



Obr. 24 Graf – chlupatost S12 příze 100% WO

Tab. 44: Výsledky testu ANOVA

Nomex	S12		Vlna	S12	
jemnost materiálu	vliv velikosti podtlaku	p-hodnota	jemnost materiálu	vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
12,5	významný	<0,001	12,5	nevýznamný	0,481
14,3	významný	<0,001	14,3	významný	<0,001
16,7	významný	<0,001	16,7	nevýznamný	0,688

Tab. 45: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál nomex 16,7 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
S12	podtlak min	podtlak 70% max	významný	0,031
		podtlak max	významný	<0,001
	podtlak 70% max	podtlak min	významný	0,031
		podtlak max	významný	0,010
	podtlak max	podtlak min	významný	<0,001
		podtlak 70% max	významný	0,010

Tab. 46: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál nomex 14,3 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
S12	podtlak min	podtlak 70% max	významný	<0,001
		podtlak max	významný	0,004
	podtlak 70% max	podtlak min	významný	<0,001
		podtlak max	nevýznamný	0,316
	podtlak max	podtlak min	významný	0,004
		podtlak 70% max	nevýznamný	0,316

Tab. 47: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál nomex 12,5 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
S12	podtlak min	podtlak 70% max	nevýznamný	0,976
		podtlak max	významný	<0,001
	podtlak 70% max	podtlak min	nevýznamný	0,976
		podtlak max	významný	<0,001
	podtlak max	podtlak min	významný	<0,001
		podtlak 70% max	významný	<0,001

Tab. 48: ANOVA – párové porovnání dvojic úrovní

Materiál vlna 14,3 tex				
parametr	párované dvojice		vliv velikosti podtlaku	p-hodnota
S12	podtlak min	podtlak 70% max	významný	<0,001
		podtlak max	nevýznamný	0,121
	podtlak 70% max	podtlak min	významný	<0,001
		podtlak max	nevýznamný	0,083
	podtlak max	podtlak min	nevýznamný	0,121
		podtlak 70% max	nevýznamný	0,083

Na základě testu ANOVA na hladině významnosti 5% lze stanovit, že změna podtlaku v zhušťovací zóně dopřádacího stroje statisticky významně ovlivnila chlupatost S3 přízí Nomex jemností 16,7 tex, 14,3 tex a 12,5 tex a dále přízí 100% WO jemností 14,3 tex.

Vyhodnocení párového porovnání dvojic úrovní příze Nomex:

Párové porovnání dvojic středních hodnot ukázalo, že u příze Nomex jemnosti 16,7 tex došlo ke statisticky významné změně mezi všemi úrovněmi podtlaku. U příze Nomex jemnosti 14,3 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **70% max** a úrovněmi **min** a **max**. U příze Nomex jemnosti 14,3 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **70% max** a úrovněmi **70% max** a **max**.

Jednoznačný trend ve snížení chlupatosti při použití vyšší úrovně podtlaku je viditelné u příze 16,7 tex. U příze 12,5 tex je snížení viditelné pouze u použití **max** podtlaku. U těchto dvou přízí je tedy předpoklad o snížení chlupatosti vlivem vyšší úrovně podtlaku potvrzen. Nicméně příze 14,3 tex tento předpoklad nepotvrzuje.

Vyhodnocení párového porovnání dvojic úrovní příze 100% WO:

Párové porovnání dvojic úrovní středních hodnot ukázalo, že u příze 100% WO jemnosti 14,3 tex došlo ke statisticky významné změně mezi úrovněmi podtlaku **min** a **70% max**.

U příze 14,3 tex došlo ke snížení chlupatosti při použití podtlaku **70% max** avšak při zvýšení podtlaku na **max** došlo opět ke zvýšení chlupatosti. zbylé příze vykazují podobné chování, avšak rozdíly nejsou tolik významné. zde tedy k potvrzení předpokladu o snížení chlupatosti vlivem vyšší úrovně podtlaku nedošlo.

Závěr

Cílem této práce bylo zjistit vliv velikosti podtlaku na kompaktním dopřádacím stroji EliiTe od firmy Suessen. Příze vyrobené firmou Schoeller Křešice s.r.o. byly podrobeny měření v laboratoři TUL na přístrojích Uster Tester 4 SX, Zweigle G567 a Instron 4411. Měřenými parametry byly pevnost, tažnost, chlupatost, nestejnomyšnost a vady příze (slabá místa -50%, silná místa +50%, počet nopků +200%). Součástí rešeršní části je technologický postup výroby vlnařské příze česané a obecná charakteristika použitých vlákných materiálů.

Dle dosavadních výzkumů a studií bylo předpokladem, že vyšší podtlak bude mít za následek určité zlepšení uvedených vlastností. Tato práce se nezabývala porovnáním vyrobených kompaktních přízí s konvenčními prstencovými přízemi, ale pouze porovnáním vlastností v rámci kompaktních přízí.

Vzorky pro experimentální část byly vyrobeny ve třech úrovních jemnosti a to 12,5 tex, 14,3 tex a 16,7 tex. Každá sada vzorků přízí o dané jemnosti byla vyrobena ve třech úrovních podtlaku a to **min**, **70% max** a **max**. V tabulkách jsou tyto hodnoty uvedeny jako podtlak 1, 2 a 3.

Předpokladem bylo, že příze vyrobené s vyšší úrovní podtlaku budou vykazovat lepší mechanické vlastnosti. A to jak u přízí Nomex, tak u přízí 100% WO. Tento předpoklad vychází z dosavadních studií a také z vlastností technologie kompaktního dopřádacího stroje samotného.

Pro vyhodnocení výsledků byly vypočteny střední hodnoty měřených vlastností, jejich 95% intervaly spolehlivosti a variační koeficient. Dále pak byla použita statistická metoda ANOVA jednofaktorová pro zjištění vlivu faktoru podtlaku. Výsledky byly uceleny do tabulek a zpracovány graficky. V neposlední řadě byla data vyhodnocena a porovnána s předpoklady o změně vlastností přízí vlivem úrovně podtlaku.

Výsledky měření pevnosti příze Nomex na přístroji Instron a jejich statistické vyhodnocení analýzou ANOVA ukázaly u některých vzorků významný vliv podtlaku vzduchu. Analýza ANOVA a párové porovnání dvojic odhalily statisticky významné změny v poměrné pevnosti příze, nicméně jejich změny neodpovídají předpokladům, že zvýšení úrovně podtlaku vzduchu povede ke zvýšení pevnosti příze.

Výsledky měření tažnosti příze Nomex na přístroji Instron a jejich statistické vyhodnocení analýzou ANOVA ukázaly podobný trend, jako u měření pevnosti. Analýza ANOVA a párové porovnání dvojic sice ukázaly statisticky významné změny u některých vzorků, nicméně práce [10] uvádí, že pokud v přízi nejsou přítomna přírodní vlákna, vliv podtlaku je při kompaktním dopřádacím stroji na výslednou pevnost příze menší. U některých přízí Nomex je vidět nárůst tažnosti vzhledem k úrovni podtlaku, což odpovídá předpokladu.

Výsledky měření pevnosti příze 100% WO na přístroji Instron a jejich statistické vyhodnocení analýzou ANOVA ukázaly minimální vliv podtlaku vzduchu na výslednou poměrnou pevnost příze. Z hlediska statistického sice ANOVA a párové porovnání dvojic objevilo statisticky významnou změnu poměrné pevnosti, nicméně celkový trend neodpovídá předpokladu o zvýšení pevnosti při zvýšení podtlaku vzduchu. z hlediska vlastností příze jsou rozdíly minimální.

Výsledky měření tažnosti příze 100% WO na přístroji Instron a jejich statistické vyhodnocení analýzou ANOVA ukázaly statisticky významné změny v tažnosti příze vzhledem k velikosti podtlaku vzduchu. U hrubších přízí došlo k výraznému poklesu tažnosti vlivem zvýšení podtlaku, což neodpovídá předpokladům. Naopak jemnější příze vykazovaly při vyšší úrovni podtlaku vyšší tažnost, což předpokladům odpovídá.

Výsledky měření nestejnomyšernosti příze Nomex na přístroji Uster Tester a jejich statistické vyhodnocení analýzou ANOVA neukázaly významný vliv podtlaku vzduchu. Párové porovnání dvojic sice ukázalo určité statisticky významné změny v nestejnomyšernosti u některých přízí, ale rozdíly jsou minimální. Významný vliv na hodnotu nestejnomyšernosti příze může mít nestejnomyšernost předlohy, jak je již zmíněno v práci [20], ale to nebylo součástí této práce.

Výsledky měření nestejnomyšernosti příze 100% WO na přístroji Uster Tester a jejich statistické vyhodnocení analýzou ANOVA ukázaly pouze drobné změny v nestejnomyšernosti vlivem úrovně podtlaku. Statisticky významné rozdíly byly odhaleny pouze u nejhrubší příze. Z hlediska mechanicko-fyzikálních vlastností příze ovšem není rozdíl významný, jelikož se jedná o rozdíly v řádech procent.

Výsledky měření počtu vad $\pm 50\%$ a nopkovitosti $+200\%$ příze Nomex na přístroji Uster Tester a jejich statistické vyhodnocení analýzou ANOVA ukázaly statisticky významnější vliv podtlaku na počty vad u některých přízí. Výraznější změny jsou především u nopkovitosti příze, kdy u jemnější příze je viditelný trend ve snížení nopkovitosti a počtu silných míst při vyšší úrovni podtlaku vzduchu. Jednoznačný trend ve snížení počtu vad ovšem není zřejmý.

Výsledky měření počtu vad $\pm 50\%$ a nopkovitosti $+200\%$ příze 100% WO na přístroji Uster Tester a jejich statistické vyhodnocení analýzou ANOVA ukazují podobný trend, jako u příze Nomex. U nopkovitosti je ale lépe patrný trend ve snížení nopkovitosti vzhledem k vyšší úrovni podtlaku. Z hlediska statistického jsou zde výraznější rozdíly.

Je zřejmé, že počet vad je velikostí podtlaku relativně výrazně ovlivněn a jak je zmíněno již v práci [20], byla by tu možnost dalšího zkoumání vlivu velikosti podtlaku na počet vad v přízi.

Výsledky měření chlupatosti příze Nomex na přístroji Uster Tester a jejich statistické vyhodnocení analýzou ANOVA ukázaly na statisticky významný vliv velikosti podtlaku vzduchu u hrubší a jemnější příze. Vliv odpovídal předpokladu, že vyšší podtlak bude mít vliv na snížení chlupatosti. Dalším vlivem na chlupatost může mít i opotřebení částí dopřádacího stroje, např. běžce, což je možná důvod, proč příze střední jemnosti neodpovídala předpokladům.

Výsledky měření chlupatosti příze 100% WO na přístroji Uster Tester a jejich statistické vyhodnocení analýzou ANOVA ukázal na opačný trend než u příze Nomex. Nejhrubší příze vykazovala vyšší chlupatost při vyšší úrovni podtlaku. Je možné že to mohlo být způsobeno opotřebením běžce na dopřádacím stroji. Naopak nejjemnější příze se chovala dle předpokladu.

Výsledky měření chlupatosti příze Nomex na přístroji Zweigle a jejich statistické vyhodnocení analýzou ANOVA ukázaly statisticky významné změny v chlupatosti přízí, avšak ne dle předpokladu. Vliv velikosti podtlaku se projevil pouze u některých přízí, kde

se zvýšením podtlaku vzduchu na hodnotu **max** došlo ke snížení chlupatosti. Celkově se ale dá říci, že předpoklad o snížení chlupatosti při zvýšení úrovně podtlaku vzduchu nebyl potvrzen. Pouze u nejjemnější příze lze říci, že zvýšení podtlaku vedlo ke snížení chlupatosti.

Výsledky měření chlupatosti příze 100% WO na přístroji Zweigle a jejich statistické vyhodnocení analýzou ANOVA ukázal podobný trend, jako u příze Nomex. Hodnoty chlupatosti ve většině případů s vyšší úrovní podtlaku klesly. Především opět u nejjemnější příze.

Výsledky měření průměru příze Nomex na přístroji Uster Tester a jejich statistické vyhodnocení analýzou ANOVA sice ukázaly statisticky významné změny v průměru příze. Předpokladem bylo, že vyšší úroveň podtlaku povede k většímu zhuštění vláken v těle příze. Nicméně tento předpoklad se nepotvrdil.

Výsledky měření průměru příze 100% WO na přístroji Uster Tester a jejich statistické vyhodnocení analýzou ANOVA sice ukázaly statisticky významné změny v průměru příze. U hrubší příze byl vliv značný, ale negativně, neboť příze měla při vyšší úrovní podtlaku větší průměr. Ostatní příze nevykazovali statisticky významnější rozdíly. I zde tedy lze říci, že předpoklad se nepotvrdil.

Výsledky statistické analýzy ukázaly, že vliv velikosti podtlaku vzduchu je na výsledné vlastnosti minimální. Výraznější vliv má především na počty vad v přízi. Ve sledovaných vlastnostech není v podstatě ani jednoznačný trend vlivu podtlaku na dané vlastnosti. Z výsledků je také patrné, že je zde i velký vliv materiálu příze. Dalšími parametry, které mohou ovlivňovat vlastnosti jsou například opotřebení částí stroje. Tyto faktory nebyly v této práci zkoumány, a tudíž není možné prokazatelně určit jejich vliv.

Celkovým závěrem je, že předpoklad o tom, že vyšší úroveň podtlaku bude mít pozitivní vliv na mechanicko-fyzikální vlastnosti příze, je nesprávný. Je evidentní, že na různé vlastnosti má podtlak různý vliv, takže nelze jednoznačně určit celkový vliv podtlaku vzduchu na vlastnosti příze.

O tom, jaký vliv má velikost podtlaku vzduchu lze diskutovat. Je zjevné, že podtlak není hlavním parametrem, který by ovlivňoval mechanicko-fyzikální vlastnosti kompaktní příze. V porovnání s konvenční prstencovou přízí bude kompaktní příze vycházet vždy lépe, neboť tato technologie skýtá velké výhody a příze vyrobené touto technologií mají prokazatelně lepší vlastnosti. Nicméně by bylo vhodné zaměřit se na hledání optimální velikosti podtlaku, která by pozitivně ovlivnila všechny mechanicko-fyzikální vlastnosti příze a která by byla nejlepší a nejvýhodnější z hlediska technologického a ekonomického.

Vzhledem k tomu, jaké výhody skýtá technologie kompaktního dopřádání, by stálo za to provést rozsáhlejší výzkum o vlivu podtlaku na různé materiály přízí a na větší škálu jemností.

Zdroje:

1. Ursíny, Petr.: Předení I. Liberec: Skriptum TUL, 2001
2. Ursíny, Petr.: Předení II. Liberec: Skriptum TUL, 2001
3. Ursíny, Petr.: Sprádnání vlnářským způsobem. Liberec: Skriptum TUL, 1987
4. Nováčková, Jana. Kompaktní příze - tvorba, struktura, vlastnosti. Systém projektování., 2002
5. <https://www.suessen.com/>
6. Kumar, K. R. Salhotra, S. M. Ishtiaque: Compact Spinning: A Critical Review, 2003
7. Zunjarrao B. Kambale: Compact Spinning System: Types, Advantages and Disadvantages, 2013
8. Md. Jasimuddin Mandal: An Overview of Developments in Yarn Spinning Technology, 2013
9. Spinnovation, The magazine for spinning mills, No. 16, 9/2001
10. Çelik, Pinar a Kadoğlu, Hüseyin. A Research on the Compact Spinning for Long Staple Yarns. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe. October / December 2004, 2004, Sv. Vol. 12, No. 4.
11. Nikolić, Momir a Stjepanović, Zoran. Compact Spinning for Improved Quality of Ring-Spun Yarns. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe. 2003, Sv. Vol. 11, No. 4.
12. Altas, Sevda a Kadoğlu, Hüseyin. Comparison of Conventional Ring, Mechanical Compact and Pneumatic Compact Yarn Spinning Systems. Journal of Engineered Fibers and Fabrics . Volume 7, 2013, Sv. Issue 1.
13. Mahmood, Nasir a Jamil, Ahmad, Nisar. Comparative Study of Compact Versus Ring Spinning for Neps in Cotton Yarn. International journal of agriculture & Biologi. Vol. 6, 2003, No. 1.
14. Yilmaz, Demet, Göktepe, Fatma a Křemenáková, Dana. Packing Density of Compact Yarns. Textile Research Journal. 11. 21 2007, stránky 661 - 667.
15. Militký, Jiří.: TEXTILNÍ VLÁKNA Klasické a speciální. Liberec: Skriptum TUL, 2012
16. <https://www.cognetex.com/>
17. Militký, Jiří a Meloun, Milan. Statistická analýza experimentálních dat. Praha : Akademie věd České republiky, 2004. ISBN 80-200-1254-0.
18. Jirásková, P.: Přednáška předmětu Předení. Předení: Dopřádnání na prstencových dopřádacích strojích. Liberec: Technická univerzita v Liberci. [cit. 2023-11-03]
19. Jirásková, P.: Přednáška předmětu Tvorba a vlastnosti délkových textilií. 3. přednáška – Vyhodnocování hmotné nestejnomy. Liberec: Technická univerzita v Liberci. [cit. 2023-11-03]
20. Bc. Juhás, M. *Vliv seřizení kompaktního prstencového dopřádacího stroje na vlastnosti vypředené příze.*, Liberec 2015. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Ing. Eva Moučková, Ph.D.
21. Tomková, P.: Přednáška předmětu Zkoušení textilií. Geometrické charakteristiky přízí. Liberec: Technická univerzita v Liberci. [cit. 2023-01-03]
22. Tomková, P.: Návod na cvičení. Úloha zákruty. Postup měření. Liberec: Technická univerzita v Liberci. [cit. 2023-01-03]