



Odolnost proti mechanickému opotřebení povrchu u tkanin s ohledem na vazbu, materiál a dostavu

Diplomová práce

Studijní program: N3957 – Průmyslové inženýrství
Studijní obor: 3901T073 – Produktové inženýrství
Autor práce: **Bc. Ondřej Lux**
Vedoucí práce: Ing. Miroslava Pechočiaková, Ph.D.



Resistance to mechanical abrasion on fabrics according to weave, material and threads per centimetre

Master thesis

Study programme: N3957 – Industrial Engineering

Study branch: 3901T073 – Product Engineering

Author: **Bc. Ondřej Lux**

Supervisor: Ing. Miroslava Pechočiaková, Ph.D.



Podklad pro zadání DIPLOMOVÉ práce studenta

PŘEDKLÁDÁ:	ADRESA	OSOBNÍ ČÍSLO
Bc. Lux Ondřej	Jana Palacha 1102, Mladá Boleslav - Mladá Boleslav II	T15000050

TÉMA ČESKY:

Odolnost proti mechanickému opotřebení povrchu u tkanin s ohledem na vazbu, materiál a dostavu

TÉMA ANGLICKY:

Resistance to mechanical abrasion on fabrics according to weave, material and threads per centimetre

VEDOUCÍ PRÁCE:

Ing. Miroslava Pechočiaková, Ph.D. - KMI

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Proveďte literární průzkum a vypracujete rešerši na téma hodnocení změn povrchu textilií pomocí různých metod.
2. Vytvořte vzorovou škálu vzorků tak, aby byly zastoupeny různé materiály, vazby a dostavy a zároveň u každého vzorku byl změněn pouze jeden z těchto tří faktorů.
3. Změřte povrchové vlastnosti na vzorové škále před a po nasimulovaní mechanického opotřebení povrchu několika různými metodami.
4. Na základě výsledků měření z těchto metod porovnejte korelaci všech měření a určete, které faktory nejvíce ovlivňují odolnost textilie proti oděru.

SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY:

- [1] Miličák J., Bajzík, V.: Surface Roughness and Fractal Dimension. Journal of the Textile Institute, Vol. 92, 95-98 (2001).
- [2] Bajzík, V.: Hodnocení omaku textilií, disertační práce, TU v Liberci, 2009
- [3] SELIGOVÁ, Martina. Porovnání metod měření drsnosti textilií: The comparison of methods for textile roughness measuring. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004.

Podpis studenta:

Datum:

Podpis vedoucího práce:

Datum:

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

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

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

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Anotace

Cílem této práce je určení významnosti faktorů textilie, materiál, vazba a dostava, ovlivňující odolnost proti mechanickému opotřebení povrchu textilie. Stanovení předpisu, který z těchto faktorů nejvíce ovlivňuje odolnost proti oděru.

Určení nejvýznamnějšího faktoru ovlivňujícího odolnost proti mechanickému opotřebení textilie, pomůže konstruktérovi lépe navrhnout parametry textilie tak, aby co nejlépe odolávala mechanickému namáhání povrchu a tím rozvláknění a následnou tvorbu žmolků, při zachování funkčnosti textilie. Předpis, který bude výstupem této práce, pomůže konstruktérovi vhodně zvolit materiál, vazbu a dostavu.

Klíčová slova: odolnost proti mechanickému opotřebení, parametry textilie, rozvláknění, žmolkovitost

Annotation

The aim of this work is to determine the significance of fabric factors material, weave and threads per centimetre, that affect the mechanical resistance of the fabric surface. Determining which of these factors most influences abrasion resistance.

Define which of these factors most influencing resistance to mechanical abrasion of fabrics, which will help the designer to better define the fabric parameters to withstand the mechanical abrasion of the surface and thereby the fuzzing and subsequent formation of the jam while maintaining the functionality of the fabric. The prescription, which will be the output of this work, will help the designer to choose material, weave and threads per centimetre best suited for resist mechanical abrasion.

Key words: resist to mechanical abrasion, fabric parameters, fuzzines, pilling

Poděkování

Rád bych poděkoval paní Ing. Miroslavě Pechočiakové, Ph.D. za vedení mé diplomové práce, za jeho ochotu i vstřícnost a cenné rady.

Dále bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Vladimíru Bajzíkovi za pomoc se statistickým vyhodnocením výsledků měření.

V neposlední řadě bych také rád poděkoval celé katedře KMI za ochotu a vstřícnost při práci v laboratořích.

Obsah

Seznam zkratk a symbolů	9
1 Úvod	10
1.1 Přehled současné situace	11
2 Literární rešerše	15
2.1 Drsnost povrchu	15
2.2 Rozvláknění povrchu.....	17
2.2.1 Jak zabráňovat rozvláknění	18
2.2.2 Testování odolnosti textilie proti rozvláknění	20
2.2.2.1 Rozvláknění povrchu na přístroji Martindale.....	20
2.2.2.2 Žmolkovitost na přístroji ICI.....	21
2.2.2.3 Žmolkovitost na komorovém žmolkovacím stroji	22
2.3 Způsoby hodnocení rozvláknění	22
2.3.1 Subjektivní metoda.....	22
2.3.2 Objektivní metody.....	24
2.3.2.1 Obrazová analýza	27
3 Experimentální část	29
3.1 Popis vzorků	30
3.1.1 Materiál vzorků	30
3.1.2 Vazba vzorků	31
3.1.3 Dostava vzorků.....	31
3.2 Popis přístrojů	32
3.2.1 Systém KES.....	33
3.2.2 Obrazová analýza	35
3.2.3 Subjektivní metoda.....	35

3.3 Statistické metody	37
4 Diskuze výsledků	38
4.1 Subjektivní metoda.....	38
4.2 Systém KES.....	42
4.3 Úbytek hmotnosti	46
4.4 Obrazová analýza	49
4.5 Grafické hodnocení	53
5 Analýza výsledků	56
5.1 Analýza výsledků s ohledem na vazbu.....	56
5.2 Analýza výsledků s ohledem na materiál	61
5.3 Analýza výsledků s ohledem na dostavu.....	67
6 Závěr.....	72
7 Použitá Literatura	78
8 Seznam obrázků	80
9 Seznam tabulek	82

Seznam zkratk a symbolů

KES	Kawabata Evaluation Systém
ČSN	Česká Státní Norma
EN	Evropská Norma
ISO	International Organization for Standardization
3D	Trojrozměrný model
ICI	Inline Coherent Imaging
CO	Cotton (Bavlna)
POP	Polypropylen

1 Úvod

Cílem této práce je určení významnosti faktorů textilie, materiál, vazba a dostava, ovlivňující odolnost proti mechanickému opotřebení povrchu textilie. Stanovení předpisu, který z těchto faktorů nejvíce ovlivňuje odolnost proti oděru.

Určení nejvýznamnějšího faktoru ovlivňujícího odolnost proti mechanickému opotřebení textilie, pomůže konstruktérovi lépe navrhnout parametry textilie tak, aby co nejlépe odolávala mechanickému namáhání povrchu a tím rozvláknění a následnou tvorbu žmolků, při zachování funkčnosti textilie. Předpis, který bude výstupem této práce, pomůže konstruktérovi vhodně zvolit materiál, vazbu a dostavu.

Byla sestavena škála vzorků, obsahující textilie z bavlny, polypropylenu a jejich směsi v poměru 65:35. Každá textilie, z těchto čtyř druhů materiálu, je ve škále zastoupena v plátňové, keprové a atlasové vazbě a to jednou s hustší dostavou útku a jednou s řidší. Hodnota hustěji dostavených textilií se pohybuje okolo 20 nití na centimetr. U textilií s nižší dostavou se tato hodnota pohybuje okolo 10 nití na centimetr. Dostava byla volena v závislosti na dostupnosti textilií pro sestavení škály. Na této škále bylo provedeno měření drsnosti povrchu pomocí třech různých metod. První metodou je Kawabata Evaluation System, u které mechanický snímač zaznamenává nerovnosti povrchu. Druhou metodou je obrazová analýza, u které je povrch textilie ohnuté přes hranu snímán kamerou a následně pomocí softwaru vyhodnoceny výškové charakteristiky profilu. Třetí metodou je subjektivní hodnocení pomocí etalonů, vycházející z normy ČSN EN ISO 12945 (80 0837). Na textiliích bylo následně nasimulováno mechanické opotřebení na přístroji Martindale a celá škála vzorků byla podrobena opětovnému měření všemi metodami. Hodnoty opotřebení ze všech metod byly porovnány a statisticky vyhodnoceny za účelem zjištění těch faktorů, které nejvíce ovlivnily odolnost proti mechanickému namáhání.

1.1 Přehled současné situace

Tato diplomová práce vychází z metod hodnocení drsnosti textilie. Tyto metody se dělí dle dvou hlavních principů a to na metody kontaktní a bezkontaktní. Mezi nejvíce používané kontaktní metody patří Kawabata systém (KES). Mezi bezkontaktní metody lze zařadit měření pomocí laserových systémů nebo hodnocení pomocí obrazové analýzy. Souhrn vybraných studií, popisující metody pro objektivní hodnocení povrchu je uveden níže.

Autoři studie [1] popsali komplexní hodnocení povrchu textilie na základě změny výšky profilu pomocí systému Kawabata (KES). Hlavním cílem této studie byl popis výkonové spektrální hustoty, dále variogram chování a klasifikace výšky profilu povrchu do skupin. Jednotlivé skupiny, charakteristické svou drsností povrchu, byly poté počítány vhodnými metodami, mimo jiné pomocí průměrných směrodatných odchylek profilu, průměrných výšek vrcholů a prohlubní profilu povrchu a zakřivení profilu povrchu. Výsledky navrhovaného postupu byly ověřeny na simulovaných profilech a na praktických příkladech.

Ve studii [2], která se zabývala problematikou měření drsnosti povrchu pletenin, autoři využili bezkontaktní metodou skeneru s vysokým rozlišením, aby se tak vyhnuli jakýmkoliv deformacím způsobených kontaktem měřicího přístroje a měřené textilie. Při měření bezkontaktní metodou byla data kontrolována algoritmem v programu MATLAB za účelem získání indexu drsnosti a poté porovnána s povrchovými charakteristikami naměřenými systémem KES. Výsledky obou metod ukazují korelaci mezi naměřenými hodnotami a jsou tedy srovnatelné. Bezkontaktní metoda měření drsnosti povrchu za použití skeneru s vysokým rozlišením se tedy v této studii ukázala jako vhodná pro popis drsnosti povrchu pleteniny.

Další typ bezkontaktní metody měření drsnosti povrchu textilií byl uveden v článku [3]. Základním principem měření drsnosti povrchu u této metody bylo použití bezdotykové laserové technologie a technik zpracování odrazu. Odraz laseru představuje informaci o výšce snímaného povrchu, kde se získaný signál převede na signál elektrického napětí pomocí fotodiody. Výška profilu pak závisí na množství odraženého paprsku na příslušné frekvenci, která koresponduje s tvarem povrchu. Výsledkem tohoto měření je pak výška profilu. Na tomto profilu byly poté

definovány charakteristické výšky vrcholů povrchu, které vyjadřovaly rozvláknění tohoto povrchu.

Metoda popsaná ve studii [4] je založená na vytvoření 3D modelu povrchu textilie pomocí laserového skenovacího systému, který je opatřen generátorem světelného paprsku a kamerou, která snímá odražený paprsek od povrchu. Jedná se tedy o bezkontaktní metodu. K hodnocení charakteristiky povrchu vzorku z 3D modelu povrchu byla použita metoda gradientních polí. Získaná data vykazovala rostoucí tendenci vzhledem ke zvyšující se drsnosti povrchu. Výsledky metody nejsou ovlivněny barvou a vzorem testovaného materiálu. Měření je navíc časově nenáročné a může být použito pro mezioperační kontrolu.

Další studie [5] se zabývá principem tvorby 3D modelu povrchu a analýzou 3D obrazu povrchu textilie. Prototyp navrženého přístroje se skládal ze zdroje viditelného světla, dále z desky, přes kterou byl vzorek přehnut, podavače, který řídil posun vzorku, kamery, která snímala povrch vzorku a softwarem pro hodnocení výsledků. Pro rekonstrukci 3D modelu byla použita sada obrazů. Snímky vzorku byly vytvářeny postupně při posouvání vzorku přes hranu desky. 3D povrch byl rekonstruován na základě poskládání výšky profilu všech snímků. Na výsledky metody neměly vliv ani stíny, ani barva materiálu, což je problém například při použití tradiční analýzy 2D obrazu. Pro ověření efektivity této metody byl použit systém (KES), který prokázal dobrou korelaci mezi oběma metodami.

Hlavním cílem studie [6] byl popis nového přístupu k bezkontaktnímu vyhodnocení drsnosti povrchu. Pro popis drsnosti povrchu jsou navrženy postupy založené na normovaných i nenormovaných parametrech drsnosti povrchu. Pro získání profilu povrchu a parametrů drsnosti je použita metoda obrazové analýzy textilie, která je přehnutá přes hranu. Systém řízeného posunu vzorku přes hranu umožňuje získat profily povrchu měřeného vzorku. Měření drsnosti tkaniny touto metodou se ukázalo jako vhodný a jednoduchý nástroj pro popis drsnosti povrchu v jednotlivých částech i v celé rovině textilie. Parametry drsnosti vyhodnotili autoři na základě geometrických vlastností a harmonické analýzy využívající Fourierovu transformaci.

V článku [7], autoři představili nový přístup k hodnocení povrchu textilií. Metoda byla založena na snímání a analýze profilu povrchu textilie, která je ohnuta přes rotující válec. Tento přístup eliminuje faktory jako je textura, barva textilie a nesouměrné osvětlení. Autoři aplikovali navrženou metodu pro detekci a popis výstupků povrchu textilie, založenou na odchylce jasů obrazu. Autoři také navrhli a otestovali další algoritmy pro hodnocení žmolkovitosti, rozvláknění, zátrhovosti a chlupatosti. Výsledky prokázaly vysokou korelaci mezi získaným hodnocením všech typů vad se subjektivním hodnocením.

Článek [8] navazuje na studii [7], kde se autoři zabývali problémem hodnocení kvality povrchu textilií. Tento článek se zabývá implementací výsledků z testovaného přístupu a testování prototypu přístroje SET Opti-Grade, který byl sestaven na základě výsledků předchozího výzkumu. Výsledky předchozího výzkumu prokázaly vysokou korelaci mezi subjektivním hodnocením a hodnot z prototypu přístroje. Koncepce prototypu je založena na analýze profilu tkaniny, na kterém je hodnocena žmolkovitost a rozvláknění. Dále se ukázalo, že navržený postup vykazuje dobré výsledky i pro hodnocení chlupatosti a rozvláknění povrchu.

V práci [9] bylo popsáno hodnocení omaku textilie. Omak je ovlivňován mechanickými vlastnostmi tkanin a drsností povrchu. Navržená metoda je založena na principu bezkontaktní metody za pomoci laserového snímače, který slouží ke snímání povrchu a obsahuje pohon pro přesun snímače po zkoušeném vzorku konstantní rychlostí. Autoři analyzovali efekt vlivu barvy a lesku na měření, aby nedocházelo ke zkreslení výsledků. Výsledky drsnosti povrchu různých textilií porovnávali s výsledky získanými systémem KES. Pomocí algoritmu softwaru MATLAB monitorovali střední odchylky drsnosti povrchu u třiceti hladkých keprových textilií pro výrobu pánských obleků. Experiment prokázal, že metoda může být použita pro objektivní měření drsnosti povrchu textilií. Dále zjistili, že rozsah chyb měření způsobených vlivem barvy textilie je 5%. V případě tmavých barev byla chybovost nižší než u světlejších textilií.

V článku [10], se autoři zabývali problematikou rekonstrukce povrchu z metody gradientních polí, která se používá u sestavení povrchu ze stínů SFS (Shape from Shading) nebo fotometrického sterea. Gradientní pole však bývají nulová a neintegrovatelná, k zjištění hodnot je tedy potřeba zjistit jejich integrovatelnost podle nějaké funkce. Poté, co byla zajištěna integrovatelnost, mohla být vytvořena 3D rekonstrukce povrchu pomocí navrženého algoritmu. Výsledky jejich přístupu demonstrovali právě na metodách SFS a fotometrického sterea.

V článku [11], navazujícím na předchozí článek [10], autoři navrhli všeobecné rovnice k rekonstrukci povrchu z neintegrovatelných gradientních polí. Z těchto rovnic vycházel jejich algoritmus, využívající Poissonovo rozdělení. Tento Frankot – Chellappův algoritmus jim umožnil dosáhnout výrazného zlepšení při rekonstrukci povrchu. Výsledky poté aplikovali na metodu fotometrického sterea a porovnali s jejich předchozími výsledky.

2 Literární rešerše

2.1 Drsnost povrchu

Drsnost plošných textilií patří mezi základní povrchové vlastnosti. Jedná se o nerovnosti na povrchu plošné textilie, tedy o výstupky a prohlubně povrchu oproti skutečnému profilu plochy. Skutečný profil plochy je definovaný jako rovina kolmá na směr nerovností. Drsnost povrchu je možné hodnotit několika způsoby.

Hodnocení drsnosti povrchu je základně rozděleno na subjektivní a objektivní hodnocení. Nejstarším způsobem je subjektivní zraková a hmatová metoda založená na vzhledu povrchu jakým ho vnímá lidské oko a kontaktu ruky a plošné textilie tak, jak ho vnímá cit v ruce. Postupem času začalo být subjektivní hodnocení nahrazováno kvantitativními metodami. Kvantitativní metody měření drsnosti povrchu, které spadají mezi objektivní metody hodnocení, jsou založeny na získávání údajů o povrchu pohybem snímače, často snímacího hrotu po povrchu textilie. Přístroje jsou vybaveny i zapisovacím zařízením a dokážou vypočítat průměrné hodnoty drsnosti a zaznamenat křivku povrchu. Stěžejní částí těchto přístrojů je snímač, jehož malý zdvih v kombinaci s malou přitlačnou silou a velkým zvětšením zaručuje, že jde o velmi citlivá zařízení, které dokážou velmi přesně zaznamenat i malé nerovnosti povrchu. Vývoj v oblasti objektivního hodnocení drsnosti povrchu způsobil objev nových metod, které jsou založeny na bezkontaktním měření povrchu. Často se jedná o optické metody založené na obrazové analýze, kde je povrch nasnímán kamerou nebo na metodě soustředěného paprsku světla, který se odráží od povrchu a zaznamenává se čas návratu paprsku, díky čemuž je možné zrekonstruovat elektronickou podobu povrchu, na které je pak možné měřit výškové charakteristiky, tedy odchylky od středního profilu povrchu. [12]

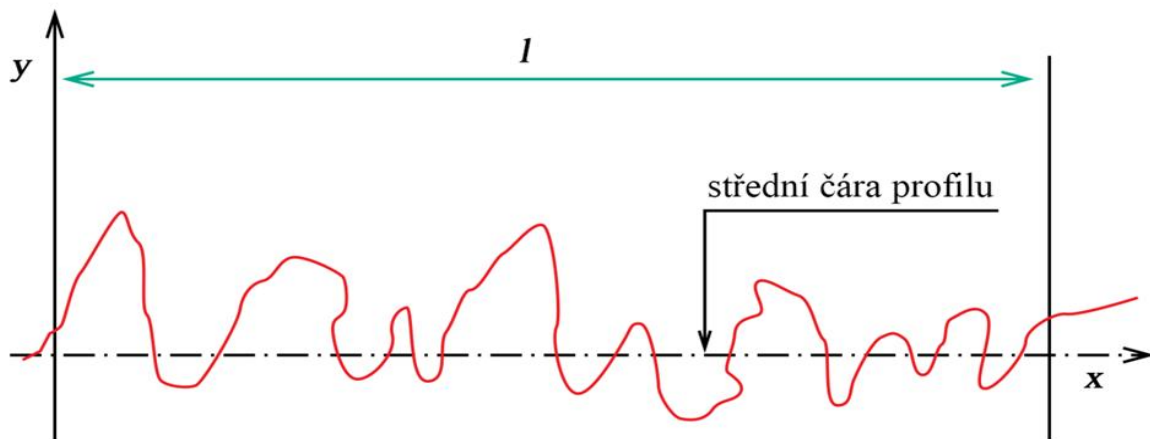
Drsnost povrchu textilie lze ovlivňovat několika způsoby:

- povrchovou úpravou – zátěr nanesený na povrch textilie vyplní prohlubně v profilu a částečně vyrovná povrch do roviny
- použitým materiálem – vlákna z různých materiálů mají různě strukturovaný profil, proto i výrobek z vláken, které mají hladší povrch, má hladší strukturu
- vazbou – zvolená vazba ovlivňuje z technologického hlediska povahu povrchu, proto vhodně zvolená vazba může příznivě ovlivnit drsnost povrchu
- plošná hmotnost – a s tím související dostava ovlivňuje prohlubně mezi vlákny v tkanině, obecně čím vyšší plošná hmotnost, tím se textilie jeví jako hladší
- zákrutem příze – čím víc má příze zákrutů, tím větší odpor klade při tkaní, tudíž nedochází v takové míře k vystupování osnovy nebo útku z tkaniny a tím ovlivňuje drsnost povrchu plošné textilie

2.2 Rozvláknění povrchu

Jakost povrchu neboli drsnost, resp. mikrogeometrie povrchu a vlastnosti tohoto povrchu ovlivňují výslednou kvalitu výrobku. Drsnost povrchu ovlivňují průběhy chemických a fyzikálních vlivů, jako jsou tření nebo vlhkost, které provázejí užívání daného výrobku.

Rozvlákněním povrchu se rozumí vytažení vláken z vlákně struktury na povrch a nebo zdrsňení vláken, jež způsobují viditelnou změnu povrchu. Jedná se tedy o vlastnost, která se dá do značné míry určit geometrickými parametry textilního povrchu. Rozdíl oproti původnímu nerozvlákněnému textilnímu povrchu je dán souhrnem jejich odchylek od ideální geometrie. Odchytky jsou definovány jako rozdíly skutečného tvaru plochy od jmenovité neboli ideální geometrie. Základní informace o nerovnostech povrchu a jejich odchylkách je možné získat z profilu, který vznikne jako průsečnice roviny řezu kolmé k ploše. Obvykle se jedná o rovinu vedenou kolmo na hlavní směr nerovností [13].



Obr. 2.2.1: Jmenovitá geometrie

Rozvláknění je proces, který předchází tvorbě žmolků. Žmolkovitost patří mezi nejčastěji sledované vlastnosti vypovídajících o kvalitě textilie, jejímž důsledkem je zejména zhoršení vzhledu povrchu textilie, je tedy většinou velmi důležitou součástí řízení jakosti výrobku zabraňovat vzniku rozvláknění a tím tvorbě žmolků. Samozřejmě, že ochota spotřebitele tolerovat žmolkovitost bude záviset na koncovém použití dané textilie. Aby bylo možné efektivně zabraňovat rozvláknění potažmo žmolkovitosti, je potřeba znát, jak žmolky vznikají.

Vlivem tření povrchů o sebe a to ať už se jedná o stejnou textílii, či o jiný, klidně i netextilní povrch, dochází k vytahování vláken ze struktury na povrch, jejich následnému zapletení do sebe. Tím vznikají na textilním povrchu nevzhledné spletence vláken, které jsou spojeny s povrchem textilie. Česká technická norma [14] definuje stupeň žmolkovitosti jako rychlost průběhu těchto třech souběžně probíhajících procesů:

1. zapletení vláken do sebe, které vede k tvorbě žmolků
2. vytažení dalších vláken na povrch
3. odpadnutí / odstranění vláken a žmolků

Rychlost průběhu těchto procesů závisí na vlastnostech vláken, zejména na jejich pevnosti. V případech, kdy mají vlákna vysokou pevnost, je rychlost procesu tvorby žmolků vyšší než rychlost procesu odpadávání, čímž dochází k vzrůstajícímu stupni žmolkovitosti. Naopak v případech, kdy mají vlákna nižší pevnost, je rychlost procesu tvorby žmolků nižší než rychlost procesu odpadávání žmolků, což má za následek stav, kdy zapletená vlákna odpadnou dříve, než by se stačil vytvořit žmolek.

Zmíněné procesy žmolkování nám lépe pomohou pochopit způsoby, jakými se tomuto nežádoucímu stavu textílií snažíme zabraňovat. Tyto způsoby jsou popsány v následující kapitole.

2.2.1 Jak zabraňovat rozvláknění

Náchylnost textilie k rozvláknění povrchu je možné ovlivnit nejen během technologických procesů výroby textilie, ale již při výrobě samotné příze.

Rychlost, jakou bude textilie náchylná k rozvláknění, ovlivní zvolený materiál příze. Všeobecně platí, že když jsou k výrobě příze použita vlákna konečné délky jako bavlna, snadněji dojde při používání k migraci vláken z vlákenné struktury na povrch a tím pádem ke vzniku rozvláknění. Oproti tomu při použití nekonečných vláken, které nemají žádné volné konce, jež by mohly migrovat na povrch, nedochází k procesu rozvláknění.

Další důležitou vlastností je pevnost použitých vláken. Platí, že čím menší pevnost mají vlákna, tím snadněji dojde při jejich namáhání k lomu a následné migraci na povrch, na druhou stranu vlivem jejich nízké pevnosti dojde rychleji k jejich odpadnutí od povrchu, takže

se nestíhají tvořit žmolky, ale dochází k rychlejšímu opotřebení a úbytku hmotnosti. Oproti tomu vlákna s vyšší pevností, například syntetická vlákna, sice obtížněji migrují na povrch, ale mají tendenci tvořit žmolky na povrchu textilie, protože se neoddělí od textilie tak snadno, jako vlákna s nižší pevností.

Dále má na vznik rozvláknění vliv i zákrut příze, z které je textilie vyrobena. Všeobecně platí, že u příze s nižším zákrutem dochází snadněji k migraci vláken než u příze se zákrutem vyšším. Stejně tak se jednoduchá příze rozvlákní snadněji než dvojmoskaná, na druhou stranu dvojmo skaná příze výrazně ovlivňuje omak výsledné textilie.

Za další faktor ovlivňující rozvláknění považujeme dostavu u tkanin. Opět obecně platí, že čím vyšší dostava, tím hůře dochází k migraci vláken na povrch tkaniny. Dalším faktorem je vazba tkaniny. Plátňová vazba je méně náchylná na rozvláknění během opotřebení než například vazba keprová. Je to způsobeno množstvím vazných bodů, jelikož má plátňová vazba větší množství vazných bodů, není rozvláknění tak velké jako u keprové vazby, která má vazných bodů méně.

Dále existují i finální úpravy, které snižují náchylnost textilie k rozvláknění a žmolkování. Jedná se jak o mechanické, tak chemické operace za účelem vyhlazení povrchu, který má také svůj význam při minimalizaci žmolkování.

Při zohlednění těchto faktorů ještě před výrobou textilie, lze efektivně předcházet rozvláknění povrchu vlivem opotřebení. [15]

2.2.2 Testování odolnosti textilie proti rozvláknění

Aby bylo možné hodnotit na textíliích rozvláknění jinak než přirozeným opotřebením a údržbou, existují metody, které mají simulovat opotřebenění povrchu. Jedna z těchto metod byla využita i v této diplomové práci.

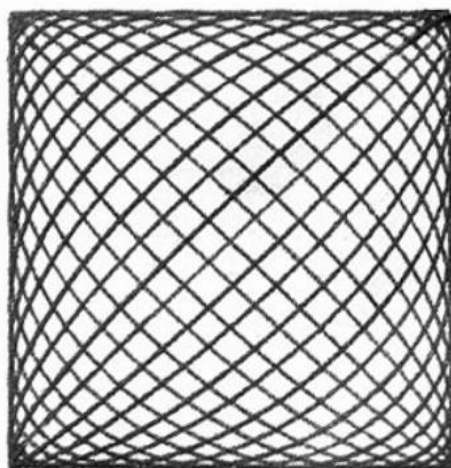
2.2.2.1 Rozvláknění povrchu na přístroji Martindale

V současné době je to jeden z nejčastěji používaných postupů pro hodnocení odolnosti textílií vůči rozvláknění potažmo žmolkování. Zkouška se provádí podle státní normy ČSN EN ISO 12945-2 (80 0837).



Obr. 2.2.2.1.1 Přístroj Martindale

Při hodnocení rozvláknění na tomto přístroji jsou vytvořeny buď kruhové vzorky o průměru 140 mm nebo čtvercové vzorky o délce strany 150 mm. Vzorky jsou následně vloženy do přístroje a upnuty kovovým prstencem. Do hlavy přístroje je vložen materiál, kterým bude vzorek odírán. Může se jednat o stejný materiál jakým je vzorek, vlněnou odírací textilií nebo třeba velcro pásek s háčky. Hlava přístroje je následně přiložena na testovaný vzorek a pod předepsaným zatížením je vzorek odírán. Hlava se po vzorku pohybuje po tzv. Lissajousově obrazci, který můžeme vidět na obrázku 3. Po oděru předepsaným počtem otáček je vzorek vyjmut z přístroje a hodnocen vizuálně pomocí etalonů nebo jednou z objektivních metod.



Obr. 2.2.2.1.2 Křivka oděru [16]

Hodnocen je každý vzorek zvlášť a to pomocí etalonů stupněm rozvláknění nebo žmolkování od stupně 1 až po stupeň 5. Nejnižší stupeň znamená silné rozvláknění nebo žmolkovitost povrchu, kde je celý povrch hustě pokryt vytaženými vlákny a nebo žmolky. Nejvyšší stupeň znamená, že nedošlo k viditelným změnám povrchu.

Vzorky se hodnotí v prohlížecí komoře pod normou stanoveným světlem. Výsledná známka je vzorku udělena pomocí zprůměrování všech hodnocení. Jeden vzorek často hodnotí víc než jeden hodnotitel, aby se pokud možno zamezilo chybě lidského faktoru [17].

2.2.2.2 Žmolkovitost na přístroji ICI

Je to jedna z metod pro hodnocení žmolkovitosti. V dnešní době se používá jen ojedinele. Jelikož tato metoda není použita v této práci, nebude blíže specifikována [18].

2.2.2.3 Žmolkovitost na komorovém žmolkovacím stroji

Je to metoda používaná k zjišťování odolnosti vůči žmolkování všech druhů plošných textilií. V současné době se využívá zejména pro stanovení odolnosti vůči žmolkování oděvních úpletů. Z důvodu, že není použita v této práci, nebude tato metoda blíže specifikována [17].

2.3 Způsoby hodnocení rozvláknění

Rozvláknění povrchu textilie se hodnotí buď objektivní metodou, pomocí přístrojů na základě různých charakteristik povrchu, nebo subjektivní metodou, porovnáním s etalony a následným přiřazením známky, vyjadřující stupeň rozvláknění.

2.3.1 Subjektivní metoda

Při subjektivním hodnocení se určuje stupeň rozvláknění povrchu pomocí vjemových smyslů. Jednou z možností je porovnání rozvlákněného povrchu s etalony za pomoci zraku, dle normy ČSN EN ISO 12945-2 je možné pro porovnání využít i etalonů ve formě fotografie. K tomuto hodnocení je možné využít jednoduché optické pomůcky, jako jsou lupy a komparační mikroskopy. Každý vzorek se prohlíží z malé vzdálenosti, ve vertikální poloze ve směru délky a to přímo zepředu za pomoci umělého osvětlení v prohlížecí komoře.

Každý zkoušený vzorek se ohodnotí stupněm rozvláknění podle tabulky č. 1. Jestliže hodnocení vzorku spadá mezi dva stupně, označí se jako „mezistupeň“ např. 2-3.

Tab. 2.3.1.1. Hodnotící škála rozvláknění povrchu

Stupeň	Popis
5	Beze změn.
4	Lehké rozvláknění povrchu.
3	Mírné rozvláknění povrchu. Vlákna různé velikosti a hustoty pokrývají částečně povrch vzorku.
2	Výrazné rozvláknění povrchu. Vlákna různé velikosti a hustoty pokrývají značnou část povrchu vzorku.
1	Husté rozvláknění povrchu. Vlákna různé velikosti a hustoty pokrývají celý povrch vzorku.



Obr. 2.3.1.1: Stupeň 5



Obr. 2.3.1.2: Stupeň 4



Obr. 2.3.1.3: Stupeň 3



Obr. 2.3.1.4: Stupeň 2



23 Obr. 2.3.1.5: Stupeň 1

Výsledkem zkoušky pro laboratorní vzorek je průměrná hodnota stupňů rozvláknění udělených všemi hodnotiteli. Norma neudává přesný počet hodnotitelů, který by měl hodnotit vzorek. Běžně se používá 3-5 specializovaných hodnotitelů.

K hodnocení pomocí subjektivní metody sice není potřeba žádný měřicí přístroj a zařízení, ale je potřeba proškoleného pracovníka, hodnotitele, v ideálním případě více než jednoho. Nevýhodou je skutečnost, že hodnocení od více hodnotitelů se může lišit, z čehož plyne nereprodukovatelnost hodnocení. Navíc je zde podstatný vliv lidského faktoru, kdy stejný hodnotitel nemusí stejný vzorek pokaždé ohodnotit stejně. To je zapříčiněno jeho fyzickým a psychickým stavem v okamžiku subjektivního hodnocení.

Subjektivní hodnocení rozvláknění je založené na smyslových vlastnostech každého hodnotitele, a ty se individuálně liší stejně jako psychický a fyzický stav hodnotitelů, který je ovlivňován vnějšími podněty v okolí. Důležitý je tak výběr hodnotitelů - specialistů, kteří musí projít školením.

2.3.2 Objektivní metody

Rozvláknění povrchu lze definovat i pomocí parametru drsnosti povrchu, kde se stoupajícím rozvlákněním stoupá i drsnost povrchu. Z toho důvodu zde bude uvedeno několik metod na hodnocení drsnosti povrchu.

Objektivní metody hodnocení drsnosti povrchu lze dále rozdělit na kontaktní a bezkontaktní metody. Kontaktní metody jsou takové, při kterých dochází během měření k přímému kontaktu s měřeným povrchem, což může způsobovat deformace, které zkreslují naměřené hodnoty. Oproti tomu bezkontaktní metody jsou takové, u kterých nedochází k přímému kontaktu mezi měřidlem a měřeným povrchem.

Kontaktní metody

Mezi jednu z kontaktních metod můžeme zařadit systém KES (Kawabata Evaluation System). Výhodou této kontaktní metody je časová nenáročnost měření. Naopak nevýhodou může být deformace, která vzniká při kontaktu dotykového snímače s povrchem při měření a vysoká citlivost čidla na nerovnosti povrchu.

Systém KES je sada 4 přístrojů, které měří 15 základních charakteristik profilu, rozdělených do 5 skupin:

- tahové vlastnosti: pružnost v tahu,
- smykové vlastnosti: smyková tuhost,
- ohybové vlastnosti: tuhost v ohybu,
- objemové vlastnosti: energie potřebná ke stlačení,
- povrchové vlastnosti: koeficient tření, průměrná odchylka koeficientu tření a geometrická drsnost.

Tento systém patří k nejvíce využívané metodě objektivního měření drsnosti povrchu textilie. Slouží pro objektivní predikci drsnosti povrchu textilií, zejména u tkanin. Tento systém tak umožňuje objektivně odhadnout celkové pocity většiny lidí při jejich přímém kontaktu s textilií.

Vlastnosti měřené tímto systémem tak simulují běžné namáhání oděvních textilií při nošení. Další, šestnáctou charakteristikou, která se používá při predikci omaku, je plošná hmotnost.

Princip měření na tomto systému je založen na získání profilu povrchu pomocí dotykového čidla. To je tvořeno ocelovým drát o průměru 0,5 mm, který se pohybuje po povrchu textilie konstantní rychlostí 1 mm/s. Systém pak náhodně vybere tři úseky po osnově a tři úseky po útku o délce 20 mm. Ocelový drát pohybující se po těchto úsecích zaznamenává nerovnosti povrchu textilie.

Tento systém má řadu výhod a nevýhod. Mezi výhody měření pomocí systému KES řadíme:

- přímé grafické a statistické zpracování výsledků
- konstrukce systému je vhodná pro běžné oděvní materiály
- časová nenáročnost měření

Mezi nevýhody měření užitím KES:

- čidlo snímající profil povrchu textilie je citlivé na nerovnosti povrchu
- jedná se o kontaktní metodu, při které může dojít k deformaci povrchu
- měření je omezené tloušťkou textilie a je nevhodné pro extrémně drsné a hrubé materiály

A jsou to právě nevýhody systému KES, které vedou k vývoji nových objektivních metod, které by byly schopné slabé stránky systému eliminovat a je to i důvod, proč tato metoda nebude v této práci použita [19].

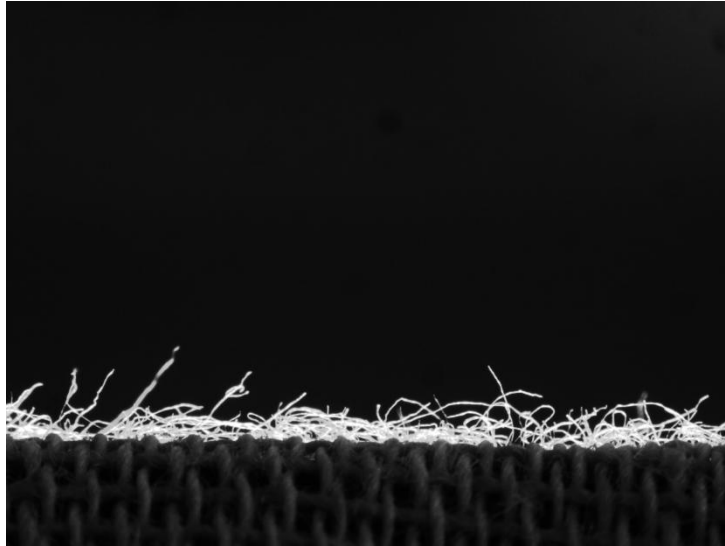
Bezkontaktní metody

Metody bezkontaktního měření drsnosti povrchu jsou většinou založeny na optickém měření. U bezkontaktních metod tak nedochází k dotyku snímače s povrchem a tím pádem k deformaci povrchu, proto je možné měřit téměř jakékoli materiály, a to i s velmi členitým povrchem. Nevýhodou tohoto typu měření je ale časová náročnost v závislosti na nastavených parametrech. Mezi další nevýhody patří finanční a přístrojová náročnost.

Mezi velkou skupinu bezkontaktních přístrojů patří laserové bezkontaktní přístroje vycházející z principu usměrňování laserového paprsku na povrch textilie, kdy paprsky dopadají na povrch přes optickou soustavu. Intenzita odraženého laserového paprsku snímá profil povrchu. Tato intenzita je pak pomocí fotodiody převáděna na signál elektrického napětí, který je zpracováván. Nevýhodou přístrojů této konstrukce je citlivost na chování laserového paprsku, čili odrazivost paprsku a citlivost na změny barvy a odstínu textilie. Ani tato metoda nebude použita v této práci.

2.3.2.1 *Obrazová analýza*

Tato metoda funguje na principu snímání textilie ohnuté přes hranu pomocí kamery. Nasvícení vzorku je provedeno tak, aby byla vlákna odstávající z textilie, neboli rozvláknění, prosvícena monochromatickým světlem ze zadu vzorku tak, že se zobrazují jako „rozsvícená“ vlákna, což je v kontrastu s černou barvou textilie, na kterou nedopadá téměř žádné světlo a pozadí vzorku, které se tak jeví černě. To můžeme vidět na obrázku 2.3.2.1.1.



Obr. 2.3.2.1.1: Snímek nasnímaný kamerou

Jednotlivé pohledy jsou ukládány na disk jako samostatné soubory, označeny pořadím snímku a koncovkou. Následně jsou tyto snímky upravovány na počítači pomocí softwaru obrazové analýzy, například NIS Elements.

Obrazy jsou podrobeny morfologickým operacím za účelem rozlišení jednotlivých vláken tak, aby se nám „neslévala“ dohromady a netvořila jeden velký objekt. K tomu slouží operace otevření a uzavření, které má za účel obraz dokonale vyčistit a zároveň vytvarovat těla odstávajících vláken.

Když je obraz vyčištěn pomocí morfologických operací následuje naprahování obrazu. Stanovení prahu pro všechny tři barevné hladiny, červenou, zelenou a modrou. Tím se stanoví, jaké části obrazu jsou objekty a jaké pozadí.

Když máme stanoveny, jaké části obrazu jsou objekty, je možné vyhodnocovat jejich

vlastnosti. V našem případě nám jde o plochu objektů, tedy plochu rozvláknění vzorku. Software NIS Elements vypočítá tyto plochy v pixelech a přes námi zjištěnou kalibraci, tedy kolik pixelů odpovídá skutečné délce, vypočítá plochu vláken v milimetrech čtverečních.

Tím získáme plochu vláken vzorků v jednotkách, v kterých je můžeme dále porovnávat.

3 Experimentální část

Experimentální část práce se zabývá odolností oděru plošných textilií, konkrétně tkanin, vzhledem k významným faktorům ovlivňujícími tuto odolnost, zmíněných v kapitole 2.1. Jako významné faktory byly v této práci vybrány tři a to materiál, vazba a dostava tkaniny. Byla sestavena škála vzorků, v které je vždy měněn jeden z faktorů tak, aby zbylé dva zůstaly stejné. Takto sestavená škála nám pomůže docílit toho, že ze statického vyhodnocení odolnosti v oděru dokážeme jednoznačně říci, který z těchto faktorů nejvíce ovlivňuje schopnost tkaniny odolávat oděru. Výstup této práce umožní konstruktérům textilních produktů lépe navrhnout výrobek, u kterého se předpokládá namáhání v oděru tak, aby maximálně využili faktorů ovlivňujících odolnost proti oděru k docílení maximální mechanické odolnosti a zároveň mohli zachovat maximální sensorický komfort. Pokud tedy například změna materiálu dle výstupu této práce rapidně zvýšila odolnost proti oděru a zároveň nezpůsobí zhoršení sensorického komfortu, je provedení této změny namístě. Pokud by například tato změna až příliš zhoršila změnu komfortu nošení, je vhodné pro zvýšení odolnosti proti oděru zvolit jiný, ne tolik účinný faktor, který ale nezpůsobí takové zhoršení sensorického komfortu.

3.1 Popis vzorků

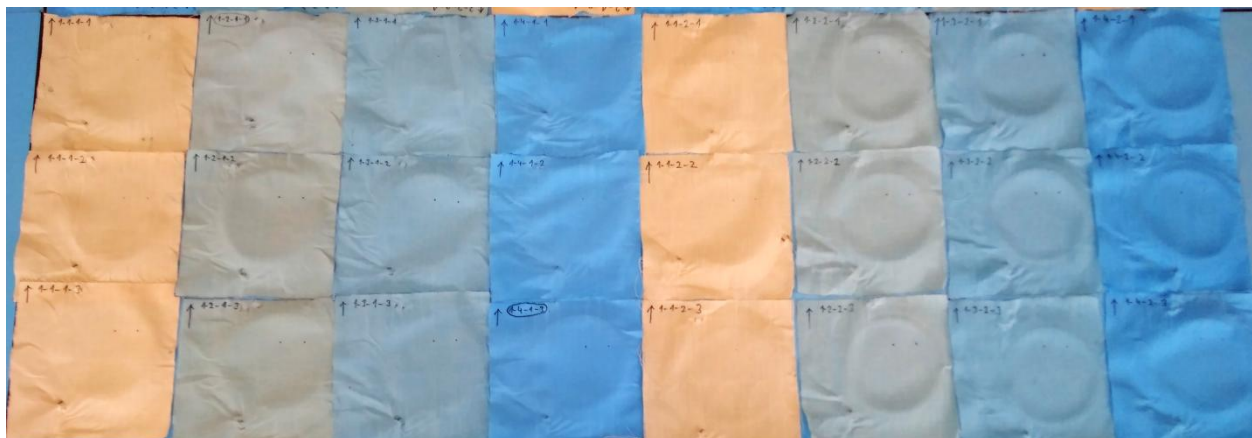
Byla sestavena škála vzorků tak, jak ji můžeme vidět na obrázku 9, obsahující textilie z bavlny, polypropylenu a jejich směsi v poměru 65:35. Každá textilie, z těchto čtyř druhů materiálu, je ve škále zastoupena v plátnové, keprové a atlasové vazbě a to jednou s hustší dostavou útku a jednou s řidší. Hodnota hustěji dostavených textilií byla mezi 17 a 26 nitěmi na centimetr. U textilií s nižší dostavou byla hodnota mezi 8,8 a 18 nití na centimetr. Dostava byla volena v závislosti na dostupnosti textilií pro sestavení škály.

Tab. 3.1. Škála vzorků

		materiál							
		100% CO		65% CO / 35% POP		35% CO / 65% POP		100% POP	
vazba	plátno	DÚ 20,8	45 tex	DÚ 26	20 tex	DÚ 22	20 tex	DÚ 17	29,5 tex
		DÚ 10,8	45 tex	DÚ 10,4	20 tex	DÚ 10,4	20 tex	DÚ 8,8	29,5 tex
	kepr	DÚ 26	20 tex	DÚ 26	20 tex	DÚ 26	20 tex	DÚ 26	20 tex
		DÚ 18	45 tex	DÚ 16,5	45 tex	DÚ 13,4	45 tex	DÚ 13,4	45 tex
	atlas	DÚ 26	20 tex	DÚ 26	20 tex	DÚ 21,8	29,5 tex	DÚ 21,8	29,5 tex
		DÚ 18	45 tex	DÚ 18	45 tex	DÚ 16	45 tex	DÚ 18	45 tex

3.1.1 Materiál vzorků

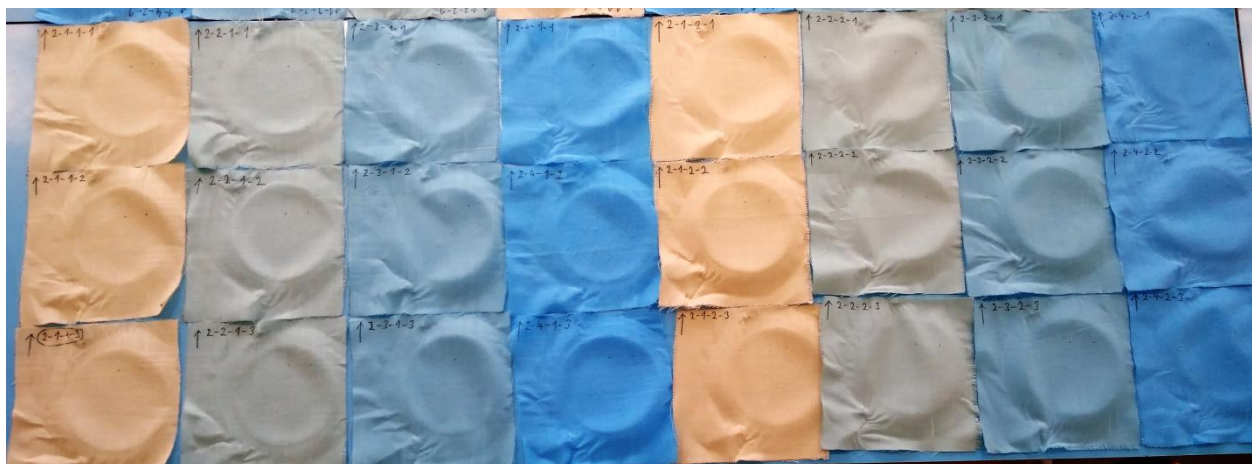
V testované škále jsou vzorky zastoupeny formou čtyř materiálových složení. Prvním je 100% bavlna, na obrázku 3.1.1.1 ve „žluté“ barvě, první sloupec zleva, po sloupcích následují vzorky se složením příze ze 65% bavlnou a 35% polypropylenem, dále vzorky se složením příze ze 35% bavlnou a 65% polypropylenem a poslední je 100% polypropylen.



Obr. 3.1.1.1 Sada vzorků v plátnové vazbě

3.1.2 Vazba vzorků

Škála testovaných vzorků obsahuje tři druhy vazeb. První vazbou je základní vazba používaná u tkanin a to vazba plátnová, sada vzorků v plátnové vazbě je na obrázku 3.1.1.1. Druhou vazbou je vazba keprová s typickým šikmým řádkováním, na obrázku 3.1.2.1. Třetí a poslední vazbou je vazba atlasová, na obrázku 3.1.3.1.



Obr. 3.1.2.1 Sada vzorků v keprové vazbě

3.1.3 Dostava vzorků

Každý vzorek je ve škále zastoupen formou vyšší a nižší dostavy. Dostava byla volena podle dostupnosti vzorků pro experimentální část. U plátnové vazby se vyšší dostava pohybuje od 17 do 26 nití na centimetr délky útku. Nižší dostava u plátnové vazby se pohybuje v rozmezí od 8,8 do 10,8 nití na centimetr tak, jak je vidět v tabulce 3.1.

U keprové vazby je vyšší dostava 26 nití na centimetr. U tohoto materiálu bylo možné sjednotit vyšší dostavu u všech materiálů. Nižší dostava u keprové vazby je v rozmezí 13,4 až 18 nití na centimetr.

U atlasové vazby jsou dvě varianty vyšší dostavy. U 100% bavlny a u směsi 65% bavlna a 35% polypropylen je dostava 26 nití na centimetr. U směsi 35% bavlny a 65% polypropylenu a u čistého 100% polypropylenu je dostava u hustěji dostavených tkanin 21,8 nití na centimetr. U nižší dostavy je hodnota u všech tkanin 18 nití na centimetr vyjímaje směs 35% bavlny a 65% polypropylenu, kde je hodnota 16 nití na centimetr.



Obr. 3.1.3.1 Sada vzorků v atlasové vazbě

3.2 Popis přístrojů

K měření tohoto experimentu byla použita sada přístrojů. Poté, co byly připraveny vzorky, je bylo nejprve nutné podrobit měření drsnosti povrchu, za účelem získání výchozích dat o povaze povrchu textilie.

Pro vypovídající hodnotu tohoto experimentu bylo měření drsnosti povrchu provedeno třemi různými metodami. První metodou byl systém KES, který byl již zmíněn v kapitole 2.3.2 mezi kontaktními metodami měření. Druhou zvolenou metodou je obrazová analýza, systém vyvinutý za účelem pořizování a ukládání obrazů, interaktivní měření geometrických vlastností plošných textilií nebo jiných netextilních materiálů. Třetí metodou je hodnocení zmíněné

v kapitole 2.3.1. Povrch vzorku je ohodnocen podle etalonu v normě a je mu přiřazen stupeň rozvláknění pomocí vjemových smyslů hodnotitele.

V dalším kroku bylo potřeba na textilii nasimulovat opotřebení vlivem odírání textilie, ke kterému dochází například při nošení oděvu. Simulované opotřebení bylo provedeno na přístroji Martindale.

3.2.1 Systém KES

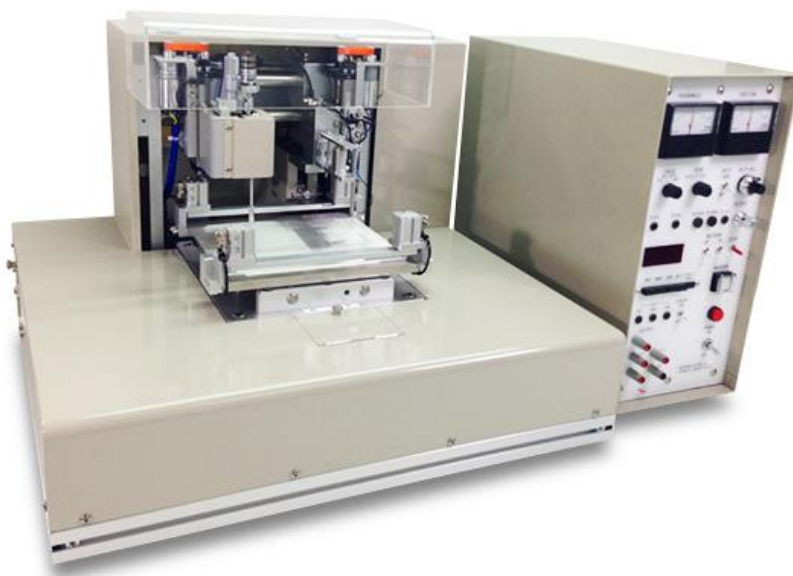
Je to jedna z kontaktních metod, jejichž výhodou je časová nenáročnost měření a jednoduchost. Nevýhodou u metod tohoto typu může být deformace při měření způsobená pohybem snímače po povrchu a vysoká citlivost tohoto typu snímačů na nerovnosti povrchu. Za nevýhodu systému KES se dá pokládat i přístrojová, zejména finanční náročnost měření.

Hlavní součástí systému KES je mechanický snímač, vyrobený z ocelového drátu o průměru 0,5 mm, kopírující profil povrchu materiálu rychlostí 1 mm/s, v úseku dlouhém 20 mm. Celkem tento snímač zaznamená profil povrchu na třech různých úsecích. Zaznamenané nerovnosti povrchu textilie lze pak v softwaru vykreslit jako křivku drsnosti povrchu. Výhodou je tedy přímé grafické a statistické zpracování výsledků.

Systém KES, byl vytvořen za účelem objektivního odhadnutí celkových pocitů většiny lidí při kontaktu pokožky s textilií. Systém je sadou čtyř přístrojů, které měří dohromady 15 vlastností textilie, které simulují běžné namáhání oděvních textilií při nošení. Za šestnáctou vlastnost by se dala pokládat plošná hmotnost. Tyto vlastnosti se dále dělí do 5 skupin.

- tahové vlastnosti (např. pružnost v tahu)
- ohybové vlastnosti (např. tuhost ohybu)
- smykové vlastnosti (např. tuhost ve smyku)
- povrchové vlastnosti (geometrická drsnost)
- objemové vlastnosti (např. linearita)

Tato metoda vyžaduje vzorky o rozměru 20 x 20 cm, které se upevní do čelistí přístroje. Před začátkem měření dojde k předpjetí vzorku v čelistech za účelem vyrovnání povrchu. Pro potřeby tohoto experimentu byl přístroj kalibrován pro hodnocení ze skupiny povrchových vlastností. Ve chvíli, kdy započne samotné měření, se dotykový ocelový hrot přitiskne na povrch textilie a opíše profil povrchu po dráze 2 cm při rychlosti 1 mm/s. Po dokončení této dráhy se hrot posune v diagonálním směru textilie a měření se opakuje ještě dvakrát. Diagonálním směrem se hrot pohybuje z důvodu toho, aby při každém měření nasnímal jinou část útku a osnovy, pokud se tedy jedná o tkaninu. Tím se zamezí opětovnému měření na „stejném“ povrchu. Naměřené hodnoty jsou poté vyhodnoceny v počítači, který je součástí KES systému. Přístroj vykreslí profil povrchu.

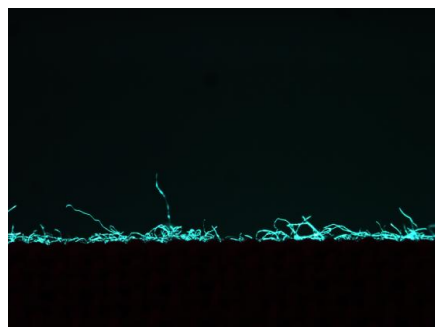


Obr. 3.2.1.1 Přístroj KES na měření povrchových vlastností [20]

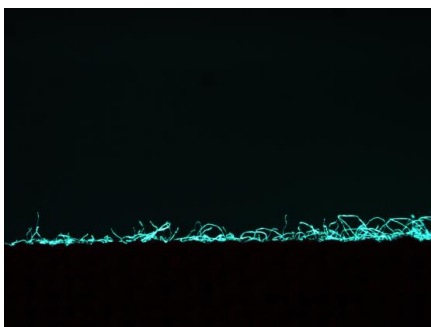
3.2.2 Obrazová analýza

Principem obrazové analýzy je snímání obrazu sledovaného vzorku a jeho převedení do elektronické podoby. Snímek je následně vyhodnocen pomocí softwaru pro zpracování obrazu. Používanými programy pro vyhodnocení jsou například MatLab nebo NIS-Elements. Při této metodě byly snímky pořízeny přímo na přístroji prostřednictvím kamery. Vyhodnocení snímků, v tomto případě drsnosti povrchu, probíhá na základě vyhodnocení výšek profilů jednotlivých nasnímaných úseků plošné textilie. Nedílnou součástí měření na obrazové analýze je kalibrace. U nezkalibrovaného obrazu představují naměřené hodnoty profilu pouze počet pixelů, kdežto u zkalibrovaného se jedná již o reálnou velikost těchto hodnot, v tomto případě výšek profilu určující drsnost povrchu. Rozměrová kalibrace může být provedena jakoukoliv pomůckou, která disponuje zobrazením reálné vzdálenosti například v milimetrech. Tato pomůcka se nasnímá kamerou obrazové analýzy a provede se přepočítání, kolik má reálná jednotka délky pixelů. Díky tomu dostaneme poměr, kdy například jeden milimetr skutečné délky je 56 pixelů v obraze. Pomocí takto nastavené kalibrace je možné dostávat výsledky v přímo námi zvolených jednotkách.

Příklad námi nasnímaných vzorků lze vidět na obrazech 3.2.2.1 až 3.2.2.6. Jedná se o tři bavlněné vzorky v plátňové vazbě s dostavou útku 20,8 nití na centimetr. Na obrazech 3.2.2.1 až 3.2.2.3 je možné vidět povrch vzorků před započítáním zkoušek. Na obrazech 3.2.2.4 až 3.2.2.6 je možné vidět povrch stejných vzorků, pouze po simulaci opotřebení na přístroji Martindale. U všech vzorků je znatelné silné rozvláknění povrchu. Pro příklad je v práci uvedena pouze jedna sada vzorků, obrazy ostatních sad jsou dostupné v přílohách.



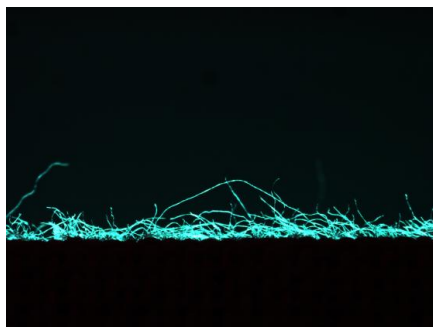
Obr. 3.2.2.1 První vzorek před oděrem



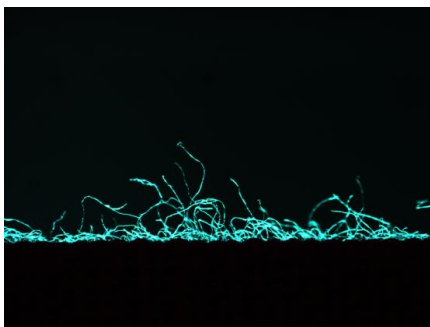
Obr. 3.2.2.2 Druhý vzorek před oděrem



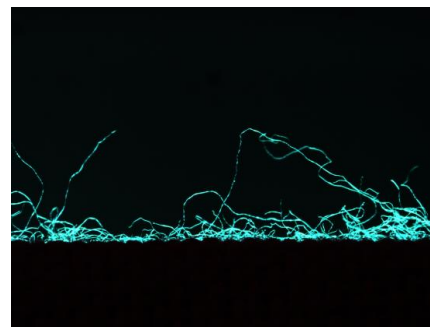
Obr. 3.2.2.3 Třetí vzorek před oděrem



Obr. 3.2.2.4 První vzorek
po oděru



Obr. 3.2.2.5 Druhý vzorek
po oděru



Obr. 3.2.2.6 Třetí vzorek
po oděru

3.2.3 Subjektivní metoda

Tato metoda je založena na hodnocení povrchu pomocí vjemových smyslů hodnotitele. Vjemovými smysly v tomto případě rozumíme zrak a hmat. Hodnotitel oznamkuje každý vzorek stupněm opotřebení dle normy ČSN EN ISO 12945-2. Tato norma obsahuje fotografie etalonů pro porovnání povrchu vzorku a přiřazení stupně, který nejvíce odpovídá povrchu etalonu. Ke známkování může hodnotitel dle normy použít jednoduché optické pomůcky, jako jsou lupy. Hodnotitel prohlíží vzorek ve vertikální poloze ve směru délky a to zepředu za pomoci umělého osvětlení v prohlížecké komoře. Umělé světlo zamezuje možnosti nesprávného hodnocení vlivem změny normálního osvětlení.

Hodnotitel přiřadí každému vzorku stupeň opotřebení dle normy a to od 1 do 5, kde 5 je vzorek beze změn a 1 je hustě rozvlákněný povrch vlivem mechanického opotřebení. Pokud hodnocení vzorku spadá mezi dva stupně, označí se jako „mezistupeň“.

Výsledkem měření pomocí subjektivní metody je průměrná hodnota stupňů opotřebení, například rozvláknění, udělených všemi hodnotiteli, přičemž norma neudává přesný počet hodnotitelů, běžně se však využívá 3-5 kvalifikovaných hodnotitelů.

Nevýhodou této metody je do jisté míry nereprodukovatelnost měření. To je zapříčiněno vlivem lidského faktoru, kde i kvalifikovaného hodnotitele ovlivňuje jeho momentální fyzický a psychický stav, který se mění vlivem vnějších podnětů z okolí.

3.3 Statistické metody

V této práci bude použita metoda hodnocení pomocí korelačního koeficientu. Jedná se o lineární vztah mezi dvěma proměnnými, která definuje závislost první proměnné na druhé proměnné. Korelační koeficient je bezrozměrné číslo, které může nabývat hodnot od -1 do 1, kde -1 značí silnou negativní závislost, 0 značí nezávislost dvou proměnných a 1 značí silnou pozitivní závislost. V případě kladné korelace hodnoty obou proměnných zároveň stoupají, kdežto v případě záporné korelace hodnota jedné proměnné stoupá a druhé klesá. V případě nulové korelace na sebe proměnné nemají vliv.

V případě, že dvě porovnávané veličiny jsou kvantitativní náhodné veličiny se společným dvourozměrným normálním rozdělením, je pro konkrétní hodnoty (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , ... (x_n, y_n) výběrový korelační koeficient dán vztahem, který můžeme vidět na obrázku 3.3.1.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Obr. 3.3.1 Vzorec pro výpočet korelačního koeficientu

Jednou z dalších metod použitých v této práci je shluková analýza. Shluková analýza je vícerozměrná statistická metoda, která se používá ke třídění objektů do skupin (shluků) tak, aby si jednotky náležící do stejné skupiny byly podobnější než objekty z ostatních skupin. Ke třídění do skupin je možno použít několik metod, tou nejběžněji používanou je metoda eukleidovských vzdáleností, která třídí skupiny podle jejich vzájemných vzdáleností.

4 Diskuze výsledků

Drsnost povrchu byla měřena pomocí tří metod. První metodou bylo subjektivní hodnocení, druhou metodou bylo měření koeficientu tření pomocí systému KES a poslední, třetí metodou byla obrazová analýza.

4.1 Subjektivní metoda

První použitou metodou bylo subjektivní hodnocení. Vzorky byly porovnávány dle normy ČSN EN ISO 12945-2 pěti hodnotiteli. Všichni hodnotitelé pocházeli z textilního oboru, dají se tak ve svém principu pokládat za kvalifikované hodnotitele, kteří byli seznámeni s principem hodnocení a škálou normy. Výsledky hodnocení jsou rozděleny do třech tabulek podle vazby kvůli větší přehlednosti a to na plátnovou, keprovou a atlasovou vazbu.

Značení vzorků je prováděno pomocí čtyř číselné zkratky.:

První číslo reprezentuje vazbu. Číslo 1 je pro plátnovou vazbu, číslo 2 pro vazbu keprovou a číslo 3 pro atlasovou vazbu.

Druhé číslo reprezentuje materiál. Číslo 1 je pro 100% bavlnu, číslo 2 je pro směs bavlny a polypropylenu v poměru 65% CO / 35% POP, číslo 3 je pro stejnou směs v poměru 35% CO / 65% POP a číslo 4 je pro 100% polypropylen.

Třetí číslo reprezentuje dostavu. V rámci dostupnosti vzorků pro tento experiment byla zvolena dostava pro hustěji dostavené textilie mezi 17 a 26 nitěmi na centimetr. U textilií s nižší dostavou byla hodnota mezi 8,8 a 18 nití na centimetr. Číslo 1 je tedy pro hustěji dostavené tkaniny a číslo 2 pro řidčeji dostavené textilie.

Čtvrté číslo reprezentuje pořadí odebrání vzorku. Od každé tkaniny se stejnou vazbou, materiálem a dostavou byly odebrány tři vzorky dle pravidla na odebírání vzorků, čili diagonálně, vždy s rozdílnou dostavou i útkem. Toto číslo slouží čistě pro odlišení jinak identických vzorků.

Pokud tedy máme například vzorek 2-4-1-2, jedná se o vzorek keprové vazby ze 100 % polypropylenu a vyšší dostavou v rozmezí od 17-26 nití na centimetr. Zároveň to byl vzorek, který se odebíral jako druhy.

Plátno:

Tab. 4.1.1. Subjektivní hodnocení plátňové vazby

vzorek	hodnotitel 1	hodnotitel 2	hodnotitel 3	hodnotitel 4	hodnotitel 5	hodnotitel 6	hodnotitel 7	hodnotitel 8	hodnotitel 9	hodnotitel 10	průměr	průměr sady	interval spolehlivosti
1-1-1-1	1,5	3	4	4	4,5	2	2,5	4,5	3,5	4,5	3,4	3,43	< 3,37 ; 3,50 >
1-1-1-2	2	3,5	4	4	4	3	2,5	4	4	4	3,5		
1-1-1-3	2	3,5	4	3,5	4	2	3	4,5	3,5	4	3,4		
1-2-1-1	4	4,5	5	5	5	4,5	4,5	5	4,5	5	4,7	4,53	< 4,36 ; 4,71 >
1-2-1-2	3,5	4,5	4	5	5	4	4,5	4	5	4,5	4,4		
1-2-1-3	4	4,5	4	5	5	4,5	4,5	4	4,5	5	4,5		
1-3-1-1	3	4,5	4	4,5	4,5	3,5	4	4,5	4	4,5	4,1	4,13	< 4,07 ; 4,20 >
1-3-1-2	3,5	4,5	4	4,5	4,5	4	4	4,5	4	4,5	4,2		
1-3-1-3	3	4,5	4	4,5	4,5	3,5	4	4	5	4	4,1		
1-4-1-1	2,5	3,5	2,5	4	4	3	3,5	3	3,5	3,5	3,3	3,20	< 3,00 ; 3,40 >
1-4-1-2	2	3,5	2,5	4	3	2,5	3	2,5	3,5	3,5	3		
1-4-1-3	2,5	3,5	2,5	4	4	3	3,5	3	3,5	3,5	3,3		
1-1-2-1	4	4,5	4	5	5	4,5	5	4	4,5	4,5	4,5	4,53	< 4,47 ; 4,60 >
1-1-2-2	4,5	4,5	4	5	5	4,5	4,5	4,5	5	4,5	4,6		
1-1-2-3	4	4,5	4	5	5	4,5	4,5	4	4,5	5	4,5		
1-2-2-1	4	4,5	4	4,5	4,5	4,5	4	4,5	4,5	4	4,3	4,27	< 4,20 ; 4,33 >
1-2-2-2	4	4,5	4	4,5	4,5	4,5	4	4	5	4	4,3		
1-2-2-3	3,5	4,5	4	4,5	4,5	4	4,5	4	4	4,5	4,2		
1-3-2-1	3,5	4,5	3	4	4,5	4	4	3,5	4	4	3,9	4,23	< 3,89 ; 4,58 >
1-3-2-2	4	4,5	4	4,5	4,5	4,5	4	4,5	4	4,5	4,3		
1-3-2-3	4,5	4,5	4	4,5	5	4	5	4,5	4	5	4,5		
1-4-2-1	3	4	3	4	3,5	3	4	3	4	3,5	3,5	3,60	< 3,49 ; 3,71 >
1-4-2-2	3	4	3	4,5	4	3	4	3	4,5	4	3,7		
1-4-2-3	3	4	3	4	4	3,5	3,5	3,5	4	3,5	3,6		

Z tabulky 4.1.1. subjektivních hodnocení plátňové vazby vidíme, že co se týče materiálu, nejlépe vyšlo hodnocení pro směs bavlny a polypropylenu v poměru 65% CO / 35% POP, s průměrnou známkou 4,53 pro vyšší dostavu a 4,27 pro nižší dostavu. Nejhůře na tom byl 100% polypropylen se známkami 3,2 pro vyšší dostavu a 3,6 pro dostavu nižší.

Pokud se zaměříme na dostavu, lépe z hodnocení vyšly vzorky s nižší dostavou, kdy ve třech ze čtyř případů byly lépe hodnoceny vzorky s nižší dostavou.

Kepr:

Tab. 4.1.2. Subjektivní hodnocení keprové vazby

vzorek	hodnotitel 1	hodnotitel 2	hodnotitel 3	hodnotitel 4	hodnotitel 5	hodnotitel 6	hodnotitel 7	hodnotitel 8	hodnotitel 9	hodnotitel 10	průměr	průměr sady	interval spolehlivosti
2-1-1-1	3	4	3	4	3,5	3,5	3,5	3,5	4	3	3,5	3,53	< 3,36 ; 3,71 >
2-1-1-2	3,5	4	3	4	4	4	3,5	3,5	3,5	4	3,7		
2-1-1-3	3	3,5	3	4	4	3	3	3	3,5	4	3,4		
2-2-1-1	3	4	3	4	4	3,5	4	3	3,5	4	3,6	3,67	< 3,54 ; 3,80 >
2-2-1-2	3,5	4	3	4	4,5	4	4	3	4	4	3,8		
2-2-1-3	3	4	3	4	4	3,5	3,5	3	3,5	4,5	3,6		
2-3-1-1	3,5	3,5	3	4	3,5	4	3	3,5	3,5	3,5	3,5	3,90	< 3,51 ; 4,29 >
2-3-1-2	4	4	4	4,5	4	3,5	4,5	4,5	4	4	4,1		
2-3-1-3	4	4	4	4,5	4	4,5	3,5	4,5	4	4	4,1		
2-4-1-1	2	3,5	3	3,5	3	2,5	3	2,5	3,5	3,5	3	2,87	< 2,50 ; 3,23 >
2-4-1-2	1,5	3	2,5	3	2,5	2	2,5	2,5	2,5	3	2,5		
2-4-1-3	2,5	3,5	3	3,5	3	3	3	3,5	3	3	3,1		
2-1-2-1	3,5	4	4	4,5	4	4	3,5	4,5	4,5	3,5	4	4,30	< 3,81 ; 4,79 >
2-1-2-2	4,5	4,5	5	5	5	5	5	4,5	5	4,5	4,8		
2-1-2-3	3,5	4,5	4	4,5	4	4	4	4	4	4,5	4,1		
2-2-2-1	5	4	5	5	5	4,5	4,5	5	5	5	4,8	4,80	< 4,80 ; 4,80 >
2-2-2-2	4,5	4,5	5	5	5	5	4,5	5	4,5	5	4,8		
2-2-2-3	5	4	5	5	5	4,5	5	5	4,5	5	4,8		
2-3-2-1	4,5	5	5	5	5	5	5	4,5	5	5	4,9	4,80	< 4,50 ; 5,00 >
2-3-2-2	4	4,5	4	5	5	4,5	4,5	4	5	4,5	4,5		
2-3-2-3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
2-4-2-1	3,5	5	4	4,5	4,5	4	4,5	4,5	4	4,5	4,3	4,27	< 4,09 ; 4,44 >
2-4-2-2	4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4	4,5	4	5	4,4		
2-4-2-3	3	4,5	4	4,5	4,5	3,5	4	4,5	4	4,5	4,1		

Z tabulky 4.1.2. subjektivních hodnocení keprové vazby vidíme, že co se týče materiálu, nejlépe vyšlo hodnocení pro směs bavlny a polypropylenu v poměru 35% CO / 65% POP, s průměrnou známkou 3,9 pro vyšší dostavu a 4,8 pro dostavu nižší. Nejhuře na tom byl opět 100% polypropylen se známkami 2,87 pro vyšší dostavu a 4,27 pro dostavu nižší.

Pokud se zaměříme na dostavu, lépe z hodnocení vyšly opět vzorky s nižší dostavou, kde ve všech případech měly lepší hodnocení než vzorky s dostavou vyšší.

Atlas:

Tab. 4.1.3. Subjektivní hodnocení atlasové vazby

vzorek	hodnotitel 1	hodnotitel 2	hodnotitel 3	hodnotitel 4	hodnotitel 5	hodnotitel 6	hodnotitel 7	hodnotitel 8	hodnotitel 9	hodnotitel 10	průměr	průměr sady	interval spolehlivosti
3-1-1-1	1,5	3,5	3	4	3	2	3	3,5	3,5	3	3	3,03	< 2,97 ; 3,10 >
3-1-1-2	2	3,5	2,5	4	3	3,5	3	3	3,5	3	3,1		
3-1-1-3	2	3,5	2,5	4	3	2,5	3,5	2,5	3,5	3	3		
3-2-1-1	2,5	3,5	3	4,5	3,5	2	4	3,5	4	3,5	3,4	3,03	< 2,64 ; 3,43 >
3-2-1-2	2	3	2	3,5	3	2,5	3	2,5	3	2,5	2,7		
3-2-1-3	2	3	3	4	3	2,5	3	3	3,5	3	3		
3-3-1-1	2,5	3,5	2,5	4,5	3	3	3,5	3	3,5	3	3,2	3,23	< 3,06 ; 3,41 >
3-3-1-2	2	3,5	2,5	4,5	3	2,5	3,5	3	3	3,5	3,1		
3-3-1-3	2,5	3,5	3	4,5	3,5	3	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4		
3-4-1-1	2	3	3	4	3	2,5	2,5	3,5	3,5	3	3	3,30	< 2,89 ; 3,71 >
3-4-1-2	2	3,5	3	4	3,5	3	3,5	3	3,5	3	3,2		
3-4-1-3	3	3,5	4	4,5	3,5	3,5	4	3,5	4	3,5	3,7		
3-1-2-1	3	3,5	3,5	4,5	4	3,5	3	4	4	4	3,7	3,80	< 3,69 ; 3,91 >
3-1-2-2	3,5	3,5	3,5	4,5	4,5	4	4	4	3,5	4	3,9		
3-1-2-3	3	3	4	4,5	4,5	3,5	3,5	3,5	4,5	4	3,8		
3-2-2-1	3,5	4,5	3,5	4,5	4,5	4	4	4	4	4,5	4,1	3,93	< 3,76 ; 4,11 >
3-2-2-2	3	4,5	3	4	4,5	3,5	4	3,5	4	4	3,8		
3-2-2-3	3,5	4,5	3	4	4,5	4	4	3,5	3,5	4,5	3,9		
3-3-2-1	4	4,5	3,5	4,5	4,5	4,5	4	4	4	4,5	4,2	4,17	< 3,99 ; 4,34 >
3-3-2-2	3,5	4,5	4	5	4,5	4	4	4,5	4,5	4,5	4,3		
3-3-2-3	3	4,5	3,5	4,5	4,5	4	4	3,5	4	4,5	4		
3-4-2-1	4,5	5	5	5	5	5	5	4,5	5	5	4,9	4,77	< 4,64 ; 4,90 >
3-4-2-2	4	5	4,5	5	5	4,5	5	4,5	5	4,5	4,7		
3-4-2-3	4	5	4,5	5	5	4,5	5	4,5	4,5	5	4,7		

Z tabulky 4.1.3. subjektivních hodnocení atlasové vazby vidíme, že co se týče materiálu, nejlépe vyšlo hodnocení pro 100% polypropylen, s průměrnou známkou 3,3 pro vyšší dostavu a 4,77 pro nižší dostavu. Nejhůře na tom byla 100% bavlna se známkami 3 pro vyšší dostavu a 3,8 pro dostavu nižší.

Pokud se zaměříme na dostavu, lépe z hodnocení vyšly vzorky s nižší dostavou, kdy ve všech případech byly lépe hodnoceny vzorky s nižší dostavou.

4.2 Systém KES

Druhou použitou metodou bylo měření na přístroji Kawabata Evaluation System. Z charakteristik, které je možné měřit touto metodou, byl jako nejvýznamnější pro tento experiment vybrán koeficient tření. Výsledky měření jsou v tomto případě rozděleny do čtyř tabulek podle materiálu, kvůli lepší přehlednosti.

100% bavlna

Tab. 4.2.1. Koeficienty tření pro 100% bavlnu

		materiál		koeficient tření		
		100% CO		před oděrem	po oděru	rozdíl
vazba	plátno	DÚ 20,8	45 tex	0,164	0,169	0,005
		DÚ 10,8	45 tex	0,157	0,15	-0,007
	kepr	DÚ 26	20 tex	0,184	0,163	-0,021
		DÚ 18	45 tex	0,176	0,168	-0,008
	atlas	DÚ 26	20 tex	0,245	0,216	-0,029
		DÚ 18	45 tex	0,22	0,204	-0,016

Z tabulky 4.2.1. koeficientů tření u 100% bavlny před a po nasimulování oděru na přístroji Martindale vyplývá, že koeficient tření se u všech bavlněných vzorků, vyjma vzorku v plátnové vazbě s vyšší dostavou, snížil. Lze tedy předpokládat, že vlivem oděru došlo k vyhlazení povrchu vzorku. To bylo způsobeno vytažením vláken z povrchu, což bude mít za následek úbytek hmotnosti. Ten bude porovnáván v následujících kapitolách. Změny koeficientu tření se u všech bavlněných vzorků pohybují v řádech jednotek až desítek tisícin.

65% CO / 35% POP

Tab. 4.2.2. Koeficienty tření pro směs 65% CO / 35% POP

		materiál		koeficient tření		
		65% CO / 35% POP		před oděrem	po oděru	rozdíl
vazba	plátno	DÚ 26	20 tex	0,171	0,161	-0,01
		DÚ 10,4	20 tex	0,157	0,163	0,006
	kepr	DÚ 26	20 tex	0,185	0,176	-0,009
		DÚ 16,5	45 tex	0,173	0,162	-0,011
	atlas	DÚ 26	20 tex	0,244	0,22	-0,024
		DÚ 18	45 tex	0,212	0,202	-0,01

Z tabulky 4.2.2. koeficientů tření u směsi bavlny a polypropylenu v poměru 65% CO / 35% POP před a po nasimulovaní oděru na přístroji Martindale vyplývá, že koeficient tření se u všech vzorků, vyjma vzorku v plátňové vazbě s nižší dostavou, snížil. Lze tedy předpokládat, že vlivem oděru opět došlo k vyhlazení povrchu vzorku. To bylo způsobeno vytažením vláken z povrchu, což bude mít za následek úbytek hmotnosti. Ten bude porovnáván v následujících kapitolách.

35% CO / 65% POP

Tab. 4.2.3. Koeficienty tření pro směs 35% CO / 65% POP

		materiál		koeficient tření		
		35% CO / 65% POP		před oděrem	po oděru	rozdíl
vazba	plátno	DÚ 22	20 tex	0,174	0,176	0,002
		DÚ 10,4	20 tex	0,174	0,18	0,006
	kepr	DÚ 26	20 tex	0,191	0,191	0
		DÚ 13,4	45 tex	0,169	0,165	-0,004
	atlas	DÚ 21,8	29,5 tex	0,247	0,238	-0,009
		DÚ 16	45 tex	0,202	0,206	0,004

Z tabulky 4.2.3. koeficientů tření u směsi bavlny a polypropylenu v poměru 35% CO / 65% POP před a po nasimulovaní oděru na přístroji Martindale vyplývá, že koeficient tření se u čtyř ze šesti vzorků, vyjma vzorků v keprové vazbě s nižší dostavou a atlasové vazbě s vyšší dostavou, zvýšil. Zde tedy většinou došlo ke zdrsnění povrchu.

100% polypropylen

Tab. 4.2.4. Koeficienty tření pro 100% polypropylen

		materiál		koeficient tření		
		100% POP		před oděrem	po oděru	rozdíl
vazba	plátno	DÚ 17	29,5 tex	0,192	0,199	0,007
		DÚ 8,8	29,5 tex	0,19	0,201	0,011
	kepr	DÚ 26	20 tex	0,259	0,248	-0,011
		DÚ 13,4	45 tex	0,192	0,2	0,008
	atlas	DÚ 21,8	29,5 tex	0,221	0,236	0,015
		DÚ 18	45 tex	0,214	0,222	0,008

Z tabulky 4.2.4. koeficientů tření u 100% polypropylenů před a po nasimulovaní oděru na přístroji Martindale vyplývá, že koeficient tření se u pěti ze šesti vzorků, vyjma vzorku v keprové vazbě s vyšší dostavou, zvýšil. Zde tedy opět došlo ve většině případů ke zdrsňení povrchu.

Z výsledků na přístroji KES vyplývá, že u vzorků, kde převažovala bavlna, došlo ve větší míře k snížení koeficientu tření, který byl způsobem vytažením bavlněných vláken z vazby a zjemnění povrchu. U vzorků, kde převažoval polypropylen došlo ve větší míře ke zdrsňení povrchu, lze tedy předpokládat, že u těchto vzorků nedojde k tak rapidnímu úbytku hmotnosti po nasimulování oděru, které bude hodnoceno v dalších kapitolách.

4.3 Úbytek hmotnosti

Úbytek hmotnosti byl pozorován na vzorcích o průměru 38mm, které byly vystaveny oděru na přístroji Martindale. Na každém vzorku bylo provedeno 120 otáček ve tvaru Lissajousova obrazce, viz. kapitola 2.2.2.1. Výsledky jsou udávány v grafech a pro přehlednost rozděleny do třech tabulek podle vazby, na plátňovou, keprovou a atlasovou.

Plátno:

Tab. 4.3.1. Úbytek hmotnosti u plátňové vazby

vzorek	před oděrem	po oděru	úbytek hmotnosti	průměr sady	interval spolehlivosti
1-1-1-1	0,2121	0,2109	0,0012	0,0006	<0,0002 ; 0,0009>
1-1-1-2	0,2453	0,245	0,0003		
1-1-1-3	0,2415	0,2413	0,0002		
1-2-1-1	0,1711	0,171	0,0001	0,0003	<0,0002 ; 0,0004>
1-2-1-2	0,1693	0,169	0,0003		
1-2-1-3	0,1691	0,1686	0,0005		
1-3-1-1	0,1482	0,1481	0,0001	0,0002	<0,0001 ; 0,0003>
1-3-1-2	0,148	0,1478	0,0002		
1-3-1-3	0,1448	0,1445	0,0003		
1-4-1-1	0,1864	0,1862	0,0002	0,0001	<0,0000 ; 0,0002>
1-4-1-2	0,1798	0,1797	0,0001		
1-4-1-3	0,185	0,185	0,0000		
1-1-2-1	0,2066	0,2059	0,0007	0,0013	<0,0009 ; 0,0017>
1-1-2-2	0,1987	0,197	0,0017		
1-1-2-3	0,1996	0,1981	0,0015		
1-2-2-1	0,1085	0,1076	0,0009	0,0010	<0,0008 ; 0,0013>
1-2-2-2	0,1108	0,11	0,0008		
1-2-2-3	0,1157	0,1143	0,0014		
1-3-2-1	0,1094	0,1082	0,0012	0,0011	<0,0010 ; 0,0012>
1-3-2-2	0,1208	0,1199	0,0009		
1-3-2-3	0,1116	0,1105	0,0011		
1-4-2-1	0,1666	0,1664	0,0002	0,0001	<-0,0002 ; 0,0005>
1-4-2-2	0,1748	0,1742	0,0006		
1-4-2-3	0,1727	0,1731	-0,0004		

Z tabulky 4.3.1. úbytku hmotnosti u plátňové vazby vyplývá, že u vzorků kde v materiálovém složení převládala bavlna, docházelo vždy k většímu úbytku hmotnosti, než u vzorků, kde převládal polypropylen. Z pohledu dostavy, docházelo k většímu úbytku hmotnosti u nižší dostavy a to ve všech případech vyjma vzorků ze 100% polypropylenu, kde byl úbytek hmotnosti stejný.

Kepr:

Tab. 4.3.2. Úbytek hmotnosti u keprové vazby

vzorek	před oděrem	po oděru	úbytek hmotnosti	průměr sady	interval spolehlivosti
2-1-1-1	0,1638	0,1624	0,0014	0,0009	<0,0006 ; 0,0013>
2-1-1-2	0,1604	0,1594	0,0010		
2-1-1-3	0,1671	0,1667	0,0004		
2-2-1-1	0,1782	0,1775	0,0007	0,0011	<0,0007 ; 0,0015>
2-2-1-2	0,1777	0,176	0,0017		
2-2-1-3	0,1688	0,1679	0,0009		
2-3-1-1	0,176	0,1757	0,0003	0,0003	<-0,0002 ; 0,0007>
2-3-1-2	0,1688	0,1692	-0,0004		
2-3-1-3	0,1725	0,1716	0,0009		
2-4-1-1	0,1612	0,1601	0,0011	0,0006	<0,0002 ; 0,0010>
2-4-1-2	0,1643	0,1635	0,0008		
2-4-1-3	0,154	0,1541	-0,0001		
2-1-2-1	0,2738	0,2715	0,0023	0,0014	<0,0009 ; 0,0019>
2-1-2-2	0,2612	0,2603	0,0009		
2-1-2-3	0,274	0,273	0,0010		
2-2-2-1	0,2867	0,2859	0,0008	0,0011	<0,0009 ; 0,0013>
2-2-2-2	0,2739	0,2728	0,0011		
2-2-2-3	0,2725	0,2711	0,0014		
2-3-2-1	0,263	0,2627	0,0003	0,0007	<0,0002 ; 0,0011>
2-3-2-2	0,252	0,2506	0,0014		
2-3-2-3	0,2569	0,2566	0,0003		
2-4-2-1	0,2811	0,2792	0,0019	0,0010	<0,0004 ; 0,0015>
2-4-2-2	0,2649	0,2642	0,0007		
2-4-2-3	0,2685	0,2682	0,0003		

Z tabulky 4.3.2. úbytku hmotnosti u keprové vazby vyplývá, že u vzorků, kde v materiálovém složení převládala bavlna, docházelo ve většině případů k většímu úbytku hmotnosti, než u vzorků kde převládal polypropylen. Z pohledu dostavy, docházelo k většímu úbytku hmotnosti u nižší dostavy a to ve všech případech vyjma vzorků ze směsi bavlny a polypropylenu v poměru 65% CO / 35% POP, kde byl úbytek hmotnosti stejný.

Atlas:

Tab. 4.3.3. Úbytek hmotnosti u atlasové vazby

vzorek	před oděrem	po oděru	úbytek hmotnosti	průměr sady	interval spolehlivosti
3-1-1-1	0,1477	0,1458	0,0019	0,0014	<0,0010 ; 0,0017>
3-1-1-2	0,1579	0,1569	0,0010		
3-1-1-3	0,1688	0,1676	0,0012		
3-2-1-1	0,1701	0,168	0,0021	0,0016	<0,0013 ; 0,0019>
3-2-1-2	0,1679	0,1667	0,0012		
3-2-1-3	0,1755	0,174	0,0015		
3-3-1-1	0,2195	0,2187	0,0008	0,0007	<0,0006 ; 0,0009>
3-3-1-2	0,2303	0,2294	0,0009		
3-3-1-3	0,2401	0,2396	0,0005		
3-4-1-1	0,217	0,217	0,0000	0,0000	<0,0000 ; 0,0001>
3-4-1-2	0,2275	0,2275	0,0000		
3-4-1-3	0,219	0,2189	0,0001		
3-1-2-1	0,2636	0,2625	0,0011	0,0016	<0,0008 ; 0,0025>
3-1-2-2	0,2754	0,2747	0,0007		
3-1-2-3	0,2659	0,2628	0,0031		
3-2-2-1	0,288	0,2865	0,0015	0,0018	<0,0013 ; 0,0023>
3-2-2-2	0,273	0,2703	0,0027		
3-2-2-3	0,2962	0,2949	0,0013		
3-3-2-1	0,2689	0,2678	0,0011	0,0013	<0,0010 ; 0,0015>
3-3-2-2	0,2755	0,27449	0,0010		
3-3-2-3	0,2731	0,2714	0,0017		
3-4-2-1	0,2757	0,2749	0,0008	0,0009	<0,0005 ; 0,0012>
3-4-2-2	0,287	0,2866	0,0004		
3-4-2-3	0,2885	0,2871	0,0014		

Z tabulky 4.3.3. úbytku hmotnosti u atlasové vazby vyplývá, že u vzorků kde v materiálovém složení převládala bavlna, docházelo ve všech případech k většímu úbytku hmotnosti, než u vzorků kde převládal polypropylen. Z pohledu dostavy, docházelo k většímu úbytku hmotnosti u nižší dostavy, a to ve všech případech.

Z výsledků úbytků hmotnosti plyne, že vyšší úbytek hmotnosti byl zaznamenán vždy u materiálových složení, kde převládala bavlna. Zároveň byl i větší úbytek zaznamenán u vzorků s nižší dostavou.

4.4 Obrazová analýza

Měření vzorků bylo provedeno ohnutím přes hranu a nasvícením proti objektivu tak, že světlo vycházející zpoza vzorku prosvítlo vlákna odstávající z povrchu. Na nasnímaných obrazech se tak vlákna jevila bíle, popřípadě v zelenomodré barvě použitého monochromatické světla. Díky černému pozadí a přední straně vzorku, na které nedopadalo žádné světlo, tak bylo možné obraz narahovat tak, aby šla oddělit vlákna od zbytku vzorku. Díky tomu bylo možné počítat plochy vláken a tak zjistit rozvláknění povrchu, které bylo definované plochou odstávajících vláken v milimetrech čtverečních. Měření bylo provedeno pomocí softwaru NIS Element. Pro větší přehlednost jsou výsledky rozděleny do čtyř tabulek podle materiálu.

100% bavlna

Tab. 4.4.1. Obrazová analýza pro 100% bavlnu

	100% CO									
	vyšší dostava útku					nižší dostava útku				
	před oděrem	po oděru	rozdíl	průměr	interval spolehlivosti	před oděrem	po oděru	rozdíl	průměr	interval spolehlivosti
plátno	38,36	77,23	38,87	37,38	< 35,82 ; 38,95 >	38,80	87,86	49,06	45,80	< 31,40 ; 60,21 >
	43,01	77,74	34,73			39,48	62,62	23,15		
	40,03	78,58	38,55			39,78	104,99	65,20		
kepr	44,43	128,28	83,84	75,95	< 70,14 ; 81,77 >	37,93	114,58	76,64	65,21	< 55,86 ; 74,56 >
	45,44	122,62	77,18			39,99	89,91	49,92		
	47,88	114,72	66,84			37,17	106,23	69,06		
atlas	36,94	95,44	58,50	50,88	< 44,10 ; 57,67 >	51,54	106,95	55,41	56,31	< 49,61 ; 63,01 >
	35,74	75,30	39,57			53,15	119,76	66,61		
	39,70	94,27	54,58			43,48	90,41	46,93		

Z tabulky 4.4.1. výsledků obrazové analýzy vyplývá, že u bavlněných vzorků byl největší nárůst rozvláknění u keprové vazby. Nejmenší nárůst byl zaznamenán u plátňové vazby. S ohledem na dostavu, byl vyšší nárůst rozvláknění u nižší dostavy ve dvou ze třech případů.

65% CO / 35% POP

Tab. 4.4.2. Obrazová analýza pro směs 65% CO / 35% POP

	65% CO / 35% POP									
	vyšší dostava útku					nižší dostava útku				
	před oděrem	po oděru	rozdíl	průměr	interval spolehlivosti	před oděrem	po oděru	rozdíl	průměr	interval spolehlivosti
plátno	28,39	76,55	48,15	42,44	< 38,41 ; 46,48 >	27,48	90,28	62,80	64,39	< 63,36 ; 65,42 >
	23,99	60,29	36,30			37,00	101,55	64,55		
	27,16	70,04	42,88			37,30	103,12	65,82		
kepr	35,31	95,16	59,85	58,48	< 49,84 ; 67,13 >	45,04	83,57	38,53	30,75	< 26,17 ; 35,33 >
	47,61	92,74	45,12			48,22	75,40	27,18		
	30,01	100,48	70,47			49,60	76,13	26,53		
atlas	55,85	87,66	31,81	41,50	< 35,42 ; 47,59 >	46,33	101,80	55,46	56,09	< 50,33 ; 61,86 >
	46,81	96,29	49,49			50,76	98,69	47,93		
	48,95	92,16	43,21			34,29	99,18	64,89		

Z tabulky 4.4.2. výsledků obrazové analýzy vyplývá, že u směsi bavlněných a polypropylenových vzorků v poměru 65% CO / 35% POP, byl největší nárůst rozvláknění u plátňové vazby. Nejmenší nárůst byl zaznamenán u keprové vazby. S ohledem na dostavu, byl opět vyšší nárůst rozvláknění zaznamenán u nižší dostavy ve dvou ze třech případů.

35% CO / 65% POP

Tab. 4.4.3. Obrazová analýza pro směs 35% CO / 65% POP

	35% CO / 65% POP									
	vyšší dostava útku					nižší dostava útku				
	před oděrem	po oděru	rozdíl	průměr	interval spolehlivosti	před oděrem	po oděru	rozdíl	průměr	interval spolehlivosti
plátno	22,08	61,73	39,64	48,05	< 42,76 ; 53,34 >	39,84	80,87	41,03	44,89	< 41,77 ; 48,02 >
	27,58	77,06	49,47			34,95	84,93	49,99		
	25,93	80,97	55,03			30,21	73,88	43,67		
kepr	37,35	94,58	57,23	57,88	< 48,86 ; 66,91 >	39,46	65,58	26,12	28,16	< 26,59 ; 29,73 >
	32,29	103,78	71,49			37,16	67,83	30,67		
	39,68	84,61	44,93			38,58	66,26	27,69		
atlas	38,29	78,95	40,67	44,20	< 40,56 ; 47,84 >	34,00	80,29	46,28	49,29	< 46,93 ; 51,65 >
	40,18	90,55	50,37			36,10	89,19	53,09		
	42,77	84,33	41,56			34,23	82,73	48,50		

Z tabulky 4.4.3. výsledků obrazové analýzy vyplývá, že u směsi bavlněných a polypropylenových vzorků v poměru 35% CO / 65% POP, byl největší nárůst rozvláknění u atlasové vazby. Nejmenší nárůst byl zaznamenán u keprové vazby. S ohledem na dostavu, byl vyšší nárůst rozvláknění zaznamenán u vyšší dostavy ve dvou ze třech případů.

100% polypropylen

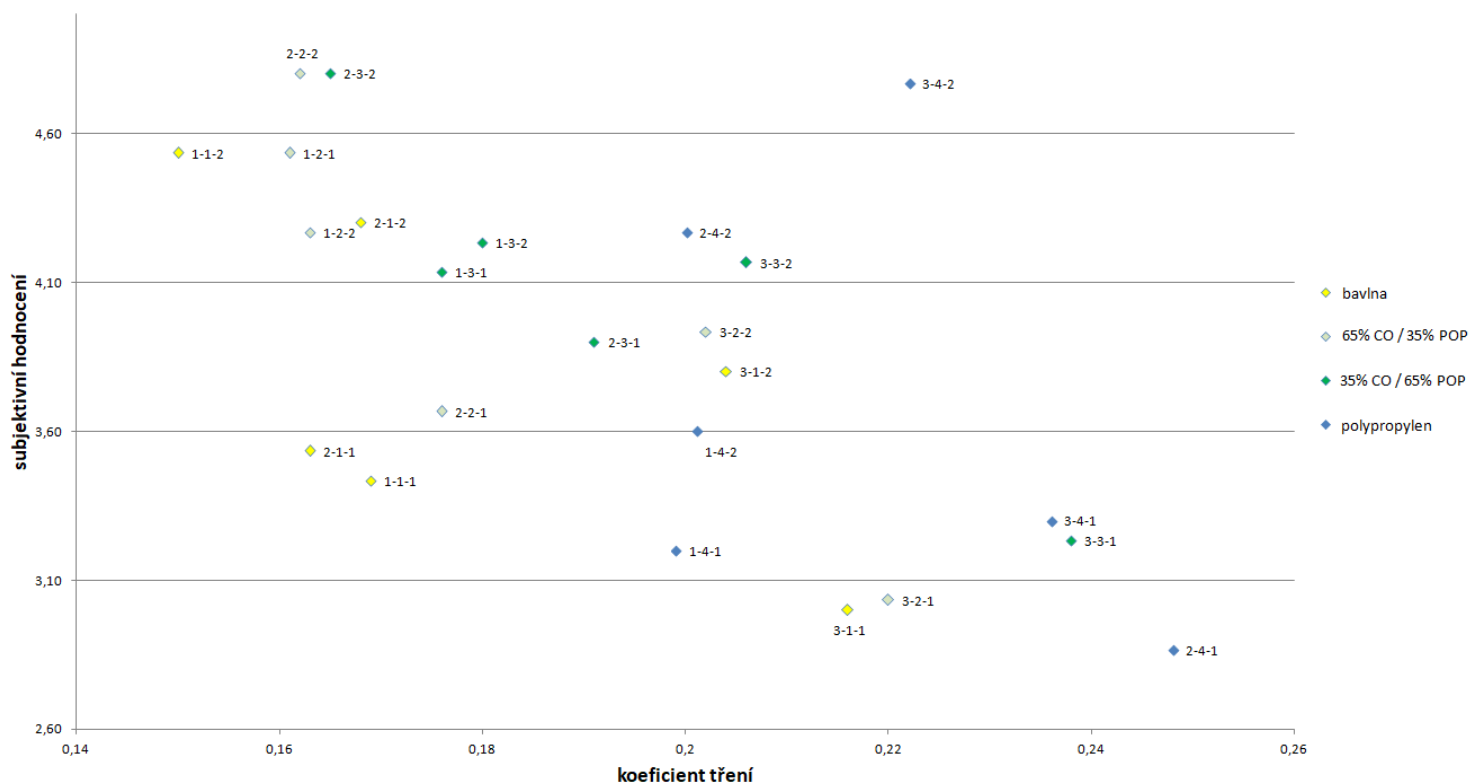
Tab. 4.4.4. Obrazová analýza pro 100% polypropylen

	100/ POP									
	vyšší dostava útku					nižší dostava útku				
	před oděrem	po oděru	rozdíl	průměr	interval spolehlivosti	před oděrem	po oděru	rozdíl	průměr	interval spolehlivosti
plátno	29,22	83,35	54,14	56,05	< 54,26 ; 57,84 >	31,74	86,65	54,91	48,91	< 41,87 ; 55,94 >
	35,01	94,07	59,06			28,30	83,17	54,86		
	29,23	84,18	54,95			33,96	70,90	36,94		
kepr	39,70	74,89	35,20	35,66	< 34,66 ; 36,67 >	31,55	84,45	52,91	52,40	< 49,73 ; 55,07 >
	44,36	81,68	37,32			36,81	85,05	48,24		
	39,43	73,90	34,47			34,79	90,84	56,06		
atlas	30,17	95,50	65,33	51,04	< 36,89 ; 65,20 >	24,83	71,45	46,62	53,43	< 48,99 ; 57,88 >
	29,12	89,79	60,67			22,99	82,66	59,67		
	28,25	55,37	27,12			27,17	81,19	54,01		

Z tabulky 4.4.1. výsledků obrazové analýzy vyplývá, že u polypropylenových vzorků byl největší nárůst rozvláknění u plátňové vazby. Nejmenší nárůst byl zaznamenán u keprové vazby. S ohledem na dostavu, byl vyšší nárůst rozvláknění u nižší dostavy ve dvou ze třech případů.

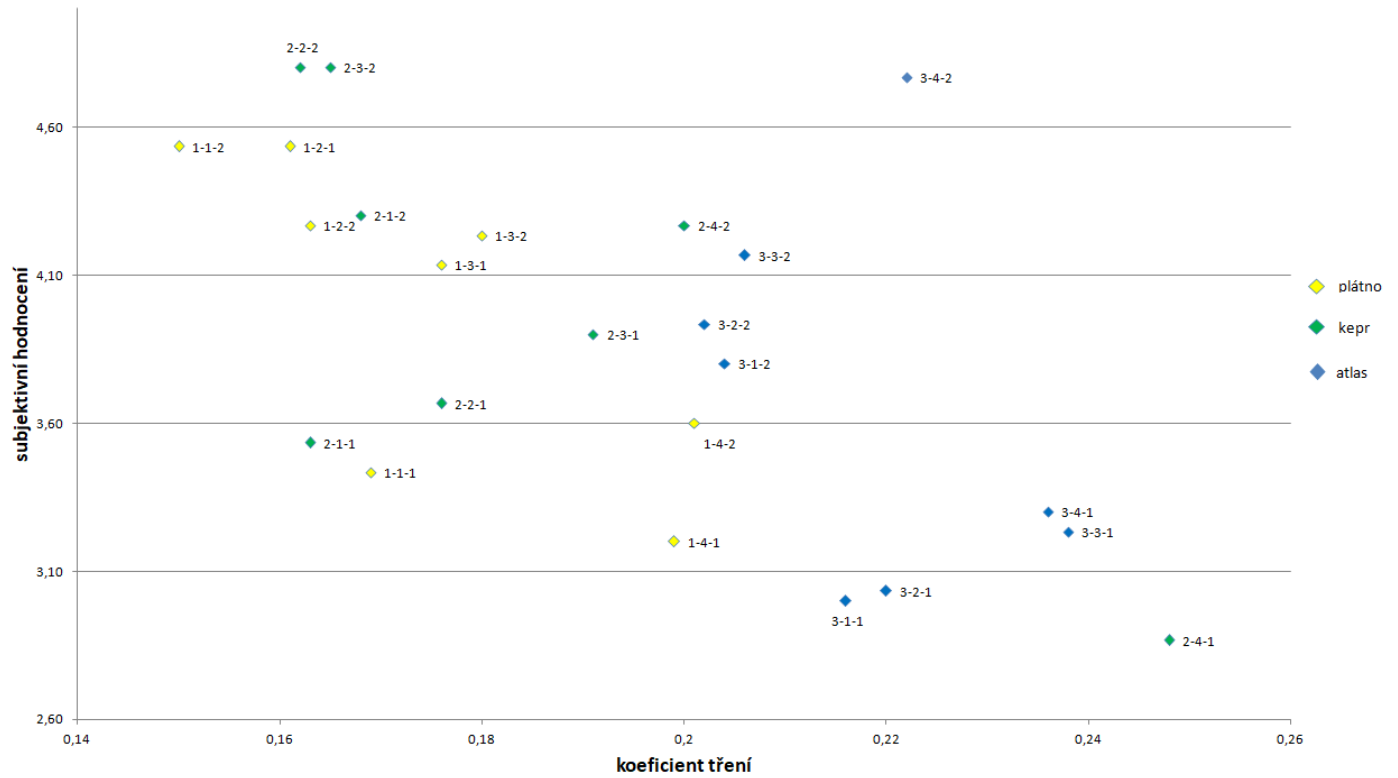
Z výsledků obrazové vyplývá, že ve třech ze čtyř případů měla nejnižší nárůst rozvláknění, respektive nárůst plochy odstávajících vláken z povrchu, keprová vazba. Zároveň ve třech ze čtyř případů měla nižší nárůst rozvláknění nižší dostava. S ohledem na materiál, měl nejnižší nárůst rozvláknění materiál ze směsi vláken bavlny a polypropyleny a to s poměrem 65% CO / 35% POP., následovaný směsí s poměrem 35% CO / 65% POP.

4.5 Grafické hodnocení



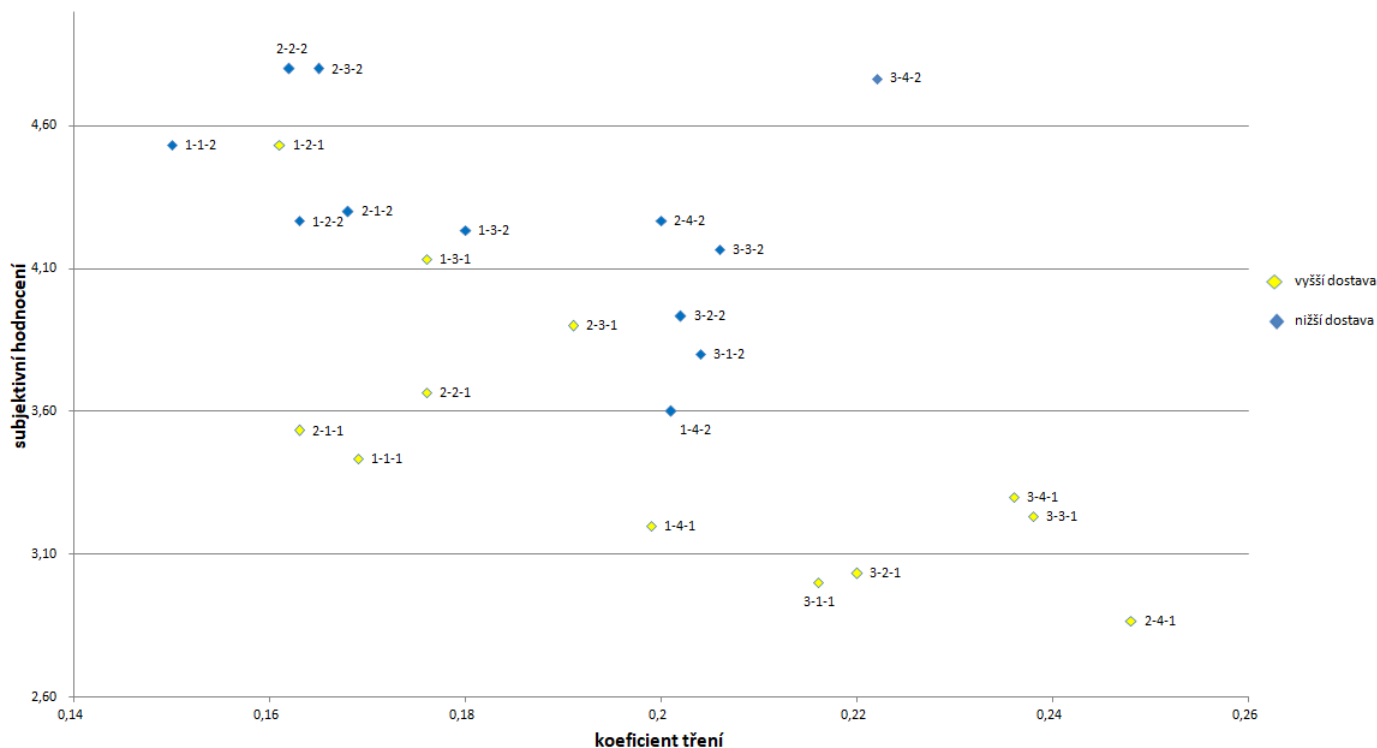
Obr. 4.5.1. Graf závislosti subjektivního hodnocení a koeficientu tření dle materiálu

Na obrázku 4.5.1. můžeme vidět graf závislosti známky udělené subjektivními hodnotiteli a koeficientu tření z přístroje KES. Čím lépe byl vzorek hodnocen subjektivními hodnotiteli, tím výš se nachází vzhledem k ose Y. Čím nižší byl jeho koeficient tření na přístroji KES, tím více vlevo se nachází vzhledem k ose X. Nejlépe hodnocené vzorky, které se jeví při subjektivním hodnocení téměř nepoškozené a zároveň měly podle přístroje „nejhladší“ povrch se tedy nacházejí v levém horním rohu. Z grafu je patrné, že většinou se v levém horním rohu grafu vyskytují vzorky směsi 65% CO / 35% POP, společně s bavlněnými vzorky. Je tedy zřejmé, že nejlépe obstály vzorky, které obsahovaly majoritní podíl bavlny. Toto zjištění jde však ruku v ruce se zjištěním z kapitoly 4.3, že u vzorků z 100% bavlny docházelo k největším úbytkům hmotnosti. Po nasimulování oděru měli tedy velmi dobře hodnocené povrchové vlastnosti, což bylo ale pravděpodobně způsobeno tím, že většina odstávajících vláken odpadla.



Obr. 4.5.2. Graf závislosti subjektivního hodnocení a koeficientu tření dle vazby

Na obrázku 4.5.2 je stejný téměř stejný graf jako na obrázku 4.5.1. jen s tím rozdílem, že jsou vzorky roztrženy barevně dle vazby. Z grafu je patrné, že většinou se v levém horním rohu grafu vyskytují vzorky v plátnové a keprové vazbě, se zhruba stejným zastoupením. Naopak vzorky v atlasové vazbě se vyskytují převážně v pravém dolním rohu, měly tedy nejhorší povrchové vlastnosti a zároveň byly hodnotiteli subjektivně oznámkovány jako nejhorší.



Obr. 4.5.3. Graf závislosti subjektivního hodnocení a koeficientu tření dle dostavy

Na obrázku 4.5.3 je opět téměř stejný graf jako na obrázku 4.5.1. jen s tím rozdílem, že jsou vzorky rozříděny barevně dle dostavy. Z grafu je patrné, že se v levém horním rohu grafu vyskytují vzorky s nižší dostavou. Z tohoto grafického vyhodnocení lze vyvést závěr, že nižší dostava lépe odolávala mechanickému opotřebení povrchu. U tkanin s nižší dostavou však bylo použito ve většině případů přízi s vyšší jemností, což je další důležitý parametr, který sice není předmětem zkoumání této závěrečné práce, ale má potenciál k dalšímu výzkumu se zohledněním faktoru jemnosti zvolené příze.

5 Analýza výsledků

Výsledky byly analyzovány podle třech zvolených faktorů a to s ohledem na vazbu, materiál a dostavu. Analýza byla provedena pro každý přístroj zvlášť a zároveň pro všechny přístroje najednou. Pro každý přístroj a faktor byla vytvořena korelační matice koeficientů, vyjadřující míru pozitivní či negativní závislosti a základní analýza dat společně s analýzou rozptylu.

5.1 Analýza výsledků s ohledem na vazbu

První analyzovanou metodou byla metoda **subjektivního hodnocení**. Data, respektive průměry známek všech hodnotitelů, byla seřazena podle vazby na plátnovou, keprovou a atlasovou. Jednotlivá hodnocení vazeb byla mezi sebou porovnána systémem každý s každým.

Spearmanova korelace

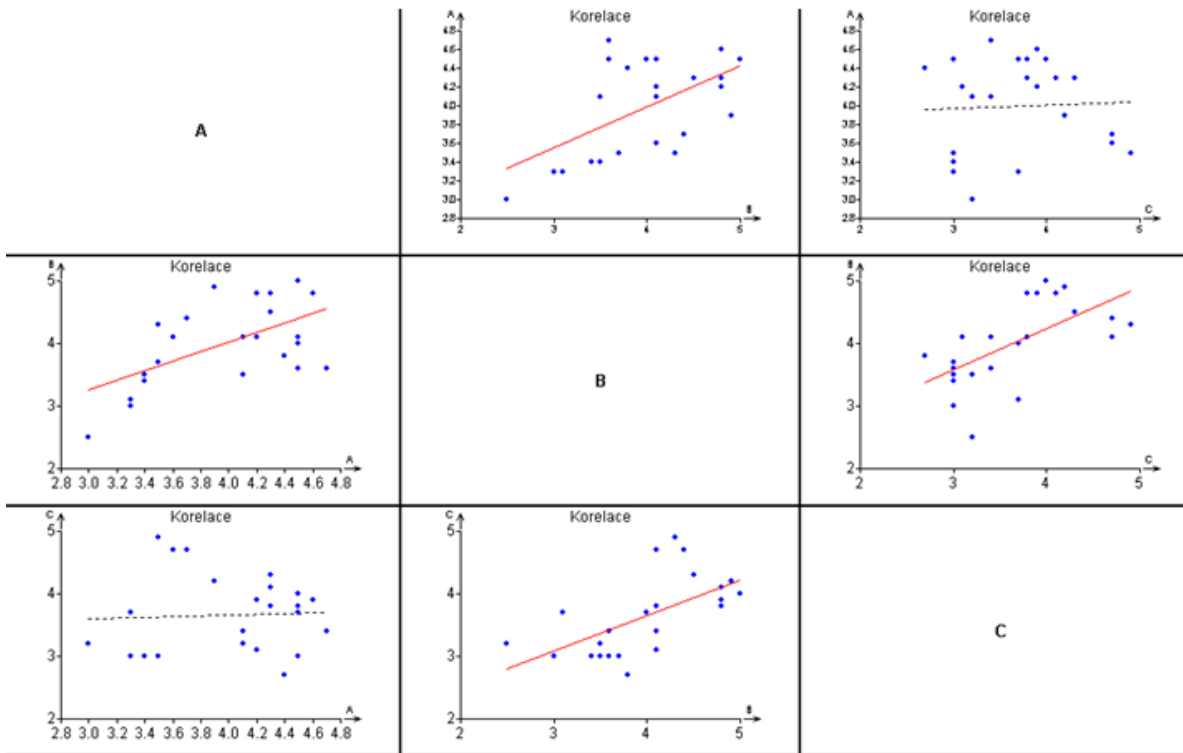
Korelační matice

Proměnná

	plátno	kepr	atlas
plátno	1	0,504	0,178
kepr	0,504	1	0,730
atlas	0,178	0,730	1

Obr. 5.1.1. Korelační matice subjektivních hodnocení rozříděných dle vazby

Na obrázku 5.1.1. můžeme vidět korelační koeficient jednotlivých vazeb. Plátnová vazba vykazuje mírnou pozitivní závislost 0,504 s vazbou keprovou a téměř nulovou závislost s vazbou atlasovou 0,178. Keprvá vazba má s vazbou atlasovou silnou pozitivní závislost a to 0,73.



Obr. 5.1.2. Korelační matice subjektivních hodnocení rozříděných dle vazby

Na obrázku 5.1.2. můžeme vidět grafy korelační matice, tedy vzájemných závislostí mezi vazbami. Tato korelace nám nenapoví, která vazba vyšla hodnocením jako nejlepší, pouze které vazby jsou dle subjektivního hodnocení mezi sebou porovnatelné. Korelaci můžeme sledovat mezi vazbou plátnovou a keprovou, ale už ne mezi plátnovou a atlasovou. Vzhledem k vazbě keprové, můžeme sledovat zpětnou korelaci s vazbou plátnovou, ale v tomto případě i s vazbou atlasovou.

Druhou analyzovanou metodou byly výsledky měření z přístroje KES. Data, respektive koeficienty tření jednotlivých vzorků, byla opět seřazena podle vazby na plátňovou, keprovou a atlasovou. Jednotlivá hodnocení vazeb byla mezi sebou porovnána systémem každý s každým.

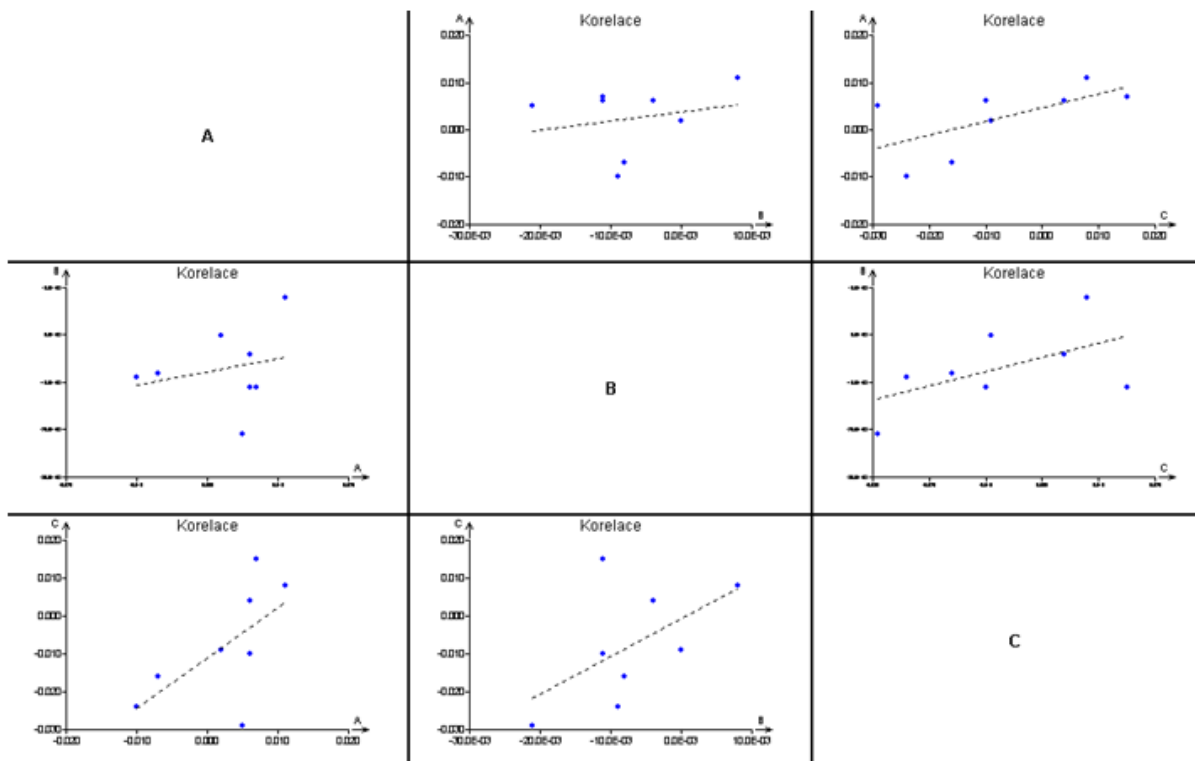
Spearmanova korelace

Korelační matice

Proměnná	A	B	C
A	1	0,071	0,738
B	0,071	1	0,404
C	0,738	0,404	1

Obr. 5.1.3. Korelační matice koeficientů tření rozříděných dle vazby

Na obrázku 5.1.3. můžeme vidět korelační koeficient jednotlivých vazeb. Plátňová vazba, na obrázku značena písmenem „A“, vykazuje nulovou závislost 0,504 s vazbou keprovou, na obrázku značena písmenem „B“, ale vykazuje silnou pozitivní závislost s vazbou atlasovou 0,738. Keprová vazba má s vazbou atlasovou slabou pozitivní závislost a to 0,404.



Obr. 5.1.4. Korelační matice koeficientů tření roztříděných dle vazby

Na obrázku 5.1.4. můžeme vidět grafy korelační matice, tedy vzájemných závislostí mezi vazbami. Tato korelace nám nenapoví, která vazba vyšla hodnocením jako nejlepší, pouze které vazby jsou dle systému KES mezi sebou porovnatelné. Dle systému KES mezi sebou vazby nejeví žádnou korelaci.

Třetí analyzovanou metodou byly výsledky měření z obrazové analýzy. Data, respektive plochy odstávajících vláken v milimetrech čtverečních, byla opět seřazena podle vazby na plátňovou, keprovou a atlasovou. Jednotlivá hodnocení vazeb byla mezi sebou porovnána systémem každý s každým.

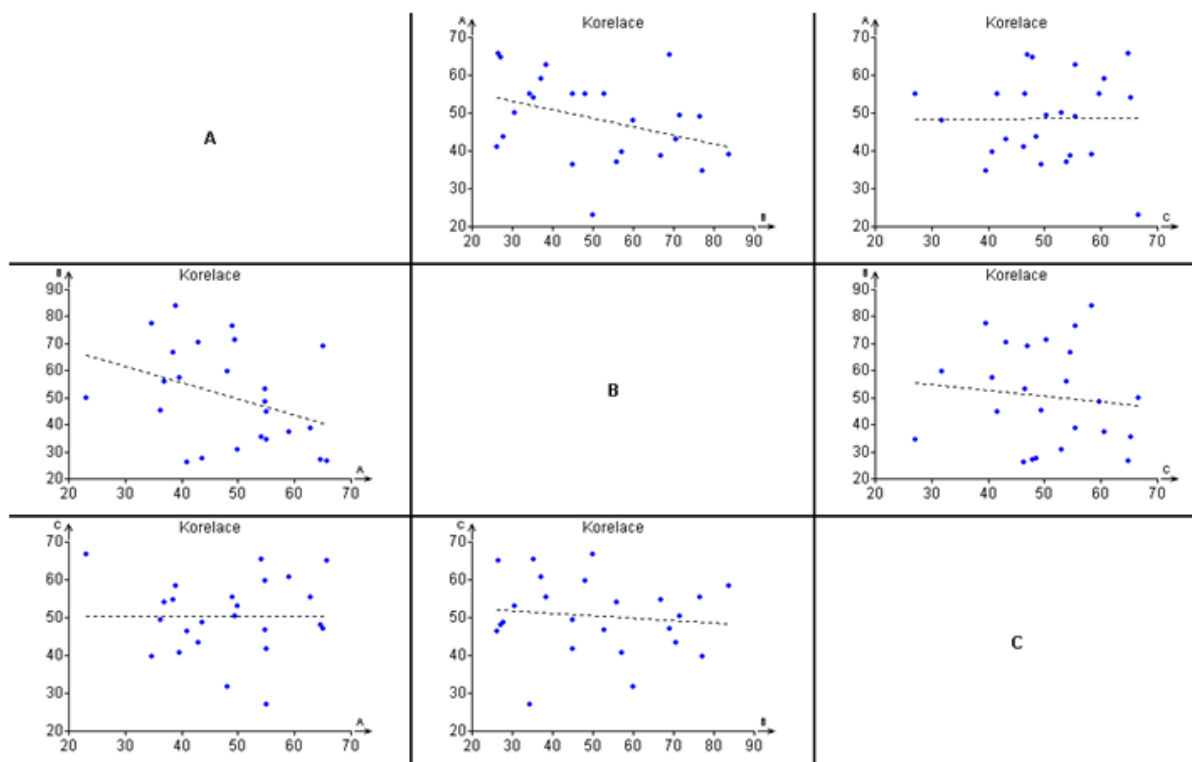
Spearmanova korelace

Korelační matice

Proměnná	A	B	C
A	1	-0,432	0,066
B	-0,432	1	-0,12
C	0,066	-0,12	1

Obr. 5.1.5. Korelační matice plochy vláken roztříděných dle vazby

Na obrázku 5.1.5. můžeme vidět korelační koeficient **plochy odstávajících vláken (obrazová analýza)** jednotlivých vazeb. Plátňová vazba, na obrázku značena písmenem „A“, vykazuje slabou negativní závislost -0,432 s vazbou keprovou, na obrázku značena písmenem „B“, a téměř nulovou závislost s vazbou atlasovou 0,066. Keprová vazba má s vazbou atlasovou také téměř nulovou závislost a to -0,12.



Obr. 5.1.6. Korelační matice plochy vláken roztříděných dle vazby

Na obrázku 5.1.6. můžeme vidět grafy korelační matice, tedy vzájemných závislostí mezi vazbami. Tato korelace nám nenapoví, která vazba vyšla hodnocením jako nejlepší, pouze které vazby jsou dle obrazové analýzy mezi sebou porovnatelné. Výsledky obrazové analýzy vypovídají, že mezi sebou vazby nejeví žádnou korelaci.

5.2 Analýza výsledků s ohledem na materiál

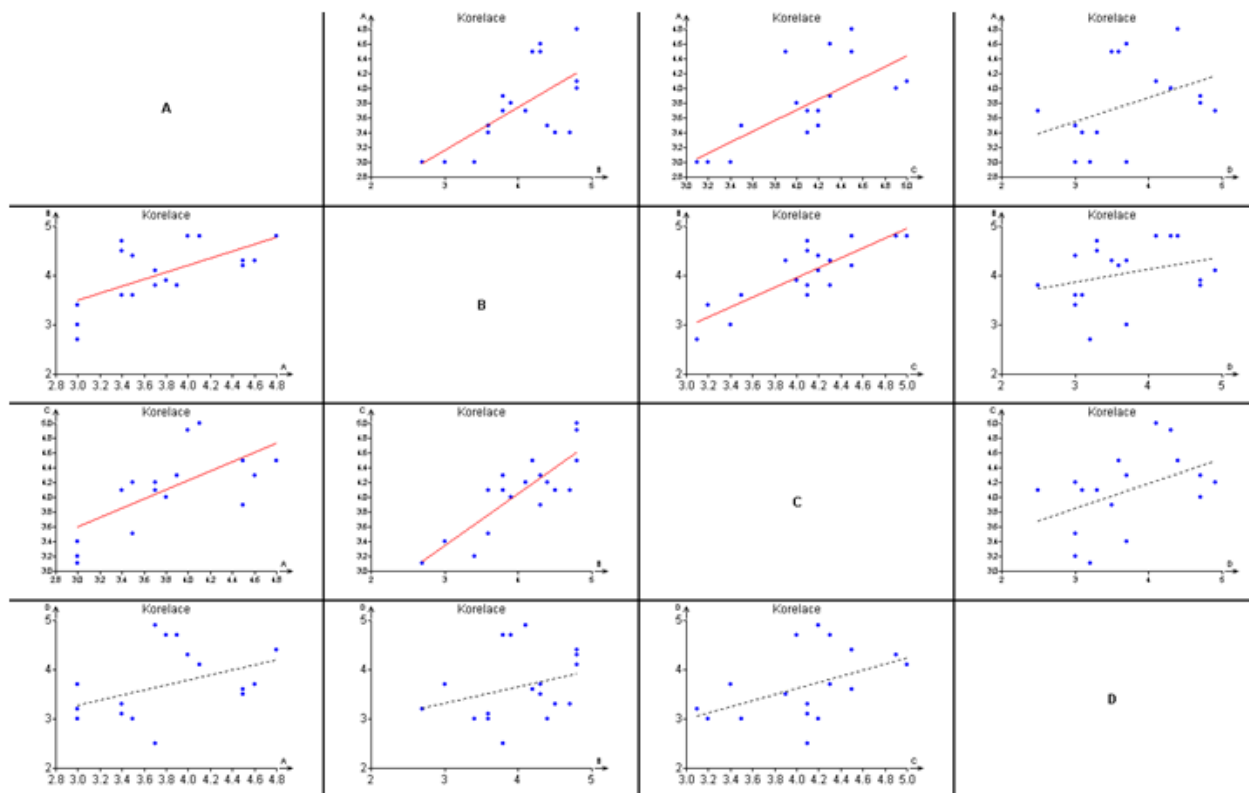
První analyzovanou metodou byla metoda **subjektivního hodnocení**. Data, respektive průměry známek všech hodnotitelů, byla seřazena podle materiálu na 100% bavlnu, směs bavlny a polypropylenu v poměru 65% CO / 35% POP, směs bavlny a polypropylenu v poměru 35% CO / 65% POP a 100% polypropylen. Jednotlivá hodnocení materiálů byla mezi sebou porovnána systémem každý s každým.

Spearmanova korelace
Korelační matice

Proměnná	A	B	C	D
A	1	0,578	0,737	0,510
B	0,578	1	0,725	0,325
C	0,737	0,725	1	0,461
D	0,510	0,325	0,461	1

Obr. 5.2.1. Korelační matice subjektivních hodnocení rozříděných dle materiálu

Na obrázku 5.2.1. můžeme vidět korelační koeficient jednotlivých materiálů. 100% bavlna, na obrázku označena písmenem „A“, vykazuje mírnou pozitivní závislost 0,578 se směsí bavlny a polypropylenu v poměru 65% CO / 35% POP, označených na obrázku písmenem „B“. Dále vykazuje silnou pozitivní závislost 0,737 se směsí bavlny a polypropylenu v poměru 35% CO / 65% POP, označenou na obrázku písmenem „C“. V poslední řadě vykazuje mírnou pozitivní závislost 0,51 se 100% polypropylenem. Směs bavlny a polypropylenu v poměru 65% CO / 35% POP vykazuje silnou pozitivní závislost 0,725 se směsí bavlny a polypropylenu v poměru 35% CO / 65% POP. Tato směs s převahou bavlny dále vykazuje téměř nulovou závislost 0,325 s výsledky 100% polypropylenu. Směs bavlny a polypropylenu v poměru 35% CO / 65% POP vykazuje mírnou pozitivní závislost 0,461 se 100% polypropylenem.



Obr. 5.2.2. Korelační matice subjektivních hodnocení rozříděných dle materiálu

Na obrázku 5.2.2. můžeme vidět grafy korelační matice, tedy vzájemných závislostí mezi materiály. Tyto korelace nám nenapoví, které materiály vyšly hodnocením jako nejlepší, pouze které materiály jsou dle subjektivního hodnocení mezi sebou porovnatelné. Korelaci můžeme sledovat mezi materiálem z 100% bavlny a materiálem ze směsi bavlny v poměru 65%CO / 35%POP i 35%CO / 65%POP, ale už ne mezi materiálem ze 100% bavlny a materiálem ze 100% polypropylenu. Vzhledem k materiálu ze směsi 65%CO / 35%POP, můžeme sledovat zpětnou korelaci s 100% bavlnou i směsí 35%CO / 65%POP, ale opět ne s 100% polypropylenem. S ohledem na směs 35% CO / 65% POP, můžeme zpětně pozorovat korelace se 100% bavlnou a směsí 65%CO / 35%POP, ale opět ne se 100% polypropylenem. Z těchto výsledků můžeme určit, že 100% polypropylen dle subjektivního hodnocení vybočuje od ostatních materiálů.

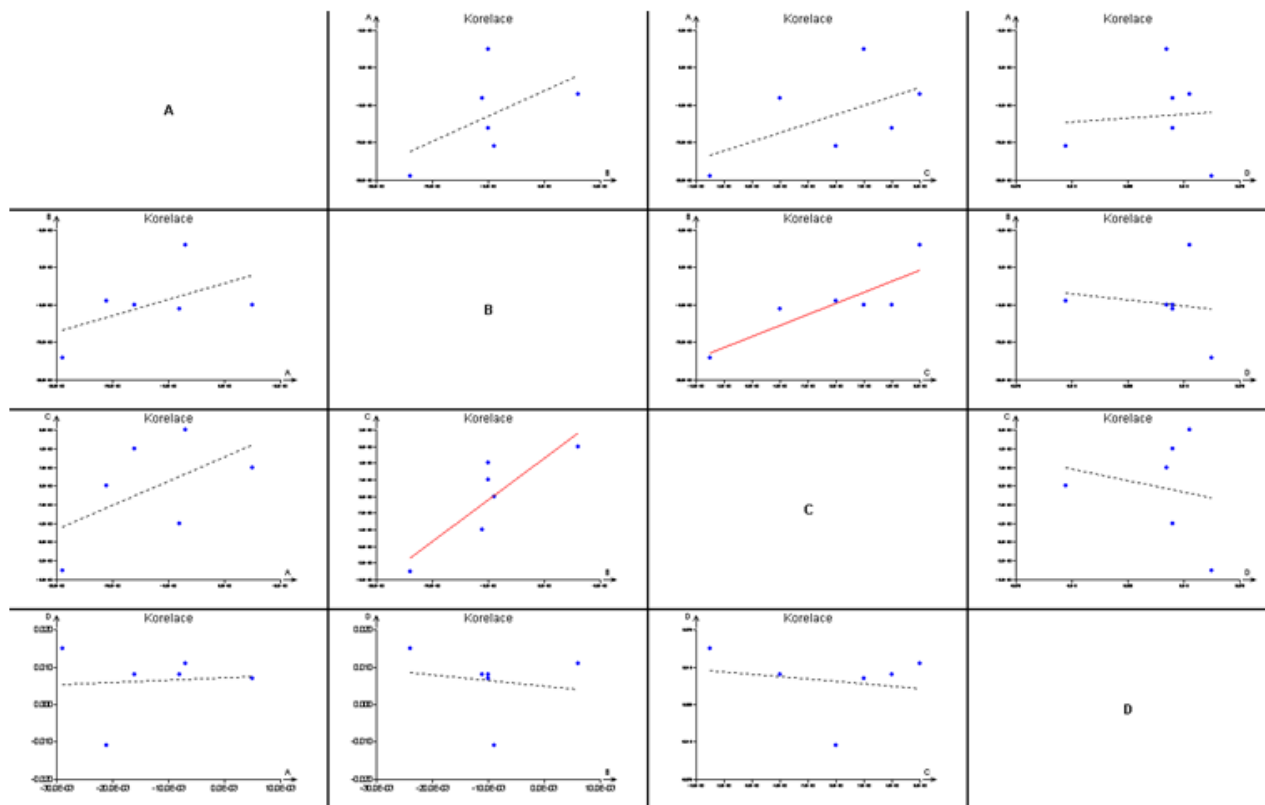
Druhou analyzovanou metodou byly výsledky měření z přístroje KES. Data, respektive koeficienty tření jednotlivých vzorků, byla opět seřazena podle materiálu na 100% bavlnu, směs bavlny a polypropylenu v poměru 65% CO / 35% POP, směs bavlny a polypropylenu v poměru 35% CO / 65% POP a 100% polypropylen. Jednotlivá hodnocení materiálů byla mezi sebou porovnána systémem každý s každým.

Spearmanova korelace
Korelační matice

Proměnná	A	B	C	D
A	1	0,485	0,6	-0,2
B	0,485	1	0,771	-0,428
C	0,6	0,771	1	-0,2
D	-0,2	-0,428	-0,2	1

Obr. 5.2.3. Korelační matice koeficientů tření roztríděných dle materiálu

Na obrázku 5.2.3. můžeme vidět korelační koeficient jednotlivých materiálů. 100% bavlna, na obrázku označena písmenem „A“, vykazuje mírnou pozitivní závislost 0,485 se směsí bavlny a polypropylenu v poměru 65% CO / 35% POP, označených na obrázku písmenem „B“. Dále vykazuje mírnou pozitivní závislost 0,6 se směsí bavlny a polypropylenu v poměru 35% CO / 65% POP, označenou na obrázku písmenem „C“. V poslední řadě vykazuje slabou negativní závislost -0,2 se 100% polypropylenem. Směs bavlny a polypropylenu v poměru 65% CO / 35% POP vykazuje silnou pozitivní závislost 0,771 se směsí bavlny a polypropylenu v poměru 35% CO / 65% POP. Tato směs s převahou bavlny dále vykazuje mírnou negativní závislost -0,428 s výsledky 100% polypropylenu. Směs bavlny a polypropylenu v poměru 35% CO / 65% POP vykazuje slabou negativní závislost -0,2 se 100% polypropylenem.



Obr. 5.2.4. Korelační matice koeficientů tření roztríděných dle materiálu

Na obrázku 5.2.4. můžeme vidět grafy korelační matice, tedy vzájemných závislostí mezi materiály. Tyto korelace nám nenapoví, které materiály vyšly hodnocením jako nejlepší, pouze které materiály jsou dle systému KES mezi sebou porovnatelné. Korelaci můžeme sledovat pouze mezi směsí bavlny v poměru 65%CO / 35%POP a směsí 35%CO / 65%POP. Z tohoto zjištění vyplývá, že jedinými materiály, které dle systému KES obstály podobně, byly směsi bavlny a polypropylenu.

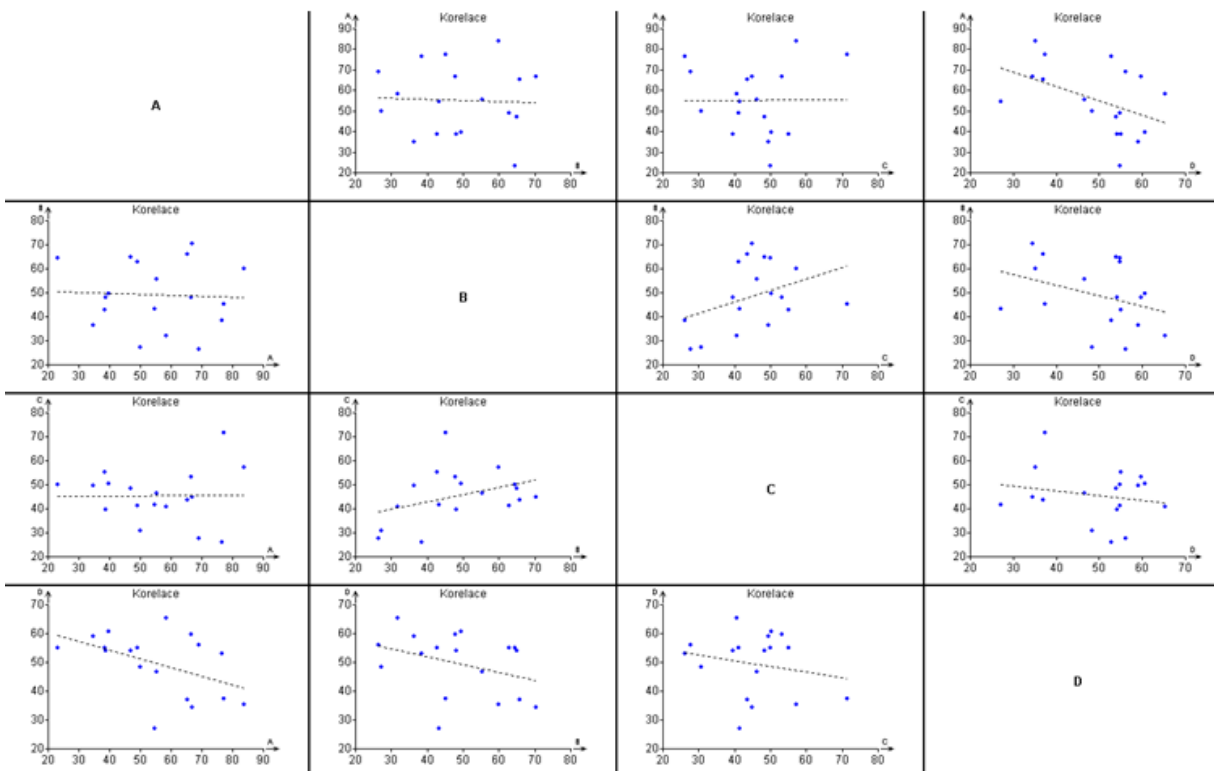
Třetí analyzovanou metodou byly výsledky měření **z obrazové analýzy**. Data, respektive plochy odstávajících vláken v milimetrech čtverečních, byla opět seřazena podle materiálu na 100% bavlnu, směs bavlny a polypropylenu v poměru 65% CO / 35% POP, směs bavlny a polypropylenu v poměru 35% CO / 65% POP a 100% polypropylen. Jednotlivá hodnocení materiálu byla mezi sebou porovnána systémem každý s každým.

Spearmanova korelace
Korelační matice

Proměnná	A	B	C	D
A	1	-0,050	-0,058	-0,407
B	-0,050	1	0,337	-0,401
C	-0,058	0,337	1	0,001
D	-0,407	-0,401	0,001	1

Obr. 5.2.5. Korelační matice plochy vláken rozříděných dle materiálu

Na obrázku 5.2.5. můžeme vidět korelační koeficient plochy odstávajících vláken jednotlivých materiálů. 100% bavlna, na obrázku označena písmenem „A“, vykazuje nulovou závislost -0,050 se směsí bavlny a polypropylenu v poměru 65% CO / 35% POP, označených na obrázku písmenem „B“. Dále vykazuje nulovou závislost -0,058 i se směsí bavlny a polypropylenu v poměru 35% CO / 65% POP, označenou na obrázku písmenem „C“. V poslední řadě vykazuje mírnou negativní závislost -0,407 se 100% polypropylenem. Směs bavlny a polypropylenu v poměru 65% CO / 35% POP vykazuje slabou pozitivní závislost 0,337 se směsí bavlny a polypropylenu v poměru 35% CO / 65% POP. Tato směs s převahou bavlny dále vykazuje mírnou negativní závislost -0,401 s výsledky 100% polypropylenu. Směs bavlny a polypropylenu v poměru 35% CO / 65% POP vykazuje nulovou závislost 0,001 se 100% polypropylenem.



Obr. 5.2.6. Korelační matice plochy vláken rozříděných dle materiálu

Na obrázku 5.2.6. můžeme vidět grafy korelační matice, tedy vzájemných závislostí mezi materiály. Tyto korelace nám nenapoví, které materiály vyšly hodnocením jako nejlepší, pouze které materiály jsou dle obrazové analýzy mezi sebou porovnatelné. Z grafů vyplývá, že mezi materiály nebyla metodou obrazové analýzy nalezena žádná korelace.

5.3 Analýza výsledků s ohledem na dostavu

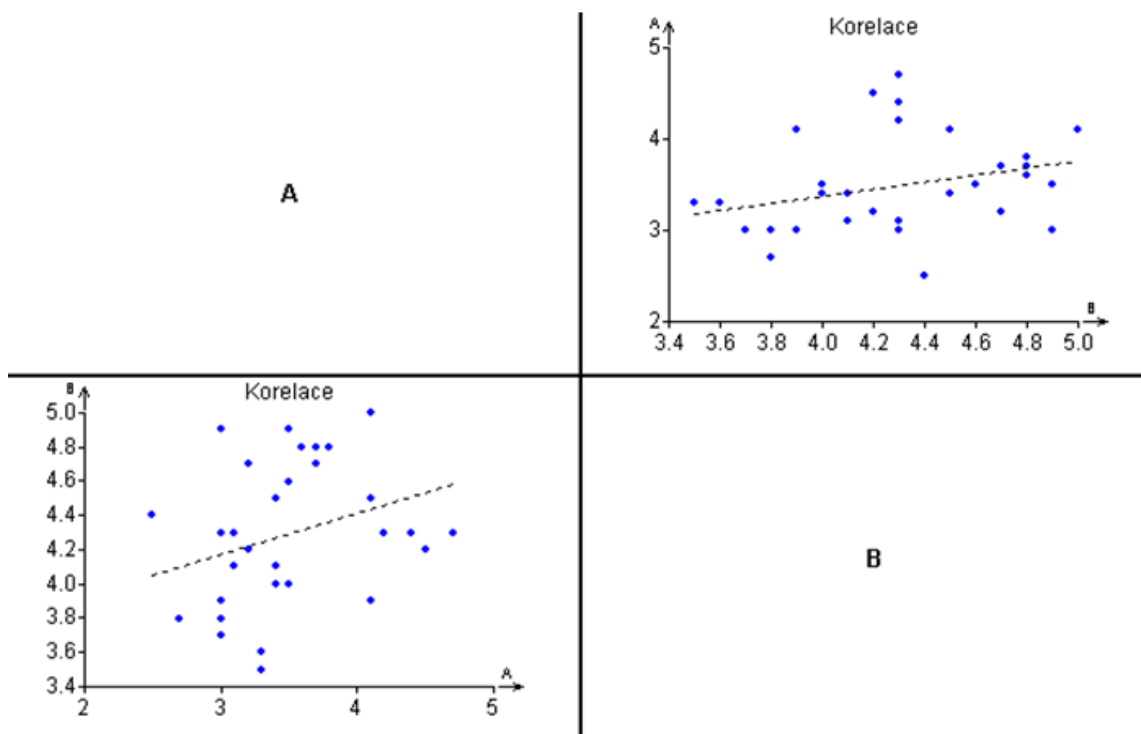
První analyzovanou metodou byla metoda **subjektivního hodnocení**. Data, respektive průměry známek všech hodnotitelů, byla seřazena podle dostavy na vzorky s vyšší dostavou cca 20 nití na centimetr a na vzorky s nižší dostavou cca 10 nití na centimetr.

Spearmanova korelace
Korelační matice

Proměnná	A	B
A	1	0,415
B	0,415	1

Obr. 5.3.1. Korelační matice subjektivních hodnocení roztríděných dle dostavy

Na obrázku 5.3.1. můžeme vidět korelační koeficient obou dostav. Vyšší dostava, na obrázku označena písmenem „A“, vykazuje mírnou pozitivní závislost 0,415 s dostavou nižší, označenou písmenem „B“.



Obr. 5.3.2. Korelační matice subjektivních hodnocení roztríděných dle dostavy

Na obrázku 5.3.2. vidíme grafy korelační matice, tedy vzájemných závislostí mezi dostavami. Tyto korelace nám nenapoví, která dostava vyšla hodnocením jako nejlepší, pouze jestli jsou dostavy dle subjektivní metody mezi sebou porovnatelné. Z grafů vyplývá, že mezi dostavami nebyla subjektivní metodou nalezena žádná korelace.

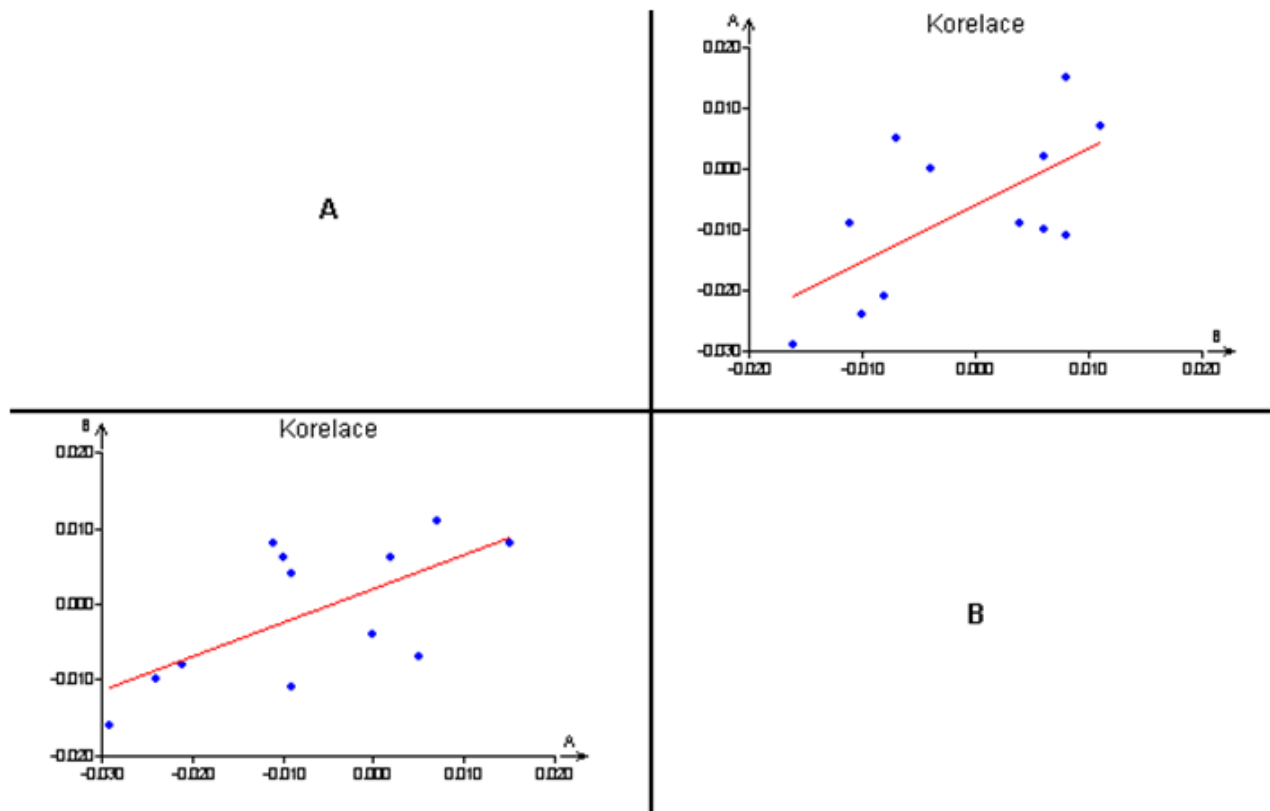
Druhou analyzovanou metodou byly výsledky měření **z přístroje KES**. Data, respektive koeficienty tření jednotlivých vzorků, byla opět seřazena podle dostavy na vzorky s vyšší a nižší dostavou.

Spearmanova korelace
Korelační matice

Proměnná	A	B
A	1	0,552
B	0,552	1

Obr. 5.3.3. Korelační matice koeficientů tření roztříděných dle dostavy

Na obrázku 5.3.3. můžeme vidět korelační koeficient obou dostav. Vyšší dostava, na obrázku značena písmenem „A“, vykazuje mírnou pozitivní závislost 0,552 s dostavou nižší, na obrázku značenou písmenem „B“.



Obr. 5.3.4. Korelační matice koeficientů tření roztříděných dle dostavy

Na obrázku 5.3.4. vidíme grafy korelační matice, tedy vzájemných závislostí mezi dostavami. Tyto korelace nám nenapoví, která dostava vyšla hodnocením jako nejlepší, pouze jestli jsou dostavy dle systému KES mezi sebou porovnatelné. Z grafů vyplývá, že mezi dostavami byla zjištěna subjektivní metodou slabá pozitivní korelace.

Třetí analyzovanou metodou byly výsledky měření **z obrazové analýzy**. Data, respektive plochy odstávajících vláken v milimetrech čtverečních, byla opět seřazena podle dostavy na vzorky s vyšší dostavou a vzorky s nižší dostavou.

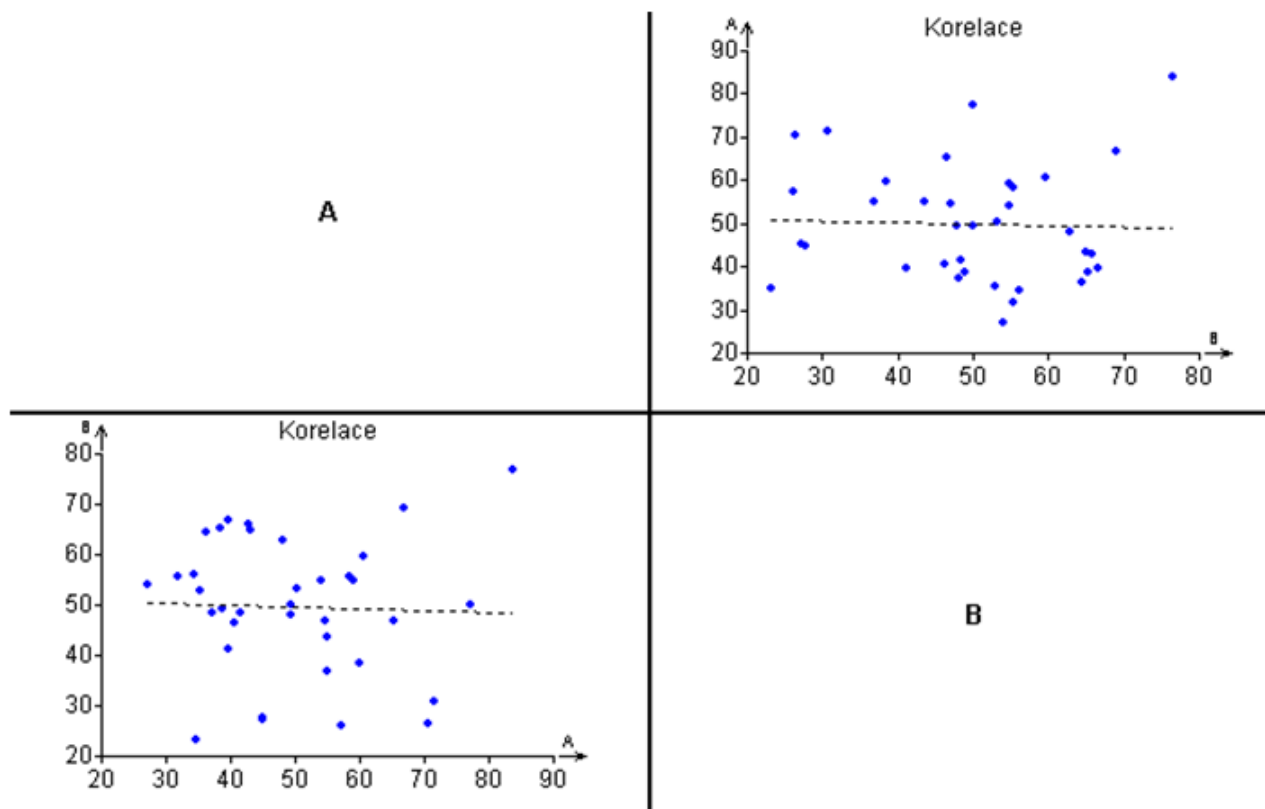
Spearmanova korelace

Korelační matice

Proměnná	A	B
A	1	-0,128
B	-0,128	1

Obr. 5.3.5. Korelační matice plochy vláken roztríděných dle dostavy

Na obrázku 5.3.5. můžeme vidět korelační koeficient plochy odstávajících vláken jednotlivých dostav. Vyšší dostava, na obrázku značena písmenem „A“, vykazuje téměř nulovou závislost -0,128 s dostavou nižší, na obrázku značena písmenem „B“.



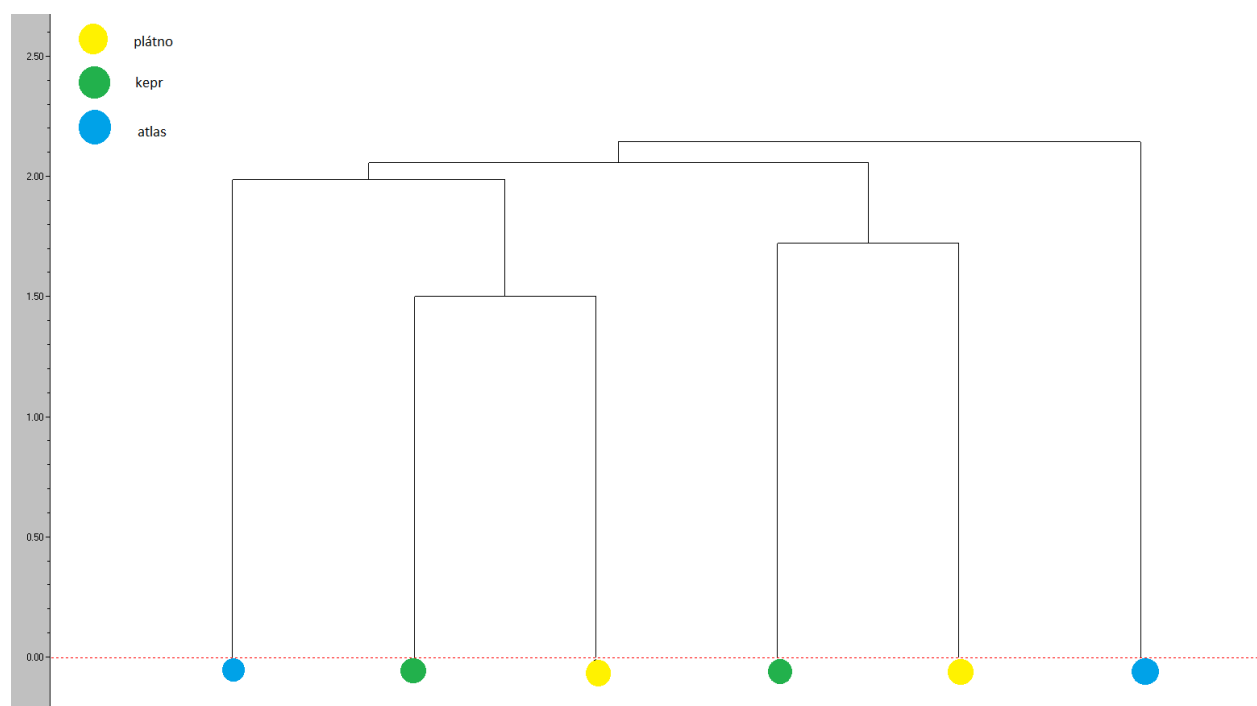
Obr. 5.3.6. Analýza rozptylu plochy vláken roztříděných dle dostavy

Na obrázku 5.3.6. vidíme grafy korelační matice, tedy vzájemných závislostí mezi dostavami. Tyto korelace nám nenapoví, která dostava vyšla hodnocením jako nejlepší, pouze jestli jsou dostavy dle obrazové analýzy mezi sebou porovnatelné. Z grafů vyplývá, že mezi dostavami nebyla obrazovou analýzou nalezena korelace.

6 Závěr

Tato závěrečná práce byla zaměřena na hodnocení faktorů (vazba, materiál a dostava), které v největší míře ovlivňují odolnost proti mechanickému opotřebení povrchu.

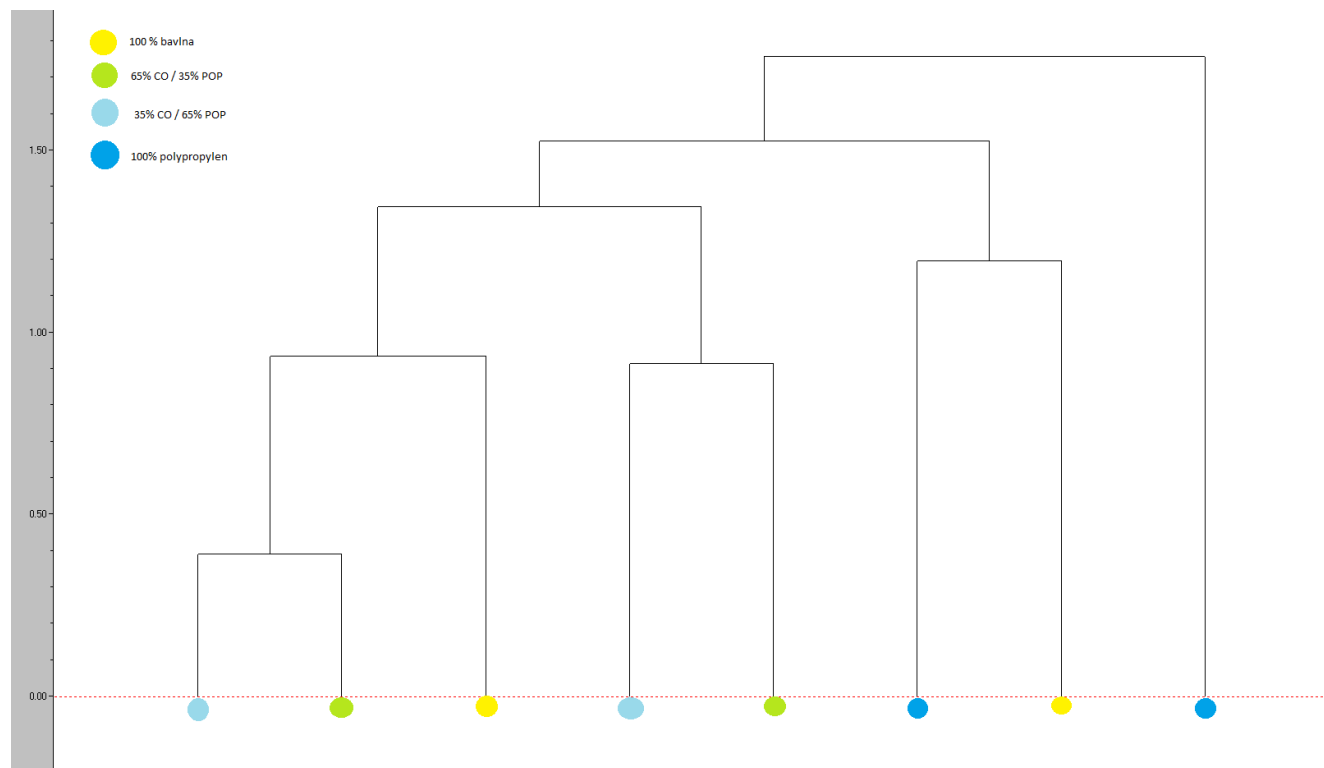
Z dosud prezentovaných výsledků nelze jednoznačně určit, která vazba nejvýznamněji ovlivňuje odolnost textilie proti oděru. Z korelačních matic lze pouze určit, které vazby jsou mezi sebou porovnatelné každou konkrétní metodou. Pro zjištění, která **vazba** nejlépe odolává mechanickému opotřebení byla provedena shluková analýza. Podle shlukové analýzy pozorujeme nejlepší odolnost u plátňové a keprové vazby. Mezi plátňovou a keprovou vazbou jako takovou, jsou jen malé rozdíly. Lze s jistotou říci, že nejméně vhodnou vazbou, pokud očekáváme mechanické namáhání povrchu, je vazba atlasová.



Obr. 6.1. Shluková analýza – vazba

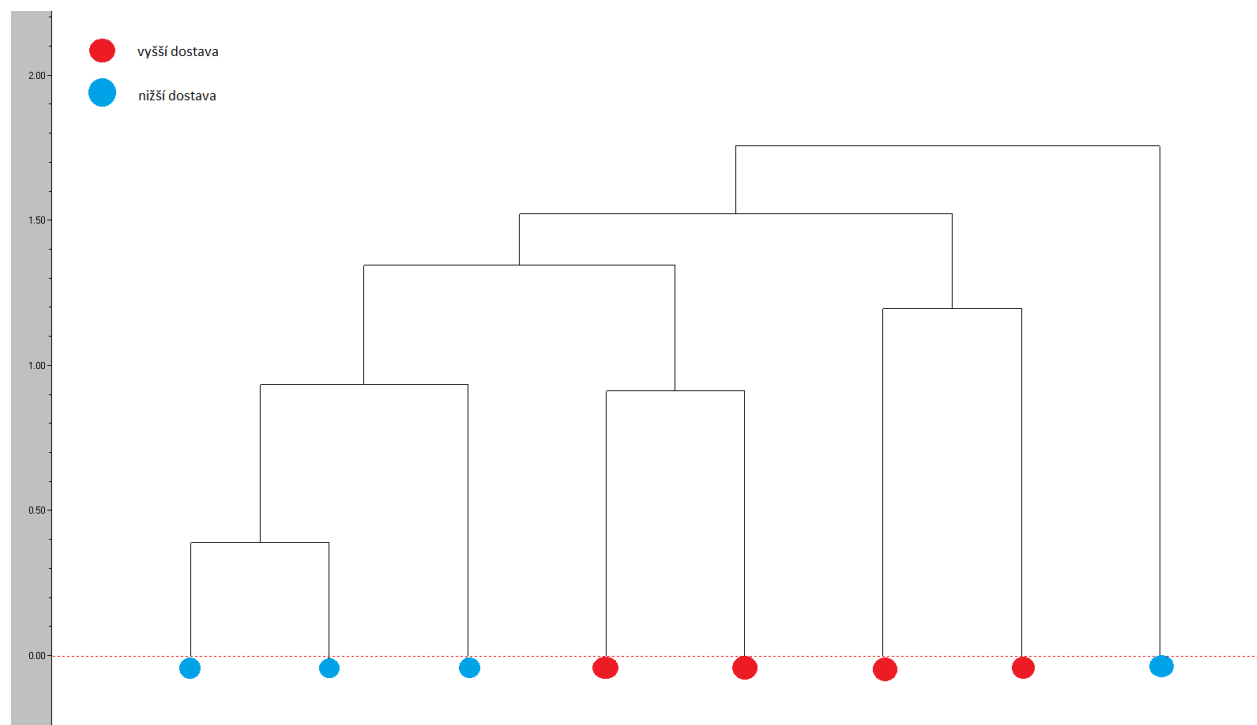
Jak můžeme vidět na obrázku 6.1. plátňová, na diagramu žlutou barvou, a keprová vazba, na diagramu zelenou barvou, při shlukové analýze obstály srovnatelně dobře. Jedinou vybočující vazbou je, jak již bylo zmíněno, vazba atlasová, na diagramu modrou barvou.

Dalším zkoumaným faktorem byl zvolený **materiál**. Bavlna se jeví jako nevhodný materiál z toho důvodu, že při oděru dochází k častějšímu vytahování vláken ze struktury a následné tvorbě a odpadávání žmolků, než u polypropylenu. Tyto hodnoty lze pozorovat v kapitole 4.3 zaměřené na úbytek hmotnosti po nasimulování oděru na přístroji Martindale. Nejvhodněji se v tomto případě jeví směsi bavlny a polypropylenu.



Obr. 6.2. Shluková analýza – materiál

Jak můžeme vidět na obrázku 6.2. nejlepší hodnoty konstantně vykazují obě dvě směsi bavlny a polypropylenu. Do hodnocení vstupuje i jedna část bavlněných vzorků, ale s přihlédnutím na již zmíněný úbytek hmotnosti, se s největší pravděpodobností jedná o část vzorků, které sice vykazaly dobré povrchové vlastnosti po simulaci oděru, ale na úkor toho, že byla část bavlněných vláken vytažena ze struktury a odpadla z textilie ve formě žmolku.



Obr. 6.3. Shluková analýza - dostava

Dostava útku tkaniny se také ukázala jako faktor významně ovlivňující odolnost proti oděru. Z experimentu vyšlo, že je vhodnější volit tkaniny s nižší dostavou. Množství nití na centimetr délky je ovšem limitován jemností příze. Z logiky principu příze s nižší jemností je možné zatkat tak, že jich je na centimetr délky více, než kdyby příze měla jemnost vyšší. Z výsledků experimentu lze tedy vyčíst, že lépe odolávaly oděru tkaniny s nižší dostavou, tak jak to můžeme vidět na obrázku 6.3., ale zároveň s přízemi s vyšší jemností a tím pádem větším průřezem. Jak již bylo zmíněno v kapitole 4.5, jemnost příze se jeví jako další důležitý faktor ovlivňující odolnost textilie proti oděru. Jemnost příze nebyla předmětem zkoumání v této závěrečné práci, ale má potenciál v dalším zkoumání.

Pro zjištění, který faktor nejvíce ovlivňuje odolnost proti oděru, byla pro každou metodu sečtena suma všech měření pro každý faktor a stanoveno pořadí těchto faktorů.

Aby byly sumy jednotlivých sad vzorků pro každý faktor porovnatelné, bylo nutné provést převážení. Toto převážení bylo provedeno z důvodu, že každý faktor má jiný počet proměnných. Pro představu, všech vzorků bylo dohromady 72, pokud je tedy rozdělím do třech kategorií podle vazby, v každé kategorii bude 24 vzorků. Pokud vzorky rozdělím podle materiálu, kde byly čtyři kategorie, ze 72 vzorků bude v každé kategorii jen 18 vzorků. V tom případě nemohu porovnávat tyto dvě sumy. Převážení bylo provedeno podle nejmenšího společného násobku pro čísla 18, 24 a 36, tedy číslo 72. Když byly vzorky rozříděny podle vazby, byla tedy každá suma pro jednotlivou vazbu vynásobena číslem tři, pro materiál číslem čtyři a pro dostavu číslem dva.

Tab. 6.4. Pořadí jednotlivých faktorů pro subjektivní metodu hodnocení

		plocha vláken v mm čtverečních	pořadí
vazba	plátno	3491,27	2.
	kepr	3640,48	8.
	atlas	3624,80	7.
materiál	100% CO	3978,55	9.
	65% CO / 35% POP	3523,95	3.
	35% CO / 65% POP	3269,70	1.
	100% POP	3569,88	4.
dostava útku	vyšší dostava	3597,18	6.
	nižší dostava	3573,86	5.

Jak můžeme vidět na obrázku 6.4, jako nejvýznamnější faktor byla hodnocena nejnižší dostava s nejvyšší sumou známek od hodnotitelů, což znamená, že vzorky s nižší dostavou dostaly od hodnotitelů nejvyšší známky. Na druhém místě se umístil materiál ze směsi 35%CO/65% POP a na třetím místě materiál ze směsi 65%CO / 35%POP.

Tab. 6.5. Pořadí jednotlivých faktorů pro koeficienty tření ze systému KES metodu hodnocení

		rozdíl koeficientu tření před a po oděru	pořadí
vazba	plátno	0,06	3.
	kepr	-0,168	5.
	atlas	-0,183	7.
materiál	100% CO	-0,228	8.
	65% CO / 35% POP	-0,174	6.
	35% CO / 65% POP	-0,003	1.
	100% POP	0,114	4.
dostava útku	vyšší dostava	-0,252	9.
	nižší dostava	-0,039	2.

Jak můžeme vidět na obrázku 6.5, jako nejvýznamnější faktor byl hodnocen materiál ze směsi 35%CO / 65% POP, u kterého byla pozorována nejmenší změna koeficientu tření, což chápeme jako nezměnění drsnosti povrchu a tudíž nejlepší odolnost proti oděru. Na druhém místě se umístily tkaniny s nižší dostavou a na třetím místě plátnová vazba.

Tab. 6.6. Pořadí jednotlivých faktorů pro metodu hodnocení pomocí obrazové analýzy

		suma známek	pořadí
vazba	plátno	287,4	5.
	kepr	289,2	4.
	atlas	263,1	8.
materiál	100% CO	271,2	6.
	65% CO / 35% POP	290,8	3.
	35% CO / 65% POP	293,6	2.
	100% POP	264	7.
dostava útku	vyšší dostava	251	9.
	nižší dostava	308,8	1.

Jak můžeme vidět na obrázku 6.6, jako nejvýznamnější faktor byl hodnocen materiál ze směsi 35%CO / 65% POP, u kterého byla pozorována nejmenší plocha odstávajících vláken ze struktury, tedy nejmenší rozvláknění povrchu. Na druhém místě se umístily tkaniny v plátňové vazbě a na třetím místě materiál ze směsi 65%CO / 35%POP.

Na prvním místě se po zahrnutí všech třech použitých metod umístil faktor materiálu ze směsi 35% CO / 65% POP, na druhém místě faktor nižší dostavy. K faktoru nižší dostavy je třeba připomenout, jak již bylo zmíněno v závěru, že tkaniny s nižší dostavou měly zároveň vyšší jemnost použité příze, která se jeví jako další důležitý faktor ovlivňující odolnost textilie proti oděru. Jemnost příze nebyla předmětem zkoumání v této závěrečné práci, ale má potenciál v dalším zkoumání. Na třetím místě se umístila plátňová vazba.

Z výsledků závěrečné práce tedy plyne, že pokud u tkaniny očekáváme mechanické opotřebení povrchu, je vhodné pokud je to možné, zvolit ke konstrukci materiál ze směsi bavlny a polypropylenu v poměru 35%CO / 65% POP. Pokud není možné změnit materiál, je vhodné zvolit tkaniny s nízkou dostavou, které jsou vyrobeny z přízi s vyšší jemností. Pokud není možné měnit ani dostavu, je vhodné zvolit u tkaniny plátňovou vazbu.

7 Použitá Literatura

- [1] Militký J., Bajzik, V.: Surface Roughness and Fractal Dimension. *Journal of the Textile Institute*, Vol. 92, 95 – 98 (2001).
- [2] Semnani, D., Hasani, H., Behtaj, S., Ghorbani, E.: Surface Roughness Measurement of Weft Knitted Fabrics Using Image Processing. *Fibers & Textiles in Eastern Europe*. Vol. 19, 55 – 59 (2011).
- [3] Bueno, M. A., Durand, B., Renner, M.: A Non-Contact Measurement of the Roughness of Textile Fabrics. *Experimental Techniques*. Vol.24, 23 – 27 (2000).
- [4] Sul, I. H., Hong, K. H., Shim, H., Kang, T. J.: Surface Roughness Measurement of Nonwovens Using Three-dimensional profile Data. *Textile Research Journal*. Vol. 76, 828 – 834 (2006).
- [5] Xin, B., Hu, J., Baciu, G.: Visualisation of Textile Surface Roughness Based on Silhouette Image Analysis. *Textile Research Journal*. Vol. 80, 166 – 176 (2010).
- [6] Militký, J., Mazal, M.: Image Analysis Method of Surface Roughness Evaluation. *International Journal of Clothing Science and Technology*. Vol.19, 186 – 193 (2007).
- [7] Cherkassky, A., Weinberg, A.: Objective Evaluation of Textile Fabric Appearance. Part 1: Basic Principles, Protrusion Detection, and Parameterization. *Textile Research Journal*. Vol. 80, 226 – 235 (2010).
- [8] Cherkassky, A., Weinberg, A.: Objective Evaluation of Textile Fabric Appearance. Part 2: SET Opti-grade Tester, Grading Algorithms, and Testing. *Textile Research Journal*. Vol. 80, 135 – 144 (2010).
- [9] Park, K. H., Kwon, Y. H., Oh, K. W.: The Surface Roughness Measurement for Textiles Fabrics by a Non-Contact Method for Tactile Perception. *In College of Advanced Technology*, Kyung Hee University, Korea. 2010.
- [10] Agrawal, A., Chellappa, R.: An Algebraic Approach to Surface Reconstruction from Gradient Fields. Proceedings, *8th European Conference on Computer Vision*, 174 – 181 (2005).
- [11] Agrawal, A., Raskar, R., Chellappa, R.: What is the Range of Surface Reconstructions from a Gradient Field? Proceedings, *9th European Conference on Computer Vision*, 578-591 (2006).

- [12] Bajzík, V.: Hodnocení omaku textilií, disertační práce, TU v Liberci ,2009
- [13] SELIGOVÁ, Martina. *Porovnání metod měření drsnosti textilií: The comparison of methods for textile roughness measuring*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004.
Textilie – Zjišťování sklonu povrchu plošných textilií ke žmolkování, k rozvláknění nebo zcuchání. Část 3: Metoda s náhodným pohybem v bubnovém žmolkovacím přístroji.
- [14] Textilní zkušební ústav, Brno: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [15] Cooke W. D.: Pilling Attrition and Fatigue, *Textile Research Journal*, Vol. 55, 409-414, (1985).
- [16] Gester Instruments Co., Ltd. *Gester Total Testing Solution* [online]. [cit. 2017-09-03]. Dostupné z: <http://universal-tester.com/3-2-3-martindale-abrasion-pilling-tester/184137>
- [17] *Textilie - Zjišťování sklonu plošných textilií k rozvláknění povrchu a ke žmolkování: Část 2, Modifikovaná metoda Martindale*. ČSN EN ISO 12945-2 (80 0837). Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [18] *Textilie - Zjišťování sklonu plošných textilií k rozvláknění povrchu a ke žmolkování: Část 1: Metoda s použitím žmolkovací komory*. ČSN EN ISO 12945-1 (80 0837). Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [19] BLEŠA, Martin. Komplexní hodnocení povrchové struktury textilií. Liberec, 2009. Disertační práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Prof. Ing. Jiří Militký, CSc.
- [20] Kato Tech Co., Ltd. *KES-FB4-A: Surface Tester* [online]. [cit. 2017-09-05]. Dostupné z: <http://english.keskato.co.jp/products/kes-fb4.html>

8 Seznam obrázků

Obr. 2.2.1: Jmenovitá geometrie

Obr. 2.2.2.1.1 Příklad přístroje Martindale

Obr. 2.2.2.1.2 Křivka oděru

Obr. 2.3.1.1: Stupeň 5

Obr. 2.3.1.2: Stupeň 4

Obr. 2.3.1.3: Stupeň 3

Obr. 2.3.1.4: Stupeň 2

Obr. 2.3.1.5: Stupeň 1

Obr. 2.3.2.1.1: Snímek nasnímaný kamerou

Obr. 3.1.1.1 Sada vzorků v plátňové vazbě

Obr. 3.1.2.1 Sada vzorků v keprové vazbě

Obr. 3.1.3.1 Sada vzorků v atlasové vazbě

Obr. 3.2.1.1 Příklad přístroje KES na měření povrchových vlastností

Obr. 3.2.2.1 První vzorek před oděrem

Obr. 3.2.2.2 Druhý vzorek před oděrem

Obr. 3.2.2.3 Třetí vzorek před oděrem

Obr. 3.2.2.4 První vzorek po oděru

Obr. 3.2.2.5 Druhý vzorek po oděru

Obr. 3.2.2.6 Třetí vzorek po oděru

Obr. 3.3.1 Vzorec pro výpočet korelačního koeficientu

Obr. 4.5.1. Graf závislosti subjektivního hodnocení a koeficientu tření dle materiálu

Obr. 4.5.2. Graf závislosti subjektivního hodnocení a koeficientu tření dle vazby

Obr. 4.5.3. Graf závislosti subjektivního hodnocení a koeficientu tření dle dostavy

Obr. 5.1.1. Korelační matice subjektivních hodnocení roztríděných dle vazby

Obr. 5.1.2. Korelační matice subjektivních hodnocení roztríděných dle vazby

Obr. 5.1.3. Korelační matice koeficientů tření roztríděných dle vazby

Obr. 5.1.4. Korelační matice koeficientů tření roztríděných dle vazby

Obr. 5.1.5. Korelační matice plochy vláken roztríděných dle vazby

Obr. 5.1.6. Korelační matice plochy vláken roztríděných dle vazby

Obr. 5.2.1. Korelační matice subjektivních hodnocení roztríděných dle materiálu

Obr. 5.2.2. Korelační matice subjektivních hodnocení roztríděných dle materiálu

Obr. 5.2.3. Korelační matice koeficientů tření roztríděných dle materiálu

Obr. 5.2.4. Korelační matice koeficientů tření roztríděných dle materiálu

Obr. 5.2.5. Korelační matice plochy vláken roztríděných dle materiálu

Obr. 5.2.6. Korelační matice plochy vláken roztríděných dle materiálu

Obr. 5.3.1. Korelační matice subjektivních hodnocení roztríděných dle dostavy

Obr. 5.3.2. Korelační matice subjektivních hodnocení roztríděných dle dostavy

Obr. 5.3.3. Korelační matice koeficientů tření roztríděných dle dostavy

Obr. 5.3.4. Korelační matice koeficientů tření roztríděných dle dostavy

Obr. 5.3.5. Korelační matice plochy vláken roztríděných dle dostavy

Obr. 5.3.6. Analýza rozptylu plochy vláken roztríděných dle dostavy

Obr. 6.1. Shluková analýza – vazba

Obr. 6.2. Shluková analýza – materiál

Obr. 6.3. Shluková analýza - dostava

9 Seznam tabulek

Tab. 2.3.1.1. Hodnotící škála rozvláknění povrchu

Tab. 3.1. Škála vzorků

Tab. 4.1.1. Subjektivní hodnocení plátnové vazby

Tab. 4.1.2. Subjektivní hodnocení keprové vazby

Tab. 4.1.3. Subjektivní hodnocení atlasové vazby

Tab. 4.2.1. Koeficienty tření pro 100% bavlnu

Tab. 4.2.2. Koeficienty tření pro směs 65% CO / 35% POP

Tab. 4.2.3. Koeficienty tření pro směs 35% CO / 65% POP

Tab. 4.2.4. Koeficienty tření pro 100% polypropylen

Tab. 4.3.1. Úbytek hmotnosti u plátnové vazby

Tab. 4.3.2. Úbytek hmotnosti u keprové vazby

Tab. 4.3.3. Úbytek hmotnosti u atlasové vazby

Tab. 4.4.1. Obrazová analýza pro 100% bavlnu

Tab. 4.4.2. Obrazová analýza pro směs 65% CO / 35% POP

Tab. 4.4.3. Obrazová analýza pro směs 35% CO / 65% POP

Tab. 4.4.4. Obrazová analýza pro 100% polypropylen

Tab. 6.4. Pořadí jednotlivých faktorů pro subjektivní metodu hodnocení

Tab. 6.5. Pořadí jednotlivých faktorů pro koeficienty tření ze systému KES metodu hodnocení

Tab. 6.6. Pořadí jednotlivých faktorů pro metodu hodnocení pomocí obrazové analýzy