

Bakalářská práce

Návrh metodiky hodnocení žmolkovitosti textilií na přístroji Talysurf

Studijní program:

B0414A270001 Textilní marketing

Autor práce:

Daria Dulova

Vedoucí práce:

doc. Ing. Ludmila Fridrichová, Ph.D.
Katedra hodnocení textilií

Liberec 2024



Zadání bakalářské práce

Návrh metodiky hodnocení žmolkovitosti textilií na přístroji Talysurf

Jméno a příjmení:

Daria Dulova

Osobní číslo:

T19000110

Studijní program:

B0414A270001 Textilní marketing

Zadávací katedra:

Katedra hodnocení textilií

Akademický rok:

2023/2024

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši na téma žmolkovitost (vznik žmolku, metody testování textilií a vyhodnocování žmolkovitosti).
2. Navrhněte experiment, kterým ověříte vznesenou reklamaci, že žmolky na ložním prádle vznikly vlivem vícečetného praní. Pro ověření tvrzení použijte pračku QuickWash.
3. Žmolkovitost hodnotte s využitím přístroje Talysurf. Analyzujte výsledné hodnoty žmolkovitosti testovaných textilií. Potvrďte či vyvráťte oprávněnost reklamace zákazníka.
4. Navrhněte metodiku vhodnou pro vyhodnocení žmolkovitosti textilií pomocí software na přístroji Talysurf.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy: 30-40 normostran
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: čeština

Seznam odborné literatury:

1. MALÍNKOVÁ, Aneta. *Objektivní hodnocení žmolkovitosti s využitím obrazové analýzy*. Liberec, 2011. Diplomová práce. Fakulta textilní Technické univerzity v Liberci. Vedoucí Maroš Tunák.
2. ČSN EN ISO 12945-4. *Textilie – Zjišťování sklonu plošných textilií k rozvláknění povrchu a ke žmolkování: Část 4: Vizuální hodnocení žmolkování, rozvláknění nebo viditelných změn povrchu*. Praha: Český normalizační institut, 2021.
3. ČSN EN ISO 6330. *Textilie – Postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií*. Praha: Český normalizační institut, 2022.
4. DE OLIVEIRA MENDES, António, et al. Optical estimation of a set of pilling coefficients for textile fabrics. *Textile Research Journal*, 2009, 79.5: 410-417.
5. GINTIS, Daniel a MEAD, Edward. The Mechanism of Pilling. Online. *Textile Research Journal*. 1959, roč. 29, č. 7, s. 578-585. ISSN 0040-5175.

Vedoucí práce: doc. Ing. Ludmila Fridrichová, Ph.D.
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání práce: 17. ledna 2024
Předpokládaný termín odevzdání: 20. května 2024

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

L.S.

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
garant studijního programu

V Liberci dne 29. dubna 2024

Prohlášení

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

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

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

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

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

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

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

Poděkování

Především bych chtěla vyjádřit hlubokou vděčnost doc. Ing. Ludmile Fridrichové, Ph.D., za její velkou trpělivost a podporu při vedení mé bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat doc. Ing. Marošovi Tunákovi, Ph.D., za pomoc s hodnocením výsledků a za vstřícné jednání.

Další poděkování patří mé rodině a blízkým, kteří mi byli po celou dobu studia oporou.

Anotace

Bakalářská práce se zabývá vytvořením návrhu metodiky pro hodnocení žmolkovitosti textilií na přístroji Talysurf. V rešeršní části práce je definována samotná žmolkovitost a faktory, které ji ovlivňují. Dále následuje popis metod testování textilií a vyhodnocování žmolkovitosti.

Praktická část práce popisuje experiment s využitím laboratorní pračky Quickwash. Následně jsou popsány výsledky hodnocení s využitím přístroje Talysurf a softwaru Talymap. Podrobný popis metodiky, návodů k použití a získané výsledky jsou detailně popsány a diskutovány v posledních kapitolách práce.

Klíčová slova: žmolkovitost, praní, Quickwash, Talysurf, Talymap, objektivní hodnocení

Annotation

The bachelor thesis focuses on the proposal of a methodology for the evaluation of the pilling of textiles using the Talysurf device. The research part of the thesis defines pilling itself and the factors that affect it. This is followed by a description of the methods for testing textiles and evaluating their pilling properties.

The practical part of the thesis describes an experiment using a Quickwash laboratory washing machine. Subsequently, the evaluation of results using the Talysurf instrument and Talymap software is described. A detailed description of the methodology, instructions for use, and the results obtained are discussed in detail in the final chapters of the thesis.

Keywords: pilling, washing, Quickwash, Talysurf, Talymap, objective evaluation

Obsah

Seznam použitých zkratk, značek, symbolů	9
Úvod	10
1 Žmolkovitost.....	11
1.1 Princip tvorby žmolků	11
1.2 Faktory ovlivňující vznik žmolků	12
1.3 Snížení žmolkovitosti	15
2 Metody zjišťování a hodnocení žmolkovitosti	17
2.1 Metody zjišťování žmolkovitosti.....	17
2.1.1 Přístroj Martindale	17
2.1.2 Komorový žmolkovací přístroj.....	19
2.1.3 Hodnocení žmolkovitosti pomocí přístroje ICI	21
2.2 Subjektivní hodnocení žmolkovitosti.....	22
2.3 Objektivní metody hodnocení žmolkovitosti	23
3 Praní a jeho postup	25
3.1 Výběr vzorků a jejich příprava	25
3.2 Norma ČSN EN ISO 6330.....	27
3.3 Laboratorní pračka SDL Atlas Quickwash Plus M222QW	28
3.4 Prací cyklus a jeho fáze	29
3.5 Metodika experimentu s praním vzorků	32
3.5.1 Postup nastavení parametrů pracího cyklu na zařízení Quickwash a provedení praní	33
3.5.2 Subjektivní hodnocení I	37
3.5.3 Simulace opotřebení ložního prádla	39
3.5.4 Subjektivní hodnocení II	40

4	Objektivní obrazová analýza	42
4.1	Profilometr Talysurf CLI 500	42
4.2	Metodika měření a analýzy žmolkovitosti na přístroji Talysurf	43
4.2.1	Postup měření na Talysurf CLI 500.....	45
4.2.2	Postup objektivního hodnocení povrchu pomocí Talymap 5.0	52
5	Diskuse výsledků	58
6	Závěr.....	63
	Seznam použité literatury	64
	Seznam obrázků	67
	Seznam tabulek	69
	Seznam grafů:.....	70
	Seznam příloh.....	71

Seznam použitých zkratk, značek, symbolů

<i>symbol</i>	<i>jednotka</i>	<i>popis</i>
3D		třídídimenzionální rozměr
AATC		Americká asociace textilních chemiků a barvířů
CCD		zařízení s vázanými náboji
ČSN		Česká technická norma
EN		Evropská norma
ISO		Mezinárodní organizace pro normalizaci
KHT		Katedra hodnocení textilií
LED		elektroluminiscenční dioda
PC		osobní počítač
S_q	[μm]	průměrná kvadratická odchylka od střední roviny
S_{sk}	[-]	koeficient šikmosti
S_{ku}	[-]	koeficient špičatosti
S_p	[μm]	výška nejvyššího výstupku od střední roviny
S_v	[μm]	hloubka nejhlubší prohlubně od střední roviny
S_z	[μm]	součet výšky výstupku a hloubky prohlubně
S_a	[μm]	průměrná aritmetická odchylka od střední roviny

Úvod

Žmolkování tkanin představuje pro oděvní průmysl závažný problém. Textilie pokrytá žmolky všeobecně působí negativním dojmem, je vnímána jako nekvalitní a nadměrně opotřebovaná, což vede ke snížení jejího užitného života. S rozvojem polymerního průmyslu, spolu se širším použitím syntetických vláken jak samostatně, tak ve směsi s přírodními materiály, se problém stal ještě aktuálnější. Mnoho vědců se věnovalo studiu mechanismů vedoucích ke vzniku žmolků, spolu s hledáním způsobů, jak tomuto jevu zabránit.

Tento trend pokračuje nejen mezi vědeckými pracovníky, ale i v rámci interních firemních studií. Jednou z firem, snažící se žmolkování zabránit, je i liberecký podnik Lejaan.

Firma Lejaan se soustředí nejen na kvalitu textilních výrobků, ale i na spokojenost zákazníků s produkty této značky. V posledních letech se Lejaan málokdy setkává s reklamacemi na ložní povlečení kvůli žmolům na povrchu, které vznikly po vyprání. Tato bakalářská práce vznikla na základě spolupráce s výše zmíněným podnikem, díky kterému bylo možné ověřit vliv pracího cyklu na výskyt žmolků.

První kapitola je věnována charakteristice jevu žmolkovitosti a identifikaci faktorů, které mají vliv na formování žmolků. Další kapitola se věnuje metodám zjišťování a hodnocení žmolkovitosti.

V praktické části práce je prezentován přehled využitých přístrojů a aplikovaných norem. Následně je poskytnut podrobný popis instrukcí pro manipulaci s přístroji a parametrů experimentů. Vybrané kapitoly se detailně věnují procedurám praní a vizuální analýze vzorků. Závěrečná část je vyhrazena pro vyhodnocení a diskusi získaných výsledků. Cílem bakalářské práce je tvorba metodiky měření žmolkovitosti pro přístroj Talysurf CLI 500 a analýza pomocí softwaru Talymap 5.0.

1 Žmolkovitost

Kabátek [2] popisuje, že žmolkovitost je vlastnost, kterou lze charakterizovat jako nežádoucí jev, jenž se projevuje na povrchu textilií. Jedná se o proces povytažení vláken na povrch textilií, při kterém se vytváří shluky, tzv. žmolky. Tato negativní vlastnost vzniká v důsledku mechanického porušení (poškození) povrchu textilií. Je to složitý proces, jenž je ovlivněn počátečním zpracováním přízí. Jevo se projevuje u všech druhů vláken, přírodní vlákna však mají nižší tendenci ke žmolkování, vzhledem k jejich odolnosti v ohybu a krutu. Syntetická vlákna mají zvýšenou odolnost v ohybu a krutu, žmolky zůstanou na povrchu déle.

1.1 Princip tvorby žmolků

Mechanismus vzniku žmolku je dlouhý a složitý proces, vlivem mechanického namáhání (tření, oděr) dochází k rozvláknění povrchu. Takto rozvlákněná vlákna se postupně zaplétají mezi sebou, rovněž s vlákny z jiné textilie, spolu s nečistotami z okolí. Dochází k tvorbě žmolku. Podle velikosti mechanického namáhání a vlastnosti materiálu vláken dochází k odpadnutí, nebo setrvání žmolku na povrchu textilie.

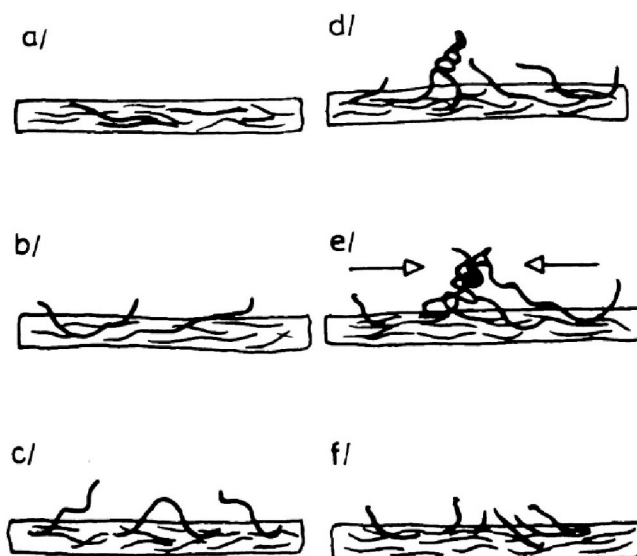
Gintis a Mead [1] ve své práci představují zjednodušený proces tvorby žmolků ve třech hlavních fázích:

1. fáze – tvorba žmolku
2. fáze – zapletení
3. fáze – odtrhávání žmolků.

Staněk [3] uvádí detailně rozdělení žmolkovitosti do šesti hlavních fází, jež jsou zobrazeny na obrázku 1 (a) - (f):

1. fáze – počátek vytahování vláken na povrch, vznik rozvláknění,
2. fáze – intenzivnější rozvláknění povrchu textilie,
3. fáze – vznik nahromadění vláken a lehké zaplétání,
4. fáze – zaplétání vláken,
5. fáze – vytvoření žmolků,

6. fáze – odpadnutí žmolků v důsledku mechanického působení.



Obrázek 1: Jednotlivé fáze žmolkování podle Stanka [3]

1.2 Faktory ovlivňující vznik žmolků

Gintis a Mead [1] v roce 1959 shrnuli vliv vlastností vláken na jednotlivé fáze žmolkování, viz tabulka 1. V levém sloupci tabulky jsou uvedeny tři odlišné fáze žmolkování. Vlastnosti vláken, které mají významný vliv na tyto fáze, jsou znázorněny v pravém sloupci. Z tabulky je vidět, že každá fáze žmolkování je ovlivněna specifickým souborem charakteristik vlákna, což naznačuje složitou interakci mezi fyzikálními vlastnostmi materiálu a procesem žmolkování.

Tabulka 1: Vlastnosti vláken ovlivňující fáze žmolkování [1]

Fáze žmolkování:	Vlastnost vláken:
Tvorba žmolku	Tření
	Tuhost
	Pevnost v tahu
	Odolnost proti oděru
Zapletení	Tvar
	Jemnost

Fáze žmolkování:	Vlastnost vláken:
	Tuhost
	Zotavení
	Tření
	Prodloužení
Odtrhávání žmolků	Pevnost v tahu
	Odolnost v ohybu

Hlavní faktory ovlivňující vznik žmolků jsou popsány níže.

Tření

Kabátek [2] ve své práci tvrdí, že tření mezi vlákny hraje klíčovou roli v udržování soudržnosti vláken v přízi, a je důležité pro minimalizaci uvolňování vláken na povrchu textilie, čímž efektivně přispívá k omezení tvorby žmolků. Velmi vysoká intenzita tření během používání textilie však může vést k poškození jejího povrchu. Pokud pevnost vlákna není dostatečná na to, aby odolala třecí síle, může dojít k jeho přetržení, což následně způsobí migraci volných konců vlákna na povrch, a tím i vznik žmolků. Velikost třecích sil ovlivňuje nejen tvorbu žmolků, ale také jejich odstranění z povrchu textilie.

Odolnost proti oděru

Szeinerová [4] zmiňuje, že odolnost proti oděru označuje schopnost tkaniny odolávat opotřebením a třením bez poškození nebo tvorby děr, zatímco žmolkování označuje tvorbu malých kuliček nebo žmolků na povrchu tkaniny v důsledku tření. Tkaniny s vysokou odolností proti oděru jsou obecně odolnější proti žmolkování, protože mohou odolávat mechanickému namáhání způsobenému třením, aniž by se vlákna uvolnila a zapletla. Na druhou stranu tkaniny s nižší odolností proti oděru mohou být náchylnější k žmolkování, protože vlákna s větší pravděpodobností migrují k povrchu a vzájemně se proplétají a při tření vytvářejí pilulky.

Pevnost

Kabátek [2] vysvětluje, že vztah mezi pevností a žmolkovitostí je často záporně korelovaný, což znamená, že s rostoucí pevností textilie obvykle dochází k snížení její žmolkovitosti. Když jsou vlákna pevnější a lépe spojená, je menší pravděpodobnost, že dojde k jejich poškození během používání nebo praní, což vede k menší tvorbě žmolků.

Naopak, textilie s nižší pevností vláken jsou náchylnější k poškození. Tato poškozená vlákna se mohou snadno uvolnit, a na povrchu textilie vytvořit žmolky. Proto textilie s nižší pevností často vykazují vyšší míru žmolkovitosti [2].

Odolnost v ohybu

Kabátek [2] konstatuje, že vlákna s vysokou odolností v ohybu mají tendenci lépe odolávat opakovanému mechanickému namáhání, které může vést k tvorbě žmolků. Vlákna a konstrukce textilií, které jsou optimalizovány pro vysokou odolnost v ohybu, mohou snížit tvorbu žmolků, jelikož jsou po úpravách odolnější vůči poškození. V tomto případě se obvykle jedná o syntetická vlákna s vysokou pevností, jako jsou polyester nebo polyamid.

Szeinerová [4] uvádí, že menší schopnost vláken odolávat ohybu a krutu vede k rychlejšímu uvolňování žmolků. Tento jev je typický zejména pro křehká přírodní vlákna, jako je bavlna.

Jemnost

Szeinerová [4] uvádí, že jemnost vláken se může podílet na vzniku žmolkovitosti textilií. Textilie vyrobené z jemných vláken mohou být náchylnější k žmolkování. To lze vysvětlit tím, že jemné vlákno má menší odolnost proti opotřebení než hrubé vlákno, takže vlákna se snáze trhají a uvolňují se z textilie. Když jsou tato vlákna v textilií vystavena tření, nebo se setkají s rozdílnými strukturami textílek, mohou se usazovat na povrchu, což vede k vytvoření žmolků.

Tvar průřezu vlákna

Szeinerová [4] podotýká, že vlákna s kulatým průřezem jsou často považována za standardní. Tento tvar průřezu poskytuje dobrý kompromis mezi pevností, odolností a flexibilitou. Vlákna s kulatým průřezem však mohou být náchylnější k žmolkování, protože jejich hladký povrch usnadňuje tření mezi vlákny, což může vést k uvolňování a poškození

vláken a k následné tvorbě žmolků. Vlákna s nepravidelnými tvary průřezu mohou snižovat žmolkovitost. Nepravidelné tvary zvyšují povrchovou plochu vlákna a mohou způsobit, že vlákna se lépe zacelují společně v textilií, což snižuje možnost uvolňování jednotlivých vláken a tvorbu žmolků. Tyto tvary mohou snižovat tření mezi vlákny, což rovněž snižuje riziko žmolkování.

1.3 Snižování žmolkovitosti

Kiron [5] referuje, že porozumění mechanismům tvorby žmolků je pro výrobce textilií klíčové, aby mohl vyvinout strategie pro minimalizaci nebo kontrolu žmolkování. Výběrem vhodných typů vláken, optimalizací struktury příze a použitím vhodných úprav po dokončení, je možné snížit výskyt žmolků na tkaných textiliích.

Některé ze způsobů snížení žmolkovitosti jsou uvedené níže.

Chemická modifikace

Staněk [3] ve své studii prezentuje jednu z metod pro omezení žmolkovitosti, a sice chemickou modifikací. Tato modifikace zahrnuje úpravu během vytváření polymeru, zejména změnou jeho molekulární hmotnosti. Úprava procesních podmínek polykondenzace, jako jsou teplota a tlak, vede ke snížení tuhosti vlákna.

Kiron [5] naznačuje, že tato úprava může vést k mírnému snížení pevnosti vláken, a tudíž k výraznému poklesu jejich odolnosti proti ohybu. Díky tomu mají žmolky menší tendenci zůstávat na povrchu textilie po dlouhé období.

Fyzikální modifikace

Staněk [3] upozorňuje, že žmolkovitost je možné snížit i prostřednictvím fyzikálních úprav provedených během výrobního procesu vláken, konkrétně změnou podmínek při zvlákňování, tažení a fixaci vláken. Další možností je modifikace tvaru průřezu vláken, což zahrnuje výrobu vláken s nekruhovým průřezem, označovaných jako profilovaná vlákna, s využitím speciálních trysek různých typů.

Technologické procesy spojování

Staněk [3] uvádí, že mezi relevantní procesy patří: předení, tkaní a pletení. Úpravou a navržením vhodné konstrukce příze lze dosáhnout potlačení úrovně žmolkovitosti.

Finální úpravy

Finální úpravy lze rozdělit na dvě metody — mechanickou a chemickou. Mechanické úpravy zaměřené na vzhled, jako například stříhání, kartáčování, broušení a žehlení, odstraňují z povrchu textilie vlákna, která vyčnívají a mohou vést k tvorbě žmolků.

Schindler a Hauser [7] ve své práci uvádějí tři způsoby chemických stabilizačních modifikací.

Prvním přístupem je zabránit volným vláknům v tvorbě počátečního rozvláknění nanesením polymerních povlaků, která vlákna vážou do povrchu tkaniny. Tyto povrchové úpravy obvykle obsahují látky snižující tření, aby se minimalizovalo poškození oděrem. Akrylové kopolymery patří mezi nejvíce používané polymery, protože je lze snadno modifikovat tak, aby vznikly pevné, pružné filmy s dobrou přilnavostí k povrchu vláken.

Druhý způsob chemické úpravy, který snižuje žmolkování, spočívá v tom, že pilulky z tkaniny odpadnou, jakmile se vytvoří. Toho lze dosáhnout snížením pevnosti vláken. U syntetických vláken lze, ještě před extruzí, provést změny ve struktuře polymeru. Použití syntetických vláken s nižší pevností ve směsových tkaninách, výrazně sníží tvorbu žmolků.

Třetí přístup ke snížení žmolkování se vztahuje na 100% bavlněné tkaniny. Použití celulázových enzymů během mokrého zpracování, může odstranit dostatek volných vláken v přízi, takže se žmolkování výrazně sníží.

2 Metody zjišťování a hodnocení žmolkovitosti

2.1 Metody zjišťování žmolkovitosti

Metody určující tendenci textilií k žmolkování spadají mezi simulační metody, které imitují reálné podmínky vedoucí k tvorbě žmolků. Vzhledem k tomu, že obvyklé opotřebení oděvů může vyžadovat delší dobu k projevení žmolků, existuje řada testovacích zařízení určených k simulaci opotřebení. Jedním z nejběžnějších přístrojů pro měření odolnosti textilních materiálů proti žmolkování je Martindale. Další často využívanou metodou je testování pomocí komorového přístroje pro žmolkování. Jednou z metod je využití přístroje ICI, v dnešní době tento přístroj nachází omezené uplatnění.

2.1.1 Přístroj Martindale

Přístroj Martindale je nejčastěji využívaným zařízením pro zkoušku odolnosti textilií vůči žmolkování. Přístroj Martindale je znázorněn na Obrázku 2. Tento stroj slouží nejen k testování žmolkovitosti, ale také umožňuje provádět testy odolnosti materiálů proti oděru. Testování je regulováno normou ČSN EN ISO 12945-2.



Obrázek 2: Přístroj Martindale [8]

Zařízení Martindale obsahuje základní desku vybavenou stoly pro žmolkování a mechanismem pro jejich pohyb. Standardně je na ní umístěno osm stolů, avšak jejich počet se může lišit v závislosti na konkrétní verzi přístroje. Součástí je posuvná deska s držáky, která je díky pohonu schopna replikovat pohyb v Lissajousově vzoru [9].

Na posuvné desce jsou umístěny tři držáky, tělesa ložisek pro držáky vzorků a samotná ložiska. Zařízení je vybaveno dotykovým displejem na povrchu základní desky, který umožňuje nastavit počet otáček pro jednotlivé stoly. Vedle displeje se nachází nouzový vypínač a prostor určený pro přípravu vzorků.

Vzorky pro testování žmolkovitosti na přístroji Martindale mají rozměr minimálně 140 mm v průměru, nebo čtverec o straně 140 mm.

Podstata zkoušky spočívá v tom, že kruhový zkušební vzorek při stanoveném zatížení se pohybuje po třecí ploše, která je tvořena stejným materiálem, nebo vlněnou odírací textilií. Zkušební vzorek musí být jenom lehce otočný kolem své středové osy, která je kolmá k ploše zkušebního vzorků [9].

Pro jednotlivé kategorie textilních materiálů se uplatňují rozdílné parametry, které jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Kategorie pro hodnocení žmolkovitosti na stroji Martindale [10]

Kategorie	Druh textilie	Oděrací prostředek	Zatěžovací závaží [g]	Stupeň hodnocení	Počet otáček
1	Potahová textilie	Vlněná oděrací textilie	415 ± 2	1	500
				2	1000
				3	2000
				4	2500
2	Tkaniny s výjimkou potahových	Zkoušená tkanina (líc/líc), nebo vlněná tkanina	415 ± 2	1	125
				2	500
				3	1000
				4	2000
				5	5000
				6	7000

Kategorie	Druh textilie	Oděrací prostředek	Zatěžovací závaží [g]	Stupeň hodnocení	Počet otáček
3	Pleteniny s výjimkou potahovaných	Zkoušená pletenina (líc/líc), nebo vlněná tkanina	155 ± 1	1	125
				2	500
				3	1000
				4	2000
				5	5000
				6	7000

Hodnocení vzorků se provádí s využitím fotografických standardů, zobrazených na Obrázku 3. Jednotlivé stupně žmolovitosti jsou specifikovány v tabulce 4, v kapitole 2.2, přičemž je také možné vzorky hodnotit v mezistupních. Toto hodnocení odpovídá normě ČSN EN ISO 12945-2.



Obrázek 3: Etalony pro přístroj Martindale [9]

2.1.2 Komorový žmolovací přístroj

Komorový žmolovací přístroj lze využít k simulaci tvorby žmolků na různých typech textilních materiálů. Tento přístroj se nicméně nejčastěji používá k určení míry odolnosti pletených materiálů proti žmolování. Testování se provádí v souladu s normou ČSN 80 0838.

Přístroj znázorněný na obrázku 4, se skládá z testovacích komor. Každá z těchto komor má průměr 146 mm a hloubku 152 mm. Uvnitř každé komory jsou umístěny dvě lopatky o délce 120 mm, které se otáčejí rychlostí 1200 otáček za minutu. Vnitřní stěny komor jsou obloženy korkem. Princip přístroje spočívá v náhodném oděru textilie o textilií a povrch komory [11].



Obrázek 4: Komorový žmolkový přístroj [12]

Do každé z komor se umísťují tři vzorky o velikosti 110 × 110 mm, které jsou po obvodu obšité. Vzorky jsou rozmístěny tak, aby směr osnovy byl ve vztahu k úhlopříčce vzorku. Kromě vzorků se do každé komory přidává 25 g bavlněných vláken.

Povrchový vzhled vzorků se vyhodnocuje každých 30 minut, tedy po uplynutí 30, 60, 90 a 120 minut. Podobně jako u zařízení Martindale, i zde se pro hodnocení používají fotografické standardy s hodnotící stupnicí od 1 do 5 (viz Tabulka 3). Stupeň 1 představuje intenzivní žmolkování, zatímco stupeň 5 označuje vzorek bez jakýchkoli žmolků [11].

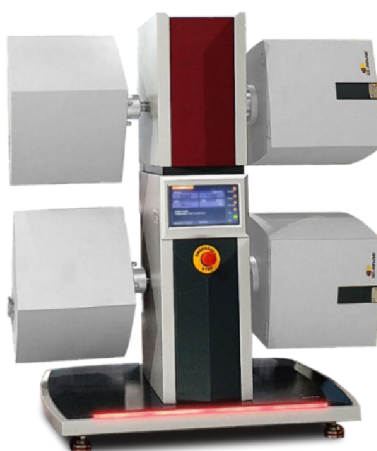
Tabulka 3: Stupně hodnocení žmolkovitosti na komorovém žmolkovacím přístroji [11]

Odolnost proti žmolkování		Odolnost proti rozvláknění	
stupeň	slovní popis povrchové změny	stupeň	slovní popis povrchové změny
5	bez žmolků	5	žádné až nepatrné rozvláknění

Odolnost proti žmolkování		Odolnost proti rozvláknění	
4	nepatrné žmolkování	4	lehké rozvláknění
3	střední žmolkování	3	střední rozvláknění
2	silné žmolkování	2	silné rozvláknění
1	velmi silné žmolkování	1	velmi silné rozvláknění

2.1.3 Hodnocení žmolkovitosti pomocí přístroje ICI

Přístroj ICI je v dnešní době méně často využíván pro hodnocení žmolkovitosti, oproti dvěma předchozími metodami, jeho použití je spíše výjimečné. Přístroj je znázorněn na Obrázku 5. V minulosti se toto zařízení často používalo k posuzování žmolkovitosti technických potahových textilií. Testování pomocí tohoto přístroje se provádí v souladu s normou ČSN EN ISO 12945-1 (80 0837) [13].



Obrázek 5: Žmolkovací přístroj ICI [14]

Zařízení ICI se sestává ze dvou, nebo čtyř bubnů, které jsou vyloženy buď korkem, nebo syntetickým kaučukem. Tyto bubny se otáčejí kolem své osy. Rychlost otáček a délka trvání testu jsou nastavitelné na displeji zařízení, přičemž rychlost se pohybuje v rozmezí 20 až 70 otáček za minutu. Vzorky jsou připevněny na polyuretanové trubice a během testu se volně otáčejí uvnitř bubnů, při jejich stálém rotování. Hodnocení žmolkovitosti probíhá analogicky

k předchozím metodám, což zahrnuje srovnání změn na povrchu testované textilie s fotografickými standardy na stupnici od 1 do 5 [13].

2.2 Subjektivní hodnocení žmolkovitosti

Subjektivní metoda spočívá v porovnání rozvlákněného povrchu s etalony za pomoci zraku, s využitím optických pomůcek jako lupy a komparační mikroskopy. Vzorek se prohlíží ve vertikální poloze ve směru délky, přímo zepředu a za pomoci umělého osvětlení v prohlížecí komoře. Pro dosažení lepších výsledků je požadována malá vzdálenost prohlížení. Norma se řídí podle ČSN EN ISO 12945-4.

Zkoušený vzorek se ohodnotí stupněm rozvláknění podle hodnotící škály. Pokud hodnocení vzorku spadá mezi dva stupně, označí se jako „mezistupeň“ např. 2-3.

Tabulka 4: Hodnotící škála rozvláknění povrchu [15]

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.

Hodnocení provádí hodnotitel – proškolený pracovník. Norma neudává přesný počet hodnotitelů, ale běžně se vzorky hodnotí stupni 3-5 specializovaných hodnotitelů. Výsledkem zkoušky pro laboratorní vzorek je průměrná hodnota stupňů rozvláknění udělených všemi hodnotiteli [15].

Nevýhodou subjektivní metody je rozmanitost výsledků od více hodnotitelů. Lidský faktor tady hraje důležitou roli – stejný hodnotitel nemusí stejný vzorek pokaždé ohodnotit stejně.

2.3 Objektivní metody hodnocení žmolkovitosti

Objektivní metoda eliminuje hlavní nedostatek subjektivní metody – rozmanitost výsledků. Od 90. let minulého století došlo k rozvoji metod objektivního hodnocení žmolkovitosti díky obrazové analýze. Hned několik autorů se ve svých studiích zabývá vývojem metod pro objektivní hodnocení žmolkovitosti za pomoci využití obrazové analýzy.

Stručný přehled některých z těchto metod je uveden v následujícím textu.

Metoda objektivního hodnocení popsaná autorem práce [16] je založena na principu identifikace žmolků z povrchu textilie porovnáním obrazů s vytvořenou šablonou pomocí dvourozměrné Gaussovy funkce. Vytvořený vzor je srovnáván s obrazem textilie, přičemž vzor prochází přes celý obraz, který na základě shody identifikuje žmolky. Pro analýzu jednotlivých parametrů jsou žmolky odděleny od zbytku obrazu transformací na binární reprezentaci, pomocí výpočtu vhodné prahové hodnoty. Vzorky jsou následně hodnoceny podle počtu žmolků, jejich velikosti, hustoty a kontrastu vůči pozadí. Nevýhodou této metody je možnost použití pouze pro jednobarevné textilie.

Další metoda, která je popsaná autorem [4] spočívá v hodnocení žmolkovitosti s využitím Fourierovy transformace. Nalezením významných frekvenčních komponent pomocí globálního prahování je obraz rozložen na dvě části: obraz periodický obsahující texturu a obraz s náhodným šumem obsahující žmolky. Následně byla provedena operace mediánové filtrace pro odstranění zbytkové struktury a extrakce žmolků pomocí prahování. Z tohoto segmentovaného obrazu byly vypočteny charakteristiky žmolkovitosti, konkrétně počet žmolků, velikost žmolků, hustota a kontrast. Stupeň žmolkovitosti je určený pomocí rovnic lineární regrese.

Další autor [17] provedl 3D rekonstrukci povrchu vzorků se žmolky pomocí metody gradientních polí. Základní idea této metody vychází ze stínů žmolků, které jsou tvořeny šikmým osvětlením vzorku ze čtyř stran. Žmolky v získaném 3D povrchu představují vrcholy, které je pak na základě vybrané segmentační metody snadné oddělit od struktury textilie. Z binárních obrazů vzorků jsou dále počítány základní charakteristiky žmolkovitosti, které slouží zejména pro odhad objektivního stupně žmolkovitosti. Ze získaných výsledků vyplývá, že

metoda je vhodná jak pro hodnocení žmolkovitosti jednobarevných textilií, tak pro hodnocení textilií se složitějším vzorem, kde běžné metody většinou selhávají.

3 Praní a jeho postup

Pro ověření vznesených reklamací firmě Lejaan, že žmolky na ložním prádle se objevují v důsledku opakovaného praní, byl navržen specifický experiment simulující běžnou údržbu ložního povlečení. Detailní metodika experimentu, charakteristiky vybraných vzorků a podmínky provedení testu, jsou podrobně rozebrány v následujících kapitolách.

3.1 Výběr vzorků a jejich příprava

Materiál pro testování, včetně reklamovaného ložního povlečení a nepoužitých výrobků ze skladu, byl poskytnut libereckou firmou Lejaan.

Byly vybrány vzorky ložního prádla, které byly předmětem reklamací, a podrobily se sérii testů zaměřených na odolnost materiálu vůči praní. Celkem bylo k testování vyžito 8 vzorků. Všechny vzorky jsou tkaniny v atlasové vazbě (atlas grádl). Složení použité tkaniny je z 80 % bavlna a 20 % polyester. Plošná hmotnost tkaniny je 150 g/m². Tato plošná textilie je utkána nitěmi z česané mercerované bavlny [18]. Daná tkanina se používá v bytovém textilu na ušití ložního povlečení.

Z předložených textilních produktů byly vystřiženy vzorky velikosti 15 x 15 cm. Volba velikosti je omezena parametry přístroje Talysurf CLI 500. Před praním proběhlo olemování okrajů na šicím stroji Janome (zobrazen na Obrázku 6), a také byly označeny počáteční body ploch pro skenování povrchu přístrojem Talysurf vyšitím, nebo malováním, vazných bodů křížového tvaru. Naznačením počátečních bodů na vzorcích lze docílit opakovatelnosti měření a sledování změn struktury povrchu.



Obrázek 6: Šicí stroj Janome

Tabulka 5 obsahuje popis 8 vzorků, z nichž 2 (V_R a V_0) sloužily jako referenční vzorky, zbývajících 6 bylo použito k samotnému testování. V_0 představuje výstřižek z nového kusu ložního povlečení – tento kus nepodstoupil žádné testování a byl ponechán jako pomocný etalon. V_R je vzorek, který byl připraven z ložního prádla reklamovaném zákazníkem pro vznik žmolků po vyprání. Na vzorcích V_1 - V_3 byly provedeny prací cykly ve zvyšujících se počtech, vzorky V_4 a V_5 byly navíc vyprány, s využitím pomůcek k simulaci mechanického poškození během běžného užívání. Vzorek V_6 byl vyprán v domácí pračce s ložním povlečením – cílem byl pokus o simulaci běžného opotřebení během domácího praní.

Tabulka 5: Seznam použitých vzorků:

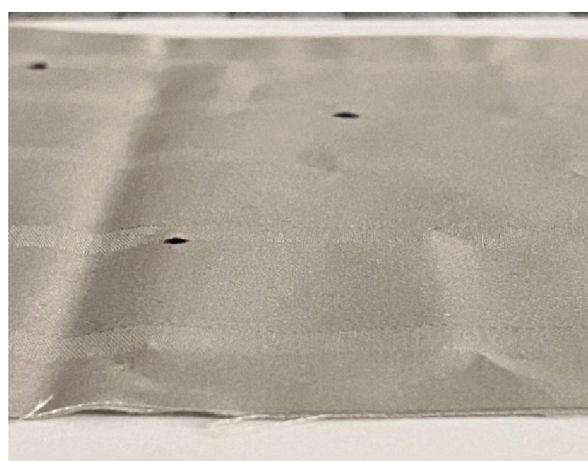
Vzorek:	Popis testování vzorků:
V_R	Vzorek připravený z reklamovaného zboží
V_0	Referenční vzorek
V_1	Vzorek po 5 pracích cyklech
V_2	Vzorek po 10 pracích cyklech

Vzorek:	Popis testování vzorků:
V ₃	Vzorek po 20 pracích cyklech
V ₄	Vzorek po 10 pracích cyklech + mechanické poškození kartáčem a následné praní jedním pracím cyklem
V ₅	Vzorek po vyprání 1 pracím cyklem se suchým zipem + 3 pracích cyklech
V ₆	Vzorek vypraný v domácí pračce s ložním povlečením

Níže jsou k dispozici ilustrativní snímky referenčních vzorků V_R a V₀ (Obrázky 7 a 8).



Obrázek 7: Vzorek V_R: detailní pohled



Obrázek 8: Vzorek V₀: detailní pohled

3.2 Norma ČSN EN ISO 6330

Norma ČSN EN ISO 6330 stanoví postupy a podmínky pro testování odolnosti textilních výrobků vůči praní. Tato norma se zabývá určením odolnosti textilních výrobků vůči praní a určuje zkušební metody pro hodnocení změn vzhledu a rozměrů textilních výrobků po praní. Norma specifikuje podmínky praní, včetně teploty, chemických prostředků a mechanického namáhání, které se používají při testování. Daná norma rovněž specifikuje použití a typy doplňkových textilií, které mají být použity, včetně jejich materiálu, velikosti a hmotnosti, aby

bylo zajištěno, že testovací podmínky jsou co nejvíce standardizované a reprodukovatelné [19].

Proces testování zahrnuje několik kroků, včetně přípravy vzorků, výběru odpovídajícího pracovního cyklu, použití standardizovaného množství detergentu a dalších přísad, nastavení teploty vody a délky cyklu praní. Po dokončení praní se vzorky vyhodnocují z hlediska změn barvy, rozměrové stability, mechanického poškození, změkčení, žmolkování a dalších faktorů, které mohou ovlivnit vzhled a funkčnost textilie.

3.3 Laboratorní pračka SDL Atlas Quickwash Plus M222QW

Praní vzorků bylo provedeno pomocí zařízení SDL Atlas Quickwash M222QW, které je k dispozici na Katedře hodnocení textilií. Quickwash M222QW je laboratorní pračka určená pro zrychlené praní a sušení látek za účelem hodnocení jejich smrštění podle mezinárodních testovacích metod.

QuickWash Plus je zařízení, které připomíná miniaturní pračku s vrchním plněním. Její buben je poháněn hřídelí, která zajišťuje vysoký počet otáček během cyklů praní, oplachování a odstřeďování. Po odstřeďovacím cyklu jsou vzorky sušeny pomocí řízeného proudu ohřátého vzduchu. Infračervený senzor měří teplotu povrchu vzorku, a výsledek je zobrazen na digitálním ovladači. QuickWash Plus splňuje standardy AATCC 187 a ISO 23231 pro měření rozměrové stálosti textilií [20].



Obrázek 9: Popis hlavních částí Quickwash M222QW a přídatného vybavení.

Díky přednastaveným programům pro testovací metody AATCC a ISO, automatickému dávkovacímu systému pro čtyři detergenty a elektronickému řízení teploty vzduchu a vody, je QuickWash Plus efektivním nástrojem pro testování stability rozměrů tkanin [20]. Pro účely testování pomocí zařízení Quickwash v laboratorních podmínkách, je nezbytné doplňkové vybavení, konkrétně kompresor a bojler, jak je ilustrováno na Obrázku 9. Samotné zařízení je vybaveno bubnem pro praní testovacích vzorků, interaktivní obrazovkou pro nastavení specifických podmínek praní a dávkovačem detergentu (tyto hlavní části laboratorní pračky jsou zobrazeny na Obrázku 9).

Dané zařízení bylo použito pro praní zkušebních vzorků, s účelem simulace tvorby žmolků praním textilií. Prací cyklus byl proveden v částečném souladu s normou ČSN EN ISO 6330, popsán v podkapitole 3.2.

Bližší a detailnější postup manipulace s Quickwash M222QW je uveden v podkapitole 3.5. Níže, v podkapitole 3.4, je uveden rozpis fází pracího cyklu, a krátký popis detergentů.

3.4 Prací cyklus a jeho fáze

Prací cyklus je základním procesem pro čištění oděvů a textilií, při kterém se obvykle skládá z několika klíčových fází: namáčení, praní, máchání a sušení. Každá z těchto fází má svůj specifický účel a přispívá k efektivnímu odstranění nečistot, skvrn a pachů z látek.

Namáčení

Namáčení je počáteční fází pracího cyklu, která má zásadní vliv na celkovou efektivitu a kvalitu praní. Tento proces zahrnuje ponoření prádla do vody, často s přidáním speciálních pracích přípravků, aby se umožnilo uvolnění a rozpouštění nečistot z tkanin ještě před samotným praním. Namáčení umožňuje hlubší proniknutí čistících látek do vláken. Přispívá k efektivnějšímu odstranění odolných skvrn a nečistot. Po dokončení fáze následuje hlavní praní. Namáčení hraje důležitou roli v celkovém pracím cyklu, neboť připravuje prádlo na následující kroky a maximálně přispívá k dosažení optimálních výsledků praní.

Praní

Praní je hlavní čistící fází, při které se odstraňují různé nečistoty, skvrny a pachy z textilie. Obecně mechanismus praní spočívá v mechanickém míchání textilií ve vodě s pracím

prostředkem, což pomáhá pracímu prostředku proniknout do vláken a odstranit nečistoty. V současné době moderních spotřebičů pro praní oděvů a jiných textilních výrobků, jsou nabízeny různé prací programy, které se přizpůsobují rozličným typům plošných textilií a stupňům jejich znečištění.

Efektivita praní závisí na správné kombinaci mechanického a chemického působení, vhodné volbě pracího prostředku a teploty vody pro prací lázeň.

Prací detergenty

Prací prostředky jsou zásadou pro účinné praní. Jejich výběr může mít významný dopad na výsledek praní. Prací prostředky běžně používané v domácnostech se liší podle formy, složení a účelu použití. Prací prostředky podle jejich formy na prací prášek, gel a kapsle.

Prací prášek je jedním z nejstarších a nejběžnějších typů pracích prostředků, vhodný pro širokou škálu plošných textilií. Výhodou pracího prostředku v podobě prášku je vysoká účinnost při odstranění nečistot, zejména při vyšších teplotách praní. Jedním ze zásadních nedostatků je zanechání zbytků prášku na prádle, v případě nedostatečného máchání. Také je třeba zdůraznit, že prací prostředek není ideální volbou pro praní velmi jemných textilií [21].

Prací gely jsou nejpoužívanější díky své flexibilitě použití a šetrnosti k prádlu. Na rozdíl od pracích prášku neobsahují bělicí složky, a tudíž pomáhají zachovat jasnost barev. Prací gely se snadno rozpouštějí ve vodě, jsou efektivní i při nižších teplotách praní a při kratších cyklech praní. Nevýhodou však je, že prací gely nejsou účinné pro odstranění odolných skvrn [18].

Prací kapsle jsou koncentrovaným tekutým pracím prostředkem v obalu, který je lehce rozpustný ve vodě. Některé druhy pracího prostředku jsou vyráběny ve formě 3 v 1: v jedné kapsli jsou: prací prostředek, odstraňovač skvrn i aviváž. Při použití pracích kapslí není potřeba měření dávkování. Tato užitná vlastnost je výhodou, ale zároveň nevýhodou, nelze snadno upravit množství pracího prostředku podle velikosti nebo míry zašpinění – do bubnu se přidá buď jedna, nebo dvě kapsle [21].

Složení pracích prostředků

Většina pracích prostředků obsahuje klíčové složky jako: tenzidy, enzymy, zjasňovače a změkčovadla.

Tenzidy jsou klíčovou součástí pracích prostředků. Jejich úkolem je snížit povrchové napětí vody, což zlepšuje schopnost textilií absorbovat vodu. Tenzidy odstraňují nečistoty a brání jejich opětovnému usazování se na látkách. Důležité je, že tyto látky neškodí životnímu prostředí, jelikož se dobře rozkládají pomocí mikroorganismů. Všechny tenzidy používané v pracích prostředcích splňují normy EU pro biologickou rozložitelnost.

Enzymy cílí na různé typy biologických nečistot (např.: proteázy na bílkovinné, amylázy na škrobové, lipázy na tukové).

Kučerová [22] uvádí, že zjasňovače zlepšují vzhled prádla tím, že zvyšují jeho bělost nebo jasnost barev. Bělící látky odstraňují barevné nečistoty při oxidaci, tzn. za působení kyslíku. Účinnosti při nižších teplotách (do 40 °C) je dosaženo pomocí aktivátorů bělení. Doplňují prací účinky tenzidů, proto se přidávají do pracích a čistících prostředků.

Měkčící látky jsou užitečné k odstranění tvrdosti vody. Změkčená voda zlepšuje účinnost praní tím, že udržuje nečistoty v roztoku a brání jejich usazování na tkaninách. Fosfáty se dříve používaly jako změkčovadla, ale nyní jsou nahrazovány zeolity, citráty a dalšími látkami, k tomuto účelu byla využívána i soda.

Při výběru pracího prostředku je důležité zvážit typ textilie, barvu prádla, úroveň znečištění.

Máchání

Máchání je součástí pracího cyklu, která následuje po hlavním praní. Jeho hlavním účelem je odstranit z textilií zbytky pracího prostředku a rozpuštěné nečistoty. Efektivní máchání zlepšuje celkovou kvalitu praní tím, že zabraňuje zanechání zbytků pracího prostředku na textiliích, což může způsobit podráždění pokožky, alergické reakce nebo negativně ovlivnit vzhled i pocity z textilie.

Máchání obvykle zahrnuje několik fází proplachování čistou vodou, aby se postupně odstranily zbytky pracího prostředku a nečistot. Teplota vody pro máchání může být nižší než teplota vody pro praní, což je energeticky efektivnější a obvykle postačující pro odstranění zbytků pracího prostředku.

Sušení

Účelem sušení je odstranění zbývající vody z tkaniny, nebo pleteniny, po odstředování, aby bylo možné textilii snadno používat, nebo uložit. Proces sušení může být vykonán několika způsoby – sušení volně na vzduchu a sušení v sušičce. Volba metody sušení závisí na typu plošné textilie, ale také na doporučení výrobce textilního výrobku. Sušení v sušičce umožňuje vysušit prádlo rychle, avšak některé textile, s ohledem na jejich materiálové složení, mohou vyžadovat sušení na vzduchu, které je mnohem šetrnější, na rozdíl od sušení v sušičce. Rychlost sušení přímo souvisí s teplotou, čím je teplota vyšší, tím rychleji probíhá sušení. Vyšší teplota sušení může způsobit poškození textilií, proto je u některých z nich vyžadováno sušení při nižších teplotách, nebo sušení na vzduchu.

Každý z těchto kroků je klíčový pro účinné praní a péči o textilii. Dodržování správného postupu, výběr vhodných pracích cyklů i sušících metod, mohou významně přispět k prodloužení životnosti oděvů a jiných textilií, které jsou v běžném použití.

3.5 Metodika experimentu s praním vzorků

Praní bylo provedeno použitím pračky Quickwash Plus M222QW, která odpovídá referenční pračce typu B (dle normy ČSN EN ISO 6330): má svislou osu a plnění shora – typ agitátor. Sušení vzorků po praní proběhlo též v laboratorní pračce – tento proces pracího cyklu částečně odpovídá dříve zmíněné normě: systém sušení je uskutečněn ventilací s automatickým řízením vlhkosti. Pro všechny vzorky byl použit detergent, který byl uveden v reklamačním listu, poskytnutý firmou Lejaan – prací gel značky Ariel v dávkování 5 ml na 3 litry prací lázně. Teplota prací lázně byla nastavená na 60 °C (což souvisí s přílohou normy ČSN EN ISO 6330), teplota vody použitá pro máchání – 25 °C, počet cyklu máchání – 5. Teplota vzduchu během sušení – 150 °C. Pro větší přehlednost jsou výše zmíněné parametry podrobněji sepsány níže v Tabulce 6.

Tabulka 6: Parametry pracího cyklu:

Popis:	Nastavený parametr:
Teplota prací lázně	60 °C
Doba praní	3 minuty /cyklus

Popis:	Nastavený parametr:
Počet praní v pracím cyklu	1
Teplota vody použité pro máchaní	25 °C
Počet máchaní v pracím cyklu	5
Doba máchaní	1 minuta / cyklus
Teplota sušení (vzduchem)	150 °C
Doba sušení	9 minut / cyklus

Pro zajištění spolehlivosti a stability experimentu byla použita doplňková textilie a pomůcky k zajištění počátečních faktorů pro tvorbu žmolků. Doplňková tkanina pro praní dosahovala hmotnosti vyžadované v pracím postupu dle normy pro praní ČSN EN ISO 6330. Vybraná tkanina je zobrazena na Obrázku 10.

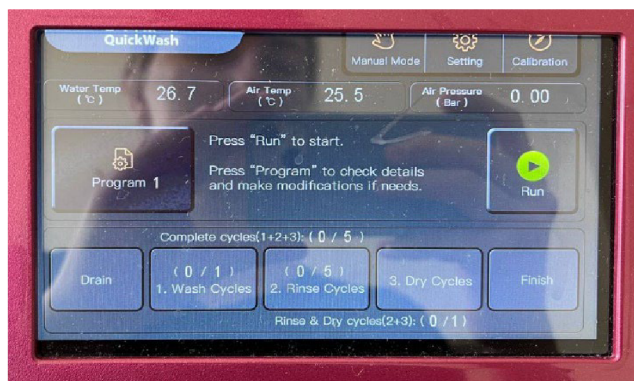


Obrázek 10: Doplňková tkanina pro praní

3.5.1 Postup nastavení parametrů pracího cyklu na zařízení Quickwash a provedení praní

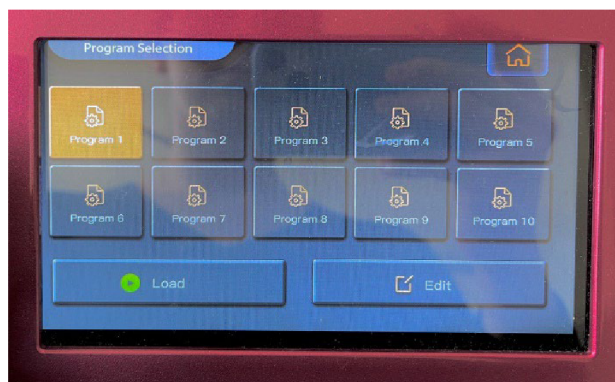
Samotné nastavení procesu praní proběhlo následujícím způsobem: Prvním krokem bylo zapnutí pračky SDL Atlas Quickwash Plus a kompresoru. Aktivace pračky a kompresoru je

realizována zapojením do elektrické sítě a přepnutím vypínače pračky do polohy "O". Následně je na displeji pračky zobrazena fáze inicializace. Po úspěšné inicializaci je na obrazovce zobrazeno hlavní menu, ve kterém je uživatel vyzván k výběru programu pracího cyklu – k čemuž slouží tlačítko „Program“ (na levé straně obrazovky, označený ikonou listu s ozubeným kolem).



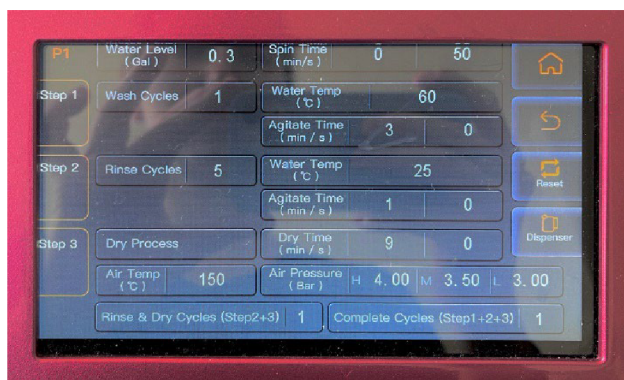
Obrázek 11: Hlavní menu

K dispozici je celkem deset programů (zobrazeny na Obrázku 12), jejichž kompletní seznam a specifikace parametrů pracího cyklu jsou detailně popsány v příloze 1, ve které je uveden podrobnější rozpis nastavení pracích cyklů.



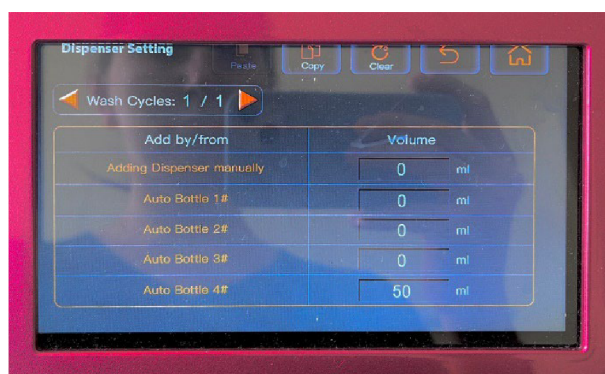
Obrázek 12: Výběr programu pracího cyklu

Uživateli se nabízí možnost manuálního nastavení parametrů pracího cyklu prostřednictvím tlačítka "Edit", kterým lze upravit počet pracích cyklů, teplotu prací lázně, dobu praní, parametry pro máchání a sušení, včetně nastavení doby sušení, teploty vzduchu a tlaku (viz Obrázek 14).



Obrázek 13: Nastavení parametrů pracího cyklu

Také lze provést nastavení dávkování detergentu do prací lázně – k tomu je tlačítko „Detergent“. V nabídce se zobrazí možnost volby zásobníku a množství čerpání detergentu (viz Obrázek 14).



Obrázek 14: Nastavení dávkování pracího detergentu

Po výběru, nebo manuálnímu nastavení, pracího programu je volba potvrzena stiskem tlačítka "Load". V případě nevhodného výběru pracího programu je možné využít tlačítko "Edit" pro jeho přenastavení a následný výběr požadovaného programu. Následuje vložení vzorků a doplňkových tkanin do komůrek pracího bubnu (Obrázek 15).



Obrázek 15: Umístění vzorků do komůrek pracího bubnu pračky

Po potvrzení výběru se uživatel opět dostává do hlavního menu, kde jsou nyní zobrazeny parametry zvoleného nastavení, včetně teploty vody a vzduchu vyjádřených ve stupních Celsia, tlaku v Barech, celkového počtu cyklů a jejich sekvenčního postupu. Pokud je nastavení korektní, nebo odpovídá normě, jsou do bubnu pračky vloženy textilní vzorky a proces může pokračovat aktivací tlačítka "Run" (zelený kruh s trojúhelníkem, umístěn v pravé části hlavního menu), čímž je spuštěn prací cyklus. Během probíhajícího pracího cyklu je na obrazovce zobrazována aktuální etapa cyklu a přibližný čas jeho dokončení.



Obrázek 16: Spuštěný prací cyklus

Prací cyklus se skládá ze čtyř hlavních etap:

- Namáčení,
- praní, které zahrnuje: naplnění bubnu vodou, dávkování detergentu, míchání, vypouštění vody a odstředování,

- máchání včetně: naplnění vodou, míchání, následné vypouštění vody a odstředování,
- sušení.

Celková doba trvání pracího cyklu se pohybuje mezi 10 a 15 minutami, může se lišit v závislosti na specifickém nastavení programu, tj. počtu praní, máchání a době sušení.

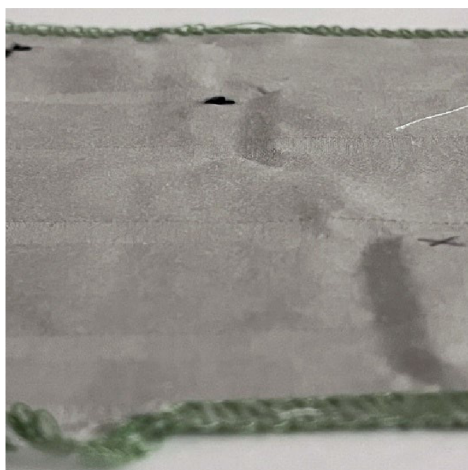
3.5.2 Subjektivní hodnocení I

Tabulka 7 obsahuje popis osmi vzorků, z nichž 2 (V_R a V_0) sloužily jako referenční vzorky, zbývajících šest bylo použito k samotnému testování. V_0 představuje výstřižek z nového kusu ložního povlečení – tento kus nepodstoupil žádné testování a byl ponechán jako pomocný etalon při objektivním hodnocení. V_R je vzorek, který byl připraven z ložního prádla vráceného zákazníkem firmě Lejaan s reklamací pro vznik žmolků po vyprání, který (stejně jako vzorek V_0) byl použit pouze k obrazové analýze. Na vzorcích V_1 - V_3 byly provedeny prací cykly ve zvyšujících se počtech, vzorky V_4 a V_5 byly navíc podrobeny praní, s využitím pomůcek k simulaci mechanického poškození během běžného užívání. Vzorek V_6 byl vyprán v domácí pračce s ložním povlečením – cílem byl pokus o simulaci běžného opotřebení během domácího praní.

Tabulka 7: Subjektivní vyhodnocení žmolkovitosti po praní

Počet pracích cyklů	Vzorek V_1				Vzorek V_2				Vzorek V_3				Vzorek V_4			
	H_1	H_2	H_3	\bar{x}	H_1	H_2	H_3	\bar{x}	H_1	H_2	H_3	\bar{x}	H_1	H_2	H_3	\bar{x}
5	4	4-5	4-5	4,33	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
10	-	-	-	-	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
20	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	4	4	-	-	-	-

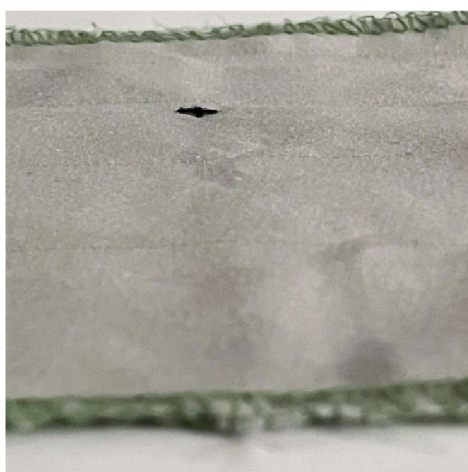
Vzorky po vyprání byly subjektivně hodnoceny dle normy ČSN EN ISO 12945-4, která je podrobněji popsána v podkapitole 2.2. Dle hodnotící škály stupeň 5 znamená, že povrch vzorku je beze změn, zatímco stupeň 1 naznačuje husté rozvláknění povrchu, přičemž vlákna různé velikosti a hustoty pokrývají celý povrch vzorku.



Obrázek 17: Vzorek V_1 po 5 pracích cyklech: detailní pohled



Obrázek 18: Vzorek V_2 po 10 pracích cyklech: detailní pohled



Obrázek 19: Vzorek V_3 po 20 pracích cyklech: detailní pohled

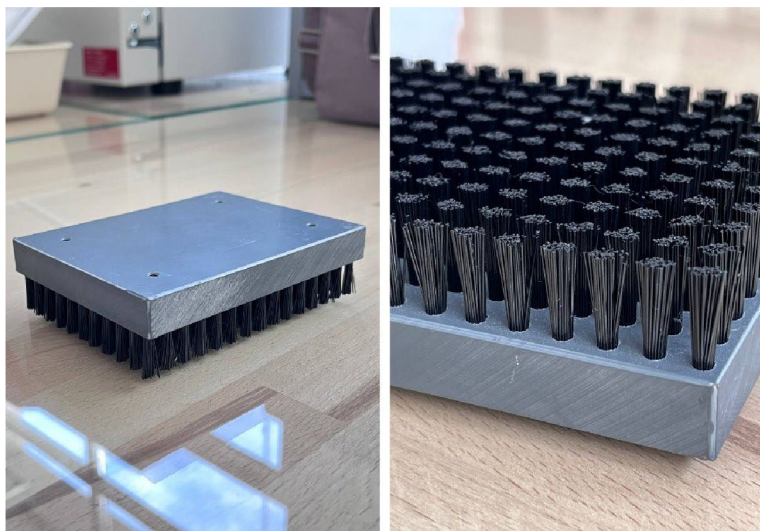
3.5.3 Simulace opotřebení ložního prádla

Jelikož ani po dvaceti pracích cyklech se neobjevily žmolky na povrchu zkoumaných vzorků, experiment byl doplněn další simulací opotřebení vzorků. Bylo navrženo, že sada vzorků bude doplněna dalšími 2 vzorky – V₅ a V₆.

Vzorek se značením V₅ podstoupil praní s proužkem suchého zipu, který vystoupil jako abrazivní prvek pro tvorbu žmolku. Cílem bylo zjistit, zda tento způsob mechanického poškození vede k výraznější žmolkovitosti.

Vzorek označený V₆ byl podroben procesu praní v domácí pračce s cílem simulovat opotřebení za reálných podmínek a porovnat metodu praní v zařízení Quickwash a standardní praní v domácí pračce. Tento vzorek byl vyprán společně s ložním povlečením.

Vzorek V₄, který již byl vyprán desetkrát v zařízení Quickwash, byl kartáčován. Experiment s kartáčováním byl navržen tak, aby simuloval opotřebení textilních vláken způsobené třením o vousy během běžného používání ložního prádla. Cílem kartáčování daného vzorku před jeho vložením do pračky je uměle urychlit proces tvorby žmolků. K simulaci byl použit kartáč o velikosti 9 x 12 cm (Obrázek 22) s tuhými syntetickými štětinami.



Obrázek 20: Kartáč s tuhými syntetickými štětinami

Bylo provedeno deset broušení kartáčem v osnovním směru a deset dalších broušení kartáčem ve směru útku. Poté byl vzorek znovu vyprán.

3.5.4 Subjektivní hodnocení II

Výše uvedené vzorky V₄, V₅ a V₆ byly následně podrobeny subjektivnímu hodnocení za přítomnosti tří hodnotitelů. Úrovně rozvláknění jsou prezentovány v Tabulce 8. Po procesu praní se na vzorku V₄ projevila tvorba žmolků na povrchu, přičemž jeho povrchová struktura byla identická s povrchem reklamovaného vzorku V_R. Vzorek V₅, který byl vyprán společně s proužkem suchého zipu, nevykazoval žádné signifikantní poškození vláken. Stejně tak vzorek V₆ zůstal beze změn povrchu na textilií, nevytvořily se žmolky. Vzorky V₅ a V₆ byly ohodnoceny stupněm 4. Vzhledem k absenci žmolkování na těchto vzorcích, byly vzorky V₅ a V₆ vyřazeny z experimentálního procesu, a nebyly předmětem objektivní obrazové analýzy.

V rámci srovnání metod praní, konkrétně praní v zařízení Quickwash, ve srovnání s praním v konvenční domácí pračce, bylo zjištěno, že proces praní v zařízení Quickwash je charakterizován nižší časovou náročností a menší spotřebou vody i energie. Na základě těchto poznatků lze usoudit, že zařízení Quickwash představuje efektivnější řešení pro praní vzorků menších rozměrů.

Tabulka 8: Subjektivní vyhodnocení žmolkovitosti – simulace opotřebení

Způsob praní	Vzorek V ₄				Vzorek V ₅				Vzorek V ₆			
	H ₁	H ₂	H ₃	\bar{x}	H ₁	H ₂	H ₃	\bar{x}	H ₁	H ₂	H ₃	\bar{x}
Praní v domácí pračce	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	4	4
Praní v Quickwash se suchým zipem	-	-	-	-	4	4	4	4	-	-	-	-
Praní v Quickwash po kartáčování	2-3	3	2	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-

Vzorky po experimentu lze vidět na Obrázcích 21 až 23. Na vzorcích byla provedena obrazová analýza a vyhodnocení výsledků. Postup objektivního hodnocení, použitá zařízení a software, jsou popsány v dalších kapitolách.



Obrázek 21: Vzorek V₄ po 10 pracích cyklech + mechanické poškození kartáčem a následné praní 1 pracím cyklem: vlevo je celkový pohled, vpravo je detailní pohled



Obrázek 22: Vzorek V₅ po vyprání 1 pracím cyklem se suchým zipem + 3 pracích cyklech: vlevo je celkový pohled, vpravo je detailní pohled



Obrázek 23: Vzorek V₆ vypraný v domácí pračce s ložním povlečením: vlevo je celkový pohled, vpravo je detailní pohled

4 Objektivní obrazová analýza

4.1 Profilometr Talysurf CLI 500

Pro objektivní hodnocení žmolovitosti byl zvolen přístroj Talysurf CLI 500, který je k dispozici na Katedře hodnocení textilií.

Model Talysurf CLI 500 představuje kompaktnější variantu z řady univerzálních měřících přístrojů CLI. Měřicí rozsah tohoto přístroje ve směrech os X, Y a Z činí 50 mm pro každou osu. Je to přístroj, který umožňuje současně měřit rozměry, tvar a drsnost povrchu. Přístroj Talysurf CLI 500 je zobrazen na Obrázku 24.

Talysurf CLI 500 se skládá z následujících hardwarových a softwarových částí:

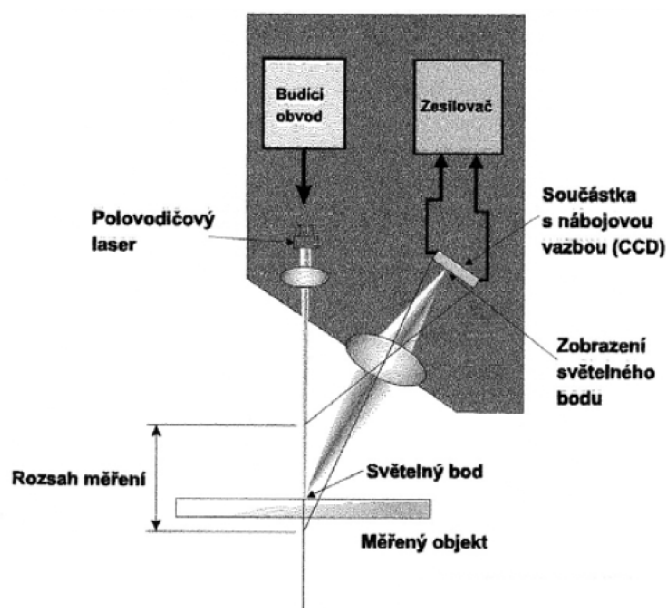
- měřicí přístroj,
- řídicí jednotka,
- sada externích propojovacích kabelů,
- software pro sběr dat Talysurf CLI – Talymap [22].



Obrázek 24: Měřicí sestava Talysurf CLI 500 (včetně PC a řídicí jednotky)

Systém je určen pro bezkontaktní 3D měření pomocí optického konfokálního jednobodového snímače. Může být také vybaven laserovým triangulačním měřidlem. Lze provést i kontaktní měření v případě, že přístroj je vybaven indukčním měřidlem s diamantovým stylusem [22].

Na KHT je k dispozici přístroj Talysurf s laserovým snímačem, který umožňuje bezkontaktně měřit a analyzovat strukturu a tvar povrchu. Principiálně se jedná o odražení paprsku polovodičového laseru od měřeného povrchu do přijímacího optického systému. Paprsek je zaostřen na CCD snímacím poli. Tvoří se soubor hodnot X, Y, Z, při posuvu vzorku pod měřicí hlavou [23].



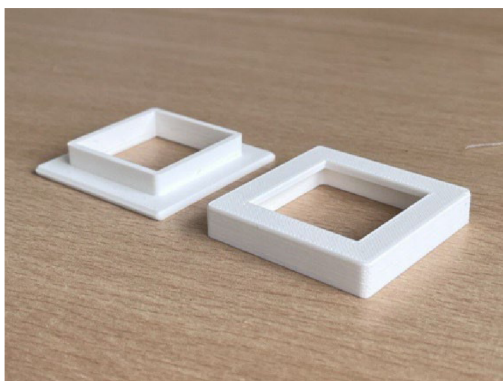
Obrázek 25: Princip laserového snímače [24]

Bližší a detailnější postup manipulace s Talysurf CLI 500 je uveden v podkapitole 4.2.1.

4.2 Metodika měření a analýzy žmolkovitosti na přístroji Talysurf

Pro měření žmolkovitosti jsou potřebné:

- PC,
- přístroj Talysurf,
- řídicí jednotka Keyence,
- nainstalovaný software Talysurf a Talymap Platinum 5.0,
- zkoumané textilní vzorky,
- plastový rámeček o velikosti 20 x 20 mm k narovnání povrchu zkoumaných textilií a zamezení zkreslení výsledků (je zobrazen na Obrázku 26).



Obrázek 26: Plastový rámeček

Tento pomocný předmět, zobrazený na Obrázku 26, je určen nejen k vyrovnání povrchu, ale také zajišťuje opakovatelnost měření na identické lokaci vzorku. Tato vlastnost předmětu umožňuje srovnání povrchové struktury před, ale i po provedené změně.

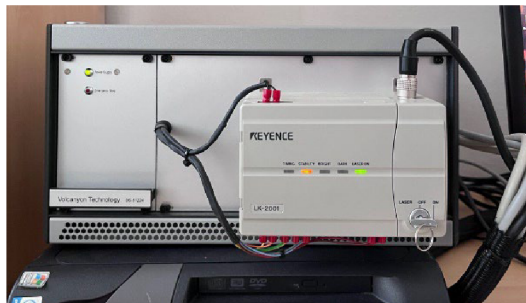
Software Talysurf umožňuje uživatelům ovládat přístroj (včetně nastavení parametrů měření, spouštění měření a sledování procesu probíhajícího měření v reálném čase). Program Talymap Platinum 5.0 poskytuje možnost zpracování získaných dat (zahrnuje aplikaci různých filtrů pro oddělení složek drsnosti a vlnitosti), analýzu a interpretaci dat (výpočty parametrů drsnosti a textury povrchu podle mezinárodních norem, vizualizaci měřených profilů a 3D modely povrchu) a následně jejich export.

Aby se umožnilo provedení měření, musí se zapnout PC a řídicí jednotka Keyence. Přístroj Keyence se zapne pomocí kolébkového vypínače na panelu zezadu (viz Obrázek 27). Pro zapnutí řídicí jednotky musí být vypínač v poloze „I“.



Obrázek 27: Řídicí jednotka Keyence – vypínač

Řídicí jednotku, která je určena k ovládání laserovým paprskem, musíme spustit otočením klíče na panelu (viz Obrázek 28):



Obrázek 28: Řídicí jednotka Keyence – zapnutí přenosu dat

Po zapnutí přenosu dat na přístroji Keyence, lze pokračovat dále pro zadání nastavení snímání povrchu zkoušeného vzorku. Nastavení snímání se provádí v programu Talysurf, kde se zadají jednotlivé parametry skenování.

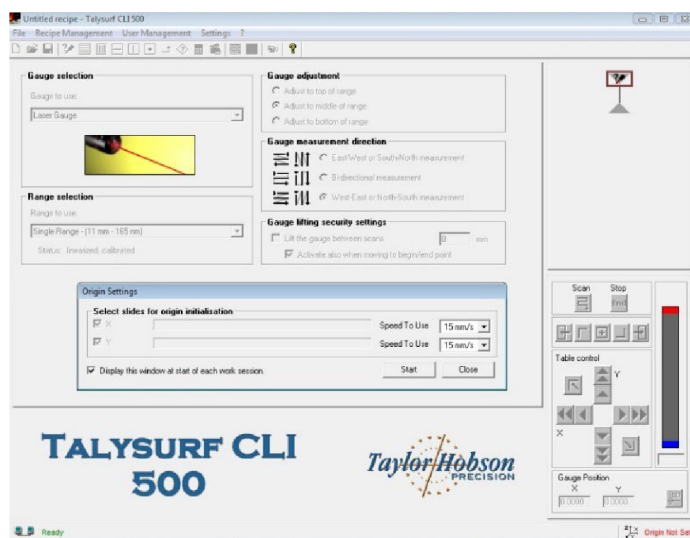
4.2.1 Postup měření na Talysurf CLI 500

Po zapnutí PC lze dvojklikem na ikonu na ploše spustit software Talysurf CLI 500 (Obrázek 29). Software Talysurf CLI 500 je specializovaný software, který je navržen pro použití s přístroji Talysurf CLI 500.



Obrázek 29: Ikona programu Talysurf CLI 500 na ploše PC

Po spuštění programu uživatel vidí následující okno (viz Obrázek 30):

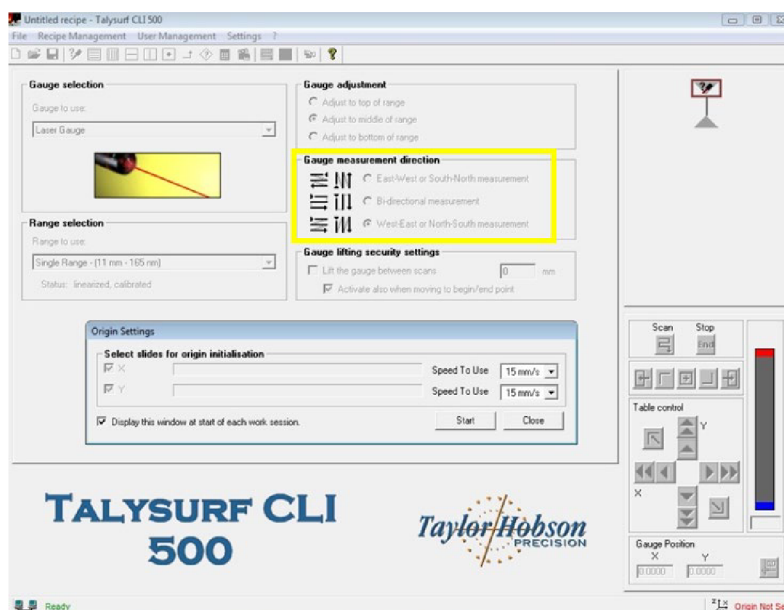


Obrázek 30: Úvodní obrazovka programu Talysurf CLI 500

Při spuštění se může objevit podokno **Origin Settings**, které se zavře tlačítkem **Close**. V tomto podokně se nemusí zadávat žádné nastavení.

Prvním krokem pro nastavení snímání je zadání směru skenování – **Gauge measurement direction** – tento parametr určuje, jak se bude pohybovat laserový paprsek na povrchu zkoušeného vzorku. K dispozici jsou 3 možnosti pohybu paprsku (na Obrázku 31 označeny žlutě):

1. směr měření „východ-západ“, nebo „jih-sever“,
2. obousměrné měření,
3. směr měření „západ-východ“, nebo „sever-jih“.

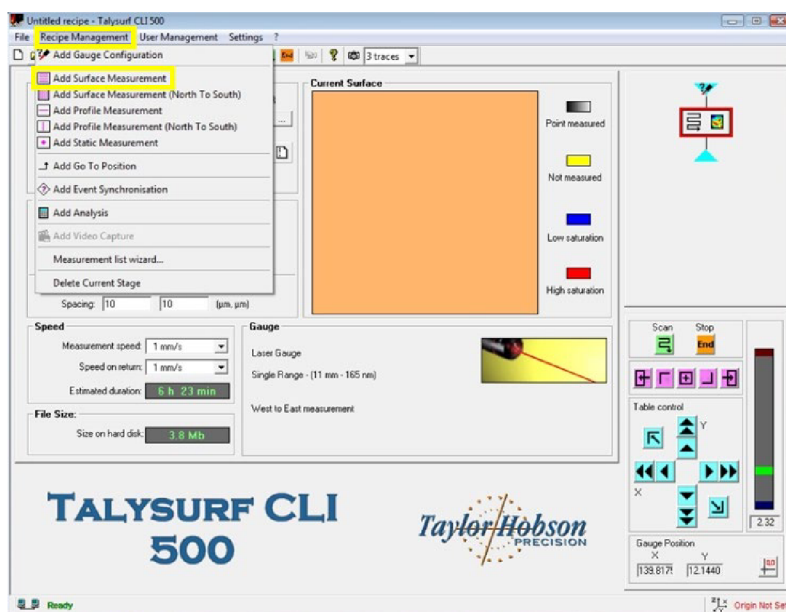


Obrázek 31: Úvodní obrazovka programu Talysurf CLI 500

V oknu jsou, pro zjednodušení, schematicky (šipkami) znázorněny směry skenování povrchu textilií. Tento parametr zásadně neovlivňuje kvalitu měření, volba jakékoliv z nabízených možností dosáhne stejného výsledku – nasnímaný 3D povrch připraven k další analýze.

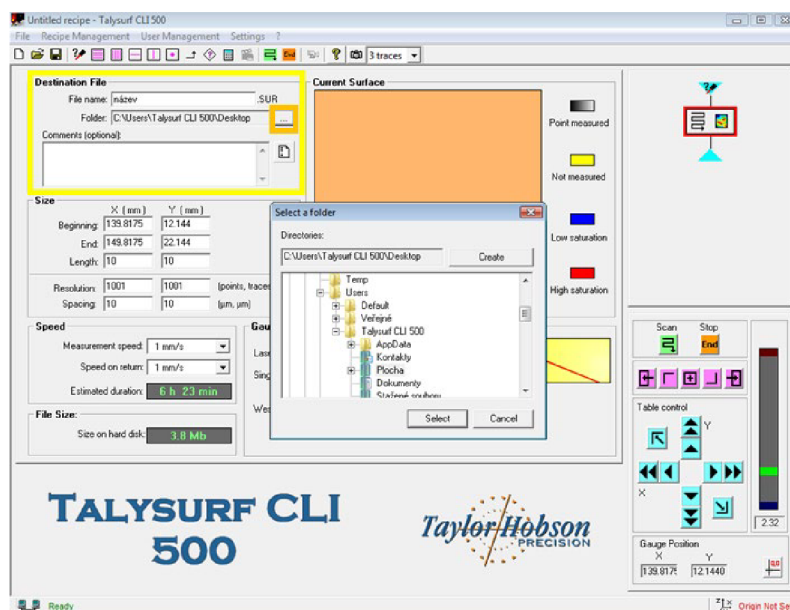
Ostatní parametry v tomto okně nelze změnit: parametry **Gauge selection** (česky: *Volba snímacího paprsku*) a **Range selection** (česky: *Výběr rozsahu snímacího paprsku*) jsou dány vybavením přístroje Talysurf CLI 500.

Dále se musí nastavit další nezbytné parametry pro měření: velikost měřené oblasti (její plocha) a rychlost snímání. Proto na horní liště klikneme na **Recipe Management**, z rozevřacího seznamu zvolíme příkaz **Add Surface Measurement** – pomocí daného příkazu lze dále nastavit výše zmíněné parametry skenování.



Obrázek 32: Obrazovka programu Talysurf CLI 500 - nastavení měření I

V okně programu Talysurf CLI 500 se objeví další parametry nastavení snímání. Nejdříve se v oblasti **Destination File** (označeno žlutě na Obrázku 33) zapíše název souboru s naměřenými daty v řádku **File name** (česky: *Název souboru*). Soubor se uloží se zadaným názvem s rozšířením .SUR. V dalším řádku **Folder** (česky: *Složka*) se, při kliknutí na ikonu se třemi tečkami (označeno oranžovým obdélníkem na Obrázku 33), zvolí složka v počítači, čímž se určí cesta pro uložení dat. Aby se zadala cesta, otevře se podokno **Select a Folder**, kde uživatel zvolí složku, kam se budou ukládat již naměřená data.



Obrázek 33: Obrazovka programu Talysurf CLI 500 - nastavení měření II

V případě potřeby lze zadat krátký popis k náměru, například pro lepší identifikaci náměru, pokud se měří více vzorků (pole **Comments**). Nejedná se o povinný údaj, tato funkce však může být užitečným parametrem pro uživatele.

Ve skupině polí **Size** (na Obrázku 35 vyznačené žlutě) se nadefinuje velikost měřené plochy vzorku. Do řádku **Length** (česky: *Délka*, na Obrázku 23 vyznačené oranžovým obdélníkem) se запиše šířka (souřadnice X) a délka (souřadnice Y) v mm. Následně se automaticky přepíší hodnoty v polích **Beginnig** (česky: *Začátek*) a **End** (česky: *Konec*)

Dále se nastaví kvalita snímání: uživatel musí zadat hodnoty **Resolution** (česky: *Rozlišení*) a **Spacing** (česky: *Rozteč bodů*) – tyto parametry jsou vyznačené na Obrázku 33 (zeleně). Tyto parametry ovlivňují kvalitu snímání – čím více je bodů, tedy čím vyšší je rozlišení, tím je přesnější skenování a rovněž následná analýza zkoumaných vzorků.

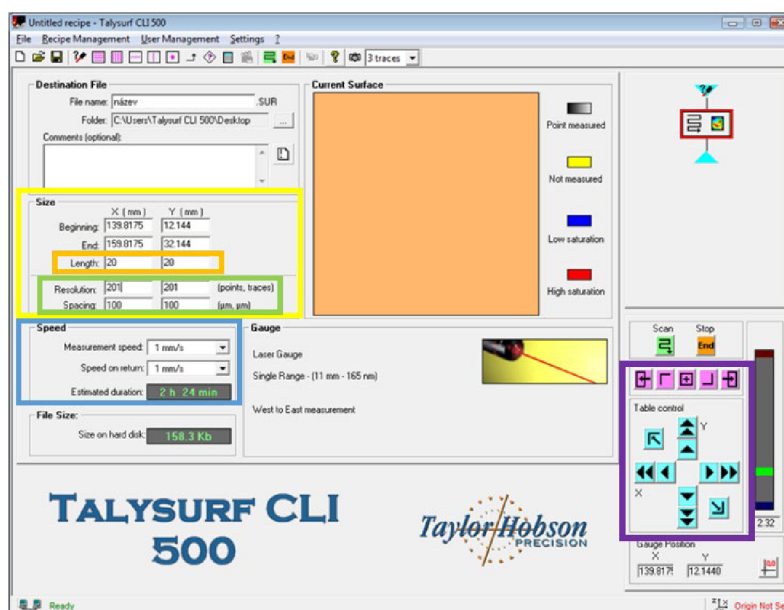
Je důležité nastavit i rychlost snímání – k tomu je určeno pole **Speed** (česky: *Rychlost*, na Obrázku 35 vyznačeno modrým rámečkem). V řádku **Measurement speed** (česky: *Rychlost měření*) se z rozevíracího seznamu zvolí rychlost skenování povrchu, tzn. jak rychle bude snímat laser povrch zkoušeného vzorku, rozsah rychlosti je od 0,2 µm do několika mm/s. Po zadání rychlosti měření program automaticky spočítá přibližný čas skenování povrchu textilií – viz řádek **Estimated duration** (česky: *Odhadovaná doba trvání*), na Obrázku 35. Doba měření je pouze orientační, je ovlivněna nastavením výše zmíněných parametrů snímání.

Poté, co byly zadány parametry měření, se musí zadat počáteční bod měření. Ten se zadá buď pomocí ikon na panelu **Table control** (česky: *Ovládání posuvné desky*, vyznačeno fialovým rámečkem na Obrázku 35), nebo pomocí tlačítek ovládacího panelu přímo na přístroji (viz Obrázek 36). Stisknutím tlačítka na ovládacím panelu, nebo kliknutím na ikonku, začne nastavování počátečního bodu měření: laserový paprsek se promítá na zkoumaný vzorek (Obrázek 34) přičemž, díky pohybu pracovního stolu přístroje, lze určit výchozí bod.

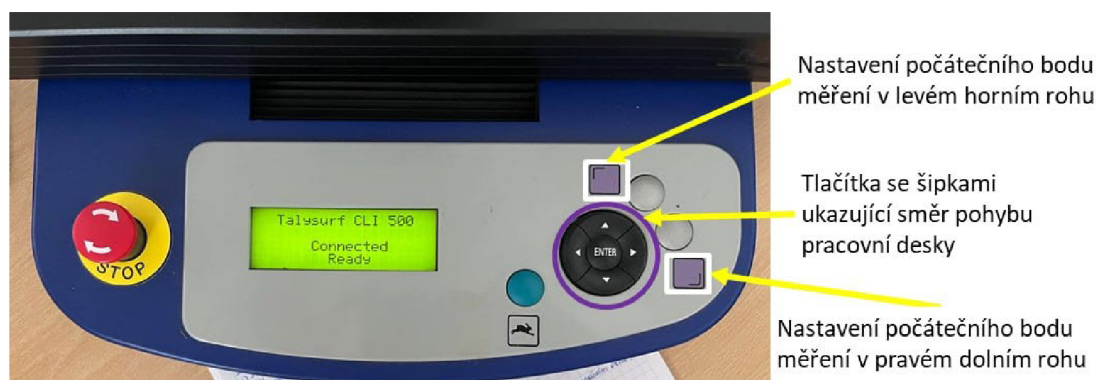


Obrázek 34: Promítnutí laserového paprsku na zkušební vzorku

V případě, že paprsek je již naveden na počáteční bod skenování, tlačítkem na panelu (jsou vyznačeny bílým rámečkem na Obrázku 36), nebo kliknutím na ikonku, uživatel potvrdí polohu bodu – levý horní roh, nebo pravý dolní roh, měřené plochy.

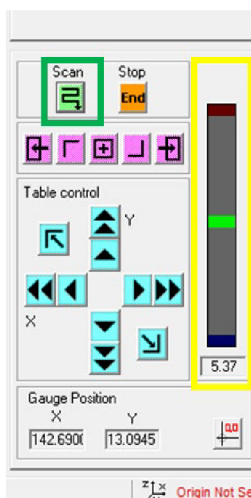


Obrázek 35: Obrazovka programu Talysurf CLI 500 - nastavení měření III



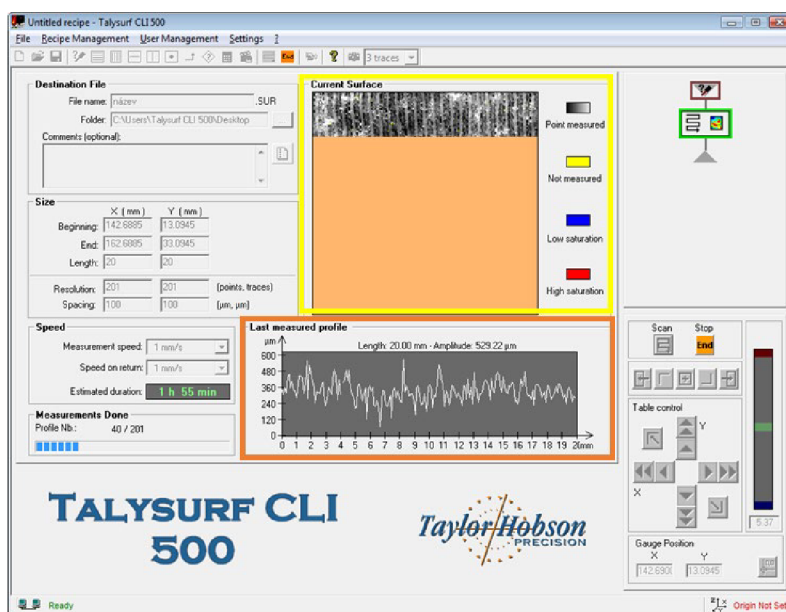
Obrázek 36: Ovládací panel profilometru Talysurf CLI 500

Před spuštěním měření uživatel nastaví polohu snímací hlavy, je třeba otočit Positioning knob tak, aby LED světlo na snímací hlavě bylo co nejbliž ke středu škály a svítilo zeleně. Správnost polohy snímací hlavy lze zkontrolovat v okně softwaru (škála nastavení je označená na Obrázku 25 žlutě). Poté až bude dokončeno nastavení snímací hlavy, lze spustit měření kliknutím na ikonku **Scan** (je označená zeleným rámečkem na Obrázku 37).



Obrázek 37: Škála nastavení polohy snímací hlavy

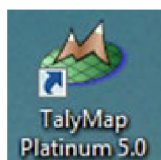
Na Obrázku 38 lze vidět obrazovku po spuštění měření. V poli **Current Surface** (česky: *Aktuální povrch*, žlutý rámeček na Obrázku 38) se ukazuje černo-bílý naskenovaný povrch zkoumaného vzorku, část vzorku, která ještě nebyla nasnímaná se zobrazí oranžově. V poli **Last measured profile** (na Obrázku 38 označen oranžovým obdélníkem) lze pozorovat poslední naměřený profil textilie. Po dokončení snímání pole Current Surface bude zobrazen celý naskenovaný povrch textilie.



Obrázek 38: Obrazovka programu Talysurf CLI 500 po spuštění měření

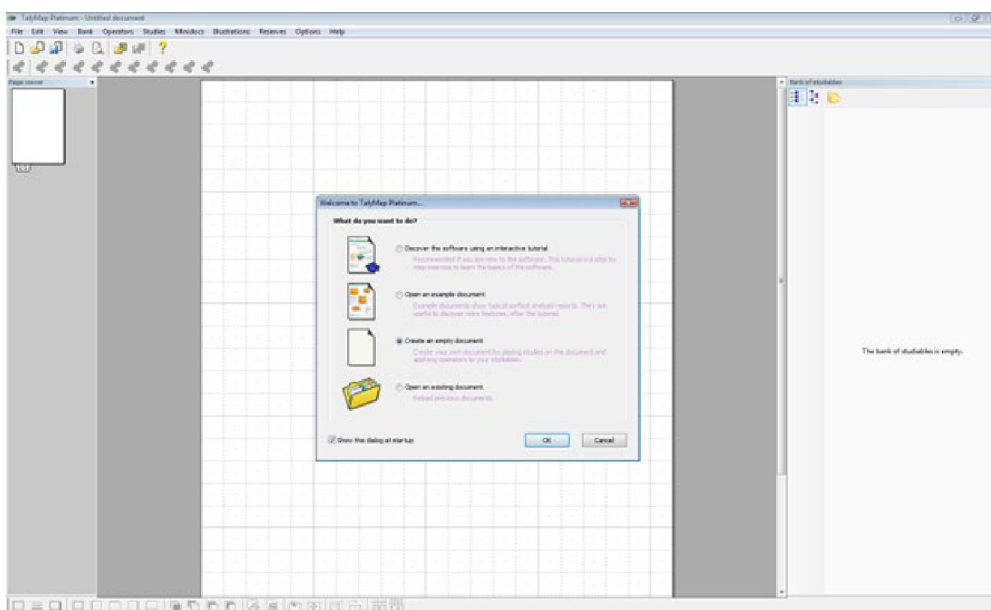
4.2.2 Postup objektivního hodnocení povrchu pomocí Talymap 5.0

Software Talymap je pokročilý analytický nástroj používaný pro měření a analýzu povrchových textur a topografií v různých oblastech, včetně materiálového inženýrství, metalurgie a dalších.



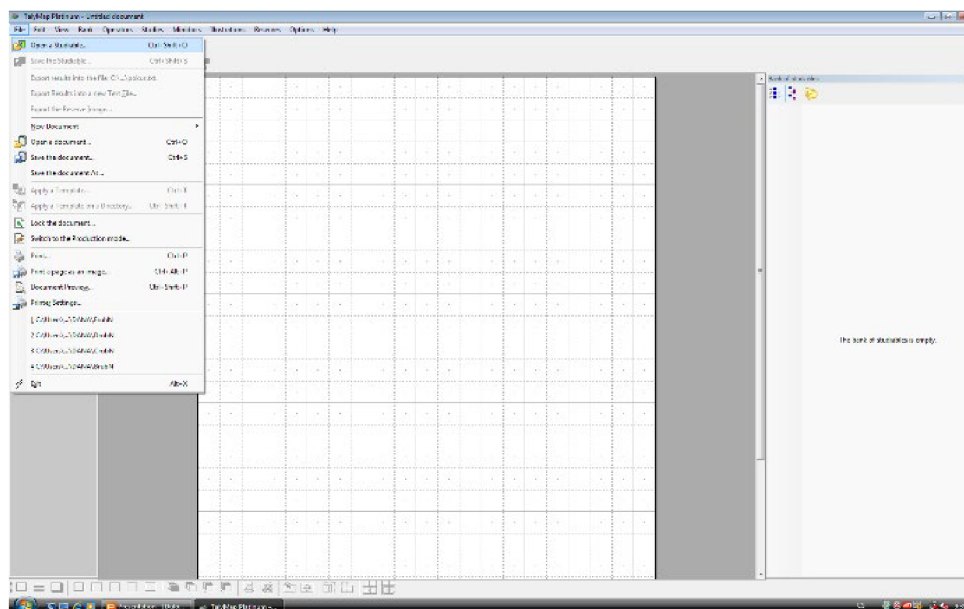
Obrázek 39: Ikona programu Talymap Platinum 5.0

Po spuštění programu Talymap se musí zvolit tvorba prázdného souboru (viz Obrázek 40).



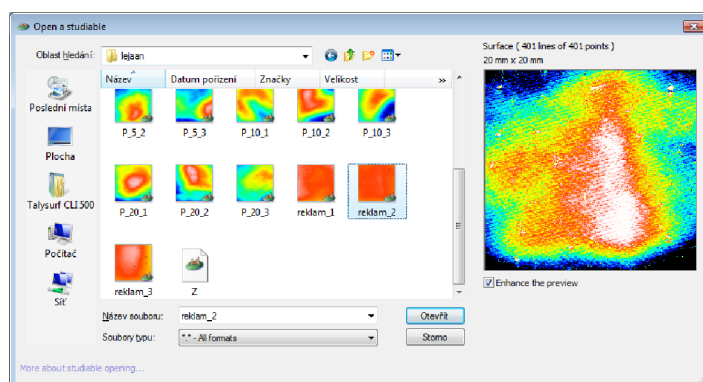
Obrázek 40: Úvodní stránka programu Talymap

Do nově vytvořeného prázdného souboru se musí přidat náměry udělané profilometrem Talysurf. Nahrání dat naměřených přístrojem Talysurf proběhne pomocí příkazu **Open a Studiable** (Obrázek 41).



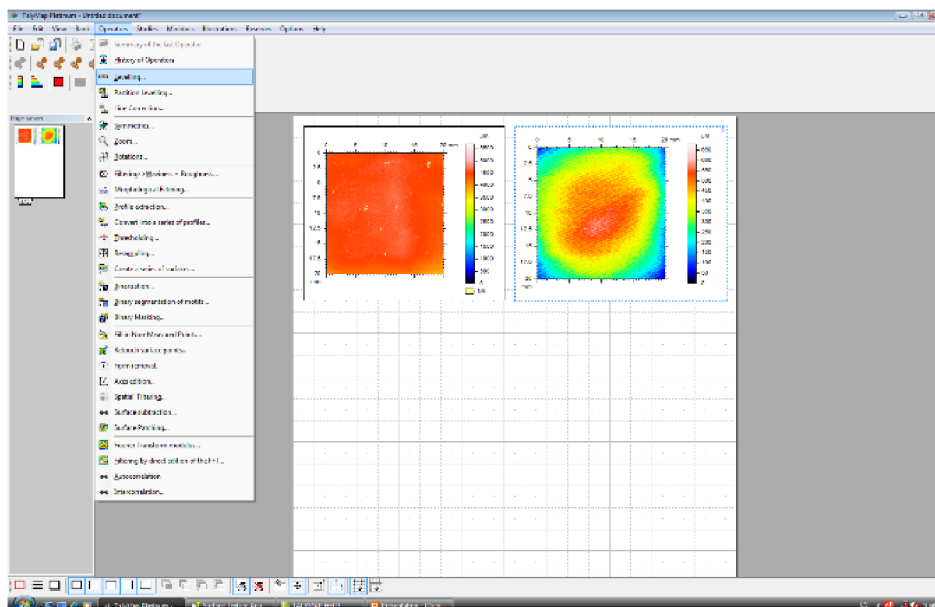
Obrázek 41: Nahrání dat z programu Talysurf do softwaru Talymap I

V okně **Open a Studiable** lze zvolit několik uložených náměrů z Talysurfu pro jejich další zpracování, analýzu a porovnání výsledků měření.

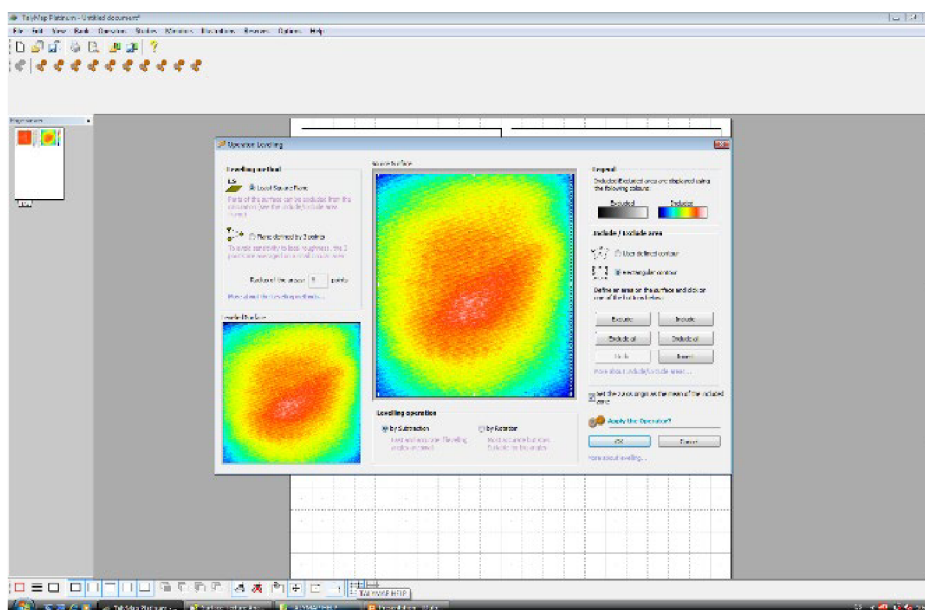


Obrázek 42: Nahrání dat z programu Talysurf do softwaru Talymap II

Po nahrání náměru do pracovního listu programu Talymap, je prvním krokem zpracování naměřených dat, které probíhá pomocí přístroje a softwaru Talysurf, vyrovnání plochy vzorku – **Levelling**. Vyrovnání plochy naskenovaného vzorku lze provést pomocí příkazu **Levelling** (Obrázek43). Při nastavení vyrovnání plochy se musí také nastavit metoda pro definování roviny a způsob odstranění roviny z povrchu: definování roviny proběhne dle metody odstraněním roviny nejmenších čtverců (**Least square plane method**) a odstraněním roviny – odečtením (**Levelling by subtraction**). Aby byl provedeno vyrovnání celé plochy nasnímaného povrchu, musí se v okně vydělit celá plocha vzorku (viz Obrázek 44).



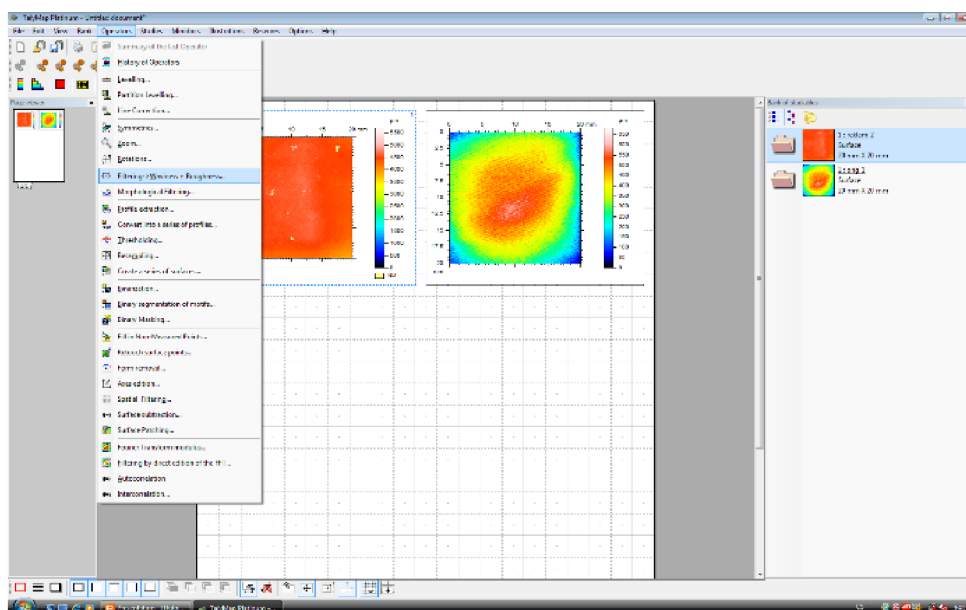
Obrázek 43: Aplikace funkce Levelling I



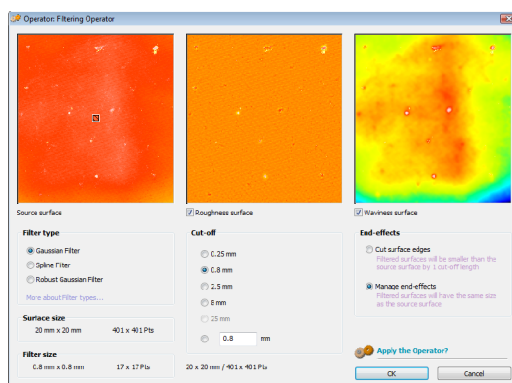
Obrázek 44: Aplikace funkce Levelling II

Druhý krok přípravy nasnímaných povrchů zkoumaných vzorků, je aplikace filtru, který rozdělí tvar povrchu na vlnitost a drsnost. Profil drsnosti je kvantitativní popis nerovností a variabilit povrchu textilie, v rámci analýzy žmolkovitosti, profil drsnosti umožňuje naznačit výskyt žmolků na povrchu zkoumaného vzorku. Drsnost povrchu lze stanovit pomocí filtrování – příkaz **Filtering -> Waviness and Roughness** (viz Obrázek 45), kde se nastaví následující parametry (Obrázek 46):

- typ filtru (**Filter type**) – nejpoužívanějším typem je Gaussův filtr, který je výchozím filtrem pro filtrování povrchů. Gaussův filtr efektivně redukuje vliv větších nerovností a vlnitosti, které nejsou považovány za součást mikrostruktury drsnosti povrchu. Tím umožňuje lepší identifikaci a kvantifikaci drobných nerovností a defektů na povrchu, které jsou relevantní pro hodnocení drsnosti,
- hodnota **Cut-Off** – představuje velikost filtru. Jedná se o vlnovou délku, která se používá při filtrování k oddělení vlnitosti a drsnosti. Standardní hodnoty jsou distribuovány v geometrické řadě od 0,8 mm až do 8 mm. Velikost filtru v hodnotě 0,8 mm je postačující k aplikaci pro stanovení drsnosti hladších tkanin používaných v bytovém textilu. Větší hodnota filtru je vhodnější na drsnější textilní povrchy.



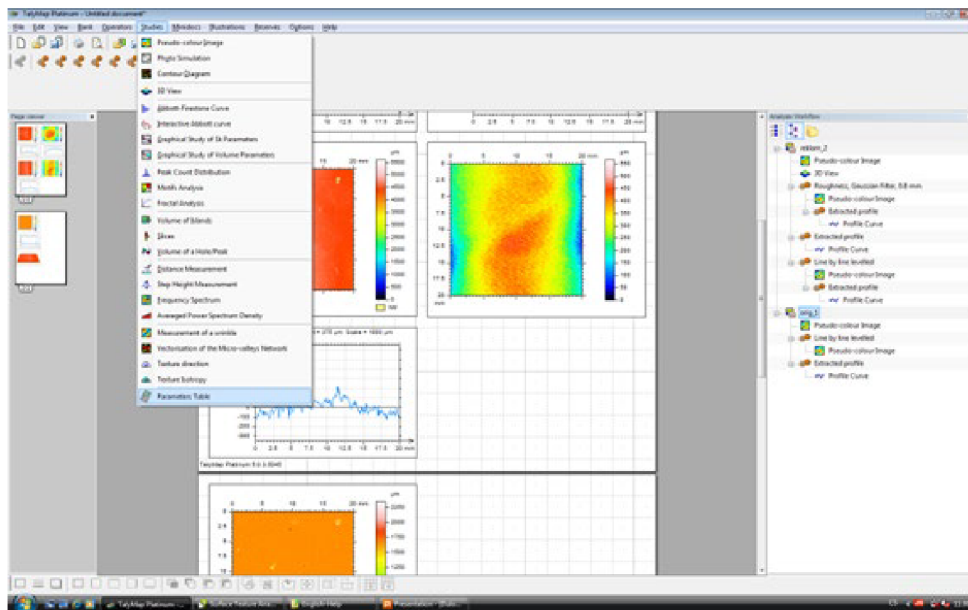
Obrázek 45: Postup aplikace filtru pro oddělení drsnosti povrchu I



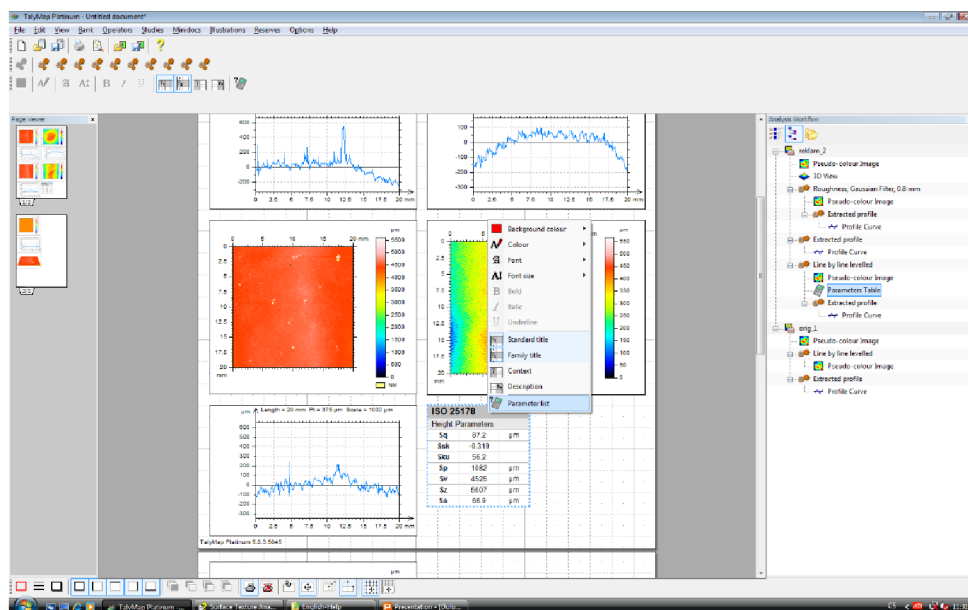
Obrázek 46: Postup aplikace filtru pro oddělení drsnosti povrchu II

Po definování drsnosti povrchu lze začít analyzovat změřený povrch. Ke stanovení 3D amplitudových parametrů lze použít funkce „Tabulka parametrů“ (**Parametr Table**). Parametr Table je určena k poskytnutí informací o měřených a vypočítaných parametrech povrchu pro následující analýzu a porovnávání různých povrchových charakteristik. Tato funkce je zásadní pro správu a interpretaci dat získaných z měření povrchové topografie a textury.

V kontextu 3D amplitudových parametrů, které Talysurf 5.0 umožňuje analyzovat, poskytuje „Parametr Table“ uživatelům možnost zobrazit a analyzovat klíčové statistické údaje o výškových variacích povrchu v trojrozměrném prostoru.



Obrázek 47: Použití příkazu Parametr Table



Obrázek 48: Ukázka interpretace dat pomocí příkazu Parametr Table I

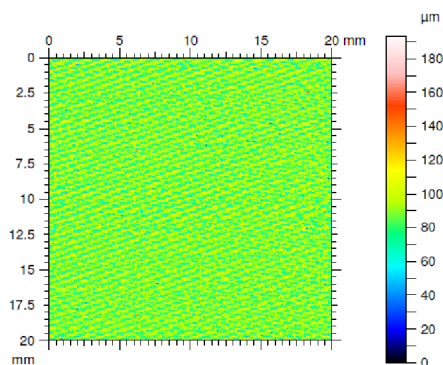
ISO 25178			
Height Parameters			
Sq	13.6	μm	Root mean square height
Ssk	-0.071		Skewness
Sku	3.36		Kurtosis
Sp	180	μm	Maximum peak height
Sv	67.6	μm	Maximum pit height
Sz	247	μm	Maximum height
Sa	10.8	μm	Arithmetic mean height

Obrázek 49: Ukázka interpretace dat pomocí příkazu Parametr Table II

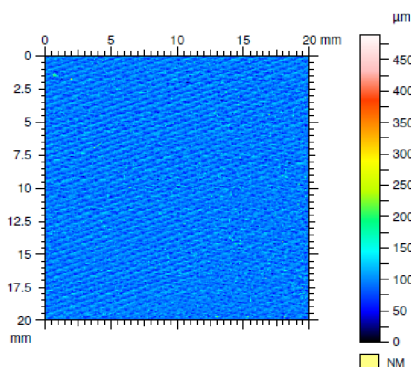
5 Diskuse výsledků

Pro účely srovnání bylo prezentováno šest vzorků: referenční vzorek V_0 , vzorek po pěti pracích cyklech V_1 , vzorek po deseti pracích cyklech V_2 , vzorek po dvaceti pracích cyklech V_3 , vzorek po mechanickém poškození pomocí plastového kartáče V_4 a reklamovaný vzorek V_R . Z analýzy byly vyloučeny dva vzorky – konkrétně vzorek V_5 a vzorek V_6 – z důvodu absence žmolků i přes specifický způsob opotřebení a poškození povrchu zkoumaných vzorků.

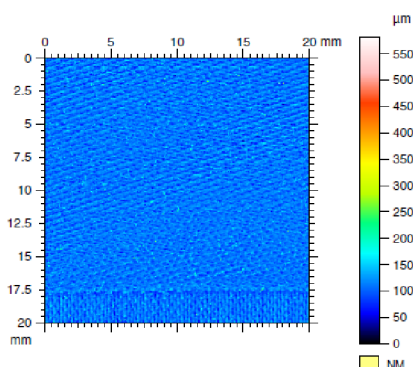
Při zkoumání profilů povrchu jednotlivých vzorků byly zaznamenány výrazné rozdíly, a to jak mezi referenčním a reklamovaným vzorkem, tak mezi vzorkem, který prošel dvaceti pracími cykly, a vzorkem, jehož povrch byl poškozen tuhými štětinami kartáče. Barvy na profilech ilustrují výšku výstupků a hloubku prohlubní profilů, stejně jako šířku těchto prvků profilu. Z analýzy profilů je patrné, že vzorky V_1 , V_2 , V_3 vykazují rozvlákněný povrch v porovnání s referenčním vzorkem V_0 , což svědčí o změně povrchové struktury. Při srovnání profilu vzorku V_4 a reklamovaného vzorku V_R s referenčním vzorkem V_0 , je rozdíl v rozsahu barevných škál značně patrnější. Barevná škála referenčního vzorku V_0 je méně rozmanitá, v porovnání se vzorky V_4 a V_R . Profil vzorku V_0 neobsahuje bílé a světlé růžové body, které jsou nejvyššími body a naznačují přítomnost žmolků na profilech vzorků V_4 a V_R (viz Obrázky 50 až 55).



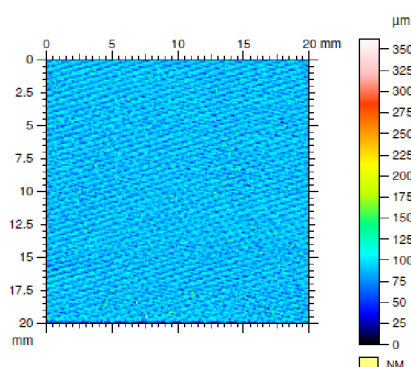
Obrázek 50: Profil referenčního vzorku V_0



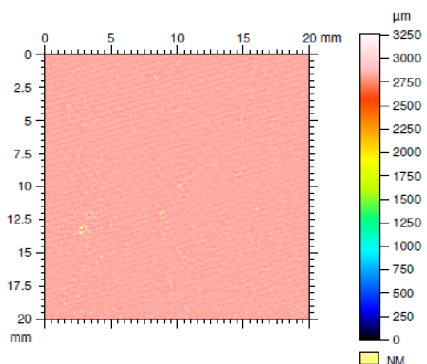
Obrázek 51: Profil vzorku V_1



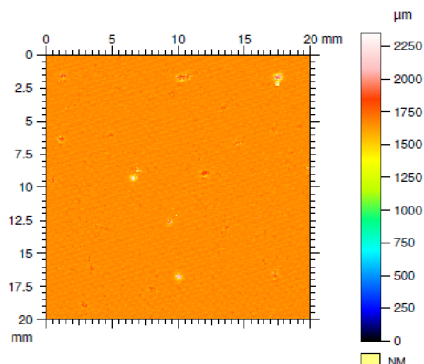
Obrázek 52: Profil vzorku V_2



Obrázek 53: Profil vzorku V_3



Obrázek 54: Profil vzorku V_4



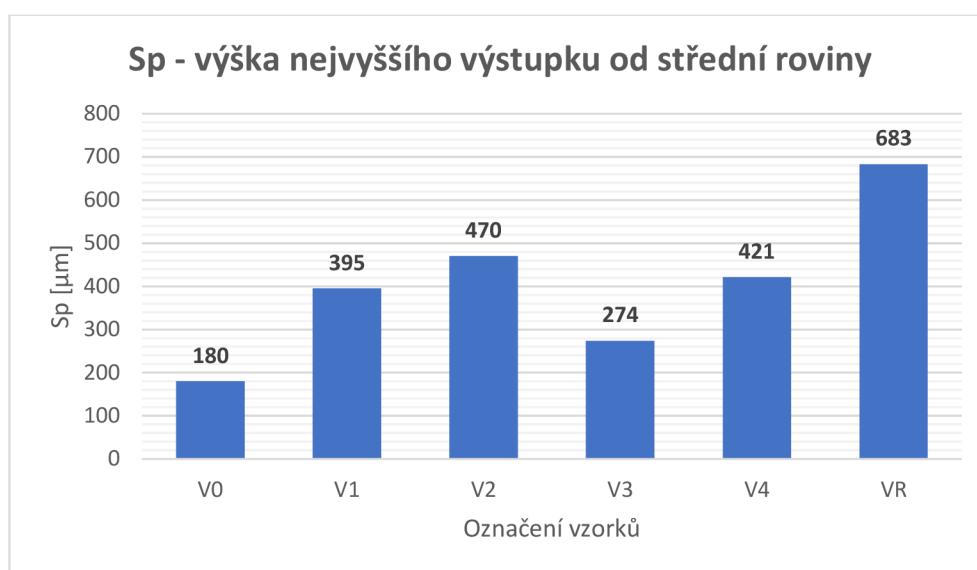
Obrázek 55: Profil reklamovaného vzorku V_R

Při podrobnější analýze výsledků, shrnutých do níže uvedené Tabulky 9, s profilovými parametry, lze vydělit několik parametrů, kterými jsou parametry S_p a S_q . Analýza těchto parametrů, ve spojení s dalšími faktory, jako je typ vlákna, struktura tkaniny a historie zpracování, může poskytnout ucelenější obraz o příčinách žmolkovitosti a o tom, jak různé materiály a úpravy ovlivňují tendenci ke žmolkování.

Tabulka 9 : Profilové parametry dle ISO 25178

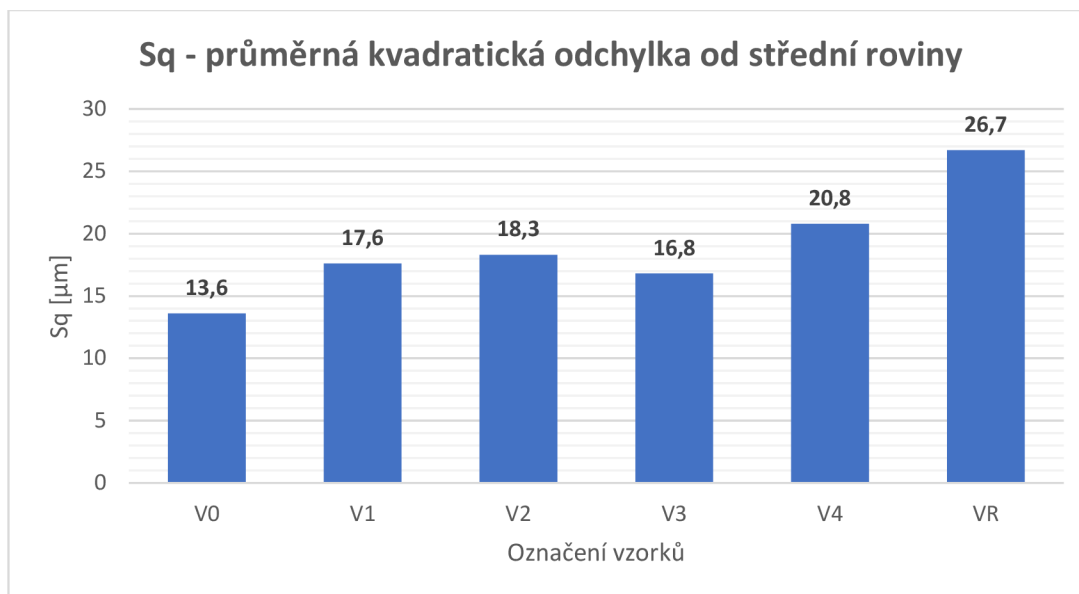
Parametr	Popis parametru:	Výsledky měření jednotlivých vzorků					
		V ₀	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V _R
S_q	<i>Průměrná kvadratická odchylka od střední roviny</i>	13.6 μm	17.6 μm	18.3 μm	16.8 μm	20.8 μm	26.7 μm
S_{sk}	<i>Koeficient šikmosti</i>	-0.071	0.364	0.458	0.269	-21.6	1.98
S_{ku}	<i>Koeficient špičatosti</i>	3.36	7.57	9.73	6.3	2789	187
S_p	<i>Výška nejvyššího výstupku od střední roviny</i>	180 μm	395 μm	470 μm	274 μm	421 μm	683 μm
S_v	<i>Hloubka nejhlubší prohlubně od střední roviny</i>	67.6 μm	94.9 μm	111 μm	88.8 μm	2844 μm	1665 μm
S_z	<i>Součet výšky výstupku a hloubky prohlubně</i>	247 μm	490 μm	581 μm	363 μm	3265 μm	2348 μm
S_a	<i>Průměrná aritmetická odchylka od střední roviny</i>	10.8 μm	13.7 μm	14 μm	12.9 μm	13.7 μm	16.6 μm

Parametr S_p reprezentuje výšku nejvyššího výstupku od středu roviny. Pozorováním změny této hodnoty u zkoumaných vzorků, lze zaznamenat stoupající rozvláknění povrchu u vzorku V_1 a V_2 , v porovnání se vzorkem V_0 . U vzorku V_3 je hodnota S_p nižší, za předpokladu úbytku vláken, který je způsoben vyšším počtem pracích cyklů. U vzorku V_2 došlo ke zkreslení výsledků z důvodu skenování v místě ostrého odvázaní osnovních a útkových atlasových vazeb. Hodnota S_p u vzorku V_4 a V_R vykazuje větší variabilitu v porovnání se S_p referenčního vzorku V_0 , kvůli povrchovým nerovnostem. Tento parametr naznačuje přítomnost a výšku žmolků na povrchu tkanin. Hodnoty S_p jsou znázorněny na Grafu 1.



Graf 1: Grafické znázornění hodnoty S_p

Parametr S_q vyjadřuje průměrnou odchylku výšek povrchových nerovností od střední roviny povrchu. Stejně jako parametr S_p , S_q může sloužit k popisu a hodnocení zkoumaných povrchů. Hodnoty S_q jsou znázorněny na Grafu 2.



Graf 2: Grafické znázornění hodnoty S_q

Rozsah hodnot S_q mezi různými vzorky poukazuje na variabilitu v textuře a možnou žmolkovitost textilií. Vyšší hodnoty S_q u vzorku V_4 a vzorku V_R naznačují větší drsnost povrchu textilie. To může být indikátorem vyššího stupně žmolkovitosti, protože větší a výraznější nerovnosti na povrchu mohou být výsledkem přítomnosti žmolků, nebo tendence materiálu ke žmolkování. Naopak, nižší hodnoty S_q u referenčního vzorku V_0 , naznačují hladší povrch textilie s menšími nerovnostmi. V tomto kontextu nižší hodnoty parametru S_q ukazují buď obecně nižší stupeň žmolkovitosti, nebo jejich absenci na povrchu zkoumaných vzorků – v daném případě míru rozvláknění.

6 Závěr

Praktický přínos této bakalářské práce spočívá v prokázání žmolkovitosti textilií s využitím objektivní obrazové analýzy. Tento přístup nabízí potenciální výhody pro menší textilní podniky.

Daný experiment prokázal, že metodou objektivního hodnocení lze poskytnout neutrální základ pro posouzení. Využití v praxi spočívá v reklamačním oddělení, reklamace mohou být vyřízeny spravedlivě, na základě faktických důkazů – metodologie měření žmolkovitosti za použití přístroje Talysurf přináší přesnější výsledky, ve srovnání s tradičními subjektivními metodami hodnocení žmolkovitosti, které mohou být zkresleny subjektivitou hodnotitele. Uvedená technika měření s využitím profilometru Talysurf je charakterizována jako bezkontaktní, což minimalizuje riziko náhodného poškození zkoumaného povrchu textilie v důsledku kontaktu, na rozdíl od kontaktních měřících metod.

Experiment simulací běžného používání ložního povlečení, který byl proveden za pomoci laboratorní pračky Quickwash, může poskytnout cenné informace o tom, jak se daný textilní výrobek chová v realitě, při obvyklé údržbě. Zařízení Quickwash umožňuje získat výsledky za kratší čas, a s nižší spotřebou vody i elektřiny, v porovnání s běžnou pračkou.

Metoda objektivní obrazové analýzy žmolkovitosti může být užitečná k dalšímu výzkumu této vlastnosti textilních materiálů na KHT, sepsána metoda může sloužit jako příručka k provedení analogického experimentu v rámci podobného zkoumání žmolkovitosti.

Závěrem lze říci, že firma Lejaan bere reklamace svých zákazníků vážně, a je odhodlána udržet vysoký standard kvality svých produktů. Prostřednictvím transparentní komunikace, ale i neustálého zdokonalování svých výrobků, si firma klade za cíl zachovat důvěru svých zákazníků, a zajistit jejich spokojenost s produkty. Provedené experimenty, objektivní hodnocení i jejich výsledky, poskytují liberecké firmě jasný pohled na skutečnou příčinu nežádoucí žmolkovitosti.

Seznam použité literatury

- [1] GINTIS, Daniel a MEAD, Edward. The Mechanism of Pilling. Online. *Textile Research Journal*. 1959, roč. 29, č. 7, s. 578-585. ISSN 0040-5175. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/004051755902900709>. [cit. 2024-03-20].
- [2] KABÁTEK, Michal. *Hodnocení žmolkovitosti na základě 3D rekonstrukce obrazu textilií s využitím gradientních polí*. Diplomová práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013.
- [3] STANĚK, Jaroslav. *Nauka o textilních materiálech*. Sv. 1., Část 4. Vlastnosti délkových a plošných textilií. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1988
- [4] SZEINEROVÁ, Lenka. *Hodnocení procesu žmolkování textilií s využitím opticky zjasňujícího prostředku*. Diplomová práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014.
- [5] KIRON, Mazharul Islam. *Mechanism and Factors Affecting the Pill Formation on Fabric*. Online. Textile Learner: One stop solution for textiles. 2021. Dostupné z: <https://textilelearner.net/mechanism-and-factors-pill-formation-on-fabric/>. [cit. 2024-03-22]
- [6] MALÍNKOVÁ, Aneta. *Objektivní hodnocení žmolkovitosti s využitím obrazové analýzy*. Diplomová práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2011. Dostupné také z: <https://dspace.tul.cz/handle/15240/11178>. [cit. 2024-04-03].
- [7] SCHINDLER, W.D. a HAUSER, P.J., 2004. Anti-pilling finishes. In: W.D. SCHINDLER a P.J. HAUSER, ed. *Chemical Finishing of Textiles*. Woodhead Publishing Series in Textiles. Cambridge: Woodhead Publishing, s. 129-137. ISBN 978-1-85573-905-5. Dostupné z: <https://doi.org/10.1533/9781845690373.129>. [cit. 2024-03-22]
- [8] *What is Martindale?* Online. Grupo Adi. 2024. Dostupné z: <https://www.adigrupo.com/fr/instrumentos-en-fr/que-es-un-martindale/>. [cit. 2024-03-25].
- [9] *Žmolkovitost na přístroje Martindale*. Online. TZÚ. 2024. Dostupné z: <https://www.tzu.cz/zmolkovitost-na-pristroji-martindale>. [cit. 2024-04-25].
- [10] ČSN EN ISO 12945-2. *Textilie – Zjišťování sklonu plošných textilií k rozvláknění povrchu a ke žmolkování: Část 2: Modifikovaná metoda Martindale*. Praha: Český normalizační institut, 2021

- [11] ČSN 80 0838. Zjišťování odolnosti plošných textilií proti žmolkování na komorovém žmolkovacím přístroji. Praha: Vydavatelství ÚMN, 1976
- [12] *Random Tumble Pilling Tester | Textile Testing Products | SDL ATLAS*. Online. SDL ATLAS | Textile Testing Products. 2024. Dostupné z: <https://sdlatlas.com/products/random-tumble-pilling-tester#product-details>. [cit. 2024-04-15].
- [13] *Žmolkovitost na přístroje ICI*. Online. TZÚ. 2024. Dostupné z: <https://www.tzu.cz/zmolkovitost-na-pristroji-ici>. [cit. 2024-03-25].
- [14] *RotaPill | Textile Testing Products*. Online. SDL ATLAS | Textile Testing Products. 2024. Dostupné z: <https://sdlatlas.com/products/rotapill-pilling-snagging-tester#product-details>. [cit. 2024-04-03].
- [15] ČSN EN ISO 12945-4. Textilie – Zjišťování sklonu plošných textilií k rozvláknění povrchu a ke žmolkování: Část 4: Vizuální hodnocení žmolkování, rozvláknění nebo viditelných změn povrchu. Praha: Český normalizační institut, 2021
- [16] XIN, Binjie; HU, Jinlian a YAN, Haojin. Objective Evaluation of Fabric Pilling Using Image Analysis Techniques. Online. *Textile Research Journal*. 2002, roč. 72, č. 12, s. 1057-1064. ISSN 0040-5175. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/004051750207201204>. [cit. 2024-04-03].
- [17] TECHNIKOVÁ, Lenka. *Objektivní systém hodnocení žmolkovitosti s využitím metody gradientních polí a prostorové analýzy dat*. Disertační práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015.
- [18] *Ložnice | Povlečení | Old Memories | Lejaan*. Online. LEJAAN | Minimalistické povlečení prémiové kvality. 2024. Dostupné z: <https://www.lejaan.cz/kolekce/old-memories-10>. [cit. 2024-04-10].
- [19] ČSN EN ISO 6330. Textilie – Domácí praní a sušení postupy pro testování textilních materiálů. Praha: Český normalizační institut, 2022
- [20] SDC Enterprises Limited. QuickWash Brochure [online]. 2023 [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: https://sdlatlas.com/public/content/product_brochures/QuickWash%20Brochure_0823_High.pdf

- [21] ZDEŇKOVÁ, Michaela. *Co vypere lépe: prací prášek, gel nebo tablety?* Online. Zboží.cz - tisíce obchodu na jednom místě s možností srovnání cen. 2023. Dostupné z: <https://www.zbozi.cz/magazin/c/praci-prasek-gel-nebo-tablety/>. [cit. 2024-04-13].
- [22] KUČEROVÁ, Simona. *Vliv malých domácích spotřebičů na ekonomiku solárních systémů*. Diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2012.
- [23] TAYLOR HOBSON PRECISION. *Talysurf CLI 500: Operator's Handbook*. Revision 13. Leicester, 2009.
- [24] MACHÁČ, Jiří. *Hodnocení drsnosti povrchu 2D a 3D metodou*. Online, Bakalářská práce. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2010. Dostupné z: <https://core.ac.uk/reader/8984250>. [cit. 2024-04-03].

Seznam obrázků

Obrázek 1: Jednotlivé fáze žmolkování podle Stanka [3].....	12
Obrázek 2: Přístroj Martindale [8].....	17
Obrázek 3: Etalony pro přístroj Martindale [9].....	19
Obrázek 4: Komorový žmolkovací přístroj [12].....	20
Obrázek 5: Žmolkovací přístroj ICI [14].....	21
Obrázek 6: Šicí stroj Janome	26
Obrázek 7: Vzorek V_R : detailní pohled	27
Obrázek 8: Vzorek V_0 : detailní pohled	27
Obrázek 9: Popis hlavních částí Quickwash M222QW a přídatného vybavení.	28
Obrázek 10: Doplnková tkanina pro praní	33
Obrázek 11: Hlavní menu	34
Obrázek 12: Výběr programu pracího cyklu.....	34
Obrázek 13: Nastavení parametrů pracího cyklu.....	35
Obrázek 14: Nastavení dávkování pracího detergentu.....	35
Obrázek 15: Umístění vzorků do komůrek pracího bubnu pračky.....	36
Obrázek 16: Spuštěný prací cyklus	36
Obrázek 19: Vzorek V_1 po 5 pracích cyklech: detailní pohled.....	38
Obrázek 20: Vzorek V_2 po 10 pracích cyklech: detailní pohled.....	38
Obrázek 21: Vzorek V_3 po 20 pracích cyklech: detailní pohled.....	38
Obrázek 22: Kartáč s tuhými syntetickými štětiniami.....	39
Obrázek 21: Vzorek V_4 po 10 pracích cyklech + mechanické poškození kartáčem a následné praní 1 pracím cyklem: vlevo je celkový pohled, vpravo je detailní pohled	41
Obrázek 22: Vzorek V_5 po vyprání 1 pracím cyklem se suchým zipem + 3 pracích cyklech: vlevo je celkový pohled, vpravo je detailní pohled	41
Obrázek 23: Vzorek V_6 vypraný v domácí pračce s ložním povlečením: vlevo je celkový pohled, vpravo je detailní pohled.....	41
Obrázek 24: Měřicí sestava Talysurf CLI 500 (včetně PC a řídicí jednotky).....	42
Obrázek 25: Princip laserového snímače [24].....	43
Obrázek 26: Plastový rámeček	44

Obrázek 27: Řídicí jednotka Keyence – vypínač.....	44
Obrázek 28: Řídicí jednotka Keyence – zapnutí přenosu dat.....	45
Obrázek 29: Ikona programu Talysurf CLI 500 na ploše PC	45
Obrázek 30: Úvodní obrazovka programu Talysurf CLI 500.....	46
Obrázek 31: Úvodní obrazovka programu Talysurf CLI 500.....	47
Obrázek 32: Obrazovka programu Talysurf CLI 500 - nastavení měření I.....	48
Obrázek 33: Obrazovka programu Talysurf CLI 500 - nastavení měření II.....	49
Obrázek 34: Promítnutí laserového paprsku na zkušebním vzorku	50
Obrázek 35: Obrazovka programu Talysurf CLI 500 - nastavení měření III.....	50
Obrázek 36: Ovládací panel profilometru Talysurf CLI 500	51
Obrázek 37: Škála nastavení polohy snímací hlavy.....	51
Obrázek 38: Obrazovka programu Talysurf CLI 500 po spuštění měření.....	52
Obrázek 39: Ikona programu Talymap Platinum 5.0	52
Obrázek 40: Úvodní stránka programu Talymap	53
Obrázek 41: Nahrání dat z programu Talysurf do softwaru Talymap I.....	53
Obrázek 42: Nahrání dat z programu Talysurf do softwaru Talymap II.....	54
Obrázek 43: Aplikace funkce Levelling I.....	54
Obrázek 44: Aplikace funkce Levelling II	55
Obrázek 45: Postup aplikace filtru pro oddělení drsnosti povrchu I.....	56
Obrázek 46: Postup aplikace filtru pro oddělení drsnosti povrchu II.....	56
Obrázek 47: Použití příkazu Parametr Table.....	57
Obrázek 48: Ukázka interpretace dat pomocí příkazu Parametr Table I.....	57
Obrázek 49: Ukázka interpretace dat pomocí příkazu Parametr Table II.....	57
Obrázek 50: Profil referenčního vzorku V_0	59
Obrázek 51: Profil vzorku V_1	59
Obrázek 52: Profil vzorku V_2	59
Obrázek 53: Profil vzorku V_3	59
Obrázek 54: Profil vzorku V_4	59
Obrázek 55: Profil reklamovaného vzorku V_R	59

Seznam tabulek

Tabulka 1: Vlastnosti vláken ovlivňující fáze žmolkování [1]	12
Tabulka 2: Kategorie pro hodnocení žmolkovitosti na stroji Martindale [10]	18
Tabulka 3: Stupně hodnocení žmolkovitosti na komorovém žmolkovacím přístroji [11]	20
Tabulka 4: Hodnotící škála rozvláknění povrchu [15]	22
Tabulka 5: Seznam použitých vzorků:	26
Tabulka 6: Parametry pracího cyklu:	32
Tabulka 7: Subjektivní vyhodnocení žmolkovitosti po praní.....	37
Tabulka 8: Subjektivní vyhodnocení žmolkovitosti – simulace opotřebení.....	40
Tabulka 9 : Profilové parametry dle ISO 25178.....	60

Seznam grafů:

Graf 1: Grafické znázornění hodnoty S_p	61
Graf 2: Grafické znázornění hodnoty S_q	62

Seznam příloh

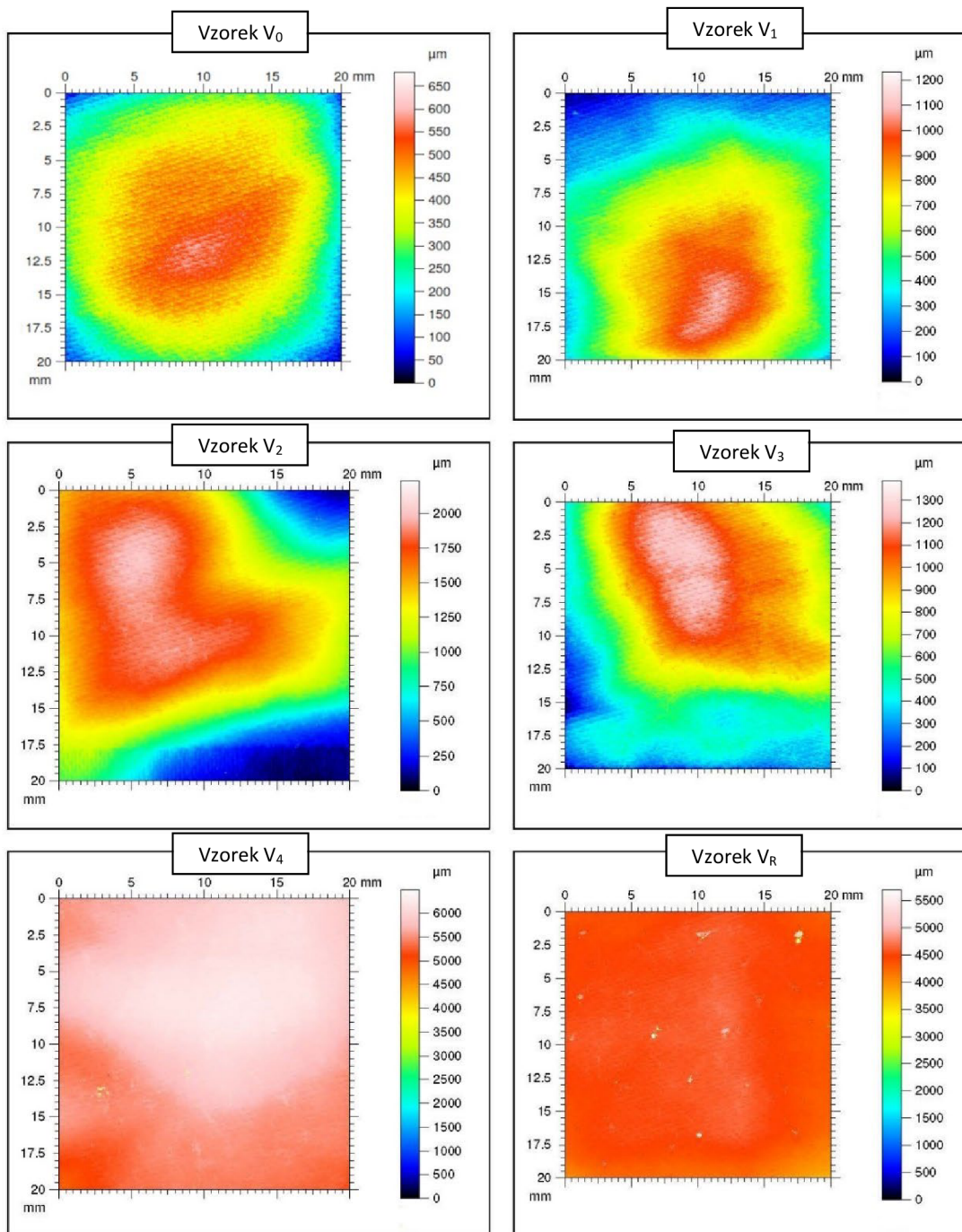
Příloha 1 : Rozpis programů pracích cyklů	72
Příloha 2: Naměřené výsledky ze softwaru Talymap	73
Příloha 3: Metodická příručka vyhodnocení žmolkovitosti obrazovou analýzou pomocí přístroje Talysurf a softwaru Talymap	78
Příloha 4 : Brožura k metodické příručce vyhodnocení žmolkovitosti obrazovou analýzou pomocí přístroje Talysurf a softwaru Talymap	79

Quickwash Plus System Programs

Program	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Purpose of test	Complies with AATCC 187-2000				Correlation with ISO 6330				
	Correlation with AATCC 135								
	Five or Four Chamber Basket				Five or Four Chamber Basket				
Fabric Type	Knitted and Woven				Knitted		Woven		
Fabric Weight g/m	up to 200	up to 339	340+	up to 300	up to 160	161 to 299	300+	up to 150	151-299
Wash Cycles	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Agitation Time (min/sec)	2.45	2.45	2.45	2.45	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Rinse Cycles	1	2	3	1	1	1	1	1	1
Agitation Time (min/sec)	0.45	0.45	1.00	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Spin Time (sec)	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Drying Time (min)	4.00	5.00	6.00	5.00	4.00	5.00	6.00	4.00	5.00
High Pressure (Bar)	4.00	4.00	4.00	4.00	3.50	4.00	4.50	3.50	4.00
Medium Pressure (Bar)	3.50	3.50	3.50	3.50	3.00	3.50	4.00	3.00	3.50
Low Pressure (Bar)	3.00	3.00	3.00	3.00	2.50	3.00	3.50	2.50	3.00
Water Temperature (°C)	60	60	60	40	60	60	60	60	60
Water Temperature (°F)	140	140	140	104	140	140	140	140	140
Air Temperature (°C)	150	150	150	150	95	95	95	95	95
Air Temperature (°F)	300	300	300	300	200	200	200	200	200
Sample Size Square	7.5"	7.5"	6.0"	7.5"	25 cm x 25 cm				7.5"
Bench Marks	5.0"	5.0"	5.0"	5.0"	18 cm x 18 cm				5.0"
Water Level (liters)	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Water Level (US Gal)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

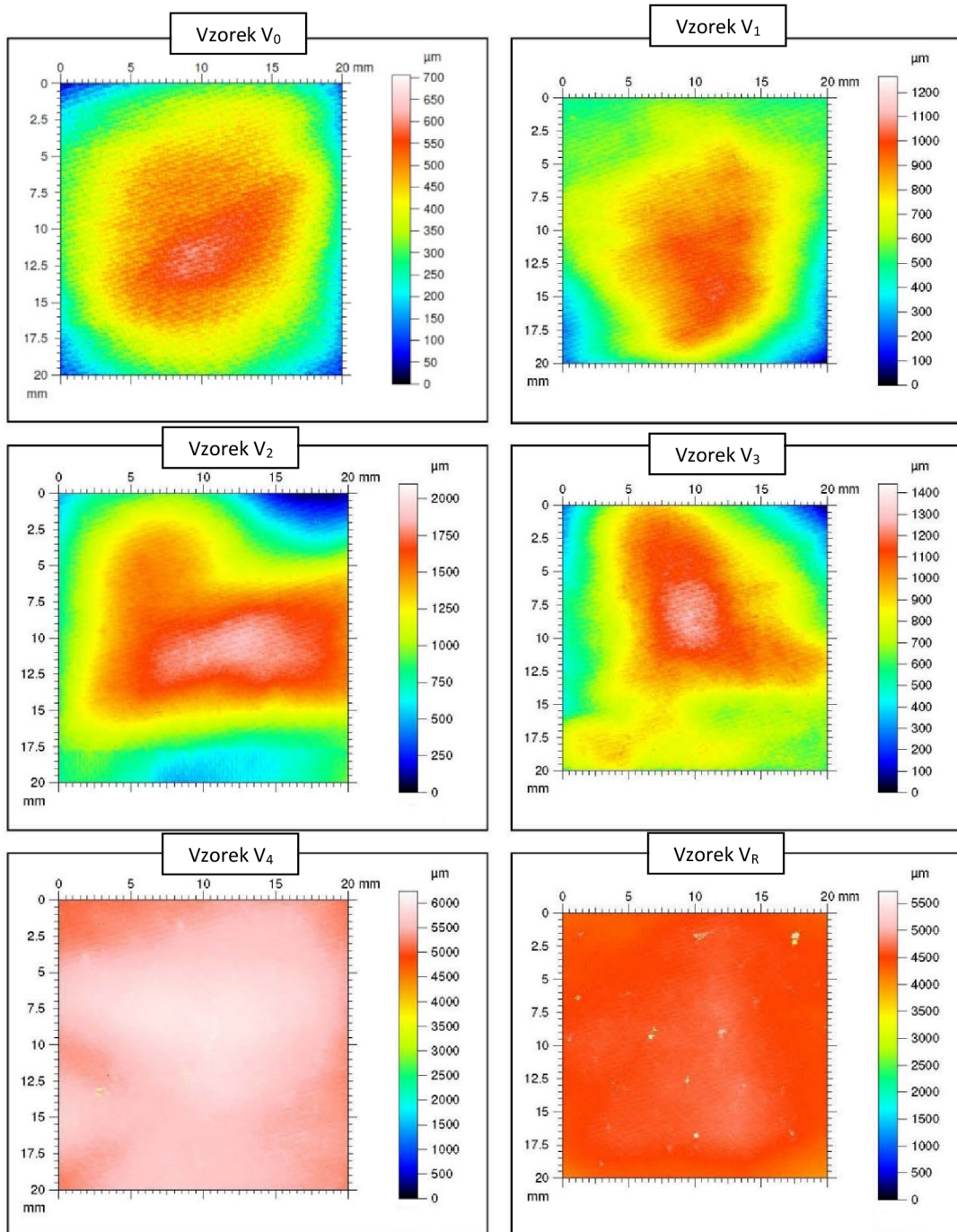
Příloha 2: Naměřené výsledky ze softwaru TalyMap

Profily vzorků V₀, V₁, V₂, V₃, V₄, V_R před aplikaci filtru Levelling a filtru Filtering -> Waviness and Roughness:



TalyMap Platinum 5.0.3.5045

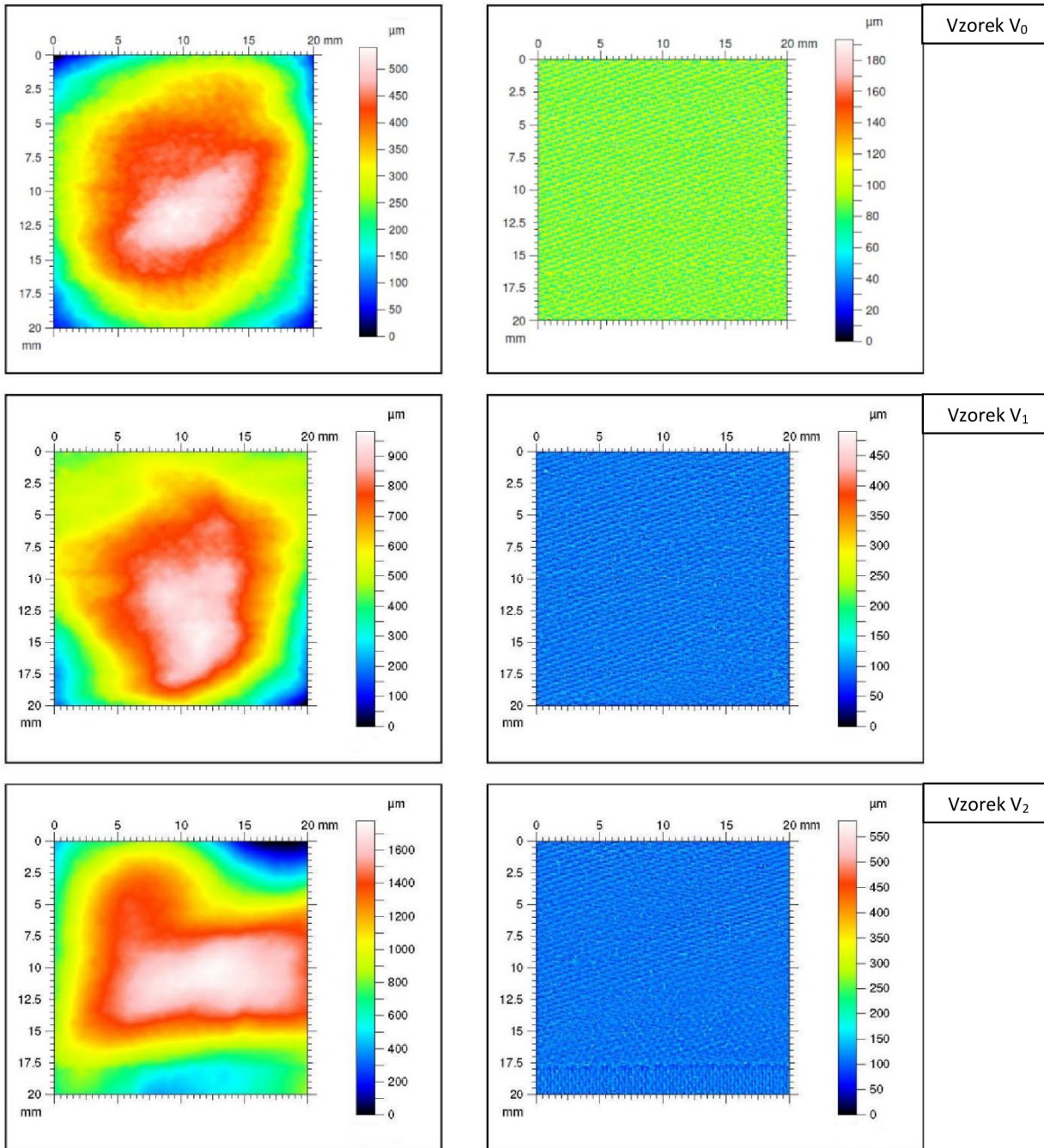
Profily vzorků V₀, V₁, V₂, V₃, V₄, V_R po aplikaci filtru Levelling:



TalyMap Platinum 5.0.3.5045

Profily vlnitosti a drsnosti vzorků V₀, V₁, V₂ po aplikaci filtru Levelling a filtru Filtering ->

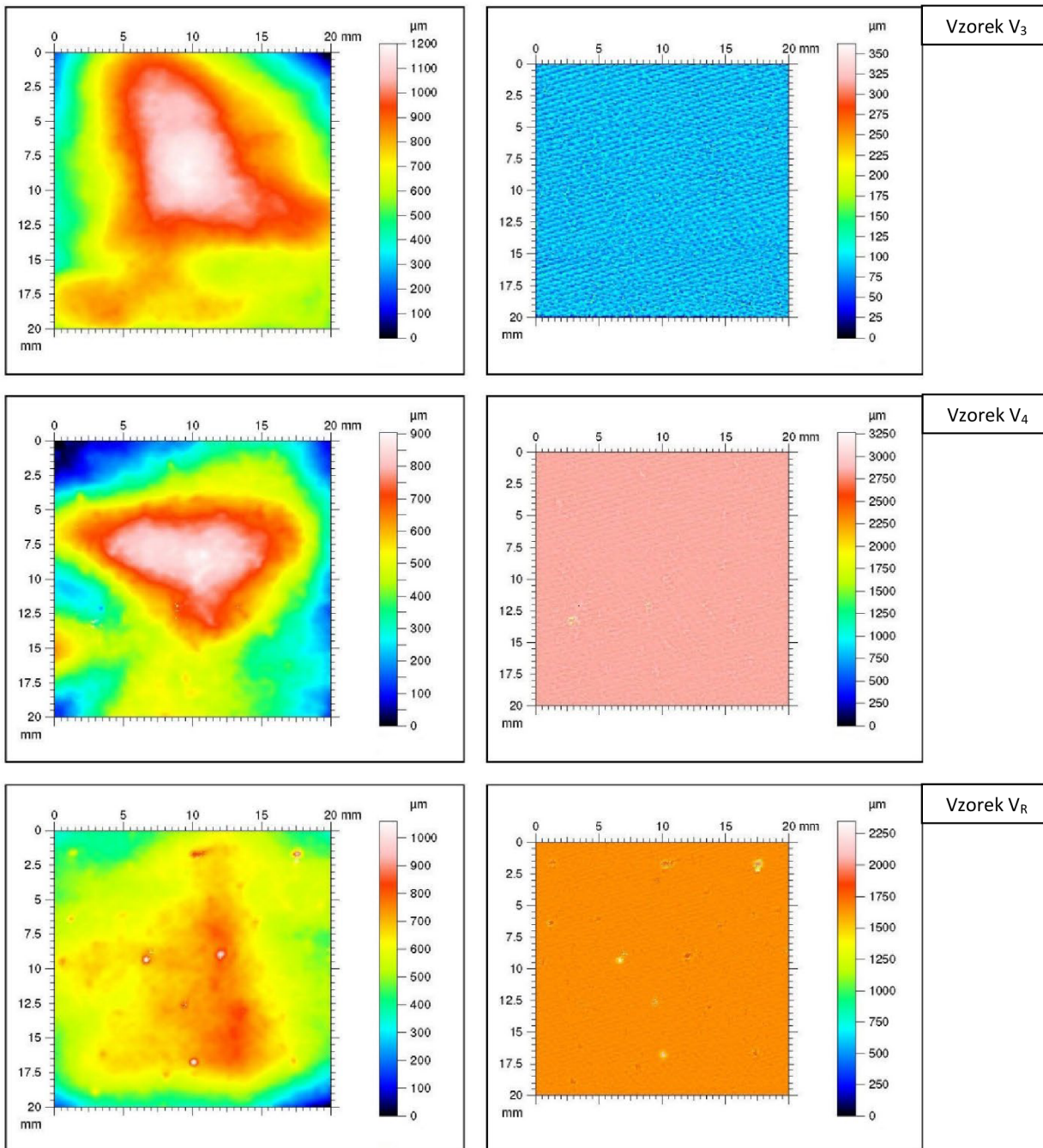
Waviness and Roughness:



TalyMap Platinum 5.0.3.5045

Profily vlnitosti a drsnosti vzorků V₃, V₄, V_R po aplikaci filtru Levelling a filtru Filtering ->

Waviness and Roughness:



TalyMap Platinum 5.0.3.5045

Tabulky amplitudových parametrů k profilům drsnosti vzorků V₀, V₁, V₂, V₃, V₄, V_R :

ISO 25178			Vzorek V ₀
Height Parameters			
Sq	13.6	μm	Root mean square height
Ssk	-0.071		Skewness
Sku	3.36		Kurtosis
Sp	180	μm	Maximum peak height
Sv	67.6	μm	Maximum pit height
Sz	247	μm	Maximum height
Sa	10.8	μm	Arithmetic mean height

ISO 25178			Vzorek V ₁
Height Parameters			
Sq	17.6	μm	Root mean square height
Ssk	0.364		Skewness
Sku	7.57		Kurtosis
Sp	395	μm	Maximum peak height
Sv	94.9	μm	Maximum pit height
Sz	490	μm	Maximum height
Sa	13.7	μm	Arithmetic mean height

ISO 25178			Vzorek V ₂
Height Parameters			
Sq	18.3	μm	Root mean square height
Ssk	0.458		Skewness
Sku	9.73		Kurtosis
Sp	470	μm	Maximum peak height
Sv	111	μm	Maximum pit height
Sz	581	μm	Maximum height
Sa	14	μm	Arithmetic mean height

ISO 25178			Vzorek V ₃
Height Parameters			
Sq	16.8	μm	Root mean square height
Ssk	0.269		Skewness
Sku	6.3		Kurtosis
Sp	274	μm	Maximum peak height
Sv	88.8	μm	Maximum pit height
Sz	363	μm	Maximum height
Sa	12.9	μm	Arithmetic mean height

ISO 25178			Vzorek V ₄
Height Parameters			
Sq	20.8	μm	Root mean square height
Ssk	-21.6		Skewness
Sku	2789		Kurtosis
Sp	421	μm	Maximum peak height
Sv	2844	μm	Maximum pit height
Sz	3265	μm	Maximum height
Sa	13.7	μm	Arithmetic mean height

ISO 25178			Vzorek V _R
Height Parameters			
Sq	26.7	μm	Root mean square height
Ssk	1.98		Skewness
Sku	187		Kurtosis
Sp	683	μm	Maximum peak height
Sv	1665	μm	Maximum pit height
Sz	2348	μm	Maximum height
Sa	16.6	μm	Arithmetic mean height

Příloha 3: Metodická příručka vyhodnocení žmolkovitosti obrazovou analýzou pomocí přístroje Talysurf a softwaru Talymap

Příloha 4 : Brožura k metodické příručce vyhodnocení žmolkovitosti obrazovou analýzou pomocí přístroje Talysurf a softwaru Talymap