



Hodnocení vrásnění švů

Diplomová práce

Studijní program: N3106 – Textilní inženýrství
Studijní obor: 3106T017 – Oděvní a textilní technologie
Autor práce: **Bc. Kateřina Rašková**
Vedoucí práce: Ing. Eva Hercíková





Evaluation of seam pucker

Master thesis

Study programme: N3106 – Textile Engineering
Study branch: 3106T017 – Clothing and Textile Engineering
Author: **Bc. Kateřina Rašková**
Supervisor: Ing. Eva Hercíková



Podklad pro zadání DIPLOMOVÉ práce studenta

PŘEDKLÁDÁ:	ADRESA	OSOBNÍ ČÍSLO
Bc. Rašková Kateřina	Hluboká 1195/11, Děčín - Děčín II-Nové Město	T14000047

TÉMA ČESKY:

Hodnocení vrásnění švů

TÉMA ANGLICKY:

Evaluation of seam pucker

VEDOUcí PRÁCE:

Ing. Eva Hercíková - KOD

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Proveďte analýzu současného stavu problematiky vrásnění švů a jejího hodnocení.
2. Na základě vypracované rešerše navrhnete metodiku pro objektivní hodnocení vrásnění švů.
3. Navrhnete experiment pro ověření navrhované metodiky.
4. Vyhodnoťte data z experimentu a formulujte případná další doporučení pro optimalizaci uvedené metodiky.

SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY:

STANĚK, Jaroslav. Nauka o textilních materiálech. 1. vyd. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1988, 151 s.

Raluca, Brad; Eugen, HĂLOIU a Remus, BRAD: SEAM PUCKERING EVALUATION METHOD FOR SEWING PROCESS. Annals of the University of Oradea. Fascicle of Textiles, Leather; 2014, Vol. 15 Issue 1, p23.

Amann & Söhne GmbH & Co. KG: Prevention of seam pucker.

FAN, Jintu, Winnie YU a Lawrance HUNTER. Clothing appearance and fit: science and technology. 1st ed. Cambridge: Woodhead, 2004, xviii, 239 s. ISBN 0-8493-2594-3.

Fan, J. and L. Hunter: Engineering apparel fabrics and garments. 1st ed. Cambridge: Woodhead, 2009, 416s. ISBN 9781845691349, eBook ISBN 9781845696443.

Podpis studenta:

Datum:

Podpis vedoucího práce:

Datum:

Prohlášení

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

Beruna 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 vědoma 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 vypracovala 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: 2.4.2018

Podpis:



Viz příloha 1

Fakulta textilní TU Liberec

Kateřina Rašková

Název práce

2017

Viz. Příloha 2

Originální zadání práce

Prohlášení

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

Beruna 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 vědoma 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 vypracovala 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: 2.4.2018

Podpis:

Poděkování

Ráda bych poděkovala všem, kteří mě při psaní této práce podporovali. Nejprve děkuji vedoucí diplomové práce Ing. Evě Hercíkové za odbornou pomoc, vedení a cenné rady při zpracování této práce. Nemalé poděkování patří i mému konzultantovi Marku Boháčovi za odbornou přípravu při zpracování dat.

Dále děkuji své rodině a blízkým, kteří mi byli velkou oporou nejen při psaní této práce, ale i po celou dobu mého studia.

Anotace

Název diplomové práce: Hodnocení vrásnění švů

Diplomová práce je zaměřená na analýze hodnocení vrásnění švů, jakožto nežádoucího jakostního jevu, která ovlivňuje vzhled švů. Teoretická část práce shrnuje způsoby současného stavu hodnocení této problematiky.

Experimentální část se věnuje nové metodice hodnocení vrásnění švů pomocí triangulačního laserového snímače, která umožňuje detekování vrásnění již při šicím procesu – online. Závěrečným cílem práce bylo navrhnout a doporučit optimální podmínky pro budoucí práci se snímačem při průmyslovém využití.

Annotation

Title of the Master's Thesis: Evaluation of seam puckering

Thesis is focused on analysis of evaluation of seam puckering, as an undesirable quality phenomenon that affects the appearance of seams. The theoretical part summarizes the current state of assessment of this issue.

The experimental part deals with a new method of evaluation of seam puckering using a triangulation laser sensor which allows detection of seam puckering during the sewing process – online. The final aim of the thesis was to design and recommend optimal conditions for future work with the sensor in industrial use.

Klíčová slova

Česky:

Povrch, vrásnění, vrásnění švů, triangulační laserový snímač, Matlab, Metralight, hodnocení

Anglicky:

Surface, pucker, seam puckering, triangulation laser sensor, Matlab, Metralight, evaluation

Obsah

Seznam obrázků.....	9
Seznam rovnic	9
Seznam grafů	4
Seznam obrázků.....	4
Seznam použitých symbolů a zkratek	3
Úvod	12
1 Definice zrásněného švu	14
1.1 Faktory ovlivňující vznik vrásnění švů	14
2 Metody hodnocení vrásnění švů	15
2.1 Subjektivní hodnocení.....	15
2.1.1 Porovnávání vzorku s etalony	15
2.2 Objektivní hodnocení	16
2.2.1 Porovnání délky vzorku před ušitím a po ušití	17
2.2.2 Měření pomocí kontaktního čidla	17
2.2.3 Fotoelektrická metoda.....	17
2.2.4 Hodnocení laserovým skenovacím systémem	18
3 Analýza současného stavu problematiky vrásnění švů a jejího hodnocení ..	19
3.1 Objektivní hodnocení vrásnění švů	19
3.1.1 Kontaktní metody objektivního hodnocení vrásnění švů	19
3.1.2 Bezkontaktní metody objektivního hodnocení vrásnění švů	20
4 Optické senzory pro měření vzdáleností	27
4.1 Princip laserových snímačů vzdálenosti s triangulačním principem měření	28
4.2 Senzor TLE1	31
4.2.1 Parametry senzoru.....	32
4.2.2 Uživatelské parametry	33
4.3 Bezpečnost práce s lasery.....	34
4.3.1 Rozdělení laserů podle nebezpečí účinku jejich záření	35

5	Bezkontaktní metoda objektivního hodnocení pomocí snímače TLE1	36
5.1	Vytvoření vzorků pro experiment	36
5.1.1	Příprava zkušebních vzorků	36
5.1.2	Zpracování zkušebních vzorků	37
5.2	Doporučené uspořádání snímacího zařízení.....	37
5.3	Software	38
5.3.1	Aplikace TL Studio.....	38
5.3.2	Programové prostředí MATLAB R2017a	39
6	Experimentální ověření metody	41
6.1	Průběh experimentu	41
6.1.1	Průběh měření vzorků zhotovených dle fotoetalonu	41
6.1.2	Hodnocení vrásnění pomocí laserového snímače TLE1	45
6.1.3	Hodnocení vrásnění na referenčních vzorcích.....	48
6.1.4	Testování metody na různorodých vzorcích.....	53
7	Vyhodnocení a doporučení pro další vývoj	56
8	Závěr.....	58

Seznam obrázků

Obr 1 - referenční švy pro hodnocení vrásnění švů.....	16
Obr 2 – schéma vzdělávacích a zkušebních stupňů.....	21
Obr 3 - Celá funkce snímače	30
Obr 4 – senzor TLE1-58-122.....	32
Obr 5 - TLE1-58-122 rozměry snímače (mm)	33
Obr 6 – rozměry vzorku.....	37
Obr 7 – Schéma uspořádání snímacího zařízení.....	38
Obr 8 – Ověření IP adresy, složka sensor (TL studio)	42
Obr 9 – nastavení intenzity laseru – složka senzor (TL studio)	48
Obr 10 – 3D graf povrchu materiálu vzorku č. 5.....	49
Obr 11 – Graf směrodatných odchylek vzorku č. 5.....	49
Obr 12 – 3D graf povrchu materiálu vzorku č. 4.....	50
Obr 13 – Graf směrodatných odchylek vzorku č. 4.....	50
Obr 14 – 3D graf povrchu materiálu vzorku č. 3.....	51
Obr 15 – Graf směrodatných odchylek vzorku č. 3.....	51
Obr 16 – 3D graf povrchu materiálu vzorku č. 2.....	52
Obr 17 – Graf směrodatných odchylek vzorku č. 2.....	52
Obr 18 – 3D graf povrchu materiálu vzorku č. 1.....	53
Obr 19 – Graf směrodatných odchylek vzorku č. 1.....	53
Obr 20 – 3D graf povrchu pleteniny FKCG024.....	54
Obr 21 – profil (distance) pleteniny FKCG024.....	55
Obr 22 – 3D graf povrchu materiálu FWCH025 - šum.....	55
Obr 23 - profil (distance) tkaniny FWCH025	56

Seznam rovnic

(Rovnice 1)	17
(Rovnice 2)	18
(Rovnice 3)	25
(Rovnice 4)	25
(Rovnice 5)	25

(Rovnice 6)	26
(Rovnice 7)	43
(Rovnice 8)	44
(Rovnice 9)	44

Seznam grafů

Graf 1 – nejintenzivnější zvrásnění	43
---	----

Seznam obrázků

Zdrojový kód 1 – nastavení hranice pro změnu barvy dle směrodatné odchylky	46
Zdrojový kód 2 – nastavení barevného odlišení jednotlivých směrodatných odchylek.....	46
Zdrojový kód 3 – varianta filtru 1	47

Seznam použitých symbolů a zkratek

σ^2		Variabilita
Δl		Koeficient zvrásnění
a		Intenzita odraženého světla zvrásněným povrchem
A/D		Analog to digital convertor (též ADC)
AATCC		American Association of Textile Chemists and Colorists
b		Intenzita odraženého světla hladkým povrchem
CCD		Charge-coupled device
CMOS		Complementary Metal Oxid Semiconductor
DSP		Digitální signálový procesor
DWR		Durable water repelent – vodoodpudivá úprava
EEPROM		Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory, paměť umožňující mazání elektrickým pulzem
FFT		Fast Fourier Transform
FIFT		Forschungsinstitut für Textiltechnologie Chemnitz GmbH Germany
Jcm ⁻²		joul na centimetr čtvereční
K		Špičatost (též kurtóza)
l		Délka vzorku před ušitím
LED dioda		Svítivá dioda
l _s		Délka vzorku po ušití
MATLAB		Matrix laboratory – „maticová laboratoř“
mW		miliwatt
N		Počet měřených bodů
nm		nanometr
PIN dioda		Speciální dioda, která má uprostřed intrinickou regulaci
PLC		Programmable Logic Controller – programovatelné automaty
PoE		Power over Ethernet – způsob přenosu přes ethernetové rozhraní
R		Ukazatel zvrásnění švu
R _a		Průměrný posun z průměrné velikosti
S		Šikmé rozložené výšky profilu vrásnění
SAWTRI		South African Wool and Textile Research Institute
SPMS		Computer-based Seam Pucker Measurement System
TCP		Transmission Control Protocol

UDP		User Datagram Protocol
W		watt
Wcm ⁻²		watt na centimetr čtvereční
WR		Water repellency
Z(i)		Výška i-tého měření

Úvod

Stále se zvyšující dynamičnost textilní výroby, neustálá změna módních trendů, vývoj strojní techniky, zvyšující se nároky zákazníků a tím i zvyšující se nároky na kvalitu výroby, to všechno (a více) zapříčinilo nutnost udržet pod kontrolou aspekty, které ovlivňují kvalitu a to od počátečního návrhu, přes výrobní proces, až po kontrolu a údržbu výrobku. K hodnocení ve spojovacím procesu je důležité zaměřením se na výsledný vzhled a výkon samotného spojovacího procesu. Důležitým faktorem se stává šitý i šicí materiál, kde je potřeba zvážit jejich charakteristické vlastnosti, které ovlivňují vzájemnou interakci, a to během spojovacího a tvarovacího procesu, ale i při uživatelském využití – nošení, údržba (kompatibilita šicího a šitého materiálu ovlivní kvalitu výrobku, v opačném případě je výrobek nějakým způsobem poškozen a spojovací proces se nekontrolovatelně přeruší). Při spojovacím procesu se 2 – 6x kontroluje kvalita výrobku. Kontrolou se předchází tvorbě vad, příp. se zajistí jejich klasifikace, a pokud je to možné, opraví se.

Tato diplomová práce se zabývá problémem vrásnění švů, především detekováním takovéto vady již při výrobním procesu tak, aby se zamezilo vzniku a výrobě zmetků, tj. nejakostních produktů.

Cílem teoretické části je seznámit čtenáře s problematikou vrásnění švů a jejím hodnocením. V první kapitole si vysvětlíme základní definice jako je šev, zvrásněný šev a dále faktory, které ovlivňují vznik zvrásněných švů. V druhé kapitole se dozvíme o dvou základních metodách hodnocení vrásnění švů – subjektivní metoda, kdy jsou porovnávány vzorky s etalony a objektivní metoda, která zahrnuje hodnocení založené na porovnávání délky vzorku před a po ušití. Následuje metoda měření pomocí kontaktního čidla, dále se seznámíme s fotoelektrickou metodou a v neposlední řadě s bezkontaktní metodou hodnocení laserovým skenovacím zařízením. Třetí kapitola se zabývá analýzou současného stavu problematiky hodnocení vrásnění švů. Analýza probíhala na základě důkladného prozkoumání doporučené literatury, zahraničních publikací a článků. Přináší nám pohled na základní příčiny vrásnění švů a na způsoby jejich hodnocení, která se pohybují především v oblasti objektivního hodnocení a jedná se o metody kontaktního a bezkontaktního hodnocení. Čtvrtá kapitola nás zavede mezi

optické senzory měřící vzdálenosti, především se seznámíme s principem laserových snímačů vzdálenosti s triangulačním principem měření. Podrobněji si popíšeme senzor TLE1 – seznámíme se s parametry senzoru i s uživatelskými parametry. Na základě podrobnějšího rozboru optických snímačů se v další části této kapitoly zaměříme na bezpečnost práce s lasery a rozdělení laserů podle bezpečnosti účinku jejich záření.

Cílem experimentální části je navrhnout, vytvořit a odzkoušet novou metodu hodnocení vrásnění švů. V páté kapitole bude představena bezkontaktní metoda objektivního hodnocení pomocí snímače TLE1. V první části kapitoly si popíšeme vytvoření vzorků pro experiment. Vzorky napodobují fotoetalóny – resp. se jedná o vzorky se stupňující se mírou vrásnění. Na zpracování těchto vzorků bude založen návrh systému nové metodiky, která by měla identifikovat vrásnění vzorků při výrobním procesu online. Vzorky budou analyzovány pomocí laserového triangulačního snímače TLE1 a data budou zpracována za pomoci softwaru TL Studio a programového prostředí MATLAB®. V této části se seznámíme s programem pro snímání povrchu s online přenosem a popíšeme si schéma doporučeného uspořádání snímacího zařízení. V šesté kapitole následuje experimentální ověření metody, kde si podrobně popíšeme průběh měření vzorků zhotovených podle fotoetalonu a přejdeme k hodnocení vrásnění pomocí laserového snímače TLE1. V této části probereme i možnosti úpravy naměřených dat pomocí filtrů, které nám pomáhají řešit problémy, tzv. zašumění, v naměřených hodnotách. Dále si ověříme aplikovatelnost metody na referenčních vzorcích, tak i na různorodých vzorcích plošných textilií a to jak tkaných, tak pletených.

Na základě experimentálních výsledků pak budou v sedmé kapitole zpracována doporučení pro praxi – pro průmyslovou výrobu oděvních a textilních produktů a případný další vývoj, kde budou zohledněny zjištěné nedostatky.

1 Definice zvrásněného švu

Šev – místo spojení jedné či více vrstev oděvního materiálu, v němž se nastavuje plocha nebo se spojuje kraj s plochou. Kromě šitých švů mohou být švy lepené, svařované či spojené jiným způsobem. (1)

Zvrásněný šev – zvrásněním se rozumí lokální deformace ve formě nerovnosti (zvlnění) materiálu vedle švu vzniklá šitím – zvlnění jedné nebo více vrstev materiálu. Pro vrásnění je charakteristické zkrácení jedné nebo obou vrstev šitého materiálu.

V některých případech vzniká vrásnění (deformace švu) až po ušití. Toto vrásnění se projevuje hlavně u materiálů s nízkou plošnou hmotností, s hustou dostavou, s hladkým povrchem, obzvláště u materiálu, které obsahují nekonečná syntetická vlákna.

Vrásnění švů se často projevuje v průběhu nošení oděvu, za určitou dobu nebo po vyprání oděvu, navlhnutí, apod.

Vrásnění švů je považováno za jednu z nejzávažnějších vad pro další zpracování (úplné odstranění této vady při žehlení je téměř nemožné, i proto je důležité klasifikování vrásnění, na druhé straně i slabý defekt může být ještě zákazníkem tolerovan). (2)

1.1 Faktory ovlivňující vznik vrásnění švů

Zvrásněný šev je dále popsán jako diferenciální smrštění, které vzniká v linii švu a je způsobeno nestabilitou švu důsledkem nesprávného výběru šicího a šitého materiálu, či nesprávným zvolením parametrů pro jejich spojování (např. vysoké napětí vede k protažení nití, což vede k jejich elastické deformaci – po šití se snaží vrátit do původní délky, to vede ke zmenšení stehů a následnému zvrásnění švu). Mezi další faktory patří stabilita příze (při praní a žehlení), hustota tkaniny či její struktura. Za účelem snížení vrásnění švů se upravuje nastavení šicího stroje, které musí být v mnoha případech variabilní pro různé druhy materiálů – podávací mechanismus, přítlačný mechanismus, napětí nitě či správný výběr jehly. (2)

a. Vliv šitého materiálu na vrásnění švu:

Zahrnuje především vlastnosti dostavy, materiálového složení materiálu, hustoty a vazby tkaniny, speciálních úprav materiálu, roztažnosti šitého materiálu, rozměrových změn oděvního materiálu (3)

b. Vliv šicího materiálu na vrásnění švu:

Zahrnuje především materiálové složení šicí nitě, její konstrukci, jemnost či pružnost. (3)

c. Vliv mechanismů šicího stroje na vrásnění švů:

Zahrnuje směr šití a šicí jehlu, mechanismus posuvu šitého materiálu, vliv přítlačné patky, velikost otvoru ve stehové desce či napětí nitě.

Mezi další vlivy ovlivňující vznik vrásnění švů potom patří délka a konstrukce strojového stehu, rozdílná délka sešíváných ploch dílů, rychlost šití, nevhodná příprava a v neposlední řadě lidský faktor – obsluha šicího stroje. (3)

2 Metody hodnocení vrásnění švů

Hodnocení vrásnění švů se dělí do dvou základních skupin a to na subjektivní a objektivní hodnocení, obě skupiny nabízí hodnocení pro již zvrásněný povrch, tj. analýzu po vzniku vady.

2.1 Subjektivní hodnocení

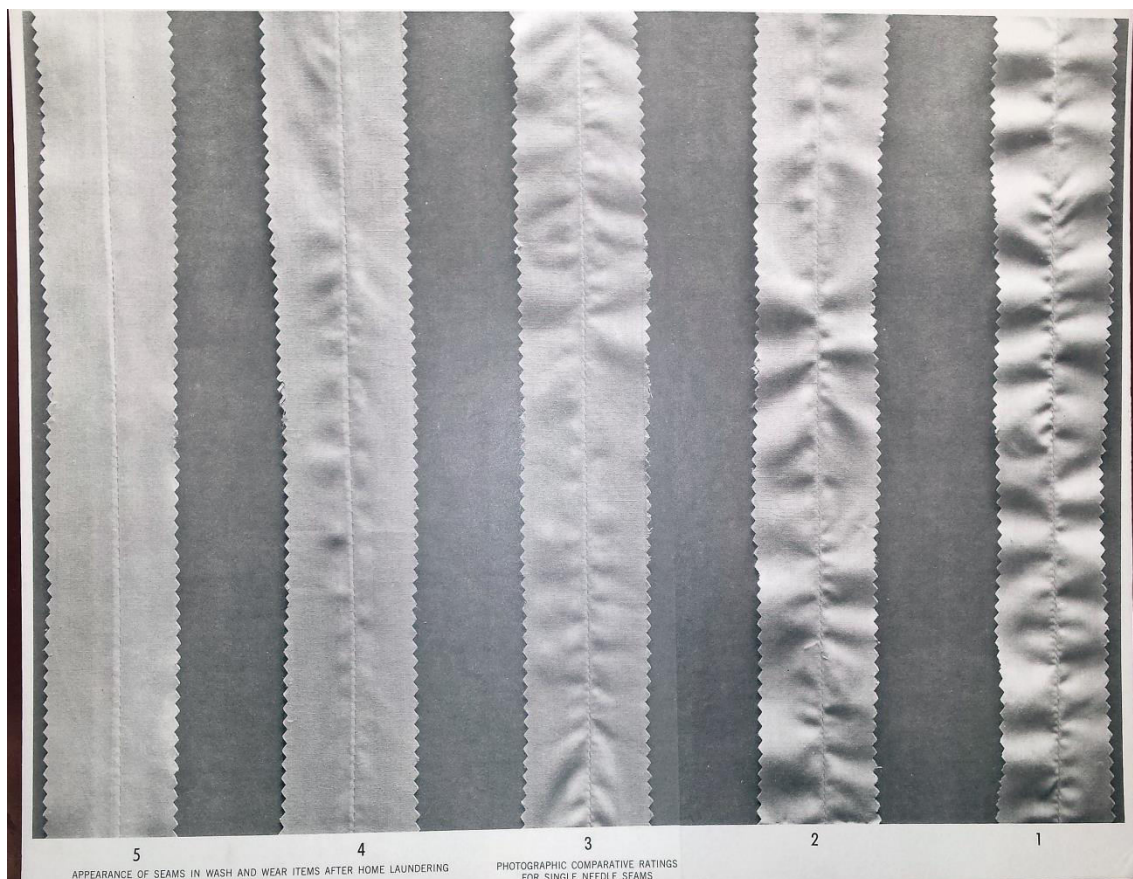
Subjektivní metody (smyslové neboli senzorycké zkoušky) jsou založeny na posuzování znaků jakosti zboží smysly subjektu – tj. člověka a to zrakem, čichem, chutí, hmatem a sluchem. (4)

Různí posuzovatelé mají rozdílnou citlivost a jiné rozlišovací schopnosti a z tohoto důvodu nelze při subjektivním hodnocení (smyslových zkouškách) zajistit opakovatelnost výsledků zkoušek u stejných výrobců jinými osobami. Tyto zkoušky jsou však rychlé, pohotové, zpravidla nenáročné na zkušební zařízení a odpovídají skutečným podmínkám. (4)

2.1.1 Porovnávání vzorku s etalony

Vizuální hodnocení (posouzení) vzhledu švů provádí odborníci porovnáním švů s fotografickými standardy za standardních podmínek. Pro hodnocení byla navržena řada standardů a dnes je nejčastěji používán standard AATCC 88B (viz. obr. 1).

Podle metody AATCC se vzhled švů rozděluje na pět stupňů: stupeň 1 se týká nejhorší tkaniny, která je silně vlnitá a stupeň 5 se týká hladké tkaniny s malým vrásněním nebo bez vrásnění vůbec. Obr. 1 znázorňuje fotografii referenčních vzorků švů z AATCC. Vzorky jsou šité podle standardních postupů a vzhled švů je porovnáván se standardními referenčními vzorky. Třída tkaniny je třída referenční vzorky, která se nejvíce shoduje s vzorkem vzorků tkaniny.



Obr 1 - referenční švy pro hodnocení vrásnění švů

Metoda subjektivního hodnocení popsaná výše, ačkoli je jednoduchá a snadno proveditelná, má nedostatky, jako je subjektivita, předsudek člověka vůči určité barvě nebo vzoru, vyšší časová náročnost pro hodnocení, nesoulad mezi soudci a nezbytná potřeba tréninku. Hodnocení založené na subjektivní technice tedy není spolehlivé. (5)

2.2 Objektivní hodnocení

Při objektivních metodách hodnocení se používají měřicí přístroje a normalizované postupy zjišťování, pomocí nichž je možno dosáhnout opakovatelnosti výsledků. Výsledky se vyjadřují nejčastěji číselnými hodnotami. Objektivní metody

nazýváme laboratorní zkoušky, neboť vyžadují laboratorní zařízení. Podle svého principu se dělí na chemické (např. vážkové analýzy), fyzikální (např. mechanické zkoušky), fyzikálně chemické (např. kolorimetrie), biologické, mikrobiologické, aj. (4)

Mezi přednosti objektivních metod patří především přesnost a opakovatelnost. Nevýhodou (ve srovnání se subjektivními metodami) je zejména jejich náročnost na vybavení (laboratoře, přístroje atd.) a odbornou kvalifikaci pracovníků. Význam objektivních metod pro obchodní praxi je sice bezprostředně menší, než je tomu u subjektivních metod a „rychlouzkoušek“, avšak pro celkové hodnocení jakosti je rozhodující. Ve všech případech, kdy není jakost jednoznačně stanovena, provádějí se pomocí objektivních metod kontrolní zkoušky. (4)

2.2.1 Porovnání délky vzorku před ušitím a po ušití

Metoda založená na vyhodnocení poměru délky vzorku před zhotovením švu (před ušitím) po zhotovení švu (po ušití) viz. rovnice 1 (6):

$$\Delta l = \left(\frac{l - l_s}{l} \right) 100 [\%]$$

(Rovnice 1)

Kde: Δl - koeficient zvrásnění

l - délka vzorku před ušitím

l_s - délka vzorku po ušití

2.2.2 Měření pomocí kontaktního čidla

Metoda je realizována pomocí přístroje, který je schopný registrovat povrchovou nerovnost textilního materiálu. Přístroj se skládá z kontaktního čidla, které se pohybuje po zvrásněném povrchu a přesně ho kopíruje. Tento pohyb je převeden na elektrický signál, který je zaznamenán na zapisovacím přístroji. Vznikne tak graf vertikálního výkyvu na dráze čidla. (6)

2.2.3 Fotoelektrická metoda

Metoda založená na světelném odraze plošných textilií. U textilií platí Snellův zákon o odraze světla – úhel dopadu je roven úhlu odrazu, přičemž odrazový paprsek zůstává v rovině určené dopadajícím paprskem a kolmici v místě dopadu. Z toho

vyplývá, že se měří intenzita odraženého světla od textilie podle toho, na které místo paprsek dopadá.

Ve výzkumném oděvním ústavu v Prostějově (dnešní CLEANTEX a.s.) byly dosaženy dobré výsledky měření vrásnění pomocí goniofotometru. Tato metoda je založena na principu, že povrch zvrásněné textilie v porovnání s nezvrásněným povrchem odrazí tím méně světla, čím je zvrásnění větší. Hladký povrch odráží potom světla nejvíce.

Zvrásnění bylo definováno jako poměr intenzity odraženého světla povrchem ku intenzitě odraženého světla hladkým nesešitým povrchem viz. rovnice 2 (6):

$$R = \frac{a}{b}$$

(Rovnice 2)

Kdy: R – ukazatel zvrásnění švu

a – intenzita odraženého světla zvrásněným povrchem

b – intenzita odraženého světla hladkým povrchem

2.2.4 Hodnocení laserovým skenovacím systémem

Laserový skenovací systém byl vyvinut k měření geometrického vrásnění povrchu materiálu. Tento systém se skládá z XY polohy, kontroly, laserového senzoru, zesilovače, A/D konvertoru a procesoru. Všechny softwary a použitá rozhraní pracují pod MS Windows. Zobrazená data jsou uložena do databáze a dále se používají pro obrazovou analýzu. Pro opakovanou přípravu zvrásněných vzorků se používá automatický šicí stroj (bez lidské obsluhy). Naměřené tvary zvrásněných vzorků jsou změněny na číselná data v 3D koordinovaném systému, data jsou posléze transportována do energetického spektra používajícího Fast Fourier Transformation (FFT).

Pro přeměňování zvrásněných vzorků se používá přístroj, jehož hlavní součástí je laser, který osvítí zvrásněný vzorek pod různými úhly. Dopadající paprsek se na vzorku projevuje červenou stopou jako bod na přímce (záleží na nastavení). Osa laserového paprsku představuje prakticky dokonalou přímku. To znamená, že je možné kontrolovat postavení měřených prvků vůči přímce, spojnici dvou bodů v prostoru.

Jedním bodem může být střed stopy laserového paprsku a druhým střed stopy dopadajícího záření. (6)

3 Analýza současného stavu problematiky vrásnění švů a jejího hodnocení

Následující část textu je zaměřena na průběžnou analýzu hodnocení vrásnění švu od poznatků z let 70. po současná řešení a způsoby.

3.1 Objektivní hodnocení vrásnění švů

Během posledních let bylo vynaloženo značné úsilí zaměřené na vývoj objektivní metody hodnocení vrásnění švů.

Techniky pro objektivní charakterizaci vrásnění švů mohou být klasifikovány do dvou hlavních kategorií, a sice "kontaktních" a "bezkontaktních" metod. Většina z nástrojů, pro bezkontaktní metodu, zahrnuje optické metody.

Bezkontaktní hodnocení má výhodu oproti kontaktnímu takovou, že zařízení není v kontaktu s tkaninou a tím nemůže narušovat povrch tkaniny, ale přesto může poskytnout přesné posouzení geometrické drsnosti/nerovnoměrnosti. Bezkontaktní hodnocení zajišťuje vysokou přesnost, dobré rozlišení a vysokou reprodukovatelnost. (7)

3.1.1 Kontaktní metody objektivního hodnocení vrásnění švů

Shiloh (8) používal „*wrinklemeter*“, původně vyvinutý pro detekci a měření mačkovitosti, k vyhodnocení zvrásnění švu a to sledováním křivky obrysu švu.

Měření byla provedena na dvou obrysech křivky, rovnoběžně se švem, ve vzdálenosti 2 mm od šicí nitě a to po obou stranách. První křivka představuje výšku, druhá křivka sklon a třetí zakřivení. Ze zakřivení snadno zjistíme hustotu. (7)

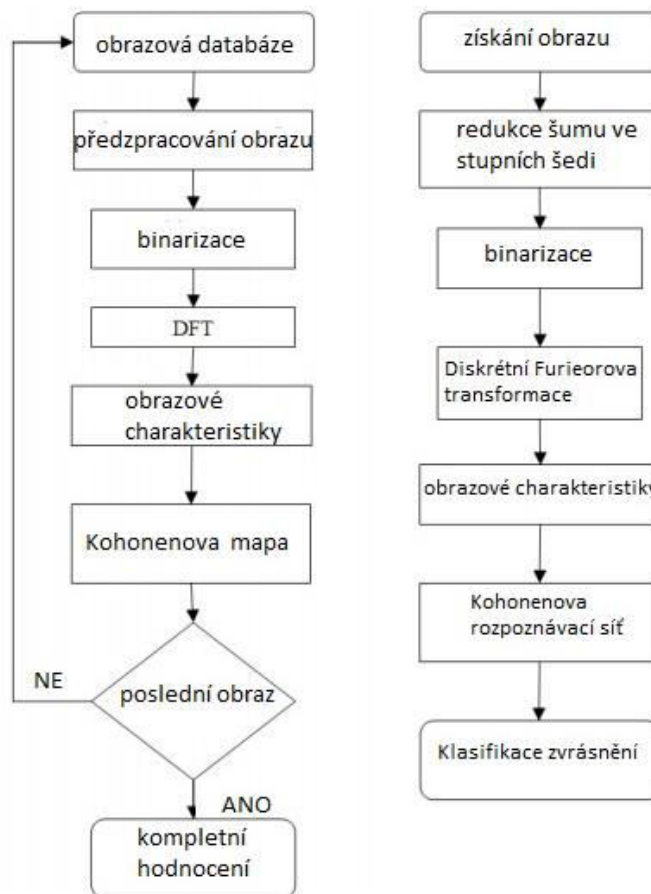
Finální výsledky měření získané ze dvou obrysů podél švu tak určily míru zvrásnění. Bylo připraveno 7 bavlněných vzorků, šitých bavlněnými nitěmi. Ty byly vyprány a rozděleny podle jejich zvlnění. *Shiloh* (8) odevzdal výsledky měření, které zahrnovaly vizuální hodnocení AATCC, skóre pořadí, výšku švu, sklon švu a "index závažnosti vrásnění" (výsledek výšky a sklonu, HT byl označen jako "index závažnosti vrásnění"). Z těchto výsledků vyplývá, že byly zjištěny významné korelace mezi indexem

závažnosti vrásnění a výsledky i s vizuálním hodnocením AATCC. Také byly vypočítány hustoty nulových bodů a extrémních bodů. Bylo zjištěno, že tato skutečnost souvisí s délkou stehu použitou při přípravě šitých vzorků. (7)

Galuszynski (9) (10) vyvinul SAWTRI „*puckermeter*“, který měří vrásnění porovnáním délky zvrásněného vzorku se vzorkem bez zvrásnění. „*Puckemeter*“ umožnil zhodnotit vrásnění švů o takových faktorech, jako je rozdílné vrásnění dílčích součástí švu, posunutí tkaniny během formování švu, napnutí šicích nití a přirozené vrásnění. Stupeň vrásnění švů byl vyjádřen jako "index zvrásnění" (7)

3.1.2 Bezkontaktní metody objektivního hodnocení vrásnění švů

Vzhledem k tomu, že přímý kontakt mezi senzorem a vzorkem švu může ohrozit přesnost a reprodukovatelnost měření, byly vyvinuty metody, které se snaží zamezit tomuto jevu. Jednou ze základních metod je metoda zpracování obrazu, která je kombinována s pomocí tzv. neuronových sítí. K těmto možnostem hodnocení je základem geometrické modelování vrásnění. Zahrnuje spektrální analýzu obrazu pomocí Fourierovi transformace s Kohonenovou mapou, která materiál vzorků klasifikuje do pěti stupňů kvality a to od 5 (nejlepší) po 1 (nejhorší). Vzdělávací a zkušební stupně jsou uvedeny na obr. 2 :



Obr 2 – schéma vzdělávacích a zkušebních stupňů

Při zpracování obrazu se využívá Otsuovy metody automatického prahování, která odděluje samostatné objekty z pozadí. Algoritmus předpokládá, že se obraz rozdělí na 2 třídy pixelů a vypočítá optimální práh pro oddělení tříd. Frekvence šedých škál jsou dané a pravděpodobnost pro každou prahovou úroveň se dopočítá. Rozptyly pixelů se na obou stranách odhadují a to jak pro samotný objekt, tak pro jeho pozadí. Ze všech hodnot se práh minimalizuje a odchylka mezi třídami bude formulována jako vážený součet dvou tříd.

Fourierova transformace je velice důležitým nástrojem pro zpracování obrazu. Představuje vstupní prostorový obraz ve frekvenčním poli, každý výstupní bod reprezentuje kmitočet obsažený v obraze (to se používá v široké škále aplikací jako: analýza obrazu, rekonstrukce, filtrace obrazu či komprese obrazu). Diskrétní Fourierova transformace (dále jen DFT) je výběrovou Fourierovou transformací, která neobsahuje všechny frekvence přítomné v obraze, ale jen sadu vzorků, které jsou dostatečně velké pro popis prostorové oblasti obrazu (počet frekvencí odpovídá počtu pixelů). (11)

Díky DFT získáme výstup, který může být zobrazen pomocí dvou obrazů: skutečná a imaginární část nebo velikost a fáze. Aby se vypočetla inverzní DFT po zpracování frekvenční domény je potřeba, aby amplituda i fáze byly zachovány a uloženy, jako proměnné. (11)

Kohonenovy sítě jsou také známé jako „samo-organizující se mapy“ (speciální typ neuronové sítě, která funguje bez dozoru), za účelem vytvoření diskrétní reprezentace ze vstupního prostoru. Samo-organizující mapy jsou odlišné od ostatních neuronových sítí, přesto jako ostatní sítě zachovávají sousední topologické vlastnosti vstupního prostoru. Proto jsou Kohonenovy mapy používány pro přibližné rozdělení vstupních vektorů, snížení počtu rozměrů při zachování dat z okolí nebo pro shlukování. (11)

Kohonenovy mapy jsou uspořádány do dvou vrstev. První úroveň sítě je vstupní vrstva, druhá je konkurenční úroveň, organizovaná jako pole. Tyto dvě vrstvy jsou plně propojené – každý vstupní uzel je napojen na všechny uzly v konkurenční vrstvě. Každé spojení má svou váhu. V počátečním stavu jsou náhodné hodnoty síťových závaží v rozsahu [0,1]. Vstupní vzorek je n-rozměrný vektor. Výsledkem je, že vstupní modely jsou rovnoměrně rozděleny do čtverce. Prvním krokem pro operaci s Kohonenovými mapami je výpočet odpovídajících hodnot pro každý uzel v konkurenční vrstvě (tato hodnota měří, do jaké míry hmotnost každého uzlu odpovídá vstupnímu uzlu).

Poté, co byl identifikován nejlepší uzel je dalším krokem identifikace jeho okolí (uzly ve čtverci se středem na vítězném uzlu – váhy jsou aktualizovány pro všechny neurony, které jsou v okolí vítězného uzlu). (11)

Belser a kolegové (12) navrhli fotoelektrické zařízení, které kvantitativně vyhodnotí švové vrásnění při zkoumání velikosti profilu švu. Používá poměr délky křivky na povrchu švu k délce přímého středu, jako měřítko vrásnění švu. Celková délka křivky, od počátku do konce byla měřena dálkoměrem. Získané výsledky ukázaly dobrou shodu mezi vizuálními hodnoceními provedenými v souladu se standardy AATCC, s výjimkou materiálů se složitými barvami a vzory. *Bertoldi a Munhed* (13) použili podobný přístroj k posouzení vystínovaného vzoru vytvořeného světlem, které dopadá na zvrásněnou plochu. V případě úhlového světelného paprsku posoudili tmavost a stíny zvlněných oblastí. Poměr délky zaznamenané křivky k délce švu byl použit jako index. Nicméně jejich hodnoty nebyly porovnány s klasifikací podle standardní metody AATCC. (7)

Nedávno bylo kvantitativní hodnocení vrásnění švů provedeno i pokročilejším bezkontaktním technologickým způsobem, jako je metoda měření Moire, CCD kamera, laserová skenovací technologie či technologie ultrazvukových vln. (7)

CCD kamera

Stylios a spolupracovníci (14) (15) (16) vyvinuli takzvaný systém „*Pucker Vision*“, který zahrnuje CCD kameru, která má nahradit lidské oko a software, který simuluje lidský kognitivní systém. Systém byl navržen tak, aby zachytil obrazy dvou skupin švových vzorků vyrobených ze stejné tkaniny, z nichž jeden byl bez spoje a druhý byl zhotoven s vrásněním. S využitím průměrného odrazu nesešitých švů jako reference, systém vyhodnotil konfiguraci vrásnění identifikací vlnové délky vrásnění a amplitudu zvrásnění pro vytvoření indexu závažnosti zvrásnění. Konzistence světelného zdroje a vliv vzoru a barvy tkaniny byly hlavními omezeními systému. *FIFT* (17) také vyvinul systém používající tuto speciální kameru. Vrásnění švů bylo vyhodnoceno fotogrammetrickou interpretací fotografií švů pořízených pomocí této kamery. (7)

Richard (18) (19) vyvinul počítačový systém pro měření vrásnění švů (SPMS) pro kvantifikaci nerovností povrchu švů a to pomocí digitální analýzy obrazu. Byla použita videokamera k zachycení švů v bezprostřední blízkosti oblasti vzniku švů. Měření indexu vrásnění na stupnici od 1 do 5 bylo velmi rychlé a výsledky byly začleněny do protokolu výroby tkaniny spolu s měřením dynamické silami šicího procesu. (7)

Ultrazvuková technologie

Ultrazvukovou technologii využívá *Shigeru a Atsuo* (17) jako bezkontaktní metodu pro hodnocení vrásnění švů s vysokou přesností. Ta shromažďuje informace o tvaru povrchu zvrásněného švu přes ultrazvukový snímač obrazu. Ultrazvukové vlny jsou úzké paprsky a intenzita odrazu souvisí se sklonem povrchu. Zvrásněný povrch je měřen pomocí ultrazvukového odrazu a intenzity odrazu. V technologii ultrazvukových vln se hodnoty dat vztahují k úhlu sklonu povrchu. Data byla použita z různých tvarů povrchu a také zlepšila výkonnost rozlišení za optimálních podmínek, a to z hlediska délky nebo rozteče měření. Zjistili, že tato měření nebyla ovlivněna barvou povrchu.

Laserové skenování

Shigeru a Atsuo (17) použili laserovou skenovací technologii pro objektivní vyhodnocení vrásnění švů. Tento laserový technologický systém se skládal z laserového měřidla, regulátorů a počítače. Laserový snímač detekoval odraz od odraženého povrchu polovodičem detekujícím světlo. S výstupem výšky odrazného bodu, který je vypočítán podle principu triangulace, byly údaje na liniích, s ohledem na vlnové a výkonové spektrum každé linie, vypočteny pomocí FFT (fast fourier transform). Logaritmická výkonová spektra byla použita pro zdůraznění vlnové síly na malé frekvenci, protože vlnová síla při vysoké frekvenci je velmi malá a ve srovnání s vlnou výkonu při nízké frekvenci je vysokofrekvenční vlna důležitá pro vyhodnocení. Frekvenční pásmo výkonových spekter bylo rozděleno na tři segmentová pásma a všechny linie byly rozděleny do tří skupin. Devět oblastí bylo definováno rozdělením frekvence a polohy. S těmito devíti hodnotami a rozdělením pěti stupňů byl vztah analyzován diskriminační analýzou. Bylo obtížné rozlišovat slabé hodnoty vrásnění s údaji z objektivních měření. (7)

Park a spolupracovníci (20) (21) (22) také používali laserovou technologii k zachycení vrásnění švů a vyhodnocovali data pomocí umělé inteligence. Měřicí přístroj, který sestává z laserové diody, může přesně měřit povrchový profil švu bez ohledu na změny barev nebo stav povrchu. Údaje získané podél linie švu byly transformovány na výkonová spektra ve frekvenční oblasti pomocí FFT. Spektra výkonu vytvořila zadané vzory pro neutrální síť, které vyhodnotily vrásnění švu simulováním hodnocení dle standardy AATCC dobře vyškolených odborníků. Zjistili, že prognóza/předpověď optimalizace vrásnění švů by byla možná právě za pomoci tohoto přístupu.

Kawabata (23) a *Kawabata s kolegy* (24) používal laserové skenování k měření zvrásnění švů a k analýze sensorického hodnocení vrásnění švů pomocí Weber-Fechnerova zákonu. V jeho práci byl geometrický tvar vrásnění měřen skenovacím laserovým paprskem, aby získal charakteristiku výškového profilu. Výstupní signál prošel nízkopřechodovým filtrem s mezní frekvencí 1 Hz (1Hz odpovídá 4 cm vlnové délky při rychlosti skenování 4cm/s) k vyloučení vlivu delší vlny na hodnocení vrásnění. Z výškového signálu vypočítali parametr drsnosti povrchu a zjistili, že sensorické vyhodnocení vrásnění švů následuje Weber-Fechnerovův zákon, a že sensorická hodnota je úměrná logaritmu velikosti kvality fyzikální stimulace. Na

základě výše uvedené teorie vyvinuli rovnici pro objektivní predikci vrásnění švů. Byl to velmi důležitý příspěvek, objevující téměř lineární vztah mezi subjektivním stupněm vrásnění a fyzikálním množstvím.

Fan a spolupracovníci (25; 26; 27; 28; 29) roku 1997 vyvinuli objektivní metodu pro vyhodnocení švů na povrchu 3D oděvu aplikací laserové skenovací technologie. Pro tento experiment byl pro skenování oděvních švů používán komerční 3D laserový skenovací systém, který sestával z laserové skenovací hlavy, ramena robota, počítače a speciálního softwaru pro získávání dat. 2D digitální filtry byly použity k získání profilů vrásnění odstraněním komponent s vysokou frekvencí v profilech švů, které by mohly být ovlivněny jednotlivými vlákny tkaniny nebo šumu, stejně jako komponenty s nižší frekvencí, které by mohly ovlivnit povrch oděvu. A navrhli následující čtyři geometrické parametry vypočítané z profilu vrásnění (viz rovnice 3-6):

- Průměrný posun z průměrné velikosti (R_a), dán:

$$R_a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (|z(i) - \overline{z(i)}|)^2$$

(Rovnice 3)

Kde: $z(i)$ - výška i-tého měření

N - počet měřicích bodů

- Variabilita (σ^2) dána:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (z(i) - \overline{z(i)})^2$$

(Rovnice 4)

- Šikmé rozložení výšky (S) profilu vrásnění, daného:

$$S = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (z(i) - \overline{z(i)})^3 / \sigma^3$$

(Rovnice 5)

- Špičatost-kurtóza (K) k rozložení výšky profilu vrásnění, dána:

$$K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (z(i) - \overline{z(i)})^4 / \sigma^4$$

(Rovnice 6)

Bylo zjištěno, že logaritmus průměrného posunutí ze střední hodnoty ($\log R_a$) a logaritmus odchylky ($\log \sigma^2$) lineárně souvisí se závažností vrásnění švů. Přidání logaritmu šikmosti (S) a špičatosti (K) výškového rozložení sotva zlepšilo korelaci. Proto byly pro objektivní měření vrásnění švů doporučeny parametry $\log R_a$ a $\log \sigma^2$. Ve svém výzkumu *Fan* a *Liu* používali deset pánských košil, vyrobených ze dvou různých tkanin stejné hmotnosti a hustoty, jedna z bílého polyesteru/bavlny a druhá červenobílá bavlněná, jako vzorky. Diskutovali o vztahu mezi logaritmem rozptylu ($\log \sigma^2$) a subjektivním stupněm vrásnění švu blízko čtyř částí na vzorovém oděvu, kterými byly: sedlový šev, kapesní otvor, šev na předním rozparku a průramkový šev. (7)

Na základě tohoto šetření byly vyvozeny následující závěry:

1. 3D laserový skenovací systém je účinný pro zachycení povrchu oděvu s dostatečnou přesností a reprodukovatelností pro objektivní posouzení vzhledu oděvu.
2. Označený 2D pásmový digitální filtr je účinný pro extrakci profilů vrásnění od skenovaných povrchů oděvu tím, že se odstraní složky "vysoké frekvence" z textury povrchu textilií a komponenty "nízké frekvence" představující siluetu oděvu a drapérii.
3. Subjektivně hodnocené stupně vrásnění oděvu jsou lineárně spjaty s $\log(\sigma^2)$, které lze vypočítat z profilů vrásnění.
4. Stupně vrásnění švů mohou být objektivně hodnoceny měřením $\log(\sigma^2)$. Objektivní hodnocení je přesnější a reprodukovatelnější než subjektivní hodnocení.
5. Objektivní metoda hodnocení není ovlivněna barvou a vzorem tkaniny, ze které je oděv vyroben.

Přestože se objektivní metoda tímto výzkumem osvědčila, další práce je stále považována za nezbytnou. Systém se skládal z drahého hardwaru a softwaru. Mohlo by být stále příliš nákladné pro rutinní průmyslovou aplikaci, i když by to bylo prakticky možné, kdyby bylo pro testování požadováno jen malé množství vzorků. Bylo by zapotřebí v budoucnu vyvinout větší úsilí, aby se snížily náklady na systém a zároveň rozšířil jeho potenciál pro průmyslové využití. (7)

4 Optické senzory pro měření vzdáleností

Jedná se o proximitní snímače (proximita = blízkost), které měří vzdálenost v blízkém okolí.

Samotný princip detekce přiblížení objektu je pak podobný jako u ultrazvukových senzorů, tzn., že se měří nebo detekuje množství odraženého světla dopadajícího zpět na optický detektor umístěný hned vedle vysílače. Konkrétně se měří úroveň amplitudy nebo světelný výkon a porovnává se s nastavenou (požadovanou) hodnotou. To umožňuje měřit nejen vzdálenost, ale zpracovávat tak i jiné optické parametry jako je kontrast či barva. (30)

Princip funkce senzorů, jak napovídá jejich název, je spjatý se světlem, resp. pracuje na principu detekce existence nebo měření intenzity paprsku světla dopadajícího na přijímací část senzoru. Jako jedinou alternativu k jiným typům senzorů přiblížení lze považovat pouze senzory pracující na principu reflexe, tzn. senzory, které mají zdroj paprsku světla i detektor umístěn v jednom pouzdru. (30)

Senzory se tedy skládají z optického vysílače a přijímače. Vysílače jsou tvořené buď LED diodou (s rozsahem jednotek metrů) nebo laserovou diodou (v rozsahu až několika desítek metrů). Pro LED diody se obvykle využívají různé barvy ve viditelném spektru světla, pro laserové diody je nejčastěji využíváno červené barvy. Přijímače jsou dnes tvořené fototranzistory nebo pro výkonnější senzory rychlejšími PIN fotodiodami. Podle toho, co paprsek odráží, se senzory dělí na reflexní snímače a reflexní závory. Reflexní snímače detekují odražený paprsek od přiblíženého objektu, přičemž reflexní závory detekují přerušení paprsku odrážejícího se od odrazky (30)

Reflexní senzory – Tyto senzory se svým použitím nejvíce blíží k ultrazvukovým senzorům. Skupinu reflexních senzorů lze následně rozdělit dle principu na:

- a) **Senzory s potlačeným pozadím** – „background proximity photosensors“ – detekující odraz světla od detekovaného objektu, s rozpoznáním objektů v rámci definované vzdálenosti snímání, přičemž objekty, které leží za touto hodnotou, jsou odcloněny.
- b) **Senzory s potlačeným popředím** – „foreground proximity photosensors“ – detekující odraz světla od pozadí za detekovaným objektem. Pro rozpoznání nízkých objektů (např. na jedoucím páse).
- c) **Energetické senzory** – „energetic photosensors“ – také detekují odraz světla od objektu. Vzdálenost snímání je však nastavitelná prostřednictvím citlivosti.

Dále lze reflexní senzory dělit podle použité optiky na:

- a) **Difúzní** – používající čočky pro kolimaci (soustředění paprsků do určitého směru) paprsků tak, aby se vrátilo co nejvíce světla. Díky tomu se zvýší snímací vzdálenost a zvýší se citlivost na úhlu naklonění.
- b) **Divergentní** – nemá kolimační čočky. Díky tomu má kratší spínací vzdálenost, menší citlivost na odklonu proti kolmému postavení proti snímanému objektu.
- c) **Konvergentní** – používající čočku pro zaostření světla do ohniska. Díky tomu je umožněná detekce i velmi malých objektů i z materiálů s velmi špatnou reflexí.

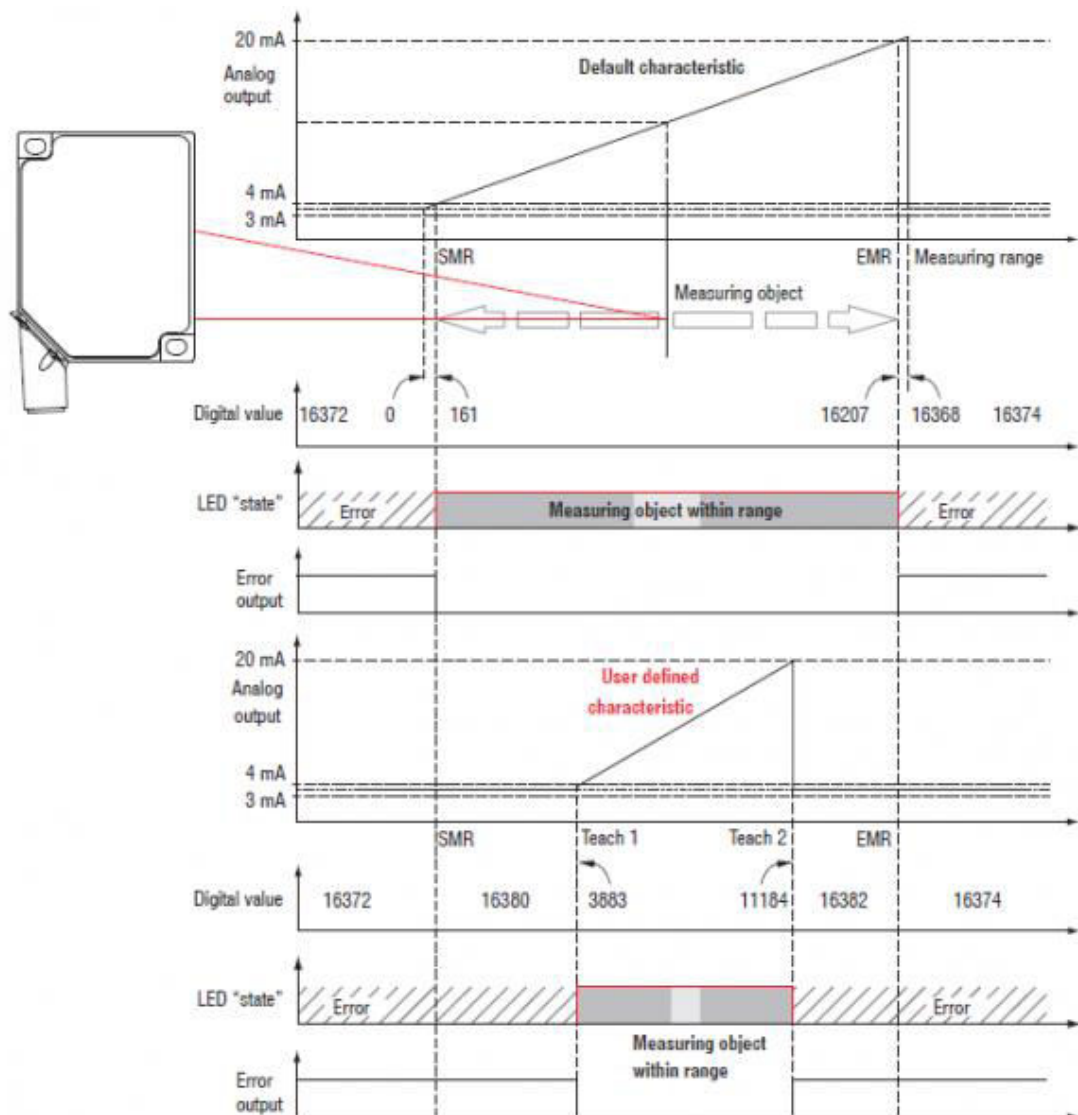
4.1 Princip laserových snímačů vzdálenosti s triangulačním principem měření

Triangulační princip měření moderních laserových snímačů je založen na principu, že pokud se paprsek odráží od detekovaného předmětu pod konstantním úhlem, potom je vzdálenost dopadu odraženého paprsku na čelo senzoru úměrná vzdálenosti detekovaného předmětu od čela senzoru. Prakticky se tak nevyhodnocuje intenzita dopadajícího paprsku či doba jeho letu, ale místo, kam zpět odražený paprsek dopadl. Díky tomu je detekce výrazně spolehlivější a odolnější proti rušení, protože podmínka detekovatelnosti je dána pouze schopností optického přijímače senzoru zaznamenat dopad odraženého paprsku, ať již má jakoukoliv intenzitu (větší než minimální detekovatelnou). (31)

Zpravidla snímač vysílá z polovodičového laseru světelný paprsek, který vytváří na cílovém objektu světelný bod. Z něho odražené světlo pak dopadá na vstupní čočku

optického přijímače pod určitým úhlem, který závisí na vzdálenosti cílového předmětu od čela snímače. Tento úhel dopadu na čočku se pak za čočkou opět vyhodnocuje jako vzdálenost světelného bodu na dopadové světlocitlivé ploše přijímače tvořené známým CCD senzorem, která ve výsledku odpovídá vzdálenosti snímaného objektu od snímače. Protože snímací plocha CCD senzoru přijímače má limitované rozměry, je i měřicí rozsah vždy limitován v rozsahu od-do. Konkrétní rozsah je pak dán optikou snímače a velikostí plochy CCD senzoru. Navíc tento princip umožňuje použít snímač i univerzálněji, než jen pro měření vzdálenosti k předmětu. Umožňuje totiž provozovat jak režim s potlačeným pozadím, tak s potlačeným popředím a měřit i tloušťku průhledných či průsvitných homogenních předmětů a ploch. V tomto případě se totiž na přijímači (na jeho CCD senzoru) vytvoří jen dvě světelné stopy (část odraženého světla od horní vrstvy a část světla odražená od 2. vrstvy - podkladu). Dvě detekční místa totiž umožňují detekovat a rozlišit jak požadovaný předmět, tak například dopravní pás či podložku, na které jsou položeny. (31)

Graficky znázorněná celá funkce snímače a reakce výstupů při měření vzdálenosti předmětu viz obr. 3.



Obr 3 - Celá funkce snímače

U senzorů s triangulačním principem snímání obecně platí, že s rostoucím měřicím rozsahem se snižuje hodnota linearity a rozlišení měření. I proto také velmi často uvádějí takové snímače ve svých parametrech dvě či více hodnot rozlišení pro různé rozsahy vzdáleností měřícího rozsahu. Čím větší vzdálenost, tím menší je rozlišení. Je to dáno jednak nastavením optiky přijímače daného snímače, ale pak hlavně faktem, že stejná změna vzdálenosti (např. 10 mm) generuje blíže k čelu snímače větší změnu úhlu odraženého paprsku, než daleko od čela snímače. Protože samotné rozlišení přijímače je pevně definované (přijímač je schopen rozlišit jen určitou minimální změnu úhlu odraženého světelného paprsku), je na větších vzdálenostech možné rozlišit jen větší rozdíly. (31)

Jako zdroj světla se obvykle využívá polovodičová laserová dioda s výkonem 1 mW pracující na vlnové délce červeného světla cca 650 - 670 nm. Přijímač obvykle je již zmíněný CCD snímač, jehož elektrický signál zpracovává rychlý signálový procesor (DSP). Ten z pozice světelného bodu na přijímači rychle spočítá skutečnou vzdálenost. Ta je pak následně v řídicím procesoru buď převedena na výstupní analogový signál nebo digitální hodnotu pro vyslání po sběrnici pro vyslání nadřazenému systému (např. PLC) k dalšímu zpracování, nebo je aktuální vzdálenost porovnána s nastavenými spínacími hranicemi a následně jsou aktivovány či deaktivovány spínané výstupy snímače. Přesný výstupní rozsah snímače a nastavení výstupů se obvykle doladuje pomocí samoučícího tzv. „teach-in“ režimu ovládaného prostřednictvím tlačítek a indikačních LED nebo malého displeje na snímači. (31)

U některých snímačů je dokonce možné provádět i měření tloušťky průsvitných/průhledných vrstev objektů, kdy do přijímače přichází více než jeden odražený paprsek. Pro tento účel je zde možnost určit rozhodovací úroveň signálů vzniklých na senzoru přijímače a tím tedy určit jaké odrazy budou registrovány, a které již nikoliv. (31)

4.2 Senzor TLE1

TLE1 (viz. obr. 4) je triangulační laserový snímač od společnosti Metralight, který slouží k velmi přesnému měření vzdáleností od objektů a jejich výšky. Oproti podobným snímačům nepracuje jen s úzkým svazkem světla a měřením v jednom bodě, ale na objekt vysílá širší svazek, který následně zachytí pomocí CMOS čidla s vysokým rozlišením (1280 x 1024 pixelů). Díky většímu množství bodů je senzor schopen měřit mnohem přesněji například rozměry různých otvorů objektů či zachytit profil výrobku. (32)

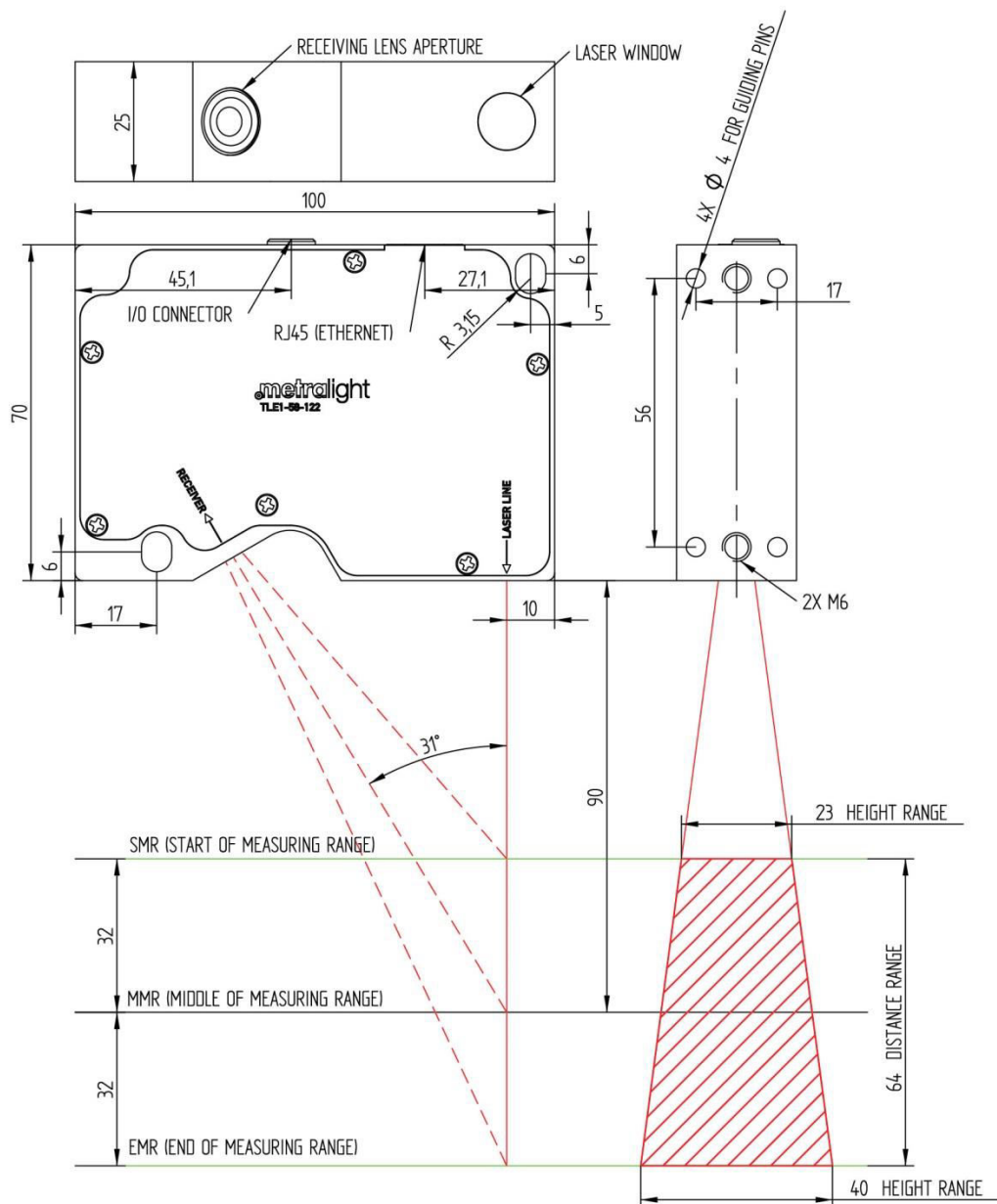
Laser senzoru TLE1-58-122 emituje záření ve spojitém režimu ve viditelné části spektra 650nm, a řadí se tak do druhé bezpečnostní třídy.



Obr 4 – senzor TLE1-58-122

4.2.1 Parametry senzoru

Jak již bylo zmíněno v předchozím textu, jedná se o senzor pro měření vzdáleností a výšky, pracující na principu laserové triangulace. Toto měření dosahuje rozlišení $1\mu\text{m}$ pro měření vzdáleností a méně než $20\mu\text{m}$ pro měření výšky. Oblast měření začíná na 58mm od hrany senzoru a končí na 122mm. Komunikace okolí se senzorem probíhá pomocí ethernetového rozhraní a je možné využít jak TCP, tak UDP protokol. Díky ethernetovému připojení je senzor zároveň i napájen pomocí funkce PoE. Využitím tohoto napájení ale zároveň omezuje maximální komunikační rychlost na 100Mbit/s. Rozměry senzoru jsou uvedeny v obrázku 5. (32)



Obr 5 - TLE1-58-122 rozměry snímače (mm)

Senzor pracuje ve čtyřech základních měřících režimech (MODE_0-MODE_3). Režim MODE_0 měří pouze vzdálenost po ose X od objektu a to průměrováním uživatelem definovaného počtu bodů. V režimu MODE_1 je měřena, kromě vzdálenosti, i poloha objektu v ose Y. V režimech MODE_2 a MODE_3 měří senzor vzdálenost od objektu v ose X a v ose Y určuje pozici z pravé či levé strany. (32)

4.2.2 Uživatelské parametry

Uživatel má možnost ovlivnit proměnné senzoru nastavením několika parametrů a tím do určité míry změnit jeho práci. Parametry se dělí do dvou hlavních částí, a to

„volatilních“ a „nevolatilních“ parametrů (příčemž volatilní parametry se při každém spuštění/restartování senzoru nastaví na hodnoty uložené v EEPROM paměti). To znamená, že změny volatilních parametrů budou mít vliv na práci senzoru jen po dobu, dokud je senzor zapnutý. Nevolatilní parametry jsou v senzoru uloženy v paměti EEPROM a to na devíti stranách, přičemž jedna z nich zahrnuje parametry pro nastavení ethernetového připojení:

- **IP adresa**
- **Maska podsítě**
- **Výchozí brána**

Na dalších stranách jsou uloženy parametry, které umožňují vytvořit 8 přednastavení, mezi kterými lze během práce se senzorem přepínat. Parametry jsou uloženy vždy ve stejném pořadí a to pro každé přednastavení v tomto pořadí:

- **Peak Size From** – minimální hodnota signálu, která bude zpracována
- **Peak Size To** – maximální hodnota signálu, která bude zpracována
- **Line Processing Mode** – režim zpracování měřených hodnot
- **Default Mode** – režim měření, který senzor nastaví po startu
- **Offset X** – přičtení/odečtení hodnoty k měřené hodnotě v ose X
- **Offset Y** – přičtení/odečtení hodnoty k měřené hodnotě v ose Y
- **Laser Power** – výkon laserového snímače
- **Time Of Integration** – doba zpracování paprsku na CMOS snímači
- **Threshold** – hodnota prahu, pod kterým se již data nezpracovávají
- **Average Window** – nastavení okénkovací funkce
- **Region of Interest** – nastavení oblasti, v rámci které se zpracovávají data
- **Window** – nastavení oblasti, v rámci které senzor měří (32)

4.3 Bezpečnost práce s lasery

Laserové zařízení působící na lidskou tkáň může způsobit různý stupeň jejího poškození. Největší nebezpečí představuje laser pro lidské oko, menší, ale rozhodně nezanedbatelné, pro lidskou kůži. (33)

Poškození tkáně teplem, způsobeným laserovým zářením, je závislé na typu tkáně, na intenzitě dopadajícího laserového svazku, na velikosti zasažené (ozářené)

plochy a době ozáření. S ohledem na uvedené aspekty, ale také z důvodu velkého rozsahu možných výkonů laserového zařízení, mohou být teplotní efekty na tkáni neznatelné, kdy nedojde k porušení tkáně, ale také může dojít k jednoduchému zarudnutí kůže, jejímu spálení, opaření a v extrémních případech až k úplnému roztržení tkáně. (33)

4.3.1 Rozdělení laserů podle nebezpečí účinku jejich záření

1. Třída: lasery jejichž nejvyšší výkon záření nepřekračuje nejvyšší přípustné hodnoty (doba emise záření a maximální výkon je v rozsahu vlnové délky od 200 do 400 nm) a dále všechny plně zákrytované lasery, jejichž kryt je upraven tak, aby jej nebylo možno otevřít bez použití nástrojů a při jeho otevření došlo k přerušení chodu laseru. (33)
2. Třída: lasery emitující záření ve spojitém režimu ve viditelné části spektra (400 až 700 nm), u nichž výkon vystupujícího záření nepřekračuje 1 mW, avšak překračuje nejvýše přípustné hodnoty pro 1. Třidu. (33)
3. Třída je rozdělena na dvě části:

Třída 3.a: lasery emitující záření ve spojitém režimu ve viditelné části spektra, jejichž výkon nepřekračuje $5 \cdot 10^{-3}$ W a výkonová hustota záření nepřekračuje hodnotu $2,5 \cdot 10^{-3}$ Wcm⁻².

Třída 3.b: lasery, u kterých nejvyšší výkon překračuje limitní hodnoty a nespádají do tříd 1. a 2., a které nemohou bez fokusování svazku překročit povolené hodnoty. (33)

4. Třída: lasery, jejichž výkon nebo vyzařovaná energie přesahuje limitní hodnoty stanovené pro třídu 3.b a lasery, které mohou způsobit nebezpečný difúzní odraz s výkonem od 500 mW nebo energií nad 10 J.cm⁻². (33)

5 Bezkontaktní metoda objektivního hodnocení pomocí snímače TLE1

5.1 Vytvoření vzorků pro experiment

Pro simulaci rostoucího vrásnění byly zhotoveny vzorky simulující stupnici fotoetalonu, které sloužily jako referenční vzorky pro nasnímání hodnot vrásnění pomocí senzoru TLE1.

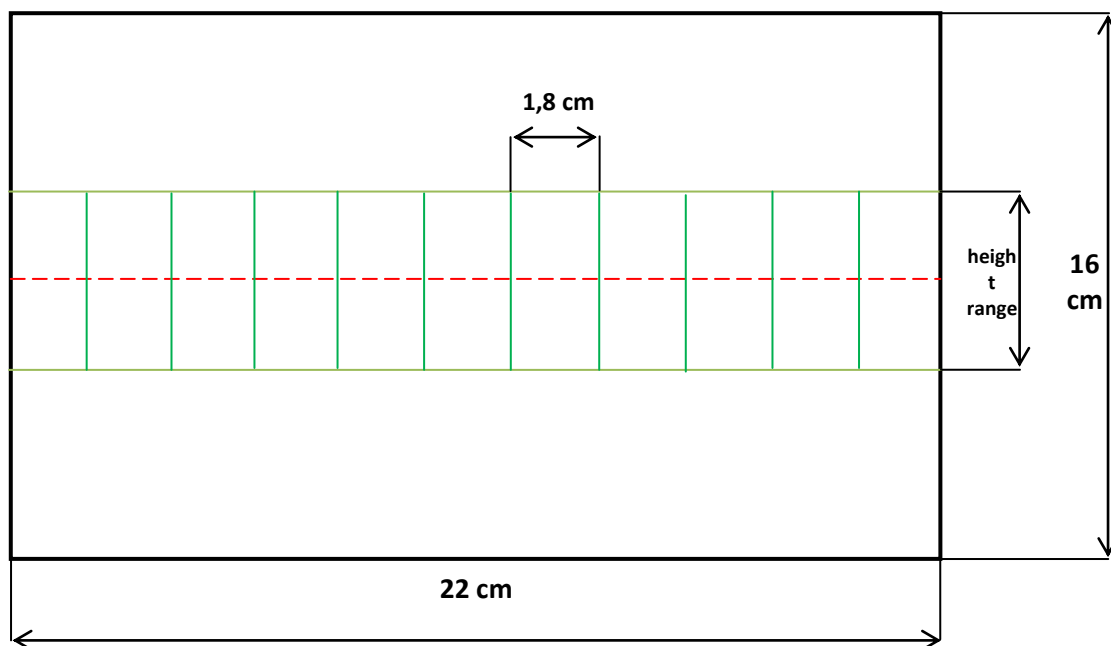
Na vzorcích byla naměřena vzdálenost (distance), která byla exportována pomocí aplikace TL Studio do excelového souboru, kde byla data dále vyhodnocena a porovnávala se směrodatná odchylka vzorků.

5.1.1 Příprava zkušebních vzorků

Jako šitý materiál byla použita jemná bavlněná tkanina o gramáži 150g/m^2 , která byla před dalším zpracováním vypraná a vyžehlená, jako šicí materiál byly zvoleny 100% polyesterové nitě, ze kterých se zhotovily vzorky simulující pětistupňový fotoetalon dle normy AATCC 88B, tj. vzorky simulující zvrásnění od stupně 1 – nejintenzivnější vrásnění až po stupeň 5 – vzorek bez vrásnění.

Vzorky byly zhotoveny na šicím stroji BROTHER DB2-B755- 403A, JUKI DDL-888 v šicí dílně KOD na TU v Liberci. Šicí stroj byl vybaven zoubkovým podáváním šitého materiálu, přítlačnou patkou, s délkou vázaného stehu 2,5mm. Za účelem postupného zvlnění ve švu se zvyšovalo napětí spodní niti.

Délka zkušebního vzorku 22cm, šíře 16 cm, na vzorcích bylo vyznačeno deset bodů, které mezi sebou měly odstup 1,8cm (viz. obr. 6).



Obr 6 – rozměry vzorku

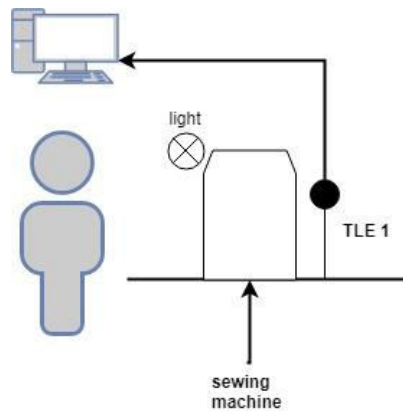
5.1.2 Zpracování zkušebních vzorků

Takto připravené vzorky postupně pokládáme na pracovní desku do měřené oblasti. Vzorky je vhodné upevnit, aby nedocházelo k nepřesnostem měření.

5.2 Doporučené uspořádání snímacího zařízení

Díky kompatibilním rozměrům snímacího zařízení je vysoká variabilita jeho umístění. Jak je patrné z obrázku č. 7, tak pro naše účely je doporučeno následující rozložení pracovní plochy s implementací snímacího zařízení TLE1: pracovní plocha – šicí stroj s osvětlením – snímač.

:



Obr 7 – Schéma uspořádání snímacího zařízení

A to tak, že je snímač umístěn staticky nezávisle na šicím stroji, tj. na vlastním přídatném upínacím zařízení, umístěném v bezprostřední blízkosti za šicí hlavou stroje. Díky samostatnému umístění se zamezí přejímání nežádoucích vibrací od šicího stroje, které by mohly ovlivnit snímaná data.

5.3 Software

Firma Metralight společně se snímačem dodává i základní aplikaci pro čtení a zpracování dat a to aplikaci TL Studio 1.6.0.

5.3.1 Aplikace TL Studio

Jak již bylo zmíněno výše, hlavním účelem aplikace je prezentovat všechny schopnosti a vlastnosti snímače TLE1.

Aplikace je rozdělena do několika základních částí, tak aby byla oddělena část měřených dat od obrazových. Pro tyto účely je aplikace rozdělena do několika záložek (32):

- **X Distance** – záložka pro základní čtení měřených hodnot ve výchozím režimu
- **Custom Modes** – záložka pro čtení hodnot v ostatních režimech
- **Image** – záložka pro zobrazování obrazových hodnot a nastavení souvisejících parametrů
- **Profile** – záložka pro čtení profilových dat

- **EEPROM** – záložka pro práci s pamětí
- **Sensor** – Záložka pro připojení k senzoru a nastavení dočasných parametrů

5.3.1.1 Sensor

Sensor je výchozí záložkou, která se uživateli aktivuje po spuštění aplikace. Bez připojení senzoru není možné zobrazit všechny ovládací prvky. Stránka Sensor obsahuje základní prvky pro připojení senzoru – IP adresu a port. Senzor umožňuje připojení ke dvěma portům a to 1024 a 1028. Pro snazší uživatelskou manipulaci byly číselné hodnoty nahrazeny slovním ekvivalentem Active a Pasive. (32)

Pro práci se všemi funkcemi senzoru je uživateli doporučeno připojení se k portu „Active“. Připojení uživateli k portu „Pasive“ zamezuje uživateli hlubší nastavení a umožňuje mu pouze čtení dat. (32)

5.3.2 Programové prostředí MATLAB R2017a

MATLAB© je výkonný skriptovací programovací jazyk a interaktivní prostředí pro vědecké a technické výpočty, analýzu dat, vizualizaci a vývoj algoritmů čtvrté generace. Program MATLAB© je vyvíjen společností MathWorks a jeho zatím poslední verze je kompatibilní s operačními systémy Linux (34-bit,64-bit), Windows (34-bit,64-bit), Mac OS X (64-bit).

Prostředí MATLAB© umožňuje počítání s maticemi, vykreslování 2D a 3D grafů funkcí, začlenění algoritmů, analýzu a prezentaci dat, počítačovou simulaci či vytváření aplikací a to včetně uživatelského rozhraní. MATLAB© poskytuje pro analýzu dat množství funkcí, ať již se jedná o zpracování signálu (filtrace, spektrální analýza), statistické výpočty a strojové učení (klasifikace, regrese, shlukové analýza), zpracování obrazu a počítačové vidění, nebo analýzu a modelování dat v oblasti financí. Pokud aplikace vyžaduje práci s rozsáhlými daty, lze s výhodou využít prostředky MATLABu připravené pro tyto případy (paralelní výpočty, GPU výpočty, integrace s hadoop).

Simulink je nadstavba MATLABu pro simulaci a modelování dynamických systémů a vývoj algoritmů s možností jejich nasazení na real-time a embedded systémy. Modely a algoritmy v Simulinku jsou vytvářeny ve formě přehledných blokových schémat. (34)

5.3.2.1 Program pro snímání povrchu s online přenosem dat

Aplikace byla vytvořena, jako doplňující program pro zpracování a především online stream naměřených dat ze snímače TLE1.

Hlavní složkou je aplikace *Main.m*, která má jednu hlavní ovládací část, která se uživateli aktivuje po spuštění. Stránka *Main.m* obsahuje tři základní prvky pro práci se snímačem:

- **LaserButtonOn** – prvek ovládající zapnutí paprsku laseru
- **LaserButtonOff** – prvek ovládající vynutí paprsku laseru
- **DataStreamButton** – prvek, kterým se spouští stream dat

Výsledkem spuštění prvku **DataStreamButton** je spuštění pěti samostatných oken, které zachycují následující měřené aspekty a informace o měřeném povrchu:

- **3D graf povrchu textilie**
- **graf zobrazující profil snímané textilie**
- **graf snímané vzdálenosti**
- **graf zobrazující směrodatné odchylky.**

Tento celek nám umožňuje sledovat data snímaného vzorku se zpožděním setin sekundy a zaznamenávat tedy informace o povrchu materiálu již při jeho zpracování.

Pro detekci míry zvrásněného povrchu slouží část složky *Main.m*, která upravuje hodnoty-škály určující třídy směrodatných odchylek. Tyto hodnoty jsou definovány uživatelem a to za pomoci předem naměřených dat z programu TL studio, jak již bylo zmíněno výše. Z naměřených hodnot TL studia byly exportovány jednotlivé *.xls* soubory s naměřenými daty jednotlivých profilů a následně bylo provedeno statistické vyhodnocení, ze kterého byly patrné rozdíly mezi směrodatnými odchylkami jednotlivých vzorků, které posléze posloužily, jako klíč programu, který na takto určených hodnotách třídí měřené vzorky dle míry zvrásnění.

Po skončení snímání se automaticky exportuje soubor ve formátu *.xls*, ve kterém najdeme všechna naměřená data od vzdáleností až po hodnoty směrodatných odchylek.

6 Experimentální ověření metody

6.1 Průběh experimentu

Následující část diplomové práce prezentuje podmínky nastavení a postup při experimentu. Experiment je zaměřen na ověření funkčnosti hodnocení vrásnění za pomoci triangulačního laserového snímače TLE1 od společnosti Metralight.

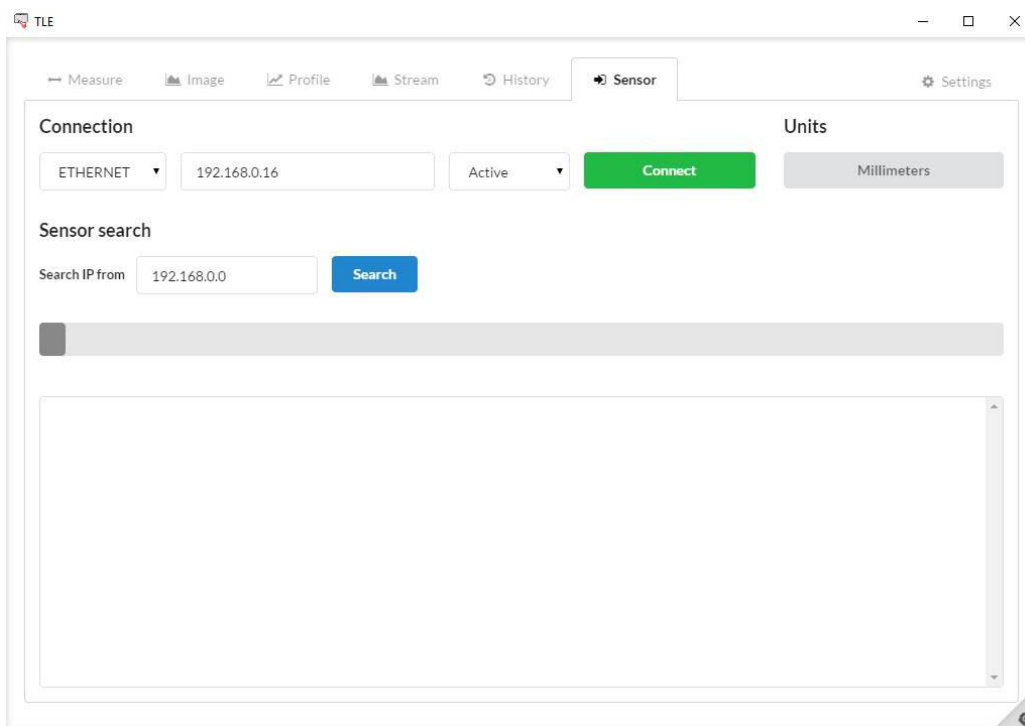
Pracovník vkládá šicí materiál na pracovní plochu a snímací zařízení, které je napojeno na počítač se spuštěným programem, hodnotí povrch šitého materiálu. Tento proces hodnocení je promítán na obrazovku počítače a obsluha může kontrolovat povrch prostřednictvím softwaru, který ji případně upozorní na nežádoucí změnu, v našem případě na zvýšené vrásnění povrchu.

Navržená metoda je uvažována jako komplexní systém prezentující naměřená data s minimálním zpožděním, přehledně umožňující následný export naměřených hodnot po dokončení hodnocení.

6.1.1 Průběh měření vzorků zhotovených dle fotoetalonu

Jak bylo zmíněno výše, zhotovené vzorky postupně vkládáme na pracovní desku, a to do měřicí oblasti, přičemž klademe důraz na stabilitu vzorků, aby nedocházelo k nepřesnostem ve snímání. Poté zapneme počítač, ke kterému máme připojený senzor TLE1 a spustíme program TL Studio.

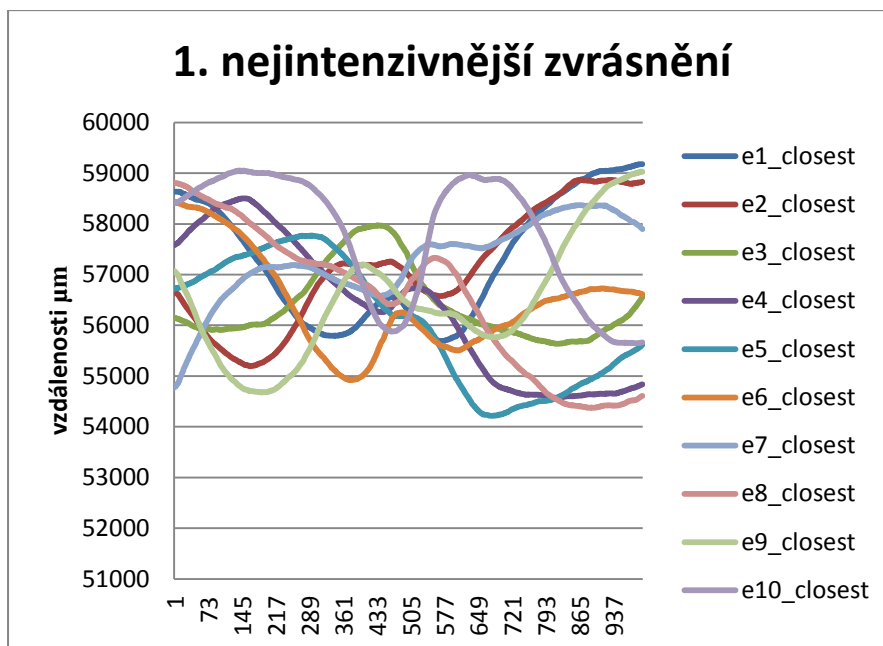
Pro práci v TL studiu je nejprve nutné navázat spojení a to ověřením IP adresy ve složce Sensor (pokud nenavážeme spojení, tak nám není umožněn přístup do ostatních karet), která je defaultně nastavená jako 192.168.0.0 (nastavení připojení pomocí IP adresy naleznete v příloze). Jak již bylo zmíněno výše, pro budoucí možnost úprav nastavení je nutné zvolit aktivní port „Active“ (viz. obr 8). Ve složce Sensor můžeme upravovat nastavení a vlastnosti senzoru.



Obr 8 – Ověření IP adresy, složka sensor (TL studio)

Výše popsané vzorky byly postupně - dle značek – umístěny pod snímač a v programu TL studia byl vyvolán příkaz k uložení dat snímaného profilu. Takto bylo nasnímáno na každém vzorku 10 předem vyznačených profilů, každý o 999 hodnotách (počet snímaných hodnot, lze upravit v nastavení snímače). Vznikl tak soubor s necelými desetitisíci hodnotami.

Na grafu 1 je vyobrazené vrásnění všech 10 profilů u nejintenzivněji zvrásněného vzorku. Z grafu je patrné, že rozdíl mezi výškami jednotlivých profilů dosahuje i více jak 5000 μm (5 mm). Naopak vzorek bez zvrásnění má rozdíl mezi výškami jednotlivých profilů jen 810 μm (0,81 mm).



Graf 1 – nejintenzivnější zvrásnění

Na takto naměřených hodnotách bylo nadále potřeba vypočítat základní statistické údaje a to:

- Průměr jednotlivého profilu \bar{x}_i
- Celkový průměr \bar{x} (viz. Rovnice 7):

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i$$

(Rovnice 7)

Kde:

\bar{x} je průměr
 N je počet měřených hodnot
 x_i je hodnota

- Minimum *min*
- Maximum *max*
- Směrodatnou odchylku σ (viz. Rovnice 8):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

(Rovnice 8)

kde:

σ je směrodatná odchylka
 N je počet měřených hodnot
 x_i je hodnota
 \bar{x} je průměr

- Rozptyl σ^2 (viz. Rovnice 9)

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

(Rovnice 9)

kde:

σ^2 je rozptyl
 N je počet měřených hodnot
 x_i je hodnota
 \bar{x} je průměr

Tabulka 1 – základní statistické údaje pro naměřené vzorky simulující etalony

vzorek	1.	2.	3.	4.	5.
průměr tot.	56764,281	57797,1945	58212,4259	58720,8789	58994,0105
max	59180	59865	59384,3514	59718	59406,3573
min	54216,2749	55062,2797	56959,1575	57964,2001	58605,1597
rozptyl	1589234,14	1264082,64	359377,261	133889,792	31172,587
směr.odch.	1260,6483	1124,3143	599,480826	365,909541	176,557602

Z tabulky naměřených dat je patrné, že přestože jsou mezi průměry jednotlivých vzorků patrné rozdíly, tak se hodnoty promítají napříč vzorky (viz. maximální a minimální naměřené hodnoty) a tím byla vyloučena možnost nastavení systému hodnocení vrásnění na základě přesně definovaného ohraničení jednotlivých tříd vrásnění.

6.1.2 Hodnocení vrásnění pomocí laserového snímače TLE1

Metoda je unikátní v tom, že celý proces hodnocení probíhá zcela online a to se zpožděním cca jedné setiny sekundy. Jak již bylo zmíněno výše (viz. tabulka 1), pro hodnocení a možné detekování chyby, v našem případě zvrásněného povrchu, bylo potřeba zajistit a definovat hodnoty, které nám rozlišují jednotlivé jakostní třídy (v našem případě míru zvrásnění materiálu).

Software systému pro hodnocení vrásnění pracuje a vyhodnocuje data na základě posuzování směrodatných odchylek snímaných hodnot.

Tabulka 2 – směrodatné odchylky jednotlivých vzorků

1.										
	1.bod	2.bod	3.bod	4.bod	5.bod	6.bod	7.bod	8.bod	9.bod	10.bod
smodc	1198,4	1147,0	716,3	1383,	1240,	945,7	780,3	1396,	1178,6	1227,1
h	33	01	34	49	9	78	16	05	79	37
smodc	1260,6	1260,6	1260,	1260,	1260,	1260,	1260,	1260,	1260,6	1260,6
h. Tot	48	48	65	65	65	65	65	65	48	48
2.										
	1.bod	2.bod	3.bod	4.bod	5.bod	6.bod	7.bod	8.bod	9.bod	10.bod
smodc	1027,0	1035,2	937,6	344,9	649,0	707,2	1674,	940,4	912,30	689,84
h	32	07	18	77	47	62	65	45	53	44
smodc	1124,3	1124,3	1124,	1124,	1124,	1124,	1124,	1124,	1124,3	1124,3
h. Tot	14	14	31	31	31	31	31	31	14	14
3.										
	1.bod	2.bod	3.bod	4.bod	5.bod	6.bod	7.bod	8.bod	9.bod	10.bod
smodc	242,97	461,42	475,5	393,4	475,6	535,4	487,3	318,5	252,93	662,89
h	11	28	54	8	65	87	13	61	93	
smodc	599,48	599,48	599,4	599,4	599,4	599,4	599,4	599,4	599,48	599,48
h. Tot	08	08	81	81	81	81	81	81	08	08
4.										
	1.bod	2.bod	3.bod	4.bod	5.bod	6.bod	7.bod	8.bod	9.bod	10.bod
smodc	219,93	301,70	163,5	178,2	254,9	251,2	263,8	195,1	414,94	148,86
h	85	55	35	72	9	84	79	92	99	36
smodc	365,90	365,90	365,9	365,9	365,9	365,9	365,9	365,9	365,90	365,90
h. Tot	95	95	1	1	1	1	1	1	95	95
5.										
	1.bod	2.bod	3.bod	4.bod	5.bod	6.bod	7.bod	8.bod	9.bod	10.bod
smodc	54,580	70,511	135,4	67,80	103,5	125,6	121,2	86,89	158,55	159,26
h	35	89	52	3	57	39	73	48	36	99
smodc	176,55	176,55	176,5	176,5	176,5	176,5	176,5	176,5	176,55	176,55
h. Tot	76	76	58	58	58	58	58	58	76	76

Jak je patrné z tabulky č. 2, nastavení jednotlivých tříd vrátně bylo provedeno ve složce *DataPanel* následujícím způsobem:

```
% Create Button5
struct.level1EditField = uicontrol('Style', 'edit');
struct.level1EditField.Position = [524 203 100 22];
struct.level1EditField.String = '0';

% Create Button6
% nastavení hranice pro změnu barvy třídy dle smodch
struct.level2EditField = uicontrol('Style', 'edit');
struct.level2EditField.Position = [524 144 100 22];
struct.level2EditField.String = '200';

% Create Button7
% nastavení hranice pro změnu barvy třídy dle smodch
struct.level3EditField = uicontrol('Style', 'edit');
struct.level3EditField.Position = [524 90 100 22];
struct.level3EditField.String = '420';

% Create Button8
% nastavení hranice pro změnu barvy třídy dle smodch
struct.level4EditField = uicontrol('Style', 'edit');
struct.level4EditField.Position = [524 29 100 22];
struct.level4EditField.String = '670';
```

Zdrojový kód 1 – nastavení hranice pro změnu barvy dle směrodatné odchylky

Dále bylo pro jednoduchou a přehlednou rozlišitelnost a prezentaci vyobrazených odchylek nastaveno barevné odlišení jednotlivých tříd následujícím způsobem (viz zdrojový kód 2):

```
if
standardDev(profile_num)>str2num(dataPan.level4EditField.String)
    color = [1,0,0];
elseif
standardDev(profile_num)>str2num(dataPan.level3EditField.String)
    color = [1,0.568,0];
elseif
standardDev(profile_num)>str2num(dataPan.level2EditField.String)
    color = [1,1,0];
elseif
standardDev(profile_num)>str2num(dataPan.level1EditField.String)
    color = [0,1,0];
else
    color = [0,0,0];
end
```

Zdrojový kód 2 – nastavení barevného odlišení jednotlivých směrodatných odchylek

- Vzorek bez vrásnění byl nastaven na hodnotu směrodatné odchylky do hodnoty 200, v grafu je zobrazen pod zelenou barvou.
- Vzorek s mírným vrásněním byl nastaven na hodnotu směrodatné odchylky do hodnoty 420, v grafu je zobrazen pod žlutou barvou.
- Vzorek se středním vrásněním byl nastaven na hodnotu směrodatné odchylky do hodnoty 670, v grafu je zobrazen oranžovou barvou.
- Nejvrásněnější vzorek byl nastaven na hodnotu směrodatné odchylky od hodnoty 670 a v grafu je zobrazen červenou barvou.

Software třídí naměřená data, dle zadaných parametrů a takto naměřená data jsou zobrazována v grafickém okně zobrazujícím směrodatné odchylky.

6.1.2.1 Úprava naměřených dat pomocí filtrů

Při snímání dat dochází k nepřesnostem a zašumění snímaných dat. Důvodů ke vzniku těchto odchylek a šumů měření může být nespočet. Jedním z nejvýznamnějších by mohli být odlesk a propustnost (nízká dostava) materiálu. Takovéto chyby lze částečně odstranit nebo dostatečně eliminovat pomocí filtrů.

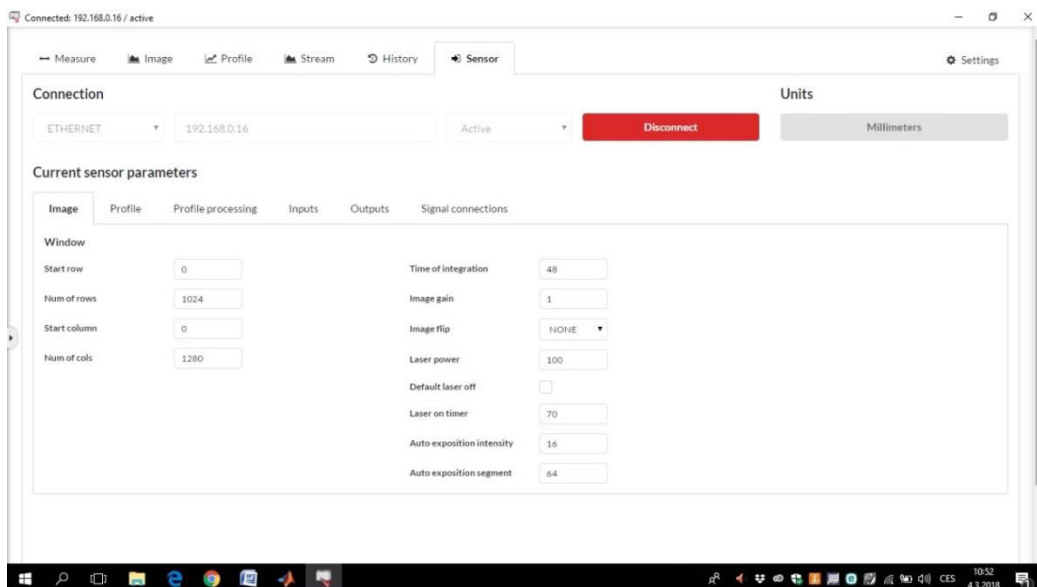
Pro náš případ byl vytvořen speciální filtr, který vyhodnotí vybočující hodnoty, jako extrémní odchylku a informaci o nich vrátí jako nulovou hodnotu. Díky tomu, že program funguje na nastavení snímače, které „osekává“ několik bočních pixelů (nikdy tedy nelze dosáhnout nulové vzdálenosti od okraje) jsou takovéto (nulové) body automaticky smazány. To znamená, že v naměřených datech (profilech, 3Dgrafu, apod.) vznikne „mezera“ (viz. zdrojový kód 3).

```
%read and store data from laser
temp = fread(laser, 2*n, 'uint16'); %read
data(idx:idx+n - 1, profile_num, 1) = temp(1:2:2*n);
data(idx:idx+n - 1, profile_num, 2) = temp(2:2:2*n);
for k = idx:(idx+n-1)
    %%varianta 1 - varianty filtrů proti šumu
    if(data(k, profile_num, 2) == 0)
        data(k, profile_num, 1) = NaN;
        data(k, profile_num, 2) = NaN;
    end
end
```

Zdrojový kód 3 – varianta filtru 1

Kompletní zdrojový kód je ke zhlédnutí v příloze.

Ostatní šum lze opravit pomocí snížení či naopak zvýšení intenzity laseru ve složce Sensor v TL studiu. V našem případě bylo shledáno, jako lepší a vhodnější, nastavení nižší intenzity laserového záření (laser power) a to v hodnotě 100 (viz obr 8).



Obr 9 – nastavení intenzity laseru – složka senzor (TL studio)

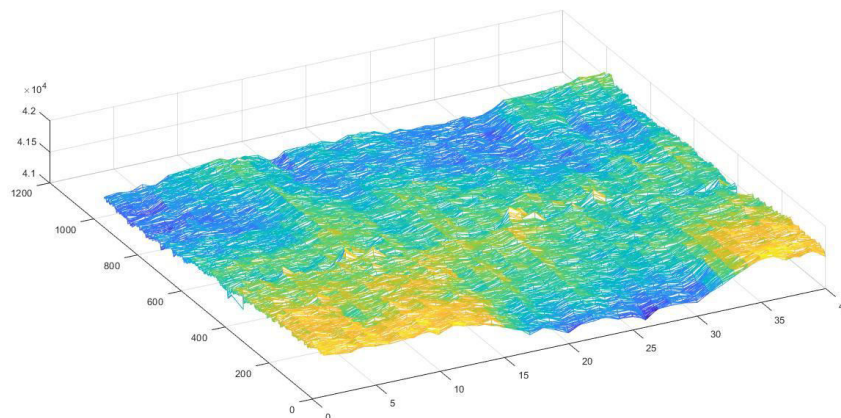
6.1.3 Hodnocení vrásnění na referenčních vzorcích

Jak již bylo zmíněno výše, zhotovené referenční vzorky byly z jemné bavlněné tkaniny o gramáži 150g/m^2 , která byla před dalším zpracováním vypraná a vyžehlená, jako šicí materiál byly zvoleny 100% polyesterové nitě, ze kterých se zhotovily vzorky simulující pětistupňový fotoetalon dle normy AATCC 88B, tj. vzorky simulující zvrásnění od stupně 1 – nejintenzivnější vrásnění až po stupeň 5 – vzorek bez vrásnění.

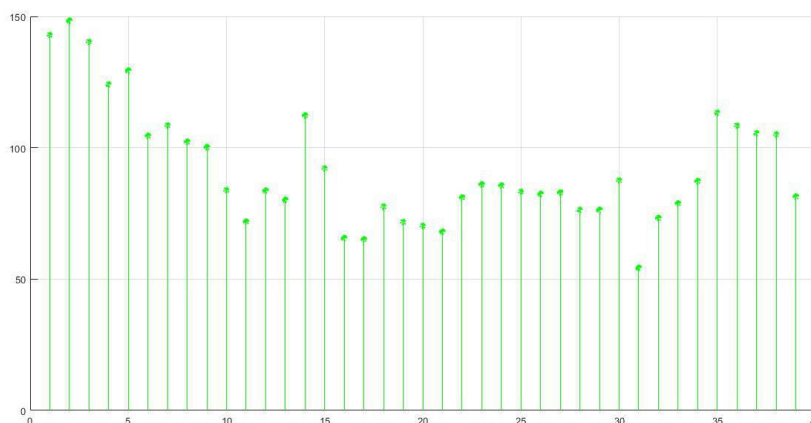
Délka zkušební vzorku 22cm, šíře 16 cm, na vzorcích bylo vyznačeno deset bodů, které mezi sebou měly odstup 1,8cm (viz. obr. 6).

Jednotlivě byly vzorky vkládány pod snímací plochu a na základě předem definovaného nastavení byla vyhodnocena tato data:

Na vzorku číslo 5 – bez zvrásnění, byl zaznamenán téměř hladký povrch s minimálními rozdíly v naměřených vzdálenostech, což je patrné na obrázku č. 10 (rozdíly cca 1 mm). Na obrázku č. 11 můžeme pozorovat naměřené směrodatné odchylky, které se pohybovaly v hodnotách cca 45- 150.

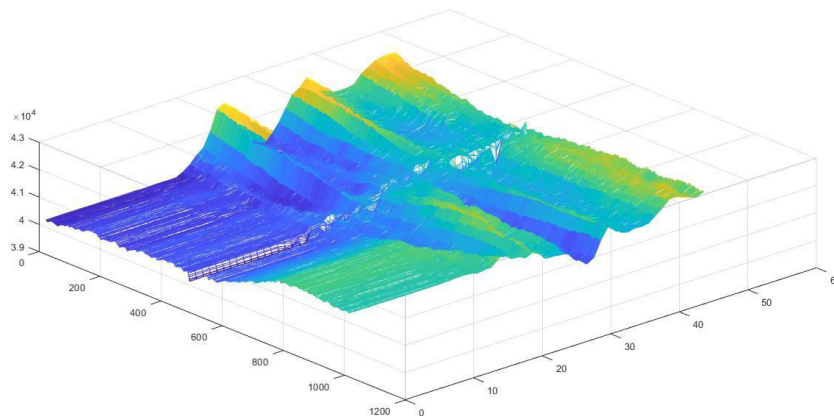


Obr 10 – 3D graf povrchu materiálu vzorku č. 5

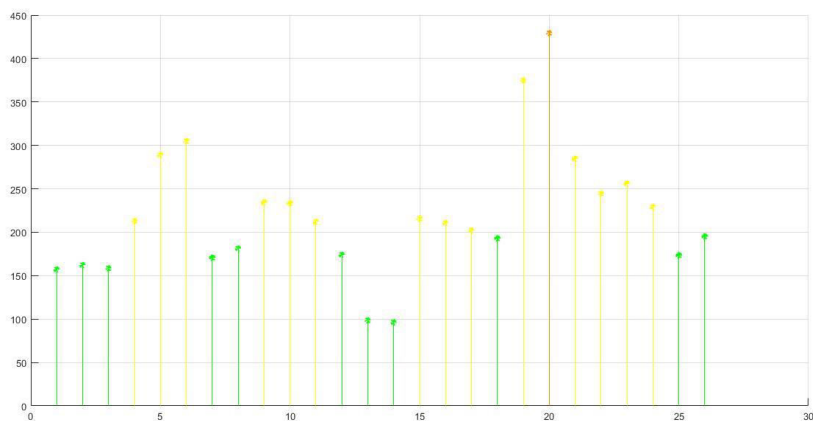


Obr 11 – Graf směrodatných odchylek vzorku č. 5

Na vzorku číslo 4 bylo zaznamenáno mírné zvrásnění s rozdíly v naměřených vzdálenostech v rozmezí cca 4 mm, přičemž směrodatná odchylka se pohybovala v rozmezí hodnot 100-375, v pár místech již byla ale zaznamenána i vyšší odchylka směřující k hodnotě 435, jenž značí již střední míru zvrásnění. Naměřené hodnoty můžeme vidět na obrázku č. 12 a 13.

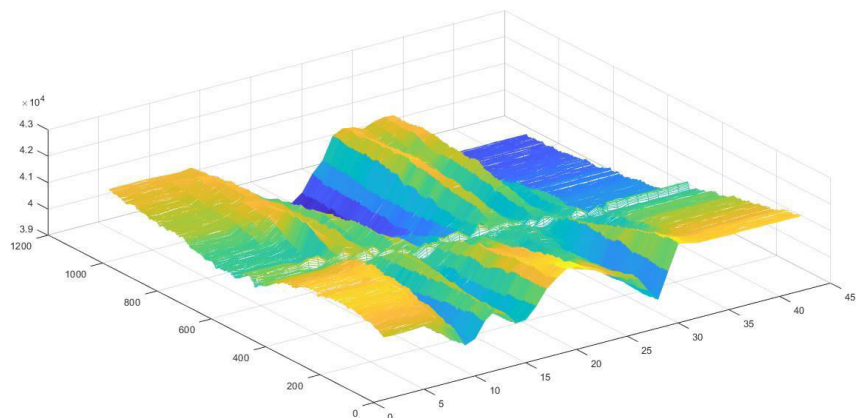


Obr 12 – 3D graf povrchu materiálu vzorku č. 4

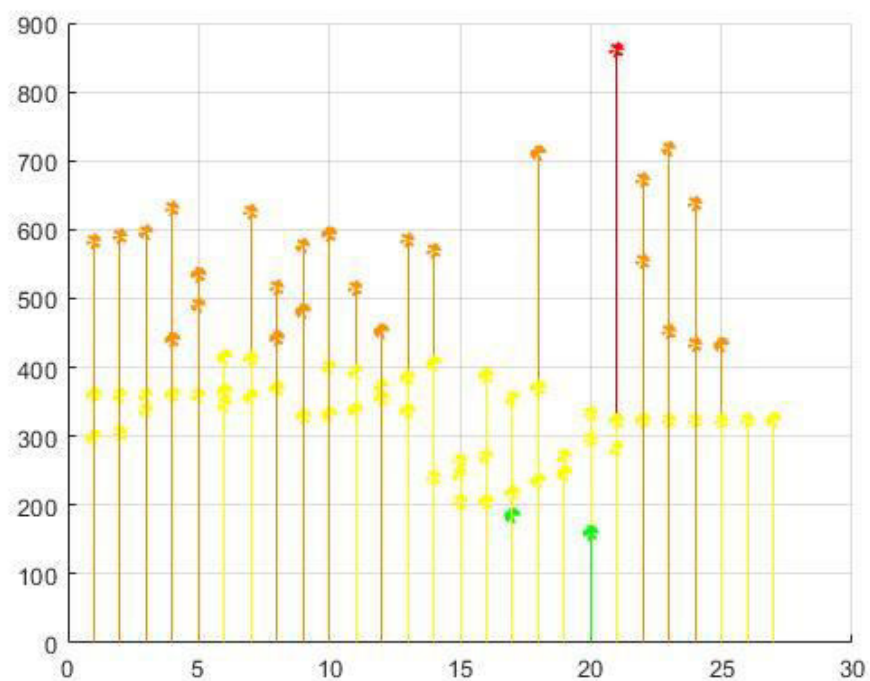


Obr 13 – Graf směrodatných odchylek vzorku č. 4

Na vzorku číslo 3 bylo zaznamenáno již patrné střední zvrásnění s rozdíly v naměřených vzdálenostech v rozmezí cca 4 mm, přičemž směrodatná odchylka se pohybovala v rozmezí hodnot 180-720, v pár místech byla zaznamenána vyšší odchylka směřující k hodnotě 870, jež značí již vysokou míru zvrásnění. Naměřené hodnoty můžeme vidět na obrázku č. 14 a 15.

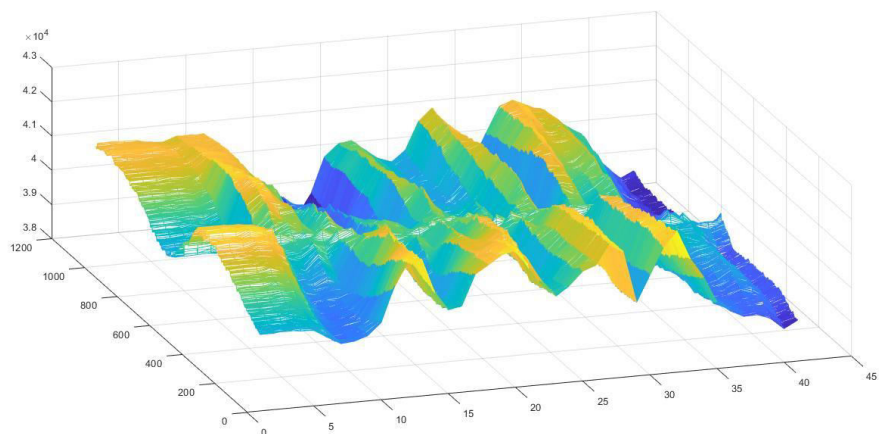


Obr 14 – 3D graf povrchu materiálu vzorku č. 3

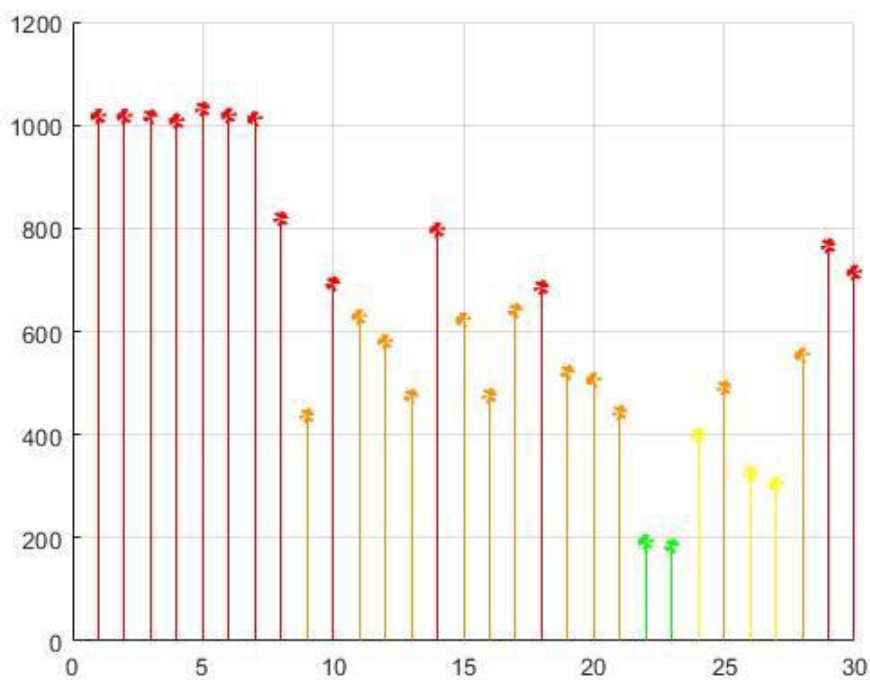


Obr 15 – Graf směrodatných odchylek vzorku č. 3

Na vzorku číslo 2 bylo zaznamenáno výrazné zvrásnění s rozdíly v naměřených vzdálenostech v rozmezí cca 5 mm, přičemž směrodatná odchylka se pohybovala v rozmezí hodnot 195-810, v pár místech byla zaznamenána vyšší odchylka směřující k hodnotě 1020. Naměřené hodnoty můžeme vidět na obrázku č. 16 a 17.

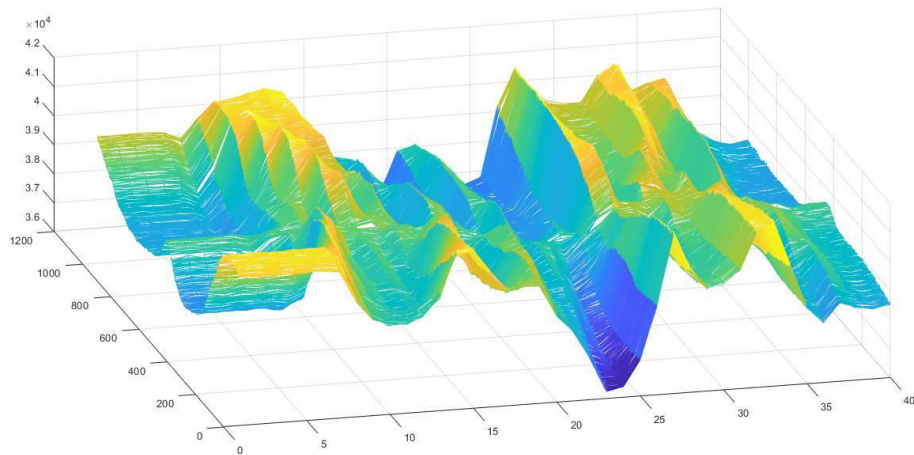


Obr 16 – 3D graf povrchu materiálu vzorku č. 2

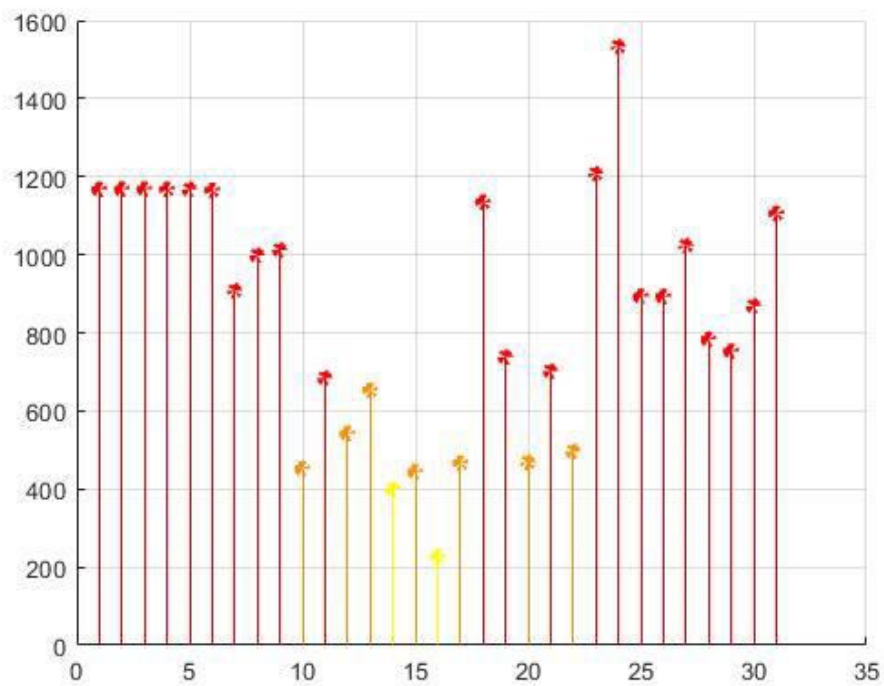


Obr 17 – Graf směrodatných odchylek vzorku č. 2

Na vzorku číslo 1 – největší zvrásnění, byly zaznamenány největší rozdíly v naměřených vzdálenostech a to v rozmezí 6 mm (viz obr. 18). Na obrázku č. 19 pak můžeme pozorovat naměřené směrodatné odchylky, které se pohybovaly v hodnotách cca 220-1190. Přičemž byly místy naměřeny hodnoty směrodatných odchylek



Obr 18 – 3D graf povrchu materiálu vzorku č. 1



Obr 19 – Graf směrodatných odchylek vzorku č. 1

6.1.4 Testování metody na různorodých vzorcích

Pro odzkoušení funkčnosti metody byla provedena měření na typově různých vzorcích materiálů. Jednalo se o tkaniny i pleteniny, materiály matné i lesklé, s finální

úpravou i bez úprav. Níže můžeme vidět demonstraci dvou typových materiálů a jejich základní specifikaci v tomto pořadí:

- kód materiálu
- složení materiálu
- typ materiálu
- měrná hmotnost
- úpravy
- 3D graf, distance (profil povrchu)

Kompletní data a informace o materiálech nalezneme v příloze.

Ukázka aplikace metody na pleteném vzorku materiálu:

Vzorek č. 3:

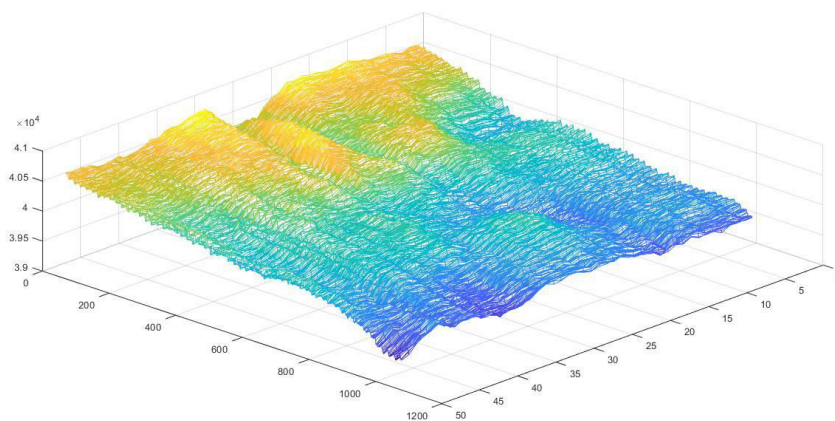
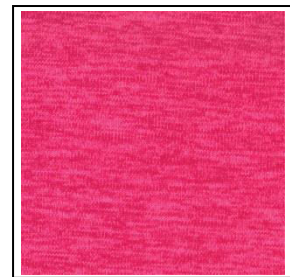
FKCG024

94% Polyester, 6% Elastan

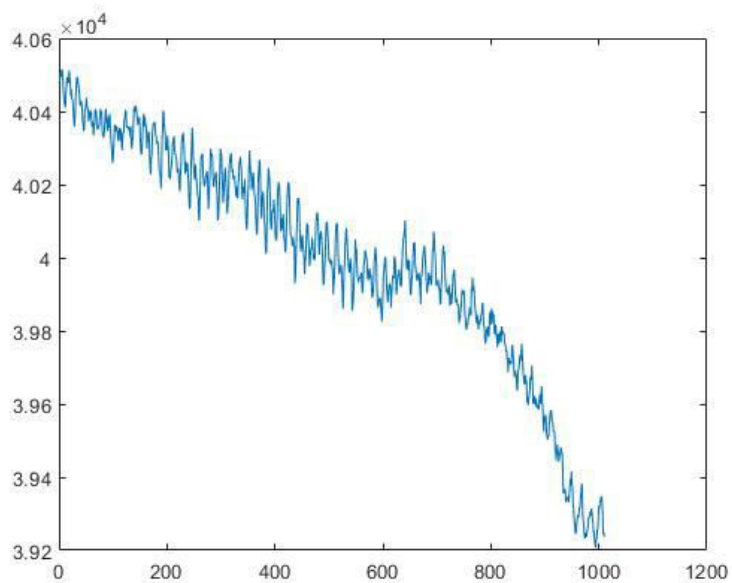
Pletenina

245 g/m²

Quick dry/wicking, brushed back side



Obr 20 – 3D graf povrchu pleteniny FKCG024



Obr 21 – profil (distance) pleteniny FKCG024

Ukázka aplikace metody na tkaném potištěném vzorku materiálu:

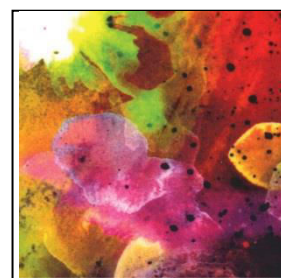
Vzorek č. 4:

FWCH025

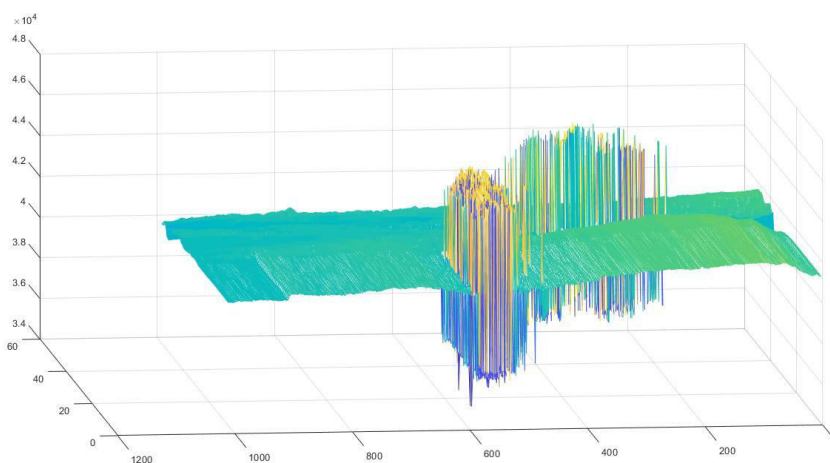
100% Polyester

Tkanina – Lightweight Print

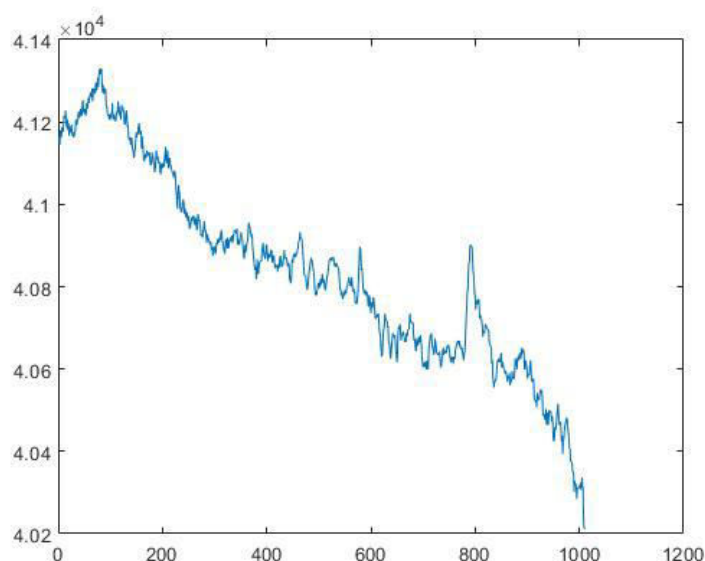
36 g/m²



Shiny downproof polish on back side, DWR 5/80, Teflon, CIRE on face side



Obr 22 – 3D graf povrchu materiálu FWCH025 - šum



Obr 23 - profil (distance) tkaniny FWCH025

Na typových materiálech je patrné, že je metoda hodnocení pomocí triangulačního snímače TLE1 variabilní a nastavitelná pro většinu materiálů tkaných i pletených. Avšak, na základě těchto měření bylo zjištěno, že tato metoda hodnocení není vhodná pro příliš lesklé a kontrastně potištěné materiály. U takovýchto materiálů dochází k výraznému šumu a to především díky difúznímu odrazu laserového paprsku snímače a částečného pohlcení paprsku způsobeného kontrastním barevným rozpořením – na vzorku oblast přechodu mezi černou a světle zelenou barvou.

7 Vyhodnocení a doporučení pro další vývoj

K ověření funkčnosti metody byly připraveny čtyři referenční vzorky. Jednalo se o plošné tkaniny a jednu pleteninu. Na základě těchto vzorků bylo zjištěno, že metodu hodnocení pomocí triangulačního laserového snímače nedoporučujeme pro příliš lesklé a kontrastní materiály, jelikož na takovémto materiálu nastal výrazný šum, který zkresloval výsledky.

Správnost a přesnost hodnocení pomocí této metody je potřeba prověřit na větším množství vzorků materiálů, ať již tkaných, tak pletených, což je také jedno z mých doporučení pro další vývoj.

Při snímání kontrastních a velmi lesklých materiálů byly zaznamenány limity softwaru, kdy byl aplikovaný filtr, který omezuje šum dat, nedostačující. Proto doporučuji prozkoumat nové možnosti v oblasti softwarového nastavení a vytvoření dalších filtrů, které by tento šum pomohly vyřešit.

V rámci snímání povrchu je nutné eliminovat vibrace produkované šicím strojem, prašnost a dále je nutné zajistit konstantní podmínky v rámci osvětlení, všechny tyto faktory mohou ovlivnit správnost a přednost hodnocení snímače. Proto doporučuji samostatné umístění snímače za hlavu šicího stroje, tak, aby byl v bezprostřední blízkosti a přesto nebyl ovlivněn vibracemi. Viz. kapitola 5.2. Doporučení uspořádání snímacího zařízení

Důležitým aspektem pro správné fungování a aplikaci této metody je nepochybně výkonnost výpočetní techniky, která zpracovává naměřené hodnoty.

8 Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout novou metodu pro hodnocení vrásnění švů a to za pomoci triangulačního laserového snímače TLE1, který zpracovává data za pomoci softwaru dodávaného společností Metralight – TL Studia a programového prostředí MATLAB©.

V teoretické části jsme se seznámili se základními definicemi – *Co je šev? Co je zvrásněný šev?* A dále jsme se dozvěděli, co především ovlivňuje vznik zvrásněného švu. Popsali jsme základní metody hodnocení vrásnění švů a to metodu subjektivní – založenou na porovnávání vzorku s fotoetalóny, tak metody objektivní, kam zařazujeme metody porovnávání délky vzorku před a po ušití, metodu měření pomocí kontaktního čidla, fotoelektrickou metodu či metodu hodnocení pomocí laserového skenovacího zařízení. Dále, byl uskutečněn průzkum literárních poznatků současného stavu problematiky hodnocení vrásnění švů, který nás seznámil s novými objektivními metodami hodnocení. Jednalo se o kontaktní metody – hodnocení pomocí „*puckermeteru*“, který měří vrásnění porovnáním délky zvrásněného vzorku se vzorkem bez vrásnění a „*wrinklemetru*“ původně vyvinutého pro detekci a hodnocení mačkavosti. Vzhledem k tomu, že přímý kontakt mezi senzorem a vzorkem švu může ohrozit přesnost a reprodukovatelnost měření, byly vyvinuty metody, které se snaží zamezit tomuto jevu, jedná se o tyto bezkontaktní metody - *metoda zpracování obrazu, která je kombinována s pomocí tzv. neuronových sítí*, tato metoda zahrnuje spektrální analýzu obrazu pomocí Fourierovi transformace s Kohonenovou mapou, která materiál vzorků klasifikuje do pěti stupňů kvality (Kohonenovy mapy jsou také známé jako „*samo-organizující se mapy*“). Dále pak hodnocení pomocí *fotoelektrického zařízení*, které kvantitativně vyhodnotí švové vrásnění při zkoumání velikosti profilu švu. Používá poměr délky křivky na povrchu švu k délce přímého středu, jako měřítko vrásnění švu (tento poměr je měřen dálkoměrem). Tato metoda se osvědčila s výjimkou materiálů se složitými barvami a vzory. Další metodou je hodnocení pomocí *CCD kamery* - systém „*Pucker Vision*“, který zahrnuje CCD kameru, která má nahradit lidské oko a software, který simuluje lidský kognitivní systém. V tomto případě byly hlavními omezeními systému konzistence světelného zdroje a vliv vzoru a barvy tkaniny. *Ultrazvuková technologie* - metoda, u které je zvrásněný povrch měřen pomocí

ultrazvukového odrazu a intenzity odrazu. U této metody nebyl zjištěn žádná vliv barvy ani struktury povrchu na provedená měření, avšak zatím nebyl proveden dostatečný průzkum, pro ověření přesnosti metody. Poslední metodou, která byla zmíněna byla metoda hodnocení pomocí *Laserového skenování* - tato metoda hodnocení nebyla ovlivněna barvou a vzorem tkaniny, ze které je oděv vyroben. Přestože se objektivní metoda tímto výzkumem osvědčila, byla doporučena další práce s touto metodou, která je stále považována za nezbytnou.

Na základě teoretické části byla navržena metoda hodnocení vrásnění povrchu pomocí triangulačního laserového snímače TLE1, která přináší novou možnost v oblasti online detekce a kontroly povrchu materiálu. Byly zhotoveny zkušební – referenční vzorky, které byly následně zpracovány pomocí TL studia, kde byla naměřena data jednotlivých profilů, která byla potřebná pro průběh dalšího hodnocení. Na základě naměřených hodnot bylo zjištěno, že pro naše účely je nejvhodnější použít hodnoty směrodatných odchylek, kde byl největší patrný rozdíl mezi jednotlivými třídami zvrásnění. Pro tyto účely byl vytvořen software pracující v programovém prostředí Matlab, který zajišťuje hodnocení vrásnění s okamžitou – online – odezvou a následným exportem naměřených dat v excelovém formátu (.xls). Program je jednoduše ovladatelný a pomocí hlavních funkcí nám nabízí základní ovládání snímače, jako zapnutí/vypnutí laseru a začátek či konec online streamu dat (*dataStreamOn/dataStreamOff*). Po spuštění snímání se na obrazovce spustí čtyři základní okna, která nás informují o snímaném povrchu a to: graf zobrazující profil povrchu materiálu, graf zobrazující vzdálenost, 3D graf povrchu materiálu a pro nás nejdůležitější graf směrodatných odchylek, který má barevně odlišené stupně odchylek a tím nás upozorňuje na akceptovatelnou či naopak již neakceptovatelnou míru zvrásnění povrchu. K ověření metody bylo provedeno hodnocení i na různorodých plošných textiliích a to včetně jedné pleteniny. Většina vzorků, včetně pleteného, byla metodou hodnocena bez problému, ale u tkaného vzorku s povrchovou úpravou DWR, která byla kontrastně potištěná a měla velmi lesklý povrch, nastal šum zapříčiněný difúzním odrazem laserového paprsku.

Popsaná metoda hodnocení pomocí laserového snímače umožňuje snadné, opakovatelné, velmi přesné a především rychlé zhodnocení povrchu.

Na základě výše zmíněných výsledků je tato metoda aplikovatelná na většinu materiálu, tkaných i pletených, nejlépe jednobarevných či bez výrazných kontrastních niancí. Po nashromáždění dostatečných vstupních informací – v našem případě hodnot směrodatných odchylek jednotlivých tříd, které od sebe oddělují různé míry zvrásnění, můžeme upravit nastavení softwaru tak, aby hodnotil vrásnění povrchu různých materiálů.

V rámci hodnocení bylo zjištěno, že metoda online snímání za pomoci triangulačního laserového snímače není vhodná pro příliš lesklé a kontrastní povrchy materiálů. Snímač má své limity, které souvisí jak se softwarovým nastavením, tak především i s technickou úrovní výpočetní techniky, elektrotechniky či optiky. V rámci snímání povrchu je nutné eliminovat vibrace produkované šicím strojem, prašnost textilního materiálu a dále je nutné zajistit konstantní podmínky v rámci osvětlení. Jako důležitý faktor pro správnost a přesnost měření je i důkladné zaškolení obsluhy šicího stroje, tak i obsluhy výpočetní techniky včetně snímače. V neposlední řadě je důležitým aspektem pro správné fungování a aplikaci této metody nepochybně i dostatečná výkonnost výpočetní techniky, která zpracovává naměřené hodnoty.

1. **Motejl, Vladimír a Tepřík, Otakar.** *Šicí stroje v oděvní výrobě.* Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1973. 04-821-73.
2. **Brad, Raluca, Hăloiu, Eugen a Brad, Remus.** Seam Puckering Objective Evaluation Method for Sewing Process. *Annals of the University of Oradea.* 2004, Sv. XV, 1, stránky 23-28.
3. **Vajdíková, Irena.** *Srudie vlastnostní švů při spojování různých druhů oděvního materiálů.* Liberec : TUL, 2005. V33/06T.
4. Otázky k závěrečným zkouškám a studijní materiály. [Online] Estranky.cz, 24. Květen 2007. [Citace: 30. Leden 2018.] http://www.zaverky.estranky.cz/clanky/zboziznalstvi---prumyslove-zbozi-prvni-r-_studijni-materialy_/jakost-zbozi.html.
5. **Das, S. Hati and B.R.** Seam Pucker in Apparels: A Critical Review of Evaluation Methods. *Science Alert.* [Online] 29. June 2011. [Citace: 7.. leden 2018.] <http://scialert.net/fulltext/?doi=ajt.2011.60.73>.
6. **KADLECOVÁ, Martina.** *Návrh alternativní metodiky hodnocení vrásnění švů /The proposal of alternative methodology evaluation of seam pucker.* Liberec : Technická univerzita v Liberci, 1998.
7. **FAN, Jintu, Winnie YU a Lawrence HUNTER.** *Clothing Appearance and Fit 1st Edition.* Cambridge: Woodhead : Woodhead Publishing, 2004. ISBN 0-8493-2594-3.
8. **Shiloh, Miriam.** The Evaluation of Seam-puckering. *The Journal of The Textile Institute .* 1971, Sv. 3, 62, stránky 176-180.
9. **Galuszynski, S.** Objective measurement of seam pucker. *Proc.Symposium on New Technologies for Textiles.* July 1986, 21-23, stránky 100-113.
10. —. *Seam Pucker.* Republic of South Africa : South African Wool and Textile Research Institute of the CSIR, 1986. ISBN 0 7988 3228 2.
11. **Brad, Raluca, Hăloiu, Eugen a Brad, Remus.** Seam puckering evaluation method for sewing process. *Remus BRAD Ph.D.* [Online] 2014. [Citace: 19. červen 2015.] <http://remus.ulbsibiu.ro/publications/papers/2014%20puckering.pdf>.
12. **Belser, R., B., Kwon, C., T. a Conrad, J., M.** Instrument for grading seam pucker. *Text Res J.* 1968, 38(3) 315.

13. **Bertoldi, A., M. a Munden, D.,L.** The effect of sewing variables on fabric pucker. *Cloth Res J.* 1974, 2(1) 68.
14. **Stylios, G. a Parson-Moore, R.** Seam pucker prediction using neural computing. *International Journal of Clothing Science and Technology.* 5, 1993, 5, stránky 24-27.
15. **Stylios, G. a Sotomi, O., J.** Investigation of Seam Pucker in Lightweight Synthetic Fabrics as an Aesthetic Property Part I: A Cognitive Model for the Measurement of Seam Pucker. *The Journal of The Textile Institute.* 1993, Sv. 84, 4, stránky 593-600.
16. —. Investigation of Seam Pucker in Lightweight Synthetic Fabrics as an Aesthetic Property Part II: Model Implementation Using Computer 'Vision'. *The Journal of The Textile Institute.* 1993, Sv. 84, 4, stránky 601-610.
17. **Shigeru, Inui a Atsuo, Shibuya.** Objective Evaluation of Seam Pucker: USING AUTOMATED CONTACTLESS MEASUREMENT TECHNOLOGY. *International Journal of Clothing Science and Technology.* 1992, Sv. 5, 4, stránky 24-33.
18. **Richard, C.** Pucker as fabric-thread machine mechanical instability phenomenon. *Journal FAPTA stands for Federation of Asian Professional Textile Associations.* 1996, 3 (2) 69.
19. —. Sewability in the dynamic environment of the sewing process. *Federation of Asian Professional Textile Associations.* 1995, 3(1) 83.
20. **Park, Kyu, Chang a Kang, Jin, Tae.** Objective Rating of Seam Pucker Using Neural Networks. *Textile Research Journal.* 1. July 1997, Sv. 7, 67, stránky 494-502.
21. **Park, Kyu, Chang a Ta Kang, Jin, Tae.** Objective Evaluation of Seam Pucker Using Artificial Intelligence Part1-3. *Textile Research Journal.* 1999, 69.
22. **Park, Kyu, Chang, Lee, Hoon, Dae a Kang, Jin, Tae.** A new evaluation of seam pucker and its applications. *International Journal of Clothing Science and Technology.* 1997, Sv. 3, 9, stránky 252-255.
23. **Kawabata, Sueo.** Fibre science to apparel engineering. *Textile Asia.* November 1998, stránky 51-56.
24. **Kawabata, Sueo, Mor, Miyuk a Niwa, Masako.** An experiment on human sensory measurement and its objective measurement: Case of the measurement of seam

pucker level. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 1997, Sv. 3, 9, stránky 203-206.

25. **Fan, J.** Assessing the quality of garment appearance. *ATA journal*. June/July 1998, 76.

26. **Fan, J. a Liu, F.** Objective Evaluation of Garment Seams Using 3D Laser Scanning Technology. *Textile Research Journal*. 1. November 2000, Sv. 11, 70, stránky 1025-1030.

27. **Fan, J., a další.** *International Journal of Clothing Science and Technology*. 1999, Sv. 2/3, 11, stránky 151-160.

28. **Fan, J., a další.** Latest development of objective evaluation of garment appearance. místo neznámé : Hong Kong Polytechnic University, 1998.

29. **Fan, J., MacAlpine, JMK a D, Lu.** The Use of a 2 -D Digital Filter in the Object Evaluation of Seam Pucker on 3-D Surface. *The Journal of the Textile Institute*. 1999, Sv. 1, 90, stránky 445-455.

30. **FORMÁNEK, Joseg, Ing., Ph.D.** Copyright Š 2006 ZČU v Plzni - Fakulta strojní, Katedra konstruování strojů. *ZČU v Plzni - Fakulta strojní, Katedra konstruování strojů*. [Online] Katedra konstruování strojů, 11. Leden 2007. [Citace: 15. Únor 2018.] http://home.zcu.cz/~formanek/mmvyka/Data/opticke_snimace/optika_vzdalenost.htm.

31. Automatizace.hw.cz rady a poslední novinky z oboru. *Automatizace.hw.cz*. [Online] HW server s.r.o., 15. Červenec 2015. [Citace: 18. Únor 2018.] <https://automatizace.hw.cz/mereni-a-regulace/princip-funkce-laserovych-snimacu-vzdalenosti-s-triangularnim-principem-mereni.html>.

32. **NĚMEČEK, Tomáš.** *Softwarové rozhraní pro laserový triangulační senzor TLE1*. Liberec : TUL, 2014.

33. **VRBOVÁ, Miroslava, JELÍNKOVÁ, Helena a GAVRILOV, Petr.** *Úvod do laserové techniky*. [Dokument PDF] Praha : ČVUT, 1994.

34. **science.** SCIENCEmag.cz. *Sciencemag.cz*. [Online] © Copyright 2018, Nitemedia s.r.o., 15. Září 2016. [Citace: 13. Únor 2018.] <http://sciencemag.cz/matlab-a-internet-veci/>.

35. **STANĚK, J.** Vlastnosti délkových a plošných textilií. *Nauka o textilních materiálech Díl I*. Liberec : Skripta VŠST, 1986, Část 4.

36. *SEAM PUCKERING EVALUATION METHOD FOR SEWING PROCESS.*

Raluca, BRAD, Eugen, HĂLOIU a Remus, BRAD. Vol. 15 Issue 1, místo neznámé :
Annals of the University of Oradea, 2014, Sv. Fascicle of Textiles, Leathe. p23.

37. **KG, Amann & Söhne GmbH & Co.** Prevention of seam pucker.
<http://www.amannusa.com>. [Online] [Citace: 18.. listopad 2017.]
http://www.amannusa.com/pdf/nahtkraeuslen_gb.pdf.

38. [Online] Copyright © Copyright American, 20. September 2012. [Citace:
20. Leden 2018.] <http://www.amefird.com/blog/2012/09/minimizing-seam-puckering/>.

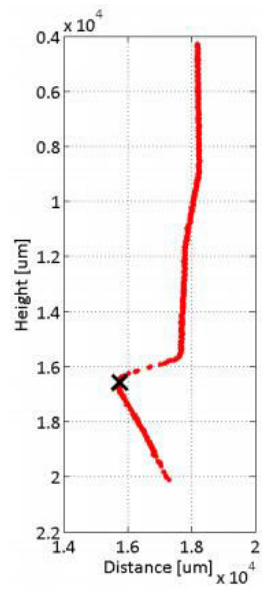
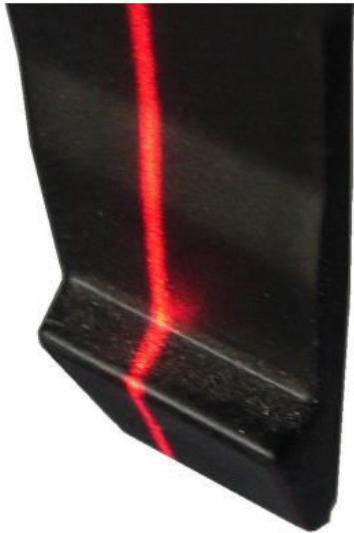
PŘÍLOHY

Nastavení IP adresy – viz. CD

Naměřené hodnoty z TL studia – vzorky 1-5 – viz. CD

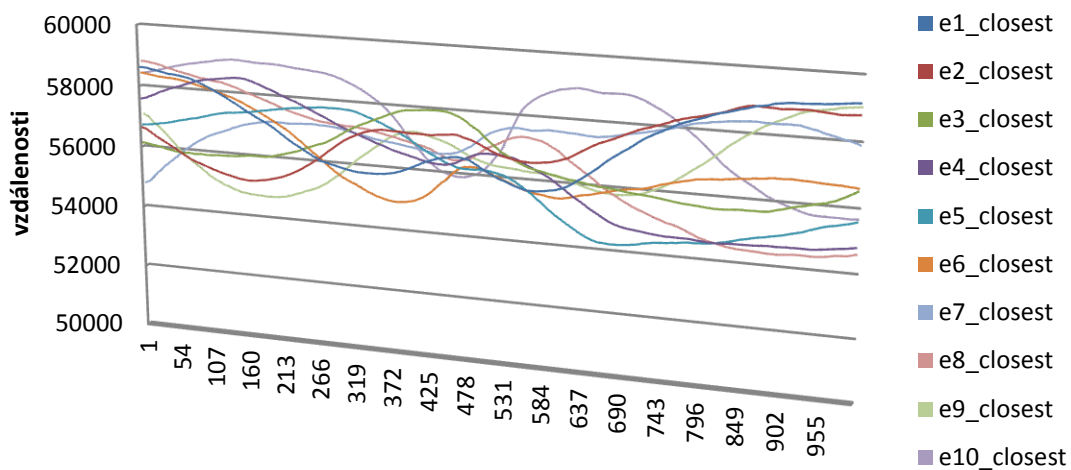
PDF soubory naskenovaných vzorků – různorodé vzorky – viz. CD

TLE 1 schéma snímání profilu

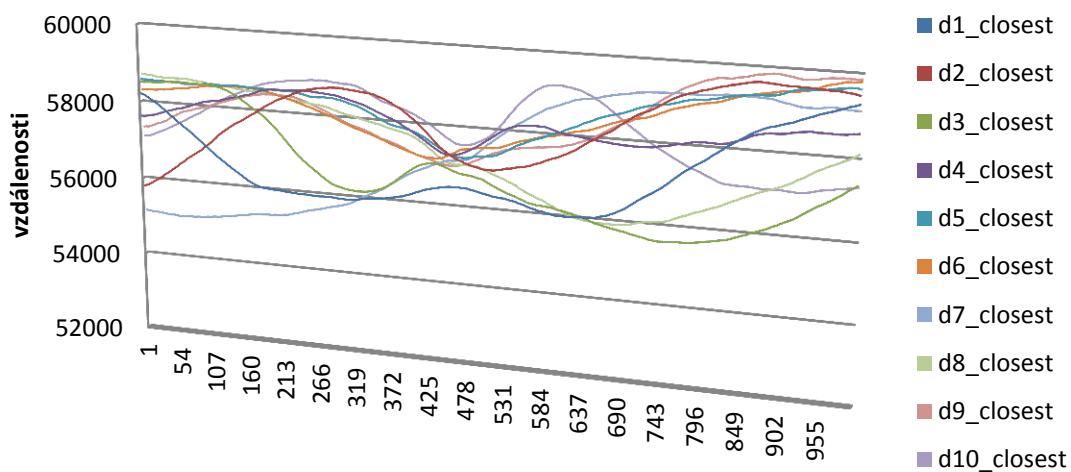


Grafy vzorků 1. -5. – z naměřených hodnot TL studia

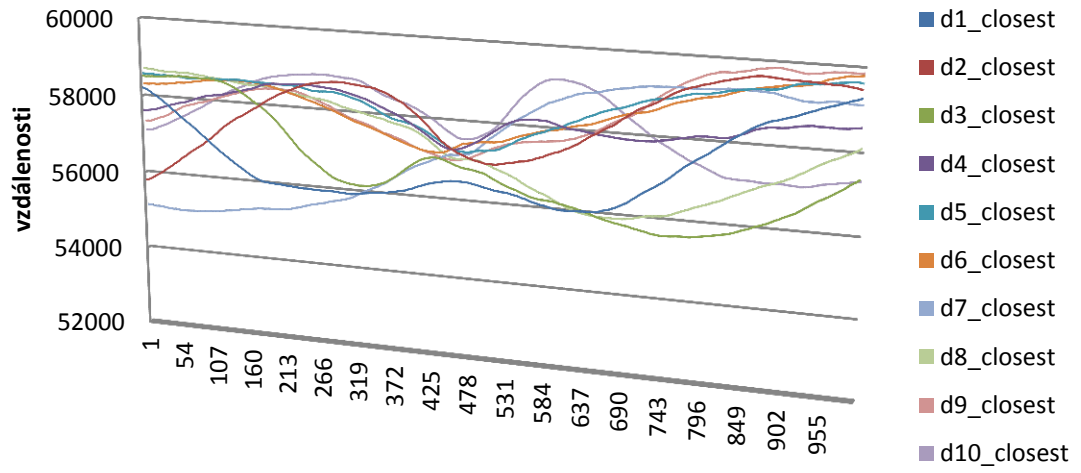
1. nejintenzivnější zvrásnění



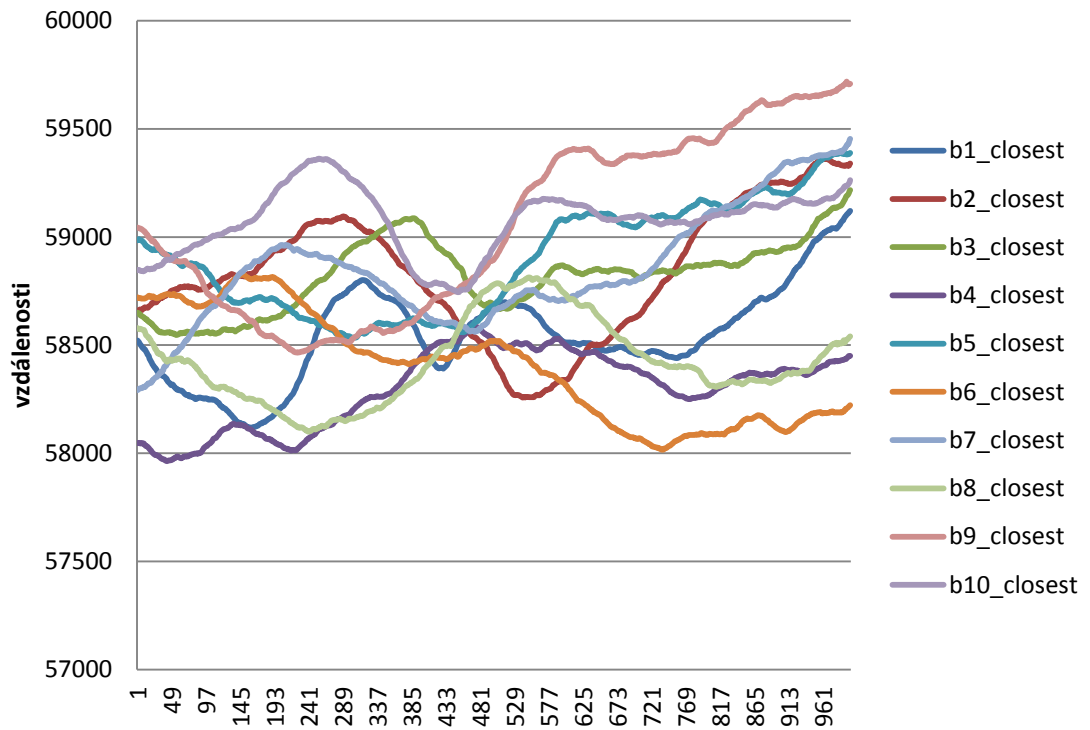
2.

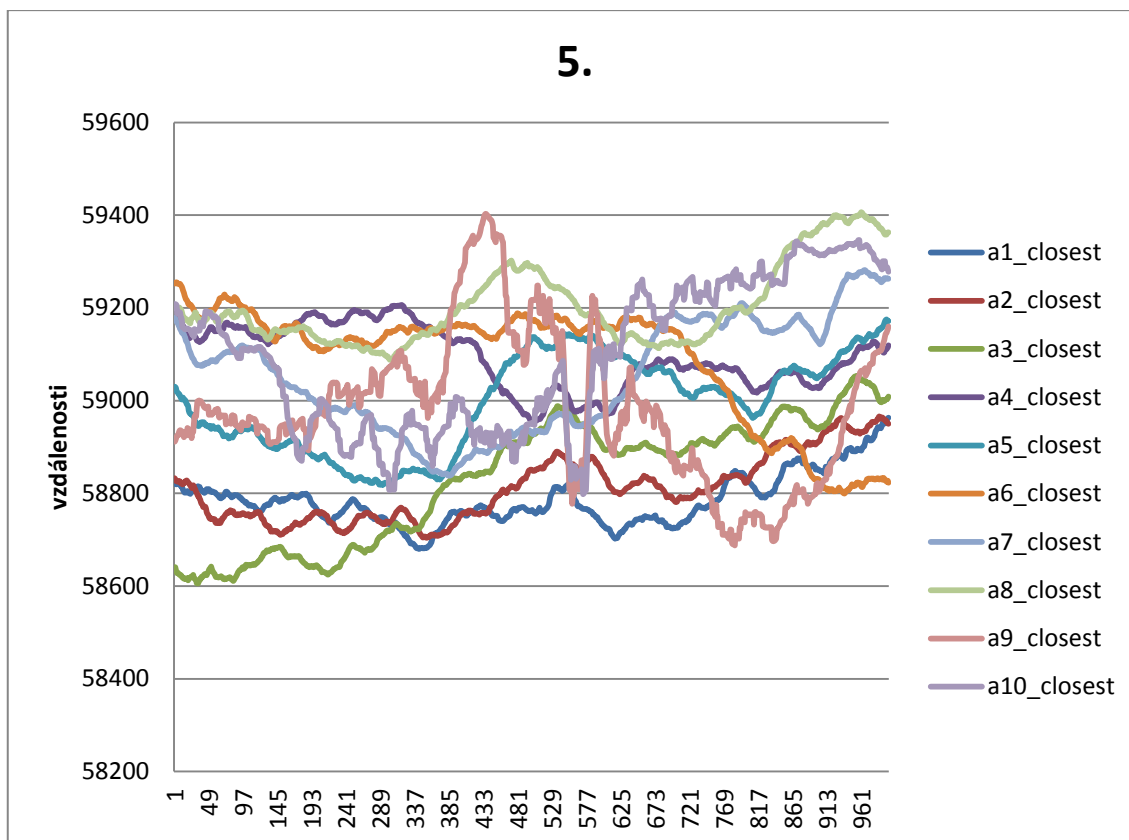


3.



4.



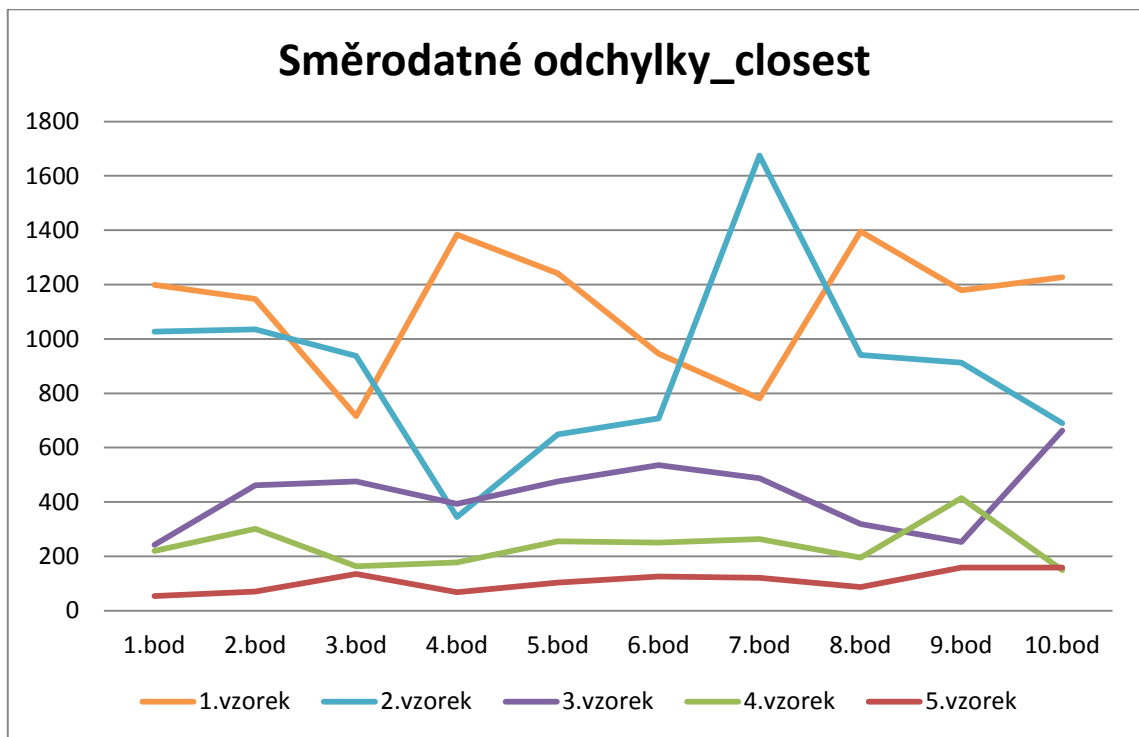


Směrodatné odchylky – closest.

Tabulka+ graf

		closest									
		1.									
		1.bod	2.bod	3.bod	4.bod	5.bod	6.bod	7.bod	8.bod	9.bod	10.bod
smodch		1198,4 33	1147,0 01	716,3 34	1383, 49	1240, 9	945,7 78	780,3 16	1396, 05	1178,6 79	1227,1 37
smodch. Tot		1260,6 48	1260,6 48	1260, 65	1260, 65	1260, 65	1260, 65	1260, 65	1260, 65	1260,6 48	1260,6 48
		2.									
		1.bod	2.bod	3.bod	4.bod	5.bod	6.bod	7.bod	8.bod	9.bod	10.bod
smodch		1027,0 32	1035,2 07	937,6 18	344,9 77	649,0 47	707,2 62	1674, 65	940,4 45	912,30 53	689,84 44
smodch. Tot		1124,3 14	1124,3 14	1124, 31	1124, 31	1124, 31	1124, 31	1124, 31	1124, 31	1124,3 14	1124,3 14
		3.									
		1.bod	2.bod	3.bod	4.bod	5.bod	6.bod	7.bod	8.bod	9.bod	10.bod
smodch		242,97 11	461,42	475,5 28	393,4 54	475,6 8	535,4 65	487,3 87	318,5 13	252,93 61	662,89 93
smodch.		599,48	599,48	599,4	599,4	599,4	599,4	599,4	599,4	599,48	599,48

Tot	08	08	81	81	81	81	81	81	08	08
	4.									
	1.bod	2.bod	3.bod	4.bod	5.bod	6.bod	7.bod	8.bod	9.bod	10.bod
smodch	219,93 85	301,70 55	163,5 35	178,2 72	254,9 9	251,2 84	263,8 79	195,1 92	414,94 99	148,86 36
smodch. Tot	365,90 95	365,90 95	365,9 1	365,9 1	365,9 1	365,9 1	365,9 1	365,9 1	365,90 95	365,90 95
	5.									
	1.bod	2.bod	3.bod	4.bod	5.bod	6.bod	7.bod	8.bod	9.bod	10.bod
smodch	54,580 35	70,511 89	135,4 52	67,80 3	103,5 57	125,6 39	121,2 73	86,89 48	158,55 36	159,26 99
smodch. Tot	176,55 76	176,55 76	176,5 58	176,5 58	176,5 58	176,5 58	176,5 58	176,5 58	176,55 76	176,55 76

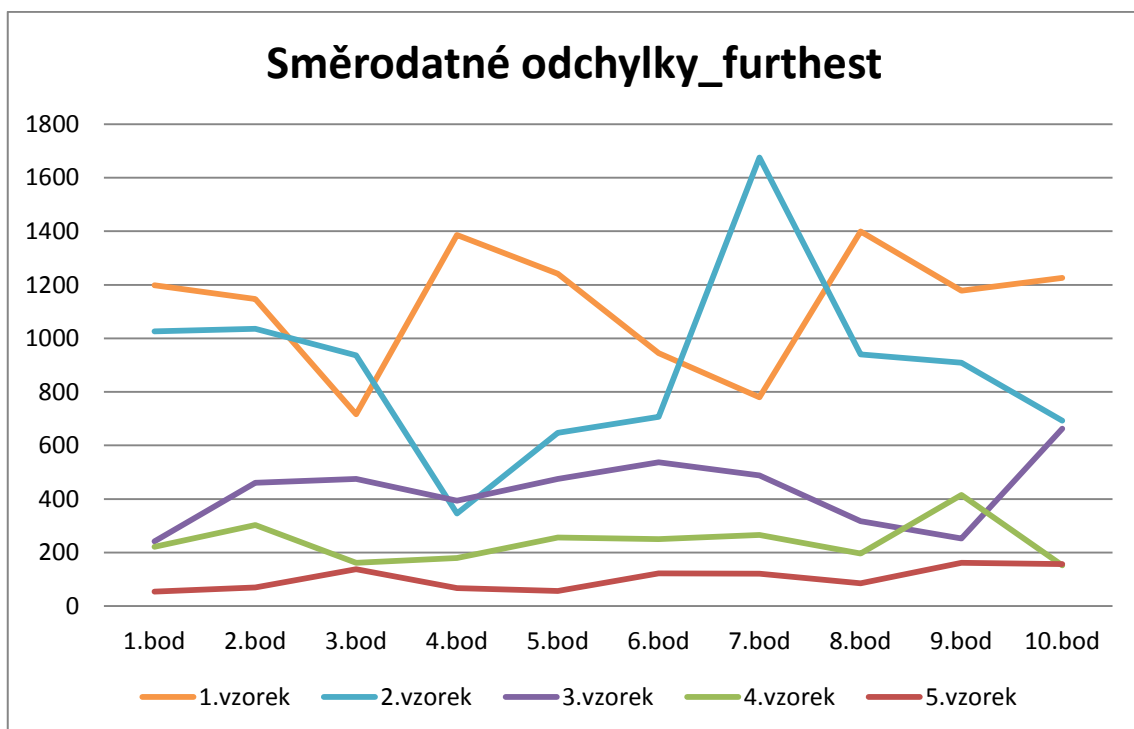


Směrodatné odchyly – furthest

Tabulka+ graf

	furthest									
	1.									
	1.bod	2.bod	3.bod	4.bod	5.bod	6.bod	7.bod	8.bod	9.bod	10.bod
smodch	1198,7 76	1147,4 22	716,7 78	1386, 52	1241, 13	945,2 44	780,1 26	1399, 14	1177,8 33	1225,3 88
smodch. Tot	1261,2 06	1261,2 06	1261, 21	1261, 21	1261, 21	1261, 21	1261, 21	1261, 21	1261,2 06	1261,2 06
	2.									
	1.bod	2.bod	3.bod	4.bod	5.bod	6.bod	7.bod	8.bod	9.bod	10.bod

smodch	1026,6 64	1035,4 16	936,2 27	345,5 43	647,3 54	707,3 37	1675, 11	940,1 87	908,84 16	692,80 99
smodch. Tot	1124,0 06	1124,0 06	1124, 01	1124, 01	1124, 01	1124, 01	1124, 01	1124, 01	1124,0 06	1124,0 06
3.										
	1.bod	2.bod	3.bod	4.bod	5.bod	6.bod	7.bod	8.bod	9.bod	10.bod
smodch	242,28 29	461,00 04	474,8 58	394,2 75	475,4 1	536,7 23	488,0 64	317,3 34	252,11 71	662,38 69
smodch. Tot	599,86 27	599,86 27	599,8 63	599,8 63	599,8 63	599,8 63	599,8 63	599,8 63	599,86 27	599,86 27
4.										
	1.bod	2.bod	3.bod	4.bod	5.bod	6.bod	7.bod	8.bod	9.bod	10.bod
smodch	221,59 8	302,85 3	162,3 62	179,9 26	255,7 98	250,6 81	265,7 94	196,6 24	414,90 07	152,51 1
smodch. Tot	366,28 76	366,28 76	366,2 88	366,2 88	366,2 88	366,2 88	366,2 88	366,2 88	366,28 76	366,28 76
5.										
	1.bod	2.bod	3.bod	4.bod	5.bod	6.bod	7.bod	8.bod	9.bod	10.bod
smodch	53,897 52	69,440 95	137,4 71	67,74 66	57,06 58	122,9 54	121,2 71	85,81 35	162,26 72	157,30 84
smodch. Tot	174,46 34	174,46 34	174,4 63	174,4 63	174,4 63	174,4 63	174,4 63	174,4 63	174,46 34	174,46 34



Zdrojové kódy – nastavení snímače TLE1

ComPanel.m

```

function fig = comPanel(laser)

    % Create UIFigure and components

    % Create UIFigure
    fig = figure();
    fig.Position = [100 100 640 480];
    fig.Name = 'comPanel';
    fig.NumberTitle = 'off';

    % Create b_sendData
    b_sendData = uicontrol();
    b_sendData.Position = [525 26 100 22];
    b_sendData.Style = 'pushbutton';
    b_sendData.Callback = @b_sendDataPushed;
    b_sendData.String = 'Send data';

    % Create STARTRW_ROIEditField_2Label
    e_STARTRW_ROI_label = uicontrol('Style', 'text');
    e_STARTRW_ROI_label.Position = [39 232 92 15];
    e_STARTRW_ROI_label.String = 'STARTRW_ROI';

    % Create STARTRW_ROIEditField_2
    e_STARTRW_ROI = uicontrol('Style', 'edit');
    e_STARTRW_ROI.Position = [146 228 100 22];

    % Create e_NUMRW_ROI_label
    e_NUMRW_ROI_label = uicontrol('Style', 'text');
    e_NUMRW_ROI_label.Position = [39 211 81 15];
    e_NUMRW_ROI_label.String = 'NUMRW_ROI';

    % Create e_NUMRW_ROI
    e_NUMRW_ROI = uicontrol('Style', 'edit');
    e_NUMRW_ROI.Position = [146 207 100 22];

```

```
% Create e_STARTCL_ROI_label
e_STARTCL_ROI_label = uicontrol('Style', 'text');
e_STARTCL_ROI_label.Position = [39 190 88 15];
e_STARTCL_ROI_label.String = 'STARTCL_ROI';
```

```
% Create e_STARTCL_ROI
e_STARTCL_ROI = uicontrol('Style', 'edit');
e_STARTCL_ROI.Position = [146 186 100 22];
```

```
% Create e_NUMCL_ROI_label
e_NUMCL_ROI_label = uicontrol('Style', 'text');
e_NUMCL_ROI_label.Position = [39 169 77 15];
e_NUMCL_ROI_label.String = 'NUMCL_ROI';
```

```
% Create e_NUMCL_ROI
e_NUMCL_ROI = uicontrol('Style', 'edit');
e_NUMCL_ROI.Position = [146 165 100 22];
```

```
% Create e_SEGMENT_label
e_SEGMENT_label = uicontrol('Style', 'text');
e_SEGMENT_label.Position = [353 362 90 15];
e_SEGMENT_label.String = 'SEGMENT';
```

```
% Create e_SEGMENT
e_SEGMENT = uicontrol('Style', 'edit');
e_SEGMENT.Position = [462 362 100 22];
```

```
% Create e_SUBSEGMENT_label
e_SUBSEGMENT_label = uicontrol('Style', 'text');
e_SUBSEGMENT_label.Position = [353 344 89 15];
e_SUBSEGMENT_label.String = 'SUBSEGMENT';
```

```
% Create e_SUBSEGMENT
e_SUBSEGMENT = uicontrol('Style', 'edit');
```

```
e_SUBSEGMENT.Position = [462 341 100 22];
```

```
% Button pushed function: b_sendData
```

```
function b_sendDataPushed(~, ~)
```

```
    fwrite(laser, [uint8(hex2dec('B0')), uint8(hex2dec('F8')), uint8(hex2dec('01')),  
uint8(hex2dec('01'))], uint16(str2num(e_STARTRW_ROI.String)))]
```

```
    fread(laser, 1, 'uint8');
```

```
    fwrite(laser, [uint8(hex2dec('B0')), uint8(hex2dec('F8')), uint8(hex2dec('03')),  
uint8(hex2dec('01'))], uint16(str2num(e_NUMRW_ROI.String)))]
```

```
    fread(laser, 1, 'uint8');
```

```
    fwrite(laser, [uint8(hex2dec('B0')), uint8(hex2dec('F8')), uint8(hex2dec('04')),  
uint8(hex2dec('00'))], uint8(str2num(e_SUBSEGMENT.String)))]
```

```
    fread(laser, 1, 'uint8');
```

```
    fwrite(laser, [uint8(hex2dec('B0')), uint8(hex2dec('F8')), uint8(hex2dec('05')),  
uint8(hex2dec('00'))], uint8(str2num(e_SEGMENT.String)))]
```

```
    fread(laser, 1, 'uint8');
```

```
    fwrite(laser, [uint8(hex2dec('B0')), uint8(hex2dec('F8')), uint8(hex2dec('17')),  
uint8(hex2dec('01'))], uint16(str2num(e_STARTCL_ROI.String)))]
```

```
    fread(laser, 1, 'uint8');
```

```
    fwrite(laser, [uint8(hex2dec('B0')), uint8(hex2dec('F8')), uint8(hex2dec('19')),  
uint8(hex2dec('01'))], uint16(str2num(e_NUMCL_ROI.String)))]
```

```
    fread(laser, 1, 'uint8');
```

```
    fwrite(laser, [uint8(hex2dec('B0')), uint8(hex2dec('F8')), uint8(hex2dec('1B')),  
uint8(hex2dec('01'))], uint16(str2num(e_STARTCL_WIN.String)))]
```

```
    fread(laser, 1, 'uint8');
```

```
    fwrite(laser, [uint8(hex2dec('B0')), uint8(hex2dec('F8')), uint8(hex2dec('1D')),  
uint8(hex2dec('01'))], uint16(str2num(e_NUMCL_WIN.String)))]
```

```
    fread(laser, 1, 'uint8');
```

```
    fwrite(laser, [uint8(hex2dec('B0')), uint8(hex2dec('F8')), uint8(hex2dec('1F')),  
uint8(hex2dec('01'))], uint16(str2num(e_STARTRW_WIN.String)))]
```

```
fread(laser, 1, 'uint8');

fwrite(laser, [uint8(hex2dec('B0')), uint8(hex2dec('F8')), uint8(hex2dec('21')),
uint8(hex2dec('01'))], uint16(str2num(e_NUMRW_WIN.String))]
fread(laser, 1, 'uint8');
end
end
```

DataPanel.m

```
classdef dataPanel < handle
```

properties

fig

graphFig

graphFig2

graphFig3

graphFig4

graph

laserOnButton

laserOffButton

dataStreamStartButton

closeButton

laserOnButtonPushed

laserOffButtonPushed

closeButtonPushed

level1EditField

level2EditField

level3EditField

level4EditField

level5EditField

end

methods

% Construct dataFlowPanel

function struct = dataPanel()

% Create and configure components

% Create UIFigure

struct.fig = figure();

struct.fig.Position = [100 100 640 480];

struct.fig.Name = 'dataControlPanel';

% Create graph

struct.graph = uipanel();

struct.graph.Position = [1 1 511 480];

%create fig for graph

struct.graphFig = figure();

struct.graphFig.Name = 'graph - distance';

%create fig for graph

struct.graphFig2 = figure();

struct.graphFig2.Name = 'graph - height';

%create fig for graph

struct.graphFig3 = figure();

struct.graphFig3.Name = 'graph - profile';

%create fig for graph

struct.graphFig4 = figure();

struct.graphFig4.Name = 'graph - std';

figure(struct.fig)


```
struct.laserOnButtonPushed = false;  
struct.laserOffButtonPushed = false;  
struct.closeButtonPushed = false;
```

% Create Button

```
struct.laserOnButton = uicontrol('Style', 'pushbutton');  
struct.laserOnButton.String = 'laserOnButton';  
struct.laserOnButton.Position = [524 409 100 22];
```

% Create Button2

```
struct.laserOffButton = uicontrol('Style', 'pushbutton');  
struct.laserOffButton.Position = [524 362 100 22];  
struct.laserOffButton.String = 'laserOffButton';
```

% Create Button3

```
struct.dataStreamStartButton = uicontrol('Style', 'togglebutton');  
struct.dataStreamStartButton.Position = [524 312 100 22];  
struct.dataStreamStartButton.String = 'dataStreamStartButton';
```

% Create Button4

```
struct.closeButton = uicontrol('Style', 'pushbutton');  
struct.closeButton.Position = [524 256 100 22];  
struct.closeButton.String = 'close';
```

% Create Button5

```
struct.level1EditField = uicontrol('Style', 'edit');  
struct.level1EditField.Position = [524 203 100 22];  
struct.level1EditField.String = '0';
```

% Create Button6

% nastavení hranice pro změnu barvy třídy dle smodch

```
struct.level2EditField = uicontrol('Style', 'edit');  
struct.level2EditField.Position = [524 144 100 22];
```

```

struct.level2EditField.String = '200';

% Create Button7
% nastavení hranice pro změnu barvy třídy dle smodch
struct.level3EditField = uicontrol('Style', 'edit');
struct.level3EditField.Position = [524 90 100 22];
struct.level3EditField.String = '420';

% Create Button8
% nastavení hranice pro změnu barvy třídy dle smodch
struct.level4EditField = uicontrol('Style', 'edit');
struct.level4EditField.Position = [524 29 100 22];
struct.level4EditField.String = '670';

struct.closeButton.Callback = @struct.closeButtonCallback;
struct.laserOnButton.Callback = @struct.laserOnButtonCallback;
struct.laserOffButton.Callback = @struct.laserOffButtonCallback;
end

function laserOnButtonCallback(struct, ~, ~)
    struct.laserOnButtonPushed = true;
end

function laserOffButtonCallback(struct, ~, ~)
    struct.laserOffButtonPushed = true;
end

function closeButtonCallback(struct, ~, ~)
    struct.closeButtonPushed = true;
end
end
end
end

```

Main.m

```
function main()

%%initiate comunication shared trough all functions
laser = tcpip('192.168.0.16', 1024);
fopen(laser);

%%global dataStreamStartButtonPushed;
%%global dataStreamStopButtonPushed;

%%creates panel with settings of laser
%%comPan = comPanel(laser);

%%creates panel used for measuring
dataPan = dataPanel();

streamOn = false;

while(1)
    if(dataPan.laserOnButtonPushed)
        if(streamOn)
            dataStreamStop();
        end
        laserOn();
        dataPan.laserOnButtonPushed = false;
    end

    if(dataPan.laserOffButtonPushed)
        if(streamOn)
            dataStreamStop();
        end
        laserOff();
    end
end
```

```

    dataPan.laserOffButtonPushed = false;
end

if(get(dataPan.dataStreamStartButton,'Value'))
    if(~streamOn)
        dataStreamStart();
    end
    % dataStreamStartButtonPushed = false;
end

if(dataPan.closeButtonPushed)
    fclose(laser);
    close all
    break
end
drawnow;
end

function laserOn()
    fwrite(laser, uint8(hex2dec('91')));
    fread(laser, 1, 'uint8');
end

function laserOff()
    fwrite(laser, uint8(hex2dec('90')));
    fread(laser, 1, 'uint8');
end

function dataStreamStart()
    streamOn = true;

    idx = 1;
    profile_num = 1;
    data = [];

```

```
standardDev = [];  
colorMap = [0 0 0]
```

```
while(get(dataPan.dataStreamStartButton, 'Value'))
```

```
    fwrite(laser, uint8(hex2dec('60')));
```

```
    temp = fread(laser, 2, 'uint16');
```

```
    data(idx, profile_num, 1) = temp(1);
```

```
    data(idx, profile_num, 2) = temp(2);
```

```
    idx = idx + 1;
```

```
while(laser.bytesavailable > 2)
```

```
    %%count bytes in buffer and amount to read
```

```
    bytesAvail = laser.bytesavailable - 2;
```

```
    n = bytesAvail - mod(bytesAvail,4);
```

```
    if(n == 0) %%wait for more bytes
```

```
        continue;
```

```
    end
```

```
    n = n/4; %%one point is represented by 4 bytes
```

```
    %%read and store data from laser
```

```
    temp = fread(laser, 2*n, 'uint16'); %%read
```

```
    data(idx:idx+n - 1, profile_num, 1) = temp(1:2:2*n);
```

```
    data(idx:idx+n - 1, profile_num, 2) = temp(2:2:2*n);
```

```
    for k = idx:(idx+n-1)
```

```
        %%varianta 1 – varianty filtrů proti šumu
```

```
        if(data(k, profile_num, 2) == 0)
```

```
            data(k, profile_num, 1) = NaN;
```

```
            data(k, profile_num, 2) = NaN;
```

```
        end
```

```
        %%varianta 2 – varianty filtrů proti šumu
```

```
        %         temp = [];
```

```
        %         temp = abs(diff(data(1:k-1, profile_num, 1)))
```

```

%           if abs(data(k-1, profile_num, 1) - data(k, profile_num, 1)) >
5*mean(temp)
%           data(k, profile_num, 1) = NaN;
%           data(k, profile_num, 2) = NaN;
%       end

        %%varianta 3 – varianty filtrů proti šumu
%       mean(data(1:k-1,profile_num,1))
%       0.5*std(data(1:k-1,profile_num,1))
%       data(k, profile_num, 1)
%       if mean(data(1:k-1,profile_num,1))+ 0.5*std(data(1:k-1,profile_num,1))
< data(k, profile_num, 1)
%           data(k, profile_num, 1) = NaN;
%           data(k, profile_num, 2) = NaN;
%       elseif mean(data(1:k-1,profile_num,1))- 0.5*std(data(1:k-
1,profile_num,1)) > data(k, profile_num, 1)
%           data(k, profile_num, 1) = NaN;
%           data(k, profile_num, 2) = NaN;
%       end

    end

    idx = idx + n;
end

temp = [];
temp = data(:,profile_num,1);
standardDev(profile_num) = std(temp(temp > 0));
figure(dataPan.graphFig);
plot(data(:,profile_num,1));
figure(dataPan.graphFig2);
plot(data(:,profile_num,2));
figure(dataPan.graphFig3);
if profile_num > 2
    mesh(data(:, :, 1));
end
fread(laser, 1, 'uint16');

```

```

drawnow;

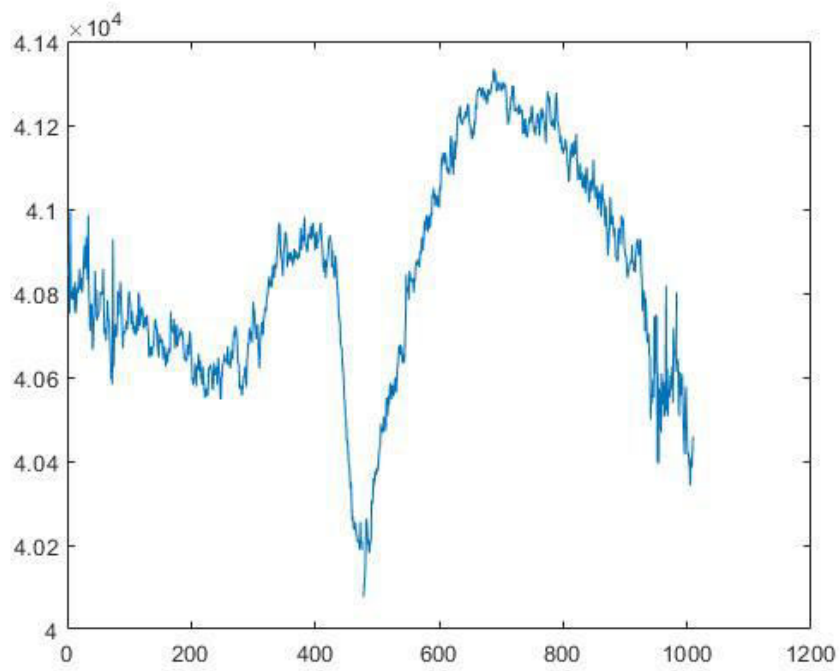
if standardDev(profile_num)>str2num(dataPan.level4EditField.String)
    color = [1,0,0];
elseif standardDev(profile_num)>str2num(dataPan.level3EditField.String)
    color = [1,0.568,0];
elseif standardDev(profile_num)>str2num(dataPan.level2EditField.String)
    color = [1,1,0];
elseif standardDev(profile_num)>str2num(dataPan.level1EditField.String)
    color = [0,1,0];
else
    color = [0,0,0];
end
figure(dataPan.graphFig4);
hold on;
stem(profile_num, standardDev(profile_num), 'filled', 'Color', color);
hold off;
grid on;

profile_num = profile_num + 1;
idx = 1;
end
streamOn = false;
xlswrite('exportedData', data(:,1), 'distance')
xlswrite('exportedData', data(:,2), 'height')
xlswrite('exportedData', standardDev, 'std')
end
end

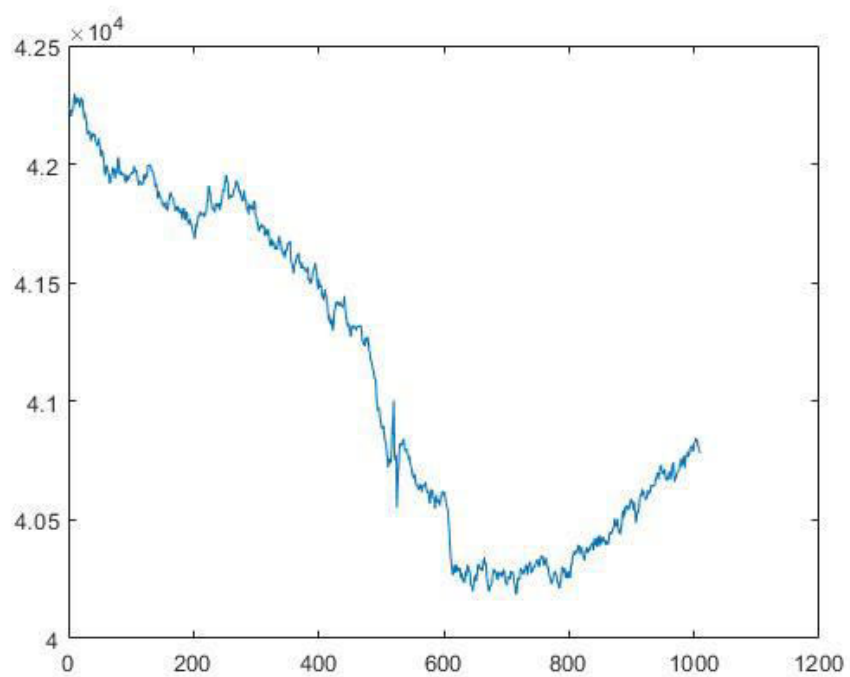
```

Vzorky vrásnění zhotovené dle fotoetalonu – Graf vzdálenosti (distance):

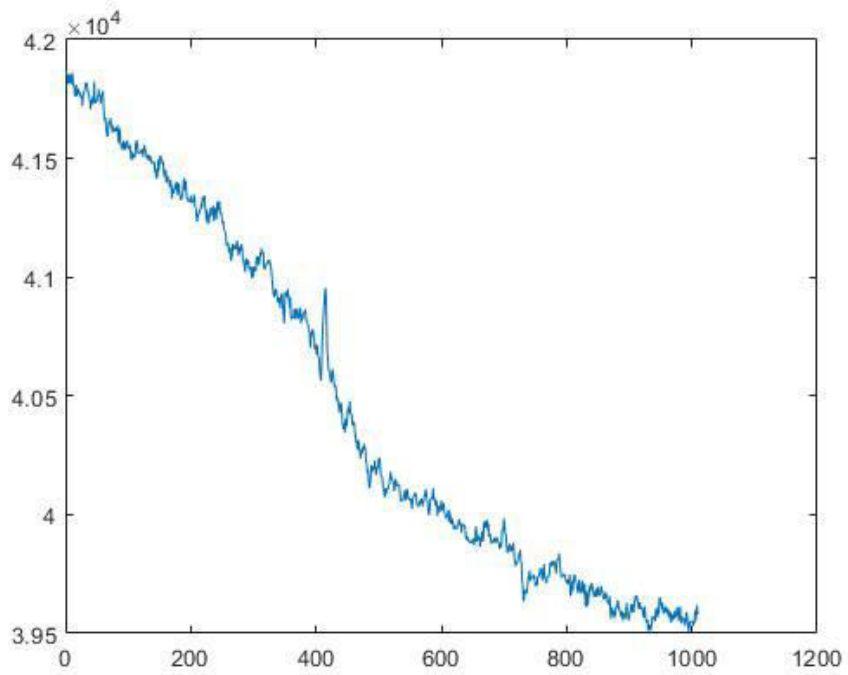
Vzorek č. 1 - nejzvrásněnější



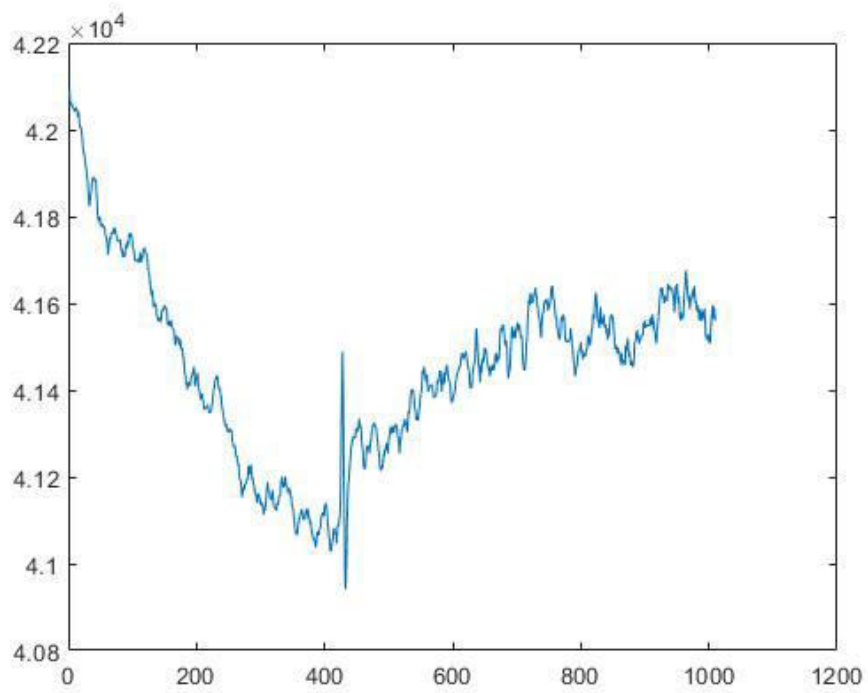
Vzorek č. 2



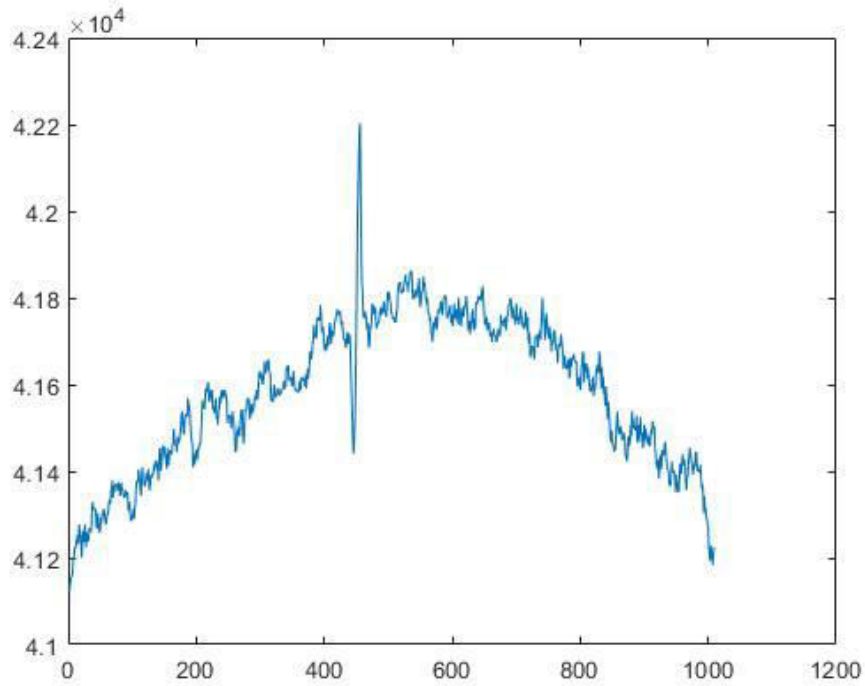
Vzorek č. 3



Vzorek č. 4



Vzorek č. 5



Referenční vzorky – popis, složení, 3D graf, Graf vzdáleností (distance):

Vzorek č. 1:

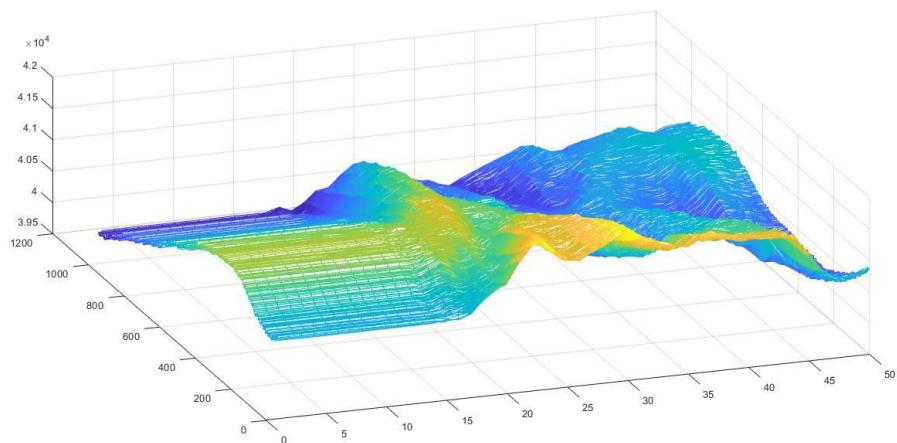
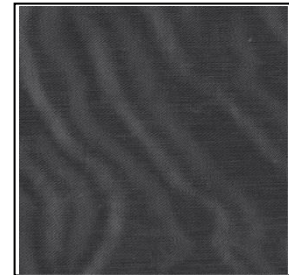
FKCK084

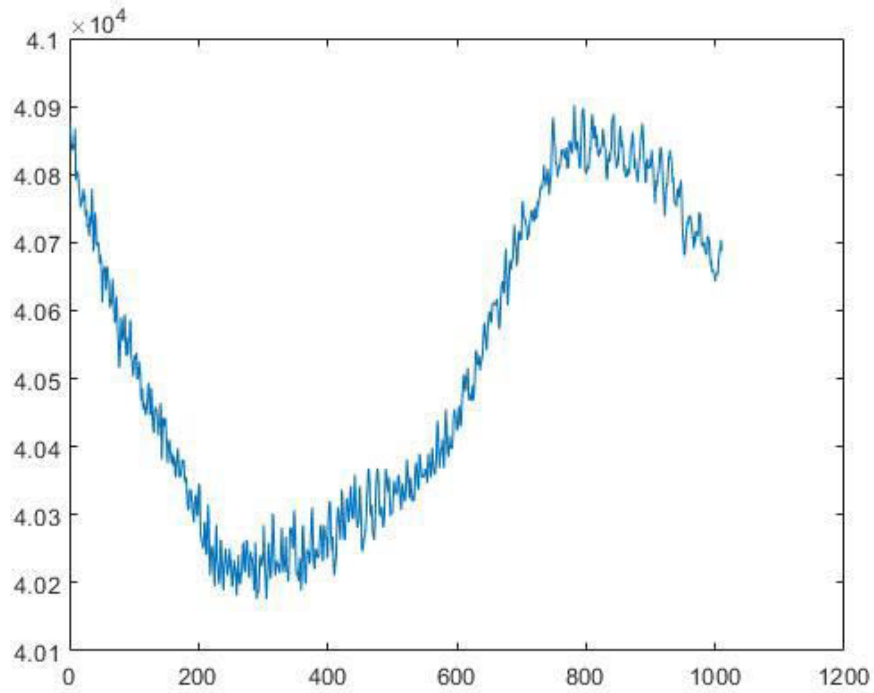
100% Polyamid

Tkanina – Lightweight shiny

80 g/m²

Membrane TPU clear, W/R





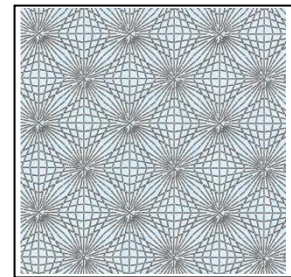
Vzorek č. 2:

FWCK036

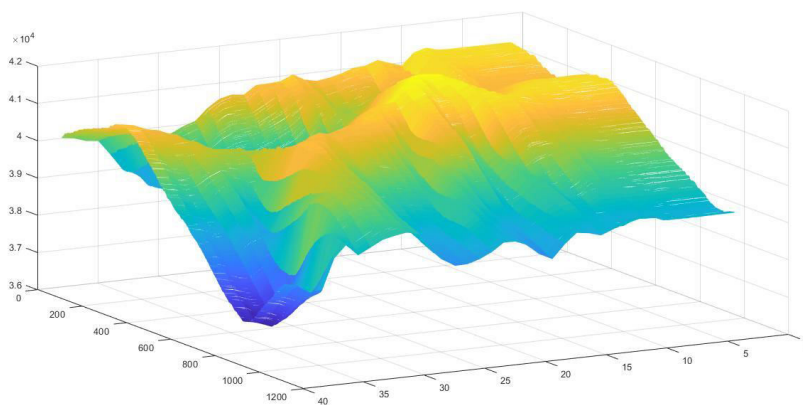
100% Polyester

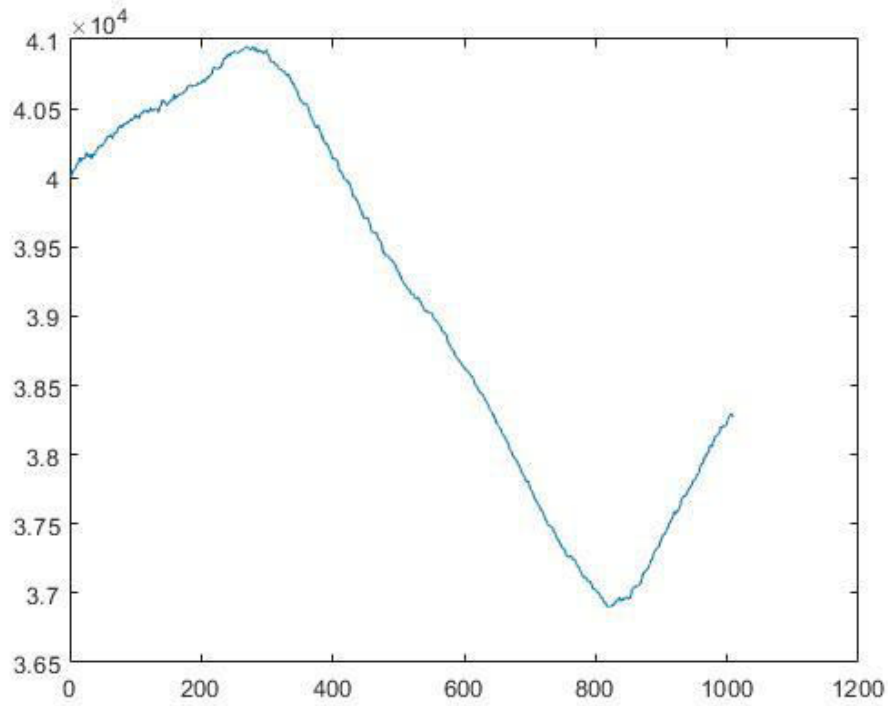
Tkanina

100 g/m^2



Mechanical stretch, Membrane TPU milky WP 10 000mm, WVP 10 000 $g/m^2/24h$
(Ref<10), DWR 5/80, PTX





Vzorek č. 3:

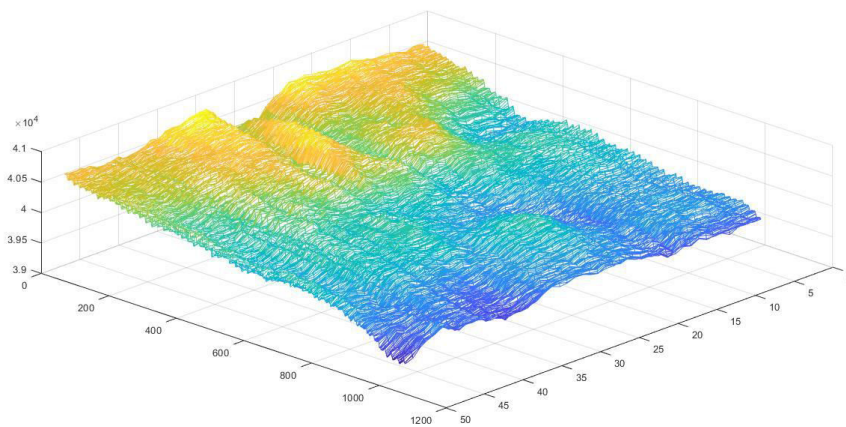
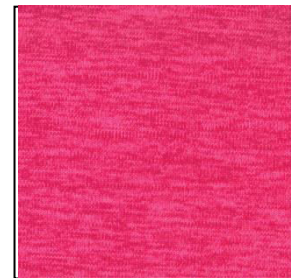
FKCG024

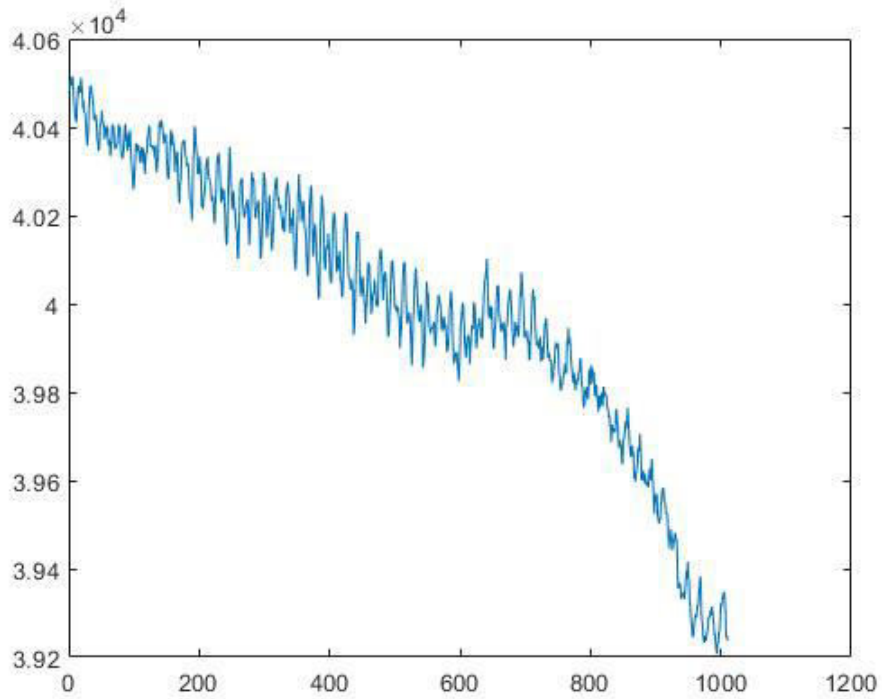
94% Polyester, 6% Elastan

Pletenina

245 g/m²

Quick dry/wicking, brushed back side





Vzorek č. 4:

FWCH025

100% Polyester

Tkanina – Lightweight Print

36 g/m²



Shiny downproof polish on back side, DWR 5/80, Teflon, Cire on face side

