



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní



Studentská vědecká a odborná činnost 2017

Textil

29. květen 2017

**Technická univerzita v Liberci
Univerzitní náměstí 1410/1
budova G,
461 17 Liberec**



Recenzent: Klára Antlová

Editor: Tereza Semerádová

© Technická univerzita v Liberci – 2017

ISBN 978-80-7494-338-6

Obsah

TEXTIL – bakalářský studijní program

Alžbeta HÔRECKÁ	
Stříhová konstrukce seamless dámského prádla	7
Olga JEŘÁBKOVÁ	
Vliv úprav pro snížení mačkovosti společenských košilovin na transport kapalné vlhkosti	17
Klára MASNICOVÁ	
Studium hoření kolmo kladených netkaných textilií upravených vodním sklem	25
Radim PLUCHA	
Vláknový implantát pro léčbu glaukomu z PVDF a jeho kombinací	35
Renáta PUŠOVÁ	
Využití výsledků dynamické antropometrie ve stříhových konstrukcích	44
Karolína ROUŠALOVÁ	
Využití odpadních vlněných vláken	54

TEXTIL – navazující a doktorský studijní program

Lukáš BORŮVKA	
Kontrola kvality kontrolních sít pro bižuterní kameny pomocí zpracování obrazu	66
Miroslav FRYDRYCH	
Hodnocení vzhledového defektu (zlomu – vrásky) na textilií použitím principu ohýbání do smyčky	76
Miroslav HERCLÍK	
Hodnocení vzhledového defektu (zlomu – vrásky) na textilií použitím principu cyklického mačkání textilie	86
Veronika KRÁTKÁ	
Postavení oděvního průmyslu v rámci EU	96
Michaela ŘEHÁKOVÁ	
Oděvní materiál jako ochrana proti laserovému záření	108
Iuliia YUDAKHINA	
Modernizace a automatizace zařízení pro detekci elektricky nabitých vrstev v polymerních roztocích	118

TEXTIL

bakalářský studijní program

Střihová konstrukce seamless dámského prádla

Hôrecká Alžbeta

Sekce - TEXTIL,

Fakulta textilní, 3. ročník

Bakalářský studijní program – Výroba oděvů a management obchodu s oděvy

Abstrakt: Obsahem práce je vývoj nové konstrukční metodiky pro dámské seamless prádlo s vymezenými střihovými bloky. Experiment popisuje získání fotografií figurín, na kterých byla aplikována metoda stínového moiré. Dále se věnuje porovnání umístění střihových bloků seamless kalhotek, které bylo určeno obrazovou analýzou a místy na tubusu z pleteniny, na kterých byla naměřena roztažnost materiálu. Na základě toho porovnání se další kapitoly věnují vytvoření výsledného konstrukčního algoritmu a střihu. Vytvořený konstrukční algoritmus je možné po změně vstupních parametrů následně aplikovat na střih dámských seamless kalhotek jakékoliv velikosti. Výsledkem této práce je nová konstrukční metodika pro dámské seamless kalhotky s vymezenými střihovými bloky.

Klíčová slova: Seamless, dámské kalhotky, moiré, somatotyp, střihové bloky, konstrukční metodika

1. Úvod

Z pohledu oděvního průmyslu je prospěšné vyvíjet nové konstrukční metodiky pro dámské seamless prádlo s vymezenými střihovými bloky kvůli její obtížné dostupnosti. Přestože jsou seamless výrobky zhotoveny ve formě hadicové pleteniny, je nutné u těchto výrobků stanovit střihové bloky – místa, na kterých jsou jiné mechanické vlastnosti pleteniny.

Pro tvorbu střihů a konstrukčních střihových bloků je nezbytná znalost lidského těla, způsoby měření tělesných rozměrů a popis geometrie lidského těla. Pro popis geometrie lidského těla je použita metodika stínové moiré. Pomocí této metodiky jsou stanoveny konstrukční střihové bloky. Obrazová analýza, která je provedena programem NIS – Elements, je využita ke zjištění rozměru a umístění střihových bloků. Tyto vlastnosti jsou velmi důležité pro vytvoření konstrukčního algoritmu, ve kterém nejsou použity konstantní hodnoty dle konkrétních tělesných rozměrů, ale nezávislé konstrukční parametry, které lze dopočítat.

2. Rešeršní část

V rešeršní části jsou popsány dostupné konstrukční metodiky pro dámské prádlo. Dále jsou popsány způsoby měření geometrie lidského těla, které slouží jako základ pro experimentální část bakalářské práce.

Pro experimentální část je nejvhodnější metodika pro dámské bokovky. Konstrukční síť, do které jsou zhotoveny dámské bokovky je vhodná také pro elastické prádlo. Oproti prádlové konstrukci má řadu výhod:

- přesněji určuje potřebné křivky pro zaoblení
- potřebné výběry jsou přímo v konstrukci (zbývá je pouze doměřit)
- lépe odpovídá ženské postavě.

Také byla vykonána analýza pro výběr nejvhodnějšího somatotypu pro experimentální část. Za nejvhodnější pro experimentální část byly vybrány figuríny od firmy Alvanon. Figuríny byly zhotoveny na základě dat shromážděných po celém světě se zaměřením nejen na velikosti, ale

také na tělesné tvary. Figuríny přesně popisují tvar lidského těla. Pro experimentální část bylo nezbytné prozkoumat způsoby zjišťování popisu geometrie lidského těla. Nejvhodnější metody jsou:

- projekční moiré
- stínové moiré

3. Experiment stínového moiré

Jedná se o metodu, která k rekonstrukci tvaru povrchu využívá analýzu intenzivního průběhu snímaného objektu. Stín je pozorován kamerou skrz mřížku na povrchu tělesa. Přístrojové vybavení pro experiment je tvořeno z těchto komponent:

- zdroj světla – data - projektor
- záznamové zařízení
- mřížka [1]

Mřížka je postavena před měřený objekt. Při provedení experimentu nejvíce záleželo na rozmístění mřížky, světelného zdroje a kamery. Optimální rozmístění pro experiment bylo:

- l_0 – vzdálenost kamery a světelného zdroje od mřížky = 1800 mm
- d – vzdálenost mezi kamerou a světelným zdrojem = 500 mm
- g – velikost rozteče mřížky = 1 mm x 2 mm
- h – hloubka – vzdálenost měřeného objektu od roviny mřížky = 80 mm
- α – úhel mezi kamerou a projektorem = 36°

Pro experiment byly použity figuríny (F1, F2, F3) od firmy Alvanon. Byly zhotoveny na základě dat shromážděných po celém světě metodou 3D skenování těla se zaměřením nejen na velikosti, ale také na tělesné tvary. Figuríny jsou vyhovující, protože přesně popisují tvar lidského těla. [2]. Na figurínách byly vytvořeny pomocné značky – sedová přímka a výška bederního trnu. Tyto značky byly použity pro určení výsledných stříhových bloků.

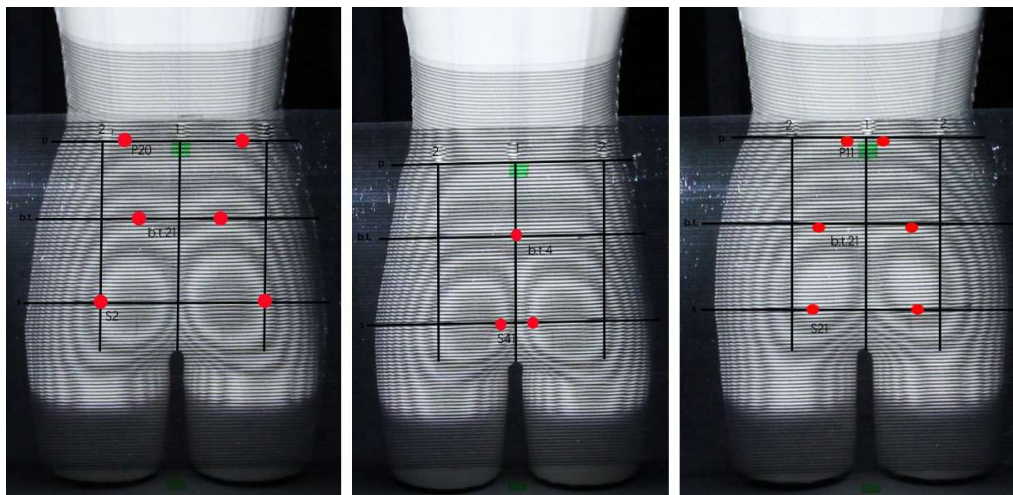
3.1. Vyhodnocení experimentu

Prvním výsledkem experimentu bylo zjištění rozdílů mezi jednotlivými somatotypy. Dále byly stanoveny stříhové bloky pro konstrukci seamless dámských kalhotek.

Na obrázku 1 jsou vyznačeny nejextrémnější body v oblasti hýždí pro pozorované somatotypy. Pro F1 jsou tyto body v oblasti:

- sedová linie – průsečík sedové přímky a vertikální přímky 2
- bederní trn – průsečík přímky bederního trnu a vertikální přímky v oblasti 0,5* Bt.2Bt1
- pasová linie – průsečík pasové přímky a vertikální přímky v oblasti 0,3* P2P1

Pro F2 se tyto body nachází v oblasti zadní středové přímky. Pro F2 není vyznačen nejextrémnější bod v oblasti pasové linie, protože je výškový rozdíl zanedbatelný. Pro F3 se tyto body nacházejí mezi vertikálními přímkami 2 – 1. Tyto body byly zjištěny pomocí programu NIS - Elements AR 40.00.8.

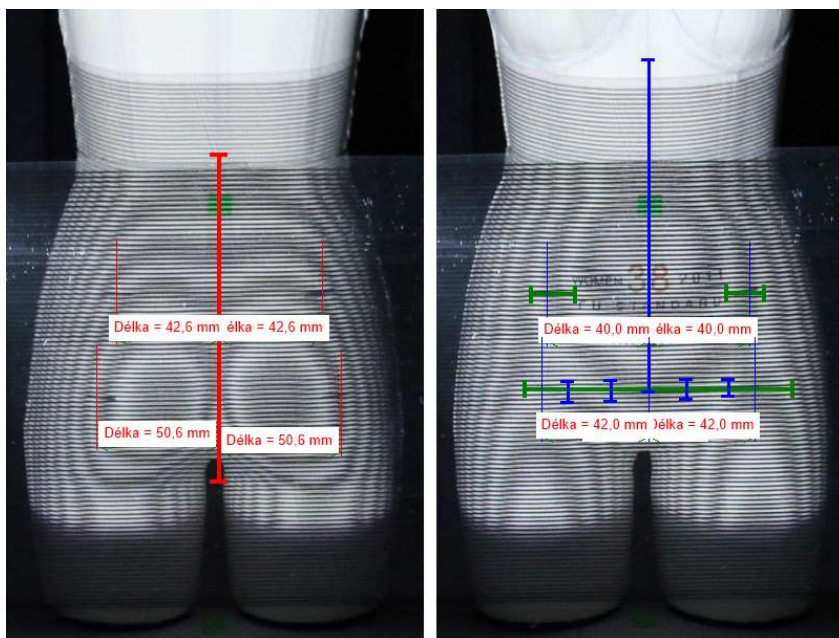


Obrázek 1 : Nejextrémnější místa za ZD – F1, F2, F3

Rozdíl je také v rovnoměrnosti plochy hýždí. U F2 je tato plocha rovnoměrná, bez výrazných výškových rozdílů. U figurín F1 a F3 nebyla plocha hýždí stejná. Nejvíce nerovnoměrná plocha byla zjištěna u F3.

Pro určení bloků byla použita jen F1. Získané fotografie byly dále zpracovány programem – NIS - Elements AR 40.00.8 (dříve nazývaný také LUCIA) – je to obecný program pro obrazovou analýzu určený ke sledování, nasnímání i archivaci obrazů struktur a k ručnímu nebo automatizovanému měření vzorků. [3]

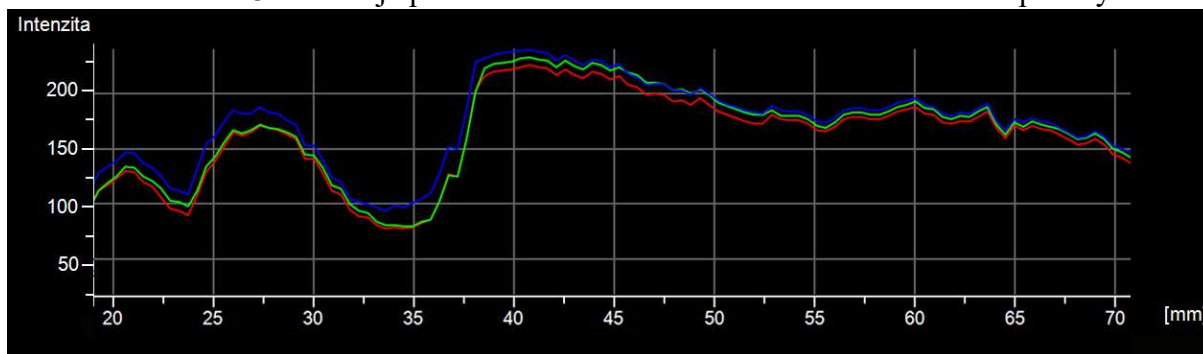
Na obrázku 2 jsou znázorněny vzdálenosti na ZD od vertikální přímky 1 po vertikální přímce 2 a vzdálenosti na PD od vertikální přímky 7 po vertikální přímku 6. Na obrázku 2 jsou viditelné bloky získané stínovým moiré.



Obrázek 2 : Rozměry získané v programu NIS- Elements AR 40.00.8

Pomocí programu NIS – Elements byly zjištěny body, které určují nejextrémnější místa na PD, ZD a na bočních dílech. Tyto body jsou důležité pro konstrukci dámských seamless kalhotek, protože na těchto místech je předpoklad, že bude použita pletenina s různými mechanickými vlastnostmi. Vycházejí z grafů, které jsou znázorněny na obrázcích 3, 4, 5. Křivky na obrázcích 3, 4, 5 náleží horizontální sedové.

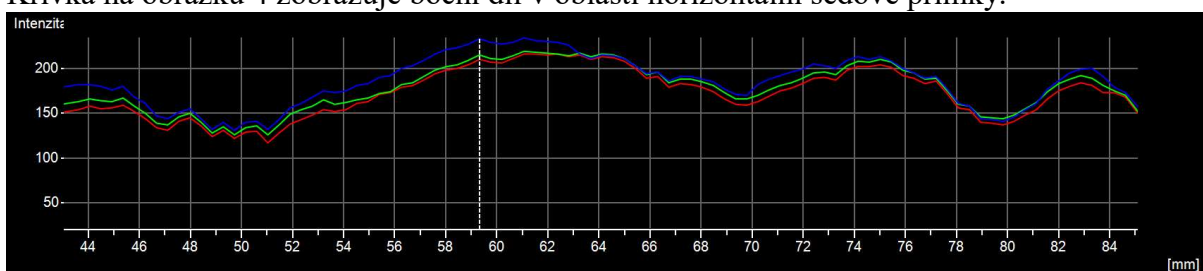
Křivka na obrázku 3 zobrazuje pravou stranu ZD v oblasti horizontální sedové přímky.



Obrázek 3 : Křivka výškových rozdílů na ZD

Hodnotou 40 mm prochází vertikální přímka 2. V této oblasti je nejextrémnější bod v oblasti sedové linie – bod S2.

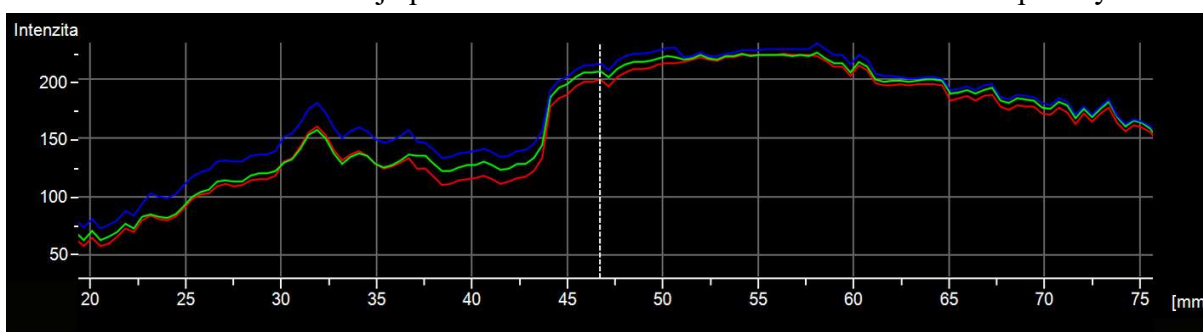
Křivka na obrázku 4 zobrazuje boční díl v oblasti horizontální sedové přímky.



Obrázek 4 : Křivka výškových rozdílů na bočním dílu

Hodnota 61 mm prochází bodem S39 . V této oblasti je nejextrémnější bod v oblasti sedové linie – bod S39.

Křivka na obrázku 5 zobrazuje pravou stranu PD v oblasti horizontální sedové přímky.

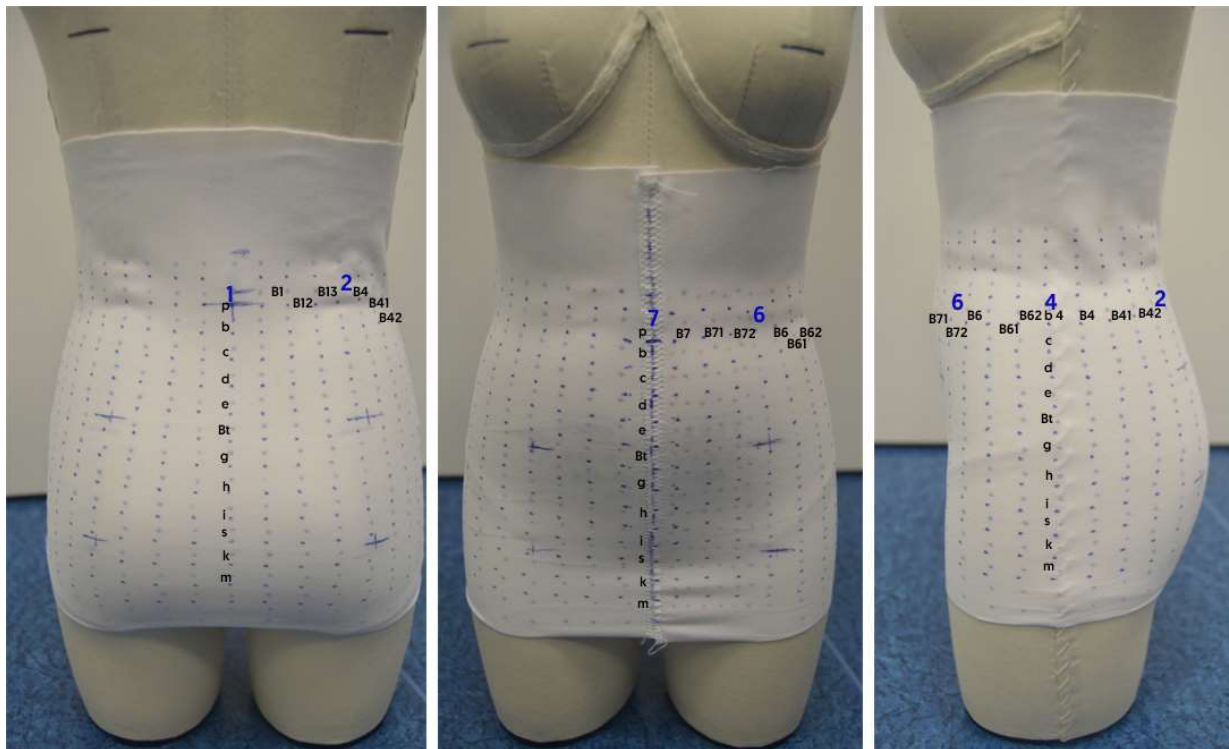


Obrázek 5 : Křivka výškových rozdílů na PD

Pro potvrzení metody moiré byl zhotoven tubus z pleteného materiálu.

Konstrukce byla zhotovena podle Konstrukční metodiky pro dámské bokovky. Vstupním parametrem pro konstrukci byl obvod pasu. Roztažnost materiálu byla v oblasti sedové linie 27,2 %. Pro pasovou linii nebyla uvažována roztažnost, protože kalhotky v pase žádnou nevykazují. Tato roztažnost vychází s literatury [4], kde je jako ideální hodnota pro dámské prádlo uvedeno 30 %. Pokud by byl experiment vykonáván na kompresním prádle, musela by být uvažována větší roztažnost na celé ploše. Na předním dílu byl zhotoven řetízkovým stehem přeplátovaný šev. Tento šev žádným způsobem neovlivnil vlastnosti výrobku a měření. Tubus byl zhotoven od rozkrokové přímky po podprsní přímku. Tato délka byla zvolena z důvodu přesnosti výsledků v pasové linii. Na obrázku 6 je znázorněné rozdělení pleteniny na jednotlivé elementy. Tyto elementy mají velikost 1 cm x 1 cm. Tento rozměr je stejný jako rozměr pro kalibraci v programu NIS Elements.

Pro měření změny velikostí elementů bylo použito digitální posuvné měřidlo. Výsledky byly získány s přesností na setinu milimetru. Hodnoty jsou rozdílné na levé a pravé straně PD a ZD. Tyto rozdíly pramení z nerovnoměrnosti lidského těla. Tato nerovnoměrnost byla také zohledněna při tvorbě figurín, které byly zhotoveny podle naměřených hodnot přímo na lidském těle. Nerovnoměrnosti, které byly naměřeny, se shodují s nerovnoměrnostmi zjištěnými pomocí stínového moiré. Pro tvorbu střihu byl tento rozdíl zanedbán.



Obrázek 6 : Tubus pleteny, měřené elementy s vyznačeními body

3.2. Konstrukční algoritmus pro tvorbu střihu dámských kalhotek

Bloky byly určeny z:

- naměřených hodnot z tabulek 10, 11, 12, 13
- hodnot získaných pomocí stínového moiré – fotografie a hodnoty získané z obrazové analýzy programu NIS – Elements.

Ke zkompletování celých kalhotek je potřeba samostatně zhotovit také rozkrokovou část. Pro zkompletování rozkrokové části je potřebné dopočítat:

- $rz = 2 * os / 10$
- $rp = 2 * os / 10 + 1,5 \text{ cm}$

Základní konstrukce pro dámské seamless kalhotky je v tabulce 1

Tabulka 1 : Základní konstrukce pro dámské seamless kalhotky

P.č	Název rozměru	Popis konstrukce	Výpočtové vztahy
1.	Zadní přímka	1	

2.	Pasová přímka	P1	$\perp 1$
3.	Rozkroková přímka	R1 (P1R1)	bh
4.	Sedová přímka	S1 (P1S1)	bhs (0,125 vp)
5.	Bederní trn	Bt1	0,5 P1S1
6.	$\perp$ S1, R1, Bt1		
7.	Přední přímka	7 (P1P7)	0,5 op
8.	Boční přímka	4 (P1P4)	0,25 op
9.	Zadní průramková přímka	2 (P1P2)	0,5 P1P4
10.	Přední průramková přímka	6 (P4P6)	0,5 P4P7
11.	$\perp$ P2, P3, P4, P5, P6, P7	Bt1, Bt3, Bt4, Bt5, Bt6, Bt7, S2, S3, S4, S5, S6, S7, R2, R3, R4, R5, R6, R7	
12.	Zadní rozkroková přímka	Rz (R1Rz)	2 * ob/ 10
13.	Šířka rozkroku	Rz' (RzRz')	5 cm
14.	Vykreslení rozkrokové části	Rz'R2	Přímka
15.	Přední rozkroková přímka	Rp (R7Rp)	2 * ob/ 10 + 1,5 cm
16.	Šířka rozkroku	Rp' (RpRp')	5 cm
17.	Vykreslení rozkrokové části	Rp'R62	Pomocí křivítka

Tato konstrukční metodika je vhodná pro jakoukoliv velikost, protože jsou zde používány konstrukční vzorce a procentuální hodnoty základních tělesných rozměrů, které se dají aplikovat i na jiné velikosti

Tabulka 2 : Tvarování dámských kalhotek – bloky s roztažností + 40 %

P.č	Popis konstrukce	Výpočtové vztahy
1.	S11 (R1S11)	0,38 bh; 0,53 bhs
2.	S12 (S11S12)	0,4 S1S2
3.	S13	$\perp$ S12
4.	S14 (S13S14)	0,2 S1S2
5.	Bt14	$\perp$ S14
6.	Bt2 (Bt14Bt2)	$\perp$ Bt14
7.	R21 (R1R21)	0,2 R2R4
7.	S21 (R21S21)	0,38 bh; 0,53 bhs
8.	S22 (S21S22)	0,2 S2S4 ($\perp$ S21)
9.	S45 (S6S45)	0,7 S6S4
10.	R45	$\perp$ S45

Tabulka 3 : Tvarování dámských kalhotek – bloky s roztažností + 30 %

P.č	Popis konstrukce	Výpočtové vztahy
1.	Bt1Bt14	
2.	S11Bt1	
3.	R21R45	
4.	Bt21 (R21Bt21)	R1Bt1
5.	Bt31(Bt21Bt31)	0,5 Bt2Bt4
6.	$\perp$ Bt 31	
7.	Bt31' (Bt31Bt31')	0,125 Bt1R1
8.	Bt41 (Bt31'Bt41)	$\perp$ Bt 31'
9.	S4 (Bt41S4)	$\perp$ Bt41
10.	S45	
11.	S45' (S45S45')	0,125 Bt1R1
12.	$\perp$ S45'	
13.	S51 (S45'S51)	0,5 S4S6
14.	$\perp$ S51	
15.	Bt51 (S51Bt51)	S1Bt1
16.	$\perp$ Bt51	
17.	Bt61 (Bt51Bt61)	0,5 Bt4Bt6
18.	Bt61'	$\perp$ Bt61
19.	Bt62 (Bt61Bt62')	0,125 Bt6Bt7
20.	S62	$\perp$ Bt62
21.	S63 (S62S63)	0,4 S6S7
22.	$\perp$ S63	
23.	S63' (S63S63')	0,5 S7Bt7
24.	S7'	$\perp$ S63'

3.3. Popis stříhových bloků

Popis bloků vyznačených na obrázku 7 červenou linií je v tabulce 4.

Tabulka 4 : Popis stříhových bloků pro dámské seamless kalhotky

Bloky	ZD	PD	Boční díl
Výška (vnitřní)	0,51 * bhs (R1'S1')	0,47 * bhs (S4'R4)	1,1 * bhs (P7S7')
Šířka (vnitřní)	0,28 * (0,5 * op) (S1S14')	0,18 * (0,5 * op) (S41S46)	0,14 * 0,5op (S62'S7) (0,19 * 0,5 * op) (Bt6'Bt7)

Uhlopříčka	0,43 * bhs ((RuSu) 0,39 * bhs (Ru'Su')	-	-
Výška (vnější)	0,51 * bhs + 0,1	0,70 * bhs (Bt4'R4)	bh - (P7S7)
Šířky (vnější)	0,28 * (0,5 * op) + 0,1	0,25 * 0,5op (S41'S46')	0,25 * (0,5 * op) (S6'S7) 0,22 * (0,5 * op) (Bt60'Bt7)

Šířka vnitřní ZD – tato hodnota byla zjištěna pomocí pomocné linie zhotovené v 0,5 * S1S2

Konstrukce včetně stříhových bloků s vyznačenou rozdílnou roztažností je znázorněna na obrázku 7. Konstrukce a vyznačené stříhové bloky jsou zkonstruovány na základě hodnot naměřených na pletenine. Na obrázku 7 jsou výsledné stříhové bloky ohraničené červenou linií, které byly získány stínovým moiré. Tyto bloky byly určeny na základě zpracování v programu NIS – Elements. Bloky se skládají z různě zabarvených částí, které symbolizují rozdílnou roztažnost. Podle barevného rozlišení musí v konkrétních blocích nastat změna mechanické charakteristiky pleteniny. Na konstrukci se nachází rozkroková část, která je vyznačená bílou barvou, protože v této oblasti je konstrukce bez roztažnosti. Konstrukce stříhu dámských seamless kalhotek s vymezenými stříhovými bloky byla sestrojena v programu AutoCAD 2015 v měřítku 1:2. Během sestrojení byly nanášeny hodnoty, které byly naměřené na F1.

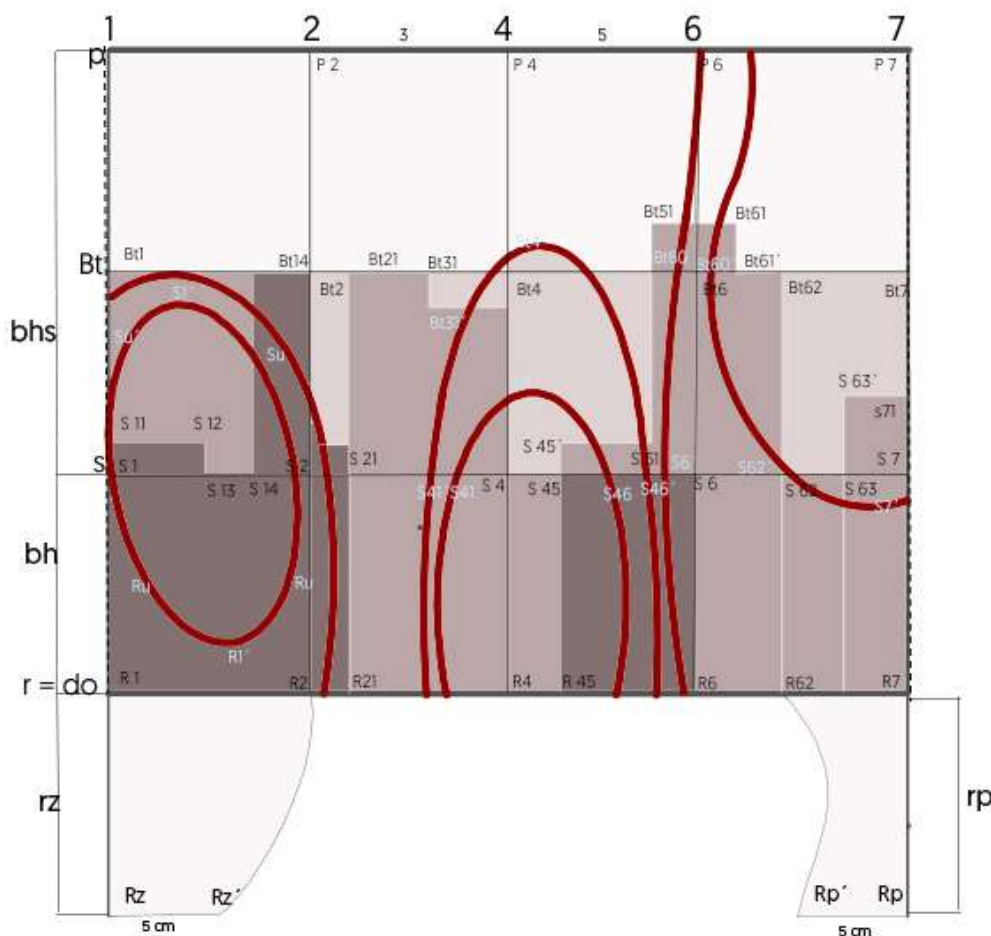
Na obrázku 7 jsou barevně rozlišeny rozdíly v roztažnosti:

 – plocha, na které byla zjištěna roztažnost větší než 40 %. Elementy se zvětšily o více než 0,4 mm.

 – plocha, na které byla zjištěna roztažnost větší než 30 %. Elementy se zvětšily o více než 0,3 mm.

 – plocha, na které byla zjištěná roztažnost větší než 20 %. Elementy se zvětšily o více než 0,2 mm. Pro klasické seamless prádlo lze tuto roztažnost zanedbat, protože roztažnost nedosáhla 30 %, což je doporučená hodnota u bezešvého prádla.

 – roztažnost v této oblasti je zanedbatelná. Byla zde zjištěna průměrná roztažnost menší než 20 %.



Obrázek 7 : Konstrukce dámských seamless kalhotek s konstrukčními bloky

Závěr

Cílem práce bylo zhotovení konstrukčního střihu pro dámské seamless kalhotky s vymezenými střihovými bloky. Metodou stínového moiré byly získány fotografie, které byly dále zpracovány v programu NIS – Elements, díky kterému byly zjištěny rozměry jednotlivých střihových bloků na ZD, PD a bočním díle dámských kalhotek. Dále byl zhotoven tubus z pleteniny, který byl navlečen na krejčovskou figurínu a rozčleněn na jednotlivé elementy o velikosti 1 x 1 cm. Stejný rozměr byl použit pro kalibraci programu NIS – Elements. Velikost a umístění střihových bloků získaných z programu NIS – Elements jsou porovnány s pozicemi největších roztažností naměřených na tubusu z pleteniny. Na základě tohoto porovnání jsou stanoveny střihové bloky s rozdílnou roztažností materiálu. Hodnoty získané z programu NIS – Elements a hodnoty naměřené na tubusu z pleteniny slouží jako základ pro vytvoření konstrukčního algoritmu s vymezenými střihovými bloky.

Aby bylo možné konstrukční algoritmus aplikovat pro jakoukoliv velikost dámských seamless kalhotek, nejsou v něm použity konstantní hodnoty dle konkrétních tělesných rozměrů, ale nezávislé konstrukční parametry, které lze dopočítat. V algoritmu jsou použity jen dva vstupní parametry op a vp . Na základě vytvořeného algoritmu byl zhotoven

konstrukční stříh. Výsledkem této práce je nová konstrukční metodika pro dámské seamless kalhotky s vymezenými stříhovými bloky.

Literatura

- [1] MANDÁT, DUŠAN. *OPTICKÉ BEZKONTAKTNÍ TOPOGRAFICKÉ METODY*. OLOMOUC, 2012.
- [2] ALVANON. *ALVANON* [ONLINE]. 2016 [CIT. 2017-04-30]. DOSTUPNÉ Z: [HTTP://ALVANON.COM/](http://alvanon.com/)
- [3] Program NIKON NIS - Elements. *Hanyko Praha* [online]. Praha, 2016 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <https://www.hanyko-praha.cz/produkty/metalografie/software-pro-hodnoceni-struktury/nikon-nis-elements/>
- [4] FILATOV, Vladimír Nikolajevič. *Navrhování pružných textilních výrobků*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1984.

VLIV ÚPRAV PRO SNÍŽENÍ MAČKAVOSTI SPOLEČENSKÝCH KOŠILOVIN NA TRANSPORT KAPALNÉ VLHKOSTI

Olga Jeřábková

Sekce – TEXTIL
Fakulta Textilní, 4. ročník
Bakalářský studijní program - VOMOO

Anotace

Bakalářská práce hodnotí vliv údržby na transport kapalně vlhkosti společenských košilovin se speciální finální úpravou. Kapitoly teoretické části jsou zaměřeny na segment košilovin. Teoretická část pojednává o nemačkových úpravách společenských košilovin, jejich údržbě a vlastnostech zajišťující komfort nositeli. Tato práce popisuje faktory ovlivňující transport vlhkosti, jež jsou hodnoceny v rámci experimentální části. Měřeno bylo pět vzorků bavlněných košilovin ošetřených finální nemačkovou úpravou. Experimentální část popisuje postup a výsledky měření transportu vlhkosti. Vzlinavost byla hodnocena pomocí termografické techniky, na přístroji MMT byla testována a vyhodnocena savost materiálů. Výsledky obou metod byly statisticky vyhodnoceny a graficky znázorněny.

Klíčová slova: košilovina, nemačková úprava, vzlinavost, nasákavost, přístroj MMT.

Úvod

Většina zákazníků dnes preferuje košile vyrobené z přírodních materiálů před košilemi s příměsí umělých vláken. Jak muži, tak ženy si žádají košili vyrobenou z kvalitních materiálů, která nese záruku pohodlí a snadné údržby. Výrobci košilovin se od tohoto faktu odrážejí a snaží se textilie zkvalitnit z estetického, komfortního i uživatelského hlediska. Finální úpravy aplikované na tyto textilie zajišťují dodání zlepšených či zcela nových, předem určených vlastností. Mezi ně patří např.: zvýšení lesku, dosažení líbivých povrchových efektů, měkkosti, nemačkovosti, aj. Získaný úpravnický efekt má za následek snadnější údržbu a zajištění kvalitnějších estetických vlastností materiálu, může být trvalého nebo jen dočasného charakteru.

Hlavním cílem této bakalářské práce je zjistit, jaký vliv má běžná domácí údržba na transport kapalně vlhkosti a jak se opakovaný proces údržby projeví z hlediska úprav aplikovaných na košilové tkaniny pro snížení mačkovosti.

1 Stav vědění v oblasti společenských košilovin

Košilovina představuje oděvní materiál, který je základem kvalitní společenské košile. Jako druhá vrstva oblečení má košile důležitý význam, zajistit běžné činnosti pokožky. Aby plnila svou funkci, musí být dobře nasákavá. Materiál používaný na výrobu košile by měl být měkký, nedráždivý, prodyšný, schopný odvádět vlhkost od těla [1]. Lidský organismus za jeden den vyloučí z pokožky až 40 g kožního tuku a zhruba 0,5 – 1 l potu, podle teploty a tělesné námahy. Při zvýšeném pocení může dojít k hromadění vlhkosti v oděvu, člověk ztrácí pocit pohody a nastává tzv. diskomfort [2]. Chování textilie při odvodu vlhkosti je ovlivněno druhem použitého vlákna, které se liší vzhledem k jejich fyzikálním a chemickým vlastnostem. Vázat a transportovat vodu jsou schopna vlákna, která mají k vodě afinitu, tj. jsou hydrofilní. Touto schopností vynikají všechna přírodní vlákna a chemická obsahující hydrofilní skupiny. U košilových materiálů se hydrofilní vlákna považují za výhodné. Proto je při jejich výrobě kladen důraz na materiálové složení. Jedná se o plošné textilie, které jsou užívány v částečném přímém kontaktu s lidským organismem.

Existence nových vláken používaných při výrobě košil

Vláknem TENCEL® od textilní společnosti Lenzing [14] představuje novou generaci na bázi celulóзовých vláken. Vláknata jsou vyrobeny z celulózy dřeva a recyklovaného bavlněného odpadu. Košilové tkaniny vyrobeny z tohoto vlákna jsou měkké na dotek, odolná proti tvorbě vrásek, což usnadňuje údržbu, mají vynikající absorpční schopnost a vykazují dobrou pevnost za mokra i za sucha. Hladký a jednotný povrch Tencel vláken je činí obzvláště stabilní a odolný proti žmolování a trhání.

Dalším vláknem nové generace, které dává životnost společenské košile, je stretchové vlákno DOW XLA™ od společnosti Dow Fiber Solution [15], které je odolné vysokým teplotám, chemikáliím používaným při praní i chemickém čištění. Vytvořením směsi s bavlnou, přidáním vláken Dow XLA, vzniknou materiály pružné, měkké na dotek, které mají přirozený vzhled bavlny. Spotřebiteli nabízí snadnou péči o košilové materiály, které je možné sušit v sušičce a mýt bez nutnosti chemického čištění.

1.1 Sortiment košilovin

V rámci rešeršní části této bakalářské práce byl proveden průzkum současného trhu se společenskými košilemi. Při selekci sortimentu společenských košil byla pozornost soustředěna na košiloviny, které se svým popisem prezentovaly jako košile určené na společenské události, například na svatbu, ples, promoci či do divadla. Společenské košile by měli zajistit osobitý styl svého nositele, vyjadřovat eleganci a originalitu. Luxusního efektu se u společenských košil docílí barvou, vzorem látky a střihem.

Tabulka 1 Průzkum současného trhu se společenskými košilemi

Značka	Původ	Barva	Materiál. složení	Finální úprava	Ošetrovací symboly [3]	Cena [Kč]
Van laack®	zahraniční	bílá	100% CO	Easy Care		3 759
Eterna®	zahraniční	bílá	100% CO	Easy Care		1 619
Hugo BOSS®	zahraniční	bílá	100% CO	Non Iron		1 899
Jacques Britt®	zahraniční	bílá	100% CO	Non Iron		2 429
Olymp Luxor®	zahraniční	bílá	100% CO	Easy Care		1 619
Tom Rusborg®	zahraniční	bílá	100% CO	Easy Care		1 079
Blažek®	tuzemský	bílá	100% CO	-		2 490
Bandi®	tuzemský	bílá	100% CO	-		1 399
Venti®	zahraniční	bílá	96% CO, 4% EL	Easy Care		1 290
A.M.J.®	tuzemský	bílá	65% CO, 35% PES	-		678
Šohaj®	tuzemský	bílá	80% CO, 20% PES	-		849

Společenské košiloviny jsou vyráběny nejčastěji v bílé barvě [1], lze je tedy pokládat za charakteristické prvky segmentu. Na internetu či v kamenných obchodech je ovšem možné se setkat s košilemi v decentních pastelových odstínech nebo s jemným proužkem. Následující tabulka 1 podává stručný popis vybraných druhů společenských košil.

K mnohým výhodám je u celulosových materiálů méně pozitivní vlastností vysoká sráživost a nízká schopnost zotavit se ze zmačkání. Pro dosažení lepší odolnosti v oděru a nižší mačkavosti jsou do bavlněných přízí zapracovány umělá vlákna, jako například polyester, elastan či polyamid. Umělá vlákna dodávají přírodním materiálům vlastnosti, jakým se jim nedostává. Košiloviny vyráběné ze směsi bavlna/polyester dosahují lepší tvarové stálosti, výrazně lepší odolnosti v oděru a menší mačkavosti. Z ekonomického hlediska jsou směšové materiály cenově lépe dostupné.

Záměr potlačit nepříznivé vlastnosti celulózy mísením s umělými vlákny má své úskalí. Přítomnost polyesterových vláken ve směšových materiálech způsobuje zvýšení náchylnosti ke špinavosti a žmolkování. Dále se charakter syntetických vláken podepisuje ve zhoršení fyziologicko-hygienických vlastností košilovin [1]. Materiály jsou málo nasákavé, nezajišťují příliš tepelnou pohodu a rychleji se špiní.

Životnost košilových materiálů

Proces údržby značně ovlivní užité vlastnosti košilovin i celkový vzhled košile. K tomu přispívá mnoho faktorů jako např. teplota a délka praní, tvrdost vody, použité prací a čisticí prostředky, způsob sušení, teplota žehlení a další. Během celého procesu údržby je tkanina podrobená složitým mechanickým, tepelným a fyzikálním dějům.

Z průzkumu trhu se společenskými košilemi tabulka 1, lze vyčíst parametry údržby dnešních košil, které výrobci zpravidla doporučují. Mezinárodní institut Fabricare stanovil průměrnou životnost společenské košile na měsíc používání přibližně na 2 roky. [5]

1.2 Úpravy aplikované pro snížení mačkavosti

Mačkavost v případě společenské košile negativním způsobem ovlivní estetický vzhled a kvalitu hotového výrobku. Pomačkaná košile působí nereprezentativně. K tvorbě vrásek dochází při praní, sušení nebo v průběhu nošení. Přestože je bavlněná košile velmi příjemná k nošení, péče o ni bývá časově náročnější. U košile vyrobené z neošetřené bavlněné tkaniny jsou vzniklé vrásky trvalé. Lze je odstranit žehlením. Působením patřičné vlhkosti, tepla a mechanické energie dojde k překonání vnitřní vazby a odstranění vrásek z povrchu tkaniny. Na současném trhu dominují košiloviny upravené speciální finální úpravou, která má eliminovat zmíněné negativní vlastnosti a zajistit košili snazší údržbu a kvalitnější estetické vlastnosti. Podstata úpravy snižující mačkavost spočívá v chemické modifikaci celulózy, zvané síťování. Mezi makromolekulárními řetězci celulózy se vytvoří pevné kovalentní vazby, čímž se posun řetězců fixuje a zabrání se mačkavosti bavlněných vláken. Existují tři základní přístupy úpravy materiálů z celulosových vláken, které si kladou za cíl zlepšit elastické moduly vláken, a tím dodat materiálu schopnost se během nošení rychle zotavovat ze zmačkání a vyrovnávat vzniklé lomy. Patří mezi ně *nemačková úprava* - Easy Care, *nežehlivá úprava* - Non Iron a *změkčovací úprava* - Soft.

Hodnocení vlastností košilovin

Trend je v inovaci stávajících metod novými vědeckými postupy, na které jsou kladeny požadavky, aby byly rychlé a přesné, umožňující simulaci reálného chování textilií. Příkladem je inovovaná metoda stanovení mačkavosti pomocí úhlu zotavení, kterou využívá ve své práci Eliška Bruková [13] pro experimentální šetření hodnotící vliv údržby na mačkavosti společenských košilovin se speciální úpravou. Další metodou je alternativní postup měření transportu kapalné vlhkosti textilií pomocí termografické techniky, která v rámci diplomové práce Kláry Šikové [6] je použita pro hodnocení navlhavosti košilovin. Košiloviny byly hodnoceny nejprve metodou vážení po absorpci, následně se stanovila plocha a sací výška smočeného materiálu pomocí termovizní kamery.

Významným hodnotícím prvkem košilových materiálů je jeho kvalita. Kvalitu a vlastnosti výrobku je spotřebitel schopen ohodnotit z pocitu získaného při prvním kontaktu s materiálem, tj. pomocí dotyku. V současné době se hodnocení mechanických a fyziologických vlastností tkanin ubírá směrem objektivního hodnocení. Přestože konečné rozhodnutí zákazníka stále zůstává ovlivněno jeho subjektivními pocity, na základě objektivního měření lze trend preference lidí při posuzování textilie předpokládat. Moderní zkušební systémy jako Kawabata vytvářejí vztah mezi subjektivně hodnocenými vlastnostmi a vlastnostmi tkanin identifikující určité mechanické, povrchové a fyzikální vlastnosti, které jsou uživateli považovány za důležité. FAST je další jednoduchý systém objektivního měření pro posouzení vzhledu, omaku a výkonnosti tkaniny [7], [8], [9].

1.3 Charakteristika užitných vlastností

Uživatelé hotového výrobku se primárně zabývají jeho kvalitativními vlastnostmi. Existují určité znaky jakosti textilií, které je možné formulovat jako tzv. užitné vlastnosti, které je třeba zajistit, aby oděv splňoval požadovanou úroveň kvality a stanovené požadavky z hlediska vizuální estetiky, omaku a komfortu. Následující tabulka 2 uvádí parametry užitných vlastností košilovin, které mají zásadní význam pro zajištění běžné činnosti pokožky a jsou určeny k dennímu nošení.

Tabulka 2 Specifikace užitných vlastností košilovin [10]

PARAMETRY UŽITNÝCH VLASTNOSTÍ PLOŠNÝCH TEXTILIÍ						
Účel použití: Částečný přímý kontakt s lidským organizmem						
	Užitná vlastnost	Rozměr	Měřicí metoda	Interval doporučených hodnot		Koef. Významnosti
				Min.	Max.	c
1	Plošná hmotnost	g/m ²	ČSN EN ISO12127	80	150	1,274
2	Pevnost za mokra	N	ČSN EN ISO13934-1	180	500	0,749
3	Tažnost za sucha	%	ČSN EN ISO13934-1	8	22	0,311
4	Oděr-Accelerotor-hrana	%	ČSN 800833	3	5	1,360
5	Žmolkovitost	etalon	ČSN EN ISO12945-2	3	5	1,058
6	Mačkovitost za mokra	stupeň	ČSN EN 22313	105	150	1,538
7	Změna rozměrů-5.praní	%	ČSN EN ISO 3077	1	2	1,094
8	Předepsané stálosti	etalon	ČSN EN ISO 105....	3	5	1,099
9	Odolnost k vod. parám-R _{et}	Pa m ² /W	ČSN EN 31092	1	6	0,831
10	Tepelná odolnost R _c	m ² K/W	ČSN EN 31092	0,01	0,03	0,687
11	Prodyšnost	mm/s	ČSN EN ISO 9237	90	240	0,842
12	Savost vztlínáním	mm	ČSN 800828	15	60	1,688
13	Transport vlhkosti MMT Jednosměrný transport Celkové vedení vlhkosti Poměr zavlhčení líc/rub	Stupeň	AATCC 195	3,5 3,5 1	5 5 >1	1,438

Do skupiny trvanlivostních charakteristik oděvu spadají užité vlastnosti v pořadí 2, 3, 4, které vyjadřují schopnost materiálu odolávat opotřebení a poškození. Z výsledků měření životnosti šesti košil ze 100% bavlny, kterým se zabýval Mezinárodní Institut Fabricare, vyplynulo, že košiloviny s těsnější vazbou hůře odolávají oděru v hraně. K největšímu opotřebení došlo v oblasti límců a manžet. Tyto košile byly podrobeny zátěži, která zahrnovala 30 cyklů běžného praní a nošení [11].

Vlastnosti 5, 6, 7, 8 se označují jako estetické. Pro spotřebitele jsou určujícím faktorem toho, jak košile působí vzhledově a proto jsou tyto vlastnosti vnímány jako reprezentativní a často podléhají módním trendům. Nemačkovost je jedna z významných hodnotících estetických vlastností společenských košilovin. Přístupy vedoucí k eliminaci mačkovosti u košilových tkanin jsou popsány v kapitole Úpravy aplikované pro snížení mačkovosti v rešeršní části této bakalářské práce.

Studie výzkumu dokazují pozitivní účinky finálních úprav, které ovlivňují jak mačkovost košilovin, tak jiné rysy chování ošetřené textilie. Důkaz o tom, že nemačková úprava zlepšuje stabilitu tkaniny, snižuje sráživost a s počtem cyklů praní roste i odolnost tkaniny vůči oděru, poskytuje vědecká studie Shurkiana, Amirbayata a Gonga [4]. V rámci experimentální části byly měření podrobeny dvě tkaniny o materiálovém složení 50/50 bavlna a polyester, z nichž jedna textilie byla opatřena nemačkovou úpravou. Cílem výzkumu bylo zjistit, jak ovlivní aplikace finální úpravy a opakované praní užité vlastnosti vzorků košilových tkanin.

V opačném případě přítomnost nemačkových úprav aplikovaných na košilové textilie zabraňuje transportu kapalné vlhkosti košilovin. Důkazem toho jsou výsledky diplomové práce Kláry Šikové [6], které ukazují, že materiály bez finálních úprav více nasáklý kapalinu a mají tedy větší sací výšku, která s časem roste více ve srovnání s materiálem stejného charakteru, na který byla aplikovaná finální úprava.

Touto problematikou se mimo jiné zabývali Uddin a Lomas [12], kteří testovali smáčivost vzorků bavlněných tkanin ošetřených nemačkovou – Easy Care úpravou. Bylo zjištěno, že povrchová energie textilie je ovlivněna finální úpravou, která zhoršuje vlastnosti smáčení a tím i schopnost odvádět pot od povrchu těla. Výsledky experimentu odhalily působení katalyzátoru, který je součástí úpravnické lázně, a má přímý vliv na smáčivost vzorků bavlněné textilie ošetřené Easy Care úpravou.

Estetické vlastnosti mohou být rovněž považovány za trvanlivostní v důsledku ztráty užitnosti původních parametrů, které jsou ovlivněny jak faktory působící na textilií v průběhu nošení, tak procesy k nimž dochází během údržby.

Bruková [13] se ve své práci zabývala vlivem údržby na mačkovost společenských košilovin se speciální úpravou. Pomocí inovativní metody zkoumala, jaký vliv bude mít běžná domácí údržba na mačkovost společenských košilovin. Zjistila, že košilovina ze 100% bavlny po 25 cyklech praní vykazuje nižší mačkovost než před začátkem praní. Dále bylo zjištěno, že opakovanou údržbou dochází ke snížení účinnosti finálních úprav.

Poslední a v sortimentu košilovin velmi důležitou skupinou užitných vlastností jsou tyto v pořadí 9, 10, 11, 12, 13. Řeč je o fyziologických vlastnostech, které uživateli zprostředkovávají vjem komfortu. Z této skupiny vlastností jsou pro zmíněnou oděvní vrstvu za nejdůležitější pokládány vzlinavost a management vlhkosti. Vlastnost transportu kapalné vlhkosti je kritickým aspektem pro hodnocení komfortu košilovin.

Účinnost transportu kapalně vlhkosti závisí na procesech sorpce, které souvisejí se složením vláken, stavem jejich povrchu, přístupností hydrofilních skupin, strukturou textilie, teplotou a časem. Velikost, objem a počet kapilárních prostorů je dán výběrem konstrukce příze a tkaniny. Šíření kapalně vlhkosti materiálem je proces, na jehož počátku stojí navlhčení povrchu textilie. Děj je řízen dvěma postupy - smáčením a odvodem. Kapalína, která se dostane do kontaktu s textilií, do ní samovolně proniká (vzlíná) kapilárním transportem v pórech mezi vlákny. K procesu vzlínání dochází pouze pod podmínkou, je-li povrch textilního materiálu smáčivý. Tato vlastnost dává schopnost plošné textilií nasát vodu - základní předpoklad košilových tkanin.

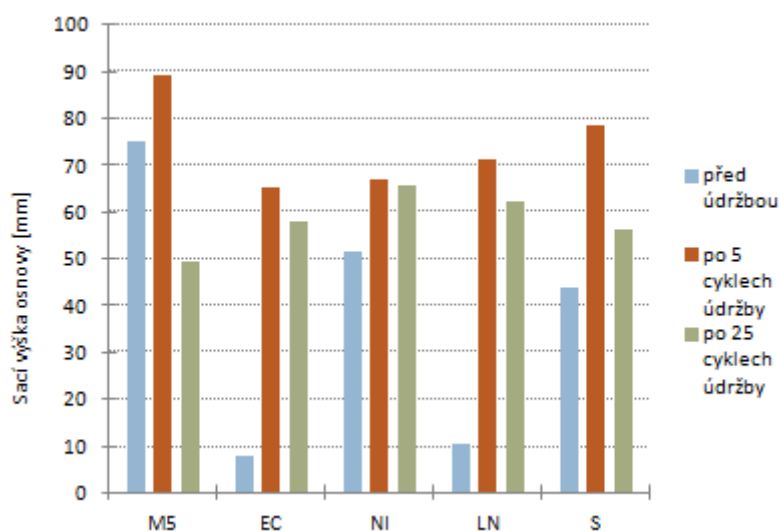
2 Experimentální část

Experiment probíhal dvěma způsoby. Nejprve byla u předložených vzorků košilovin stanovena savost vzlínáním termografickou metodou a následně na přístroji MMT hodnocena schopnost dynamického šíření vlhkosti textilií. Pro experiment byl použit jeden druh košilového materiálu keprové vazby ze 100% bavlny, na kterou byly aplikovány finální úpravy pro snížení mačkovosti a snadnější údržbu. Jednalo se o tyto 4 druhy úprav: Easy Care, Non Iron, Light Non Iron a změkčovací úprava Soft. Materiály byly rozděleny do tří sad. Sada 1 obsahovala materiály, které neprodělali proces údržby. Materiály sady 2 byly podrobeny pěti cyklům údržby a materiály ze sady 3 byly pětadvacetkrát vyprány, usušeny a vyžehleny, což představuje jeden cyklus běžné domácí údržby. Pro první způsob byly použity klimatizované vzorky o rozměrech 200 x 10 mm, střiženy po osnově a útku. S využitím speciálního zařízení na nich byla hodnocena vzlínavost prostřednictvím termovizní (infračervené) kamery značky FLIR. Záznamy snímající sací výšku v čase byly vyhodnoceny pomocí obrazové analýzy v programu NIS Elements AR. Pro druhý způsob byly použity klimatizované vzorky o rozměrech 90 x 90 mm. Přístroj MMT na nich vyhodnotil schopnost managementu vlhkosti, čímž lze předpovědět subjektivní vnímání pocitů vlhkosti při pocení.

2.1 Vyhodnocení naměřených dat

Vyhodnocení experimentální části termografickou metodou bylo rozděleno do následujících výzkumných částí:

- I. Vliv údržby na vzlínavost košilovin.
- II. Nárůst sací výšky v závislosti na čase.



Graf 1 Sací výška po uplynutí 30 min – závislost na údržbě

Všechny testované textilie sály lépe ve směru osnovy než ve směru útku, z toho důvodu byly pro srovnání hodnoty navzhlínané výšky užity data vzorků materiálu orientovaných po osnově.

Zhodnocení košilovin z hlediska účelu použití. Hodnoceny byly data získaná z měření MMT na základě těchto kritérií kritéria [stupeň]:

- Hodnota jednosměrného transportu vlhkosti: 3,5 – 5
- Hodnota celkového ukazatele managementu vlhkosti: 3,5 – 5
- Poměr zavlhčení líc/rub: 1 - >1

Nejlépe dopadl materiál M5, který splňoval kritéria v sadě 1 – před údržbou, i v sadě 2 – po 5 cyklech údržby, ale jen částečně. Materiály S - s úpravou Soft a EC – s úpravou Easy Care nevyhovovali ani v jedné sadě materiálů a tedy nesplnili kritéria, které by měla košilovina pro svůj účel splňovat.

3 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo experimentálně zhodnotit transport kapalné vlhkosti košilových textilií, které jsou ošetřeny finální úpravou. Zjistit jaký vliv bude mít běžná domácí údržba na transport kapalné vlhkosti společenských košilovin, také její účinek z hlediska úprav pro snížení mačkavosti.

Experiment přinesl následující zjištění:

- ❖ Výsledky experimentu dokazují, že procesy údržby se podílejí na změně absorpčních vlastností a schopností managementu vlhkosti vzorků košilovin.
- ❖ Nejmenší kolísající účinek v absorpci vlhkosti (sací výšce) vykazoval materiál NI s finální úpravou Non Iron s ohledem na vliv údržby. Rozdíl naměřených hodnot nejnížší a nejvyšší nevzlínané výšky je ze všech testovaných materiálů nejmenší.
- ❖ Údržba má vliv na účinek finálních úprav. Nejen že s rostoucím počtem pracích cyklů klesá její účinnost, ale odráží se to na smáčecí schopnosti textilie. Skokový nárůst sací výšky mezi 0 až 5 cyklem údržby podávaly vzorky bavlněných košilovin ošetřených úpravami Ligh Non Iron a Easy care. Jejich schopnost nevzlínat vlhkost vzrostla až o 70% původní sací výšky.
- ❖ Parametr užité vlastnosti savosti vzlínáním splnily materiály Non Iron a Soft. Košilovina bez finální úpravy dosáhla doporučených hodnot až po 25 cyklu údržby, stejně jako materiál s úpravou Easy Care.
- ❖ Experiment prokázal rostoucí závislost mezi rostoucím časem a sací výškou materiálu. U vzorků po pátém cyklu praní byl nárůst sací výšky největší. V průměru nejnížší sací výšku vykazovali materiály po 25 cyklu praní.
- ❖ Košilovina ze 100% bavlny bez finální úpravy je považována za vyhovující materiál pro daný účel použití z hlediska managementu vlhkost, tj. dynamické šíření kapalné vlhkosti materiálem.
- ❖ Přístroj MMT vyhodnotil vzorky materiálu s úpravami Easy Care, Light Non Iron a Soft, před praní a po 5 cyklu praní jako vodu odpuzující textilie. V průběhu testu nedošlo ani k navlhčení, ani k absorpci. U takového typu materiálu nedochází k šíření roztoku textilií.

Z provedených experimentů je velice kladně hodnocena metoda termografie, na níž byla v rámci experimentální části hodnocena sací výška materiálu – vzlínavost. Tato metoda ač má ještě mnoho úskalí, umožnila rychlé a přesné měření. Data bylo možné hodnotit z více směrů.

Věřím, že tato práce přispěla k získání nových informací o chování košilovin při transportu kapalné vlhkosti a vlivu údržby z hlediska finálních úprav i smáčivosti textilních materiálů.

Literatura

- [1] RŮŽIČKOVÁ, Dagmar.: *Oděvní materiály*. Liberec: Technická univerzita, Textilní fakulta, 2003, s. 28-46. ISBN 80-7083-682-2
- [2] HES, Luboš a Petr SLUKA.: *Úvod do komfortu textilií*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 2005., s. 109. ISBN 80-708-3926-0.
- [3] Symboly pro údržbu a ošetřování textilií. In: *Sotex Ginetex CZ* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.symbolyudrzby.cz/Download/Plakat%20-%20symboly.pdf>
- [4] SHURKIAN, O., J. AMIRBAYAT a R. H. GONG.: Effect of repeated laundering and crease-resistant treatment on fabric properties. *Journal of Textile Engineering* [online]. 2002, Sv. 48(1), s. 1 – 4 [cit. 2017-01-26]
- [5] Life Expectancy Chart. In: *Textile Restoration* [online]. 2011 [cit. 2017-01-26]. Dostupné z: <http://www.textilerestorations.com/lifeexpectancy.pdf>
- [6] ŠIKOVÁ, Klára.: Hodnocení nasákavosti košilovin pomocí termografické techniky. Liberec, 2015. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní. Vedoucí práce Renáta Nemčoková.
- [7] YICK L. K., CHENG K. P. S., HOW Y. L.: Subjective and objective evaluation of men's shirting. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 1995, Sv. 7(4), s. 1-8.
- [8] YICK L. K., CHENG K. P. S., HOW Y. L.: The application of fabric objective measurement in shirt manufacture. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 1995, Sv. 8 (4), s. 44-64.
- [9] JYOTHI, P., SUDHAKAR, R. a NINGE Gowda, K. N.: Assessing properties of shirting fabrics by using FAST. *Indian Textile Journal* [online]. 2007. [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://www.indiantextilejournal.com/articles/FAdetails.asp?id=616> [10]
- Švehla a Kašparová. Užité hodnota plošných textilií. SVÚT Liberec, 1976
- [11] SCHWARTZ, Sam.: Life expectancy of shirts. *Bulletin of International fabricare institute* [online]. 1991, [cit. 2017-04-24].
- [12] UDDIN, F., LOMAS, M.: Wettability of Easy-Care Finished Cotton. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* [online]. 2010, č. 18, Sv. 4(81), s. 56-60. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.fibtex.lodz.pl/article377.html>
- [13] BRUKOVÁ, Eliška.: Vliv údržby na mačkavost společenských košilovin se speciální úpravou. Liberec, 2016. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní. Vedoucí práce Katerína Zelová.
- [14] LENZING: *Botanická vlákna* [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.lenzing-fibers.com/tr/tencel/the-fiber/>
- [15] XLANCE: *Vlákna vyrobená pro komfort* [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: http://www.xlancefibre.com/?page_id=108&lang=en

STUDIUM HOŘENÍ KOLMO KLADENÝCH NETKANÝCH TEXTILIÍ UPRAVENÝCH VODNÍM SKLEM

Masnicová Klára

Sekce - TEXTIL,
Fakulta textilní, 3. ročník
Bakalářský studijní program – TEXTIL

Abstrakt: Předmětem této práce je studium hoření kolmo kladených netkaných textilií upravených vodním sklem. V experimentální části jsou popsány jednotlivé testy a jejich logická návaznost. Je zde popsán průběh experimentu, který obsahuje měření úhlu smáčení vodních skel, výrobu netkané textilie, volbu vhodného typu vodních skel a testy hoření, dále mechanické namáhání textilie stlačením a obrazovou analýzu s použitím opticky zjasňujícího prostředku. Jsou zde vyhodnoceny výsledky, z nichž plyne, že aplikace vodního skla jako retardantu hoření je proveditelná. Nakonec jsou navrženy postupy pro další řešení dané problematiky.

Klíčová slova: vodní sklo, kolmo kladené netkané textilie, retardant hoření, mechanické namáhání, úhel smáčení

1 Úvod

Tato práce se zabývá nehořlavou povrchovou úpravou kolmo kladených netkaných textilií, jejíž hlavní složku tvoří vodní sklo.

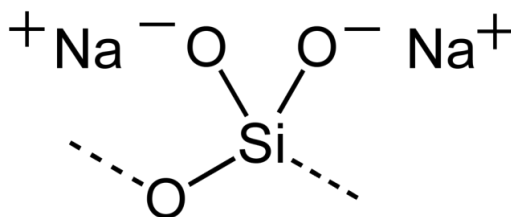
Vodní sklo je velice univerzální chemikálie používaná v mnoha odvětvích a aplikacích. V textilu je jeho využití omezené avšak potenciál použití právě v textilu a to hlavně v netkaných textiliích je podle všeho veliký. Budoucnost může mít vodní sklo díky svým nehořlavým vlastnostem. V kombinaci s objemnou netkanou textilií může fungovat velice dobře jako nehořlavá izolace, a to jak tepelná, tak zvuková. Na materiály k těmto aplikacím jsou kladeny bezpečnostní a zároveň ekologické nároky. Stále více oblíbené recyklované či přírodní vláknenné materiály bývají vysoce hořlavé. V kombinaci s vodním sklem, které hořlavost snižuje, by takové materiály mohly být právě v technických aplikacích zajímavým řešením.

Cílem této práce bylo zjistit proveditelnost aplikace roztoků vodního skla jako retardantu hoření, a to na kolmo kladenou netkanou textilií. Proměnnými testů byla plošná hmotnost netkané textilie, typ vodního skla, jeho koncentrace ve vodném roztoku a mechanické namáhání upravených vzorků.

2 Experiment

2.1 Vodní sklo

Vodní sklo je vodný roztok křemičitanu, přičemž hlavní složku tvoří dle konkrétního typu vodního skla křemičitan sodný, sodno-lithný, draselno-lithný či křemičitan draselný [1, 2].



Obr. 1: Část řetězové struktury křemičitanu sodného [3].

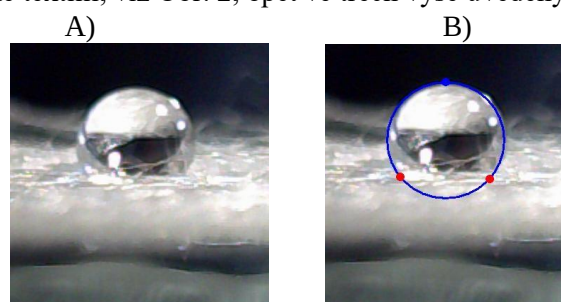
2.2 Úhel smáčení

Předpoklad k měření úhlu smáčení je takový, že nejvhodnější vodní sklo pro nehořlavou úpravu objemné netkané textilie bude tekutina s co možná nejnižším povrchovým napětím respektive úhlem smáčení. Tekutina s nízkým povrchovým napětím smočí vlákna po celém povrchu a vytvoří na nich ochranný film. Stejně tak pronikne lépe do objemné struktury kolmo kladené textilie, kde pomůže k transportu jednosměrné uspořádání vláken.

K dispozici bylo 7 typů vodního skla a to Na 52-55; Bi 1430; Li 7,4/7,7; Li 2,6; LiNa; K 3,8-4,1; K 1,7. K zúžení výběru pro další testování byla použita zkouška úhlu smáčení.

Jednotlivé vzorky vodního skla byly podrobeny nejdříve testu úhlu smáčení na sklíčku ve 100% koncentraci. S ohledem na následující použití pro nástřik na NT byl test zopakován ve dvou nižších koncentracích a to 50/50 vodní sklo/voda a 10/90 vodní sklo/voda.

Pro přesnější představu chování vodního skla na textilním materiálu byly zkoušky zopakovány na 100% viskózní netkané textii, viz Obr. 2, opět ve třech výše uvedených koncentracích.



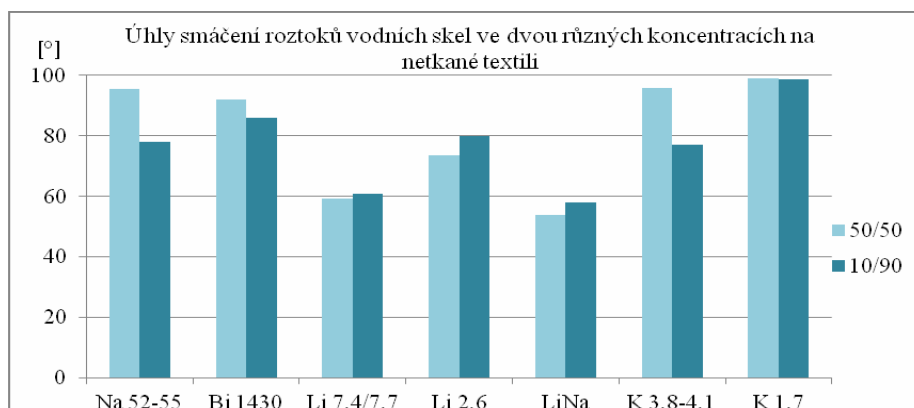
Obr. 2: Vodní sklo s největším naměřeným úhlem smáčení: Na 52 - 55 na viskózní NT v 100% c.
Obrázek A) kapka před vytyčením 3 bodů pro výpočet úhlu smáčení B) kapka s vypočítaným úhlem smáčení (v pravém spodním rohu).

Výsledky testu úhlu smáčení jsou uvedeny v následující tabulce 1. Mezi další důležité parametry patřil i čas vsáknutí kapky do NT. Vodní sklo s nejnižším úhlem smáčení na sklíčku ve 100% koncentraci bylo Li 2,6 a sklo Li 7,4/7,7. Vzhledem k následnému použití vodního skla jako nástřiku na netkanou textii, byla za nejvýznamnější kategorii testu úhlu smáčení zvolena zkouška na netkané textii a to v koncentracích 50% a 10%. Jak je vidět v tabulce 1 a na obrázku 3, nejnižší hodnoty byly naměřeny u skla LiNa. Druhé nejnižší hodnoty byly naměřeny u skla Li 7,4/7,7. Třetím sklem s uspokojivými hodnotami úhlu smáčení bylo vodní sklo Li 2,6.

úhel smáčení [°]								
	koncentrace 100%		koncentrace 50 voda /50 vod. Sklo			koncentrace 10/90		
název skla	sklíčko	NT 100%VS	sklíčko	NT 100% VS	čas [s]*	sklíčko	NT 100% VS	čas [s]*
NaVb 52-55	41,7	130,4	27,4	95,4	3	5,5	78,1	3
BiVb 1430	28,8	—	10,6	92	1,5	5,4	86,1	3,5
LiVb 7,4/7,7	17,7	—	22,1	59,3	1	4,9	60,7	2
LiVb 2,6	15,5	—	21,7	73,7	1	5,3	80,1	2
LiNaVb	23	—	19,1	54	1,5	18,8	57,9	1,5
KVb 3,8-4,1	44,2	65,5	25,6	95,8	2	10,8	77	1,5
KVb 1,7	46	—	25,8	99,1	13,5	16	98,8	2

* čas od kápnutí po vsáknutí kapky do netkané textilie

Tabulka 1: Úhly smáčení vodních skel ve třech koncentracích na sklíčku a NT. U dvou nižších koncentrací jsou uvedeny časy vsáknutí kapky do NT.



Obr. 3: Úhel smáčení vodních skel v 50% a 10% koncentraci na netkané textilii. Nejnižších úhlů smáčení dosahovalo sklo LiNa. Jeden sloupec grafu znázorňuje jedno pozorování.

2.3 Předběžná zkouška hořlavosti

K dalšímu zúžení výběru vodních skel posloužila předběžná zkouška hořlavosti. Ze tří výše uvedených vodních skel byly pro další experiment vybrány dvě a to LiNa a Li 2,6.

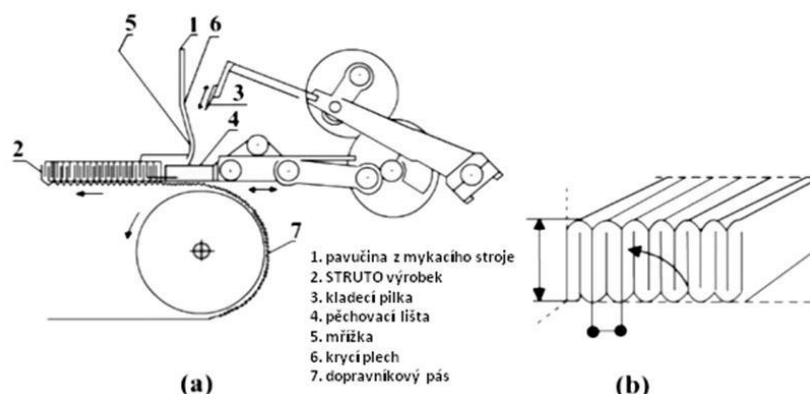
Vodní sklo bylo naneseno na textilní vzorek z vysoce hořlavého materiálu v množství 4, 10 a 25 nástřiků z každé strany v 1% koncentraci a následně v koncentraci 10%. Vzorky byly průběžně sušeny v sušičce při 100°C. Po nástřiku vodním sklem a zasušení, byly vzorky postupně přikládány k plameni plynového kahanu.

Jako retardant hoření nejlépe fungovalo vodní sklo LiNa. Druhé sklo s velmi dobrými nehořlavými vlastnostmi bylo Li 2,6. U vodního skla Li 7,4/7,7 se ukázalo, že nepůsobí jako retardant hoření příliš efektivně. I při vyšších koncentracích skla v roztoku textilní vzorek stále hořel.

Vzorky s 25 nástřiky z každé strany byly příliš tuhé v ohybu, ale téměř nehořely. Naproti tomu vzorky se 4 nástřiky hořely všechny. Pro finální vzorky byl zvolen počet nástřiků na stranu 15. Při tomto počtu nástřiků zůstaly zachovány textilní vlastnosti vzorku a retardační účinky vodních skel byly pozorovatelné.

2.4 Výroba netkané textilie

Netkaná textilie byla vyrobena technologií kolmého kladení s použitím vibračního kolmého [4] kladeče vyrobeném na obrázku 4.



Obr. 4: a) Schéma vibračního kolmého kladeče b) Schéma skladů vlákenné pavučiny [4].

Za hlavní složku směsi pro výrobu netkané textilie byla zvolena viskóza. A to z důvodu vysoké hořlavosti, díky které lze demonstrovat funkčnost vodního skla jako retardantu hoření.

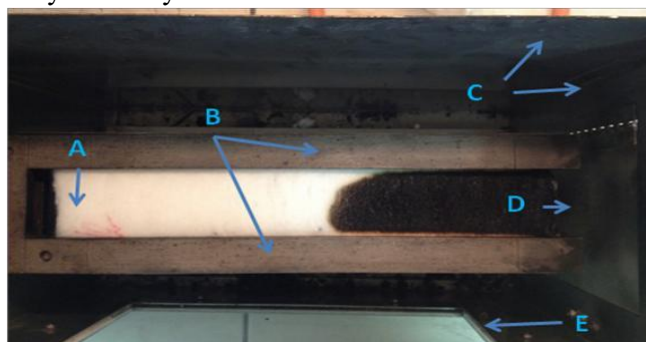
Pro první zkoušku hořlavosti byly vyrobeny dvě gramáže pohybující se zhruba kolem 410 a 600 g.m⁻². Dvě gramáže netkané textilie byly zvoleny tak, aby bylo možné pozorovat změnu v hoření ovlivněnou nejen vodním sklem, ale i hustotou struktury, tedy objemem vzduchu v netkané textilií. Základní směs materiálu se skládá z viskózových a polyesterových bikomponentních vláken v poměru 70/30. Viskózová vlákna byla zvolena kvůli vysoké hořlavosti. Polyesterová bikomponentní vlákna zajišťují ve struktuře pojivou složku. Vláknenný materiál byl nejprve navážen a ve správném poměru dávkován do mykacího stroje. Mykacím cyklem prošel materiál třikrát, aby došlo k dostatečnému ojednocení vláken a k homogenizaci směsi.

Výroba kolmo kladené netkané textilie tedy zahrnovala výrobu mykaného rouna, které vystupovalo z mykacího stroje rychlostí 7 m.min⁻¹. Takto bylo přiváděno k podávacímu ústrojí kolmého vibračního kladeče. Frekvence pýchovací pilky byla pro obě gramáže stejná (5Hz). Jedinou proměnnou byla v případě změny gramáže rychlost pásu teplovzdušné pojicí komory. Pro gramáž 410 g.m⁻² byla odvodová rychlost 0,22 m.min⁻¹, pro 600 g.m⁻² zhruba 0,15 m.min⁻¹. Teplota v pojicí komoře dosahovala 140°C.

Výsledkem výše uvedeného postupu byla objemná netkaná textilie s kolmým uspořádáním vláken. Tloušťka netkané textilie byla zhruba 25 mm, plošná hmotnost 410 g.m⁻² a 600 g.m⁻².

2.5 Zkouška hoření I

Nejvhodnější a zároveň nejdostupnější metodou testu hořlavosti bylo použít horizontální test hoření ve spalovací komoře[5] na obrázku 5, dle normy ISO 3795:1989 [6]. Tento test je normovaný, nicméně výsledky níže uvedených zkoušek hořlavosti nelze použít jako normovaná data. Textilní vzorky totiž nesplňovaly jeden parametr normy a to výšku vzorku, která byla větší, než 13mm. K demonstraci záměrů této práce jsou ale výsledky dostačující a ve všech dalších ohledech byly normované postupy zkoušky dodrženy.



Obr. 5: Pohled na otevřenou spalovací komoru shora s upevněným textilním vzorkem. A – textilní vzorek; B – držák vzorku; C – stěny komory; D – plynový hořák; E – okénko

Po iniciaci plamenem plynového kahanu většina vzorků začala hořet. Některé ze vzorků prohořely po stranách upevňovací lišty a vzplanuly i na druhém konci. Následně hořely z obou stran z vnějších okrajů ke středu, nebo začaly hořet z jedné strany, na které následně samovolně zhasly, z druhého konce ale prohořely celé. Z tohoto důvodu byla pro měření definována kratší vzdálenost, nikoliv od rysky k rysce definovaných přímo na liště, ale od rysky ke středu mezi ryskami, tzn. 127 mm.

2.6 Výsledky zkoušky hoření I

Žádný ze vzorků upravených s nástríkem 1% roztoku vodního skla nezhasnul samovolně. Naproti tomu vzorky s nástríkem 10% roztoku hořely pomaleji a 13 z 20 (65%) vzorků buď zhaslo samovolně, nebo nezačalo hořet vůbec, viz Tab. 3 a 4.

Referenční vzorek bez úpravy vodním sklem vážící 410 g.m⁻² hořel 70 s, a vzorek vážící 600 g.m⁻² hořel 63 s. V obou případech byla hodnota BR větší než 100 mm.min⁻¹.

Rozdíl v účinnosti 1% a 10% roztoku vodních skel je patrný. Rychlost hoření BR je výrazně nižší u vzorků s nástríkem 10% skla, výsledky pro 10% roztoky jsou uvedeny níže v tabulce 4.

Pro vyhodnocení časů hoření byla použita ve všech případech tabulka 2[7], která pracuje s hodnotami rychlosti hoření BR [mm/min]. Hodnoty BR byly vypočítány dle následující rovnice[7].

$$BR \left[\frac{mm}{min} \right] = 60 \times \frac{D[mm]}{T[s]} \quad (1)$$

charakteristika hoření	kategorie	údaj v protokolu
hořící po celé délce měření BR < 100	1.	Např. BR...[mm/min]
samozhášivé zkušební vzorky	2.	
trasa hoření > 50 mm, BR < 100	2.1.	Např. SE/BR...[mm/min]
trasa hoření <= 50 mm, doba hoření < 60 s	2.2.	

Tab 2: Tab. 2: Tabulka kategorií charakteristik hoření; BR: rychlost hoření (burning rate); NBR: samozhášivé až k 1. měrné značce (no burning rate); SE: samozhášivé (self extinguishing[7].

		%O	čas prohoření poloviny vzorku [s]	čas samozhasnutí vzorku [s]	dráha plamene [mm]	Rychlost hoření BR [mm/min]	kategorie BR	průměr BR pěti vzorků [mm/min]
LiNa	410 g.m ⁻²	1%	170		127	45	1.	
		1%	129		127	59	1.	
		1%	138		127	55	1.	
		1%	123		127	62	1.	
		1%	168		127	45	1.	53,28
	600 g.m ⁻²	1%	241		127	32	1.	
		1%	290		127	26	1.	
		1%	199		127	38	1.	
		1%	279		127	27	1.	
		1%	207		127	37	1.	32,06
Li 2,6	410 g.m ⁻²	1%	116		127	66	1.	
		1%	122		127	62	1.	
		1%	134		127	57	1.	
		1%	107		127	71	1.	
		1%	141		127	54	1.	62,05
	600 g.m ⁻²	1%	222		127	34	1.	
		1%	219		127	35	1.	
		1%	190		127	40	1.	
		1%	183		127	42	1.	
		1%	237		127	32	1.	36,60

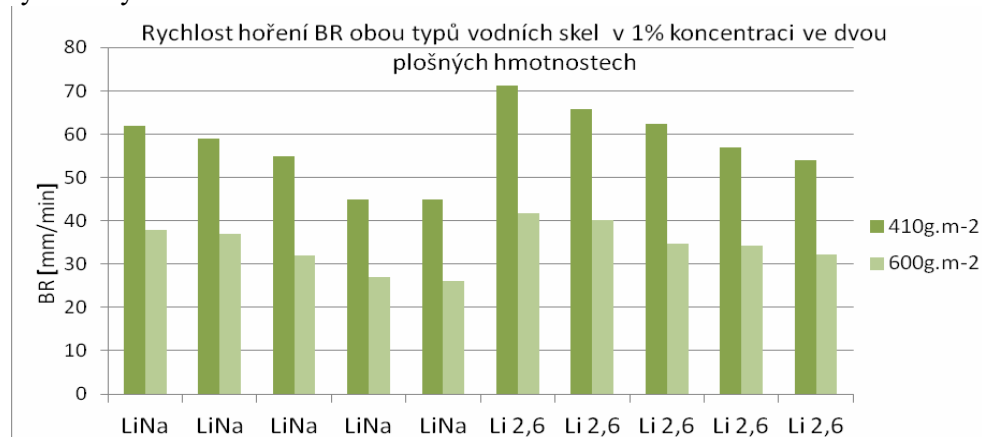
Tab. 3: Výsledky testu hoření vzorků kolmo kladené netkané textilie s nástríkem 1% roztoku vodního skla.

Po aplikování t-testu na porovnání hodnot BR skla LiNa a Li 2,6 se ukázalo, že statistický rozdíl ve výsledcích testu na hladině $\alpha=0,05$ není významný. Hodnoty směrodatných odchylek dvou výběrů byly 12,2 pro LiNa a 13,7 pro Li 2,6. Hodnota studentova dvouvýběrového t-testu je 0,29. Lze ale předpokládat, že při větším objemu dat by statistický rozdíl významný byl.

		%O	čas prohoření poloviny vzorku [s]	čas samozhasnutí vzorku [s]	dráha plamene [mm]	Rychlost hoření BR [mm/min]	kategorie BR	průměr BR pěti vzorků [mm/min]
LiNa	410 g.m ⁻²	10%		78	36	27,8	2.	
		10%		85	42	29,6	2.	
		10%	201		127	37,9	1.	
		10%	–	–		–	2.	
		10%		104	68	39,2	2.1.	33,6
	600 g.m ⁻²	10%	–	–		–	2.	
		10%		274	120	26,3	2.1.	
		10%		180	92	30,7	2.1.	
		10%	–	–	–	–	2.	
		10%		173	89	30,9	2.1.	29,3
Li 2,6	410 g.m ⁻²	10%	–	–		–	2.	
		10%	254		127	30,0	2.1	
		10%	186		127	41,0	2.1	
		10%	–	–		–	2.	
		10%	243		127	31,4	2.1.	34,1
	600 g.m ⁻²	10%	312		127	24,4	2.1.	
		10%	269		127	28,3	2.1.	
		10%	–	–		–	2	
		10%		232	117	30,3	2.1.	
		10%	301		127	25,3	2.1.	27,1

Tab. 4: Výsledky testu hoření vzorků kolmo kladené netkané textilie s nástríkem 10% roztoku vodního skla.

Výsledky testu hoření vzorků s nástríkem 1% roztoků vodních skel ukázaly, že žádný ze zkoušených vzorků nespadá do kategorie zamozhášivý či nehořlavý. Všechny 20 vzorků prohořelo celou měřenou vzdálenost. Nicméně znatelný rozdíl mezi retardačními účinky hoření dvou typů vodních skel existuje. Vzorky s nástríkem 1% vodního skla LiNa, hořely pomaleji, resp. hodnoty rychlosti hoření BR jsou nižší, než u vzorků s nástríkem 1% vodního skla Li 2,6. Pro ilustraci jsou tyto výsledky vykresleny na obrázku 6.

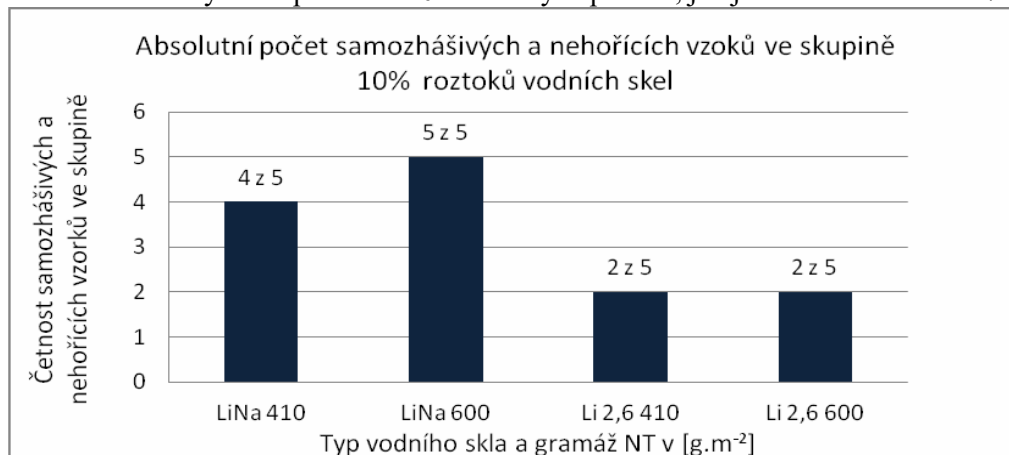


Obr. 6: Hodnoty rychlosti hoření BR jednotlivých vzorků. Jeden sloupec na obrázku znázorňuje jedno měření.

Hodnoty u vzorků s nástríkem vodního skla LiNa jsou ve všech případech nižší (hodnoty jdou seřazeny sestupně dle velikosti hodnot BR a typu vodního skla).

Vztah mezi rychlostí hoření a plošnou hmotností textilie je také znázorněn na obrázku 6. V případech 1% roztoků vodních skel hořely rychleji vzorky s plošnou hmotností 410 g.m^{-2} . Příčinou rychlejšího hoření vzorků s plošnou hmotností 410 g.m^{-2} je větší zastoupení vzduchu v objemu kolmo kladené netkané textilie. Vzduch napomáhá šíření plamene a proto vzorky nižší plošné hmotnosti a současně téměř stejné tloušťce jako vzorky 600 g.m^{-2} , hořely mnohem rychleji.

Vodní sklo LiNa může působit jako retardační prostředek efektivněji. Nasvědčuje tomu skutečnost, že 90% vzorků s nástríkem 10% vodního skla LiNa, nehořelo vůbec, či zhaslo ještě před dosažením měřené vzdálenosti 127 mm. Naproti tomu vzorky s 10% vodním sklem Li2,6 zhasly samovolně nebo nezačaly hořet pouze ve 40% měřených pokusů, jak je zobrazeno na Obr. 7.



Obr. 7 : Absolutní počet samozhášivých a nehořících vzorků ve skupině jedné gramáže a jednoho typu vodního skla v 10% koncentraci.

2.7 Mechanické namáhání stlačením

Cílem následujících testů bylo zjistit, zda má na hořlavost vzorků vliv předchozí mechanické namáhání. Pro tuto část experimentu byla zvolena jen jedna plošná hmotnost textilních vzorků a to 600 g.m^{-2} .

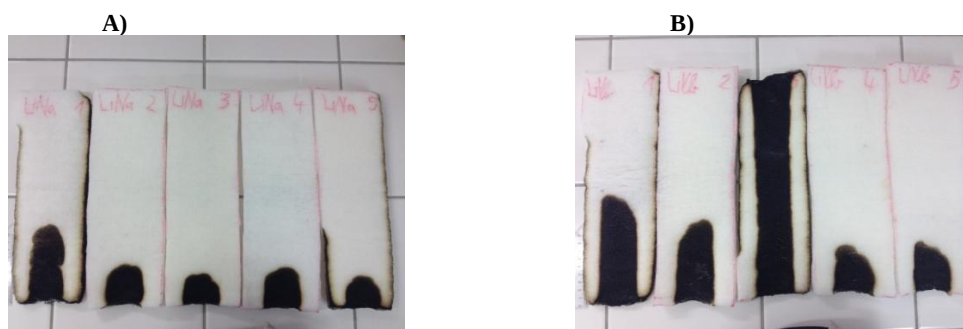
Mechanické namáhání mělo v tomto případě simulovat manipulaci s již upravenou netkanou textilií (například rolování rouna do stůček, jejich obalování, převoz či případnou instalaci). Vzorky byly proto vystaveny jen krátkodobému mechanickému namáhání, které zajistil vpichovací stroj bez jehelní desky.

Vzorky byly postupně upevněny do vpichovacího stroje, který je stlačoval na 40% původní tloušťky, tedy ze 2,5 cm na 1 cm. Vzorek byl vystaven namáhání 200 zdvihů v minutě po dobu 10 minut. Každý vzorek tedy prošel cyklem namáhání 2000 zdvihů.

Váhový úbytek po mechanickém namáhání nebyl znatelný. Textilie byla ale na omak měkkší a ohebnější.

2.8 Zkouška hoření II

Vzorky II, hořely pomaleji než vzorky I, které nebyly vystaveny před zkouškou hořlavosti mechanickému namáhání. 9 vzorků z 10 zhaslo samo a to ještě před prohořením do poloviny vzorku. Jediný vzorek prohořel po okrajích a následně z obou stran, jak je vidět na obrázku 8.



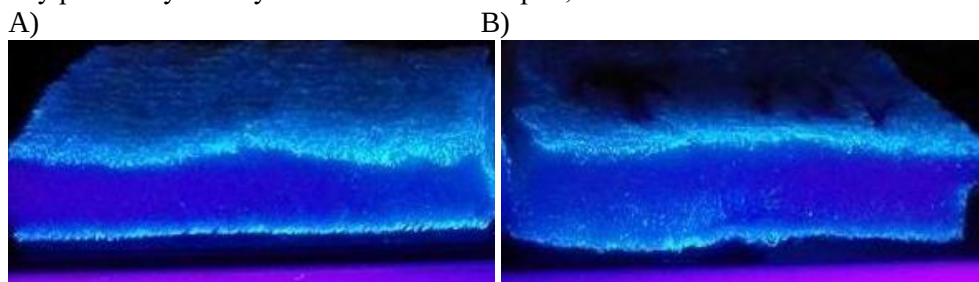
Obr.č.8: Vzorky s nástřikem 10% vodního skla mechanicky namáhané stlačením, pozkouše hoření:

A) vodní sklo LiNa; B) vodní sklo Li₂,6.

2.9 Obrazová analýza

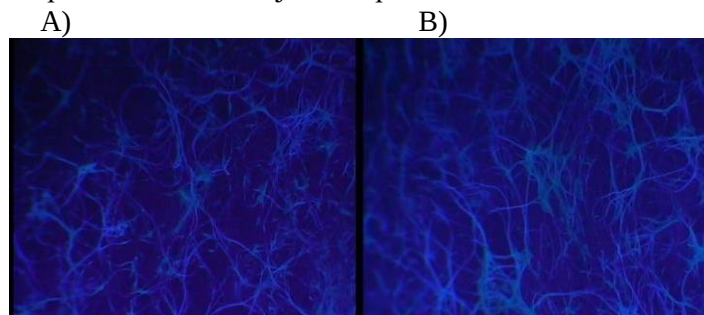
Všechny typy vzorků byly vloženy pod makroskop. Ve struktuře a na povrchu vláken u vzorků s nástřikem vodního skla nebyly znatelné žádné kapky či silnější místa, které by indikovaly shluky vodního skla. U vzorků s nánosem roztoku vodního skla bylo možné pozorovat shluky vláken na povrchu struktury, které byly způsobeny slepením vláken po nanesení roztoku a jeho zasušení. Vodní sklo v této poloze vlákna zafixovalo.

Ze snímků na makroskopu nebylo možné určit rozmístění vodního skla ve struktuře netkané textilie a na jednotlivých vláknech. Proto byl zvolen následující experiment s opticky zjasňujícím prostředkem (OZP), který měl pod UV lampou zvýraznit již zasušené vodní sklo na vláknech. Do 10% roztoku vodního skla LiNa byly přidány 4 g.l⁻¹ opticky zjasňujícího prostředku Rylux PRS 50%. Jeden vzorek byl pak mechanicky namáhán 2000 zdvihy ve vpichovacím stroji bez jehelní desky, opět stejným postupem, jako u vzorků II. Takto připravené vzorky byly vloženy pod makroskop, kde byly pozorovány pod různými úhly za nasvícení UV lampou, viz Obr. 9 a 10.



Obr. 9: Pohled na příčný řez vzorky A) bez mechanického namáhání a B) po mechanickém namáhání.

Obrazová analýza potvrdila předpoklad, že vodní sklo je rozvrstveno na vláknech v podobě filmu, nikoliv kapek. Mezi mechanicky namáhaným a nenamáhaným vzorkem nebyl znatelný rozdíl jak v průřezu, tak v podélném pohledu. Díky nasvícení příčného řezu UV lampou bylo možné pozorovat, do jaké míry proniklo vodní sklo do objemu textilie. Ze snímků na obrázku 9 je patrné, že roztok zůstal pouze na povrch NT. Do objemu v průřezu textilie se vodní sklo dostalo zhruba do 3 mm.



Obr. 10: Netkaná textilie s nástřikem 10% vodního skla s příměsí OZP pod makroskopem – pohled shora. Vzorek A) mechanicky nenamáhaný, vzorek B) po mechanické namáhání 2000 cyklů stlačení na 40% tloušťky.

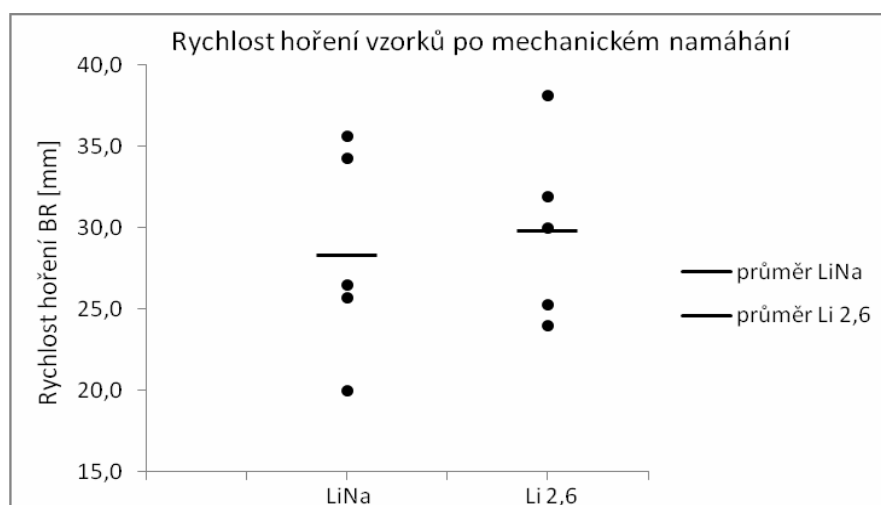
2.10 Výsledky zkoušky hoření II

Výsledky testu hoření vzorků II jsou uvedeny v Tab. 5. Předpoklad, že hoření bude urychleno mechanickým namáháním vzorků, následkem kterého by se měl film vodního skla na vláknech porušit a částečně vydrolit, se nepotvrdil. Úbytek váhy vzorků po mechanickém namáhání nebyl znatelný. Sklo tedy zůstalo ve struktuře netkané textilie, a jak se ukázalo na obrazové analýze, film skla zůstal na vláknech i po mechanickém namáhání a vlákna tak byla dále chráněna před plameny.

č. vzorku	Typ skla	c Ø [%]	Plošná hmotnost [g/m]	dráha hoření [mm]	čas hoření dráhy 127 mm [min]	čas samozhasnutí vzorku [s]	Rychlost hoření BR [mm/min]	Průměr BR	zařazení dle VW normy
1	LiNa	10	600	70		118	35,6	28,4	2.1.
2	LiNa	10	600	28		49	34,3		2.2.
3	LiNa	10	600	15		45	20,0		2.2.
4	LiNa	10	600	30		68	26,5		2.
5	LiNa	10	600	18		42	25,7		2.2.
6	Li 2,6	10	600	125		297	25,3	29,9	2.1.
7	Li 2,6	10	600	72		144	30,0		2.1.
8	Li 2,6	10	600	127	200		38,1		1.
9	Li 2,6	10	600	33		62	31,9		2.
10	Li 2,6	10	600	36		90	24,0		2.

Tab. 5: Výsledky testu hoření vzorků II, které byly vystaveny mechanickému namáhání.

Na obrázku 11 jsou vykresleny hodnoty BR pro jednotlivá měření a průměrné hodnoty z pětky pozorování pro skupinu jednoho typu vodního skla. Průměrné hodnoty jsou nepatrně nižší, než v případě vzorků I. Stejně jako u předchozích hodnocení testů, i zde není rozdíl v průměrech ani v jednotlivých měřeních statisticky významný.



Obr. 11: Rychlost hoření mechanicky namáhaných vzorků s nástřikem 10% roztoků vodních skel LiNa a Li 2,6 s vyznačením průměrů.

3 Závěr

práce mapuje použití vodního skla v oblasti objemných kolmo kladených netkaných textilií. Účelem aplikace vodných roztoků vodních skel mělo být zjištění možností v oblasti použití nehořlavých úprav textilií. Lze říci, že vodní sklo může mít v textilu potenciál jako retardant hoření, zvláště pak v aplikacích technických textilií a hořlavých recyklovaných materiálů, kde může několikanásobně snížit rychlost hoření. Proměnnými celého testu byly typ vodního skla, koncentrace vodního skla, plošná hmotnost materiálu a v poslední části experimentu mechanické namáhání stlačením. V prvním kroku experimentu bylo zjištěno, že úhly smáčení různých typů vodních skel se výrazně liší a to i v závislosti na testovacím povrchu, kterým bylo sklo, papír a netkaná textilie. Na základě výsledků testu byly zvoleny vhodné typy vodních skel pro nehořlavou úpravu. Při předběžné zkoušce hoření se ukázalo, že jako retardant hoření fungují nejlépe dva konkrétní typy vodního skla s velice nízkými úhly smáčení.

V dalším kroku byl vyroben vlákenný materiál v podobě kolmo kladené netkané textilie, která byla následně upravena nánosem vodního skla v různých koncentracích. Část vzorků byla dále cyklicky namáhána stlačením, aby se ukázala i mechanická odolnost úpravy.

Testy hoření pak potvrdily prvotní předpoklady a proveditelnost použití vodního skla jako nehořlavé úpravy textilií. Výsledkem testů byly hodnoty rychlostí hoření jednotlivých koncentrací a typů vodních skel. Výsledky lze velmi zjednodušeně shrnout tak, že nejúčinnější úpravou netkané textilie bylo použití 10% roztoku lithno-sodného vodního skla LiNa.

Součástí experimentu byla i obrazová analýza, jejíž výsledky potvrdily předpoklad rozložení vodního skla na vláknech v podobě filmu. Obrazová analýza dále ukázala rozvrstvení vodního skla v průřezu netkané textilie, které bylo pouze na povrchu, nikoliv v celé struktuře.

Pro další řešení výše popsané problematiky navrhuji zaměřit se na způsob nanášení roztoku. Zde by mohlo být zajímavé aplikovat rozprašovač s podtlakovým odsáváním tak, aby se roztok dostal do celého objemu kolmo kladené netkané textilie. Následně by mohly být pozorovány změny rychlosti hoření. V případě prosycení netkané textilie vodním sklem v celém objemu, by mohlo být zpomalení hoření mnohonásobně výraznější. V této práci se ukázalo, že vzorky namáhané stlačením 2000 cyklů zdvihů hořely ve výsledku méně. Dalším návrhem je zaměřit se na mechanické namáhání již povrstvených vzorků a zjistit, zda další mechanické namáhání nadále zlepšuje odolnost vůči hoření, či ji naopak zhoršuje. Popřípadě najít hranici v míře mechanického namáhání, kdy ještě působí jako efektivní jev na nehořlavost a kdy už nehořlavost oslabuje. Další zajímavou otázkou je již možná aplikace v praxi.

Literatura

- [1] Základní informace o vodním skle. *Vodní sklo* [online]. 2014 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.vodnisklo.cz/cz/clanky/zakladni-informace-o-vodnim-skle>
- [2] SVOBODA, Luboš. *Stavební hmoty* [online]. 3. Praha, 2013 [cit. 2017-04-12]. ISBN 978-80-260-4972-2. Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~svobodah/sh/SH3v1.pdf>
- [3] Část řetězové struktury křemičitanu sodného. In: *Wikipedie* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/08/Sodium-metasilicate-repeating-unit-2D.png>
- [4] RUSSEL, S.J., ed. *Handbook of nonwovens*. North America: Woodhead Publishing Limited and CRC Press, 2007. ISBN 1-85573-603-9.
- [5] HU, Jinlian, ed. *Fabric Testing*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2008. ISBN 978-1-84569-506-4.
- [6] ČSN ISO 3795:1989. *Stanovení hořlavosti materiálů použitých v interiéru vozidla*. 2. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [7] TL 1010. *Materiály vnitřního vybavení: Charakteristiky hoření, požadavky na materiál*. TL 1010. © VOLKSWAGEN, 2008.

VLÁKENNÝ IMPLANTÁT PRO LÉČBU GLAUKOMU Z PVDF A JEHO KOMBINACÍ

Plucha Radim

Sekce - TEXTIL,

Fakulta textilní, 3. ročník

Bakalářský studijní program – TEXTILNÍ TECHNOLOGIE, MATERIÁLY A NANOMATERIÁLY

Abstrakt: Práce se zabývá v první fázi výrobou a optimalizací vlákenného implantátu. V pokusech byla hledána ideální koncentrace polymerů PVDF a PEO. Tato kombinace polymerů byla potvrzena jako vhodná pro výrobu drénu předchozími testy provedenými v rámci TUL.

V první kapitole byl hledán optimální druh PVDF, který byl dále kombinován s PEO v různých koncentracích obou polymerů. V dalším kroku byly tyto koncentrace zvlákněny planárně a tubulárně a byly porovnány. Všechny vzorky byly zkoumány z hlediska jejich morfologie a byly podrobeny výzkumu elektronovým rastrovacím mikroskopem. V poslední části byl na základě výsledků vybrán optimální poměr PVDF a PEO se kterým byly následně provedeny experimenty transportu kapaliny.

Klíčová slova: Glaukom, polyvinylidenfluorid, polyetylenoxid, nitrooční tlak, drenážní implantát

Úvod

Glaukom neboli zelený zákal je složitě odhalitelné a komplikované onemocnění. Jeho léčbou se zabývá mnoho organizací. Primárním problémem glaukomu je neléčitelnost již vzniklých glaukomových poškození. Jedinou možností léčby je zabránit šíření dalšího poškození zraku, které může skončit až slepotou.

Práce se zabývá metodou léčby pomocí drenážního implantátu. Tento implantát plní primárně funkci odvodu nitrooční kapaliny z přední nebo zadní komory oka a tím snižuje nitrooční tlak. Tato metoda léčby a její výzkum je v dnešní době velmi frekventován. Výzkum se zabývá převážně snížením invazivity implantátu v lidském těle a zvýšením funkčnosti drénů. V dnešní době bývají užívané implantáty tvořené převážně ze silikonu, nebo slitin lehkých kovů.

Aplikace vláken v této problematice může v budoucnu umožnit, díky své jemné struktuře zvýšení komfortu pro pacienta a snížení pooperačních komplikací. Další výhodou může být možnost řízeného dodávání léčiv. Problémem k řešení u této metody výroby drénu je riziko fibrotizace, která je nežádoucí z důvodu nebezpečí zarůstání implantátu.

Cílem práce je výroba a optimalizace vlákenného implantátu z polyvinylidenfluoridu v kombinaci s polyetylenoxidem, který byl vybrán na základě předešlých testů v rámci TUL jako vhodný materiál pro výrobu drénů. Kombinace těchto polymerů byla vybrána díky jejich nízké adhezivitě k buňkám, dobré tvorbě vlákenné vrstvy a biokompatibilitě s lidským tělem. Dalším tématem práce je studium transportních vlastností vyrobeného a optimalizovaného drénu s cílem přiblížit se hodnotám odpovídajícím průtoku nitrooční tekutiny v lidském oku (Flammer 2003, Hong 2005, Wischke 2013).

1. Materiál a zařízení pro výrobu vzorků

V této části byla popsána metodika výroby vzorků z hlediska použitých chemických materiálů, dále zde bylo popsáno zařízení pro výrobu vláknenných vzorků. Byl zde popsán způsob výběru vhodného materiálu, příprava použitých roztoků pro zvláknění a metody elektrostatického zvláknění planárních a tubulárních útvarů.

1.1. Použité Polymery

Pro experimenty byly využity polymery: Polyvinylidenfluorid a polyethylenoxid

Polyvinylidenfluorid (PVDF) je termoplastický polymer, který je také silně krystalický a je chemicky velmi odolný. PVDF je vyráběn polymerací vinyliden-difluoridu. PVDF existuje ve čtyřech formách, nebo krystalických fázích - alfa, beta, gama a delta. PVDF je rovněž feromagnetická látka. PVDF je odolný proti olejům, kyselinám, uhlovodíkům a alkoholům. Jeho vlastnosti ho předurčují pro stavbu strojů a zařízení pro chemický průmysl. Je využíván také v lékařství a farmacii v aplikacích s vysokou potřebou čistoty materiálu. Jeho teplota zesklňování je -40°C a teplota tání se pohybuje v rozmezí od $158-197^{\circ}\text{C}$. Nevýhodou je vysoká teplota tání. Vysoká chemická odolnost negativně ovlivňuje rozpustnost, možnosti modifikace a kopolymerace (Mleziva 2000, Améduri 2000, Mark 1999).

Polyethylenoxid (PEO) je polymer patřící do skupiny polyetherů. PEO je polymer s velkou variabilitou vlastností, které záleží na jeho molekulární hmotnosti. PEO lze dělit na nízkomolekulární, vysokomolekulární a polyetylen oxidy s jednou skupinou etherovou nebo esterovou. Nízkomolekulární PEO má molekulární hmotnost MW do 20000 g/mol. Polymer má voskovitý charakter a vyskytuje se ve formě viskózní kapaliny, tento druh PEO se využívá převážně v kosmetickém a farmaceutickém průmyslu jako zahušťovadlo. Je rozpustný ve vodě, při zahřátí se odděluje ze směsí. Vysokomolekulární PEO je krystalický polymer s teplotou tání okolo 67°C . Lze jej využít pro vytlačování, vstřikování, lze i kalandrovat. Využívá se k výrobě obalů rozpustných ve vodě. PEO s esterovou nebo etherovou skupinou je využíván jako tenzid. Výhody PEO jsou převážně nízká toxicita a biokompatibilita, dobrá strukturální integrita a nízká teplota skelného přechodu. Nevýhodou může být možnost zvláknění pouze při vyšších teplotách než je 60°C a vysoká náchylnost ke krystalizaci (Mleziva 2000, Mark 1999, Saboormaleki 2004).

1.2. Výběr typu polymerů PVDF a POE

Pro výrobu implantátu byl vybrán polymer PVDF. Na základě předchozích in- vitro testů byly porovnány PVDF od výrobce Solvay typ Solef 1015, PVDF od společnosti Arkema typu Kynar 720 a PVDF od výrobce Sigma Aldrich o MW 180000 g/mol, ostatní výrobci molekulovou hmotnost neuvádí. Po zhodnocení výsledků byl vybrán PVDF od firmy Sigma Aldrich. Polymer byl vybrán z důvodu, že na něm probíhala nízká fibrotizace a vykazovala též dobrou tvorbu nanovláknenných vrstev i s přísadkou PEO od výrobce Sigma Aldrich o MW 900000 g/mol, který byl přidán pro další snížení buněčné adheze.

1.2. Příprava roztoku

Byly připravovány roztoky PVDF o hmotnosti 10g a koncentracích 15 hm. %, 16,7 hm. %, 20 hm. %. Do každého z těchto roztoků bylo přidáno 0,05 g, 0,1 g, 0,5 g a 1 g PEO. Přidáno tedy bylo 0,5 hm. %, 1 hm. %, 5 hm. %, a 10 hm. % PEO z celkového roztoku. Jako rozpouštědlo byl použit Dimethylacetamid (DMAC). Příprava roztoku se skládala z rozpuštění daného množství PEO v DMAC při stálém míchání na magnetickém míchadle typu ARGO LAB M2-D Pro při teplotě 60°C . Rozpouštění probíhalo přibližně 30 minut v závislosti na množství PEO. Po úplném rozpuštění PEO se do vzniklého roztoku přidalo dané množství PVDF, který se při teplotě 60°C za stálého míchání rozpouštěl po dobu 24 hodin. Takto připravené roztoky byly v dalším kroku zvlákněny.

1.3. Elektrostatické zvlákňování planárních vzorků

Pro zvlákňování planárních vzorků byla použita metoda elektrostatického zvlákňování z jehly. Zařízení je složeno z dávkovací pumpy typ kd Scientific s nastavitelným dávkováním polymeru. Polymer byl umístěn v injekční stříkačce, která byla obepnuta termočlánkem. Pomocí termočlánku byl polymer zahříván na přesnou teplotu. Další částí zařízení je jehla napojena na kladný zdroj vysokého napětí typ Spellman od 0 do 70. Poslední část je kolektor napojený na zápornou část zdroje vysokého napětí. Vlákná vznikají na základě vysokého rozdílu elektrických potenciálů mezi kladně nabitou jehlou a záporně nabitým kolektorem.

1.4. Elektrostatické zvlákňování tubulárních vzorků

Zařízení pro výrobu tubulárních útvarů je taktéž metoda elektrostatického zvlákňování jehly. Rozdíl mezi výrobou planárních a tubulárních útvarů je tvar kolektoru. Kolektorem je rotující kovová tyčka o různých průměrech, upevněna v elektronickém zařízení s nastavitelnými otáčkami. Kolektor byl v tomto uspořádání uzemněn.

2. Optimalizace výroby PVDF a PEO

V této kapitole byl popsán postup optimalizace koncentrace PVDF a PEO, z důvodu studia nejvhodnější koncentrace těchto polymerů. Byla hledána koncentrace, která po zvlákňování vykazovala dobré vlastnosti, pro další využití. V další fázi byly vyrobené vzorky charakterizovány. V poslední řadě byl ze zpracovaných informací vybrán vhodný vzorek pro další pokračování výzkumu.

2.1. Výroba vzorků

Roztoky byly zvlákňovány pomocí technologie elektrostatického zvlákňování z jehly popsaných v kapitolách 1.3. a 1.4. Z každého vzorku byl vytvořen vzorek planární a vzorek tubulární, celkem tedy mělo být vytvořeno 24 vzorků, avšak roztoky s přídavkem 10 hm. % PEO se nepodařilo řádně rozmíchat, proto nemohly být zvlákňovány. Tento problém nastal kvůli příliš vysoké viskozitě vzniklého roztoku. Úspěšně bylo vytvořeno 18 vzorků.

2.2. Zvlákňování planárních vzorků

Pro zvlákňování planárních útvarů byla využita injekční stříkačka o objemu 2 ml a jehla o průměru 1,2 mm. Roztok musel být zahříván na teplotu 60°C při celém procesu zvlákňování. Dávkování roztoku se pohybovalo v rozmezí 1.4-1.8 ml/hod. Kladné napětí na jehle bylo v rozmezí 15-20 kV a záporné na kolektoru v rozmezí 4-6 kV. Vzdálenost mezi jehlou a kolektorem byla 20-30 cm. Laboratorní podmínky byly relativní vlhkost vzduchu 50 % a teplota 25 °C. Vlákná byla zachytávána na kolektor, na kterém byla magnety upevněna netkaná textilie typu spunbond. Výsledky jsou popsány v tabulce 3.

Tabulka 1 Zvlákňování planárních vzorků

PVDF[hm. %]	PEO[hm. %]	Výsledek
15	0,5	Zvlákňuje dobře, vzniká souvislá vrstva
15	1	Zvlákňuje dobře, vznikají zacuchaná vlákna.
15	5	Zvlákňuje špatně
16,7	0,5	Zvlákňuje dobře, vzniká souvislá vrstva
16,7	1	Zvlákňuje dobře, vzniká souvislá vrstva

16,7	5	Nevznikají vlákna
20	0,5	Zvlákňuje dobře, vzniká souvislá vrstva
20	1	Zvlákňuje dobře, vzniká souvislá vrstva
20	5	Nevznikají vlákna

2.3. Zvlákňování tubulárních vzorků

Pro zvlákňování tubulárních útvarů byla využita injekční stříkačka o objemu 2 ml a jehla o průměru 1,2 mm. Roztok byl stejně jako v případě planárních útvarů ohříván na teplotu 60 °C. Dávkování roztoku bylo 1,5 ml/hod. Napětí bylo 15 kV na jehle a kolektor byl uzemněn. Jako kolektor byla použita rotující tyčka o průměru 1 mm. Rychlost otáčení tyčky byla 500 ot/min. Vzdálenost mezi jehlou a kolektorem byla 20 cm. Vlákenná vrstva byla následně stažena z trubičky. Výsledkem byly vzniklé tubulární útvary o délce 1-5 cm. Laboratorní podmínky byly relativní vlhkost vzduchu 50 % a teplota 25 °C. Výsledky zvlákňování jsou popsány v tabulce 4.

Tabulka 2 Zvlákňování tubulárních útvarů

PVDF [hm. %]	PEO [hm. %]	Výsledek
15	0,5	Zvlákňuje pomalu, vzniká souvislá vrstva
15	1	Zvlákňuje dobře, vzniká souvislá vrstva, nelze sundat z tyčky- drobí se
15	5	Zvlákňuje špatně mokré, nejde sundat z tyčky
16,7	0,5	Zvlákňuje dobře, vzniká nerovnoměrná vrstva
16,7	1	Zvlákňuje dobře, vzniká souvislá vrstva
16,7	5	Zvlákňuje špatně, mokré sundat jdou pouze krátké trubičky
20	0,5	Zvlákňuje dobře, vzniká souvislá vrstva
20	1	Zvlákňuje dobře, vzniká nerovnoměrná trubička

20	5	Zvláknňuje špatně, mokré sundat jdou pouze krátké trubičky
----	---	--

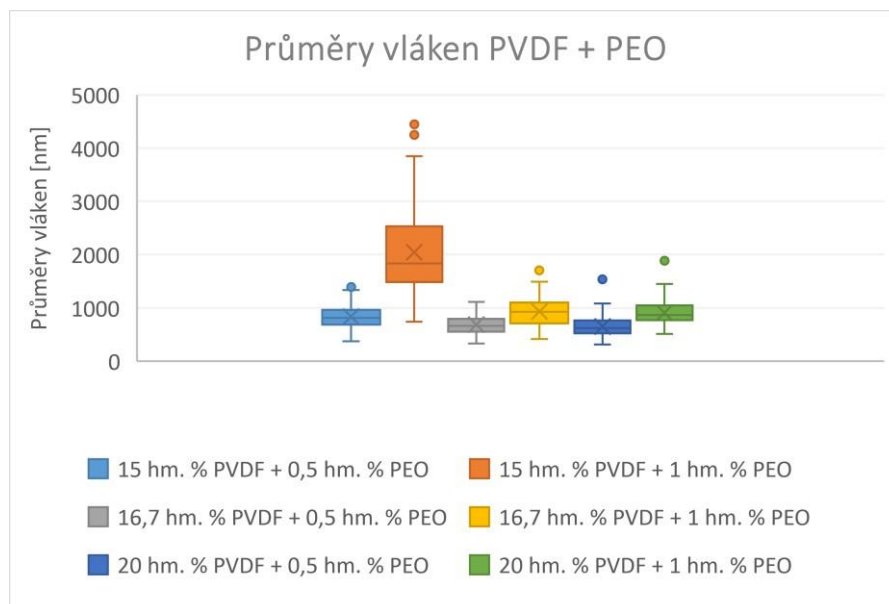
Z informací v tabulkách 3 a 4 byl vybrán vzorek 20 hm. % PVDF + 0,5 hm. % PEO jako materiál vhodný pro další experimenty. Materiál byl zvolen na základě dobrých mechanických vlastností, rychlosti a kvality zvláknňování v obou variantách. Vzorek se ukázal jako jeden z nejlépe zvláknitelných koncentrací a měl dobré vlastnosti jak v planární formě, tak i v tubulární formě. Dobrými vlastnostmi je míněno rychlé a rovnoměrné zvláknňování, vznikla celistvá a stejnoměrná vrstva, která měla dobré mechanické vlastnosti a také byla pevná a pružná. Vrstva šla snadno sejmut jak z textilie spunbond, tak i z kovové tyčky. Při zvláknňování na tyčku šla sejmut trubička o nejvyšší délce, ze všech zvlákněných vzorků. Vhodnost výběru byla ověřena v další části práce při charakterizaci vyrobených vrstev.

2.4 Charakterizace vyrobených vrstev

Tato fáze práce byla zaměřena na hodnocení morfologie pomocí snímků z elektronové mikroskopie, měření průměru vláken a následném zhodnocení vlivu koncentrace použitých polymerů na morfologické vlastnosti výsledné vlákenné vrstvy. V tomto kroku byl využit skenovací elektronový mikroskop Typ Tescan Vega 3SB Easy Probe a počítačový program NIS Elements AR 3.2.

2.4.1. Studium průměru vláken

Pro studium průměru vláken byla vlákna vyfocena na rastrovém elektronovém mikroskopu (SEM). Od každého zvlákněného vzorku byl vytvořen vzorek, pro mikroskopii na speciální terčík. Vzorky byly následně pozlacené vrstvou zlata o tloušťce 7 nm. Poté byl obraz nasnímán a pomocí programu NIS Elements byly změřeny průměry vláken. Pro každý vzorek bylo provedeno 100 měření. Z těchto měření byl spočítán průměr a směrodatná odchylka. Po zpracování dat byl vytvořen Graf 1.



Graf 1 Krabicový graf rozložení průměrů vláken zvlákněných vrstev

Krabicový graf popisuje rozdělení průměrů vláken u různých zvlákněných koncentrací. Úsečky v grafu značí variabilitu dat pod prvním a nad třetím kvantilem. Jako jednotlivé body jsou vykresleny odlehlé hodnoty.

2.5. Analýza SEM snímků planárních útvarů

Ze získaných SEM snímků a rozměrů vláken bylo vidět, že vyšším podílem PEO se zvyšuje pórovitost vzniklých vláken. Vyšší podíl PEO také výrazně zvyšuje průměry vláken, jak je patrné z grafu 1. U roztoků s přídavkem 0,5 hm. % a 1 hm. % PEO vznikala vlákna, avšak u roztoků s přídavkem 5 hm. % PEO z důvodu vysoké viskozity vlákna již nevznikala. Namísto nanovlákněné vrstvy vznikla fólie. Výjimku tvoří vzorek 15 hm. % PVDF + 5 hm. % PEO, kde však pravděpodobně nebyl zvlákněn PEO, ale vznikla vlákněná vrstva pouze z PVDF. Velikost vláken se vymyká zjištěným informacím. PEO se pravděpodobně usadil po krajích lahvičky a nebyl tedy zvlákněn. Při dalších pokusech o zvláknění tohoto roztoku se již roztok nepodařilo zvláknit. Po analýze SEM snímků byl potvrzen vzorek 20 hm. % PVDF + 0,5 hm. % PEO jako vhodný pro další využití, jelikož vykazuje souměrné uspořádání vláken ve vlákněné vrstvě a tvorbu jemných vláken s nízkou směrodatnou odchylkou.

2.6. Analýzy SEM snímků tubulárních útvarů

Pro analýzu tubulárních útvarů byly vytvořeny řezy úspěšně zvlákněných vzorků. Vzorky byly poté nasnímány pomocí SEM. Z výběru byly vyřazeny vzorky s přídavkem 5 hm. % PEO z důvodu, který byl popsán u analýzy planárních vzorků, nevznikají zde vlákna ale folie. Dalším vyřazeným vzorkem byl 15 hm. % PVDF + 1 hm. % PEO, který se nepodařilo sejmut z tyčky. Vzorek nebyl dostatečně pevný a vlákna měla příliš nízkou soudržnost. Nejlepší strukturu tvořily vzorky 15 hm. % PVDF a 20 hm. % PVDF s přídavkem 0,5 hm. % PEO. Vzorky byly souměrné, a velmi dobře držely tvar. Zbývající vzorky vykazují známky deformace a nesouměrnosti. SEM analýza tubulárních vzorků také jako SEM analýza planárních vzorků, potvrzuje vhodnost koncentrace 20 hm. % PVDF + 0,5 hm. % PEO pro další využití a testování.

3. Studium transportu kapalin

V této části práce byl popsán transport kapaliny skrze různé drenážní systémy. Cílem tohoto experimentu bylo vyrobit drén, který se přibližuje hodnotám transportu kapaliny v lidském oku. Práce se v první fázi skládala z výroby vhodných drénů pro následné měření průtoku kapaliny. Bylo potřeba optimalizovat zvláknovací proces, tak aby bylo možno vyrobit drén o dostatečných mechanických vlastnostech pro potřeby měření. V následném kroku bylo vyrobeno zařízení pro měření průtoku kapaliny skrze tubulární systémy. Jako kapalina byla využita voda. V posledním kroku bylo provedeno samotné měření, které se skládalo z průtoku kapaliny skrze drenážní systém a poté skrze tentýž systém s nasazeným drénem a konečném porovnáním výsledných hodnot.

3.1. Optimalizace zvláknovacího procesu

Pro měření průtoku kapaliny bylo potřeba vyrobit vhodný drén, o dobrých mechanických vlastnostech pro další manipulaci. Při optimalizaci zvláknovacího procesu byly vyráběny drény o průměru 1 mm. Na výrobu vlákněných trubiček byl využit dříve vybraný polymer o hmotnostní koncentraci 20 hm. % PVDF + 0,5 hm. % PEO. Polymer byl zvláknován z jehly pomocí metody zvláknování na rotující kovovou tyčku. Metoda byla popsána v kapitole 1.5. Vytvořeny byly 3 vzorky o délce cca 7 cm o různých tloušťkách stěny. Nejnižší tloušťka stěny byla zvolena 200 μm , protože při nižších tloušťkách nebyly schopné udržet stálý tubulární tvar a smršťovaly se. Nejvyšší tloušťka byla zvolena 400 μm pro vysokou časovou náročnost výroby objemnějších vzorků. Zvláknovací parametry byly nastaveny: Napětí na jehle 13kV, kolektor byl uzemněn. Dávkování polymeru bylo 1,9 ml/min. Vzdálenost mezi jehlou a kolektorem byla 15 cm. Rychlost otáčení kolektoru byla nastavena na 500 ot/min. Pro další experimenty byl vybrán vzorek o tloušťce stěny 300 μm . Vzorek měl dobré mechanické vlastnosti, neobsahoval defekty, nedocházelo ke stlačení trubičky a jeho výroba nebyla příliš časově náročná.

3.2. Zařízení pro měření transportu kapalin

Pro transport kapalin bylo vyrobeno zařízení, které se skládá z nádoby s vodou s otvorem pro odvod kapaliny, ke které byla připojena trubička. K trubičce byl připojen drenážní systém. Vzdálenost

od drénu k hladině byla 20 cm. Výška hladiny byla vypočítána podle vzorce: $\Delta p = \rho gh$ tak, aby odpovídala tlaku 15 mmHg, který je roven tlaku 15 torr. 1 torr = 133,3Pa. Tlak potřebný pro simulaci NT je tedy 2000 Pa. Poslední částí zařízení je kádinka pro zachyt proteklé kapaliny (Kuchynka 2007).

3.3. Metodika měření transportu kapaliny

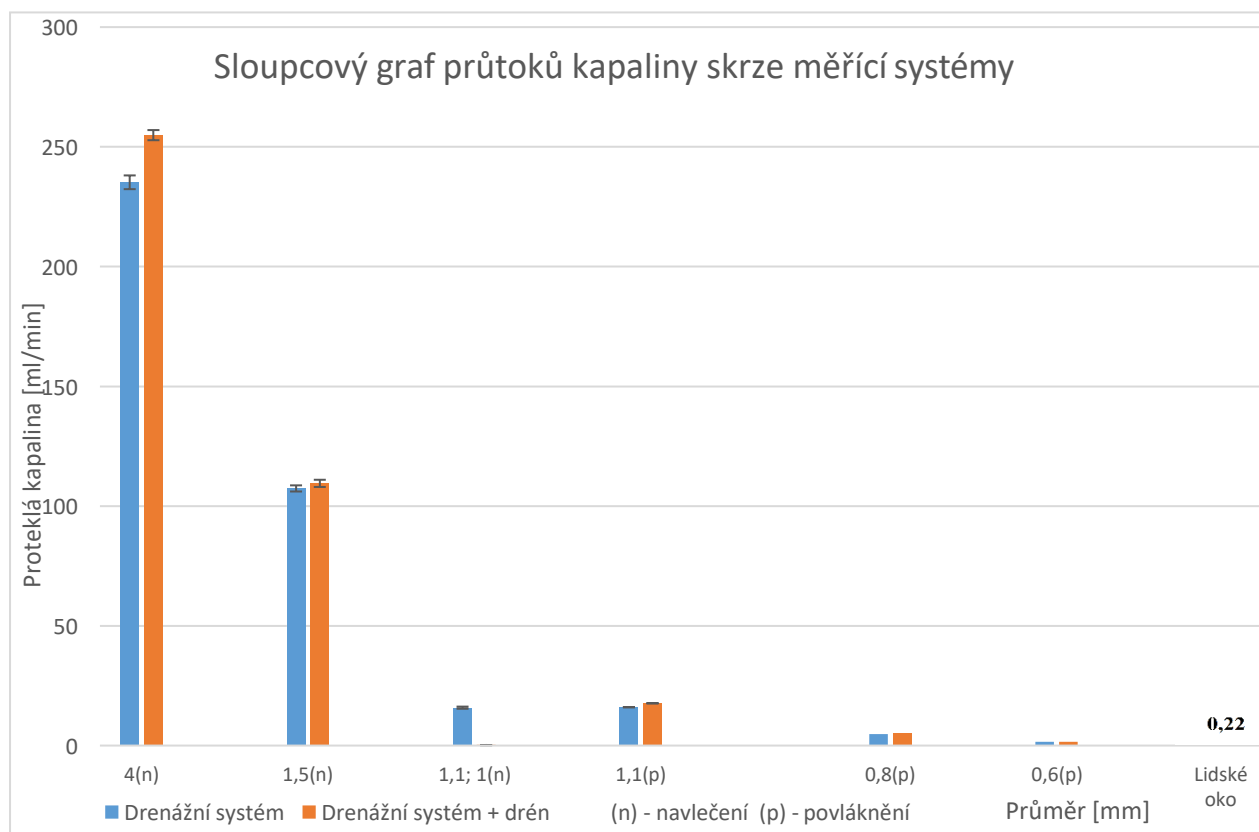
Měření transportu kapalin bylo prováděno vypuštěním vody z nádoby, ve které byla udržována konstantní výška hladiny skrze drenážní systém. Použité systémy jsou uvedeny v tabulce 7. Měření probíhalo po dobu 60, nebo 120 sekund. V následném kroku byla proteklá voda zachycena do kádinky a poté zvážena na vahách typu Kern ABS 120- 4 s přesností na 3 desetinná místa. Drény se na měřicí systém nasazovaly již zvlákněné, nebo v případě jehel o průměru nižším než 1,1 mm byly zvlákněny přímo na jehlu. U každého vzorku bylo měření průtoku provedeno 10x. Výsledky byly zapsány do tabulky 8. Z výsledků byl vytvořen Graf 2.

Tabulka 3 Použité drenážní systémy

Drenážní systém	Průměr [mm]	Příslušný drén průměr [mm]
Hadička	4	4
Hadička	1,5	1,5
Jehla	1,1	1- 1,1
Jehla	0,8	0,8
Jehla	0,6	0,6

Tabulka 4 Porovnání průtoku různými drenážními systémy

Drenážní systém	Průměr [mm]	Způsob upevnění	Průtok měřicím zařízením [ml/min]	Průtok měřicím zařízením s drénem [ml/min]
Hadička	4	Navlečení zvl. drénu	235,20	254,90
Hadička	1,5	Navlečení zvl. drénu	107,40	109,50
Jehla	1,1	Navlečení zvl. drénu	15,81	0,21
Jehla	1,1	Zvlákněno přímo na jehlu	16,04	17,68
Jehla	0,8	Zvlákněno přímo na jehlu	4,83	5,08
Jehla	0,6	Zvlákněno přímo na jehlu	1,56	1,58



Graf 2 Sloupcový graf průtoků kapaliny skrze drenážní systémy

Sloupcový graf porovnává rychlost průtoku kapaliny skrze testované drenážní systémy. Spárovány jsou vždy samostatný drenážní systém a tentýž tubulární útvar s nasazeným příslušným drénem. Úsečky značí chybové úsečky 95% intervalu spolehlivosti směrodatné odchylky.

3.4 Analýza naměřených dat

Z tabulky 8 a grafu 2 lze vidět, že vytvořené drény urychlovaly průtok celým systémem. Tento jev je způsoben morfologií vnitřní stěny vlákně trubice. Stěny nejsou hladké, ale členité. Kapalina může okolo vláken pronikat hlouběji do struktury drénu. V běžné trubici se podél stěn kapalina dle Hagen-Poiseuillova zákona nepohybuje, avšak vnikáním kapaliny do struktury vlákně trubice se tento jev posouvá směrem do stěn drénu a proto se i u krajů kapalina pohybuje. Výjimku tvoří drén o průměru 1 mm, který byl na jehlu nasazen. Vzorek průtok kapaliny výrazně brzdil. Tento výsledek se však výrazně vymyká ostatním výsledkům, lze tedy předpokládat, že kapalina byla zpomalena neřízeným poškozením drénu, nebo ucpáním průtokových cest mechanickým smrštěním drénu při nasazování trubičky na jehlu vzhledem k jejím nízkým mechanickým vlastnostem. Průtok nitrooční tekutiny v lidském oku, je dle literatury 0,022 ml/min. Experimentem bylo zjištěno, že drény se snižujícím se průměrem přibližují této hodnotě (Kvasnica 1988).

Závěr

V rámci práce byl vyroben a optimalizován vlákně implantát pro léčbu glaukomu. V první řadě byl vybrán vhodný materiál pro tvorbu drénu. Vybrán byl PVDF od výrobce Sigma Aldrich o MW 180000 g/mol s přídavkem PEO od výrobce Sigma Aldrich o MW 900000 g/mol. Materiál byl vybrán díky své nízké fibrotizaci a dobré tvorbě nanovlákně vrstvy. V dalším kroku byla optimalizována koncentrace polymerů PVDF a PEO, tak aby bylo možno zvláknit vhodný, dostatečně soudržný a souměrný vlákně útvar. Vyrobeny byly planární a tubulární vzorky, které byly v dalším kroku podrobeny hodnocení z hlediska morfologie pomocí SEM snímků. Na základě získaných informací byl vybrán vzorek s dobrými mechanickými vlastnostmi. Dalším kritériem pro výběr materiálu byla jeho

souměrnost ve vlákenné vrstvě a malý průměr vláken s nízkou směrodatnou odchylkou. Koncentrace zvoleného vzorku byla PVDF 20 hm. % + 0,5 hm. % PEO z celkové hmotnosti roztoku. V další kroku byl optimalizován zvláknovací proces výroby tubulárních útvarů pro testy transportu kapaliny a vyroben vhodný drén. Cílem experimentu bylo vyrobit drén, který se přibližuje hodnotám transportu kapaliny v lidském oku. Pro studium transportu kapalin bylo vyrobeno zařízení. Testy byly provedeny na drenážních systémech o různých průměrech. Měření bylo vždy prováděno skrze samostatný drenážní systém a stejný systém s nasazeným vlákenným materiálem. Testy bylo zjištěno, že nasazený drén urychluje průtok kapaliny skrze drenážní systém. V průběhu experimentu byla nalezena vhodná příprava vzorku od průměru 1,1 mm a níže. Vzorky byly zvlákněny přímo na jehlu, ze které pak byla stažena pouze část drénu. Tímto způsobem tak odpadlo nebezpečí mechanického poškození drénu při nasazování již dříve zvlákněného implantátu na drenážní systém. V práci bylo experimentem dokázáno, že se snižujícím se průměrem drénu se průtok kapaliny stále více přibližuje hodnotám, které odpovídají proudění nitrooční tekutiny v lidském oku.

Literatura

AMÉDURI, B. a kol., Fluoroelastomers: synthesis, properties and applications. *Progress in Polymer Science*. 2000, Vol. 26, no. 1. s. 105-187.

HONG, Chian-Huey a kol., Glaucoma drainage devices: a systematic literature review and current controversies. *Survey of Ophthalmology*. 2005, Vol. 50, no. 1. s. 48-60.

FLAMMER, Josef. *Glaukom: průvodce pro pacienty: úvod pro zdravotníky: příručka pro rychlou informaci*. Praha: Triton, 2003. ISBN 80-7254-351-2.

KVASNICA, J. *Mechanika* 1. vyd. Praha: Academia, 1988.

KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.

MARK, J. *Polymer data handbook*. New York: Oxford University Press, 1999.

MLEZIVA, J., a kol. *Polymery: výroba, struktura, vlastnosti a použití. 2. přeprac. vyd.* Praha: Sobotáles, 2000.

WISCHKE, C. a kol., 2013. a multifunctional bilayered microstent as glaucoma drainage device. *Journal of Controlled Release*. Vol. 172, no. 3. s. 1002-1010.

VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ DYNAMICKÉ ANTROPOMETRIE VE STŘIHOVÝCH KONSTRUKCÍCH

Renáta Pušová

Sekce- TEXTIL

Fakulta textilní, 3. ročník

Bakalářský studijní program- VÝROBA ODĚVŮ A MANEGEMENT OBCHODU
S ODĚVY

Abstrakt: Tato práce se zabývá využitím výsledků dynamické antropometrie ve střihových konstrukcích dámských pracovních oděvů. V teoretické části byla prostudována ergonomie pracovní činnosti nositele a konstrukční metodiky tuzemských a zahraničních autorů, ze kterých byla vybrána nejvhodnější metodika. Dále byl proveden somatometrický průzkum se zaměřením na statické a dynamické tělesné rozměry potřebné pro konstrukci dámské kombinézy. Následně byly statisticky zpracované hodnoty porovnány s národními populacemi. Na závěr byl stanoven dynamický efekt měřených tělesných rozměrů. Výsledky byly aplikovány a diskutovány z hlediska praktického využití ve střihovém řešení pracovní kombinézy v programu PDS tailor.

Klíčová slova: Kombinéza, somatometrický průzkum populace, dynamický efekt, proband, tělesný rozměr, PDS tailor

1 Teoretická část

V současné době jsou na trhu pracovní oděvy pro různé druhy pracovních činností. Bez ohledu na obor zjišťujeme, že je dnes ve všech odvětvích tendence nosit kvalitní značkové pracovní oděvy. Na ně jsou kladeny stále větší nároky z hlediska vyšší ochrany organismu, trvanlivosti, konstrukce střihu, hmotnosti i estetického vzhledu. Typy těchto pracovních oděvů jsou různorodé vzhledem k profesím, ve kterých jsou využívány. S tím souvisí i materiály, postupy výroby, nebo úpravy. Pracovní kombinéza je unikátním typem pracovního oděvu, protože pokrývá celé tělo. Z tohoto důvodu je předmětem této práce.

1.1 Ergonomie

V rešeršní části bylo třeba prostudovat ergonomii pracovní činnosti nositele, ze které byly vybrány nejčastější pracovní polohy při zajištění dostatečné stability těla s minimální zátěží. V této práci se ergonomie týkala především úpravou střihu oděvu vzhledem ke komfortu nositele tak, aby byla zlepšena pohybová činnost při dodržování antropometrických parametrů.

Dle analýzy typického pohybu, který byl při pracovním výkonu vykonáván, byly pohyby mapovány. Pozornost byla zaměřena na klidové polohy (stání, sedění) a běžné pohyby při práci (shýbání, ohýbání). Následně na tomto základě proběhlo somatometrické měření vybrané skupiny probandů. [1] [2]

12 Norma ČSN EN ISO 7250

Zdrojem informací, který byl prozkoumán, je norma ČSN EN ISO 7250-1 Základní rozměry lidského těla pro technologické projektování. Pro měření byla použita norma ISO 7250-1:2008. Část ISO 7250 popisuje antropometrické rozměry, které mohou sloužit jako základ pro porovnávání populačních skupin. [3]

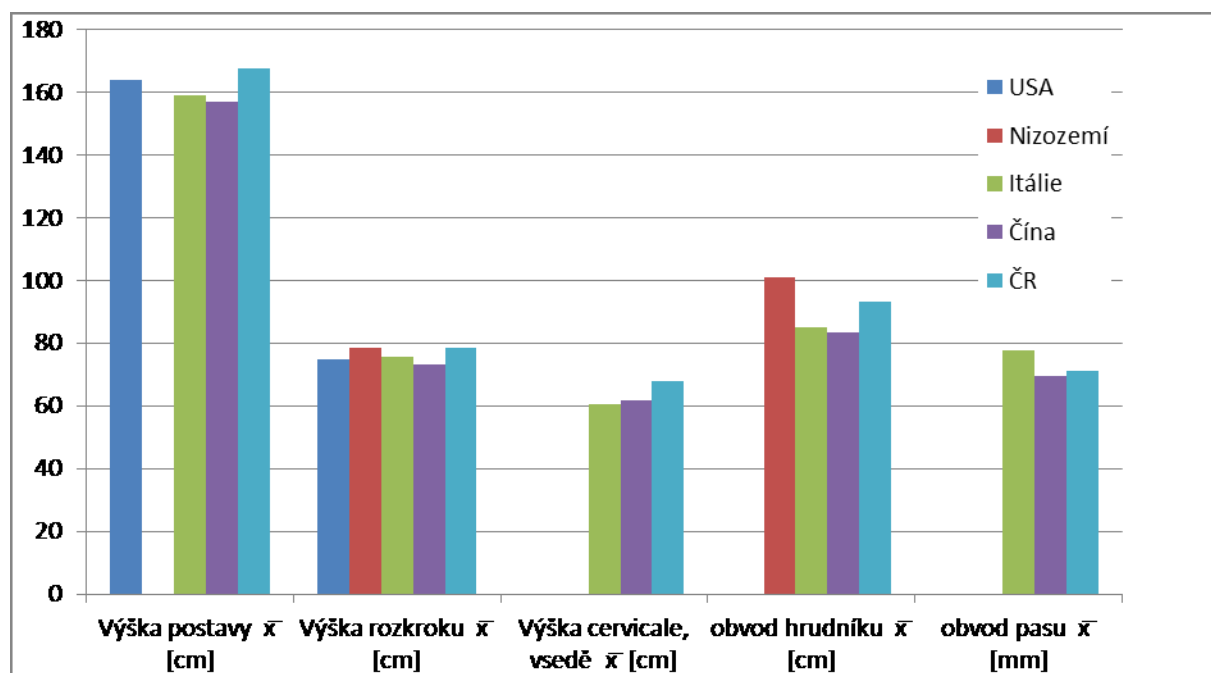
Norma ISO 7250-2 obsahuje aritmetické průměry antropometrického měření populačních skupin, jako například Nizozemí, Austrálie, Itálie, Čína, USA a další. Pro porovnání populací byla použita data žen ve věku od 16 do 60 let. Pro vypracování bakalářské práce byla vybrána data potřebná k projektování pracovní kombinézy. Těmi jsou průměrné hodnoty z hodnot, kterými jsou výška postavy, výška rozkroku, výška cervicale v sedě (výška od 7. trnového výběžku k podložce), obvod krku, obvod hrudníku a obvod pasu. U některých národních populací neproběhla veškerá potřebná měření, proto jsou pole prázdná. [4]

Dále byla práce doplněna o rozměry české populace, která byla převzata z diplomové práce Veroniky Šimkové, 2006. Jedná se o data, z diplomové práce, kde bylo měřeno 200 žen různého věku. [5]

Výsledky somatometrických rozměrů národních populací jsou zaznamenány v tabulce 1 a grafu 1.

Tabulka 1: Porovnaná data národních populací

	Nizozemí	USA	Itálie	Čína	Česká republika
Výška postavy $\bar{x}$ [cm]		163,79	159,2	157,1	167,70
Výška rozkroku $\bar{x}$ [cm]	78,53	74,77	75,7	73,2	78,36
Výška cervicale, vsedě [cm]			60,4	61,8	67,88
$\bar{x}$ Obvod krku $\bar{x}$ [cm]					37,03
Obvod hrudníku $\bar{x}$ [cm]	101,00		84,9	83,3	93,27
Obvod pasu $\bar{x}$ [cm]			77,8	69,5	71,25



Obrázek 1 : Graf porovnaných populací

Z výsledků je patrné, že existují somatometrické rozdíly mezi národními populacemi, např. výška postavy české populace žen je vyšší, než u ostatních porovnaných zemí. Dále mají Češky větší obvod hrudníku, než Italky. Oproti tomu mají Italky větší obvody pasu, oproti ostatním porovnaným národům. V Číně jsou ženy podstatně drobnější postavy než v Evropě, nebo Americe.

Vzhledem k těmto rozdílům v naměřených hodnotách národních populací se dá říci, že konstrukci vytvořenou pro konkrétní somatotyp nelze aplikovat na somatotyp jiný. Je proto vhodné, aby proběhlo vhodné měření národních populací, tj. vstupních parametrů pro konstrukci střihu. Následně byly tyto poznatky aplikovány dle konstrukčních výpočtů a metod na konstrukce oděvů. Tím by se dalo předejít nevhodnému padnutí oděvů.

13 Metodiky konstruování kombinéz

Ve snaze najít metodiku popisu empiricky ověřených tvarů střihových dílů pomocí parametrické konstrukce, byla provedena analytická studie konstrukčních postupů střihů v rámci dostupných konstrukčních metodik jak tuzemských, tak zahraničních autorů (*Müller & Sohn, 1997, Il Modellismo, 2008, NVS, 1984- 1986, UNIKON PLUS, 1990-1993*) [7]

Metodiky, které byly v této části prozkoumány, se liší jak ve způsobu měření tělesných rozměrů, vstupních parametrů, které jsou základem pro konstrukci oděvu, tak ve výpočtech jednotlivých konstrukčních úsečků. Konstrukci jednotlivých metodik také ovlivňuje somatometrický výzkum národních populací, ze kterého jednotlivé metodiky vychází.

Po prozkoumání jednotlivých metodik, byl pro experimentální část vybrán program PDS tailor, ve kterém jsou implementovány konstrukční metodiky Unikon, Müller & Sohn, NVS.

Důvodem, proč byl tento program vybrán, je dobrá a snadná přehlednost v systému, český návod, a díky tomu, že je tato metodika v CAD systému, je vhodná pro průmyslové zpracování jednotlivých velikostních sortimentů dámské pracovní kombinézy.

V experimentální části bude konstrukce dámské kombinézy upravena o naměřené a statisticky zpracované míry české populace žen.

2 Praktická část

Praktická část se zaměřuje na statistické zpracování somatometrických dat statických a dynamických tělesných rozměrů. a jejich aplikaci do stříhové konstrukce dámské kombinézy v CAD systému programu PDS Tailor.

V rámci zadání této práce, byly vymezeny tyto dílčí cíle:

- Provést somatometrické šetření cílové populace českých žen za účelem získání aktuálních somatometrických dat, které budou dále zpracovány
- Porovnat naměřená data se somatometrickým šetřením českých žen z bakalářské práce Veroniky Šimkové a se statistickým přehledem rozměrů lidského těla v národních populacích
- Statisticky zpracovat naměřená data, stanovit dynamický efekt, interval spolehlivosti
- Výsledky zpracovaných dat analyzovat a implementovat do stříhové konstrukce programu PDS tailor
- Závěrem stříhové řešení pracovního oděvu diskutovat

21 Somatometrické šetření

Předmětem zkoumání je skupina třiceti probandů, u kterých bylo provedeno somatometrické měření. Jde o ženy stejné věkové skupiny. Podklady práce budou získávány změřením tělesných znaků, kde se vychází od bodů, která se dají přesně stanovit dle somatometrie.

Somatometrické šetření každého měřeného probanda bylo zaznamenáno do záznamového archu, a poté zpracovány. Statické tělesné rozměry, které byly pro konstrukci dámské kombinézy vybrány (*T1- výška postavy, T18- výška kolene, T48- délka zad, T56- délka (šířka) ramene, T63- boční délka dolní části těla, T60- délka paže, T77- šířka zad, T83- obvod hlavy, T85- obvod kořene krku, T88- obvod hrudníku, T90- obvod pasu, T93- obvod sedu, T107- obvod zápěstí*) a dynamické tělesné rozměry (*D7- boční hloubka sedu, D48- délka zad v předklonu, D59- délka paže v ohybu, D60- délka paže a předloktí v ohybu, D90- obvod pasu vsedě, D97- obvod kolena v ohybu, D105- obvod lokte v ohybu*).

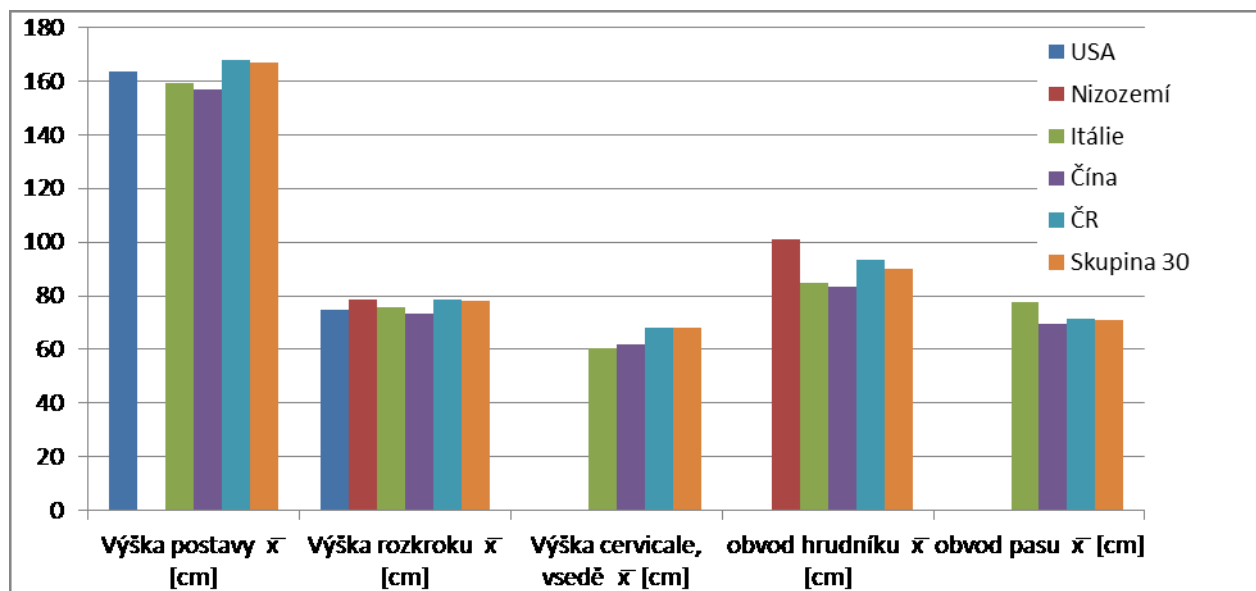
Pro měření tělesných rozměrů skupiny probandů, byla použita metoda kontaktní. Tato metoda je nevýhodná z hlediska času, subjektivity, zkušenosti měřitele, záznamu naměřených hodnot atd. Metodika měření se řídí normou ČSN 80 0090.

22 Porovnání somatometrických dat

Na základě vlastní matematicko-statistické analýzy, byla tato data dále zpracována a porovnána se somatometrickou analýzou získanou z bakalářské práce Veroniky Šimkové [5] a se statistickým přehledem rozměrů lidského těla v národních populacích [4]. Výsledky jsou zaznamenány do tabulky 2 a pro lepší orientaci do grafu 2. U některých národních populací neproběhla veškerá potřebná měření, proto jsou pole prázdná.

Tabulka 2 : Porovnání somatometrických dat národních populací.

	Nizozemí	USA	Itálie	Čína	Česká republika	Skupina 30 probandů
Výška postavy $\bar{x}$ [cm]		163,79	159,2	157,1	167,70	166,92
Výška rozkroku [cm]	78,53	74,77	75,7	73,2	78,36	78,04
$\bar{x}$ výška cervicale, vsedě $\bar{x}$ [cm]			60,4	61,8	67,88	67,83
Obvod krku $\bar{x}$ [cm]					37,03	34,93
Obvod hrudníku [cm]	101,00		84,9	83,3	93,27	89,86
Obvod pasu $\bar{x}$ [cm]			77,8	69,5	71,25	71,03



Obrázek 2 : Graf porovnání somatometrických dat národních populací.

Ze zaznamenaných výsledků plyne, že skupina probandů naměřenými hodnotami blíží mírám české populace žen, zpracovaných v bakalářské práci Veroniky Šimkové, jen

u skupiny třiceti probandů byl naměřen menší obvod hrudníku. Protože však bakalářská práce Veroniky Šimkové nemá dostatek naměřených dat pro implementaci do stříhu pracovní kombinézy, bude v další části konstrukce kombinézy v programu PDS tailor upravena o data ze somatometrického měření 30 probandů.

Během analýzy bylo dále zjištěno, že v porovnání s národními populacemi je česká populace vyšší, než ostatní národnosti. Rozdíly hodnot výšky rozkroku jsou poměrně malé, ale i tak vychází míry českých žen jako největší. Z toho lze usuzovat, že Češky mají oproti zbývajícím populacím delší nohy. I výška cervicale je největší z ostatních naměřených dat, což předpokládá delší trup. Jak již bylo zmíněno, u obvodu hrudníku jsou největší rozdíly v české populaci, ale i světové. Největší obvod hrudníku mají Nizozemky. Co se týče obvodu pasu, jsou Češky drobnější, než Italky. Italky mají také nejmenší rozdíly mezi obvodem hrudníku a obvodem pasu. V Číně jsou nejdrobnější postavy ženy.

Vzhledem k tomu, že výsledky porovnání somatometrických dat poukazují na rozdíly mezi národními populacemi, bylo by vhodné přistupovat ke konstrukcím oděvů tak, aby se oděvy projektovaly na konkrétní národnosti.

23 Statistické zpracování naměřených dat

Dalším krokem bylo statistické zpracování šetření somatometrických dat pro úpravu konstrukčních parametrů, které jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3 : Analýza statických somatometrických hodnot

Rozměr	Průměr	Výběrový rozptyl	Směrodatná odchylka	Interval spolehlivosti	Interval spolehlivosti min.	Interval spolehlivosti max.
T_i [cm]	$\bar{x}_i$ [cm]	s_x^2 [cm ²]	s [cm]	μ [cm]	min. [cm]	max. [cm]
T1	166,92	45,89	6,77	2,54	164,38	169,46
T18	48,24	5,68	2,38	0,88	47,36	49,12
T48	37,53	6,23	2,5	0,94	36,59	38,47
T56	11,56	1,22	1,1	0,41	11,15	11,97
T60	59,60	7,08	2,66	1,00	58,60	60,60
T63	108,22	23,55	4,85	1,82	106,4	110,04
T77	32,78	7,93	2,82	1,08	31,7	33,86
T83	54,03	2,41	1,55	0,57	53,46	54,6
T85	34,93	5,17	2,27	0,92	34,01	35,85
T88	89,86	46,53	6,81	2,54	87,32	92,4
T90	71,03	52,15	7,22	2,7	68,32	73,74
T93	99,29	57,65	7,59	2,84	96,45	102,13
T107	15,06	27,81	5,27	1,96	13,1	17,02

Interval spolehlivosti představuje rozsah hodnot od průměru. Největší rozsah hodnot je u obvodu pasu, obvodu sedu, obvodu hrudníku, což jsou základní rozměry, které určují

velikostní sortiment oděvu. Další hodnotou je výška postavy. Interval mezních hodnot, nebo interval spolehlivosti, se v programu PDS tailor zobrazuje v závorce mezi editačním polem a popisným textem Rozměr (cm). Lze zde zadat požadovanou numerickou hodnotu, ale je zde mezení dané hodnotami v položkách -X/X, které také není možné překročit. Pokud by byly tyto intervaly mezních hodnot překročeny, rozhodla by se celá konstrukce. [8]

Stejné výpočty jako u statických tělesných rozměrů byly použity pro dynamické tělesné rozměry. Výpočty jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4 : Analýza dynamických somatometrických hodnot

Rozměr	Průměr	Výběrový rozptyl	Směrodatná odchylka	Interval spolehlivosti	Interval spolehlivosti min. [cm]	Interval spolehlivosti max. [cm]
D_j [cm]	$\bar{x}_i$ [cm]	s_x^2 [cm ²]	s [cm]	μ [cm]		
D7	30,18	5,27	2,3	0,86	29,32	31,04
D48	39,14	6,53	2,56	0,96	38,18	40,1
D59	61,45	9,55	3,09	1,15	60,3	62,6
D90	73,9	61,64	7,85	2,92	70,98	76,82
D97	39,09	8,36	2,89	1,08	38,01	40,17
D105	25,93	4,11	2,03	0,76	25,17	26,69

Větší směrodatná odchylka byla vypočítána u obvodu pasu, kde vyšla hodnota 7,85 cm, a proto je i interval spolehlivosti větší, než u ostatních dynamických rozměrů.

Dle vzorců pro výpočet dynamického efektu a podílu dynamického efektu pro individuální tělesné rozměry probandů, byly vypočítány hodnoty, které jsou uvedeny v příloze. Jejich průměrné hodnoty byly zapsány do tabulky 5. Podíl dynamického efektu určuje, o kolik procent bude konstrukční úsečka upravena.

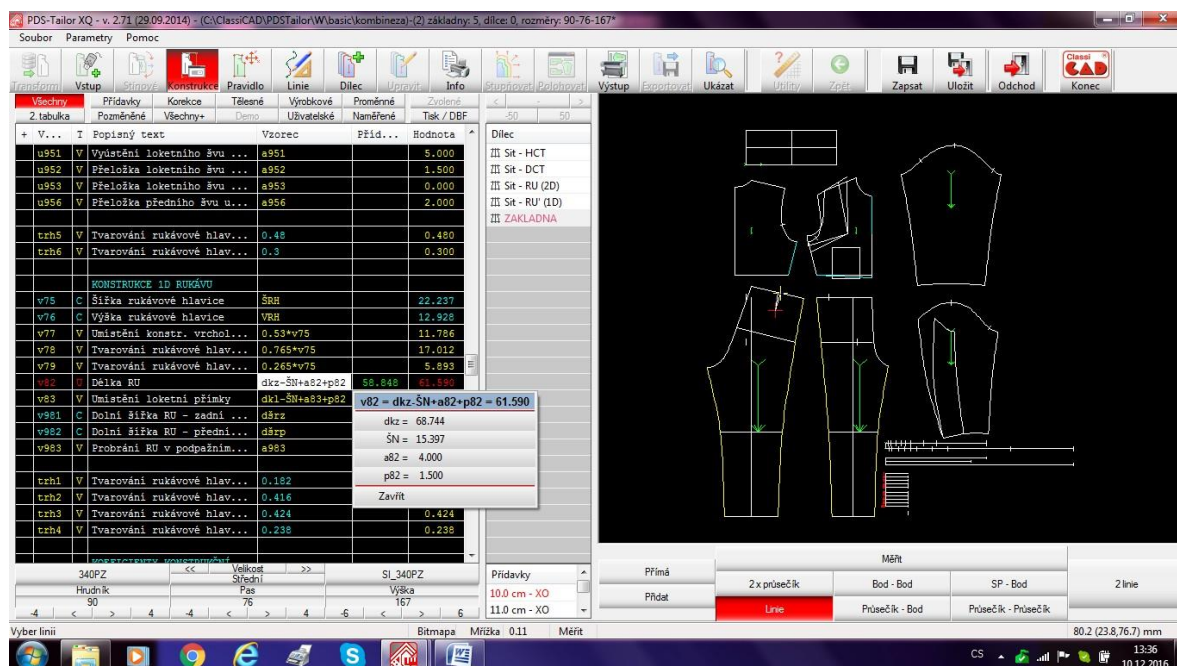
Tabulka 5 : Výpočet podílu dynamického efektu op, dz, dr

Tělesný rozměr	Výběrový průměr dynamického efektu $\bar{d}_i$ [cm]	Podíl dynamického efektu $\bar{x}$ [%]
op	2,79	3,93
dr	1,99	3,3
dz	1,6	3,92

24 Modifikace konstrukce v programu PDS tailor

Podle statisticky zpracovaných rozměrů naměřených probandů a výpočtu podílu dynamického efektu u dalších tělesných rozměrů, které nejsou v tabulce, ale byla změřeny v rámci somatometrického průzkumu (D7- boční hloubka sedu, D97- obvod kolena v ohybu, D105

obvod lokte v ohybu), byly výsledky uplatněny do modifikace konstrukce dámské kombinézy v programu PDS tailor viz obrázek 3.



Obrázek 3: Upravená konstrukce v programu PDS tailor.

Z databáze programu PDS tailor, byla vybrána konstrukce Ez_komb, která je výchozí pro střih dámské kombinézy. V tabulce Konstrukčních parametrů v pravé části obrazovky se nacházejí hodnoty a výpočty vedoucí k vytvoření základní konstrukční sítě. Uživatel má možnost měnit činitele konstrukčních vzorců nebo přímo vepsat hodnotu zvolené konstrukční úsečky.

Konstrukční parametry, které byly modifikovány o výpočet z naměřených hodnot skupiny probandů, byly tyto:

- základní tělesné rozměry (*oh, op, os, vp*)
- podřízené tělesné rozměry (*ok, dz, šz, bdk*)
- pomocné tělesné rozměry (*oz, ohl, vk, okl*)

Dle úprav z naměřených a vypočtených dynamických rozměrů byl rozměr obvod pasu modifikován o 3,93 %, úsečka určující délku zad byla upravena o 3, 9% a délka rukávu o 3,3%. V konstrukci byla upravena i výška kolene a obvod kolene měřený v ohybu tak, aby hodnoty odpovídaly naměřeným a zpracovaným mírám skupiny. Dá se konstatovat, že konstrukce byla prodloužena (délka zad, délka kalhot, délka rukávu) a rozšířena (pas, sed, šíře kolene).

Pro kontrolu by bylo vhodné ušít dámskou kombinézu, a tak prakticky zhodnotit padnutí oděvu. Dalším doporučením je, aplikovat dynamický efekt do ostatních pracovních oděvů, kde je pohyb, namáhání a fyzická zátěž nedílnou součástí pracovních povinností.

1. Závěr

Tato práce byla zaměřena na využití výsledků dynamické antropometrie ve střihových konstrukcích. Vytipovaným pracovním oděvem byla kombinéza. Je unikátním oděvem, protože pokrývá celé tělo.

Cílem bylo:

- Popsat druh pracovního oděvu, vypracovat rešerši zaměřenou na ergonomii pracovní činnosti nositele
- Provést somatometrický výzkum cílové skupiny probandů se zaměřením na statické a dynamické tělesné rozměry
- Výsledky somatometrického šetření zpracovat a porovnat se statistickým přehledem rozměrů lidského těla v národních populacích.
- Stanovit dynamický efekt tělesných rozměrů, výsledky analyzovat a diskutovat z hlediska praktického využití ve střihovém řešení pracovního oděvu.

Před samotným měřením byly prostudovány dostupné konstrukční metodiky, které se konstrukcí dámské kombinézy zabývají, jejich způsoby měření probandů, konstrukční výpočty. Na základě dostupných informací byla vybrána metodiky UNIKON+, která je obsažena v programu PDS tailor pro svou nenáročnou obsluhu, jednoduché ovládání a efektivnosti tohoto programu by se lidská pracovní síla nevyrovnala.

Měření skupiny probandů probíhalo metodou kontaktní, jejíž nevýhodou je množství času, potřebné k této aktivitě. Další výraznou nevýhodou je subjektivita měření. Proto by bylo vhodnější využít metodu bezkontaktní, která tyto nevýhody vylučuje a je přesnější. Výsledky zpracování dat závisí nejen na kvalitě, ale také na kvantitě naměřených hodnot. Proto jsou preferovány větší datové výběry.

Výsledky somatometrického šetření vybrané skupiny třiceti probandů byla statisticky zpracována a porovnána s dalšími národními populacemi, které byly měřeny podle normy ISO 7250-2, která obsahuje aritmetické průměry antropometrického měření populačních skupin. Některá měření v normě nebyla provedena, proto nelze porovnat všechna data. K tomuto srovnání byly přidány hodnoty somatometrického šetření české populace žen, které bylo provedeno v bakalářské práci Veroniky Šimkové, 2006. Výsledkem tohoto hodnocení porovnání bylo zjištění, že u ženské populace dochází k odlišnostem v rámci národních populací. Zde by bylo příhodné doporučit podrobnější somatometrickou analýzu ženských postav české populace v rámci dalšího využití v aplikaci na dámské oděvy.

Šetření z bakalářské práce Veroniky Šimkové obsahuje míry většího datového výběru, proto by bylo vhodnější vycházet pro další zpracování do modifikace konstrukce pracovní kombinézy z těchto většího datového výběru. Protože však nejsou v tomto somatometrickém výzkumu naměřeny všechny hodnoty, které byly třeba pro úpravu konstrukčních parametrů, byla změna konstrukčních hodnot provedena o výpočty vycházející ze zaznamenaných hodnot třiceti probandů.

Dalším postupem bylo doplnit matematické výpočty o výpočet dynamického efektu. Úsečky programu PSD tailor byly upraveny vypočítané hodnoty s přihlédnutím na interval

spolehlivosti, který určuje největší rozsah hodnot. Výsledná konstrukce by mohla sloužit jako podklad pro další využití v pracovní sféře. Bylo by zajímavé, zhotovit podle výsledné konstrukce prototyp pracovní kombinézy a prakticky tak posoudit padnutí oděvu.

Použitá literatura

- [1] MAREK, J., SKŘEHOT, P.: Základy aplikované ergonomie. Praha: VÚBP, v.v.i., 2009, 118 s., ISBN 978-80-86973-58-6
- [2] GLIVICKÝ, V.: Ergonomie na pracovištích. Praha: Akademie práce a zdraví ČR, o.p.s., 2004
- [3] ČSN EN ISO 7250-1 Základní rozměry lidského těla pro technologické projektování. Praha, 2008. Český normalizační institut.
- [4] TNI CEN ISO/TR 7250: Základné meranie rozmerov ľudského tela na technologické návrh. Časť 2: Štatistické prehľady rozmerov ľudského tela v národných populáciách, Slovenský ústav technickej normalizácie, 2013.
- [5] ŠIMKOVÁ, V., Statistické zpracování údajů somatometrického šetření souhrnu dospělých žen zaměřeného na tvorbu konstrukčních rozměrů v relaci s normou EN 13 402. Liberec, 2006. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci
- [6] MASARYK, J., Vývoj konstrukční metodiky střihů pánských kalhot. Liberec, 2016. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Katedra oděvnictví
- [7] MUSILOVÁ, B., Predikce konstrukčních parametrů střihů korzetových výrobků. Liberec, 2012. Autoreferát disertační práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Katedra oděvnictví
- [8] Webová stránka. Classicad.cz [online]. [cit. 8. 10. 2016]. Dostupné z: www.classicad.cz
- [9] BURGO, F. Il Modellismo- The pattern making book for the pattern makers. Milano, 2008. Istituto di Moda Burgo, ISBN 88900101-5-0.
- [10] Meloun, M. a Militký, J., Statistické zpracování experimentálních dat. 1. vydání, Praha: Akademia 2004, ISBN: 80-7219-003-2.
- [11] Kadeřábek, J. a Pícek, J., Sběrka příkladů z pravděpodobnosti a statistiky, TUL 2001.
- [12] ISO 8559: Garment construction and antropometric surveys - Body dimensions, International Organization for Standardization, 1989.
- [13] Kolektiv KOD: Konstrukce základních druhů oděvů- textke cvičení, Skripta TUL Liberec 2003, ISBN80-7083-687-3.

VYUŽITÍ ODPADNÍCH VLNĚNÝCH VLÁKEN

Roušalová Karolína

Sekce – TEXTIL

Fakulta textilní, 3. ročník

Bakalářský studijní program – TEXTILNÍ MARKETING

Abstrakt:

Cílem této práce je ověřit, zda rozloženou ovčí vlnu lze modifikovat pro možné uplatnění v hydroponickém pěstování rostlin. V práci je popsán použitý vstupní materiál. Následuje popis stanovení chemického složení vzorku ovčí vlny, dále příprava hydrolyzátu vlny a nakonec aplikace roztoků v hydroponickém pěstování. Tento experiment je následně vyhodnocen a výsledky jsou zaznamenány v tabulkách.

Klíčová slova: ovčí vlna, vlněný hydrolyzát, hydroponie,

Úvod

Cílem této práce bylo využít odpadní vlněná vlákna. Zaměřeno bylo na rozklad ovčí vlny a jejího dalšího využití jako hnojivo pro rostliny. Experimentální část charakterizuje vstupní materiál. Pak se zabývá stanovením obsahu tuku ve vlně, její výtěžností a chemickým složením. Dále se zabývá přípravou vlněného hydrolyzátu, který sestává z rozložené ovčí vlny, a standardního roztoku pro použití v hydroponickém pěstování. Připravené vzorky jsou dále využity ve třech různých koncentracích živného roztoku pro růst hrachu setého. Výsledky měření jsou zaznamenány v tabulkách.

1. Experiment

Vstupním materiálem je vzorek potní vlny, získaný z plemena ovce Romney. Tato ovčí vlna pochází z malé obce Višňové, která se nachází ve Frýdlantském výběžku, tvořící severozápadní podhůří Jizerských hor.

1.1. Stanovení obsahu tuku ve vlně a rendementu (výtěžnost)

Stanovení obsahu lipidu bylo provedeno na vstupním materiálu. Byl vzat „vzduchosuchý“ vzorek potní vlny (G) o hmotnosti 4,97 g, který byl vložen ve filtračním papíru do Soxhletova extraktoru. Pomocí chloroformu byl extrahován vlnový tuk do připravené extrakční baňky, do které byly přidány varné kuličky, a byla předem přesně zvážena. Varné kuličky zajišťují pravidelný var, tj. nedochází zde k utajenému varu. Pro dosažení úplné extrakce všech lipidů bylo provedeno 9 extrakčních cyklů.

Současně s extrakcí vlnového potu bylo započato vysoušení paralelního vzorku potní vlny o hmotnosti 5 g při teplotě 105 °C za účelem stanovení obsahu vody. Vzorek byl vložen do předem zvážené a vysušené váženky. Vzorek byl sušen tak dlouho dokud nebylo dosaženo konstantní hmotnosti (tj. absolutně suchý materiál). Poté dle váhového úbytku byl zjištěn obsah vody v %.

Po ukončení extrakce byla rozebrána aparatura a z vlny odmačkáno obsažené rozpouštědlo (pomocí gumových rukavic) do extrakční baňky. Od zextrahovaného tuku bylo oddestilováno zbytkové rozpouštědlo na jednoduché destilační aparatuře. Po oddestilování byla extrakční baňka vložena do sušárny s teplotou 105 °C a po vysušení do konstantní hmotnosti byla určena hmotnost vyextrahovaného lipidu (L). Dále byla určována hmotnost látek rozpustných ve vodě. Extrahovaná vlna byla vyluhována 3 x za sebou po 3 minutách vždy v nové destilované vodě o teplotě cca 50 °C. Vlna se důkladně zbavila vody vymačkáním. Takto připravený vzorek byl vložen ve váženku do sušárny o teplotě 105 °C a byl sušen do konstantní hmotnosti. Vlna čistá (Č) je zbavena tuků a látek rozpustných ve vodě. Výpočty lze vidět v tabulce č. 1.

Obsah lipidů byl vypočítán v % ze „vzduchosuchého“ vzorku podle vzorce:

$$l [\%] = \frac{L}{G} * 100$$

Výtěžnost vlny byla vypočítána v % dle vzorku:

$$R [\%] = \frac{\check{C}}{G - \frac{G*v}{100}} * 100$$

l - obsah lipidů v %

L – hmotnost vyextrahovaného lipidu

G – hmotnost „vzduchosuchého“ vzorku potní vlny

R – výtěžnost vlny v %

Č – čistá vlna (tj. Odmaštěná a vyluhovaná)

v – obsah vody ve vlně

Tabulka č. 1: Procentuální výsledky

	Výsledky (%)
l – obsah lipidů	9,9
Látky rozpustné ve vodě	21,9
R – výtěžnost vlny	68,6
V – obsah vody ve vlně	10,8

Výtěžnost vlny je 68,58 % tudíž z 1 kg potní vlny získáme 685,8 g čisté vlny.

1.2. Stanovení chemického složení

Analýzu chemického složení potní vlny jsme provedli na optickém emisním spektrometru s indukčně vázanou plazmou (ICP-OES). Známé množství vzorku bylo vloženo do rozkladné nádoby v mikrovlnném mineralizačním zařízení. Ke vzorku byla přidána koncentrovaná kyselina dusičná a byla provedena tlaková mineralizace. Po ukončení procesu a ochlazení zařízení byly mineralizáty převedeny do odměrných baněk a doplněny po rysku. Roztok byl filtrován přes papírový filtr „modrá páska“. Filtráty byly analyzovány metodou optické emisní spektrometrie s indukovanou plazmou (ICP-OES). Pro kalibraci byly použity komerční víceprvkové standardy firmy Perkin Elmer. Za provedení této analýzy patří poděkování Ing. Petru Parmovi. Výsledky chemické analýzy v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2: Chemické složení potní vlny

mg/kg	Vlna 1	Vlna 2	Vlna 3	Vlna 4	průměr
P	409	338	282	363	348
K	22916	21322	16989	19741	20242
Ca	1440	2536	1048	1830	1714
Mg	353	454	246	355	352
S	75560	93606	83506	87328	85000

1.3 Příprava hydrolyzátu vlny

Příprava hydrolyzátu

Pro rozklad potní vlny bylo namícháno 5 roztoků hydroxidu draselného o objemu 50 ml. Koncentrace aplikovaných roztoků jsou uvedeny v tabulce č.3:

Tabulka č. 3: Koncentrace roztoků

	1. roztok g/l	2. roztok g/l	3. roztok g/l	4. roztok g/l	5. roztok g/l
Hydroxid draselný	2	6	10	20	40

Dále bylo připraveno 5 vzorků potní vlny o hmotnosti 10 g.

Rozklad vlny

Rozklad probíhal ve vodní odpařovací lázni. 5 vzorků vlny bylo dáno do baněk a zalito 50 ml různých roztoků hydroxidu draselného. Takto připravené baňky byly dány do odpařovací lázně o teplotě 50 °C. Za občasného míchání a dolití destilované vody z důvodu odpařování, byly vzorky kontrolovány po dobu 1 hodiny v intervalech 10 minut. Postupně se zvyšovala teplota až na konečnou 85 °C. V tabulce č. 4 můžeme vidět postupné změny rozkladu:

Tabulka č. 4: Rozklad vlny

Vlna roztokem (g/l)	Po 10 minutách	Po 20 minutách	Po 30 minutách	Po 40 minutách	Po 50 minutách	Po 60 minutách
2	bez změny	bez změny	bez změny	bez změny	bez změny	bez změny
6	bez změny	bez změny	bez změny	Změna tvaru	Měknutí vlny	Měknutí vlny
10	bez změny	bez změny	Pomalé hrudkování	hrudky	hrudky	hrudky
20	hrudky	Pomalé táhnutí(záček rozkladu)	táhnutí	Z větší části rozložena	táhnutí	Stálý rozklad
40	Pomalé táhnutí(záček rozkladu)	Z větší části rozložena	Zcela rozložena	Zcela rozložena	Zcela rozložena	Zcela rozložena

Z tabulky rozkladů je zcela jasně vidět, že roztok hydroxidu draselného o koncentraci 40 g/l vlnu zcela rozložil už po 30 minutách. Na Obr. č. 1 můžeme vidět výsledný rozklad po 1 hodině.



Obr. č. 1: Rozklad vlny

A – lázeň o koncentraci 2 g/l, vlna neprojevuje žádné změny. Na pohled dobře vypraná

B – lázeň o koncentraci 6 g/l, vlna začíná projevovat nepatrné změny po 40 minutách rozkladu

C – lázeň o koncentraci 10 g/l, vlna po 30 minutách začíná projevovat menší změny, po zbytek rozkladu stále hrudkovatí, vazba vlny viditelně narušena

D – lázeň o koncentraci 20 g/l, vlna po 10 minutách hrudkovatí, po dalších deseti minutách se začíná pomalu táhnout a postupně až do konce testu se rozkládá, ale ne do úplného rozkladu

E – lázeň o koncentraci 40 g/l, vlna se po 10 minutách začíná pomalu rozkládat a po 30 minutách je zcela rozložena.

Rozložený vzorek byl doplněn destilovanou vodou na 100 ml.

Neutralizace vzorku

Pro další použití byl vybrán vzorek, který byl zcela rozložen. Vzorek byl složen z 10 g potní vlny, 50 ml roztoku KOH o koncentraci 40 g/l a destilované vody (dolito do objemu 100 ml). Pomocí lakmusového papírku bylo zjištěno pH 12. Pro růst rostlin je potřeba nižšího pH a proto byl vzorek zneutralizován pomocí roztoku kyseliny fosforečné o koncentraci 100 g/l. Do rozložené vlny bylo přidáno 6 ml roztoku a pH bylo sníženo na 9.

Výpočet množství hydrolyzátu vlny pro aplikaci na hrách

Nejdříve bylo vypočteno množství důležitých látek v hydrolyzátu vlny pro pěstování v hydroponii

Vstupní složení hydrolyzátu vlny:

10 g potní vlny

50 ml KOH o koncentraci 40 g/l

6 ml H_3PO_4 o koncentraci 100 g/l

=> hydrolyzát vlny doplněn na 100 ml

Na 1l hydrolyzátu připadá:

100 g potní vlny

20 g KOH => 13,9 g K

6 g H_3PO_4 => 1,9 g P

N bylo vypočítáno z hmotnosti čisté vlny. Dle literatury množství dusíku v čisté vlně je 16 %.

Množství v našem zkoumaném vzorku je tedy 11 g/l N.

Další prvky byly změřeny chemickou analýzou a množství můžeme vidět v tabulce č. 2.

Množství těchto prvků bylo převedeno na 100 g potní vlny:

0,035 g/l P
 2,02 g/l K
 0,171 g/l Ca
 0,035 g/l Mg
 8,5 g/l S

Dále byly sečteny chemické prvky z vlny, hydroxidu sodného a kyseliny fosforečné, které vidíme v tabulce č. 5 pod pojmem máme. Dále v tabulce nacházíme ideální množství prvků pro použití v hydroponii (pod pojmem máme).[1]

Tabulka č. 5: Množství prvků v hydrolyzátu vlny a potřebné množství pro hydroponii

Prvky	N	P	K	Ca	Mg	S
Potřebujeme (g/l)	0,22	0,06	0,23	0,16	0,02	0,03
Máme (g/l)	11	1,9	15,9	0,17	0,035	8,5
Máme po přidavku dolomitu (g/l)	11	1,9	15,9	7,99	4,73	8,5
V naředěném hydrolyzátu s dolomit (g/l)	0,22	0,038	0,318	0,16	0,094	0,17

V tabulce č. 9 lze vidět, že Ca a Mg mají malé množství zastoupení, a hrách tyto látky vyžaduje, proto bylo do hydrolyzátu přidáno 3,6 g dolomitu. Množství potřebného vlněného hydrolyzátu na 100 % -ní živný roztok pro hydroponii je 1:50. (1 ml vlněného hydrolyzátu na 50 ml vody). Tudíž na 1 l roztoku připadá 20 ml vlněného hydrolyzátu. V tabulce lze vidět množství prvků v roztoku.

Příprava standardního vzorku

Standardní roztok byl namíchán tak, aby mohl být použit v hydroponickém prostředí. Roztok byl připraven dle tabulky č. 6. Roztok byl namíchán o objemu 75 ml.

Tabulka č. 6: Faktory podmiňující pěstování rostlin hydroponicky[24]

	Zásobní roztok v g/l	Dávka zásobního roztoku v ml
KNO ₃	101,10	30
Ca(NO ₃) ₂ *4H ₂ O	236,16	20
NH ₄ H ₂ PO ₄	115,08	10
MgSO ₄ *7H ₂ O	246,49	5
KCl	1,864	10
H ₃ BO ₃	0,773	
MnSO ₄ *H ₂ O	0,169	
ZnSO ₄ *7H ₂ O	0,288	
CuSO ₄ *5H ₂ O	0,062	

1.4. Aplikace roztoků v hydroponickém prostředí

Aplikace byla provedena na hrachu setém. Bylo připraveno 7 vzorků roztoků:

1. destilovaná voda
2. 50 % standardní roztok
3. 100 % standardní roztok
4. 200 % standardní roztok
5. 50 % hydrolyzát vlny
6. 100 % hydrolyzát vlny
7. 200 % hydrolyzát vlny

50 % roztok byl v poměru 1:100, 100 % roztok byl v poměru 1:50 a 200 % roztok byl v poměru 1:25 (tj. ve 100% roztoku byly 2 ml vlněného hydrolyzátu nebo standardního roztoku na 100 ml destilované vody).

K růstu byly připraveny kultivační nádoby naplněné filtračním pískem (propláchnutý a zbavený nečistot). Od každého roztoku bylo připraveno 5 kultivačních nádob. Dohromady 35 vzorků rostlinek hrachu. Hrách byl první den (Obr. č. 2) rozložen na navlhčenou vatou a ponechán 3 dny ve tmě. Po dosažení 3-4 cm (Obr. č. 3) dlouhých kořínků (po 7 dnech) byly rostlinky vysazovány do kultivačních nádob, tak aby kořínky zasahovaly do roztoku v nádobě a byly podepřeny pískem. Rostlinky byly změřeny a byl spočítán počet listů.



Obr. č. 2: 1 den: hrách na navlhčené vatě



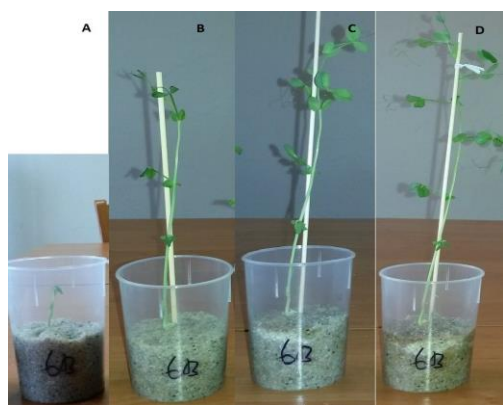
Obr. č. 3: Hrách před zasazením

Roztoky v kultivačních nádobách se doplňovali dle potřeby.

Růst rostlinek hrachu byl sledován 1, 7, 12, 16, 20, 24, 28 a 32 den. V těchto dnech byl sledován růst rostlinek do výšky a počet růstu listů. Během růstu byly rostlinky podepřeny špejlí, aby se nezlámali a rostly dále. Vzorky byly umístěny na slunném okenním parapetu (Obr. č. 4). Na Obr. č. 5 a 6 lze vidět rozdílný růst rostlin v různých roztocích a času experimentu.



Obr. č. 4: Vzorky rostlin na okenním parapetu



Obr. č. 5: 100% vlněný hydrolyzát



Obr. č. 6: 200% vlněný hydrolyzát

A -rostlinka zasazena do kultivační nádoby po 7 dnech

B – rostlinka 16. den

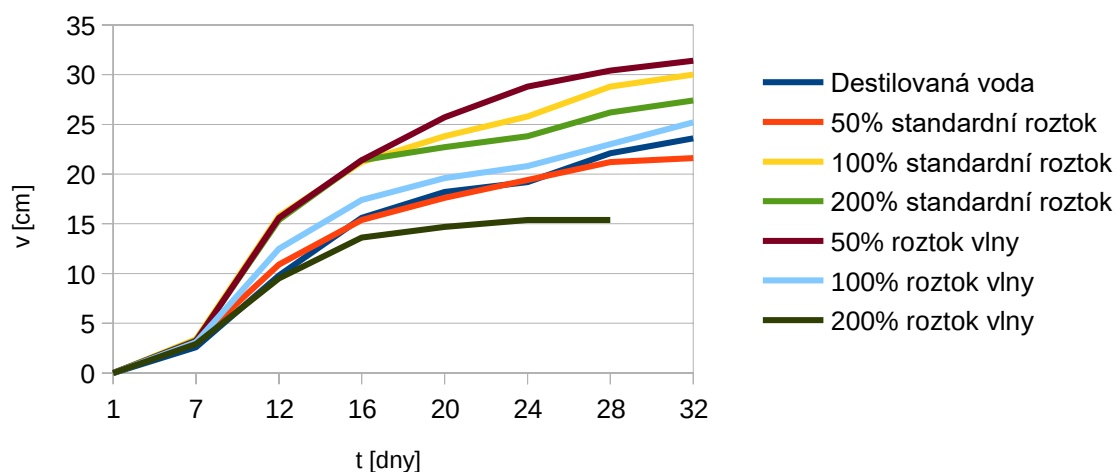
C – rostlinka 24. den

D – rostlinka 32. den

1.5.Vyhodnocení výsledků

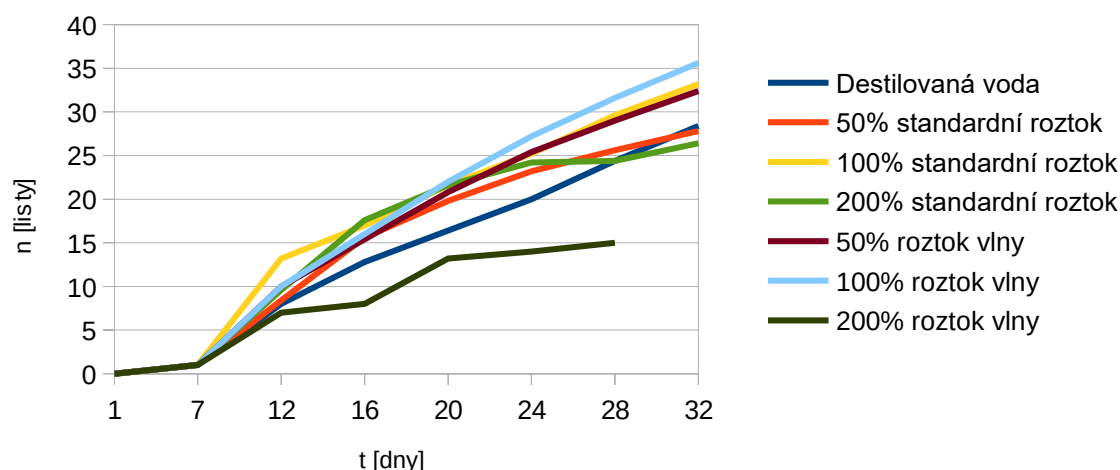
Růst hrachu setého byl sledován po dobu 32 dní. Každý experiment, o různých koncentracích roztoků, byl paralelně proveden na 5 rostlinkách. Experimenty byly průběžně měřeny a kontrolovány nárůsty počtů listů. Všechna data byla zapsána do přehledných tabulek, které jsou k vidění v příloze č. 1 a č. 2. Výsledky růstu jsou shrnuty do uspořádaných grafů (Obr. č.7 a 8).

Růst Hrachu - výška rostlin



Obr. č. 7: Růst hrachu – výška rostlin

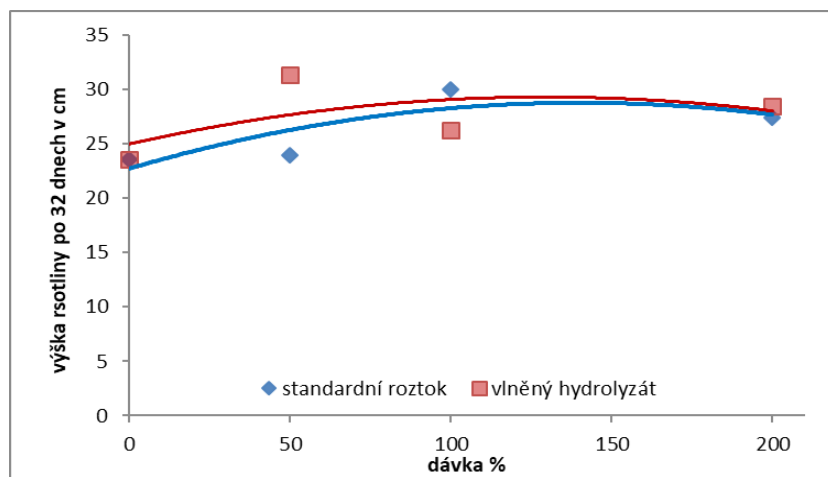
Růst hrachu - počet listů



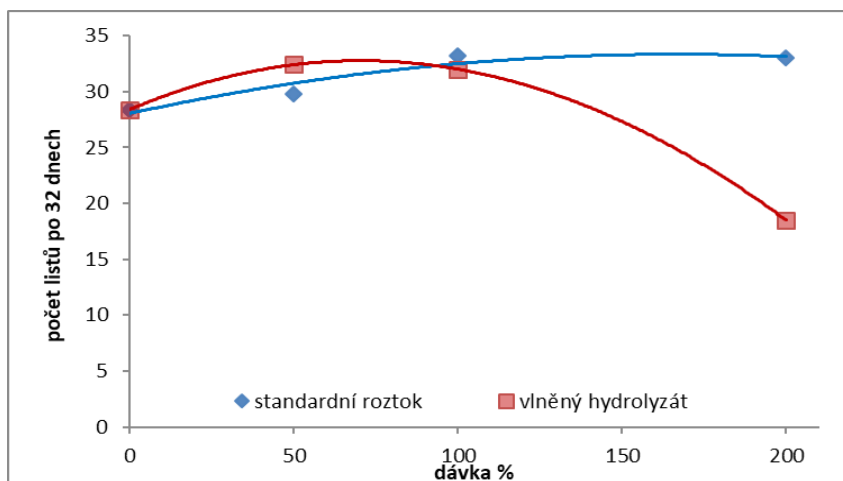
Obr. č. 8: Růst hrachu – počet listů

Z grafů růstu hrachu je viditelné, že výška a počet listů rostlin dosáhly měřitelné hodnoty 7 den od začátku experimentu. Všechny rostliny v rámci experimentu kvetly dle předpokladu, na rozdíl od pokusu s 200 % -ním vlněným hydrolyzátem, kde rostliny kvetly 12 dnů a poté se jejich růst výrazně zpomaloval až nakonec uhynuly. V tomto případě byla v hydrolyzátu vlny vyšší hladina dusíku, která omezuje hrachu příjem dusíku ze vzduchu, a proto rostliny postupně uhynuly. Rostliny s 200% hydrolyzátem vlny, po 28 dni uhynuly. Proto v grafu dále nepokračuje datová řada.

Pro porovnání rychlosti růstu hrachu v různých koncentracích použitých roztoků byl zvolen konec experimentu (32. den). Výsledky jsou shrnuty v následujících grafech (Obr. č. 9 a 10). Data jsou proložena polynomem pro lepší představu porovnání rychlosti růstu.



Obr. č. 9: Porovnání růstu hrachu – výška



Obr. č. 10: Porovnání růstu hrachu – počet listů

Z grafů porovnání vyplývá, že pokud se zvýší dávka roztoků, tak rostliny prospívají lépe. Tedy čím je vyšší dávka roztoků, tím rostliny rostou rychleji a mají větší počet listů.

Ovšem u vlněného hydrolyzátu situace růstu není tak jednoduchá. Z výsledných dat vyplývá, že vlněný hydrolyzát je účinnější jak standardní roztok, ale dávkovaný 50 %-ní roztok vlněného hydrolyzátu vede k extrémní výšce rostlin a počtu listů.

Pro posouzení celkového růstu hrachu po celé vegetační období nebylo možné provést dostatečně dlouhý experiment. Proto byla vyhodnocena kinetika růstu rostlin a poté na základě zjištěných dat byla provedena prognóza růstu do konce vegetačního období.

V zobrazení transformovaných souřadnicích, kde na vodorovné ose je převrácená hodnota času ve dnech a na svislé ose převrácena hodnota růstu (počet listů nebo výška rostlin), bylo zjištěno, že jsou experimentální data uspořádaná v přímce (koeficient determinace dosahuje průměrné hodnoty 0,99). Tato linearizace odpovídá Vickerstaffově kinetické závislosti, která se používá ve vybraných technických aplikacích. Pro další posouzení celkového růstu je důležité, že převrácená hodnota úseku na svislé ose je hodnotou, které proces dosáhne v rovnováze, v aplikaci na růst rostlin by bylo možné předpokládat dosažení této hodnoty na konci vegetačního období.

Výpočet kinetické závislosti dle vzorce:

$$C_t = \frac{K \cdot t \cdot C_\infty}{K \cdot t \cdot C_\infty + 1}$$

Kde:

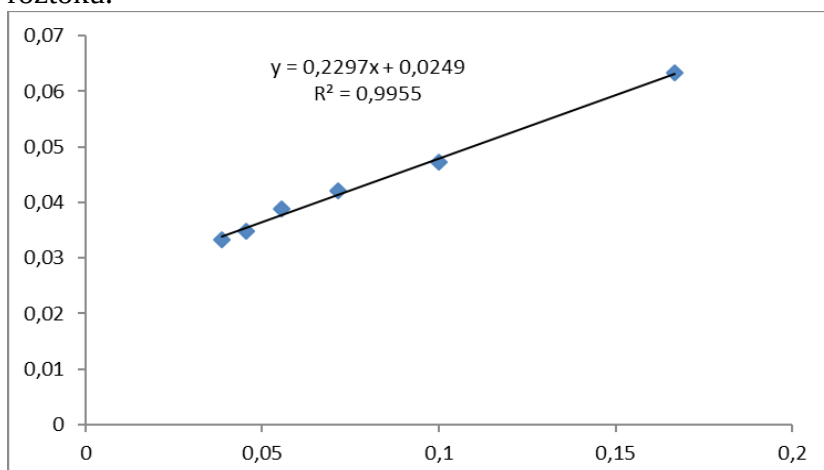
C_t je hodnota sledované veličiny v čase t

C_∞ je hodnota sledované veličiny v nekonečném čase

K je rychlostní konstanta

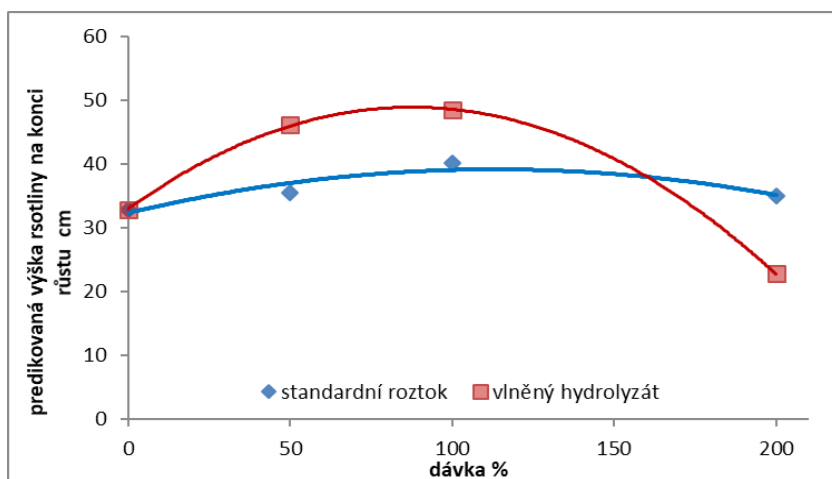
t je čas[25]

Na Obr. č. 11 lze vidět linearizaci, který zobrazuje průměrnou výšku rostlin v případě 100% roztoku.

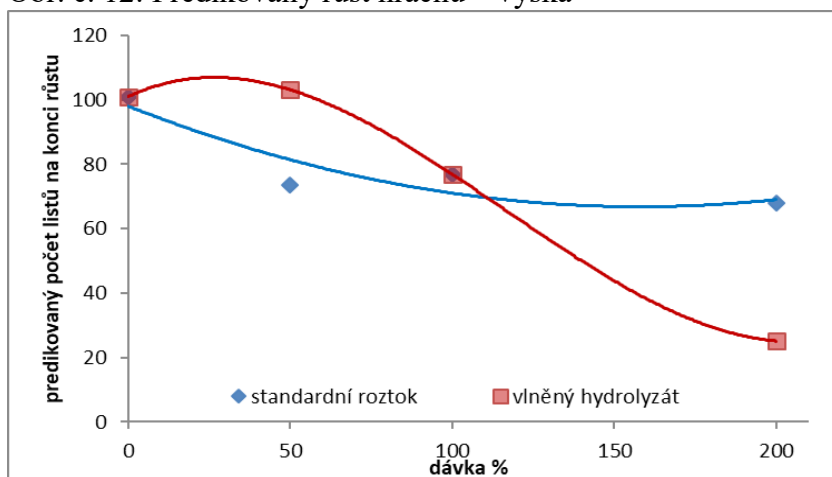


Obr. č. 11: Převrácená hodnota času a výšky

Zpracováním všech růstových křivek byly získány grafy (Obr. č. 12 a 13) predikující růst hrachu do konce vegetačního období.



Obr. č. 12: Predikovaný růst hrachu – výška



Obr. č. 13: Predikující růst hrachu – počet listů

Z grafů lze vyčíst, že vlněný hydrolyzát je výhodnější jak standardní roztok. Rostliny, které dostaly 50% a 100% dávku vlněného hydrolyzátu z optimální dávky hnojiva, vykazují mnohem výraznější růst jak rostliny, které byly úplně bez hnojiva nebo se standardním roztokem hnojiva.

Z výsledků je vidět, že vlněný hydrolyzát je kvalitní hnojivo a poskytuje rostlinám výživu, kterou čistě anorganické standardní hnojivo nedokáže nabídnout, k lepšímu růstu rostlin. Zajímavým faktem je, že 50% vlněný hydrolyzát, což je 50 % množství spočtené dávky potřebného hnojiva, poskytuje lepší výživu jak 100% vlněný hydrolyzát. Tímto lze říci, že hydrolyzát vlny lze dávkovat v malém množství.

Závěr

V rámci práce bylo zjištěno, že hydrolyzát z vlněných vláken lze použít jako hnojivo rostlin. Experimentálně byla srovnávána rychlost růstu rostlin (hrách setý) jak v hydrolyzátu vlněných vláken, tak i v destilované vodě a v roztoku pro růst rostlin v doporučeném v literatuře („standardní roztok“).

V práci jsou popsány použité materiály. Detailně je popsán způsob analýzy složení potní vlny. Rovněž zde naleznete popis přípravy hydrolyzátu vlny pomocí alkálie a modifikace hydrolyzátu pro účely hydroponického pěstování hrachu setého.

Příprava hydrolyzátu je velmi perspektivní výroba hnojiv, neboť dokáže plně nahradit standardní hnojiva určená k pěstování rostlin. Vzhledem k velmi malé poptávce po ovčí vlně, mající za následek její přebytek, jí mnoho zůstává nevyužito. My se tedy zaměřujeme na její využití v jiném, než textilním průmyslu

Literatura:

[1] *Minerální výživa rostlin.* [online] [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/4076163/>

TEXTIL

navazující a doktorský studijní program

KONTROLA KVALITY KONTROLNÍCH SÍT PRO BIŽUTERNÍ KAMENY POMOCÍ ZPRACOVÁNÍ OBRAZU

Lukáš Borůvka

Sekce - TEXTIL,
Fakulta textilní, 2. Ročník - navazující
Magisterský studijní program – PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Abstrakt: Tato práce se zabývá kvalitativním monitorováním kontrolních sít pro bižuterní kameny. U kontrolních sít je sledován kvalitativní parametr, čímž je průměr otvorů síta, skrz která prochází bižuterní kameny požadované jakosti. Stávající kontrola se provádí dotykovým měřením, je časově a finančně náročná. V práci je navržena alternativní metoda s využitím mobilního mikroskopu a nástrojů obrazové analýzy, jde o způsob bezdotykového měření. Je zde navržen algoritmus, který měří základní geometrické parametry otvoru síta, jako je například průměr. Výstupem práce pro praxi je grafické uživatelské rozhraní, které usnadňuje kontrolorovi ověření síta přímo na pracovišti, což má zefektivnit kontrolu z pohledu časové náročnosti a mobility.

Klíčová slova: Kontrolní síto, kontrola kvality, obrazová analýza, geometrické charakteristiky, průměr otvoru, bižuterní kameny

1. Úvod

Bižuterní kameny jsou komponenty, které tvoří jednotlivé šperky (bižuterii), oděvní doplňky a další. Bižuterních kamenů je celá řada, tato práce se zabývá kvalitativní kontrolou bižuterních kamenů zvanými šatony. Tento kámen má zpravidla dvanáct nebo i více faset. Fasety jsou jednoduše řečeno zkosené hrany kamene.

Jeden z nejdůležitějších kvalitativních parametrů, které vnímá zákazník za jako významné, je geometrická stálost bižuterního kamene, zejména se jedná o průměr bižuterního kamene. Průměr kamene patří do skupiny geometrických vlastností. Tento kvalitativní parametr se v procesu ověřuje kontrolním sítkem. Pro kontrolu kvality geometrických vlastností, zda byl kámen správně roztříděn, se používají právě kontrolní sítká.

Kontrolní sítká mají v sobě otvory kruhového tvaru, skrz ně propadávají šatony. Tyto otvory mají definovaný rozměr a toleranci podle průměru šatonu, který k dané velikosti přísluší. V závislosti na velikosti šatonu se také liší rozměry kontrolních sít a jejich otvorů.

Aby se kontrolní sítká dala použít, tak i ona samotná podléhají kvalitativní kontrole, kde se ověřují průměry otvorů v sítku. Spolehlivost, kterou dávají, se ověřuje přeměřením minimálně jednou ročně. Tato frekvence kontrol je dána interní normou. Bohužel, tento ověřovací proces je časově náročný a navíc flexibilita této kontroly je nízká. Přeměření a kontrola celé sady kontrolních sít může trvat i měsíc. Při samotném ověření kontrolních sít se nekontrolují všechny otvory na kontrolním sítku, ale jen vybraný počet, jde tedy jen o částečný výběr. Navíc samotná kontrola sít je finančně náročná.

2. Popis současného stavu

Na bižuterních kamenech se měří kvalitativní geometrický rozměr, kterým je průměr bižuterního kamene. Tento průměr se ověřuje pomocí kontrolních sítok. U kontrolních sítok se používá označení ss (z anglického seive size, velikost síta) a číslo označující velikost. Používají se ke kontrole průměrů bižuterních kamenů od velikosti 1,29 mm (ss3) do 12,34 mm (ss50). Jsou vyrobeny z mosazného či pozinkovaného plechu o malé tloušťce a kruhového tvaru. Celková velikost kontrolního síta se pohybuje okolo 100 mm.

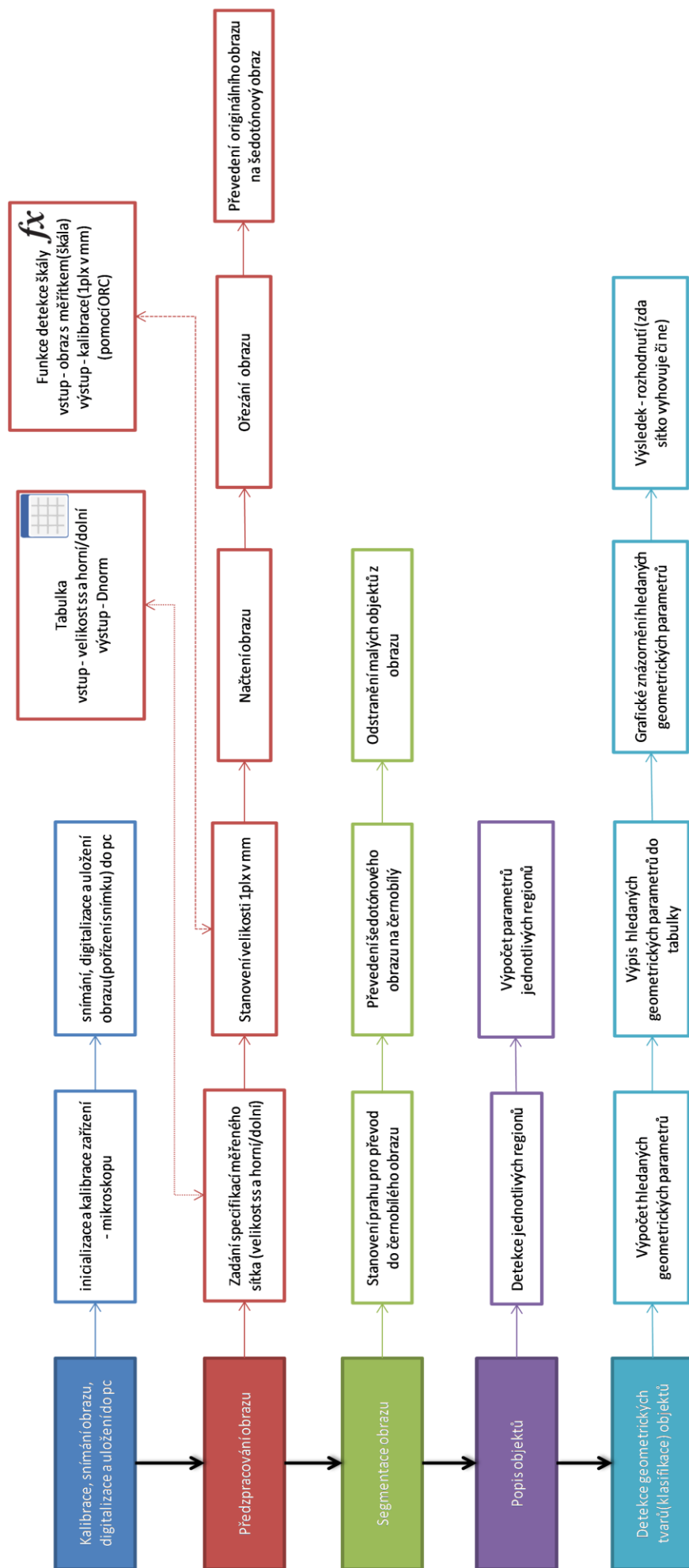
Věřitelnost kontrolních sítok je posuzována na základě interní normy. Aby se dalo spolehnout na výsledky kvalitativní kontroly, které nám poskytují kontrolní síta, tak i samotná kontrolní síta musí být kontrolována. V současné době se ve firmě Preciosa, a.s. kontrolní síta kontroloují periodicky minimálně jednou ročně. Na každém sítku se proměří 25 průměrů otvorů (děr), kterými propadávají kameny. Z těchto výsledků se vyhodnotí, zda sítko vyhovuje či nevyhovuje. Každé kontrolní sítko má ovšem více než 25 děr. Tento počet měřených otvorů byl zvolen ke kontrole jako dostačující již z předchozích zkušeností. Nejde tedy o kontrolu všech otvorů na kontrolním sítku, ale jen o částečný výběr. Ze zkušeností se tyto otvory měří uprostřed kontrolního síta, kde se koncentruje nejvyšší četnost kontrolovaných bižuterních kamenů. Kontrolní síta jsou kontrolována dotykovým souřadnicovým strojem Zeiss Prismo 7 Vast (dále jen Zeiss). Každý otvor (z 25 kontrolovaných otvorů) je vyhodnocen na základě čtyř dotyků měřicího hrotu na hranu otvoru. Z naměřených čtyř dotyků v otvoru se aproximuje kružnice a z této kružnice dostáváme námi požadovaný průměr otvoru. Z 25 otvorů se dostane 25 průměrů samotných otvorů, ze kterých se spočítá celkový průměr a směrodatná odchylka. Tyto výsledky se porovnávají s tolerancí kontrolního síta (Tabulka 1), jejíž tolerance je předepsána interní normou. Pakliže jsou naměřené výsledky v toleranci, sítko projde jako vyhovující (OK). Jakmile jsou mimo toleranci, kontrolní sítko se označí jako nevyhovující (NOK).

Tabulka 1 Vybrané velikosti kontrolních sítok dle interní normy.

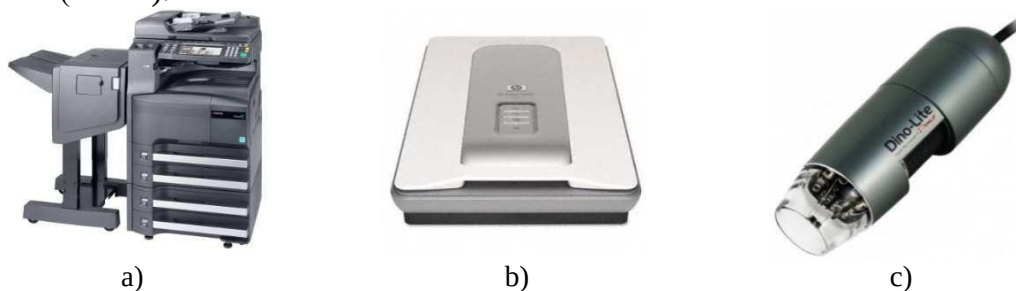
Jmenovitá velikost šatonu	Kontrolní sítko jmenovitá světlost [mm]		Jmenovitá velikost šatonu	Kontrolní sítko jmenovitá světlost[mm]	
	D - dolní	H - horní		D - dolní	H - horní
SS	$d \pm 0,02$	$d \pm 0,02$	SS	$d \pm 0,02$	$d \pm 0,02$
8	2,24	2,42	31	6,54	6,82
8,5	2,34	2,52	32	6,74	7,02
9	2,44	2,62	33	6,94	7,22

3. Obrazová část

Jako alternativa k dotykovému měření na Zeissu byl zvolen postup pomocí analýzy obrazových dat (**Obř. 1**). Tento postup je popsán v následujícím diagramu.



Aby bylo možné sejmout otvor kontrolního sítko v potřebném zvětšení a kvalitě, bylo nutností vybrat zařízení, kterým se bude obraz snímat. Pro účely práce byly v první fázi vyzkoušeny zařízení na (Obr. 2).



Obr. 2 a) TASKalfa 300i, b) HP ScanJet G4010, c) Usb mikroskop Dino-Lite AM3113T.

Z těchto tři zařízení určených ke snímání obrazu se ukázal jako nejlepší volbou Usb mikroskop Dino-Lite AM3113T (Obr. 2 c). Mikroskop Dino-Lite je mobilní, protože dosahuje velmi malých rozměrů (cca 10 centimetrů). Pořízený obraz či fotografie z mikroskopu má malou velikost dat (cca 2Mb) a práce s ním není časově náročná. Nespornou výhodou je, že se dá připojit do USB rozhraní, čímž může být součástí notebooku či tabletu. Při práci s mikroskopem lze použít horní a dolní osvit a tím lze dosáhnout téměř dokonalého kontrastu mezi objektem a pozadím. Práce s Usb mikroskopem Dino-Lite má velkou výhodu v tom, že se dá nasnímaný obraz až 200 krát zvětšit (zoom), což je pro účel snímání otvorů v sítkách nutností. Nasnímá-li se otvor sítko při vysokém zvětšení, tak teprve poté je vidět přesný obraz otvoru sítko (Obr. 3, Obr. 4).



Obr. 3 Kontrolní sítko velikost ss3 H nasnímané z mikroskopu a) nasnímané celé sítko, b) nasnímaný otvor sítko (zvětšení 165,9x).

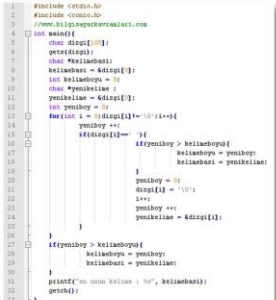


Obr. 4 Kontrolní sítko velikost ss50 H nasnímané z mikroskopu a) nasnímané celé sítko, b) nasnímaný otvor sítko (zvětšení 28x).

4. Postup při zpracování obrazu

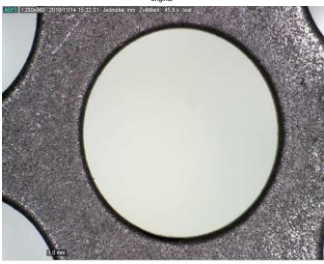
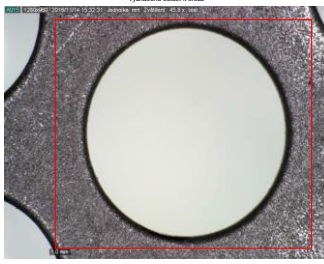
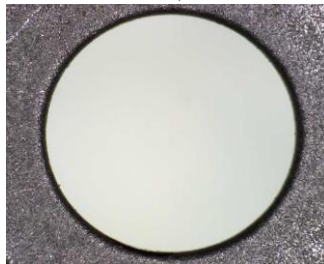
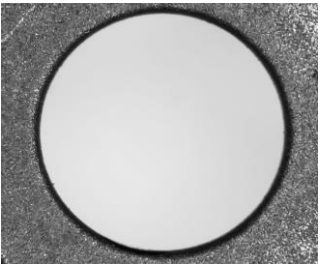
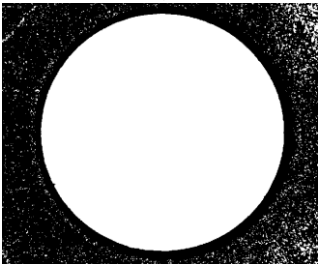
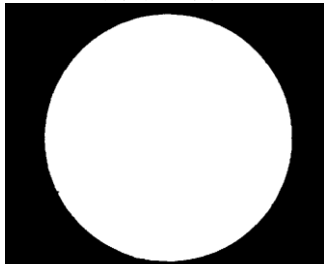
Aby bylo možné dostat požadovaný průměr otvoru zkoumaného sítko je k tomu potřeba několik kroků (Tabulka 2). Vybereme kontrolní sítko, které chceme ověřit. Sítko vložíme pod usb mikroskop a pomocí softwaru, který je nedílnou součástí k mikroskopu, se sejmou otvory měřeného sítko. Následně je na tyto nasnímané obrazy (otvory) aplikován připravený algoritmus pro identifikaci průměrů otvorů. Obrazy jsou analyzovány v softwaru Matlab.

Tabulka 2 Postup při zpracování obrazu.

1. Vybere se kontrolní sítko	2. Sítko se nasnímá na mikroskopu	3. V softwaru pro mikroskop se nastavují parametry a sejme se obraz sítko	
			
4. Nasnímaný otvor sítko	5. Nasnímaný otvor sítko se vloží do softwaru	6. Použije se algoritmus pro výpočet	7. Výsledek
			Sítko vyhovuje Sítko nevyhovuje

Pro lepší názornost, co se děje s obrazem (analýza obrazových dat), na který je aplikován algoritmus pro měření průměru otvoru sítko, je dále nastíněn postup (Tabulka 3). Nejdříve se obraz načte a poté se ořízne, aby nebyly v obraze další jiné zbytečné objekty. Následně se obraz převede z RGB (8 bitů na jeden kanál) do monochromatického (šedotónového) obrazu. Po stanovení globálního prahu se obraz převede z monochromatického do černobílého obrazu. V převedeném černobílém obrazu jsou znatelné malé bílé artefakty, které vznikly při převodu z monochromatického do černobílého obrazu za pomoci globálního prahování. Tyto malé artefakty se odstraní. Obraz je připraven na popis objektů v obraze ve formě hledaných geometrických charakteristik.

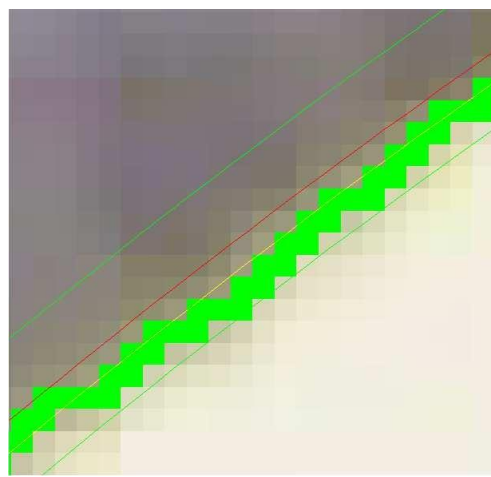
Tabulka 3 – Postup při práci s obrazem.

1. Načtení originálního obrazu	2. Oříznutí obrazu	3. Vyříznutý obraz	
			
4. Převedení do šedotónu	5. Převedení do černobílé	6. Odstranění malých bílých teček	7. Popis objektů
			Měření průměru

Na následujícím obraze (Obr. 5) jsou znázorněny identifikované průměry otvoru kontrolního sítka.



a)



b)

Obr. 5 Obrazová analýza kontrolního sítka a) velikost sítka ss9D b) Výřez obrazové analýzy s identifikovanými průměry.

Zobrazené průměry na obrázku (Obr. 5 b) jsou objasněny v tabulce (Tabulka 4).

Tabulka 4 Identifikované průměry v obraze.

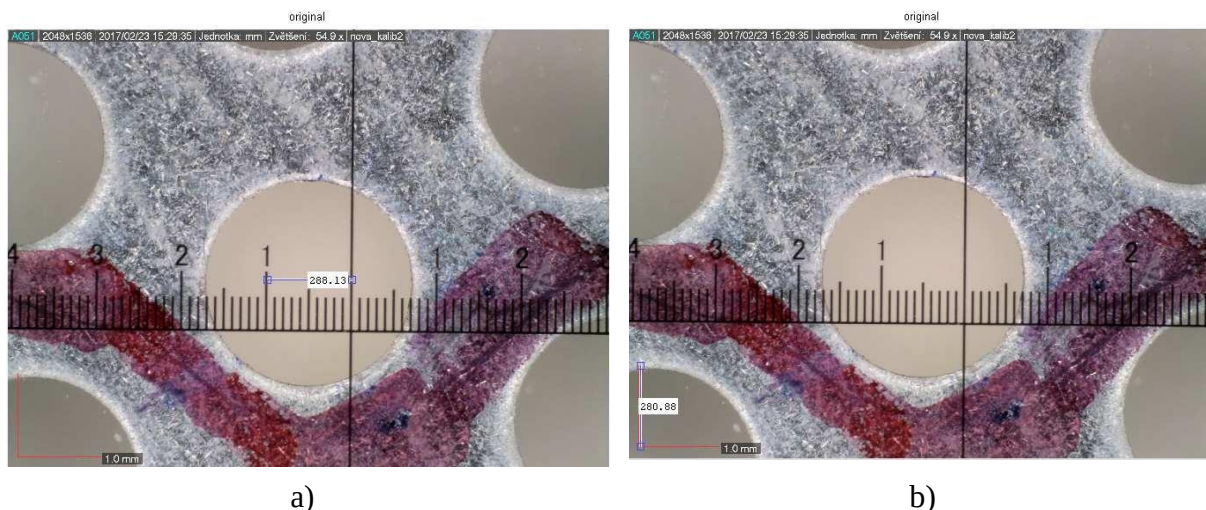
Barva čáry	Označení průměru	Popis hledané vlastnosti
Žlutá	D_{EQ}	Ekvivaletní průměr (počítán z plochy otvoru)
Zelená	D_{mez}	Mezní průměr – dán interní normou ($D_{norm} \pm 0,02$)
Červená	D_{norm}	Normovaný průměr – tento průměr je dán interní normou

Průměr, který identifikujeme v obraze a je srovnáván s hodnotami z měření na Zeissu, je znám jako ekvivalentní průměr. Tento průměr se spočítá z plochy měřeného objektu, v našem případě otvoru síta a je dán vztahem:

$$D_{eq} = \sqrt{\frac{4 * S}{n}}. \quad (1)$$

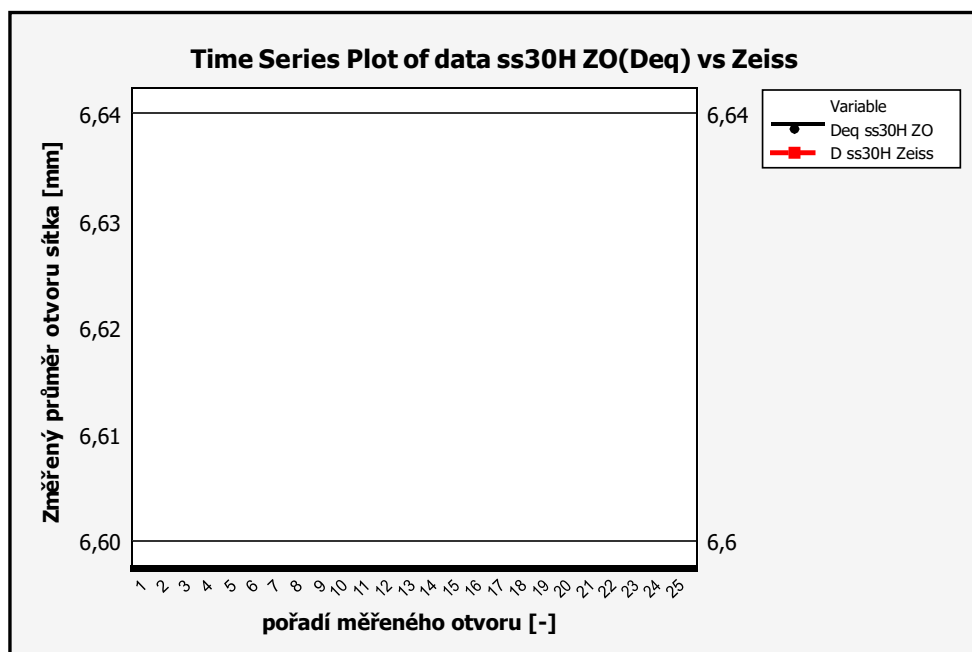
5. Diskuze výsledků

Při porovnávání výsledků z měření na Zeissu a pomocí analýzy obrazu byly vždy srovnávány dvě velikosti kontrolních sít a to ss9D a ss30H. Aby bylo možné spočítat průměr (ekvivalentní) otvoru síta pomocí analýzy obrazu, tak bylo nutností znát délku jednoho pixelu v milimetrech. Při srovnání obou měřících systémů (Zeiss a analýza obrazu) se tento přepočet ukázal jako velmi významný. Ukázalo se, že délka škály v obraze neodpovídá skutečnosti. Následující obrázek znázorňuje sítko velikosti ss9D, kde je v levém dolním rohu zobrazená škála (délka škály odpovídá 1mm). K tomuto sítku byl přiložen délkový kalibr, aby se dala porovnat délka 1mm na zobrazené škále a přiloženém kalibru. Na obrázku (**Obr. 6 a**) je změřen jeden milimetr na kalibru, který odpovídá 288,13 pixelům.



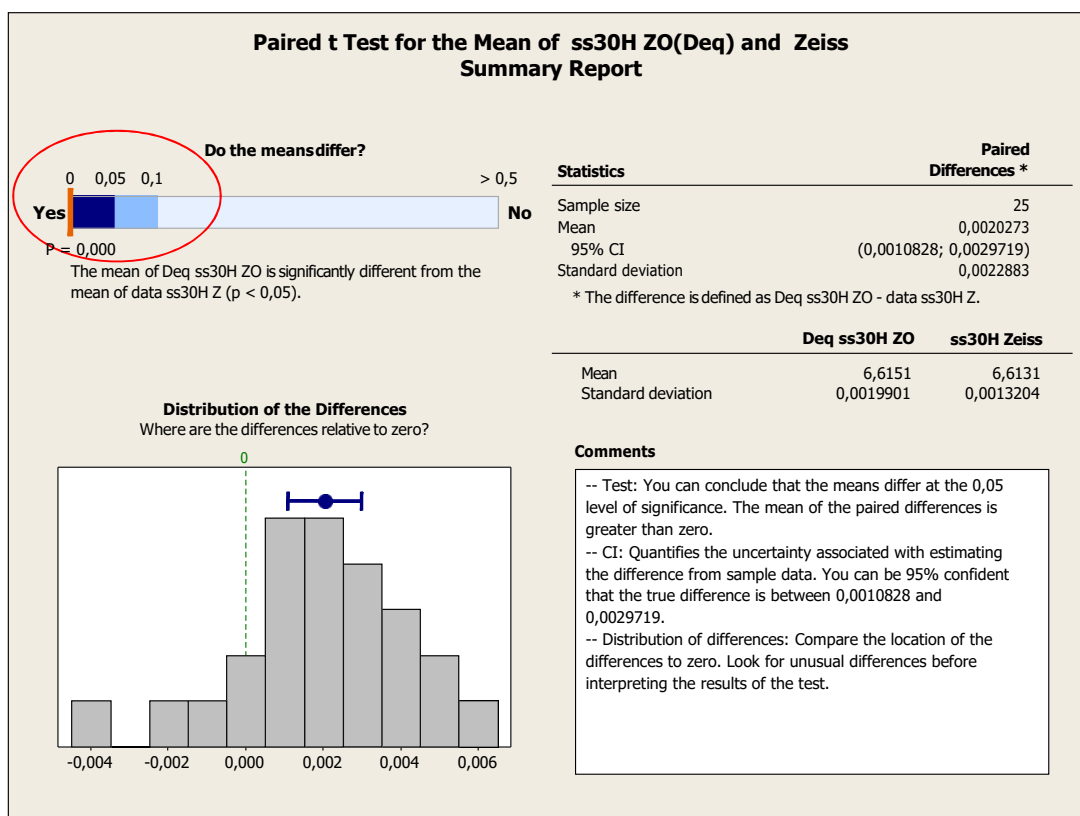
Obr. 6 Měření 1 mm v pixelech na ss9D a) na pravítku, b) na kalibrační škále.

Na obrázku (**Obr. 6 b**) byl naměřen jeden milimetr na zobrazené škále, který odpovídá 280,88 pixelům. Lze si všimnout, že rozdíl mezi délkovým kalibrem a zobrazenou škálou na jednom milimetru je 8 pixelů. Tento rozdíl se ukázal jako velmi významný v přepočtu délky jednoho pixelu a tím pádem částečně zkresloval i naměřené výsledky. Při použití hodnoty délky jednoho pixelu za asistence kalibru, místo škály, se výsledky z Zeissu a analýzy obrazu srovnaly (Obr. 7). Po této úpravě se hodnocení mezi Usb mikroskopem (analýza obrazu) a měřením na Zeissu srovnalo tak, že výsledek o sítku, zda vyhovuje či ne, je shodný. Jelikož největší posun a variabilita byla vždy vyšší u větších sít, tak jsou dále znázorněny výsledky pro větší sítko ss30 H.



Obr. 7 Graf porovnání pro ss30H mezi Zeiss a ZO (Deq) po recalibraci.

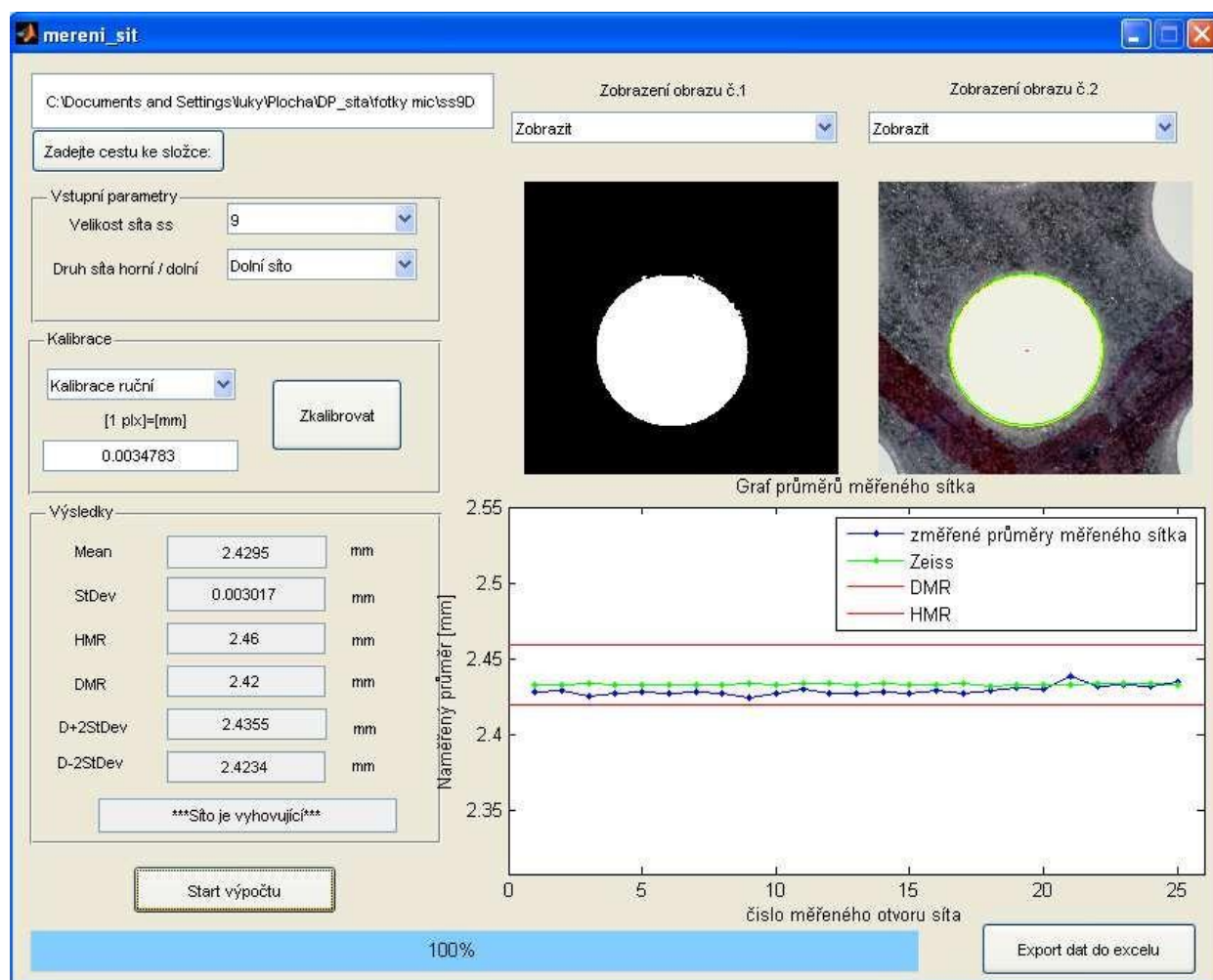
I když nulová hypotéza pro párový t -test byla zamítnuta (Obr. 8), tak průměrný rozdíl mezi porovnávanými soubory je v intervalu spolehlivosti s 95% pravděpodobností mezi 0,0010828 a 0,0029719 milimetru. Což činí velmi dobrý výsledek. Tento rozdíl se přisuzuje způsobu měření otvoru sítky, kdy na Zeiss Prismo 7 Vast se otvor kontrolního sítky měří pouze dotykem na čtyřech místech. Z těchto čtyř bodů se aproximuje kružnice (průměr). Kdežto pomocí analýzy obrazu se vezme plocha otvoru a z této plochy se spočítá průměr. Pomocí analýzy obrazu se lépe popíše hrana otvoru kontrolního sítky.

Obr. 8 Výsledky pro párový t -test pro ss30H ZO(Deq) a Zeiss.

6. Softwarová aplikace

Aplikace byla vytvořena pro uživatele, kteří budou pouze analyzovat sítko a nejsou samotnými programátory. Uživatelé stačí nastavit cestu, kde jsou uloženy obrazy otvorů sítko, velikost sítko, druh sítko a má možnost ruční či obrazové kalibrace. Dále jednou z možností je zobrazování analyzovaných otvorů.

Na dalším obrázku (Obr. 9) je zobrazená aplikace na měření průměrů otvoru sítko po skončení načtení všech obrazů a výpočtů. Po doběhnutí výpočtů se zobrazí graf s výslednými hodnotami (změřené průměry otvorů sítko). Pokud jsou v souboru data na porovnání z Zeissu, tak jsou automaticky načtena a zobrazena v grafu. Když doběhne výpočet, zobrazí se také základní statistické ukazatele změřených dat a rozhodnutí o tom, zda kontrolní sítko vyhovuje či nikoli.



Obr. 9 Aplikace na měření otvorů sítko po skončení.

7. Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout funkční, dostatečně rychlé a zároveň mobilní řešení pro měření otvorů kontrolních síték pro bižuterní kameny v co nejvyšší škále velikostí. Pro kontrolu sít, skrze která propadávají bižuterní kameny požadované jakosti, byl využit postup snímání obrazu mobilním mikroskopem. Byly nasnímány dvě zástupné velikosti kontrolních síték. Dále byl navržen algoritmus pro identifikaci geometrických charakteristik otvorů síta s využitím nástrojů obrazové analýzy. Pro ověření věrohodnosti algoritmu, který měl za úkol zpracovat obrazová data, byly výsledky následně porovnány s hodnotami ze stávajícího dotykového měření na přístroji Zeiss.

Jako jeden z největších problémů se ukázalo být přesné stanovení velikosti jednoho pixelu na milimetry. Měřicí škála, ze které se určovala velikost jednoho pixelu, neodpovídala realitě. Tato skutečnost byla ověřena na délkovém kalibru, který se položil na kontrolní sítko a při porovnání délky jednoho milimetru v pixelech ze škály (z programu) a délkového kalibru se délky neshodovaly. Na základě této informace byla zaimplementována do algoritmu funkce ruční kalibrace a po jejím použití se výsledky velice přiblížily hodnotám z měření na Zeissu.

I když na základě párového t-testu se výsledky neshodují, tak jejich samotné posunutí je v rámci tisícín milimetrů. Tento rozdíl se přisuzuje způsobu měření na jednotlivých měřicích systémech, kde dotykové měření na Zeissu sejme čtyři body na otvoru kontrolního sítko a aproximuje se kružnice (hledaný průměr), tedy neměří se celá hrana otvoru. Oproti tomu je měření pomocí analýzy obrazu věrohodnější, kde se sejme plocha měřeného otvoru kontrolního sítko a z této plochy se spočítá hledaný průměr. Výsledek z analýzy obrazu více odpovídá skutečnosti.

Po ověření funkčnosti a testech na sítích různých velikostí bylo vytvořeno programové prostředí (GUI), ve kterém je možné ověřit kontrolní sítko, zda vyhovuje interním normám či nikoli. Z pohledu uživatele jde o jednoduchý nástroj, jak monitorovat kontrolní síta. Tato softwarová aplikace je plně funkční. Přínosem práce je mobilnější a dostatečně přesné měření otvorů kontrolních sít. Další výhodou je, že kontrolní sítko se dá měřit okamžitě a nemusí se posílat na jiný závod, tím se celý proces měření výrazně zkrátí a zlevní.

8.

Literatura

- [1] ŽUNIĆ, Joviša, MIHALJEVIC, M. (ed.). *Shape descriptors for image analysis: Review of Reserach* [online]. Mathematical Institute Serbian Academy of Sciences and Arts, , 34.
- [2] OLSON, Eric. Particle Shape Factors and Their Use in Image Analysis: Part 1: Theory. *Journal of GXP Compliance*. 2011, **15**(3), 85-96.
- [3] COSTA, LF a MR CESAR. *Shape Classification and Analysis: Theory and Practice*. 2nd edition. CRC Press, Taylor and Francis Group, BocaRaton, 2009.
- [4] GONZALEZ, Rafael C. a Richard E. WOODS. *Digital Image Processing.: 3rd edition*. PrenticeHall, 2008.

HODNOCENÍ VZHLEDOVÉHO DEFEKTU (ZLOMU - VRÁSKY) NA TEXTILII POUŽITÍM PRINCIPU OHÝBÁNÍ DO SMYČKY

Miroslav Frydrych

Sekce - TEXTIL,

Fakulta textilní, 2. Ročník

Navazující magisterský studijní program – PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Abstrakt: V předložené práci je řešena problematika hodnocení vzhledového defektu, kterým je vráska vznikající na potahu automobilové sedačky. Dosud užívané metody hodnocení zlomových vrásek na textiliích se jeví jako nedostačující, a proto je cílem práce navrhnout a vyrobit funkční přístroj pro jejich hodnocení a ověřit princip fungování zařízení na textiliích dodaných firmou ŠKODA AUTO a.s. Zkonstruované měřicí zařízení slouží k určení, zda je testovaná textilie vhodná pro výrobu potahu automobilové sedačky. Hodnocení vzhledového defektu je založeno na principu ohýbání testovaného materiálu do smyčky.

Klíčová slova: Ohybová tuhost, ohýbání do smyčky, CAD, měřicí zařízení, Arduino

1 Úvod

Kontrolování vrášení povrchů textilií je rozhodující při výrobě vysoce kvalitních textilních produktů, které jsou vyžadovány například v automobilovém průmyslu. Taková kontrola obnáší snímání a měření vlastností výrobků, kterými jsou například ohybová tuhost a hodnocení vzhledového defektu, tedy vrásky, k poskytnutí zpětné vazby pro automatizované vybavení používané k výrobě textilních materiálů.

Přestože textilní materiály určené na výrobu potahů automobilových sedaček prochází před výrobou finálního autopotahu tříděním na materiály vhodné a nevhodné pro další zpracování, vzniká stále velké množství případů výroby autopotahů z textilních materiálů náchylných k tvoření nežádoucích zlomů - vrásek. Textilie, které jsou náchylné k tvoření těchto zlomů, následně vykazují značné problémy na výrobní lince v podobě vyšší časové náročnosti výroby spojené s odstraněním vrásek pomocí napařovacích žehliček. Výrobní linky jsou opatřeny kontrolními stanicemi, kde dochází k hodnocení kvality automobilové sedačky a k následnému žehlení objevených zlomů na potahu. Absence těchto stanic by znamenala nejen urychlení celého výrobního procesu, ale také především nižší finanční náročnost výroby.

Dosud užívané metody testování textilií se jeví jako nedostačující, a proto je cílem práce navrhnout a vyrobit funkční přístroj pro hodnocení zlomové vrásky na textilii určené pro potah automobilových sedaček a ověřit princip fungování prototypu na textiliích dodaných firmou ŠKODA AUTO a.s. Zkonstruované měřicí zařízení bude sloužit k určení, zda je testovaná textilie vhodná pro výrobu finálního potahu automobilové sedačky. Měřicí zařízení bude plně automatizované, s možností cyklického namáhání testovaného vzorku. Ohybové chování textilie bude hodnoceno dle parametrů smyček jednotlivých textilních materiálů.

Na základě informací získaných z odborných textů budou navrženy prototypy měřicího zařízení, na kterých budou demonstrovány různé možnosti konstrukčních prvků. Dále bude popsáno finální měřicí zařízení, včetně dokumentace vytvořené v programovém prostředí CAD, které bude vycházet z předchozích prototypů. V závěru práce bude testována správnost navržené metodiky včetně statistického zpracování dat získaných z finálního měřicího zařízení.

2 Měřicí zařízení na hodnocení vzhledového defektu

Tento návod, podrobně popsáný v normě [1], je zaměřen na přístroj, který je určen na testování textilních materiálů určených k výrobě automobilových sedaček. Díky tomuto přístroji lze posoudit úhel deformace testovaných textilních materiálů. Délka testovaných vzorků musí být 170 mm a šířka vzorku 70 mm a zároveň musí být zajištěn rovný stříh v příčném i podélném směru. Vystříhnutí vzorku by mělo proběhnout minimálně 500 mm od kraje předložené plošné textilie. Princip testování je založen na posunu otočného ramene a ohýbání testovaného vzorku vždy o 10° . Výsledný úhel je odečten ze stupnice až v případě, kdy se vytvoří lom přes celou šíři zkušební vzorku, viz obrázek č. 1.

Tato testovací metoda byla firmou ŠKODA AUTO a.s. označena jako nevyhovující, jelikož problém vznikajících vrásek na autopotahu nedokáže odhalit před jeho výrobou.



Obrázek 1. Lom přes celou šíři zkušební vzorku [1]

3 Prototypy nového měřicího přístroje

V této kapitole práce budou popsány různé možnosti konstrukčních prvků tří prototypů přístroje, které předcházely výrobě finálního měřicího zařízení. Jedná se o prototyp měřicího zařízení s jednou pohyblivou čelistí, prototyp zařízení se dvěma pohyblivými čelistmi a zařízení s nastavitelnou upínací čelistí podle tloušťky testovaného materiálu.

Měřicí zařízení bude navrženo tak, aby bylo umožněno objektivní hodnocení vlastností smyčky vytvořené z testované textilie. Měřicí přístroj bude plně automatizován. Experimentátor pouze založí vzorek a nastaví na přístroji požadované parametry, kterými budou například výchozí délka upnutí textilie, počet měřících cyklů, rychlost posuvu čelistí a frekvence snímání obrazu. Zkoušená textilie bude cyklicky namáhána, čímž se do hodnocení promítnou i reologické vlastnosti materiálu. Přístroj bude umístěn do světelného boxu, který zajistí vhodné světelné podmínky pro pořizování fotografií v průběhu tvorby smyčky. Testované textilie budou hodnoceny dle sledovaných parametrů jednotlivých smyček.

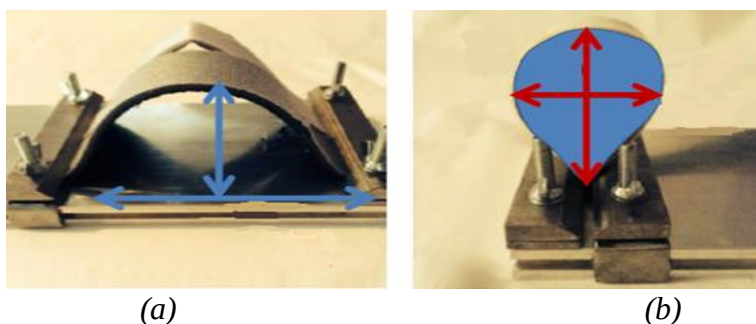
3.1 Měřicí zařízení s jednou pohyblivou čelistí

Tvorba prvního prototypu měřicího zařízení byla inspirována prací Koppa[2], přístroj tak umožňuje vznik smyčky testovaného materiálu v horizontálním směru. Testovaný vzorek je upevněn svými konci do čelistí, z nichž jedna je posuvná. Postupným přibližováním obou čelistí dochází k vrásnění textilie a vzniká smyčka, což je patrné z obrázku 2.



Obrázek 2. Tvorba smyčky: a) počáteční poloha, b) neúplná smyčka, c) konečný tvar

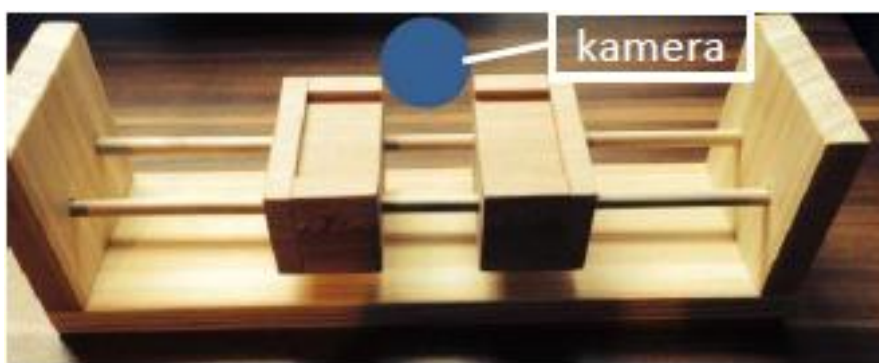
Na obrázku 3 jsou předloženy ukázky různých tvarů smyček a zároveň je naznačeno, jaké parametry smyčky by mohly být hodnoceny. Jak je patrné z obrázku 3 (b), jedná se například o výšku smyčky, šířku smyčky a plochu smyčky. Dále bude hodnoceno rozpětí čelistí v okamžiku vytvoření zlomu smyčky. Na prototypu zařízení s jednou pohyblivou čelistí bylo zjištěno, že při přibližování čelistí dochází k vytvoření zlomu smyčky u různých materiálů v různých vzdálenostech čelistí od sebe, viz obrázek 3(a).



Obrázek 3. Možné parametry k testování: a) rozpětí čelistí v okamžiku zlomu smyčky, b) měření výšky, šířky a plochy smyčky

3.1 Měřicí zařízení se dvěma pohyblivými čelistmi

První návrh konstrukce přístroje obsahoval horizontální posun pouze jedné čelisti přístroje. Avšak vzhledem k tomu, že bylo objeveno rozdílné chování testovaných materiálů v závislosti na rozpětí čelistí, bylo nutné snímat smyčku v průběhu celé fáze přibližování čelistí, nikoliv pouze v konečné fázi posunu čelisti, viz obrázek 2(c). Při stávající konstrukci by bylo nutné kameru neustále posouvat společně s posunem jedné čelisti, tak aby se nacházela vždy na středu smyčky. Bylo proto navrženo nové řešení, které se jeví jako jednodušší. Kamera snímající obraz je při každém kroku posunu umístěna na středu vodorovného posunu čelistí, viz obrázek 4.



Obrázek 4. Dřevěný model s posuvnými čelistmi

Bylo zjištěno, že upevnění testovaného vzorku do čelisti, viz obrázek 2, může mít vliv na tvorbu smyčky. Textilie se v místě upnutí nepřírozeně láme a tím ovlivní finální tvar smyčky. Proto byl navržen takový způsob upevnění textilie do čelisti, který nebude textilií v čelistech deformovat. Do obou čelistí byla vyfrézovaná drážka odpovídající tloušťce materiálu, do které je testovaný materiál položen. Testovaný materiál je následně zaklopen krycí destičkou, která se opírá o čelist, tedy materiál nedeformuje, jak je patrné z obrázku 5.



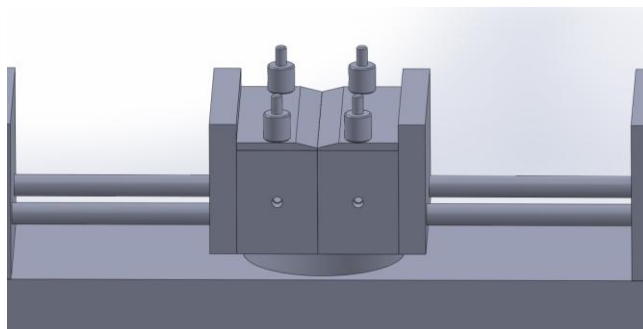
Obrázek 5. Upevnění materiálu v dřevěné čelisti

Šířka vyfrézování v upínací čelisti odpovídá šířce testovaného vzorku, vzorek je v čelisti pevně ohraničen, a proto je do čelisti vkládán vždy stejně, tedy kolmo na zadní stěnu čelisti. Vyfrézování má tedy vliv nejen na deformaci materiálu v čelisti, ale také na přesné vložení vzorku. V prvním prototypu měřicího zařízení docházelo k drobným nepřesnostem v měření, jelikož vzorek nebyl do čelisti vložen vždy se stejnou přesností. Textilie byly vždy pootočené o různý úhel v rozpětí pěti stupňů.

3.2 Měřicí zařízení s nastavitelnou čelistí podle tloušťky testovaného vzorku

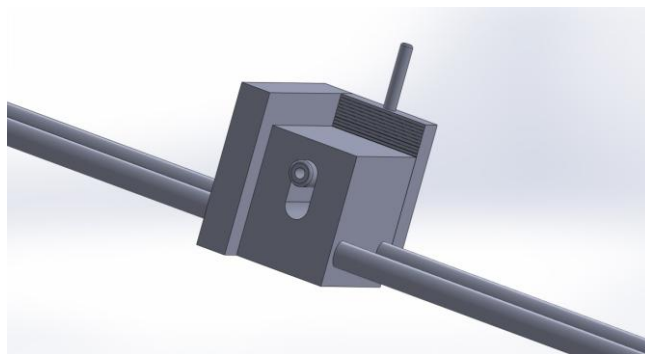
Na dřevěném modelu byla pouze otestována funkčnost dvou pohyblivých čelistí a také nového upevnění v čelistech bez deformace testovaného materiálu, kdy se krycí destička pouze opírá o okraje čelisti. Každý z testovaných materiálů má jinou tloušťku, vyfrézování na dřevěném modelu bylo určeno pouze pro jeden z testovaných materiálů.

Po otestování funkčnosti byl zhotoven kovový model s nastavitelnou čelistí dle tloušťky testovaného materiálu. Posun obou čelistí probíhá současně, a to směrem do středu, stejně jako u dřevěného modelu. Kamera snímající obraz při každém kroku posunu je umístěna na středu vodorovného posunu čelistí. Krycí plech je opět zkosen a po dorazu čelistí vzniká prostor pro tvorbu smyčky, jak je patrné z obrázku 6.



Obrázek 6. Měřicí zařízení s nastavitelnými čelistmi ve 3D zobrazení

Každý z testovaných materiálů má jinou tloušťku. Čelist umožňuje nastavení výšky bočnic podle tloušťky testovaného materiálu, viz obrázek 7. Na vrchní straně bočnice čelisti je kolík pro nasunutí krycího plechu. Vnitřní stěna bočnice je opatřena stupnicí po milimetrech, která ukazuje výšku vysunutí. Obě bočnice jsou spojeny válcovitým kolíkem, dochází tedy k posunu obou stran zároveň. Výšku vysunutí bočnic určuje aretační šroub na spodní straně čelisti, který zvedá soustavu v těžišti.

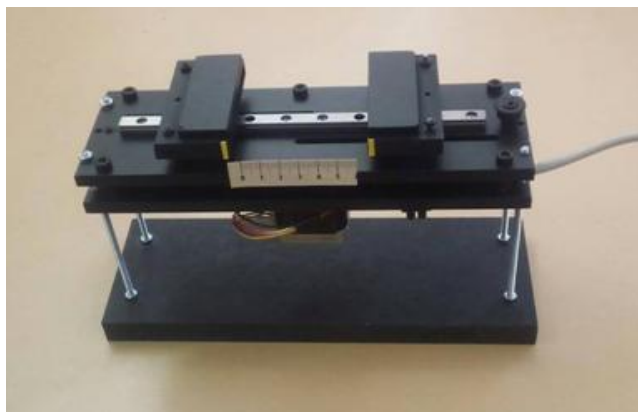


Obrázek 7. Zobrazení nastavitelné upínací čelisti ve 3D

4 Finální měřicí zařízení

Finální podobě měřicího zařízení předcházely tři jednoduché prototypy přístroje, které umožňovaly vznik smyčky na testovaném materiálu. Pomocí těchto modelů byly popsány různé možnosti konstrukčních prvků, což umožnilo vznik nového plně automatizovaného přístroje.

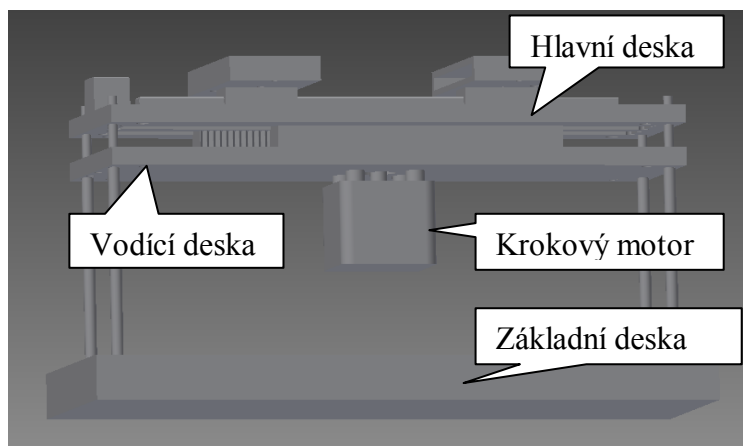
Obě upínací čelisti měřicího zařízení se posouvají vždy o stejnou vzdálenost se stejnou rychlostí. Znamená to, že kamera, která je umístěna na rampě v světelném boxu a namířena na středovou pozici přístroje, snímá celý průběh tvorby smyčky bez nutnosti neustálého posouvání. Ověření funkčnosti upínacích čelistí proběhlo na dřevěném prototypu. Finální měřicí zařízení, viz obrázek 8, je tedy opatřeno čelistmi s vyfrézováním, které umožňují zcela komfortní výměnu testovaných materiálů bez deformace textilie v čelisti.



Obrázek 8. Finální měřicí zařízení

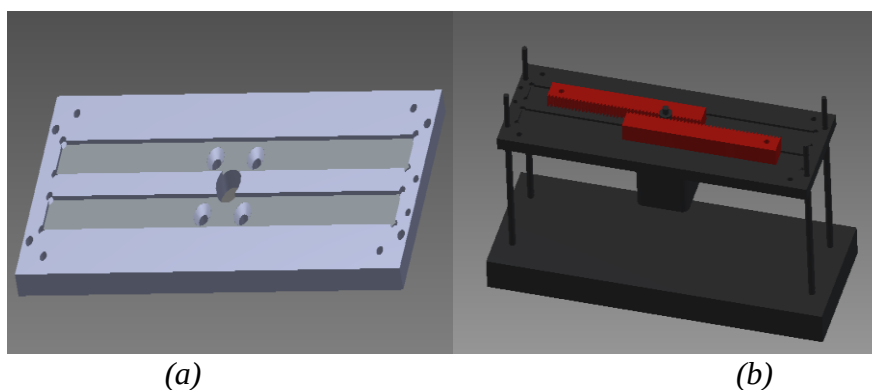
Jak je patrné z obrázku 9, měřicí zařízení se skládá z hlavní, vodící a základní desky. Hlavní význam spodní základní desky spočívá ve stabilizaci přístroje. Základní deska, která tvoří podstavec pod měřicím zařízením, byla instalována až dodatečně. Celý přístroj byl postaven pouze na krokovém motorku, což mělo za následek jeho časté zahřívání a špatnou

stabilitu přístroje. Spodní základní deska je spojena s vodící deskou pomocí čtyř tyčí, které vymezují prostor pro umístění krokového motoru.



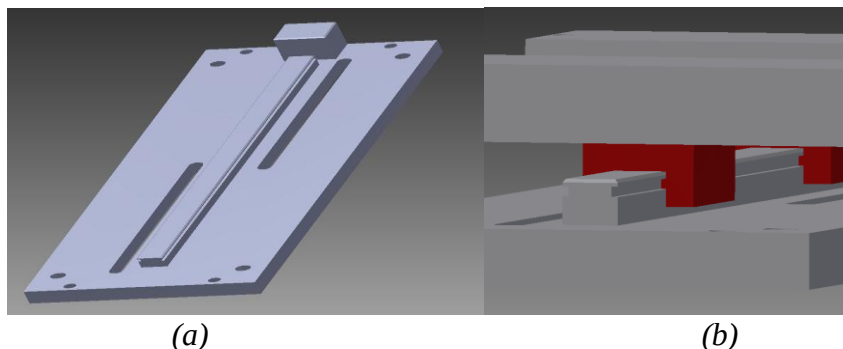
Obrázek 9. Zobrazení finálního přístroje ve 3D

Zahloubené drážky ve vodící desce, viz obrázek 10 (a), přesně určují prostor pro posun ozubených hřebenů, které jsou patrné z obrázku 10 (b). Krokový motor, viz obrázek 9, roztáčí ozubené kolo, do kterého zapadají na obrázku červeně znázorněné ozubené hřebeny s přímým ozubením. Pokud má jedno z ozubených kol průměr roztečné kružnice „nekonečno“ vzniká tzv. ozubený hřeben. Tímto způsobem je možno realizovat přeměnu pohybu otáčivého na přímočarý, což umožňuje posun čelistí měřicího zařízení v horizontálním směru. Směr otáčení motoru určuje, zda se čelisti k sobě přibližují nebo se od sebe vzdalují. Tato soustava zaručuje, že oba hřebeny jsou posouvány ozubeným kolem zároveň, vždy se stejnou rychlostí o stejné dráze.



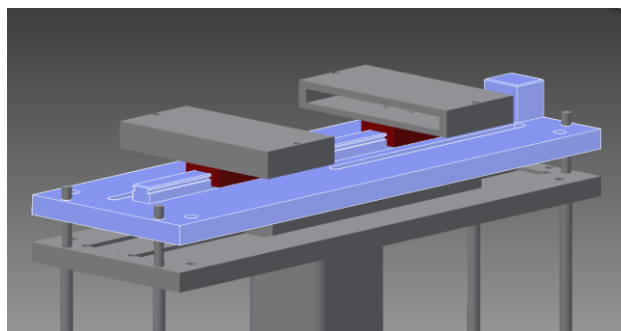
Obrázek 10. Vodící deska s hřebeny ve 3D : a) vodící drážky, b) ozubené hřebeny

Závity na koncích ozubených hřebenů umožňují přišroubování upínacích čelistí přístroje. Díky tomuto pevnému spojení dochází při pohybu hřebenu zároveň k pohybu čelisti. Poslední nepopsanou součástí měřicího zařízení je hlavní deska s kolejnicí, viz obrázek 11(a). Posun čelisti s jezdce zasunutým v kolejnici byl otestován na prototypu zařízení s jednou pohyblivou čelistí, z tohoto důvodu byl stejný princip posunu zvolen i u finálního měřicího zařízení. Součástí hlavní desky přístroje je kolejnice s dorazem pro jezdce a dvě drážky umožňující průchod šroubu, který spojuje upínací čelist s ozubeným hřebenem. Detail vyfrézování a tvaru kolejnice je patrný z obrázku 11(b).



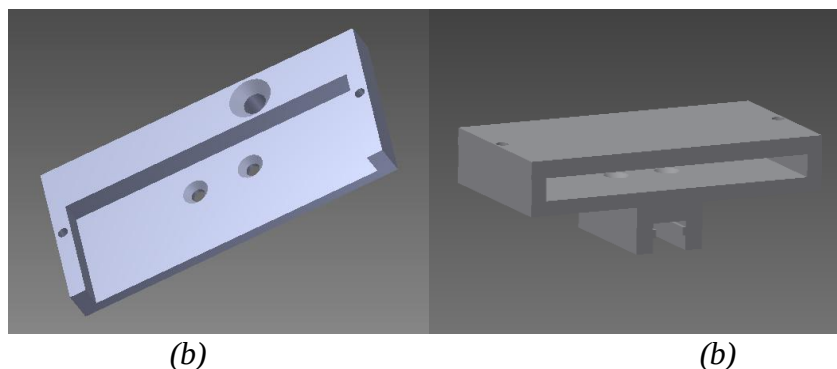
Obrázek 11. Hlavní deska přístroje s kolejnici ve 3D zobrazení: (a) deska, (b) detail

Jak je patrné z obrázku 12, modře znázorněná hlavní deska je rozměrově totožná s vodící deskou. Hlavní deska je stejně jako deska vodící nasazena na čtyřech tyčích vycházejících z desky základní a s deskou vodící vymezuje prostor pro umístění ozubených hřebenů.



Obrázek 12. Poloha hlavní desky s kolejnici ve 3D zobrazení

Na kolejnici, která je součástí hlavní desky, je nasazen jezdec s přišroubovanou čelistí přístroje. Jezdec obsahuje valivé elementy, kterými jsou kuličky, napomáhající k snižování tření mezi kolejnici a jezdcem. Upínací čelist měřicího zařízení se skládá ze dvou částí. Po ověření funkčnosti čelisti s vyfrézovanou drážkou pro umístění testovaného materiálu, byla spodní část čelisti na finálním měřicím zařízení opět vyrobena s totožným vyfrézováním, které umožní snadné vkládání testovaného materiálu bez jeho deformace v čelisti. Dva krajní otvory ve spodní části čelisti se závitem složí k přišroubování krycího plechu čelisti, dva otvory s kuželovým zahlbouním ve vyfrézované části umožňují přišroubování k jezdcem a poslední nepopsaným otvorem prochází šroub spojující čelist s ozubeným hřebenem, jak je patrné z obrázku 13 (a).

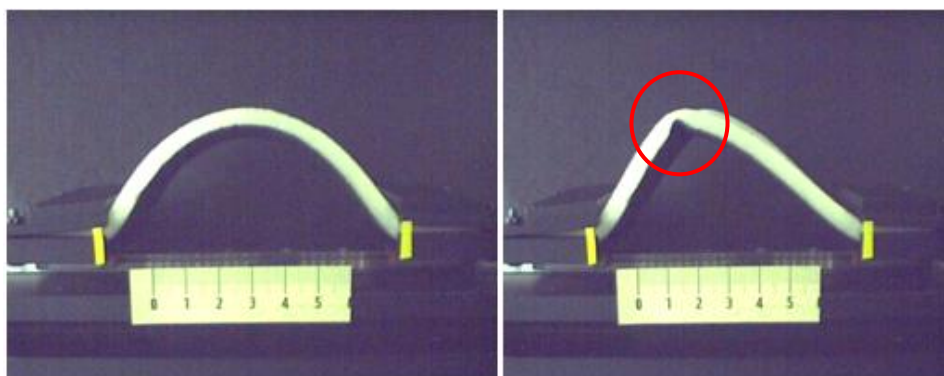


Obrázek 13. Čelist: a) 3D model spodní části, b) 3D model kompletní čelisti s jezdcem

Kuželové zahlobení umožní zapuštění hlavy šroubu, která následně nepřekáží při vkládání testovaného materiálu do čelisti po našroubování jezdce. Testovaný materiál je vkládán do prostoru mezi vyfrézovanou částí čelisti a krycím plechem, viz obrázek 13 (b). V samotném experimentu bude měřena pouze dráha potřebná k vytvoření zlomu smyčky. Z toho důvodu není krycí plech čelisti zkosen pod úhlem 45° , tak jak tomu bylo u předchozích prototypů.

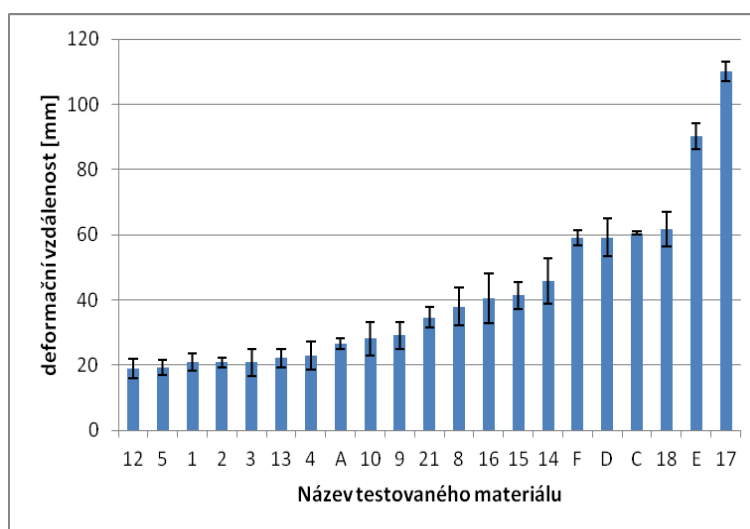
5 Výsledky měření

Hlavním významem experimentu bylo co nej přesněji určit deformační vzdálenosti jednotlivých testovaných materiálů s možností jejich porovnání. Bylo nutné identifikovat místo zlomu smyčky jednotlivých materiálů, viz obrázek 14.



Obrázek 14. Identifikace místa zlomu smyčky

Zvolený testovací rogram byl pouze jednofázový, kdy byla vynechána fáze namáhání materiálu a dalšího měření. Krok posunu každé čelisti byl snížen 1 mm, z toho důvodu bylo výstupem 56 fotografií u každého testovaného materiálu. Byla vytvořena pomocná vyhodnocovací tabulka, pomocí které bylo možné podle čísla snímku určit deformační vzdálenost. U každé testované textilie byl v pořízených fotografiích identifikován vznik zlomu smyčky. Od každého testovaného materiálu byly v tomto experimentu testovány čtyři vzorky, které byly nastříhány ve směru sloupku a řádku pleteniny textilního sendviče. Pro lepší orientaci v naměřených datech byly průměry deformačních vzdáleností z obou na sebe kolmých směrů pro obě skupiny tloušťky zaneseny do grafu, viz obrázek 15.

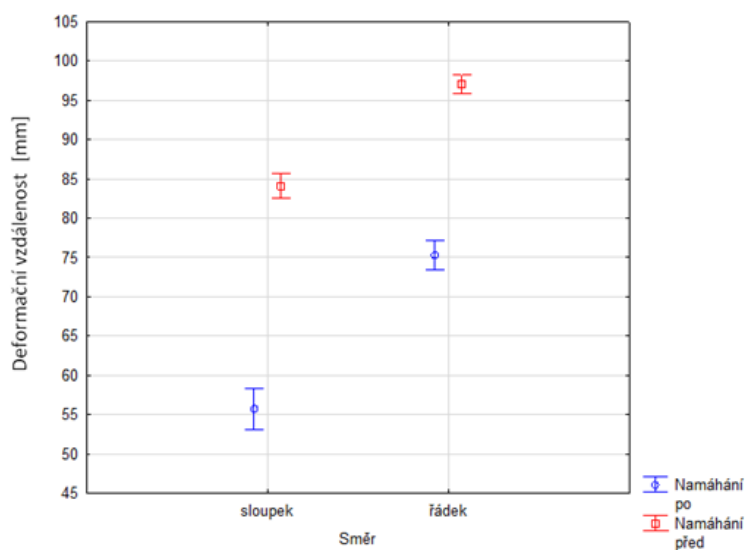


Obrázek 15. Grafické vyhodnocení

Z grafu je patrné, že nejnižší průměrná hodnota deformační vzdálenosti vyšla u materiálu s označením 12. Pokud by byla stanovena například minimální hodnota deformační vzdálenosti pro výrobu autopotahu 70 mm, mohly by být ušity autopotahy pouze z materiálů označených písmenem E a č. 17. Pro statisticky přesnější vyjádření byla provedena analýza rozptylu ANOVA.

Od firmy ŠKODA AUTO a.s. byly dodány textilie v omezeném množství, z toho důvodu byly v předchozím experimentu počítány průměrné hodnoty pouze ze čtyř měření. V podrobném měření byla testována textilie s označením E, které byl dostatek. Bylo provedeno 20 měření ve směru řádku i sloupku testované textilie.

Z důvodu velkého počtu měření, byla provedena inovace programu. Krok posunu každé čelisti byl opět stanoven na 1 mm, jelikož se v předchozím programu Smyčka 2 tento krok osvědčil. Chování textilie E z hlediska deformační vzdálenosti smyčky bylo otestováno v předchozím experimentu. Díky této znalosti nemusela být počáteční poloha programu v úplném rozevření čelisti a konečná poloha v jejich úplném přiblížení. Měření začínalo v deformační vzdálenosti 56 mm, nikoliv 0 mm, jak tomu bylo v předcházejících programech. Z důvodu vysoké odolnosti testovaného materiálu, byla konečná poloha opět stanovena na 110 mm. Program byl třífázový, a z toho důvodu bylo možné sledovat vliv cyklického namáhání na deformační vzdálenost. Z naměřených dat byla po ověření normality provedena analýza rozptylu a Posthoc test.



Obrázek 16. Vyhodnocení podrobného měření

Z grafu na obrázku č. 16 je patrné, že vyšší hodnoty deformační vzdálenosti byly naměřeny ve směru řádku testované textilie a že cyklické namáhání má vliv na deformační vzdálenost.

6 Závěr

Cílem práce bylo navrhnout funkční přístroj pro hodnocení zlomové vrásky na textilií určené pro potah automobilových sedaček a ověřit princip jeho fungování na textiliích dodaných firmou ŠKODA AUTO a.s. Byly navrženy tři prototypy měřicího zařízení, na kterých byly demonstrovány různé možnosti konstrukčních prvků.

První prototyp měřicího zařízení byl sestaven s jednou pevnou a jednou pohyblivou čelistí vykonávající pohyb v horizontálním směru. Testovaný vzorek byl upevněn svými konci do čelistí a jejich postupným přibližováním docházelo k vrásnění textilie a vzniku smyčky, jejíž

tvary byly v konečné fázi posunu čelistí pomocí kamery snímány a hodnoceny. Na prototypu zařízení s jednou pohyblivou čelistí bylo zjištěno, že při přibližování čelistí dochází k vytvoření zlomu smyčky u různých materiálů v různých vzdálenostech čelistí od sebe. Byl tedy objeven parament, pomocí kterého byly hodnoceny testované materiály v experimentu. Dále bylo naznačeno, jaké ostatní parametry smyčky by mohly být hodnoceny. Bylo zjištěno, že upevnění testovaného materiálu v čelistech prvního prototypu není vhodné, z důvodu deformace textilie v čelisti, což ovlivňovalo následné měření. U druhého prototypu měřicího zařízení již nedocházelo k deformaci textilie v čelistech, jelikož čelisti tohoto zařízení byly zkonstruovány s vyfrézovanou drážkou pro testovaný materiál. Vzhledem k tomu, že bylo objeveno rozdílné chování testovaných materiálů v závislosti na rozpětí čelistí, bylo nutné snímat smyčku v průběhu celé fáze přibližování čelistí, nikoliv pouze ve fázi konečné. Z tohoto důvodu byl druhý prototyp sestaven ze dvou pohyblivých čelistí a kamery snímající obraz v jednotlivých krocích posunu. Poslední inovací byla upínací čelist s možností jejího nastavení podle tloušťky testovaného materiálu na třetím prototypu měřicího zařízení.

Po ověření funkčnosti jednotlivých konstrukčních prvků na prototypu, bylo sestaveno finální měřicí zařízení včetně pečlivé dokumentace vytvořené v programovém prostředí CAD. Na tomto zařízení bylo provedeno rozsáhlé měření deformace smyčky vytvořené z textilie v závislosti na přibližování čelistí přístroje. Tato veličina byla pojmenována deformační vzdálenost v [mm] a byla rozhodovacím kritériem při porovnávání kvality jednotlivých materiálů. Celý experiment, včetně umístění přístroje ve světelném boxu, nastavení světla, nastavení příslušného měřicího programu a ovládání zařízení pomocí panelu, byl podrobně popsán z důvodu potřebné přesné reprodukovatelnosti.

Byly naměřeny hodnoty deformačních vzdáleností u všech materiálů dodaných formou ŠKODA AUTO a.s. Z důvodu omezeného množství dodaného materiálu, byl výsledkem finálního měření průměr deformační vzdálenosti ze čtyř měření. Materiály byly testovány ve směru sloupku a řádku spodní pleteniny. Získaná data byla statisticky vyhodnocena včetně grafického znázornění. V posledním experimentu byl důkladně otestován materiál s označením E. Tohoto materiálu bylo dodáno velké množství, z toho důvodu mohlo být provedeno 20 měření pro směr sloupku i řádku. Bylo zjištěno, že vyšší hodnoty deformačních vzdáleností byly naměřeny ve směru řádku testované textilie a že cyklické namáhání má na ni zásadní vliv.

Použitá metodika byla na závěr ověřena s paralelně probíhajícím výzkumem pomocí korelační analýzy. Současně probíhající výzkum se zabýval hodnocením vzhledového defektu – vrásky na textilií použitím principu cyklického mačkání textilie. Sledovaným parametrem byl úhel deformace, který byl měřen na přístroji se dvěma otočnými čelistmi. Korelační analýza byla zhotovena v programu Statistica včetně grafického znázornění. Byl vypočítán korelační koeficient $r = 0,9064$. Vysoká hodnota korelačního koeficientu určuje velmi silnou závislost mezi testovanými metodami. Tímto testem byla ověřena správnost navržené metodiky.

Otázkou dalšího výzkumu by mohlo být sledování a měření ostatních parametrů smyčky, jako je například její výška, šířka a plocha. Další výzkum by se také mohl zabývat zpracováním pořízených snímků smyčky pomocí obrazové analýzy, což by byl poslední krok k plné automatizaci měřicího zařízení.

Literatura

- [1] Ins3.4GQ3129.Determinación del ángulo de quebradura entejidos para asientos.2004.5s
- [2] KOPP, C. a D.CHRISTOPHER. Measuring Deformations of Limp Fabrics for Material Handling[online].2000,[cit.2016-05-21].DOI:10.1177/004051750007001012.Dostupné z: <http://online.sagepub.com/>

HODNOCENÍ VZHLEDOVÉHO DEFEKTU (ZLOMU - VRÁSKY) NA TEXTILII POUŽITÍM PRINCIPU CYKlickÉHO MAČKÁNÍ TEXTILIE

Miroslav Herclík

Sekce - TEXTIL,

Fakulta textilní, 2. ročník

Navazující magisterský studijní program – PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Abstrakt: Cílem této práce je navrhnout a vyrobit jednoduchý přístroj pro hodnocení zlomové vrásky na textilií určené pro potah automobilových sedaček. Touto zlomovou vráskou se rozumí vzhledový defekt na povrchu textilie, který se negativně podepisuje na výsledné kvalitě autopotahu. Pro tento přístroj je navržena vhodná metodika pro měření a samotné vyhodnocení, která je postavena na principu cyklického mačkání testovaného vzorku. Přístroj je doplněn výkresovou dokumentací vytvořenou v CAD programovém prostředí. Veškerá měření jsou díky snímací kameře zaznamenána a následně uložena na DVD nosiči.

Klíčová slova: Autopotah, deformační úhel, stavebnice Merkur, Arduino, prototyp měřicího přístroje

Úvod

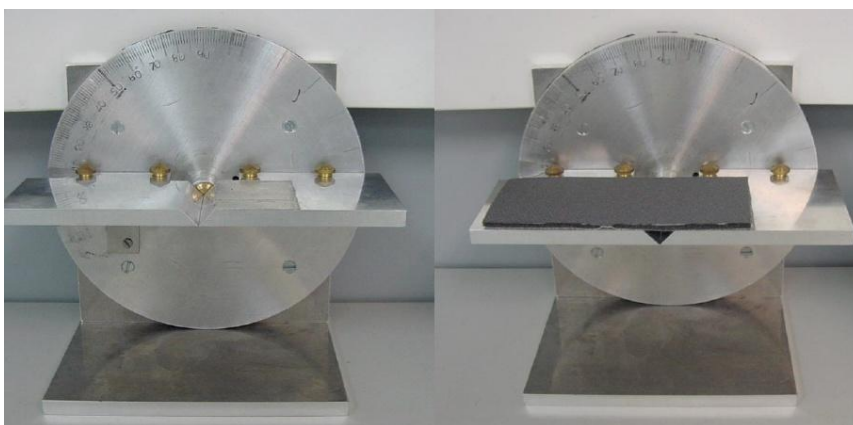
Náplní této práce je provedení výzkumu, na základě kterého bude vyroben nový měřicí přístroj. Pro tento přístroj bude navržena vhodná metodika pro měření a samotné hodnocení výsledků. Zkoumanou vlastností bude chování textilie, které spočívá v tvorbě vzhledových defektů (vrásek). Tento problém se negativně podepisuje například na výsledné kvalitě vyráběných automobilových sedaček. Je tedy zapotřebí nalézt způsob, kterým bude možné separovat vyhovující textilie od nevyhovujících. Vyřešit tento problém je také v zájmu firmy ŠKODA AUTO, a.s. Proto budou touto firmou poskytnuty vzorky textilií, které budou nejprve podrobeny analýze a následně budou sloužit pro vývoj prototypu budoucího přístroje.

V první etapě výzkumu bude zkonstruován prototyp přístroje, na kterém budou prováděny první zkušební měření. Předpokladem je, že bude dále vyvíjen v návaznosti na získané poznatky získané během zkušebních měření. Snahou bude najít takové řešení, aby byl přístroj co nejvíce automatizovaný, díky čemu budou eliminovány případné chyby měření vzniklé lidským faktorem. Tento přístroj bude řádně zdokumentován, aby mohl být použit jako předloha pro finální přístroj, který bude zadán do výroby.

Ve druhé etapě, po převzetí nově vyrobeného měřicího přístroje, budou provedena obsáhlá měření. Tato měření budou prováděna za různě nastavených parametrů, aby bylo možné navrhnout metodiku hodnocení zlomové vrásky, jejíž správnost bude pomocí měření a statistického vyhodnocení ověřena. Práce bude obsahovat podrobnou fotodokumentaci pořízenou během vývoje prototypu přístroje. Neméně důležitá bude archivace pořízených snímků přímo z měření, které bude možné použít k případnému dalšímu výzkumu, který by se mohl zabývat vyhodnocováním na základě obrazové analýzy. Tím by byl odstraněn i problém subjektivního hodnocení provedených měření a přístroj by byl kompletně automatizovaný.

1 Popis přístroje na hodnocení vzhledového defektu

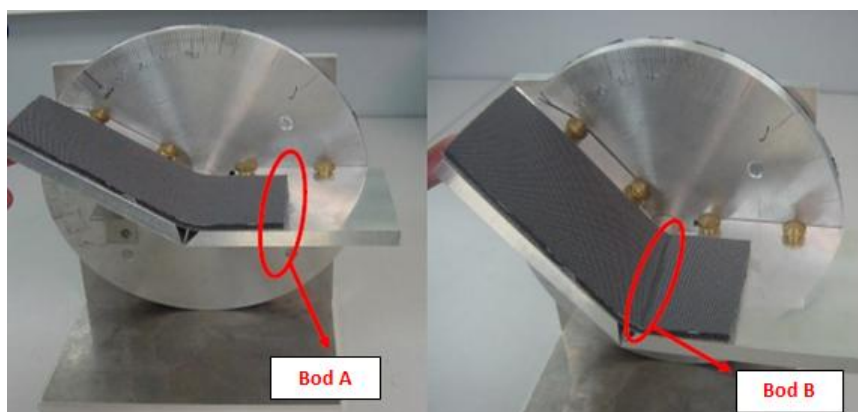
Přístroj pro hodnocení zlomové vrásky na textilií, který je popsán v platné španělské normě [1], je vyobrazen na obrázku č. 1. Přístroj sloužící k testování deformačního úhlu plošných textilií se skládá z několika hlavních částí. Základem je držák pro vzorek. Tento držák je 240 mm dlouhý a 100 mm široký. Je tvořen dvěma rameny stejné délky, z nichž je jedno pevné a druhé pohyblivé kolem osy otáčení. Tato ramena mezi sebou svírají úhel, který lze měnit v rozsahu 180° až 90° . Důležitou součástí pevného ramene je upevňovací zařízení, které umožňuje znehybnit část vzorku. Toto znehybnění je docíleno pomocí oboustranné lepicí pásky o délce 50 mm. Nezbytným prvkem tohoto přístroje je pak stupnice, na které se odečítá úhel, při kterém dochází u daného vzorku k deformaci.



Obrázek č. 1 – Přístroj na měření ohybové tuhosti [1]

1.1 Průběh měření

Testované vzorky musí mít rozměry 170 a 70 mm a zároveň musejí mít rovný stříh v podélném i příčném směru. Vystřihnoutí vzorku by mělo proběhnout minimálně 500 mm od kraje předložené textilie. Před zkouškou musejí být vzorky po dobu 24 hod klimatizovány dle DIN EN 20 139-20/65. Po klimatizování vzorků se postupuje podle následujících bodů. Zkontroluje se, zda se přístroj nachází ve vodorovné poloze. Proužky textilie se umísťují lící stranou nahoru přes obě ramena tak, aby jeden kraj proužku byl zároveň s podložní vrstvou oboustranné lepicí pásky (Bod A), viz obrázek č. 2. Před každým jednotlivým testem se použije nový proužek lepicí pásky. Je nezbytné, aby byla testovaná textilie po celé ploše lepicí pásky dokonale spojena. Následně se pohybuje otočným ramenem a sleduje se, při jakém úhlu dojde k lomu přes celou šíři vzorku (obr. č. 2 – Bod B).



Obrázek č. 2 – Poloha testovaného vzorku a příčný zlom (vráska) [1]

Každé testování se provede dvakrát, a pokud je rozdíl mezi dvěma provedenými testy větší než 10° , provede se test opakovaně s novým vzorkem. U textilií se také zohledňují oba směry nití, provádí se tedy dvojí testování. V případě tkaniny se měří směr osnovní a dále pak útkový. Výsledek měření je tedy interpretován úhlem deformace v rozmezí 180° až 90° .

2 Prototyp nového měřicího přístroje

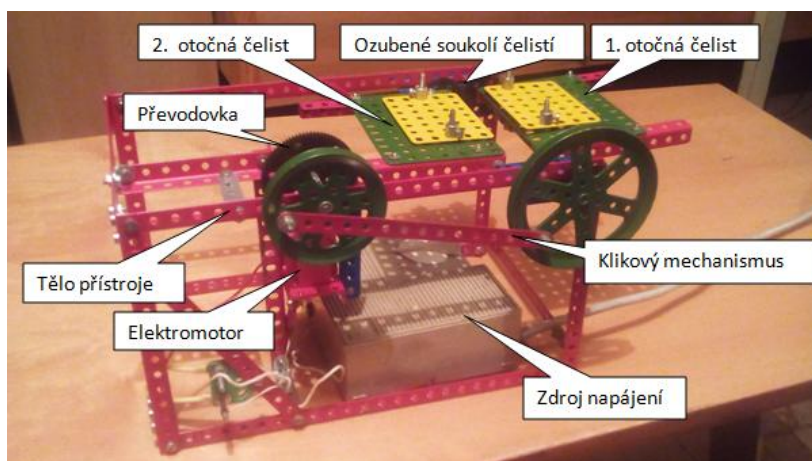
V následujících dvou podkapitolách se nachází popis dvou přístrojů, které byly sestaveny pro ověření principů chování textilie. Tyto prototypy byly sestaveny z kovové stavebnice Merkur. Variabilita této stavebnice nabízí možnost sestavení téměř jakéhokoli mechanismu. Výhodou této stavebnice je materiál, ze kterého jsou jednotlivé díly vyráběny, kterým je především ocel. Sestavované mechanismy tím získávají vyšší pevnost a tím lepší použitelnost. Z tohoto důvodu lze postavené mechanismy i dobře testovat například pro výrobu ještě dokonalejších přístrojů.

2.1 Popis přístroje „klapka“

Prvním sestaveným prototypem se stal model přístroje, který obdržel pracovní název „klapka“ (obr. č. 3). Tento název vznikl na základě pohybu jeho dvou pohyblivých čelistí, které vykonávají částečný otáčivý pohyb.

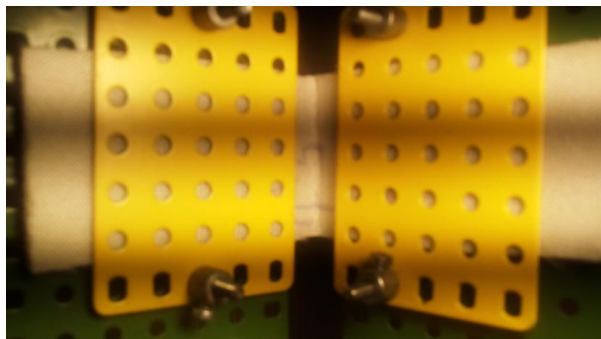
Zásadní součásti přístroje jsou popsány na obrázku č. 3. Téměř celé zařízení je postaveno výhradně z dílů stavebnice Merkur. Výjimku tvoří zdroj napájení. Tímto zdrojem je transformátor, který byl v minulosti dodáván k modelovým železnicím značky Piko. Výhodou tohoto transformátoru je možnost plynulého regulování výstupního napětí, až do hodnoty 12 V. Tento rozsah je vhodný právě pro provoz elektromotorů ze stavebnice Merkur. Díky možnosti regulace výstupního napětí lze tedy plynule regulovat otáčky elektromotoru pro potřeby sledování chování měřené textilie. Protože však elektromotor nenabízí vysoký výkon, je doplněn jednoduchou převodovkou, která slouží k upravení rychlosti otáčení celého mechanismu. Samotný elektromotor je napájen stejnosměrným napájením o hodnotě 6,5 V. Toto napětí se ukázalo jako adekvátní pro rychlost provozu elektromotoru.

Otáčivý pohyb převodovky je následně pomocí klikového mechanismu převeden na otáčivý pohyb první otočné čelisti. Otáčení druhé čelisti je umožněno díky soukolí mezi těmito dvěma čelistmi. Každá z čelistí vykonává rotační pohyb o úhlu otáčení 90° . Dochází tedy k pohybu čelistí z vodorovné polohy do polohy svislé a zpět.

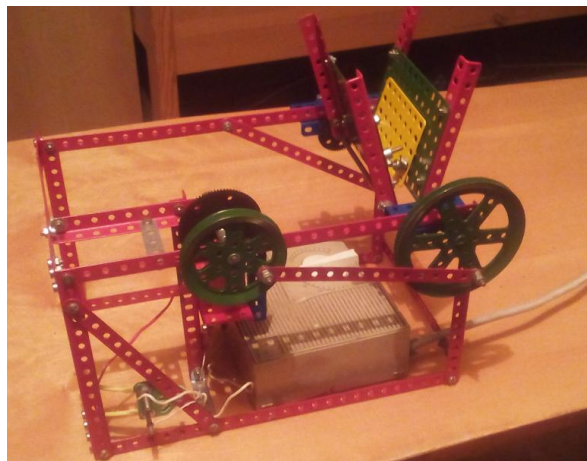


Obrázek č. 3 – Popis přístroje „klapka“

Žluté destičky patrné z obrázku č. 4 slouží pro připevnění testovaného vzorku textilie. Připevnění probíhá tak, že se destičky nejdříve uvolní z čelistí, následně se vloží testovaný vzorek (pásek plošné textilie) a destičky se vrátí na své místo. Zajištění je docíleno pomocí aretačních válečků, které se přitáhnou šroubky k trnům vystupujícím z čelistí. Destičky tedy tlačí na vzorek pouze svojí tíhou.



Obrázek č. 4 – Zlomová vráska mezi otočnými čelistmi



Obrázek č. 5 – Přístroj „klapka“ s téměř sevřenými čelistmi

Na obrázku č. 5 lze pozorovat pozici čelistí téměř v konečné poloze, po které se čelisti vrací zpět do polohy výchozí. Dochází tedy k cyklickému namáhání textilie. Z testování přístroje tedy vyplynuly dvě možnosti sledování chování textilie. Jednou možností je sledovat tzv. deformační úhel, viz kapitola č. 1. Druhou možností je pozorovat vývoj zlomové vrásky, která vzniká v prostoru mezi čelistmi (obr. č. 4). Jak v případě deformačního úhlu, tak i v případě tvaru samotné vrásky dochází k vývoji v čase. Bylo pozorováno, že se deformační úhel po opakovaném namáhání zmenšuje a tvar vrásky se mění. U textilií z vyšší ohybovou tuhostí bylo ověřeno, že tvoří vrásku později, tedy při větším deformačním úhlu.

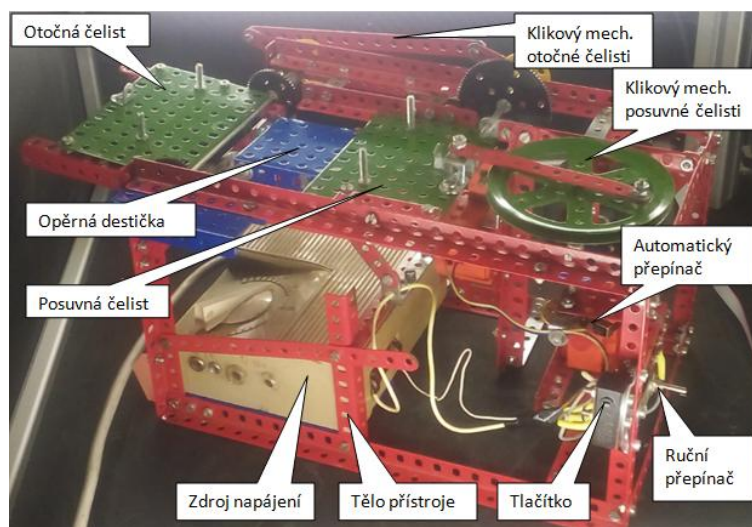
2.2 Popis přístroje „klapka + smyčka“

Druhý přístroj, který byl sestaven, obdržel pracovní název „klapka + smyčka“. Již název předpovídá rozšíření schopností přístroje. Hlavním rozdílem je způsob pohybu, který vykonávají čelisti modelu přístroje. Nedochozí zde k otáčivému pohybu obou čelistí, jako tomu bylo u předchozí verze. Otáčí se již pouze jedna čelist a druhá koná pohyb posuvný.

Model přístroje „klapka + smyčka“ s popisem je zachycen na obrázku č. 6. Tělo přístroje je opět zhotoveno ze stavebnice Merkur a zdrojem pro napájení modelu přístroje zůstal ověřený transformátor z modelové železnice Piko.

Protože má tento přístroj dvě čelisti, které již vykonávají různý pohyb, bylo nezbytné doplnit zařízení o druhý stejnosměrný elektromotor. Každý z elektromotorů má již z výroby možnost výstupu otáčení ve dvou režimech. První je pomalý a tedy nabízí větší krouticí moment. Druhý je naopak rychlý, s malým krouticím momentem. Přestože je u obou elektromotorů nastaven režim pomalejší, bylo zapotřebí opět doplnit pohonné jednotky dodatečnou převodovkou pro správný výkon a rychlost otáčení klikových mechanismů. Točivý pohyb každé z převodovek je dále pomocí klikových mechanismů, viz obrázek č. 6, upraven na potřebný pohyb dané čelisti. Jeden elektromotor tedy pohání čelist otočnou, druhý

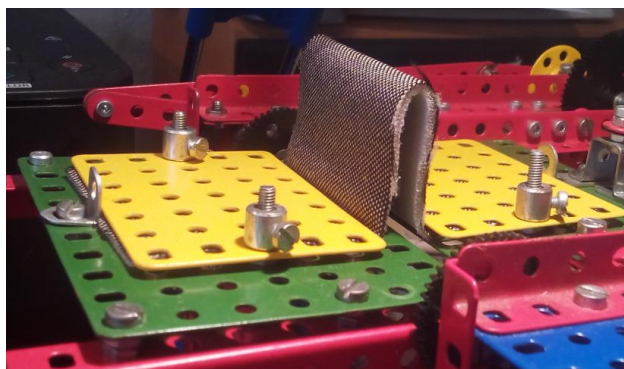
posuvnou. Upevnění vzorků textilií se provádí opět díky dvěma destičkám, které se zajišťují pomocí válečků opatřených aretačním šroubem. Jediným rozdílem jsou opěrné body, které zamezují posunu vzorku v čelisti a umožňují tedy lepší zajištění.



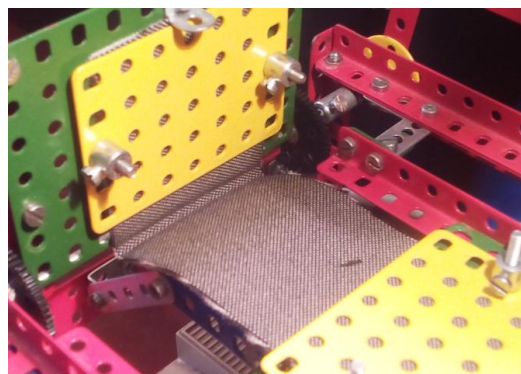
Obrázek č. 6 – Popis přístroje „klapka + smyčka“

Nyní zbývá popsat, jak zařízení funguje. Přestože je náplní této práce sledovat především chování zlomové vrásky na základě cyklického namáhání, nabízí tento přístroj ještě jeden způsob měření. Tento prototyp je totiž schopen tvořit ještě tzv. smyčku, což je problematika, kterou se zabývá paralelně probíhající výzkum. Nabízí se totiž možnost vytvoření jednoho přístroje, který bude oba principy testování kombinovat a tím získávat větší množství dat pro lepší vyhodnocení zkoušené plošné textilie. Tento přístroj je tedy i prototypem přístroje, který by mohl být realizován v dalším pokračování vývoje vhodného zařízení.

Tento přístroj lze uvést do chodu ve třech různých režimech. To je umožněno díky soustavě ručního třípolohového přepínače, automatického přepínače a tlačítka. Přístroj jde tedy spustit pouze pro testování zlomové vrásky, pouze pro testování smyčky, anebo pro kombinované zkoušení. Pokud se přepínač nastaví z prostřední polohy do první, bude v pohybu pouze posuvná čelist. Opačná poloha přepínače spustí pouze otočnou čelist, která bude rotovat v rozsahu 135° . V případě, že se posuvná čelist nenachází ve výchozí pozici, tento pohyb bude tomu otáčivému předcházet. Pokud se ve druhé poloze ručního přepínače stiskne po dobu asi 2 sekund ještě tlačítko, přístroj díky posuvné čelisti nejprve vytvoří z textilie smyčku (obr. č. 7) a po jedné otáčce klikového mechanismu se pomocí automatického přepínače spustí druhý elektromotor a zároveň se odpojí první. Následně dochází k pohybu rotační čelisti až do vypnutí přístroje přepnutím opět do prostřední polohy. Zmíněné tlačítko má vlastně funkci upřednostnění pohybu posuvné čelisti před rotační. Opěrná destička vyznačená na obrázku č. 7 slouží ke správné orientaci tvorby smyčky. Destička se nachází v rovině posuvné čelisti, a proto se smyčka vytvoří vždy směrem vzhůru (obr. č. 7). Prostor mezi touto destičkou a hřídelkou, která je zároveň osou otáčení rotační čelisti, je jakási kapsa, ve které se tvoří zlomová vráska (obr. č. 8). Rozsah otáčení rotační čelisti je 135° . Dráha, kterou urazí posuvná čelist, než se vrátí zpět do výchozí polohy, je dlouhá 2×6 cm. Celý přístroj je 35 cm dlouhý, 20 cm široký a 17 cm vysoký. Proužky textilií, na kterých byly ověřovány principy chování textilie, měly rozměry $17,5 \times 5,5$ cm.



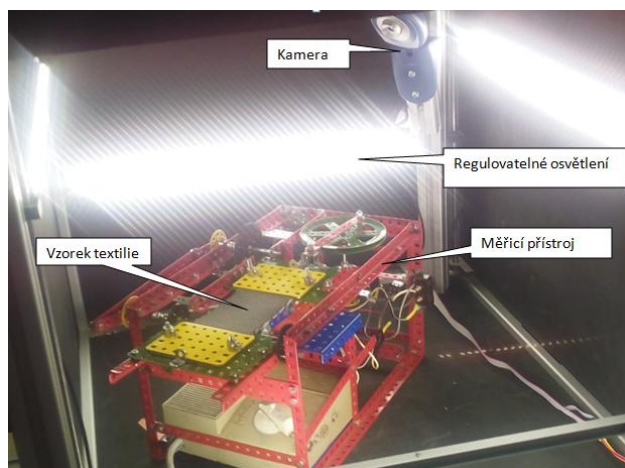
Obrázek č. 7 – Vznik smyčky



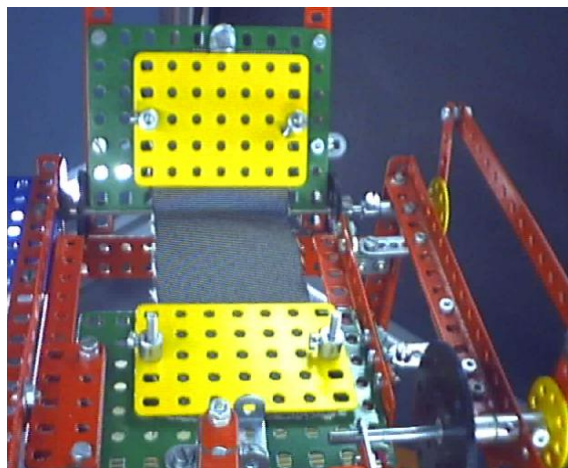
Obrázek č. 8 – Vznik vrásky

Na tomto přístroji ještě nebylo provedeno přesné měření. Bylo však otestováno použití světelného boxu. Oba přístroje slouží jako předloha pro přístroj finální. Dosud však nebyla zodpovězena otázka záznamu obrazu. Protože má být hodnocení plošných textilií plně automatizované, neobejde se budoucí zařízení bez vhodného optického zařízení, které bude zaznamenávat obraz pro další zpracování vhodným softwarem.

Na obrázku č. 9 se prototyp přístroje nachází ve světelném boxu. Výhodou tohoto prostoru je možnost nastavení přesně definovaných podmínek nasvícení. Lze měnit intenzita nebo směr osvětlení. Po dobu měření tedy nedochází k různým změnám osvětlení, jako by tomu bylo na denním světle. To se stává předpokladem přesných výsledků měření. Na obrázku je dobře patrné umístění snímací kamery. Snímek pořízený touto kamerou ilustruje obrázek č. 10.



Obrázek č. 9 – Přístroj ve světelném boxu



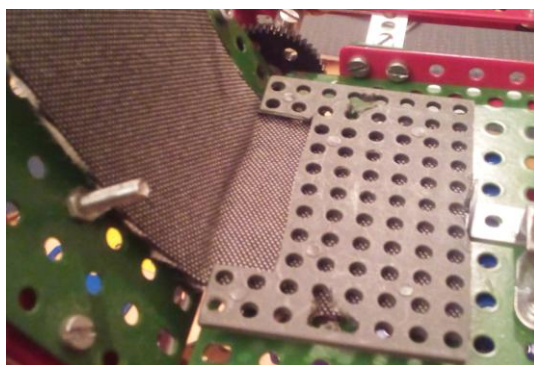
Obrázek č. 10 – Snímek z kamery ve světelném boxu

2.3 Inovace upevnění testovaných vzorků

Během řady zkušebních měření různých textilií se ukázalo, že mají některé textilie sklon k nevhodnému chování během měření. Docházelo tak v případě měření založeném na principu „klapka + smyčka“ k pohybu proužku testovaného vzorku. Jakmile se čelist začala otáčet, vzorek reagoval zvedáním. Přestože se takto nechovaly veškeré zkoumané textilie, ukázal se systém upevnění pomocí destiček (např. obr. č. 8) nedostačující. V kapitole 1 této práce je

uveden způsob řešení tohoto problému na základě použití oboustranné lepicí pásky. Vzorek je takto dokonale fixován, ale potřeba opakované výměny pásky pro každé měření nového vzorku velice prodlužuje potřebný čas na vykonání měření.

Byl tedy hledán nový systém, který by vzorek znehybnil, ale výměna probíhala v co možná nejkratším čase. Je třeba si uvědomit, že pozice tvorby vrásky souvisí s daným použitím fixace. Vráska se totiž utvoří po otočení jedné z čelistí právě v místě konce objektu zabezpečující fixaci. Tím je myšlena buď zmíněná oboustranná lepicí páska, která drží vzorek zespodu, anebo jiné provedení fixující shora. Pokud na vzorek přiložíme pevnou destičku, deformace bude jistě vznikat přes hranu této destičky, ale nevýhodou je zakrytí sledovaného místa. To je důvodem, proč je na španělském přístroji použito připevnění vzorku z rubní strany. Bylo však ověřeno, že lze zkombinovat fixaci z lící strany s vhodně zvoleným tvarem destičky. Prvním pokusem byl systém, který lze vidět na obrázku č. 11. Díky tvaru vybraní destičky je deformace dobře viditelná. Bylo dokázáno, že pro potřebnou lokalizaci případné tvorby zlomové vrásky dostačuje zajištění po stranách vzorku. Zbylá plocha destičky zakrývající vzorek zamezuje pohybu vzorku.



Obrázek č. 11 – Návrh nového tvaru fixační destičky

3 Nový měřicí přístroj

V této kapitole je uveden popis a způsob měření na nově vyvinutém přístroji. Tento přístroj vznikl jednak jako inovace španělského přístroje, ale také kombinací poznatků získaných tvorbou dvou prototypů přístrojů uvedených v části praktické této práce.

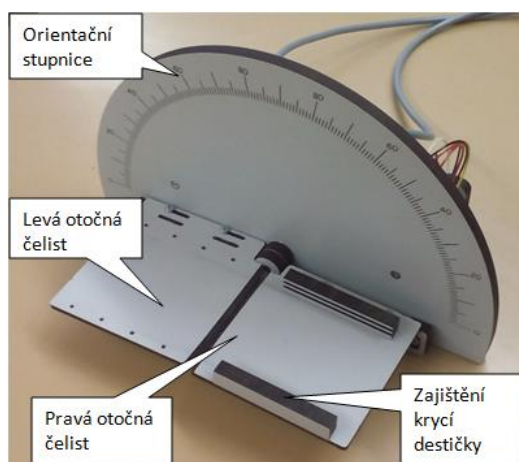
První uvedený přístroj slouží na základě platné španělské normy [1] k testování potahových textilií, viz kapitola 1. Dva prototypy přístrojů demonstrují rozšířené možnosti testování vzorků. Na základě několika setkání uskutečněných se zástupci firmy ŠKODA AUTO, a.s. bylo rozhodnuto, jakým směrem by se měl ubírat vývoj nového přístroje. Požadavkem bylo rozšířit stávající zkušební metodu o nově získané poznatky a tím vyrobit finální přístroj.

3.1 Popis přístroje

Nový měřicí přístroj se nachází na obrázku č. 12. Na pohledu z přední strany lze pozorovat orientační stupnici, která může sloužit laborantovi pro odhadnutí předběžného chování textilie. Stupnice začíná na obou koncích nulovou hodnotou a po jednotlivých dílcích o velikosti jednoho stupně deformačního úhlu roste z obou stran směrem ke středu do hodnoty 90°. Nejdůležitějšími prvky tohoto přístroje jsou dvě otočné čelisti, které mají společnou osu otáčení, avšak jsou schopné vykonávat nezávislý rotační pohyb v rozmezí 90°. Tyto čelisti lze

posouvat v rozsahu 2 cm. Důvodem pro umožnění tohoto posunu je variabilita nastavení tohoto přístroje. Pokud je požadavek, aby jedna z čelistí rotovala v rozsahu 90° , je možné mít čelisti u sebe. Pokud je požadavek na testování, kdy je zapotřebí, aby rotační pohyb tohoto rozsahu vykonávaly obě čelisti současně, musí se od sebe oddálit dle tloušťky vzorku.

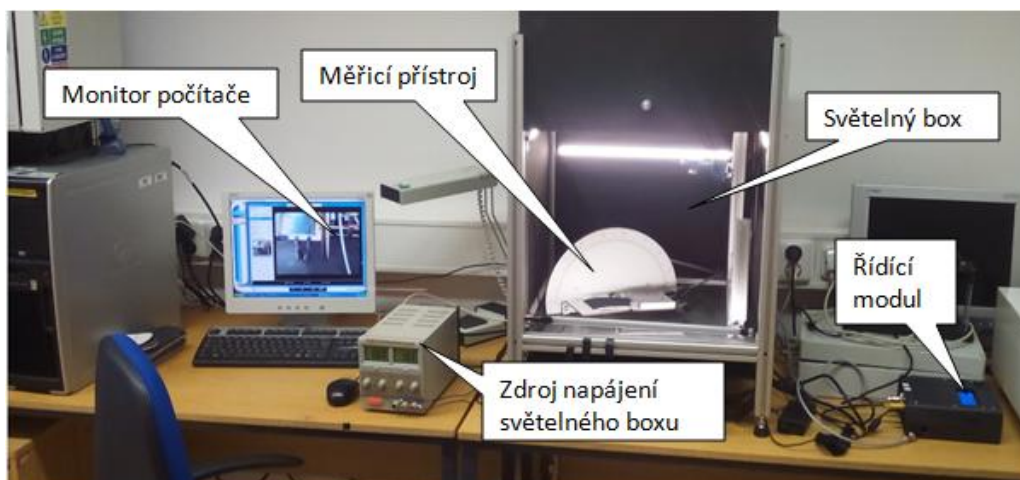
V neposlední řadě lze na předním pohledu vidět boční zajištění krycí destičky. Toto provedení slouží k fixaci měřeného vzorku. Krycí destička se zasouvá do bočního jištění dle tloušťky vzorku tak, aby mezera mezi destičkou a čelistí odpovídala tloušťce testovaného vzorku. Toto je potřeba předem přizpůsobit před měřením dané kategorie vzorků (například tloušťka 4 mm). Je tedy nezbytné použít správné krycí destičky, aby nebyl testovaný vzorek volný.



Obrázek č. 12 – Pohled na přední stranu přístroje

3.2 Obsluha přístroje

Přístroj je konstruován tak, že ho lze použít podobně jako přístroj popsany v kapitole 1 této práce. Tím je myšlena ruční obsluha a porovnávání deformačního úhlu laborantem odečítáním ze stupnice. Druhou možností, která je sěžejní pro tuto práci, je přístroj zařadit do experimentální sestavy s dalšími součástmi, které pak spolu umožňují automatizované měření. Těmito součástmi jsou: světelný box a jeho zdroj napájení, řídicí modul a počítač, viz obrázek č. 13.



Obrázek č. 13 – Experimentální sestava

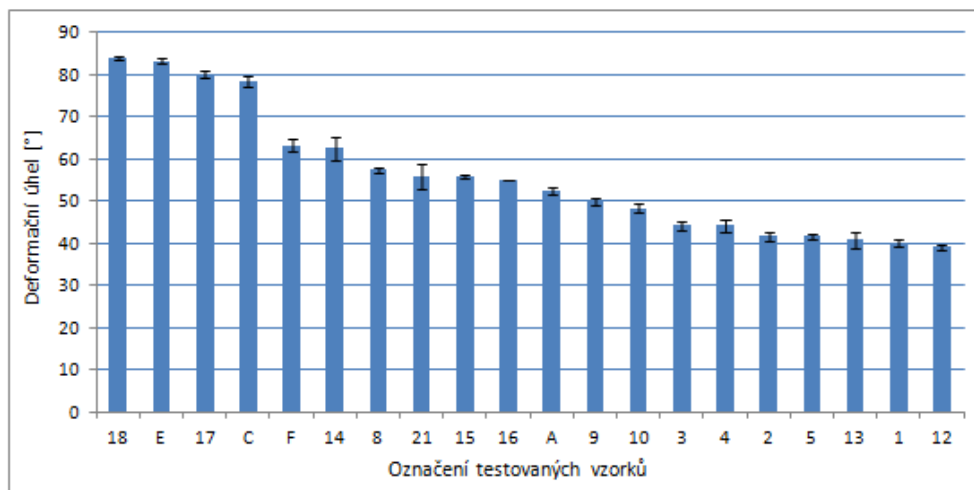
Nezbytnou součástí popisované sestavy je řídicí modul měřicího přístroje. Jádrem tohoto modulu je jednoduchá počítačová deska založená na platformě Arduino [2]. Modul disponuje jedním vstupem pro napájecí kabel, jedním výstupem pro řízení snímací kamery s následným ukládáním dat do počítače a dvěma výstupy pro ovládání přístroje.

Přenos řídicího programu do modulu je prováděn pomocí SD karty, na kterou je zapotřebí uložit potřebný program v tzv. G-kódu, což je programovací jazyk užívaný k řízení například CNC obráběcích strojů. Vytváření G-kódu je možné ve vhodném CAM softwaru. Značnou výhodou tohoto modulu je, že lze na SD kartu připravit značné množství programů, které se následně vybírají pomocí otočného ovladače v uložených adresářích.

4 Výsledky měření

Pro měření byla vytvořena vhodná metodika, která vzešla z předběžných měření. Tato metodika zahrnuje jednak umístění přístroje ve světelném boxu, podmínky nasvícení, ale především volbu vhodného programu. Tento program byl nazván Klapka 3 a ukládá přístroji povel nejdříve testovaný vzorek namáhat, tzn. provést 20 ohybů, následně probíhá záznam obrazu oblasti tvorby vrásky po každém pootočení čelisti o 5°. Pro hodnocení byla vytvořena pomocná tabulka, díky které lze přiřadit dle názvu snímku příslušný úhel. Automatické ukládání snímků do počítače totiž probíhá podle vzestupného číselného pojmenování. Kritériem pro rozhodnutí, zda se na příslušném snímku nachází zlomová vráska, byl výskyt zlomové vrásky napříč celým vzorkem.

Firmou ŠKODA AUTO, a.s. bylo dodáno po dvou sadách textilií. Jednalo se o vícevrstvé materiály skládající se z vrstvy pleteniny, polyuretanové pěny a tkaniny. Pro rozlišení byly textilie označeny pomocí písmen a čísel. Měření proběhlo na 20-ti různých textiliích, avšak pouze o třech opakováních z důvodu nedostatečného množství jednotlivých materiálů. Pro přehlednost bylo provedeno obecné grafické zpracování výsledků, které vystihuje obrázek č. 14, kde lze pozorovat hodnoty deformačního úhlu [°]. Uvedené hodnoty reprezentují průměry ze dvou na sebe kolmých směrů. Z grafu je rychle patrné, které textilie by prošly pro danou úroveň deformačního úhlu. Pokud by bylo například kritérium pro vzorek deformační úhel o minimální hodnotě 70°, bylo by možné říci, že by toto kritérium splňovaly pouze vzorky C, E, 17 a 18. Pro statisticky přesnější vyjádření byla provedena analýza rozptylu ANOVA.



Obrázek č. 14 – Grafické zpracování výsledků

Závěr

Nejdříve byly vyrobeny dva prototypy měřicích přístrojů ze stavebnice Merkur. Tyto přístroje obdržely pracovní názvy „klapka“ a „klapka + smyčka“. Na prvním z přístrojů bylo testováno chování textilie pomocí principu cyklického mačkání. Druhý přístroj byl zdokonalen a vyroben tak, aby nabízel více režimů pro testování textilií. Významným rozdílem od předchozího modelu byla schopnost sledovat chování textilie při tvorbě tzv. smyčky, což je princip, který byl středem zájmu paralelně probíhajícího výzkumu. Na tomto prototypu byla ověřena možnost spojení obou zmíněných principů v rámci jednoho přístroje.

Na základě uskutečněných setkání se zástupci firmy ŠKODA AUTO, a.s. a pokusů provedených na prototypech přístrojů, byla objednána výroba finálního přístroje, který byl zdokumentován v CAD programovém prostředí. Požadavkem na tento přístroj byla co největší automatizace, aby bylo eliminováno případných chyb způsobených obsluhou. Inovační prvky přístroje lze shrnout dle následujících bodů:

- elektronické ovládání obou čelistí
- upnutí vzorku v čelisti
- možnost nastavení kroku o libovolný úhel
- automatizované snímání obrazu deformovaného vzorku.

Na tomto přístroji bylo provedeno rozsáhlé měření předložených materiálů dle různě definovaných řídicích programů. Na základě porovnání výsledných hodnot byla navržena metodika pro měření textilií. Pro provedení experimentu byla popsána měřicí sestava, která se skládá z měřicího zařízení, světelného boxu a jeho zdroje napájení, řídicího modulu a počítače. Byly nadefinovány optimální pozice přístroje ve světelném boxu a umístění snímací kamery, světelné podmínky i řídicí program.

Každé měření textilie proběhlo tak, aby byly dosaženy výsledky minimálně ze dvou na sebe kolmých směrů. Veškerá měření se nacházela v rozmezí deformačního úhlu 35 – 85 [°]. Pro celé měření byla provedena podrobná statistika pomocí vhodných softwarů. Výsledky byly zpracovány číselně i graficky.

Použitá metodika byla na závěr ověřena s paralelně probíhajícím výzkumem pomocí korelační analýzy. Tento výzkum se také zabýval hodnocením vzhledového defektu, avšak založeném na principu sledování tvorby smyčky. Obdobně, jako byl v této práci sledován deformační úhel, byla v paralelně probíhajícím výzkumu sledována deformační vzdálenost čelistí v okamžiku zlomení textilie. Korelační koeficient vycházející z měření dvaceti druhů vrstvených textilií nabył hodnoty $r = 0,9064$, což značí vysokou korelaci.

V neposlední řadě byl vytvořen archiv snímků dokumentující veškerá měření. Tyto snímky můžou posloužit pro další možný výzkum, který by se mohl zabývat samotným hodnocením měření pomocí obrazové analýzy. Tím by bylo celé měření i hodnocení kompletně automatizováno.

Literatura

- [1] Ins3.4_GQ-31_29. Determinación del ángulo de quebradura en tejidos para asientos. 2004. 5s
- [2] Arduino [online]. [cit. 13. 03. 2017]. Dostupný z: <https://arduino.cz/co-je-to-arduino/>

POSTAVENÍ ODĚVNÍHO PRŮMYSLU V RÁMCI EU

Bc. Krátká Veronika

Sekce - TEXTIL,
Fakulta textilní, 2. ročník
Magisterský studijní program – TEXTILNÍ INŽENÝRSTVÍ

Abstrakt: Práce je zaměřena na současnou situaci a predikci možného vývoje oděvního průmyslu ČR a jeho postavení v rámci EU. V této souvislosti práce pojednává o současném stavu, tendencích a trendech oděvní výroby jak z pohledu ČR, EU i celosvětového hlediska. Na základě analýz současného stavu oděvního průmyslu a posouzení základních faktorů ovlivňujících jeho vývoj v posledních letech, budou vyhodnoceny možné scénáře pro budoucí vývoj oděvního průmyslu ČR. Předmětem práce je odhadnutí možné prognózy dalšího vývoje oděvního průmyslu ČR a možností realizace konkrétního výrobku. V závěrečných částech práce jsou pak formulována možná doporučení, pro budoucí směřování podnikatelských činností subjektů odvětví v rámci ČR v oblasti řízení výroby a produktového zaměření sortimentu.

Klíčová slova: vývoj OP, současná situace OP, outsourcing, vnitřní a vnější působící faktory, SWOT analýza, možná prognóza realizace výrobku, řízení výroby, produktové zaměření sortimentu.

Úvod

Do popředí zájmu podniků se na prioritní místo dostal zákazník a snaha o uspokojování jeho potřeb, oproti původní masové výrobě. Výše uvedené a mnoho dalších faktorů přispěly k současnému stavu OP ČR, o kterém bude pojednáno v rámci práce. Zásadním způsobem došlo také ke změně poptávky, která primárně udává vývojové trendy a podmínky.

Předkládaná diplomová práce se zabývá postavením oděvního průmyslu České republiky v rámci Evropské unie. V práci je provedena analýza současného stavu oděvního průmyslu v ČR, charakteristika outsourcingu a jeho využití v oboru oděvní výroby, jsou naznačeny odhady možných prognóz dalšího vývoje a možností směřování dalších aktivit oděvního průmyslu ČR.

Cíl práce:

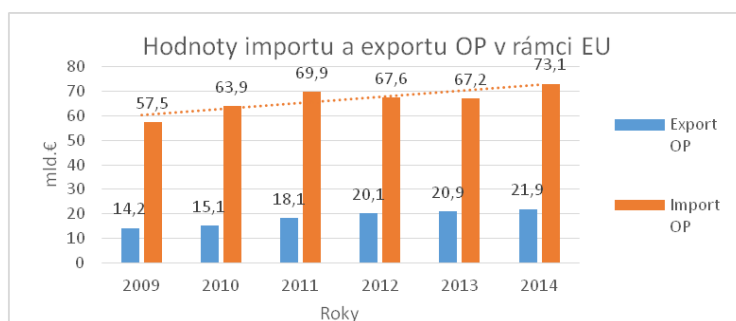
Formulovat možná doporučení pro budoucí směřování činnosti podnikatelských subjektů oděvního průmyslu ČR v oblasti řízení výroby a produktového zaměření sortimentu.

Předmět práce:

Na základě posouzení vývoje oděvního průmyslu ČR a EU a celosvětových tendencí provést analýzu současného stavu oděvního průmyslu ČR. Provést rozbor využití outsourcingu. Odhadnout možné prognózy vývoje oděvního průmyslu ČR. Odhadnout možnou prognózu realizace konkrétního produktu.

1 Uvedení problematiky - vliv a důsledky ATC na evropský obchod s oděvy

Dohoda ATC a vstup Číny do WTO značně ovlivnili směr fungování obchodu s oděvy, zejména co se nabídky týče, jak z hlediska portfolia produktů a cenových hladin tak i její kvality. V grafu 1 je zachycen vývoj importů a exportů v rámci EU za posledních 6 sledovaných let, o kterých jsou dostupná data. [1]



Graf 1 - Import a export v rámci EU

Upraveno podle: [1]

Graf 1 ukazuje hodnoty importu a exportu v rámci Evropské unie. Z dat dostupných z Euratexu, je zřejmé, že dovoz oděvních produktů značně převyšuje hodnoty exportů na území EU. Dále je také zcela jasné, jak ukazuje spojnice trendu grafu, že množství importů neustále roste. Rostoucí tendenci však vykazují i exporty, které procentuálně dosahují vyššího navýšení. Množství exportů ve sledovaném období vzrostlo o 54%, kdežto import jen o 27%. Z výše uvedeného lze usuzovat, že zájem o evropské výrobky roste a vzhledem k dlouhodobě rostoucí tendenci, lze předpokládat i další pozitivní vývoj. Dále lze také hodnotit, vzhledem k pozitivnímu sklonu růstu obou sledovaných parametrů, že celkově roste množství oděvního zboží. Nabízí se otázka, zda nedojde k přesycení trhů a následnému snížení celkové poptávky po oděvech. To však úzce souvisí s koupěschopností poptávky a vnějšími vlivy, o kterých bude pojednáno níže.

1.1 Outsourcing a vývojové tendence trhu jej ovlivňující

Do změny režimu ČR zajišťovala svou oděvní tržní poptávku z valné většiny vlastní výrobou. Přejít od centrálně řízené ekonomiky státem do soukromého vlastnictví, otevření mezinárodních trhů, dohoda ATC a masivní vstup čínského zboží na český trh a i nárůst zájmu obyvatelstva o změnu dřívějších tendencí uniformity nabídky oděvů – navýšení poptávky, zapříčinilo silný konkurenční boj s markantním tlakem na snížení ceny. Obecné trendy by šlo označit za tendence kvantitativního charakteru. Neustále narůstajícími výše zmíněnými tendencemi a mnoha dalšími vlivy došlo k postupnému snižování počtu oděvních podniků a k následné neschopnosti pokrytí českého trhu tuzemskou výrobou.

Oděvní průmysl využívá zejména externí výrobní offshoring - outsourcing. Jedná se tedy o přesunutí výrobního procesu mimo centrálu podniku. K tomuto rozhodnutí se podniky uchylují zejména pro využívání levné pracovní síly – které zapříčiňují rapidní snížení nákladových položek v rámci výroby. Zásadními pozitivy outsourcingu jsou: vyšší flexibilita plánování zdrojů, rozložení míry rizik, optimálnější přístup k prostředkům a možnost zvýšení kvality a tím přiblížení se světové úrovni nabídky pohybujících se na trhu. Z hlediska oděvního průmyslu se ve valné většině jedná o výrobní outsourcing. [2]

Celkově byl dosud outsourcing, respektive offshoring z OP ČR situován zejména do Indie, Číny, Vietnamu, Filipín, zemí východní Evropy a jiné. [3] Země, které jsou hojně využívány pro outsourcing, zejména výrobní, a jsou determinovány zejména cenou práce, nejsou nikdy zcela stabilními, vzhledem k tomu, že dochází ke změnám a růstu zejména indexu lidského rozvoje HDI, mezi-ročnímu růstu nákladů (zejména osobních, které se pohybují i v řádech 25-30%) a jiných aspektů například i nálady cílové poptávky, dochází k neustálému přesouvání výroby. [3]

Dalším silným hybatelem současného dění a masivního využívání outsourcingu v OP je nedostatek pracovníků a odborníků. Zájem o obor celkově klesá – je tedy nedostatek výrobních kapacit. Lze předpokládat, že hlavním důvodem úpadku pracovníků v oboru je nedostatečně atraktivní výše mzdy. Zde je možné sledovat silný konflikt. Mzdové náklady na švadlenu

v podmínkách ČR jsou pro podnik příliš vysoké, v porovnání s náklady formou outsourcingu, nicméně na druhé straně mzda je výrazně pod průměrnou mzdou a tak je neatraktivní pro vstup do oboru. Dále jsou podniky často nucené ve snaze o pokrytí a uspokojení poptávky dohánět chybějící výrobní kapacity vlastní výroby právě formou využívání externí výroby.

1.2 Sumarizace a hodnocení aspektů outsourcingu

Z výše uvedeného celkem jasně vyplývá, že prioritně je vhodné outsourcovat technologicky a na inovace nenáročné výrobky, nebo výrobky méně podléhajících módním trendům – spíše tedy produkty stálé nabídky. Pro technologicky nenáročné produkty není nezbytně nutná vysoká úroveň strojového parku a mohou být tedy vyhotoveny základními stroji a většina operací nezbytně nutně nevyžaduje vysokou třídní kvalifikaci pracovníků.

Další skupinou výrobků jsou výrobky, u kterých se sezónně požadavky na technologické zpracování a požadavky na strojový park přílišně nemění. Výrobky tedy mohou být i náročnějšího zpracování, ale díky stálému pracovnímu postupu nevyžadují značné změny a přizpůsobivost výroby – tedy flexibilitu. Příkladem takovýchto výrobků mohou být například pánské košile, vesty a jiné.

Naopak zcela nevhodnými produkty pro outsourcingovou výrobu jsou výrobky, technologicky velmi náročné na výrobní postup, který musí být zcela přesně dodržen a použité materiály jsou vysoké kvality a ceny. Příkladem mohou být uvedeny produkty pro horolezecké/outdoorové účely, kde výrobek značně ovlivňuje nejen komfort, ale i - a to primárně - zabezpečuje bezpečnost jedince. Problémem tohoto typu produktů je obtížná kontrola kvality a dodržení výrobních postupů zadavatelem.

Na druhé straně předešlý odstavec naznačuje opak vhodnosti výrobků pro outsourcingovou výrobu, jeli dodavatel zcela specializovaný a je schopný svým strojním parkem dosahovat vyšší kvality, než by mohl bez vysokých finančních nákladů dosáhnout zadavatel. Nicméně tato otázka úzce souvisí s problematikou výběru dodavatele, o které bylo pojednáno již v předešlém textu.

2 Analýza stavu oděvního průmyslu v EU

2.1 Obrat

Za období 2009-2014 došlo k největšímu propadu mezi lety 2011 a 2013, kdy obrat klesl o 5,5miliardy. Poslední rok vykazuje zvýšení o 1,5 miliardy. Toto navýšení může být dáno rostoucí životní úrovní obyvatelstva, jeho větší koupěschopností jako reakcí na znovuoživení trhu po krizi předešlých let, která mimo jiné mohla ovlivnit pokles z roku 2011. [1]

2.2 Počet producentů a zaměstnanost

I v této charakteristice odvětví je stejná tendence poklesu. Za sledované období, klesl počet společností výrobců oděvů o 15 055, což odpovídá 11%, je-li brán rok 2009 jako 100%. Pokles zaměstnanců vykazuje úbytek o 128 010 osob. [1] V průměru vychází, že každá výrobní společnost zaměstnává 8-9 pracovníků. Tedy hodnoty uvedené jako počet společností, zahrnují i drobné živnostníky. Počet zaměstnanců je pak tvořen výhradně pracovníky s hlavním pracovním poměrem.

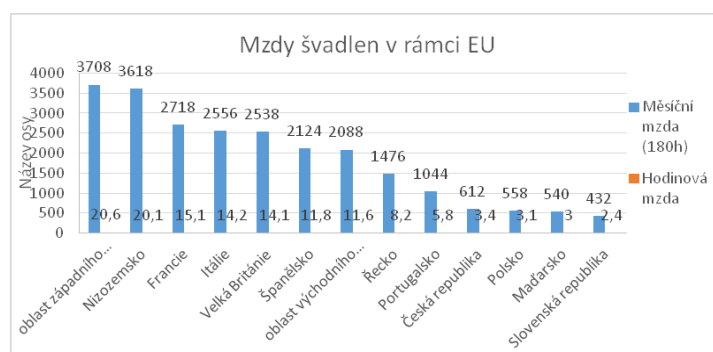
2.3 Import a export

Z hlediska zaměření, jsou nejvíce do EU dováženy doplňky a jiné nespecifikované oděvy dosahují 37%, dále dámské ošacení a to s 35% celkového dovozu, mužské oděvy s 25% zastoupením a zbylé 3% náleží produkci s dětským ošacením. Vývoz disponuje totožným

pořadím, jen jiných procentuálních hodnot. 40% vývozu jsou dámské oděvy, pánské pak 23%, doplňky a jiné 36% a dětské ošacení zastupuje 1% exportu. [4]

2.4 Srovnání mzdových sazeb švadlen ve vybraných oblastech EU

Problematika pracovních mezd zásadním způsobem souvisí s outsourcingem, importovaným zbožím ze zemí třetího světa a byla značně ovlivněna přijetím dohody ATC a celkovou liberalizací obchodu včetně celních kvót. Obecně fungování a prosperita OP v jednotlivých zemích EU je do velké míry dána efektivností restrukturalizace odvětví před vstupem dohody ATC v platnost, což nejlépe dokázala Itálie, Španělsko a Portugalsko. Problematika výrobních nákladů a tedy i platů pracovníků je jedním z hlavních důvodů aplikace outsourcingu/offshoringu.



Graf 2 - Mzda na švadleny v rámci oblastí EU

Upraveno podle: [5]

Jak bylo uvedeno v úvodu této práce cílem práce je formulovat možná doporučení pro budoucí směřování činnosti podnikatelských subjektů oděvního průmyslu ČR v oblasti řízení výroby a produktového zaměření sortimentu. V současné době oděvní průmysl ČR realizuje produkci jako nedílná součást oděvního trhu EU. V této souvislosti se v rámci fungování oděvní výroby ČR nutně vyskytují veškeré tendence a vlivy obecně působící v EU popsány v předchozí kapitole. Působení těchto faktorů však může mít v rámci ČR určité odlišnosti a i jejich významnost se může lišit od celkových trendů EU. Dále v rámci oděvního průmyslu ČR mohou působit i určité specifické faktory a vlivy, jejichž působení v rámci celé EU není tak markantní. Následující analýzy a z nich vyvozované závěry jsou z těchto důvodů zaměřeny na oděvní průmysl ČR.

3 Analýza současného stavu oděvního průmyslu ČR - oděvní výroba jako součást sektoru zpracovatelského průmyslu ČR

Pro zpracování údajů v této části práce byla použita data publikovaná ve statistické ročence ČSU a dále data publikovaná v ročence ATOK. ČSU do svých údajů zahrnuje veškeré právnické a fyzické osoby (souhrnně subjekty), které jako převažující činnost uvádějí činnosti spadající dle CZ-NACE do oboru oděvní výroby. Dále v rámci vykazovací povinnosti sleduje pouze určitý výběrový soubor subjektů. Pro skupinu subjektů nezahrnutých do statistického šetření následně provádí dopočty popř. odhady hodnot. ATOK vychází z údajů ČSU, které ČSU pro potřebu ATOK rozděluje na 2 skupiny - na subjekty s počtem zaměstnanců do 20 osob a subjekty s počtem zaměstnanců nad 20 osob. ATOK pak ve svých analýzách pracuje pouze se skupinou subjektů s počtem zaměstnanců nad 20 osob.

Tabulka 1 – Výchozí data

Přehled vybraných ukazatelů oděvní výroby 2005 - 2014 (database ČSU)													
ukazatel	jedn.	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Zpracovatelský průmysl celkem	Podíl OP k ZP celkem v %
1. Počet aktivních subjektů	1	8 377	7 936	7 825	8 257	8 756	9 895	10 337	10 784	10 789	11 280	170 041	6,63
2. Počet zam. osob	tis. osob	43	38	35	33	28	27	26	26	25	25	1 230	2,03
3. Průměrný počet zaměstnanců	osoba	35	31	29	25	21	19	18	17	16	16	1 077	1,49
4. Prům. měsíční mzda	Kč	10 026	10 944	11 516	11 874	11 770	12 017	12 402	12 519	12 829	13 840	25 433	54,42
5. Tržby za vl. výrobky a služby	mil. Kč	20 029	19 796	19 313	16 023	13 211	12 811	12 883	13 123	13 022	14 402	3 766 010	0,38
6. Výkony vč. obch. Marže	mil. Kč	21 433	21 170	20 687	16 709	13 890	13 603	13 597	13 691	13 836	15 161	3 884 887	0,39
7. Hmotný majetek netto	mil. Kč	4 469	6 302	3 903	4 860	4 479	4 509	4 445	4 264	3 821	3 867	1 115 918	0,35
8. Rentabilita tržeb	%	1,88	7,60	5,72	-3,24	2,01	3,90	4,72	8,07	7,62	9,31	5,85	159,15
9. Rentabilita aktiv	%	3,16	9,31	9,35	-4,41	2,48	4,82	5,71	10,38	10,39	13,08	8,08	161,88
10. Pasiva celkem	mil. Kč	13 986	18 590	13 727	14 096	12 871	12 509	12 837	12 250	11 473	12 090	2 982 613	0,41
11. Bankovní úvěry a výpomoci	mil. Kč	2 685	2 871	2 435	2 783	2 477	2 331	2 381	2 406	1 079	1 117	249 454	0,45
12. Krátkod. a dlouhod. závazky	mil. Kč	5 237	6 142	4 772	5 992	5 775	5 946	6 299	5 842	5 021	5 323	1 143 489	0,47
13. Podíl cizích zdrojů a pasiv	%	57	48	53	62	64	66	68	67	53	53	47	225
14. Krátkod. a dlouhod. pohled.	mil. Kč	2 988	4 135	3 182	3 174	2 934	2 866	3 068	2 794	2 633	2 878	926 978	0,31
15. Tržby na 1 osobu za rok	tis. Kč	466	521	552	486	472	474	496	505	521	576	3 062	18,82
Přehled vybraných ukazatelů OP 2005 - 2014 Subjekty s 20 a více zaměstnanci - Database ATOK													
ukazatel	jedn.	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Zpracovatelský průmysl celkem	Podíl OP k ZP celkem v %
1. Počet aktivních subjektů	1	305	279	261	246	269	215	214	216	206	191	170 041	0,11
2. Počet zam. osob	tis. osob	23	20	18	19	16	13	12	12	11	11	1 230	0,89
3. Průměrný počet zaměstnanců	osoba	75	72	69	77	59	60	56	56	53	58	1 077	5,35
4. Prům. měsíční mzda	Kč	10 421	11 284	11 929	12 391	13 333	14 269	13 763	13 827	14 156	14 806	25 433	58,22
5. Tržby za vl. výrobky a služby	mil. Kč	12 092	9 361	8 561	8 589	7 435	6 308	6 186	6 284	6 282	6 404	3 766 010	0,17
6. Tržby na 1 osobu za rok	tis. Kč	526	468	476	452	465	485	516	524	571	582	3 062	19,01

Upraveno dle: [4], [6]

3.1 Zhodnocení současné situace oboru oděvního průmyslu

Trh oděvů v ČR je zásobován větší měrou importem než domácí produkcí. Saldo importu a exportu s oděvním zbožím se v posledních letech zvyšuje ve prospěch importu.

Český oděvní průmysl prošel v minulých letech výraznou decentralizací a tento trend pokračuje i nadále. Oděvní výroba je většinou realizována menšími subjekty s počtem do 20 zaměstnanců a velkým počtem osob podnikajících samostatně jako fyzická osoba. Většina výkonů oboru je tak realizována v podmínkách malého podnikání. Pouze asi 3% produkce je realizováno v podniku s počtem zaměstnanců větším než 250. V podnicích kde objem tržeb převyšuje 50 mil. Kč za rok je realizováno cca 17% produkce. Velká většina malovýrobců pak vstupuje na trh jako subdodavatel. Tato decentralizace oděvního průmyslu přináší značnou výhodu v možnosti rychlého zareagování na požadavek poptávky.

Dlouhodobě se oděvní průmysl není zatím schopen vypořádat se stále klesajícími počty zaměstnaných osob. Příčinou je jednak v současné době všeobecný nedostatek pracovní síly a v případě zaměstnavatelů i velmi nízká úroveň mezd. Průměrná mzda v oděvním průmyslu je nejnižší v celém sektoru zpracovatelského průmyslu a činí pouze 54% průměrné mzdy v sektoru. Vyrovnání tohoto historického propadu v úrovni mezd je dlouhodobý proces velmi výrazně limitovaný cenovou konkurencí výrobců.

Z dalších hledisek lze hodnotit situaci českého oděvního průmyslu pozitivně. V posledních letech stoupá produktivita práce a obor vykazuje vysokou rentabilitu při přiměřeném a akceptovatelném stupni zadluženosti. Lze očekávat, že vysoká rentabilita oděvního průmyslu poněkud poklesne, právě z důvodu nutnosti řešit propad v průměrné mzdě oboru.

Z provedeného rozboru současného stavu oděvního průmyslu lze vyvodit tyto přednosti a nedostatky :

- oděvní průmysl ČR dlouhodobě čelí převaze importovaného zboží a polotovarů ze zemí mimo EU
- současná situace v oděvním průmyslu je příznivá spíše pro malé podnikatelské subjekty, které mohou velmi rychle zareagovat na požadavky trhu, nejsou však připraveny na velkosériovou výrobu
- za současného stavu není dost dobře možné konkurovat velkým zahraničním výrobcům v oblasti tzv. průmyslové konfekce. Je vhodné zaměřit se na maloseriovou nebo kusovou výrobu, kde není tak vyhrčená situace v oblasti ceny produktu.
- orientace na maloseriovou výrobu poskytuje možnost vysokého stupně individualizace, variability a odlišení se vyráběných produktů
- zásadním problémem je nedostatek zaměstnanců a dlouhodobě nízká úroveň mezd oboru
- v případě maloseriové výroby zvážit využití možnost vhodného outsourcingu z důvodů navýšení kapacity lidských zdrojů, popř zlevnění ceny vstupu
- oděvní průmysl ČR v posledních letech vykazuje velmi výrazná tempa růstu rentability produkce
- subjekty podnikající v sektoru oděvního průmyslu ČR vykazují dobrou "finanční kondici" při přiměřené míře zadluženosti

4 SWOT analýza - možné strategie vývoje v oděvním průmyslu ČR

Po uspořádání výše uvedených vnějších vlivů (O, T) a předností a nedostatků subjektu (S,W) do rozhodovací matice vznikly kvadranty SO,WO,ST a WT. Tyto kvadranty vyznačují možnou kombinaci působení vnějších vlivů a předností a nedostatků. Tímto jsou určeny podmínky pro modelování možných strategií a činností označených v matici jako "strategie a činnosti 1 až 4".

Tabulka 1 - SWOT matice

		W <i>slabé stránky OP ČR</i>	S <i>silné stránky OP ČR</i>
		Nedostatek zaměstnanců Nízká mzda v oboru Decentralizace kapacit Převaha importu mimo EU	Rychlost reakce na požadavky trhu Vysoká ziskovost Přiměřená zadluženost Minimální ekologický vliv Variabilita produkce
O	Rostoucí kupní síla obyvatel Změny velikostního sortimentu Posílení koruny - outsourcing Posílení koruny - zahr. partner programy podpory EU	WO	SO
<i>Příležitosti OP ČR</i>		<u>Strategie 2</u>	<u>Strategie 1</u>
T	Nárůst výrobních nákladů - mzdy Malá nezaměstnanost Posílení koruny - pokles exportu zvyšování importu	WT	ST
<i>Ohrožení OP ČR</i>		<u>Strategie 3</u>	<u>Strategie 4</u>

4.1 Kvadrant SO - strategie a činnosti 1

Tento kvadrant matice reprezentuje využití všech pozitivních vlivů prostředí a zároveň využívá veškerý potenciál předností subjektu k maximalizaci efektu produkce. Možno označit jako ideální model vývoje. Strategie pro tuto konstelaci vlivů - maximálně využít výhod prostředí při použití všech předností subjektu.

Činnosti pro realizaci strategie:

- subjekty oboru oděvní výroby variabilně mění zaměření produkce v reakci na okamžité požadavky trhu v oblasti změn sortimentu vzhledem k demografickým změnám - změny velikostního a generačního zaměření produkce
- subjekty oboru oděvní výroby kompenzují nedostatek vlastních kapacit outsourcingem ze zemí EU
- subjekty oboru oděvní výroby díky vysoké rentabilitě a tím i návratnosti investice získávají strategického partnera
- subjekty oboru oděvní výroby díky nízké zadluženosti mohou doplnit zdroje financování pro rozvoj výroby z programů podpory malého a středního podnikání

4.2 Kvadrant WO – strategie a činnosti 2

Tento kvadrant matice reprezentuje využití všech pozitivních vlivů k odstranění nedostatků subjektu. Strategie pro tuto konstelaci vlivů – maximálně využít výhod prostředí pro odstranění nedostatků subjektu.

Činnosti pro realizaci strategie :

- při stávajícím počtu zaměstnanců – aplikace nových technologií zvyšujících produktivitu práce – vhodné pro využití v rámci rozvojových programů EU
- zvýšení průměrné mzdy v oboru – použití veškerých dostupných příležitostí při zachování rentability produkce – snížení ceny nákladů outsourcingu při zpevnění kursu koruny/EU, využití růstu kupní síly pro uvedení nestandardních velikostí na trh, rozvoj technologií
- zpětná koncentrace kapacit – v případě potřeby sdružit kapacity několika malovýrobců pro pokrytí větších zakázek
- převaha importu mimo EU – spojení se strategickým partnerem „nejlépe z mimo EU s vybudovanou odbytovou základnou mimo EU

4.3 Kvadrant ST – strategie a činnosti 3

Tento kvadrant matice reprezentuje využití všech předností subjektu k eliminaci negativně působících vlivů nebo minimalizaci jejich dopadu do hospodaření subjektu. Strategie pro tuto konstelaci vlivů – maximálně využít předností subjektu pro eliminaci nebo minimalizaci ztrát z negativně působících vlivů.

Činnosti pro realizaci strategie :

- nárůst složky mzdových nákladů lze částečně kompenzovat z vysokých zisků minulých let. Pro krytí další části zvýšených nákladů mezd je nutno rychle zareagovat na vybrané krátkodobé mezery a příležitosti trhu vybraných sortimentů oděvní výroby, slibující realizaci za vyšší cenu.
- nedostatečné zdroje pracovní síly v tuzemsku alespoň částečně eliminovat zaměstnáváním cizích státních příslušníků. Využití stávajících lidských zdrojů zefektivnit použitím nových technologií. Podniky oděvní výroby nemusí příliš investovat do ekologických opatření a velkou většinu investičních prostředků mohou směřovat právě do rozvoje technologií.
- pokles cen exportu do zemí EU po změně kursu koruny k EU – pokusit se řešit změnou struktury exportu směrem k maloseriové výrobě ve vyšší cenové hladině, pokusit se o úpravu cen exportu do EU – pokud to trh dovolí.
- stoupajícímu objemu importu ve velkoseriové výrobě lze v současných podmínkách oděvního průmyslu čelit jen velmi omezeně. Lepší bude zaměřit se na segment maloseriově vyráběného sortimentu s častou obměnou nabídky.

4.4 Kvadrant ST - strategie a činnosti 4

Tento kvadrant matice reprezentuje stav, kdy se subjektu nedaří odstraňovat vlastní nedostatky ani kompenzovat či eliminovat negativní vlivy prostředí. Tento stav nastává poté, co se strategie a činnosti uváděné v kvadrantech č.2(WO) a 3(ST) projeví jako neúčinné. Subjekt pak musí alespoň dočasně omezit kapacitu a výrobu do doby, než se mu podaří odstranit nedostatky nebo pomine účinek negativně působících vlivů. Toto opatření je realizováno jako poslední možnost. Lze ale předpokládat, že pokud toto omezení bude jen krátkodobé, má většina subjektů reálný předpoklad setrvat na trhu. V posledních letech vykazoval sektor oděvní výroby velmi slušné zisky a toto období omezení produkce může tedy být dočasně financováno ze zisků minulých let. Subjekty oděvní výroby by v tomto období i za cenu vyšší ztráty měly udržet a nepropouštět zaměstnance – následné doplňování stavu bude velmi obtížné. Jednou z možností jak udržet zaměstnance by mohla být krátkodobá kooperace subjektů ve využití pracovní síly. Subjekt, který dočasně realizuje omezení výroby přechodně poskytne vlastní zaměstnance subjektu s nenaplněnou pracovní kapacitou.

5 Možná doporučení a závěry

Pokud v následujícím textu budou formulována možná doporučení směřovaná k subjektům oděvního průmyslu ČR, je nutné respektovat skutečnost, že pro hodnocení konečné úspěšnosti a efektivnosti realizace těchto doporučení bude rozhodujícím kritériem rozsah uplatnění produkce subjektu na trhu a ekonomický efekt odbytu produkce.

5.1 Objem produkce

Pokud bude vycházeno z klasického popisu faktorů ovlivňujících objem produkce lze je dělit na faktory extenzivní a intenzivní. Jako základní extenzivní faktor lze v oděvním průmyslu uvažovat zaměstnanost a intenzivní faktor pak produktivitu práce. Zaměstnanost je ovlivněna objemem použitelných lidských zdrojů. Produktivita práce je ovlivněna zejména využívanými technologiemi výroby a organizací práce.

5.2 Struktura produkce

V případě oděvního průmyslu lze stručně strukturu produkce charakterizovat jako sortimentní skladbu produkce. Sortimentní skladba je pak určována produktovým zaměřením a velikostní škálou produktů.

5.3 Odbyt

Odbyt produkce oděvního průmyslu je dnes z velké části realizován prostřednictvím firem specializujících se na distribuci a obchod s oděvním zbožím. Existují i výrobci disponující vlastními obchodními kapacitami. Tito výrobci jsou buď velké společnosti realizující velkovýrobu, nebo výrobci oděvů značek vysoké cenové úrovně. Pro rozhodování o způsobu odbytu produkce oděvní výroby je tedy rozhodující objem výroby a exkluzivita nabízených produktů.

Dalším – v oděvní výrobě ČR asi nejčastěji používaným způsobem odbytu – je subdodávka pro větší výrobní společnosti. Tento způsob odbytu však prvovýrobě přináší nejmenší ekonomický efekt.

Z předchozího textu vyplývají základní oblasti pro směřování možných doporučení :

- zaměstnanost a lidské zdroje
- využívané technologie a organizace práce
- sortimentní skladba produkce
- způsob odbytu produkce

6 Návrhy doporučení

Dále uváděné návrhy doporučení vycházejí z popisu strategií a činností specifikovaných dříve. Strategie a činnosti oděvního průmyslu.

6.1 Návrh doporučení pro oblast zaměstnanosti a lidských zdrojů

Pro odstranění nedostatků a eliminaci rizik vyplývajících z ohrožení v oblasti lidských zdrojů je možno navrhnout tato doporučení činností a strategií :

- subjekty oboru oděvní výroby kompenzují nedostatek vlastních kapacit outsourcingem ze zemí EU
- zvýšení průměrné mzdy v oboru – použití veškerých dostupných příležitostí při zachování rentability produkce- snížení ceny nákladů outsourcingu při zpevnění kursu koruny/EU, využití růstu kupní síly pro uvedení nestandardních velikostí na trh a zavedení sortimentu s vyšší přidanou hodnotou vyšší cenové úrovně, rozvoj technologií
- nárůst složky mzdových nákladů lze částečně kompenzovat z vysokých zisků minulých let. Pro krytí další části zvýšených nákladů mezd je nutno rychle zareagovat na vybrané krátkodobé mezery a příležitosti trhu vybraných sortimentů oděvní výroby,slibující realizaci za vyšší cenu.
- nedostatečné zdroje pracovní síly v tuzemsku alespoň částečně eliminovat zaměstnáváním cizích státních příslušníků. Využití stávajících lidských zdrojů zefektivnit použitím nových technologií. Podniky oděvní výroby nemusí příliš investovat do ekologických opatření a velkou většinu investičních prostředků mohou směřovat právě do rozvoje technologií.

6.2 Návrh doporučení pro oblast využívané technologie a organizace práce

V oblasti technologií a organizace práce je třeba využít veškerých příležitostí a předností oděvní výroby ČR k odstranění nedostatků a eliminaci ohrožení. Využití technologického progresu a zdokonalení organizace práce směrem k vyšší kooperaci subjektů jsou pozitivně působící faktory. Pro jejich plné využití je možno navrhnout tato doporučení činností a strategií :

- v oblasti technologií
 - o subjekty oboru oděvní výroby díky nízké zadluženosti mohou doplnit zdroje financování pro rozvoj výroby z programů podpory malého a středního podnikání
 - o při stávajícím počtu zaměstnanců - aplikace nových technologií zvyšujících produktivitu práce – vhodné pro využití v rámci rozvojových programů EU
- v oblasti organizace práce
- zpětná koncentrace kapacit – v případě potřeby sdružit kapacity několika malovýrobců pro pokrytí větších zakázek, nebo pro zavedení nového sortimentu

6.3 Návrh doporučení pro oblast sortimentní skladby produkce

Stejně jako u oblasti technologií a organizace práce i správně provedené změny v sortimentní skladbě produkce výrazně pomohou odstranit či eliminovat nedostatky a případná ohrožení. Pro relativně rychlou reakci na požadavky změn sortimentu má oděvní průmysl ČR dobré předpoklady. Pro plné využití tohoto potenciálu je možno doporučit tyto činnosti :

- subjekty oboru oděvní výroby variabilně mění zaměření produkce v reakci na okamžité požadavky trhu v oblasti změn sortimentu vzhledem k demografickým změnám – změny velikostního a generačního zaměření produkce
- pokles cen exportu do zemí EU po změně kursu koruny k EU – pokusit se řešit změnou struktury exportu směrem k maloseriové výrobě ve vyšší cenové hladině, pokusit se o úpravu cen exportu do EU – pokud to trh dovolí.

- stoupajícímu objemu importu ve velkoseriové výrobě lze v současných podmínkách oděvního průmyslu čelit jen velmi omezeně. Lepší bude zaměřit se na segment maloseriově vyráběného sortimentu s častou obměnou nabídky.

6.4 Návrh doporučení pro oblast způsobu odbytu produkce

Vzhledem k podmínkám, v kterých je realizována převážná část oděvní výroby ČR - malé a střední provozovny bez výrazné exkluzivity produkce, je nepravděpodobnější způsob odbytu produkce prostřednictvím distributorů nebo zavedených prodejců, nebo méně ekonomicky výhodná subdodávka pro větší výrobní společnosti. Opatření v oblasti odbytu by měla být primárně směřována ke zkrácení řetězce od prvovýrobce k obchodníkovi - snaha dodat hotový produkt přímo distributorovi nebo obchodníkovi. K realizaci záměru lze doporučit tyto činnosti:

- subjekty oboru oděvní výroby díky vysoké rentabilitě a tím i návratnosti investice získávají strategického partnera
- převaha importu mimo EU - spojení se strategickým partnerem „nejlépe z mimo EU s vybudovanou odbytovou základnou mimo EU

6.5 Aplikace možných doporučení

V předchozí části práce byla formulována možná doporučení pro subjekty oděvní výroby. K tomuto souboru doporučení je nutné přistupovat selektivně. Výběr bude záviset na specifických výchozích podmínkách subjektu a dané míře aktuálnosti problému, k jehož řešení je doporučení směřováno. Subjekty realizující velkosériovou výrobu pak k výběru doporučení budou přistupovat s výhledem podstatně delšího časového horizontu, než subjekty malovýroby. Využití outsourcingu bude aplikováno zejména v oblasti velkosériové výroby. Převážná část oděvní výroby v ČR je však realizována v prostředí malovýroby, která umožňuje velmi krátkou dobu reakce na požadavky trhu. Klíčovou oblastí je tak sortimentní skladba produkce. Při stoupající koupěschopné poptávce obyvatelstva je nutné nabídnout zákazníkovi další přidanou hodnotu, za kterou je ochoten zaplatit i vyšší cenu. Toto je i cesta jak se vyhnout konkurenci asijského importu v oblasti levné velkosériové výroby. Změny sortimentní skladby produkce v prostředí oděvní výroby ČR by tak měly být směřovány směrem k výrobě menších sérií s vyšším podílem živé práce. Tento záměr lze aplikovat například rozšířením a individualizací velikostní škály produkce, nebo zaměřením produkce na typy oblečení pro specifické činnosti. V oblasti specifických činností se nabízí zejména oblečení pro volnočasové aktivity. I v oblasti oblečení pro volnočasové aktivity se však na trhu vyskytuje spousta velkosériově vyráběných produktů. Je tedy nutné zaměřit se na produkty, kde jsou vyžadovány specifické vlastnosti materiálů nebo zpracování- například oblečení do extrémních podmínek, nebo pro motorsport. Vstupní materiály pro tento druh oblečení však vyžadují speciální vlastnosti a atesty. Cena zboží je pak určována především cenou materiálu.

I v případě malosériové výroby je však nutná kombinovatelnost produktu spolu s dalšími produkty podobného zaměření.

7 Modelové řešení aplikace možných doporučení ve výrobní praxi vybraného produktu

Budou-li respektovány závěry předchozích kapitol - mělo by modelové řešení výroby vybraného produktu vycházet z těchto předpokladů:

1. Produkt je vyráběn malosériově popř. kusově
2. Produkt umožňuje vysokou individualizaci dle potřeb zákazníka
3. Při výrobě produktu je uplatněn vysoký podíl živé práce
4. Produkt je vyráběn z materiálů vyšší kvality
5. Při výrobě produktu je možná kooperace jednotlivých malovýrobců

6. Při výrobě produktu je využito moderních technologií zpracování
7. Produkt je od-bytován jako hotový výrobek buď přímo výrobcem, nebo prostřednictvím vybraného či strategického partnera
8. Produkt lze dobře kombinovat s dalším zbožím z nabídky výrobce nebo obchodníka
9. Podmínky odbytu produktu jsou komfortní pro zákazníka
10. Cena produktu je oprávněně vyšší než u sériové výroby

Jako vhodná forma realizace produktu při splnění výše uvedených požadavků se pak nabízí realizace výroby produktu formou tzv. **měřenky**. Pro realizaci touto formou jsou nejvhodnější takové součásti oděvu, které jsou technologicky náročné na zpracování a je kladen důraz zejména na dokonalé „padnutí“ oděvu. Typickým příkladem takové součásti oděvu je sako. Pro demonstraci možného procesu výroby a odbytu produktu formou měřenky pak je produkt sako doplněn o další součásti pánského oblečení - kalhoty a košile.

8 Závěr

Z poznatků a analýz uvedených v předchozích kapitolách lze souhrnně charakterizovat pozici a odhad dalšího vývoje oděvního průmyslu ČR jako součásti oděvního sektoru EU asi takto:

Trh s oděvními produkty je výrazně celosvětově globalizován. Mezi výrobou a spotřebou velkosériově vyráběných oděvních produktů panuje značná disproporce mezi lokalitou výroby a konečnou spotřebou produktů. Velká část těchto produktů je vyráběna v asijských zemích s nízkou životní úrovní obyvatelstva a nízkými výrobními náklady a na trh je uváděna a spotřebována ve vyspělých zemích. Tato disproporce se nejvýrazněji projevuje v zemích EU dlouhodobou výraznou převahou importovaných objemů nad exportem. Tento stav se bude měnit jen velmi pomalu v závislosti na tom, jak bude stoupat životní úroveň a výrobní náklady v dodavatelských lokalitách. Další možností zvrácení tohoto stavu je zavedení určité formy ochrany trhu EU. Vzhledem k zásadám fungování administrativy EU nelze toto opatření reálně očekávat. Nelze ani reálně očekávat některou z forem širokého dotování výrobních nákladů jak je tomu třeba u zemědělské výroby EU. Pro krátkodobý časový horizont této práce je tedy nutné tento stav akceptovat jako objektivní realitu. Pro české výrobce se tak prostor na uplatnění vlastních výrobků zužuje zejména do oblasti kusového či malosériového sortimentu a specifických druhů oblečení. V případě výroby větších sérií je pro zachování konkurenceschopné cenové hladiny nutné efektivně využít outsourcing.

Oblasti odbytu produktů byla věnována dostatečná pozornost v předchozím textu. Zde v závěru práce je třeba znovu zdůraznit, že způsob odbytu významně ovlivňuje efektivitu vlastní výroby. Je tedy nutné zvážit, zdali výrobce oděvního zboží se stane pouze subdodavatelem dalšího výrobce anebo na trhu vystupuje jako dodavatel hotového produktu přímo pro distributora nebo prodejce. S těmito úvahami úzce souvisí rozhodování tom, jestli je efektivní investovat další náklady a budovat image a odbytovou základnu vlastní značky, nebo se podílet na dodávkách produktů pro již zavedeného prodejce či distributora.

V závěrečných kapitolách této práce je definován poměrně rozsáhlý soubor možných doporučení pro budoucí směřování činnosti podnikatelských subjektů oděvního průmyslu ČR pro oblasti výroby i odbytu. Obsah uváděných doporučení vychází z provedených analýz vývoje, současné situace a odhadu vývojových tendencí oděvního průmyslu v EU a ČR. Realizace těchto doporučení pak závisí na specifických podmínkách a záměrech podnikatelského subjektu. Možný způsob realizace těchto doporučení je demonstrován na konkrétním souboru produktů.

Závěrem lze konstatovat, že realizací rozborů a analýz obsažených v předmětu práce a stanovení vyplývajících závěrů včetně aplikace těchto závěrů pro vybraný produkt, byl cíl práce - formulovat možná doporučení pro budoucí směřování činnosti podnikatelských subjektů oděvního průmyslu ČR v oblasti řízení výroby a produktového zaměření sortimentu - splněn.

Literatura

- [1] **kolektiv Eurostat**. Eurostat. *The EU-28 Textile and Clothing Industry in the year 2014*. [Online] 21. květen 2015. [Citace: 25. duben 2016.] http://euratex.eu/library/statistics/key-data/key-data-details/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=4846&cHash=a43f98d261ba88233db94846a8f7e08e.
- [2] **Maisner, Martin a Černý, Jiří**. *Právní aspekty outsourcingu*. Praha : Wolters Kluwer, 2012. stránky 32-53. 978-80-73-57-746-9.
- [3] **Matys, Lukáš**. Outsourcing jako nástroj zvyšování konkurenceschopnosti podniku. *Informační systém Masarykovy university*. [Online] 2007. [Citace: 5. březen 2017.] https://is.muni.cz/th/73499/esf_b/.
- [4] **kolektiv ATOK**. Asociace textilního-oděvního-kožedělného průmyslu. *Statistická ročenka českého textilního, oděvního a kožedělného průmyslu za rok 2014*. [Online] Copyright © 2005 ATOK., 2015. [Citace: 26. duben 2016.] http://www.atok.cz/folders/dokumenty/Statisticka_rocenka_ceskeho_TOK_prumyslu/Statisticka_rocenka_ceskeho_TOK_prumyslu_2014.pdf.
- [5] **Heyman, Erich**. Textiles and clothing industry in Eastern Europe: pressure following expiry of the quota system. *Deutsche bank resarge*. [Online] 13. červenec 2005. [Citace: 8. duben 2016.] http://dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD0000000000189216/Textiles+and+clothing+industry+in+Eastern+Europe%3A+under+massive+pressure+following+expiry+of+the+quota+system.pdf.
- [6] **kolektiv ČSÚ**. Ekonomické výsledky průmyslu ČR - 2014. *Český statistický úřad*. [Online] 2016. [Citace: 20. prosinec 2016.] <https://www.czso.cz/csu/czso/ekonomicke-vysledky-prumyslu-cr-2014>.

ODĚVNÍ MATERIÁL JAKO OCHRANA PROTI LASEROVÉMU ZÁŘENÍ

Řeháková Michaela

Sekce – TEXTIL,

Fakulta textilní, 2. ročník

Navazující magisterský studijní program – PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Abstrakt: Tato práce zkoumá možnosti ochrany lidského těla před laserovým paprskem pomocí textilií. Zabývá se možnostmi vytvoření vícevrstvé struktury, která by pokožku ochránila před tepelnými účinky infračerveného laserového záření. Práce popisuje parametry testovaných materiálů a jejich předpokládanou funkci v systému. Je zde také stručně přiblíženo laserové zařízení Marcutex 150 Flexi a infračervený teploměr Optris Connect, jejich nastavení a průběh experimentu. Naměřené teploty vzorků jsou v závěru práce shrnuty do celkové tabulky a vyhodnoceny. Pro přesnější výpočet byla data z literatury aproximována logaritmickou funkcí a tím byly spočítány časy poškození kůže při libovolných teplotách. Tento výpočet vychází z logaritmické funkce, která prokládá již zmiňovaná data z literatury – maximální dobu do popálení.

Klíčová slova: ochrana lidského těla, infračervené laserové záření, vrstvení textilií.

Úvod: Laserové přístroje se používají v celé řadě odvětví. Především je to zdravotnictví, kde se laserový paprsek používá při různých operacích. Dalším odvětvím, kde se můžeme s laserem setkat, je vojenský průmysl, konkrétně při výrobě laserových zbraní. Specifické vlastnosti laserového paprsku jsou využívány také v automobilovém průmyslu, například při svařování karoserií a v celé řadě jiných odvětví. V posledních letech našla laserová technologie uplatnění také v textilním průmyslu při oddělování (stříhání) oděvních dílů z mnohonásobných vrstev textilního materiálu.

Při práci s laserovými přístroji je nutné znát jejich parametry a způsob správné obsluhy, ale také způsob ochrany a bezpečnosti práce. Nejedná se jen o nutnost použití ochranných prostředků, především jde o ochranu zraku, tedy ochranné brýle, ale také o ochranu pokožky - zde se nabízí možnost vyvinutí ochranného oděvu, například rukavic.

Tato diplomová práce se zabývá možnostmi tepelné izolace, konkrétně ochranou lidské pokožky před laserovým infračerveným zářením. Je zde nastíněna možnost vrstvení textilních a izolačních materiálů do struktury, která má za úkol spojit vlastnosti jednotlivých komponent a plně využít jejich tepelně- izolačních vlastností.

V úvodní teoretické části je práce zaměřena na objasnění teorie, týkající se tématu práce. Jsou zde stručně objasněny pojmy světlo, laser, CO₂ laser, bezpečnost práce s lasery, nutnost ochrany očí a pokožky, dále interakce laserového záření s materiálem a závěrem je nastíněna možnost vrstvení textilních a izolačních materiálů do vícevrstvé struktury.

V experimentální části jsou nejdříve testovány jednotlivé vrstvy a zaznamenány jejich okamžité teploty po vypnutí laseru. Poté je testována pětivrstvá struktura, která se skládá z čediče, aluminiové folie ve dvou vrstvách, umístěných nad a pod PUR pěnou, polyuretanové pěny a bavlněného materiálu. Je sledována výchozí teplota vzorku, doba zahřátí na nejvyšší teplotu a doba chladnutí. Jsou porovnány výsledky testování dvou typů polyuretanových pěn, které se od sebe liší tloušťkou. Dále je sledována teplota vzorků s rozdílnou tloušťkou alobalu.

V další fázi experimentu bylo provedeno testování vzorků s perforovanou aluminiovou folií a perforovanou PUR pěnou.

1. Interakce laserového záření s textilním materiálem

Interakce laserového záření s materiálem je závislá na optických, geometrických, chemických a termických vlastnostech materiálu. Z optických vlastností je velmi důležitý index lomu vlákna, který ovlivňuje množství absorbované energie laserového paprsku a rozptyl laserového paprsku strukturou materiálu. Další velmi důležitou optickou vlastností je absorpce vlákna. Z geometrických vlastností vlákna, které ovlivňují množství absorbované energie je to především průměr vlákna a členitosti jeho povrchu. Chemické vlastnosti, ovlivňující interakci s laserovým zářením jsou především chemické složení a obsah vody. Z termických vlastností stojí za pozornost měrná tepelná kapacita, teplota rozkladu, teplota tání a teplota vzplanutí.

U homogenních materiálů dochází soustředěním energie laserového svazku v místě dopadu na materiál ke vzniku vysoké dávky energie, a také vysoké teploty povrchu materiálu. Při tomto velmi rychlém ohřevu je dosaženo extrémně vysokých teplot v materiálu, protože zahřívání povrchu materiálu se nedokáže dostatečně rychle ochladit sáláním nebo vedením tepla.

Za předpokladu, že se v případě interakce laserového záření s hmotou veškeré absorbované záření přemění v teplo v místě své absorpce, lze tuto absorpci popsat Lambert-Beerovým zákonem:

$$A = \log \left(\frac{I_0}{I} \right) = \varepsilon(\lambda)cd \quad (1)$$

kde **A** je absorbance [-], **I** [Wm⁻²] je intenzita záření po průchodu prostředím o tloušťce absorbující vrstvy **d** [cm], **I₀** [Wm⁻²] je intenzita dopadajícího záření, **ε(λ)** [g.l⁻¹cm⁻¹] je absorpční koeficient a **c** je koncentrace [gl⁻¹].

Při interakci laserového záření s vláknennou vrstvou se můžeme setkat se složitější situací, neboť může dojít spíše k rozptylu laserového záření než k jeho absorpci. Množství absorbovaného laserového záření hmotou ovlivňuje absorpční koeficient. Zmiňovaný rozptyl laserového záření je způsoben nízkým absorpčním koeficientem. [1]

1.1. Vlastnosti vybraných materiálů potenciálně použitelných k ochraně před laserovým zářením

V následující části rešerše najdeme stručnou charakteristiku materiálů, které tvoří jednotlivé vrstvy vícevrstvé ochranné textilie. Materiály mají různé vlastnosti, a proto byla vybrána jejich vhodná kombinace. Konkrétně byla u čedičové textilie využita její vysoká tepelná odolnost, u polyuretanové pěny její schopnost zabránit prostupu paprsku, u alobalu skutečnost, že je schopen odrazit laserový paprsek a způsobit jeho rozptyl a u bavlněné textilie byly využity její komfortní vlastnosti. Jednotlivé vrstvy, pokud by byly použity samostatně, by v tomto experimentu nemohly zajistit dostatečnou ochranu před účinky laserového záření. Proto bylo nutné provést jejich vrstvení. [2]

1.2 Charakteristika použitých materiálů

Jak již bylo uvedeno, vícevrstvá struktura se skládá z čedičové textilie, aluminiové folie tloušťek 0,02 mm; 0,03 mm; 0,05 mm a 0,099 mm. Testovány jsou vzorky neperforované a perforované folie. Dále je zde polyuretanová pěna tloušťek 0,4 cm, 0,49 cm a 1 cm, neperforované a perforované vzorky a bavlněná textilie keprové vazby. Uvedené tloušťky materiálů byly naměřeny na tloušťkoměru Mesdan Lab, na kterém byl nastaven přítlak 20 cm^2 (1 kPa).

Přesné uspořádání struktury (obr. 1) je následující:

1. Čedičová textilie
2. Aluminiová folie
3. Polyuretanová pěna
4. Aluminiová folie
5. Bavlněná textilie



Obrázek 1: Struktura vícevrstvé textilie.

Čedičová textilie

- Plošná hmotnost - $723 \text{ [gm}^{-2}\text{]}$
- Tloušťka - $0,83 \text{ [mm]}$
- Keprová vazba

Alobal (plný a perforovaný)

Jak je z tabulky 1 patrné, naměřené tloušťky alobalů se neshodovaly s tloušťkami, které uvádí výrobce. U vzorků plného alobalu byly tyto rozdíly způsobeny malou deformací vzorků, u vzorků perforovaného alobalu byla naměřená tloušťka ovlivněna výstupky v perforaci.

Tabulka 1: Naměřené tloušťky a plošné hmotnosti plného alobalu.

Alobal	plný			
tloušťka [mm]	0,02	0,03	0,06	0,25
plošná hmotnost $[\text{gm}^{-2}]$	60	84,7	142,4	275,1

Tabulka 2: Naměřené tloušťky a plošné hmotnosti perforovaného alobalu.

Alobal	perforovaný			
tloušťka [mm]	0,47	0,77	0,86	1,4
plošná hmotnost [gm^{-2}]	84,5	87,1	142	275,5

Tloušťka plného alobalu (uvedená výrobcem) – 0,02 [mm]; 0,03 [mm]; 0,05 [mm]
a 0,099 [mm]

Polyuretanová pěna (plná a perforovaná)

Tabulka 3: Plošné a objemové hmotnosti PUR pěn všech tlouštěk.

Plná PUR pěna			
tloušťka [mm]	4,3	6,9	10,06
plošná hmotnost [gm^{-2}]	101,9	126	175
objemová hmotnost [kgm^{-3}]	24,8	25,7	17,5

Bavlněná textilie

- Plošná hmotnost – 285 [gm^{-2}]
- Tloušťka – 0,55 [mm]
- Keprová vazba

1.3 Nastavení parametrů pro vypalování vzorků

Doba ozařování jednotlivých vzorků byla přibližně 19,1 s. Pro snadnější orientaci při umisťování vzorků svítil přímo pod vypalovací čočkou ve středu vzorku čtverec. Počet obrazových bodů byl 148 x 148 pro DPI 75x75. Doba působení laserového záření v jednom bodě byla 800 μs . Čas skenování infračerveného laserového teploměru byl nastaven na 20 milisek. a teplota byla snímána z rubní strany vícevrstvého vzorku.

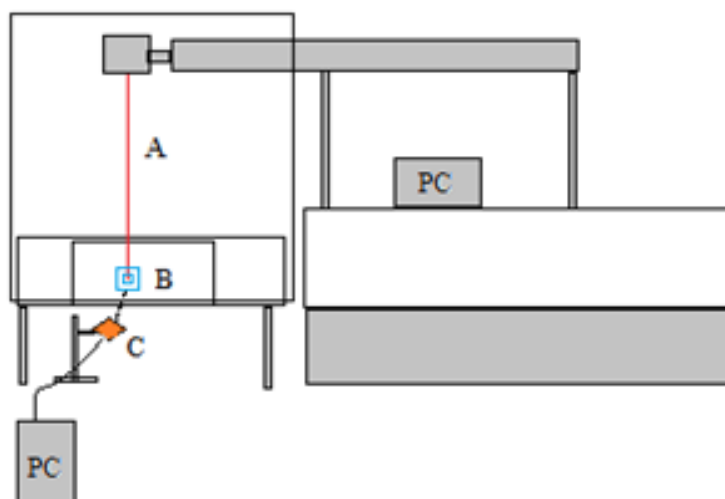
Výpočet energie laserového svazku je popsán v tabulce 4. Nejdříve byla vypočítána energie jednoho pulzu, množství pulzů a jejich energie a poté průměr laserového svazku a jeho energie.

Tabulka 4: Výpočet energie laserového svazku.

Výpočet energie jednoho pulzu	
Výkon P	100 W
Frekvence f	5000 Hz
Energie pulzu E_p	$P/f = 100/5000 = 0,02 \text{ J} = 20 \text{ mJ}$
Výpočet množství pulzů	
Pixel time	800 μs
5000 pulzů v jedné sekundě	$800 * 10^{-6} = 4 \text{ pulzy}$
Výpočet energie čtyř pulzů	
4 pulzy * 0 02 J = 0,08 J = 80 mJ	
Výpočet průměru svazku	
$\pi * d^2/4 = \pi * (0,08)^2/4 = 0,005024 \text{ cm}^2$	
Výpočet energie laserového svazku	
$0,08/0,005024 = 15,92 \text{ Jcm}^{-2}$	

1.4 Návrh experimentu

Tato část diplomové práce přibližuje podmínky a postup experimentu. Experiment je zaměřen na testování vícevrstvé struktury, která se skládá z textilních a izolačních materiálů. Parametry jednotlivých materiálů byly optimalizovány nejen z hlediska maximální možné ochrany, ale také z hlediska komfortu při použití. Navržená vícevrstvá struktura materiálů je uvažována jako možná ochrana lidské pokožky před tepelnými účinky laserového infračerveného paprsku. Pro testování byla zvolena nejvyšší dosažená hustota energie infračerveného laserového záření. Pro realizaci experimentu bylo zvoleno laserové zařízení Marcatex 150 Flexi, které pracuje v pulzním režimu s vlnovou délkou 10,6 μm . Průměrný výkon tohoto zařízení je 100 W a špičkový výkon je 230 W.



Obrázek 2: Schéma experimentu: A - laserový paprsek, B - ozařovaný vzorek, C - infračervený teploměr.

Jako výstupy testování byly zvoleny naměřené teploty na rubní straně vzorku. Pro měření teploty vzorků byl použit infračervený teploměr Optris LS. Tento teploměr disponuje kromě širokého rozsahu měření (-35 až +900°C) a vysoké přesnosti také možností načtení dat do PC pomocí USB propojení. Naměřené údaje byly zobrazovány v programu Optris Connect. Schéma experimentu je znázorněno na obrázku 2.

1.5 Ozařování vzorků

Ozařování jednotlivých materiálů

Před testováním navržené vícevrstvé struktury bylo přistoupeno k testování jednotlivých materiálů. Pozornost byla zaměřena na teplotu, kterou měl testovaný vzorek v době, kdy skončilo ozařování laserovým infračerveným paprskem.

Ozařování dvou vrstev

Dále byly testovány dvě sady vzorků po pěti kusech, složené ze čtyř vrstev materiálů: perforovaného alobalu tloušťky 0,05 cm, perforované (0,4 cm) nebo plné (0,5 cm)

Ozařování čtyř vrstev

Poté byly testovány dvě sady vzorků po pěti kusech, složené ze čtyř vrstev materiálů: perforovaného alobalu tloušťky 0,05 cm, perforované (0,4 cm) nebo plné (0,5 cm) PUR pěny, perforovaného alobalu tloušťky 0,05 cm a bavlněné textilie. Cílem testování této „neúplné“ struktury bylo zjistit, zda bez vrchní ochranné čedičové vrstvy dojde k poškození spodního, bavlněného materiálu.

Ozařování vícevrstvé textilie (pět vrstev)

Po testování jednotlivých vrstev materiálů byly ozářeny pětivrstvé vzorky, které se skládaly ze všech uvedených materiálů. Velikost vzorku byla 7x7 cm.

Vzorky s různou tloušťkou perforované hliníkové fólie

Po nalezení neoptimálnějšího vlastního nastavení laseru a zaznamenání naměřených teplot prvního měření bylo přistoupeno k druhému měření. V tomto experimentu byly ozařovány vícevrstvé vzorky, které obsahovaly PUR pěnu plošné hmotnosti 126 gm⁻² a tloušťky 0,5 cm a perforované hliníkové folie silné: 0,02 mm, 0,03 mm, 0,05 mm a 0,09 mm. Celková struktura pětivrstvé textilie se nezměnila, jako vrchní ochranná textilie byla opět použita čedičová textilie plošné hmotnosti 723 gm⁻² a spodní komfortní vrstva byla bavlněná textilie plošné hmotnosti 285 gm⁻².

Vzorky s perforovanou PUR pěnou

Při třetím a čtvrtém měření teplot rubní strany vzorků byla na rozdíl od předchozích dvou měření použita perforovaná PUR pěna tloušťky 0,4 cm. Složení pětivrstvé struktury se u těchto dvou měření mezi sebou lišilo pouze v parametrech alobalu - byly použity vzorky alobalu tloušťky 0,03 mm a 0,05 mm. Obě vrstvy této hliníkové folie byly testovány neperforované i perforované, vždy po třech vzorcích.

1.6 Vyhodnocení výsledků experimentu

Vzhledem ke zkoumání možnosti ochrany textilií před tepelnými účinky laserového záření bylo provedeno srovnání naměřených teplot s poznatky o závislosti teploty kůže na délce expozice. Byly zpracovány výsledky jednoho měření, pětivrstvého vzorku, který obsahoval plnou PUR pěnu tloušťky 0,5 cm a perforovaný alobal tloušťky 0,05 mm a zaznamenána délka působení vybraných teplot na vzorek.

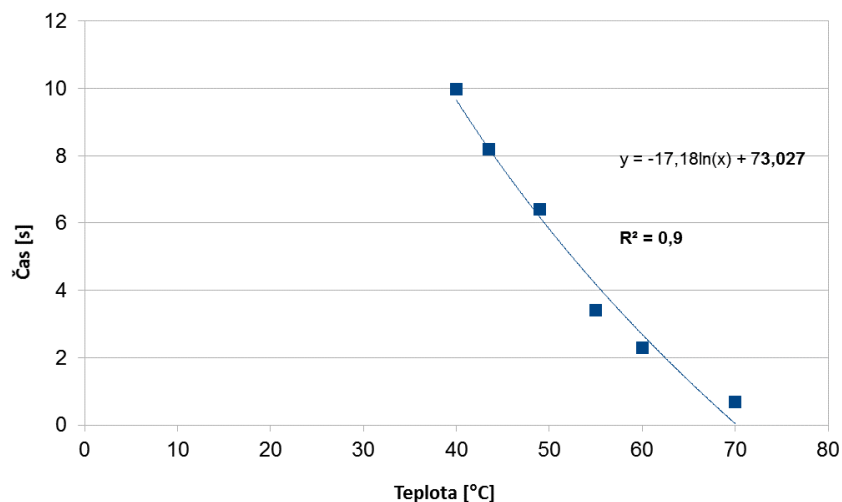
Tabulka 5: Porovnání experimentu s maximální dobou do popálení.

T [°C]	Maximální doba do popálení [s]	Doba působení teplot [s] - vzorek s plnou PUR pěnou 0,5 cm a perfor. alobalem 0,05 mm
40	21600	9,66
43,5	3600	12,14
49	600	10,9
55	30	8
60	10	11,4
70	2	0

Konkrétně se jednalo o teploty 40°C; 43,5°C; 49°C; 55°C; 60°C a 70°C. Porovnáním bylo zjištěno, že délka expozice v některých případech přesahuje snesitelnou dobu pro lidskou pokožku a v některých případech je tato doba nižší.

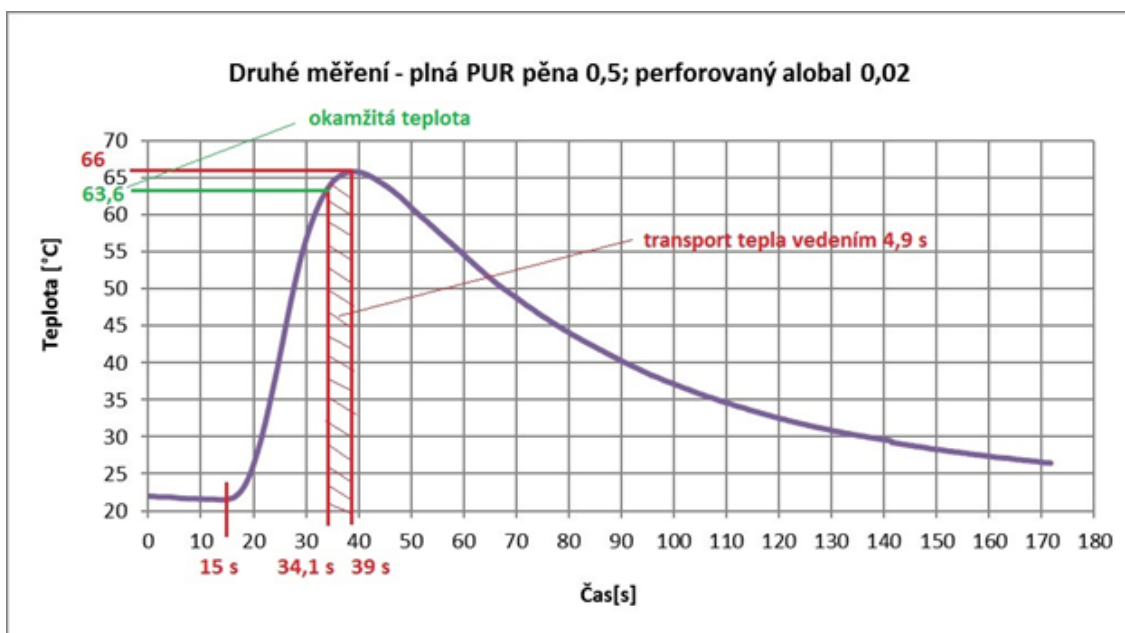
Pro přesnější výpočet byla data z literatury aproximována logaritmickou funkcí a tím byly spočítány časy poškození kůže při libovolných teplotách. Tento výpočet vychází z logaritmické funkce, která prokládá již zmiňovaná data z literatury – maximální dobu do popálení (tabulka 5).

Vycházíme z předpokladu, že se data sčítají. Po sečtení těchto efektů získáme sumu tepelných působení. V případě, že je výsledek větší než 100%, dochází k poškození kůže. Každá hodnota, která přesáhne hranici 100%, znamená drastičtější poškození pokožky. Na obrázku 3 jsou graficky znázorněny hodnoty z literatury, které byly aproximovány logaritmickou funkcí. U těchto dat, která pocházejí z literatury o poškození kůže a vzniku popálenin, se s rostoucí teplotou zkracuje doba snesitelnosti do poškození kůže.[3]

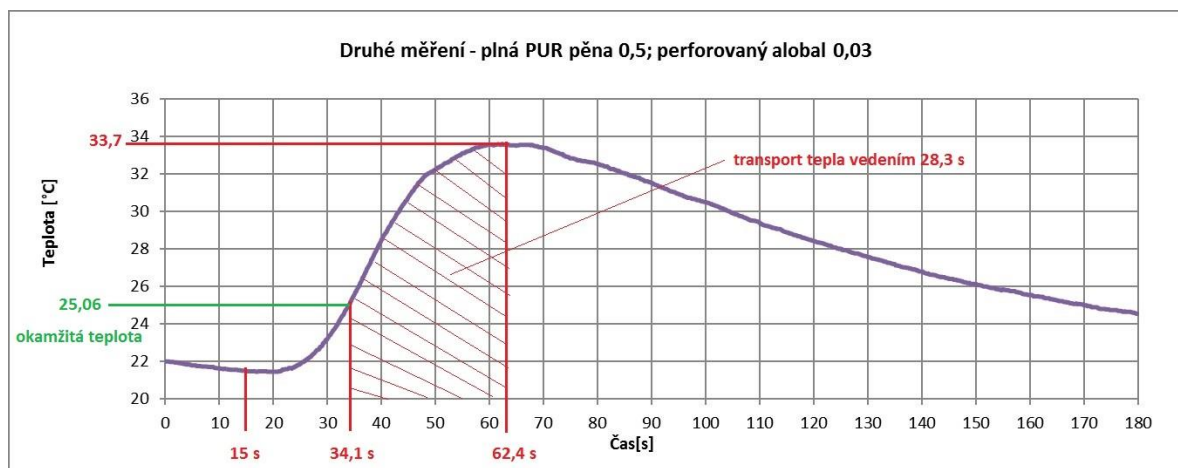


Obrázek 3: Grafické znázornění dat z literatury.

V čase, kdy bylo zaznamenáno vypnutí laseru, byla změřena okamžitá teplota. U vícevrstvých vzorků došlo k dalšímu zvyšování teploty až po dosažení maximální teploty, což je způsobeno transportem tepla vedením mezi jednotlivými vrstvami. Pro porovnání je na obrázku 4 a 5 znázorněn čas přenosu tepla vedením. Nejkratší čas přenosu tepla vedením byl 4,9 sekund. Nejdelší čas transportu tepla vedením byl 28,3 sekund. Dalším poznatkem, který vyplynul z experimentu, byla skutečnost, že se při měření maximálních a okamžitých teplot pětivrstvých vzorků projevil transport tepla vedením.



Obrázek 4: Doba přenosu tepla vedením u první sady vzorků druhého měření.



Obrázek 5: Doba přenosu tepla vedením u druhé sady vzorků druhého měření.

Při porovnávání tloušťky vícevrstvých vzorků, které obsahují perforovaný alobal a plnou nebo perforovanou PUR pěnu je nutné počítat se skutečností, že výstupky mikro otvorů perforovaného alobalu proniknou do pěny.

Maximální teplota čediče byla zhruba 2038 °C a bavlněného vzorku, který v místě ozařování laserem shořel, byla maximální teplota 508,2°C. Velmi vysoké maximální teploty byly naměřeny také na obou PUR pěnách. Plná PUR pěna tloušťky 0,5 cm měla maximální teplotu 1999,7 °C a u vzorku perforované PUR pěny tloušťky 0,4 cm byla naměřena maximální teplota 366,4 °C. U těchto vzorků, stejně jako u vzorků perforovaného alobalu, bylo zjištěno předpokládané totální poškození pokožky.

Naměřené maximální teploty na vzorcích plného alobalu se pohybovaly mezi 23 až 24 °C a k poškození pokožky by nedošlo. Skutečnost, že na vzorcích plného alobalu byly naměřeny nejnížší maximální teploty, ovšem nemění nic na známém faktu, že je alobal schopen laserový paprsek odrazit. Proto by nemohl být použit jako vrchní materiál, chránící před laserem.

Nejvyšší maximální teplota pětivrstvého vzorku, 66°C byla naměřena na vzorku, který obsahoval kromě čedičové a bavlněné textilie plnou PUR pěnu tloušťky 0,5 cm a perforovaný alobal tloušťky 0,02 mm. Z hlediska ochrany pokožky před laserovým paprskem se jeví jako nejúčinnější pětivrstvý vzorek obsahující plnou PUR pěnu tloušťky 0,5 cm a perforovaný alobal tloušťky 0,099 mm, na kterém byla naměřena nejnížší maximální teplota, 29,2°C. Obě zmiňované teploty souvisí s možným poškozením kůže, u prvního zmiňovaného vzorku by toto poškození bylo zhruba 1585 %, zatímco u druhého vzorku by k žádnému poškození pokožky nedošlo. V souvislosti s výše uvedenými výsledky je nutné zmínit skutečnost, že by pětivrstvá struktura zhruba ve dvou případech dokázala zabránit poškození pokožky, dosáhla by ovšem poměrně velké celkové plošné hmotnosti, která by se pohybovala mezi 1200 a 1400 gm⁻².

Nejvyšší okamžitá teplota byla naměřena na vzorku čedičové textilie. Naopak nejnížší okamžité teploty byly zaznamenány na vzorcích plného alobalu. Vzorky, které se skládaly ze dvou vrstev – alobalu (dvou různých tloušťek) a PUR pěny (plné nebo perforované) měly nižší okamžité teploty, než vzorky, složené ze čtyř vrstev (dvou vrstev alobalu a bavlny).

2. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo testování vícevrstvé textilie z hlediska možné ochrany před laserovým zářením. Nejdříve byly testovány jednotlivé vzorky, dvouvrstvé a čtyřvrstvé struktury, na kterých byly měřeny okamžité a maximální teploty a poté bylo přistoupeno k testování pětivrstvých vzorků, které kromě dvou vrstev plného nebo perforovaného alobalu a plné nebo perforované PUR pěny obsahovaly vrchní ochrannou vrstvu – čedičovou textilií a komfortní vrstvu, která přichází do styku s pokožkou, pro kterou byla vybrána bavlněná textilie.

Z naměřených teplot rubních stran vzorků byly poté vypočítány průměrné teploty, základní charakteristiky popisné statistiky a výsledky byly porovnány. Bylo zjištěno, že nejvyšší maximální průměrná teplota byla naměřena na pětivrstevném vzorku, který obsahoval plnou PUR pěnu tloušťky 0,5 cm a perforovaný alobal tloušťky 0,02 mm.

Pomocí logaritmické funkce byla aproximována data z literatury zabývající se závislostí teploty kůže na délce expozice teple nebo jiné energii, tím bylo možné stanovit maximální dobu, než dojde k nevratnému poškození kůže. Provedenými experimenty byla získána závislost teploty na době působení infračerveného laserového záření na testované vícevrstvé struktury. Z výsledků průměrných teplot pětivrstvých testovaných vzorků byl proveden výpočet poškození kůže v procentech. Tyto experimentální výsledky byly porovnány s údaji z literatury.

Nejnižší maximální teploty byly naměřeny na vzorcích plného alobalu. Je ovšem nutné zmínit skutečnost, že alobal je schopen odrazit laserový paprsek, což představuje extrémní nebezpečí především z hlediska nevratného poškození zraku. Právě z tohoto důvodu byla zvolena jako ochranná vrstva čedičová textilie, u které sice dojde k destrukci, ale laserový paprsek neodrazí.

Vhodná volba jednotlivých materiálů a jejich uspořádání potvrdilo možnost ochrany lidské pokožky před laserovým zářením právě tímto způsobem, tedy pětivrstvou strukturou materiálů. Výsledky ukázaly, že k potenciálně žádnému poškození pokožky by nedošlo u vzorku obsahujícího plnou PUR pěnu tloušťky 0,5 cm a perforovaný alobal tloušťky 0,099 mm. Jako nevýhoda se ovšem jeví fakt, že zmiňovaný vzorek má vysokou celkovou plošnou hmotnost, zhruba 1410 gm^{-2} . Z tohoto důvodu by pro další experiment bylo vhodné použít bavlněný materiál nebo čedič nižší plošné hmotnosti. Právě snížením plošné hmotnosti těchto dvou materiálů by došlo ke zvýšení komfortu a možnosti použití vícevrstvé textilie k ušití ochranné rukavice.

Literatura

[1] HALLIDAY, David – RESNICK, Robert – WALKER, Jearl: Fyzika druhé přeprac vydání Praha SNTL ISBN 978-80-214-4123-1

[2] MILITKÝ, Jiří. Textilní vlákna. Klasická a speciální. Liberec: TUL, září 2002. ISBN 80-7083-644-X.

[3] KÖNIGOVÁ, Radana. Komplexní léčba popálenin. Grada Publishing, Praha, 1999. ISBN 80-7169-416-9.

MODERNIZACE A AUTOMATIZACE ZAŘÍZENÍ PRO DETEKCI ELEKTRICKY NABITÝCH VRSTEV V POLYMERNÍCH ROZTOCÍCH

Iuliia Yudakhina

Sekce - TEXTIL,
Fakulta textilní, 2. ročník
Navazující studijní program – TEXTILNÍ INŽENÝRSTVÍ

Abstrakt: Práce se zabývá ověřením měření rozložení elektrického potenciálu v polymerním roztoku v silném elektrickém poli. Hlavním cílem práce je modernizace konstrukce zařízení navrženého Ing. O. Saunovou za předpokladu možností opakovaných měření se spolehlivými výsledky, vyřešení automatizovaného sběru a zpracování dat z měřicího zařízení, a ověření na modernizovaném zařízení souhlas získaných výsledků s výsledky O.Saunové. Dalším cílem byla vizualizace elektrického pole zařízení pomocí AUTODESK MULTIPHYSIC SIMULATION pro lepší porozumění dějů, které nastávají v kapce polymerního roztoku při elektrickém zvlákňování.

Klíčová slova: Elektrické zvlákňování, elektrické pole, polymerní roztok

1 Úvod

Elektrostatické zvlákňování je metoda výroby nanovláknenných objektů pomocí působení elektrického pole velké intenzity na polymerní roztok nebo taveninu. I pro tuto práci byla použita hypotéza, o které také uvažovala Ing. O. Saunová ve své diplomové práci: Před vznikem Taylorova kužele se působením elektrického pole pronikajícího do hloubky roztoku zřejmě vytvoří elektricky nabitě vrstvy na základě výše uvedených jevů. [1]

Protože i v této práci samozřejmě byly použity reálné materiály, které nemají dokonalou vodivost, proto i zde uvažujeme o tom, že, uvnitř polymerní kapaliny vzniká elektrické pole o určité velikosti.

Nové modifikované zařízení by mělo plnit kromě již stávajících požadavků, také požadavek na opakovatelnost měření, přesnější výsledek, a jednoduché použití.

Princip měření byl použit dle návrhu O. Saunové:

- Bylo zjišťováno rozložení elektrického pole v kapce roztoku v ose kapky.
- Bylo využito faktu, že povrch kapky do značné míry elektricky stíní vnitřek kapky.
- Rozložení pole bylo mapováno pomocí elektricky izolované sondy s malou vodivou ploškou na hrotu.
- Elektrický signál ze sondy byl zesílen pomocí elektrometrického zesilovače se vstupním odporem cca $10^{13} \Omega$ a digitalizován pomocí A/D převodníku TEDIA pro další zpracování dat.
- Poloha sondy byla detekována s co největším rozlišením.[1]

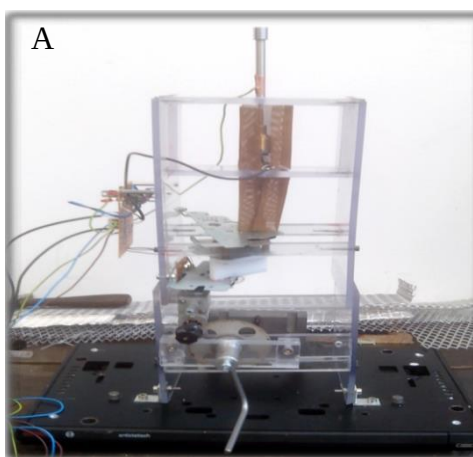
- Další zpracování dat probíhalo pomocí aplikace pro řízení měřicích procesů a archivaci dat vytvořená v prostředí LabView NI v.2015 SP1. Ovládání aplikace je popsáno v kapitole číslo 3.

Po splnění všech podmínek a provedení experimentu, bude možné ověření výsledků získaných již dříve, a také ověření, zda se další vybrané polymerní roztoky chovají obdobně, jako dosud zkoumané a to ve stejných podmínkách.

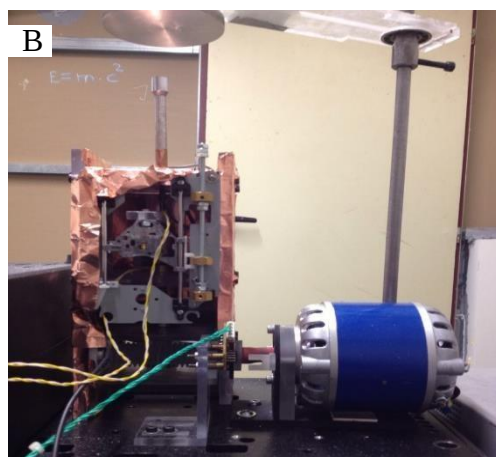
2. Konstrukce přístroje

Jedním z hlavních úkolů této práce byla modifikace existujícího zařízení pro detekci chování polymerních makromolekul v silném elektrickém poli při elektrickém zvlákňování, které je ukázáno na obrázku číslo 6, a to v následujících oblastech:

- Motorizace pohonu detekční jehly tak, aby nedocházelo k rušení snímaného signálu
- Zlepšení vyhodnocování polohy měřicí jehly
- Automatizovaný sběr dat z měřícího zařízení
- Vylepšení mechanické konstrukce zařízení



Obrázek 1A: Existující přístroj pro detekci chování polymerních makromolekul v silném elektrickém poli při elektrickém zvlákňování [1].



Obrázek 1B: Modernizovaný přístroj pro detekci chování polymerních makromolekul v silném elektrickém poli při elektrickém zvlákňování

Pro motorizaci pohonu detekční jehly nelze použít komutátorový stejnosměrný motor nebo jeho varianty. Důvodem je silné vysokofrekvenční rušení způsobené komutací proudu na kolektoru motoru. Toto rušení není možné spolehlivě odstranit v našich podmínkách. Užitečný signál z elektrometrického zesilovače je potom beznadějně zarušen – zkoušeno v DP Saunové. Rušení signálu bylo odstraněno pomocí ručního mechanického posuvu měřicí sondy, což způsobilo značné prodloužení měření a zvýšilo jeho pracnost. Během měření se také zřejmě měnila koncentrace polymerního roztoku v kapce díky odpařování rozpouštědla. V našem případě jsem použila jednofázový asynchronní motor typu FCJ4C32 z ATASu Náchod. Rušení, které tento motor způsobuje, má základní frekvenci totožnou s frekvencí rozvodné sítě 50 Hz. Z toho plyne, že rušení modulované na frekvenci 50Hz lze při snímání

signálu a následném zpracování dat odstranit programově pomocí příslušného digitálního filtru.

Jako snímací element změn elektrického pole uvnitř polymerní kapky byla použita ocelová jehla s nátěrem z elektroizolačního laku (Damisol 2413) a s hrotem obroušeným do malé vodivé plošky (průměr cca 0,1 mm). Posun měřicí jehly je zajištěn pomocí speciálně navržené šnekové převodovky a vytištěné na 3D tiskárně. Převodový poměr převodovky je 1:40. Tento převodový poměr byl zvolen z důvodu zjemnění odečítání polohy měřicí elektrody. Stoupání pohybového šroubu elektrody je 0,5 mm. Dělení kotouče enkodéru polohy je 1200 dílů na otáčku. Z toho plyne, že po přepočtu jeden impuls z enkodéru odpovídá posunutí elektrody o 10,4 nm.

Snímání koncových poloh detekční elektrody je řešeno pomocí standartních mechanických mikrosplínačů. Signál z čidel je veden do jednoduché řídicí reléové logiky pro ovládání pohonného elektromotoru. Signál z enkodéru polohy měřicí elektrody spolu se signálem z elektrometrického zesilovače je veden do A/D převodníku pro další zpracování. Frekvence impulsů z enkodéru polohy měřicí elektrody je při nominálních otáčkách elektromotoru cca 2800ot/min- cca 56 kHz. To je větší frekvence než je vzorkovací frekvence použitého A/D převodníku TEDIA. Takový signál není možné věrně a správně zpracovat. Proto byla do signálové cesty enkodéru zařazena volitelná možnost, kdy byly impulsy děleny 10 pomocí dekadického děliče. Tento dělený signál byl bez problémů zpracován A/D převodníkem. Je nutné si uvědomit, že potom perioda dělených impulsů odpovídá posunutí měřicí sondy o 104 nm.



Obrázek 2 : Ovládací panel.

Celá elektronika měřicího zařízení byla instalována do plastové krabice zobrazené na Obr. 2. Z fotografie jsou patrné ovládací prvky zařízení: sítový spínač, kontrolka zapnutí, přepínač směru posuvu měřicí sondy s indikací koncových poloh. Dále je patrné umístění spouštěcího tlačítka posunu měřicí jehly. Další přepínač připojuje na zem vstup elektrometrického zesilovače z důvodu ochrany vstupu během manipulace s vysokým napětím a také pro jeho vynulování. Konektory pro připojení vstupu a výstupu elektrometrického zesilovače jsou řazeny nad sebou. Vedle nich je konektor výstupu z enkodéru polohy měřicí sondy a přepínač dělicího poměru výstupního kmitočtu. Na zobrazené svorkovnici jsou přivedeny přívody od mikrosplínačů polohy a od enkodéru polohy sondy. Z důvodu opakovatelnosti měření je nutné zajistit stálou velikost měřené kapky kapaliny. Ukazuje se, že přesné dávkování objemu dávkovací pipetou je velmi nepraktické a zdlouhavé. Často se stává, že záchvěv ruky držící pipetu rozvibruje kapku kapaliny a ta steče dolů z elektrody. Mnohem rychlejší a efektivnější způsob je dávkovat kapalinu pomocí kontroly na zvětšeném průmětu kapky. Pro zobrazení byl použit zdroj intenzivního světla-led svítlna a promítací zvětšovací objektiv pro zobrazení průmětu kapky.

3. Návod na použití aplikace

Původní ovládací program dodaný s A/D převodníkem TEDIA se ukázal jako nevyhovující pro toto použití. Mým cílem bylo mimo jiné i „vyhladit“ získané průběhy signálu a programově odstranit rušení signálu. Aplikace byla vytvořena v programovém prostředí LabView NI v.2015 SP1 ve spolupráci se specialistou programátorem pro řízení měřicích procesů a archivaci dat Ing. M. Yudakhinem.

Program pracuje v prostředí Microsoft Windows a spouští se z nabídky START Windows. Program ovládáme jako standardní aplikaci MS Windows. Po startu programu do „Základní obrazovky“ můžeme využít záložek pro zobrazení dat a připravených tlačítek na ploše obrazovky pro přechod na další potřebné obrazovky.

Obrazovka obsahuje:

- Tlačítko „Stop“ slouží pro zastavení programu
- Tlačítko „Play“ slouží pro spouštění programu
- Tlačítko „Pause“ slouží pro zastavení programu, například v okamžik přepínání smyslu posuvu měřicí sondy..
- Tlačítko „Eval“ slouží pro zpracování dat, používá se v záložkách „Zpracování“, „Zpracování2“ a „Plošné zpracování“
- Tlačítko „Save“ slouží pro uložení dat do vybrané složky
- Tlačítko „Open“ slouží pro otevření již dříve uložených dat
- Tlačítko „Add“ slouží pro přidání dalších zpracovaných dat k již zpracovaným a zobrazeným (například zobrazení více grafů na jedné ploše)

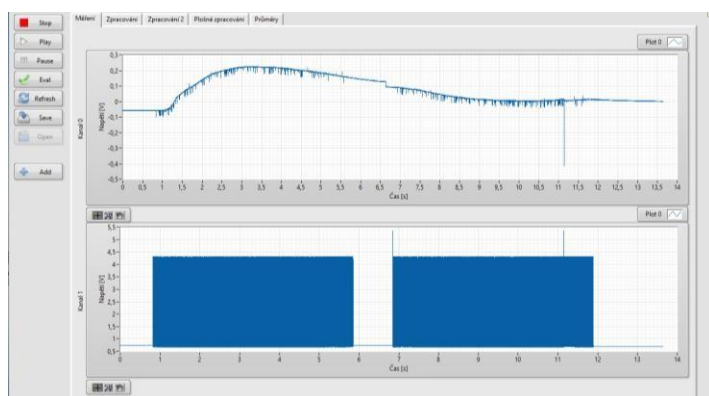
Po dokončení měření, a následném zpracování dat, musí uživatel přepnout na záložku „Zpracování“ na obrazovce se objeví zpracovaný signál. Pro zpracování signálu byl použit Butterworthův filtr, který se vyznačuje maximálně plochou amplitudovou charakteristikou v propustném pásmu a nejmenším fázovým zkreslením.[2] Po zpracování jsme dostali vyhlazenou charakteristiku signálu, očištěnou od rušení modulované na frekvenci 50Hz, s odstraněnou odchylkou posuvu charakteristiky (offset). Rovněž uživatel dostane zpracovaná a zobrazená data ve třech souvislostech:

- Změna amplitudy podle času
- Změna dráhy jehly podle času
- Změna napětí na celé dráze pohybu jehly (tam a zpátky)

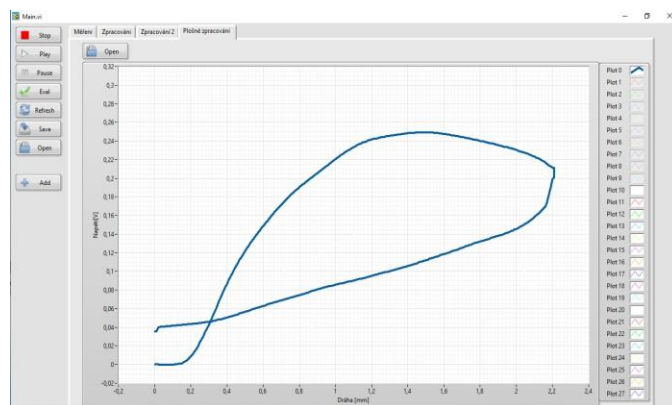
Pro porovnání více signálů, musí uživatel přepnout na záložku „Zpracování 2“ a pomocí tlačítka „Add“ zvolit další měření, která je potřeba porovnat. Na obrazovce se objeví tolik zpracovaných grafů závislostí napětí na dráze, kolik bude zvoleno uživatelem, každý graf bude zvýrazněn jinou barvou.

Pro výsledný zprůměrovaný graf z předchozích měření, musí uživatel přepnout program do záložky „Plošné zpracování“ a zvolit pomocí tlačítka „Open“ veškerá měření, která je nutné zprůměrovat.

Program lze ukončit stiskem tlačítka „Stop“ ze základní obrazovky programu za předpokladu, že jsou ukončena všechna měření



Obrázek 3A: Vstupní signál (bez zpracování)



Obrázek 3B: Výsledný zprůměrovaný graf

4. Popis pracoviště

Experiment byl prováděn v laboratoři Katedry netkaných textilií a nanovláknenných materiálů. Jako zdroj vysokého napětí byl použit zdroj MATSUSADA AU 60P0.5.

Pro digitalizaci naměřených dat byl použit A/D převodník TEDIA, který byl připojen do notebooku s nainstalovanou aplikací pro zpracování a vyhodnocování dat, popsanou v kapitole 3. Snímání změn potenciálu uvnitř kapky polymerního roztoku bylo prováděno pomocí sestaveného přístroje popsaného v kapitole 2. včetně zobrazovacího zařízení.

4.1 Vlastní měření

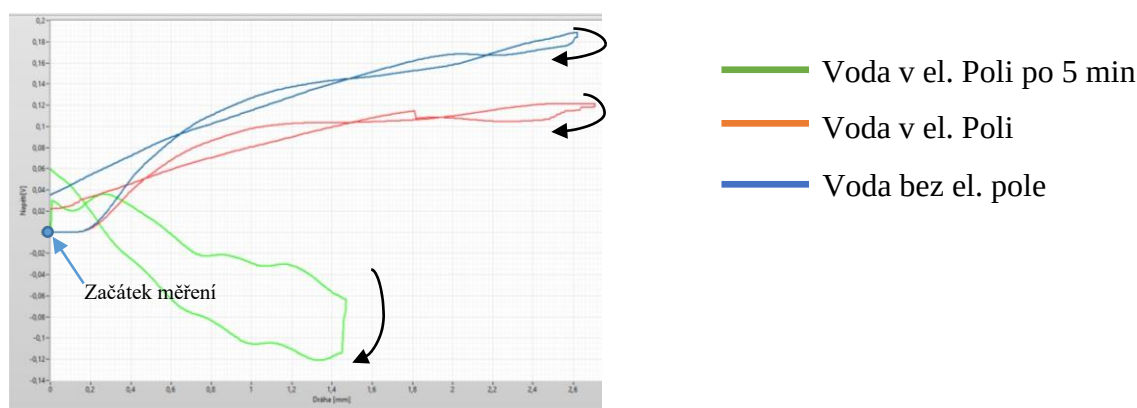
V experimentální části této práce byly nejdříve použité stejné polymerní roztoky, které použila O. Saunová ve své diplomové práci a to PVA, PVB zvolených koncentrací, demineralizovaná voda a etanol.

Experiment probíhal následujícím způsobem: nejdříve na elektrodu s měřicí jehlou byla nanесena kapka polymerního roztoku, vždy stejné výšky. Kontrola výšky kapky byla prováděna pomocí periskopu a promítání kapky na stínítko, poté byl promítaný rozměr kapky přepočítán na reálný rozměr. Po spuštění pohonu měřící sonda stoupala nad základní úroveň elektrody. Koncový spínač posuvu byl nastaven tak, aby sonda nepronikla povrchovou vrstvou kapaliny, ale aby došlo díky povrchovému napětí k nepatrnému nadzvednutí povrchu kapaliny. Tento jev byl velmi dobře pozorovatelný na zvětšeném průmětu zkoumané kapky roztoku na stínítku. Poté byl přepínačem změněn smysl pohybu posuvu a sonda se vrátila do základní polohy v úrovni elektrody. Při obou trajektoriích byly zaznamenávány změny potenciálu na špičce měřící sondy. Tento postup byl vícekrát opakován pro statistické vyhodnocení. Po připojení vysokého napětí kladné polarity na kolektor zařízení bylo znovu prováděno měření změn elektrického potenciálu v blízkosti hrotu měřící sondy podle výše uvedeného postupu. Pro zachování stejných podmínek pokusu bylo měření opakováno vždy s novou kapkou polymerního roztoku nebo jiné kapaliny na očištěné elektrodě. Při manipulaci se zařízením byl vždy kolektor připojený ke zdroji vysokého napětí z bezpečnostních důvodů uzemněn.

Výsledné hodnoty byly zpracovány a uloženy pomocí již popsané aplikace. Přímé vložení výsledků měření z obou prací do jednoho grafu pro přímé porovnání je těžko proveditelné. Saunová pomocí „ručního“ měření získala malý soubor dat snadno zpracovatelný v programu Microsoft Excel. Zařízení popisované v této práci poskytuje velké množství dat, které je v programu Excel prakticky nezpracovatelné a data z DP Saunové nedokáží vložit do vyhodnocovacího softwaru mého zařízení. Proto doufám, že se čtenář při porovnávání záznamů bude orientovat podle hodnot na osách grafů.

4.1.1 Měření s demineralizovanou vodou

Během měření se teplota v laboratoři pohybovala v rozmezí 23 ± 1 °C, relativní vlhkost vzduchu byla 28 ± 1 %, napětí na kolektoru zařízení bylo 10 kV. Pro statistické vyhodnocování výsledků bylo provedeno celkem 10 měření v elektrickém poli a celkem 10 měření bez elektrického pole. Podmínky testování polymerních roztoků, vody a ethanolu v elektrickém poli nebyly úplně shodné s podmínkami, při kterých testování prováděla O. Saunová: posuv jehly směrem nahoru kvůli manuálnímu (ručnímu) pohonu posuvu probíhal značně pomaleji, než při experimentu na modernizovaném zařízení. Díky motorizovanému posuvu měřicí sondy vlastní měření trvalo cca 3s. Proto bylo rozhodnuto počkat se začátkem měření cca 5 min po sepnutí vysokonapěťového zdroje. Lze předpokládat, že tato časová prodleva se projeví výraznou změnou na průběhu změn potenciálu v polymerním roztoku.



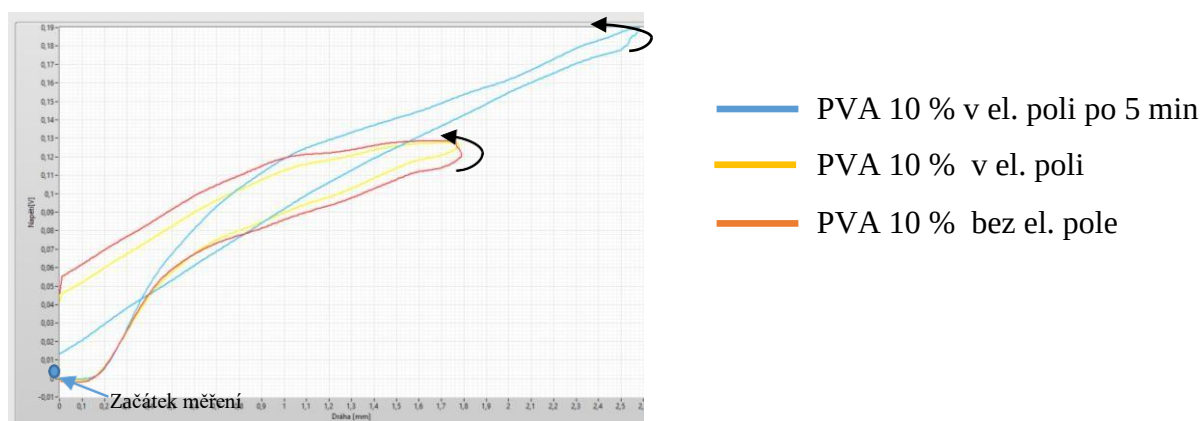
Obrázek 4: Graf 1- Měření s destilovanou vodou

V případě měření s elektrickým polem a bez elektrického pole, výška kapky na elektrodě byla 2,6 mm. V experimentu s demineralizovanou vodou bylo zjištěno, že průběhy změn měřeného potenciálu jsou velmi podobné v případě bez vnějšího elektrického pole a s vnějším polem zapnutým těsně před zahájením měření. Je velmi zajímavé, že průběh měřeného potenciálu po časové prodlevě 5 min po zapnutí vnějšího elektrického pole je značně odlišný od předešlých. Porovnáním získaných záznamů s výsledky O. Saunové zjistíme, že byly naměřeny za daných podmínek podobné průběhy elektrického potenciálu. Odlišnost průběhu potenciálu po časové prodlevě působení elektrického pole 5 min zřejmě ukazuje na vliv relaxačních časů kapalin.

Dalším rozpracováním měření bude možné zjišťovat různé charakteristiky odezvy obecné kapaliny na vnější elektrické pole.

4.1.2 Měření s roztoky polyvinylakoholu

Další měření bylo prováděno s vodnými roztoky PVA o hmotnostních koncentracích 8%, 10%, 12%, a to stejným způsobem, jako v předešlém případě. Po dobu měření se teplota v laboratoři pohybovala v rozmezí 24 ± 1 °C, relativní vlhkost vzduchu 28 ± 1 %, napětí na kolektoru 10 kV.

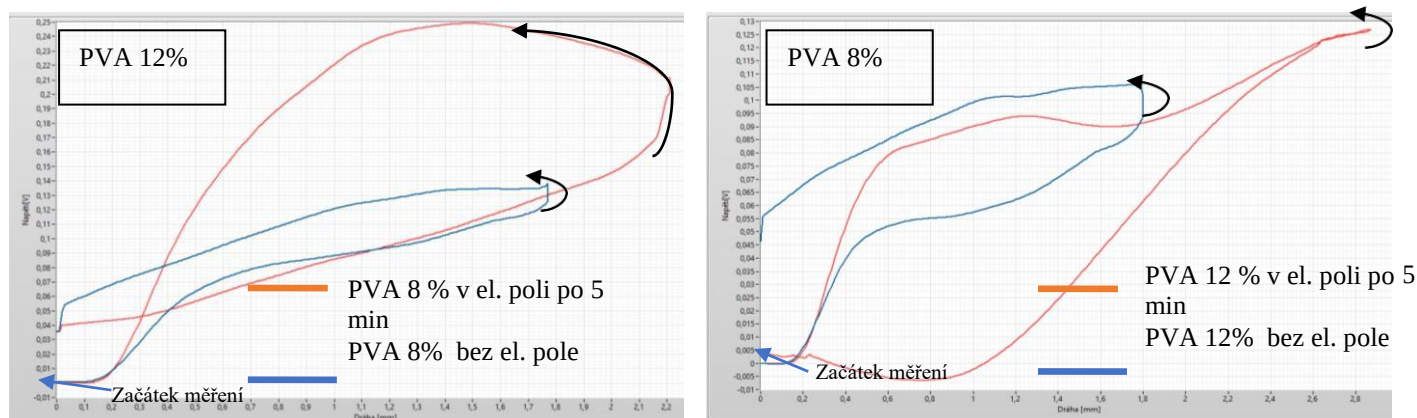


Obrázek 5: Graf 2 - Měření s PVA 10 %

V případě měření s elektrickým polem a bez elektrického pole byla výška kapky stanovena na 2,6 mm. Grafy na obrázku 5 znázorňují data získaná při testování roztoku PVA 10 % hm v elektrickém poli, v elektrickém poli po 5 min působení pole na kapku a bez elektrického pole. Jak je vidět z grafu, hodnoty měření v poli po 5 minutách působení pole na kapku a bez s pole nebo s polem hned po zapnutí zdroje vysokého napětí značně se liší. Při měření bez pole nebo s polem působícím hned po zapnutí zdroje vysokého napětí, pozorované napětí postupně narůstá až do okamžiku, kdy se měřicí jehla pozorovatelně dotkla hladiny kapky roztoku, poté napětí začíná pozvolně klesat. Oproti tomu hodnoty naměřené v elektrickém poli se lišily tím, že měřený potenciál narůstal značně strmě v závislosti na poloze měřicí sondy. V případě měření s roztokem PVA je zaznamenáno, že výsledky jsou značně podobné výsledkům, které prezentovala O. Saunová.

Protože z předchozích měření je zřejmé, že měření potenciálu bezprostředně po zapnutí vnějšího elektrického pole jsou skoro stejná jako jako měření bez elektrického pole, bylo rozhodnuto zbytek měření provádět tak, že po zapnutí vnějšího elektrického pole necháme pole na kaplinu působit 5 minut, abych se přiblížila podmínkám popisovaným O. Saunovou. Bude tak umožněno, aby měla kapalina na elektrodě dostatek času zareagovat na vnější elektrické pole. Z rozdílů takto získaných záznamů lze například usuzovat na tzv. hydrodynamické relaxační časy polymerních roztoků.

Při měření PVA 8%, 12% podmínky v laboratoři byly stejné, protože měření probíhalo ve stejný den. V případě měření byla výška kapky kapaliny na elektrodě stanovena na 2,6 mm



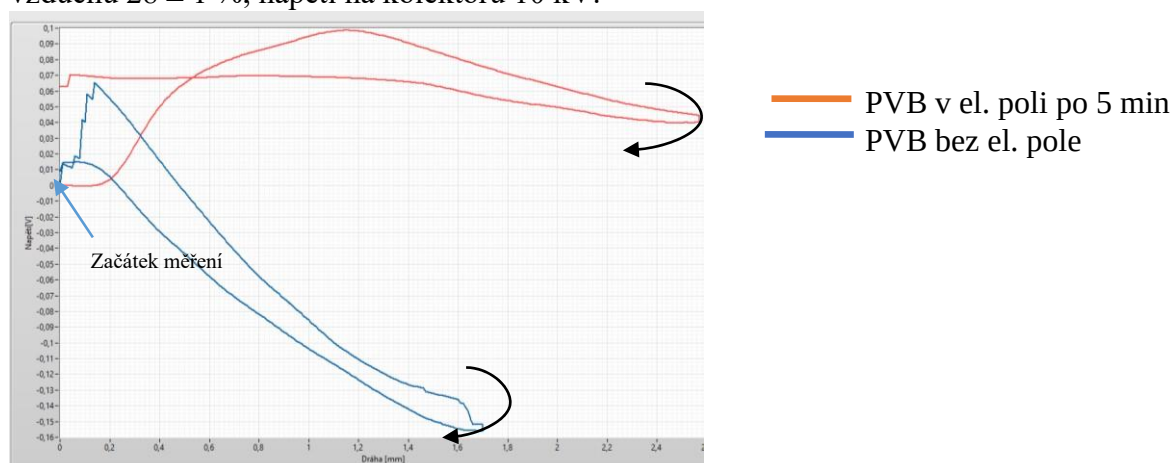
Obrázek 5: Graf 3,4- Měření s PVA 12%, 8 %

Jak je zřejmé z grafů hodnoty měření v elektrickém poli a bez elektrického pole pro PVA různých koncentrací značně se liší ve všech případech. Při měření bez vnějšího elektrického pole hodnoty mírně narůstají a v případě měření s vnějším elektrickým polem hodnoty narůstají značně prudce.

4.1.3 Měření s roztokem polyvinylbutyralu

Další měření bylo prováděno s roztokem PVB, a to stejným způsobem, jako v předešlých případech.

Po dobu měření se teplota v laboratoři pohybovala v rozmezí 23.5 ± 1 °C, relativní vlhkost vzduchu 28 ± 1 %, napětí na kolektoru 10 kV.



Obrázek 6: Graf 5 - Měření s PVB

V případě měření byla výška kapky kapaliny na elektrodě stanovena na 2mm

Hodnoty získané z měření PVB jsou zcela opačné v elektrickém poli a bez elektrického pole, to samé pozorovala a popisovala i Ing. Saunova ve své diplomové práci. V případě měření bez elektrického pole byl zaznamenán nejdřív skokovitý růst hodnot, a poté mírný pokles napětí. Při měření roztoku PVB v elektrickém poli hodnoty napětí nejdřív byly na stejné úrovni a poté byl zaznamenán dost razantní nárůst napětí a před nadzvednutím hladiny kapky jehlou napětí mírně začalo klesat.

Výsledky měření roztoku PVB odpovídají výsledkům získaným Ing. Saunovou.

5. Modelace tvaru elektrického pole v polymerním roztoku a v celém zařízení

Vizualizace elektrického pole zařízení byla provedena pomocí AUTODESK MULTIPHYSIC SIMULATION pro lepší porozumění dějů, které nastávají v kapce polymerního roztoku při elektrickém zvlákňování. Pro naše účely byl použit model:

sw. Autodesk Simulation Mechanical, Typ analýzy: Field Strength and Voltage. Model je definován jako rotačně symetrická úloha – je to 2D model.

Model skládá se z následujících částí:

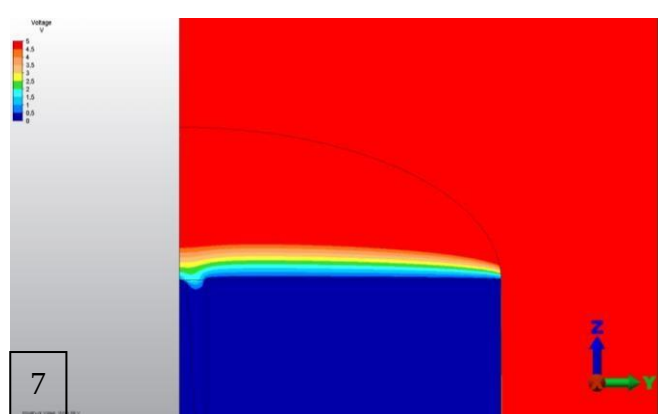
1. Kolektor (na který je přidána okrajová podmínka $U=10\,000$ V, tuhost $1\,000\,000$ A/V, materiál: ocel, $\epsilon_r \approx 1e10$), průměr kolektoru je 80 mm, tloušťka kolektoru je 9 mm. Vzdálenost spodní strany kolektoru od elektrody je 40 mm.
2. Tyčka (uzemněná, $U=0$ V, tuhost = $1\,000\,000$ A/V, materiál: ocel, $\epsilon_r \approx 1e10$), vnější průměr 12 mm, vnitřní průměr 1 mm, výška 20 mm

3. Jehla (uzemněná, $U=0$ V, tuhost = 8000 A/V, materiál: ocel, $\epsilon_r \approx 1e10$), vnější průměr 0,6 mm, výška 20 mm, hrot jehly průměr cca 0,1 mm
4. Kapka (materiál: voda, $\epsilon_r \approx 81,6$), výška kapky 2,67 mm, šířka 12 mm
5. Okolí (materiál: vzduch, $\epsilon_r \approx 1$)

Na obrázcích dole je znázorněna změna napětí v závislosti na poloze jehly.

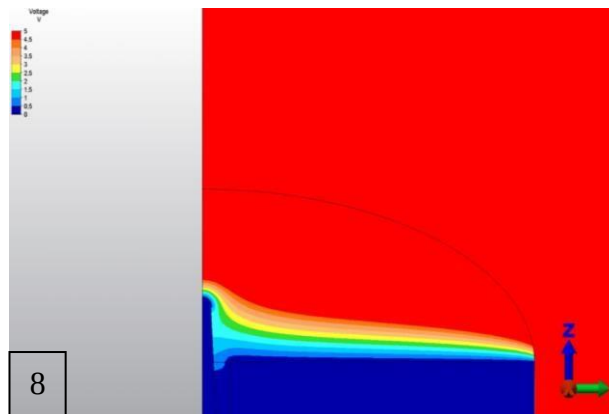
Byly provedeny celkem 4 varianty s různou pozicí jehly.

1. Vysunutí jehly = 0 mm
2. Vysunutí jehly = 1 mm
3. Vysunutí jehly = 2 mm
4. Vysunutí jehly = 2,67 mm



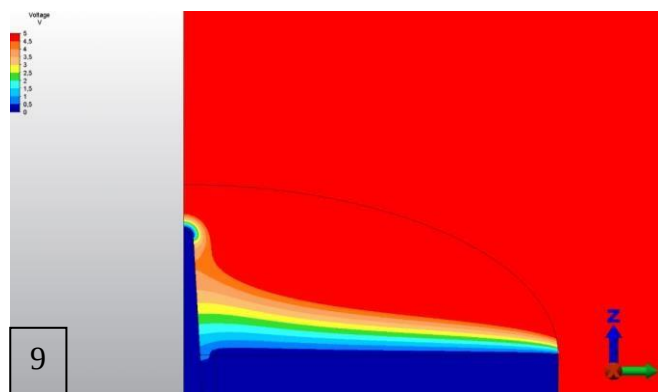
Obrázek 7: Modelace tvaru elektrického pole v polymerním roztoku.

Případ: vysunutí jehly = 0 mm



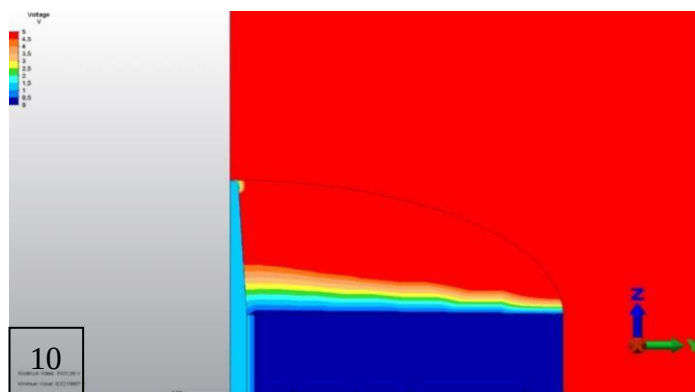
Obrázek 8: Modelace tvaru elektrického pole v polymerním roztoku.

Případ: vysunutí jehly = 1 mm



Obrázek 9: Modelace tvaru elektrického pole v polymerním roztoku.

Případ: vysunutí jehly = 2 mm



Obrázek 10: Modelace tvaru elektrického pole v polymerním roztoku.
Případ: vysunutí jehly = 2.67 mm

6. Závěr

Cílem této práce bylo modifikovat existující experimentální zařízení v následujících oblastech: motorizovat pohon detekční jehly tak, aby nedocházelo k rušení snímaného signálu, vyřešit automatizovaný sběr a zpracování dat z měřicího zařízení, dalším cílem bylo ověření na modernizovaném zařízení souhlas získaných výsledků s výsledky O.Saunové.

Modernizované zařízení poskytuje opakované záznamy, další výhodou je rychlost

a opakovatelnost měření. Provedené experimenty ukázaly značnou shodnost s experimenty, které byly provedené v dřívější práci. Stejně jak i v předešlé práci byla zjištěna zřejmá silná závislost změny potenciálu uvnitř kapky kapaliny na použité kapalině, a odlišnost chování polymerních roztoků v elektrickém poli a bez elektrického pole.

Pro automatické zpracování dat byla vytvořena také počítačová aplikace pro řízení měřících procesů a archivaci dat. Pro její vytvoření bylo použito prostředí LabView NI v.2015 SP1. Aplikace disponuje přehledným interfacem a umožňuje jak vyhodnocování každého měření zvlášť, tak i porovnání zprůměrovaných hodnot a to vše v režimu online.

Je zřejmé, že modernizované měřicí zařízení otvírá značnou škálu možností, jak zkoumat odezvy polymerních kapalin na silné vnější elektrické pole. Další práce v tomto směru budou mít značný dopad pro technologii elektrického zvlákňování vůbec.

Modernizované zařízení umožňuje zkrátit jedno měření na dobu cca 10 s. Díky tomu je silně omezen vliv zasychání povrchové vrstvy kapaliny na odezvu roztoků na elektrické pole. Lze také snadno sledovat hysterezní změny na měřených křivkách v závislosti na směru pohybu měřicí sondy. Další oblastí je přímé měření elektrohydrodynamických relaxačních časů kapalin, které je možné provádět tak, že vnější elektrické pole bude skokově zapojeno nebo odpojeno. Poté lze zjišťovat časové změny potenciálu měřené při určité poloze měřicí sondy v kapalině. To je však námět pro další práci.

Literatura

- [1] STROUHAL, Adam. Úzkopásmové filtry pro signály EKG. Bakalářská práce, Vysoké Učení Technické V Brně, Brno 2009
- [2] SAUNOVA, O.: Ověření hypotézy organizace polymerních makromolekul v polymerním roztoku při elektrickém zvlákňování diplomová práce, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2015

Vlastní publikace

1. SAFKA Jiri, YUDAKHINA Iuliia, SAUNOVA Olga, POKORNY Pavel: Method for measuring distribution of electric potential in a layer of polymer solution in a strong electric field, TUL - Technical University in Liberec, Liberec, Czech Republic, EU 2016

Název	Studentská vědecká a odborná činnost 2017 - Textil
Autor	kolektiv autorů
Vydavatel	Technická univerzita v Liberci
Určeno pro	studenty
Schváleno	čj.RE 16/17, schváleno rektorátem TUL dne 22.5.2017
Vyšlo	v květnu 2017
Vydání	1.
Počet stran	127
Tiskárna	Vysokoškolský podnik Liberec, spol. s r.o., Studentská 1402/2, Liberec
Číslo publikace	55-016-17

ISBN 978-80-7494-338-6



ISBN 978-80-7494-338-6