



Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

SRÁŽIVOST BAVLNĚNÝCH TKANIN  
CONTRACTILITY OF COTTON FABRIC  
IN WASHING PROCESS

Diplomová práce

Martina Nohejlová

Liberec, 2006

## Prohlášení

Prohlašuji, že předložená *diplomová* práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním *diplomové* práce v Univerzitní knihovně TUL.

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

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **souhlasím** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 15. května 2006

.....

Podpis

# 1 Obsah

<b>1</b>	<b>OBSAH.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>ANOTACE.....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>BAVLNA .....</b>	<b>10</b>
5.1	CHEMICKÉ SLOŽENÍ BAVLNY .....	11
5.2	VLASTNOSTI BAVLNY .....	11
5.3	POUŽITÍ BAVLNY .....	12
<b>6</b>	<b>ZKOUŠENÍ TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ .....</b>	<b>12</b>
6.1	NORMA ČSN EN 20139 NORMÁLNÍ OVZDUŠÍ PRO KLIMATIZOVÁNÍ A ZKOUŠENÍ .....	15
6.1.1	<i>Relativní vlhkost .....</i>	<i>15</i>
6.1.2	<i>Normální ovzduší pro mírné pásmo .....</i>	<i>15</i>
6.1.3	<i>Normální zkušební ovzduší.....</i>	<i>15</i>
6.1.4	<i>Klimatizování .....</i>	<i>15</i>
6.2	NORMA ČSN EN 25077 ZJIŠŤOVÁNÍ ZMĚN ROZMĚRŮ PO PRANÍ A SUŠENÍ.....	16
6.2.1	<i>Počet zkoušených vzorků.....</i>	<i>16</i>
6.2.2	<i>Postup zkoušky .....</i>	<i>17</i>
6.2.3	<i>Vyjádření výsledků .....</i>	<i>17</i>
6.2.4	<i>Protokol o zkoušce .....</i>	<i>17</i>
6.3	NORMA ČSN EN 26330 POSTUPY DOMÁCÍHO PRANÍ A SUŠENÍ PRO ZKOUŠENÍ TEXTILÍ 18	
6.3.1	<i>Postupy praní .....</i>	<i>18</i>
6.3.2	<i>Postupy sušení.....</i>	<i>18</i>
6.3.3	<i>Podstata zkoušky .....</i>	<i>18</i>
6.3.4	<i>Protokol o zkoušce .....</i>	<i>19</i>
6.4	NORMA ON 80 0301 ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ PŘI ZKOUŠKÁCH TEXTILÍ ...	19
<b>7</b>	<b>TEORETICKÝ PRINCIP SRÁŽIVOSTI .....</b>	<b>19</b>
7.1	ROZMĚROVÉ ZMĚNY TKANINY .....	19
7.2	ZJIŠŤOVÁNÍ ROZMĚRŮ TKANINY .....	20
7.3	SORPČNÍ VLASTNOSTI TKANINY.....	20
7.4	SRÁŽIVOST .....	21
7.5	PŘÍČINA SRÁŽENÍ TKANIN Z CELULÓZOVÝCH VLÁKEN.....	23
7.5.1	<i>Sráživost vláken.....</i>	<i>24</i>
7.5.2	<i>Sráživost příze .....</i>	<i>25</i>
7.5.3	<i>Sráživost tkaniny .....</i>	<i>26</i>
7.6	VLIV FINÁLNÍCH ÚPRAV NA SRÁŽLIVOST TKANIN .....	27
<b>8</b>	<b>MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ.....</b>	<b>28</b>
8.1	VAZBA TKANINY .....	29
8.1.1	<i>Střída vazby tkaniny .....</i>	<i>29</i>
8.2	SETKÁNÍ.....	30
8.3	DĚLKA NITĚ VE VAZNÉ VLNĚ.....	30
8.4	ÚHEL PROVÁZÁNÍ.....	30

8.5	MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ VAZBY TKANINY.....	32
8.6	PLOŠNÁ GEOMETRIE TKANINY.....	32
8.6.1	<i>Matematický model sráživosti podle F. Ch. Bagryho .....</i>	<i>34</i>
8.6.2	<i>Zjednodušený matematický model sráživosti .....</i>	<i>39</i>
8.6.3	<i>Hypotéza o závislosti konečných rozměrových změn tkaniny na rozměrových změnách ve struktuře tkaniny vlivem působení vlhkosti.....</i>	<i>41</i>
<b>9</b>	<b>EXPERIMENTÁLNÍ ZJIŠŤOVÁNÍ SRÁŽIVOSTI BAVLNĚNÝCH TKANIN... 44</b>	
9.1	SOUBOR VZORKŮ.....	45
9.1.1	<i>Příprava a označování vzorků.....</i>	<i>45</i>
9.1.2	<i>Zkoušení vzorků.....</i>	<i>46</i>
9.2	DISKUSE.....	47
<b>10</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>53</b>
<b>11</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>56</b>

## 2 Seznam zkratek

$Z_o$	změna rozměrů po délce [cm]
$Z_u$	změna rozměrů po šířce [cm]
$T$	perioda průběhu vazné vlny [-]
$t, t_1$	úseky periody vazné vlny [-]
$h, b$	výška vazné vlny [mm]
TR	tkací rovina [-]
P, p	přechodové úseky [-]
j-tá soustava	útek [-]
i-tá soustava	osnova [-]
$D_j$	dostava j-té soustavy [-]
S	osa j-té soustavy [-]
M	nejvyšší bod osy i-té soustavy [-]
I, J	inflexní body osy nitě i-té soustavy [-]
Q	bod střední roviny tkaniny [-]
$\rho$	vzdálenost os nití i-té a j-té soustavy [-]
Q	bod střední roviny tkaniny [-]
I T	přímkový úsek [-]
$\alpha_i, \beta_i, \varphi_i$	úhly [rad]
$a_i, a_j, x_i, y_i, v_i$	označení úseků geometrie tkaniny [-]
$D_o^*$	dostava osnovy tkaniny po praní [n/10 cm]
$D_o$	dostava osnovy tkaniny před praním [n/10 cm]
$\phi_u$	sráživost v útku [cm]
$D_u^*$	dostava útku tkaniny po praní [n/10 cm]
$D_u$	dostava útku tkaniny před praním [n/10 cm]
$\phi_o$	sráživost v osnově [cm]
$s_o^*$	setkání osnovy po praní [mm]
$s_o$	setkání osnovy před praním [mm]
$s_u^*$	setkání útku po praní [mm]

$s_u$	setkání útku před praním [mm]
n	počet nití na měřenou délku [-]
$SM = \rho$	vzdálenost os osnovní a útkové příze [mm]
$\rho^*$	vzdálenost os útkové a osnovní příze po sražení [mm]
l	délka úseku [mm]
$l^*$	délka úseku po sražení [mm]
$S^*$	osa útkové příze po sražení
$I^*$	inflexní bod po sražení
$M^*$	nejvyšší bod osy osnovní příze po sražení
T	jemnost příze [tex]

### 3 *Anotace*

Tato diplomová práce se zabývá sráživostí bavlněných tkanin v praní. Cílem práce bylo prostudovat mechanismy, které jsou příčinou sráživosti bavlněných tkanin a najít vztah mezi těmito mechanismy a jejich vlivem na změnu rozměrů tkaniny.

Diplomová práce je rozdělena do několika částí. V první části jsou popsány základní charakteristiky bavlny, podstata zkoušení materiálů a jsou zde zaneseny normy, které upravují zjišťování sráživosti bavlněných tkanin. Druhá část práce se zabývá teoretickým principem sráživosti tkanin. Podrobněji popisuje, k jakým změnám dochází ve struktuře tkaniny vlivem působení vody a jak se v důsledku těchto změn tkanina sráží. Studium matematických modelů je věnována třetí část práce. V ní jsou zmíněny modely, které popisují sráživost bavlněných tkanin a na jejich základě je vytvořen jednoduchý model sráživosti bavlněných tkanin. Tento jednoduchý model vysvětluje nejzákladnější princip srážení bavlněných tkanin. Následuje experimentální ověření a závěrečná kapitola.

This graduation theses consider contractility of cotton.

Graduation theses is divided to a parts. In the first part, there is describing a basic characteristic of cotton and talking about textile testing, here are standard specifications and norms too. The second part be engaged in contractility principle. Here are elaborate many changes in pattern in consequence of water. Mathematical models are describing in the third part of graduation these. Editarialization of self inference about basest principle of changes in petern in consequence of water is here too. Next part of this work is about conducting an experiment and discussion about it. Following part is summary of important elements.



## 4 Úvod

Prvním oděvem v pravěku byla kůže. Později objevil člověk vlastnosti lnu a potřeba tyto materiály zpracovávat vedla k první výrobě tkanin. Doba bronzová už dovolovala tkaniny sešívat a barvit přírodními barvivy a postupem času a s objevem dalších možností docházelo ke stále novým zdokonalením. S nástupem výrobních technologií rostly nároky na materiál a to jak z hlediska dalšího zpracování tak i z hlediska využití a spotřeby.

V dnešní době je snaha o uspokojení spotřebitele na předním místě, což vede ke snaze vyrábět stále kvalitnější materiály. Tyto tendence se projevují i v textilním průmyslu.

Textilie však může vykazovat takzvané celokusové vady, které snižují reprezentační vlastnosti výrobku. Takové textilie musí být zařazeny do nižší volby a musí být tedy prodávány se slevou. Z pohledu spotřebitelů i výrobců textilních výrobků je jednou z vad i sráživost. Cílem je tedy snížit srážlivost textilie.

Aby však bylo možné dosáhnout lepších řešení v problematice, je nutné pochopit principy sráživosti, tedy chování tkanin v důsledku působení vlhkosti a to jak z hlediska technologie, tak i z hlediska uživatelských vlastností.

Je nutné prostudovat dílčí mechanismy rozměrových změn, které mají vliv na konečné rozměrové změny bavlněné tkaniny, nalézt vztah mezi charakteristikami jednotlivých stupňů bavlněné tkaniny a prozkoumat míru jejich vlivu na konečné rozměrové změny tkaniny a na základě těchto teoretických poznatků vyslovit hypotézu o závislosti konečných rozměrových změn bavlněné tkaniny na rozměrových změnách ve struktuře tkaniny vlivem působení vlhkosti, respektive v důsledku praní.

Ověření a shrnutí zjištěných poznatků by mělo vést k potvrzení, nebo vyvrácení domněnky, že sráživost bavlněných tkanin je možné minimalizovat a tím docílit kvalitnějších požadovaných vlastností tkanin. Tyto poznatky povedou k navržení dalších možností pro řešení problematiky sráživosti bavlněných tkanin.

## 5 *Bavlna*

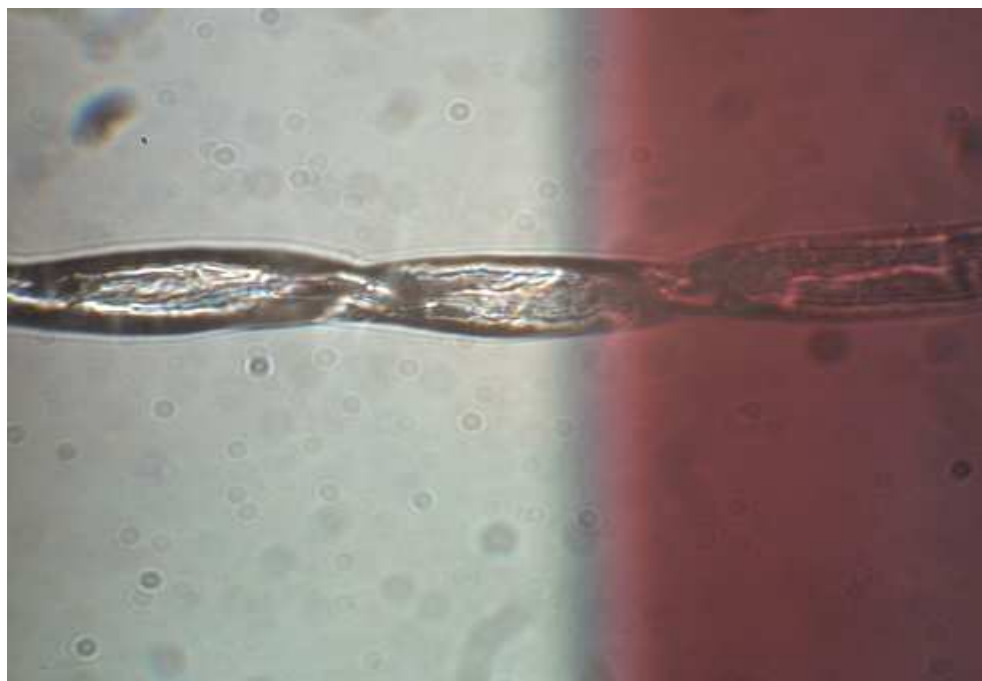
Bavlna je plodina pěstovaná pro získávání textilního vlákna. Bavlněná vlákna získáváme z plodů nejčastěji keřovité rostliny a jejich třídění se provádí podle rozhodujících kritérií, kterými jsou čistota, zralost a délka. Posuzují se i další parametry suroviny odvíjející se od druhu bavlny a oblasti jejího pěstování a vyhodnocují se podle různých klasifikačních tříd a kolorimetrických stupnic [2].

Bavlněné vlákno je celulózové přírodní vlákno. Vlákno bavlny tvoří jediná buňka, která má tvar stužky se zesílenými okraji. Buňka je šroubovitě zkroucená podél své podélné osy. Podle zákrutů lze do jisté míry určit zralost vlákna. Zralejší vlákno má zákrutů méně. Povrch bavlněného vlákna je tvořen primární stěnou, tzv. kutikulou. To je pevná pokožka, která obsahuje pektiny a vosky a chrání vlákno před poškozením. Na vnitřní straně primární stěny je stěna sekundární, která je tvořena celulózou. Sekundární stěna je soustava prstenců, tzv. lamel a fibril s mřížkovitě uspořádaných útvarů celulózy [3].

Uvnitř vlákna je po celé délce dutina, která se nazývá lumen. V průběhu růstu vlákna je dutina vyplněna protoplazmou, která zajišťuje výživu vlákna a růst sekundární stěny. Protoplazma s dozráváním vlákna postupně vysychá nakonec je lumen vyplněn vzduchem a vlákna se zplošťují [3].

Kvalitativní znak zralost vyplývá z tloušťky stěny vlákna. Není možné, aby všechna vlákna vykazovala plnou zralost, vždy je určité procento nezralých a mrtvých vláken. Hodnota zralosti se zpravidla pohybuje mezi 70–86%. Mrtvá bavlněná vlákna, tj. vlákna, která tzv. odumřou (přestanou se vyvíjet) nebo z jiných důvodů nedozrají, se od normálně vyvinutých bavlněných vláken, tj. zralých, značně liší morfologicky a jsou tedy snadno rozpoznatelná mikroskopem. Z toho plyne, že se liší nejen svými fyzikálními vlastnostmi (nižší pevnost a vyšší křehkost), ale i vlastnostmi důležitými pro spotřebitele, například nepatrnou schopností vázat barviva, tj. špatnou barvitelností. Mrtvé vlákno je velmi ploché, průhledné, s tenkými stěnami, je širší než zralé, s nezřetelným lumenem, zpravidla různě překládané.

Nezralé bavlněné vlákno má stěny tenké, lumen je bohatě vyplněn protoplazmou a zákruty téměř zcela chybí. Normální zralé bavlněné vlákno je ploché, spirálovitě zkroucené, má znatelný vzduchem vyplněný lumen a ledvinovitý průřez [3], [4].



Obr. 1 - Bavlněné vlákno

### **5.1 Chemické složení bavlny**

Chemické složení bavlny je závislé na jednotlivých parametrech suroviny. Za průměrné složení se považuje přibližně z 87-94% celulóza, dále pak popel, vosky, cukry, bílkoviny, stopy pigmentu a voda, tuky a ostatní látky. Celulóza se pak skládá z uhlíku, vodíku a kyslíku. Různé zdroje pak uvádějí různé procentuelní složení [1], [4].

### **5.2 Vlastnosti bavlny**

Vlastnosti bavlněných vláken jsou určeny druhem bavlníku, stupněm zralosti vláken a ovlivněny jsou i tím, kde byla bavlna pěstována. Bavlněná vlákna mívají délku 10 až 60 mm, tloušťka bavlněného vlákna je 12 až 40  $\mu\text{m}$ , průměrně 26  $\mu\text{m}$ . Barva vláken bývá bílá, mohou mít nažloutlý, narůžovělý, hnědavý i jiný nádech.

Tažnost a pružnost bavlněných vláken je nízká. Vlákná mají velmi dobrou navlhavost, proto se i dobře barví. Jejich předností je i malý sklon ke vzniku elektrostatického náboje.

Bavlněná vlákna mají dobrou tvárnost, získaný tvar však neudrží. Následkem dlouhodobého působení slunečního světla bavlna hnědne a křehne. Bavlna hnědne rovněž při delším působení teplot kolem 200 °C, při vyšších teplotách dochází k jejímu zuhelnatění. Po zapálení hoří jasným plamenem. Po dohoření zůstává šedý popel, který zapáchá po spáleném papíru. Bavlněná vlákna mají nízkou odolnost proti plísním. Působením minerálních kyselin (např.  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ) bavlna uhelnatí, organické kyseliny (např. kyselina mravenčí) ji zpravidla nepoškozují a horké roztoky hydroxidů narušují bavlněná vlákna až po delší době působení [3].

### **5.3 Použití bavlny**

Bavlněná vlákna mají všestranné použití při výrobě oděvních textilií, dekoračních a bytových tkanin, technických tkanin, nití apod. Bavlna se často směšuje se syntetickými vlákny. Cílem je využít dobré vlastnosti bavlny [2].

## **6 Zkoušení textilních materiálů**

Zkoušení textilních materiálů se provádí ke stanovení požadavků na vhodnost materiálů, výrobků, procesů a služeb pro daný účel. Lze je tedy chápat jako prostředek poskytující referenční indicie, které nabízejí vhodné řešení pro danou situaci.

Z hlediska této diplomové práce se jeví podstatné, zabývat se zkoušením textilních materiálů v oblasti interakce materiálu a prostředí kapaliny.

Některé textilní materiály mají schopnost reagovat určitou měrou vlhkost z okolního prostředí. Jedná-li se o textilní materiály vyrobené z vláken na bázi celulózy, pak lze říci, že se jedná o materiály hydroskopické, což znamená, že mají schopnost přijímat určitou měrou vlhkost z okolního prostředí. Podstatou působení vlhkosti se bude zabývat kapitola 7. Vlhkost pak působí na mechanicko-fyzikální vlastnosti textilního materiálu a ovlivňuje tím pádem i výsledky prováděných zkoušek.

Aby byly výsledky opakovaných měření srovnatelné, je nutné zkoušky provádět za určitých normalizovaných podmínek vlhkosti a teploty. Tyto podmínky upravuje norma ČSN EN 20139 Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení. Kvalita plošných textilií se převážně vyjadřuje měřitelnými parametry, které se získávají laboratorním zkoušením. U plošných textilií se často zkoušejí rozměry, tedy délka, šířka a tloušťka a také dostava, vazba, setkání a další. Tyto podmínky upravují norma ČSN EN 25077 Zjišťování změn rozměrů po praní a sušení a norma ČSN EN 26330 Postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií.

Různé literatury uvádějí různé způsoby zjišťování rozměrových změn tkanin [2], [3]. Normy ČSN EN 26330 Postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií a ČSN EN 26330 Postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií, upravující zjišťování rozměrových změn, však povolují odchylky od specifikovaných postupů, podle toho, k jakému účelu mají být výsledky prováděného měření využity a proto konečná zvolená metoda nemusí být v naprostém souladu s uvedenými postupy. Odchylky od specifikovaných postupů však musí být uvedeny v protokolu.

Zjišťované změny se pak určí výpočtem dle ČSN EN ISO 3759 (800825) Příprava, označování a měření vzorků plošných textilií a oblečení při zkouškách pro zjišťování změny rozměrů.

Velikost a odběr vzorku upravuje norma ČSN EN ISO 3759 (800825). Příprava, označování a měření vzorků plošných textilií a oblečení při zkouškách pro zjišťování změny rozměrů.

Zkušební vzorek se odebírá přes celou šířku tkaniny v délce po osnově 700 mm a odstříhne se tak, aby jedna jeho strana byla rovnoběžná s osnovou a nebo s útkem. Zkušební vzorek 700×700 mm se vystříhne alespoň 50 mm od pevného okraje tkaniny. U tkanin v hotové šířce se vystříhne zkušební vzorek 600×600 mm.

Zkušební vzorky se nejprve klimatizují a po klimatizaci se vzorek položí na rovnou hladkou plochu tak, aby se netvořily záhyby a na vzorku se označí tři vzdálenosti přesně ve směru osnovy a tři vzdálenosti přesně ve směru útku. Každá vzdálenost má rozpětí 500 mm a její počátek je nejméně 50 mm od okraje vzorku. Mezery mezi jednotlivými vzdálenostmi jsou přibližně 230 mm.

Značení se provádí nevypratelným inkoustem nebo protaženou nití a měří se s přesností na 1mm. Kraje vzorku musí být zajištěny tak, aby jednotlivé nitě při praní nevyklouzly z vazných bodů.

Takto upravený zkušební vzorek se namáčí, pere a máchá v automatické pračce. Náplň se skládá ze zkušebních vzorků a z takového množství podobných tkanin, aby byl zachován předepsaný poměr lázně ke vzorkům. Zkoušení rozměrových změn lze provádět praním v pračce, při teplotách 40 °C, 60 °C a při teplotách blízkých teplotě varu, ručním praním, žehlením nebo smáčením, přičemž smáčení se užívá zejména u plošných textilií. Bavlněné tkaniny se zkoušejí blízko teploty bodu varu. V pračce se nesmí vzorek vytahovat, ani jakýmkoli jiným způsobem poškozovat.

Bez odstředění se volně suší a žehlí se za sucha. Způsob sušení závisí na charakteru zkoušené textilie, u tkanin se zpravidla sušení realizuje ve vodorovné poloze na filtračním papíru, nebo na hustém sítu.

Žehlení se provádí plochým žehlícím lisem, který má minimální přítlak 3kPa při teplotě  $(150 \pm 15)$  °C. Žehlení je možné provést i žehličkou, ale bez přítlaku, aby se zabránilo silovému působení a tím i toho, aby nebyl zkušební vzorek napínán nebo deformován. Vzorek se žehlí tak dlouho, až je vlhkost zkušebního vzorku dostatečně nízká, aby umožňovala klimatizaci, tj. přibírání vlhkosti [4].

Klimatizační podmínky po žehlení se dodržují stejně jako klimatizační podmínky pro dané vzorky před zkouškami. Ty upravuje norma ČSN EN 20139 Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení.

Zpracování výsledků měření při zkouškách textilií upravuje oborová norma ON 80 0301 Zpracování výsledků měření při zkouškách textilií.

## **6.1 Norma ČSN EN 20139 Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení**

Tato evropská norma upravuje podmínky pro klimatizování a zkoušení materiálů. Předmětem normy je stanovení charakteristických hodnot pro normální ovzduší, ve kterém se připravují vzorky a ve kterém se zjišťují fyzikální a mechanické vlastnosti textilií. Pro účel této normy se užívají definice relativní vlhkosti vzduchu, normálního ovzduší a normální zkušební ovzduší. Označení mírné pásmo se používá pouze pro textilní průmysl.

### **6.1.1 Relativní vlhkost**

Relativní vlhkost vzduchu je poměr skutečného tlaku vodních par v ovzduší k tlaku nasycené vodní páry při stejné teplotě. Tato hodnota se zpravidla udává v procentech.

### **6.1.2 Normální ovzduší pro mírné pásmo**

Za normální ovzduší pro mírné pásmo se považuje ovzduší s relativní vlhkostí vzduchu 65 % a 20 °C.

### **6.1.3 Normální zkušební ovzduší**

Za normální zkušební ovzduší se pak považuje ovzduší s relativní vlhkostí vzduchu  $(65\pm 2)$  % a s teplotou  $(20\pm 2)$  °C.

### **6.1.4 Klimatizování**

Aby se vyloučil vliv klimatických podmínek, před zkoušením některých fyzikálních nebo mechanických vlastností se textilie klimatizují v normálním zkušebním ovzduší pro mírné pásmo tak, aby vzduch mohl volně proudit textilií.

Textilie se klimatizují tak dlouho, dokud nemají stejnou vlhkost jakou má okolní ovzduší. Tedy tak dlouho, dokud není dosaženo rovnováhy vlhkosti.

Není-li stanoveno jinak, kusy plošných textilií se rozbálí a klimatizují se ve vodorovném stavu a rozložené ve volných záhybech. Laboratorní nebo zkušební vzorky plošných textilií se klimatizují na drátěném sítu, aby obě strany byly ve styku se vzduchem.

Vlastní klimatizace se uskutečňuje u vzorků, které byly nejméně 1 hodinu předsoušeny při teplotě 50 °C a při relativní vlhkosti 10-25 %. Poté se nechají vzorky odležet v normálním ovzduší, až dosáhnou konstantních hodnot hmotnosti, tj. změna hmotnosti materiálu po 2 hodinách dalšího odležení je menší než 0,25 %. U laboratorních a pracovních vzorků plošných textilií je minimální doba odležení stanovena na 24 hodin. Při měření je potřeba vyloučit i vliv průvanu, teploty rukou, dýchání a podobně. Klimatizuje se buď v klimatizační místnosti, nebo v klimatizačních skříňkách.

## **6.2 Norma ČSN EN 25077 Zjišťování změn rozměrů po praní a sušení**

Tato norma specifikuje metodu zjišťování změn rozměrů plošných textilií, oděvů nebo textilních výrobků, jsou-li podrobeny vhodné kombinaci specifikovaných postupů praní a sušení. V případě textilních výrobků nebo deformovatelných materiálů je třeba věnovat interpretaci výsledků co nejvyšší pozornost.

### **6.2.1 Počet zkoušených vzorků**

Počet zkoušených vzorků je podmíněný požadovanou přesností výsledků. Pro tuto zkušební metodu se navrhuje zkoušení čtyř zkušebních vzorků od každého odebraného vzorku materiálu a oddělené praní těchto zkušebních vzorků ve dvou pracích náplních se dvěma vzorky, čímž se dosahuje opakovaného stanovení.



### 6.2.2 Postup zkoušky

Pro postup zkoušky se stanoví rozměry klimatizovaných vzorků po délce a po šířce, dle specifikací v ISO 3759. Vzorky se vyperou a usuší jedním z postupů specifikovaných v ISO 6330 a po praní a usušení, klimatizování a změření zkušebních vzorků se vypočítá změna rozměrů podle postupu specifikovaného v ISO 3759.

### 6.2.3 Vyjádření výsledků

Průměrné hodnoty změn rozměrů zvlášť pro směr podélný a příčný se vypočítají podle normy ISO 3759 vztahy (1), (2).

$$\text{Změna rozměrů po délce v \% } Z_o = \frac{\text{konečnádélka} - \text{výchozídélka}}{\text{výchozídélka}} * 100 . \quad (1)$$

$$\text{Změna rozměrů po šířce v \% } Z_u = \frac{\text{konečnášířka} - \text{výchozíšířka}}{\text{výchozíšířka}} * 100 . \quad (2)$$

Šířka a délka se udává v mm a změna rozměrů se vyjádří na nejbližších 0,5 % a vyznačí se znaménkem +, pokud dochází k vytažení, nebo znaménkem - , pokud dochází ke srážení.

### 6.2.4 Protokol o zkoušce

Protokol o zkoušce musí obsahovat prohlášení o tom, že použité metody jsou v souladu s normou, informace o použité metodě a postupech, počet vzorků, průměrné změny rozměrů po délce (osnově) a průměrné změny rozměrů po šířce (útku).

### **6.3 Norma ČSN EN 26330 Postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií**

Tato norma specifikuje postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií. Postupy jsou vhodné pro plošné textilie, oděvy nebo další textilní výrobky, které jsou podrobovány vhodným kombinacím pracích a sušících postupů. Úplná zkouška obsahuje postup praní a sušení.

#### **6.3.1 Postupy praní**

Podle specifikací této normy je možné použít deset různých pracích postupů založených na použití praček s vodorovným bubnem a plněním zepředu, nebo devět postupů založených na použití praček vířivého typu s plněním shora. Výsledky dosažené těmito dvěma typy praček nemusí být srovnatelné. Každý prací postup představuje jedno domácí praní.

#### **6.3.2 Postupy sušení**

Tato norma specifikuje pět sušících postupů. V závěsu na šňůře, odkapáváním, ve vodorovné poloze v rozprostřeném stavu, plochým lisem a v bubnové sušičce.

#### **6.3.3 Podstata zkoušky**

Zkušební vzorek se pere a suší dle stanovených postupů. Počet zkušebních vzorků, které se mají podrobit postupům praní a sušení specifikovaným v této normě se stanoví podle účelu, pro který je materiál zkoušen. Materiál určený pro praní se vloží do pračky a přidá se dostatečné množství doplňkových textilií, aby byla dosažena celková hmotnost suchého materiálu uvedená pro zvolený prací postup. Při stanovení změny rozměrů nesmí zkušební vzorky tvořit více než polovinu prací dávky. Přidá se odpovídající detergent, pro zajištění dobré pěnivosti a může se použít voda tvrdosti nejvýše 5 mg/l, vyjádřeno jako uhličitán vápenatý.

Detergentem se rozumí syntetický prací, nebo čisticí prostředek obsahující účinné složky. Po závěrečném odvodnění po úplném pracím postupu se materiál vyjme, přičemž se dbá, aby materiál nebyl napínán nebo deformován a usuší se jedním z postupů sušení. Jestliže se materiál suší odkapáním, pračka se vypne a materiál se vypne těsně před závěrečným odstředěním, přičemž se dbá na to, aby nebyl napínán nebo deformován.

#### *6.3.4 Protokol o zkoušce*

Protokol o zkoušce musí obsahovat typ pračky a použitý postup praní a sušení, typ použitého detergentu, celkovou hmotnost vzorků a doplňkových textilií a podrobnosti o všech odchylkách od specifikovaných postupů.

#### *6.4 Norma ON 80 0301 Zpracování výsledků měření při zkouškách textilií*

Tato norma stanoví způsob aplikace statistických metod podle ČSN 010250 Statistické metody v průmyslové praxi v textilním průmyslu.

Postup zpracování naměřených hodnot, názvosloví, symboly a výpočty jsou převzaty z normy ČSN 010250 Statistické metody v průmyslové praxi. Norma zahrnuje rovněž některé postupy vhodné k využití v textilním průmyslu, které ČSN 01 0250 neuvádí.

### **7 Teoretický princip sráživosti**

Aby bylo možné rozebírat teoretický princip sráživosti, je nutné nejprve popsat některé pojmy, které se sráživostí úzce souvisí.

#### **7.1 Rozměrové změny tkaniny**

Rozměrovými změnami tkaniny se rozumí změna délkových rozměrů před praním a po praní. Rozměrové změny je však pojem velmi obecný. Dochází k nim v důsledku silového působení. Toto silové působení může být vnitřního, nebo vnějšího charakteru.

Pokud se jedná o rozměrovou změnu způsobenou vnějším silovým působením, mluví se zpravidla o silách působících na tkaninu z vnějšího prostředí jako jsou například tah, tlak a podobně. Jedná-li se o rozměrovou změnu vnitřní, došlo k ní nejpravděpodobněji změnou vnitřních vazeb a uvolněním energie uvnitř materiálu.

Mluví-li se o rozměrových změnách v důsledku působení vlhkosti, bývá pojem rozměrové změny nahrazován pojmem sráživost, který vystihuje uvažované vlastnosti lépe.

## **7.2 Zjišťování rozměrů tkaniny**

Zkoušení rozměrů u tkanin se řadí do oblasti zjišťování fyzikálních vlastností plošných materiálů. Délka a šířka se zjišťuje přímo, měřidlem.

Délkou kusu se rozumí vzdálenost mezi počátkem a koncem kusu.

Šířkou se rozumí kolmá vzdálenost mezi dvěma kraji tkaniny a to buď včetně okrajů, nebo bez nich. Většinou se považuje za šířku tkaniny šířka včetně okrajů.

## **7.3 Sorpční vlastnosti tkaniny**

Pojmem sorpce tkaniny se rozumí chování tkaniny v interakci s prostředím. Na sorpční vlastnosti tkaniny mají výrazný vliv sorpční vlastnosti příze, ze které je tkanina vyrobena a tudíž i sorpční vlastnosti vláken, ze kterých je vyrobena příze.

V literatuře [1] je vysvětleno, že proces sorpce se skládá z několika po sobě jdoucích procesů, ve kterých dochází k postupné interakci materiálu a prostředí. Pro případ této diplomové práce se bude hovořit o interakci bavlněné tkaniny a vody. Nejprve dochází k pronikání vody k vláknům, tak zvanou difúzi. Tento proces je obvykle rychlý. Následuje adsorpci na povrchu vlákna. Další pronikání vody do vláken závisí na množství vody na povrchu. Pak se jedná o difúzi hmotou vlákna, při které dochází k transportu vody do vlákna. Makroskopickým výsledkem pronikání vody do vlákna je pak navlhavost.

Procesy sorpce mají svoji kinetickou stránku (rychlost změn), rovnovážnou stránku (velikost změn) a termodynamickou stránku (hnací síla změn). Probíhají obvykle současně.

Podstata procesu sorpce může být dvojitá. Nevratný případ je charakterizován trvalou vazbou kapaliny na molekulovou strukturu řetězce vlákna chemickou vazbou. Tuto vazbu nelze jednoduchými způsoby zrušit a tak řetězec uvést do původního stavu. Vratný způsob je vazba do molekulové struktury vlákna, zpravidla na boční skupiny řetězce. To je vazba energeticky chudší. Vazby jsou nestálé a dají se za podmínek snížení koncentrace vlhkosti opět zrušit. Vzniká tedy reversibilní děj. Tomu předchází již zmíněná adsorpce, kdy jsou molekuly vody fyzikálně vázány povrchem vlákna, nejprve vejdou do styku s povrchovým reliéfem vlákna a teprve po skončení adsorpci nastává z fyzikálního hlediska samotná sorpce.

Z hlediska této diplomové práce je významný pouze typ sorpce, kdy interakčním prostředím je voda. Potom je pojem sorpce omezen pouze na savost, což je schopnost textilie přijímat kapaliny.

Chemické principy savosti materiálu, respektive jeho molekulové struktury, spočívají v tom, že materiál může pojmout tolik vlhkosti, dokud není její množství v rovnovážném stavu s vlhkostí okolního prostředí. Afinita, tedy schopnost přijímat vlhkost je značná a záleží tudíž na prostorové konfiguraci struktury vlákna v přízi a zda a jak k navázání vody dojde.

Z fyzikálního hlediska je princip savosti založen na parciálním přetlaku vodních par okolí, který způsobuje, že molekuly vody difundují do materiálu. Stanovení savosti tkanin je založeno na schopnosti přijímat a fyzikálně vázat vodu. Savost tkanin se vyjadřuje v % a je závislá na charakteru tkaniny a suroviny a na technologiích použitých k její výrobě [13].

#### **7.4 Sráživost**

Sráživostí se rozumí změna rozměrů materiálu. Je to relativní změna šířky a délky tkaniny. Je to rozměrová změna, která je měřena ve směru osnovy i útku. Povolená sráživost je u různých druhů tkanin různá a označuje se jako zbytková sráživost.

Jako zbytková se označuje proto, že se během technologických procesů aplikuje chemická nesráživá úprava, pomocí které je dosaženo rozměrové stability jak v podélném, tak i příčném směru tkaniny. Zpravidla se hodnota povolené zbytkové sráživosti pohybuje okolo 2 % a to jak v osnově tak v útku. Jestliže je hodnota vyšší, než povolená, je materiál reklamován, neboť by nebyl vhodný k vlastnímu zpracování nebo i použití.

Na rozměrovou stabilitu tkaniny má vliv zejména samotná struktura tkaniny, její vazba, dostava, parametry použité příze, její průměr a zákrut a parametry vlákna. Tyto parametry se však odvíjejí od kvality samotné suroviny a použité technologie v jednotlivých stupních procesu zpracování a výroby.

Srážení se někdy také vyjadřuje jako relativní změna šíře tkaniny relaxované, vzhledem k pracovní šíři stroje. Relaxace je uvolnění, povolení a ustálení rovnovážného stavu. Plně relaxovaný stav materiálu nastává v okamžiku, kdy má materiál minimum vnitřní energie [10].

Proces relaxace může být suchý, ve volném stavu, nebo mokrý. Při procesu suché relaxace je výrobek namáhán při výrobě tahovými a odtahovými silami a dochází k výraznému podélnému a méně výraznému příčnému srážení. Odležení se provádí v klimatických podmínkách a doba relaxace je přibližně týden a vzorek tkaniny nemá být zatížen ani vlastní tíží. Po suché relaxaci je materiál jen v relativně stabilním stavu, což znamená, že nebude podléhat samovolným rozměrovým změnám, pokud se nezmění podmínky jeho existence. Za jiných podmínek může relaxace pokračovat.

Mokrý relaxace je prováděna tak, že je nezatížená tkanina vystavena vlivu vody a detergentu, nebo smáčedla při určité teplotě, na určitou předem stanovenou dobu a poté beznapětově sušena. Stavů úplné relaxace tkaniny se nejvíce blíží stav po praní, zejména vícenásobně opakovaném, což je stav, kdy má tkanina nejmenší obsah vnitřní deformační energie a tudíž nejmenší tendenci ke tvarovým změnám a tudíž největší tvarovou stabilitu.

Praní a následné sušení musí být rovněž prováděno beznapětovým způsobem, neboť by se textilie mohla od stavu úplné relaxace spíše vzdálit. Při relaxaci v bubnové pračce je potřeba provádět na dostatečně malých vzorcích textilie a rovněž použít dostatečně malou náplň pračky.

Sráživost tkanin je daná sráživostí vláken, ze kterých je příze vyrobena a samotnou sráživostí příze. U tkanin se tedy nejedná o stav jednoznačný, neboť působením pasivních odporů ve tkanině, v přízi i ve vláknech dochází během výroby i později k plastickým změnám struktury celé tkaniny a tím i k možnosti dosažení nekonečně velkého počtu různě plně relaxovaných stavů. Ty se však od sebe z hlediska geometrických parametrů příliš neliší.

Úkolem relaxačních procesů je eliminace vlivu pasivních odporů, které brání výrobku zaujmout plně relaxovaný stav ihned po uvolnění působících sil. Mezi relaxační procesy se zařazuje i většina zušlechťovacích operací [5].

V praxi je snížení sráživosti založeno na principu, že čím více se textilie relaxuje, tak zvaně předsráží, při technologickém procesu, tím menší sráživost pak vykazuje u spotřebitele. Dosažení plné relaxace je však, v provozních podmínkách, zatím nedořešený problém. Vícenásobné praní kombinované s beznapětovým sušením poskytuje dobré výsledky z hlediska relaxace, ale vzhledem k nákladnosti celého procesu nemůže být provozně využíváno.

### **7.5 Příčina srážení tkanin z celulósových vláken**

Sráživost textilie z celulósových vláken při praní je způsobena vlastnostmi samotných vláken, jejich vzájemným ovlivňováním v přízi a ve tkanině. Během působení vody na materiál dochází k bobtnání a rozměr celulósového vlákna se mění. Průřez se zvětšuje více než jeho délka. Tím že se vlákna oddálí, změní se na prostorové uspořádání příze a tato závislost fyzikálních vlastností se promítne do změny rozměrů příze. Dojde k uvolnění struktury příze. Po změně délky trajektorie po pohybu vláken v přízi musí dojít k vyrovnání délky tkaniny a to je příčinou toho, že se tkanina po praní sráží. Podrobněji se budou změnami v jednotlivých stupních struktury tkaniny zabývat následující kapitoly.

### 7.5.1 Sráživost vláken

Vlákno je dlouhá, tenká a ohebná textilie. Podle definice Textile Institute, uvedené v [13], je vlákno hmotná jednotka, charakterizovaná ohebností, jemností a vysokým poměrem délky k tloušťce.

Základem bavlněného vlákna je celulóza. Celulóza je téměř vždy materiál anizotropní, tedy takový, u kterého při měření fyzikálních vlastností závisí na směru, ve kterém se měří. Molekuly celulózy jsou v jednotlivých vláknech uspořádány pravidelně, tvoří fibrily, ve kterých jsou molekuly celulózy převážně orientované ve směru osy vlákna. Takové uspořádání se vyskytuje v krystalických oblastech celulózy. Mezi jednotlivými krystalickými oblastmi jsou oblasti amorfní. V krystalických oblastech celulózy působí mezi řetězci celulózy fyzikálně–chemické síly, které stabilizují určitý stav vlákna.

Vzájemné souvislosti různých vlastností jsou ovšem závislé nejen na krystalickém podílu, ale i na jeho struktuře. Zcela rozdílně se chovají krystalické oblasti složené z velkých krystalitů velmi orientovaných a oblast složená z drobných krystalitů neuspořádaných. Neuspořádaná struktura totiž, ačkoli je krystalická, může být při makroskopickém posuzování izotropní, tedy taková, že při posuzování některých fyzikálních vlastností látky nezávisí na směru, ve kterém se měří [13].

Při působení vnějších sil na vlákna se jeho vrstvy napínají a stlačují. Když tato vnější síla působí na suché vlákno, ke změně téměř nedochází, protože se uplatňují síly mezi řetězci a vlákno se tím dostává do stavu s vyšším obsahem energie. Když přestane vnější síla působit, pomocí nahromaděné energie se vlákno zotaví a zaujme energeticky nejvýhodnější stav, takže se změna vyvolaná vnějším působením trvale neprojeví nebo jen velmi málo. Ve vodě, ať studené či vroucí, se bavlna chemicky nemění, jen bobtná.

Se změnou rozměrů ve vlákne vyvolanou bobtnáním jsou spojeny i změny fyzikálních vlastností. Vlákno je, kromě vlhkosti, také zatíženo teplotou. Bobtnací schopnost se pravděpodobně bude měnit i v závislosti na teplotě. Po celou dobu své životnosti vlákno reaguje na změny vlhkostí okolního prostředí.



Při vyšší relativní vlhkosti vzduchu, nebo při vyšší vlhkosti okolí vlákno absorbuje vlhkost a zvětšuje svůj objem. Naopak, při nízké relativní vlhkosti vzduchu nebo při nižší vlhkosti okolí se z vlákna uvolňuje vlhkost a zmenšuje se jeho objem.

Bobtnání vlákna je závislé zejména na povrchové struktuře vlákna a dále na šířce vlákna. Jelikož je úroveň bobtnání největší v příčném směru vláken, dochází ke změně nejčastěji v jeho šíři. Zjednodušeně řečeno, čím větší průměr vlákno má, tím vyšší je při bobtnání změna tohoto průměru a tudíž i riziko deformace vlákna.

Toto riziko je ovšem dále závislé na strukturálních parametrech vlákna. Při dlouhotrvajícím působením vody nebo vlhkosti a tepla se mění struktura celulózy a tím tedy i některé fyzikální vlastnosti. Nabobtnáváním celulózy ve vodě se snižuje počet vazeb mezi řetězci, tvořených především vodíkovými můstky. Energie se přemění v teplo, které vznikne posouváním krystalitů, stavebních elementů vlákna v místě působení vnějších sil [13].

Při sušení se obnovují vodíkové můstky, které zafixují nové vzdálenosti mezi krystality celulózy ve vláknech a tím dojde i k rozměrové změně ve tkanině.

Otázka procentuelní změny při bobtnání bavlněných vláken je řešená v mnoha literárních zdrojích. Zpravidla se uvádí [17], že procentuelní rozměrová změna při bobtnání bavlněného vlákna v podélném směru se pohybuje mezi 1,1-1,2 % a procentuelní rozměrová změna vlákna ve směru příčném je 16-28 %. Vzájemnou interakcí vláken, společně s mnoha dalšími vlivy, se mění i struktura výchozí příze.

### 7.5.2 *Sráživost příze*

Jedním z obvykle pozorovaných projevů sráživosti je zkrácení délky příze. Příze je délková textilie ze spřadatelných vláken zpevněná zakroucením, ale skutečná struktura většiny přízí je složitější. Vlákna v přízi migrují, což podporuje soudržnost vláken v přízi. V ideální přízi by byla vlákna uložena ve šroubovici, jejíž stoupání by bylo dáno hodnotou zákrutu příze.

Předpokládáme-li, že všechna vlákna v přízi jsou ideálně rovná a v přízi pravidelně šroubovicově uložena, potom pro všechna tato vlákna platí, že je vazba mezi jednotlivými rozměrovými změnami dána podmínkou, že hodnota sráživosti všech vláken je konstantní. Ve skutečné přízi je však celý jev složitější a záleží na migračním charakteru vláken a zaplnění příze.

Pro zjednodušení zkoumání souvislostí srážení příze je možné vyjádřit chování příze pomocí chování nějakého charakteristického vlákna. Z měření provedených Výzkumným ústavem textilním v Liberci a měření uvedených v diplomové práci [20] vyplývá, že procentuelní rozměrová změna při srážení bavlněné příze je v podélném směru okolo 3 % a procentuelní rozměrová změna příze ve směru příčném se pohybuje okolo 20 %. Z čehož vyplývá, že podobně jako reaguje vlákno, tak reaguje i příze.

Vedle těchto mechanismů může docházet ke změnám délek i v důsledku určitého uvolnění struktury příze.

### 7.5.3 *Sráživost tkaniny*

Tkanina je plošná textilie vytvořená zpravidla ze dvou vzájemně kolmých soustav nití, osnovy a útku, navzájem provázaných vazbou tkaniny [15].

Uvědoměním si jevů, které nastávají v případě vystavení tkaniny různým vlivům vlhkosti, lze dojít k hypotéze o změně celé struktury tkaniny vlivem složitých dějů, projevujících se navenek.

Mimořádně důležitou složkou je struktura tkaniny, která předurčuje do jisté míry dosahované hodnoty zkoumaných vlastností. Při zjišťování souvislostí mezi vlastnostmi tkaniny a její strukturou, se zpravidla ze získaných experimentálních dat vytvářejí teoretické modely, které však mohou a nemusí být potvrzené a mají spíše charakter hypotéz.

## 7.6 Vliv finálních úprav na srážlivost tkanin

Uvedenou nevýhodnou vlastností tkanin z bavlny je sráživost, kterou lze odstranit chemickou modifikací celulózy, aniž by se nepříznivě ovlivnily výhodné vlastnosti tkaniny. Tuto modifikaci lze uskutečnit pomocí vybraných chemikálií, které se obecně označují jako síťovadla.

Chemikálie nechají vytvořit v přístupných oblastech vláken polymer, který mechanicky brzdí vzájemný posuv stavebních elementů vlákna. Samotná polymerizace však k zabránění sráživosti nestačí a studie této problematiky ukazují, že snížení sráživosti vyžaduje, aby síťovací prostředek vytvářel vazbu s hydroxylovými skupinami celulózy.

Další příčinou sráživosti tkanin z celulóзовých vláken je relaxace vnitřního pnutí, které vzniklo velkým namáháním vláken při mokřém a suchém zpracování během celé textilní výroby.

Síťováním celulózy se omezuje vzájemné posouvání jejích řetězců, čímž se zlepšuje jeho rozměrová stálost. Současně se však snižuje tažnost a ohebnost vlákna, která se musí řešit další chemickou úpravou.

Nejčastější způsob síťování celulózy je pomocí formaldehydového prostředku. Jeho aplikace v textilním zušlechťování je v současné době spojena s množstvím ekologických problémů, ale navzdory všem výhradám ekologů a snahám výzkumných pracovišť a výrobců se dosud nepodařilo nalézt prostředek bez obsahu formaldehydu, který by byl zcela rovnocennou náhradou za dosud používané prostředky a to jak z hlediska dosahovaných efektů, tak i ekonomických požadavků.

Kvalitu nesráživé úpravy hodnotíme rozměrovými změnami po osnově a po útku vyjádřených v procentech.

U bavlněné tkaniny bez úpravy může dojít při spotřebitelském užívání (praní, žehlení) k vysrážení o 15-18 %. Po úpravě se tato sráživost sníží na 2-3 %.

## 8 *Matematické modelování*

Studie mechanismů rozměrových změn, které mají vliv na konečné rozměrové změny tkaniny je nejlépe vysvětlitelná pomocí matematického modelu.

Matematické modelování je metodou zcela běžnou ve všech vědeckých i technických odvětvích. Složitý jev lze popsat a vysvětlit na zjednodušeném modelu. Jedná-li se o popisování tělesa nebo soustavy těles, potom se jejich znázornění převede z trojrozměrné soustavy do dvojrozměrné, díky čemuž je jejich deskripce podstatně snazší. V případě analýzy principů sráživosti je dosaženo převedení tkaniny, jako tělesa, z trojrozměrné soustavy do dvojrozměrné znázorněním příčného řezu tkaniny. Plošný řez tkaniny představuje základ pro tvorbu matematického modelu, na kterém bude možné sráživost dobře popsat.

Model je zjednodušeným obrazem skutečnosti a zobrazuje pouze ty složky, které jsou pro studování daného jevu významné. Modely mají různé typy. Nejjednodušší jsou modely, které popisují fyzikální vlastnosti zkoumaného jevu ve změněných rozměrech, jiným druhem jsou náčrty a plány, kde se již projevuje fyzikální podoba oproti modelu vzdáleněji, protože model převádí trojrozměrný předmět na dvourozměrný obraz. Mezi složitější možnost modelování pak patří případy, kde se modelují jevy pomocí jevů fyzikálně odlišných.

Pokud se podaří nashromáždit dostatečné množství experimentálních faktorů, lze je pak vysvětlit, nalézt mezi nimi vzájemné souvislosti a tudíž nalézt i souvislosti mezi nimi a jinými jevy. Nabízí se i srovnání s jevy, které jsou snadněji přístupné pozorování a jsou lépe prostudovány. To vede k vytvoření hypotézy, kterou je nutno ověřit a která se může dodatečně ukázat jako nesprávná. Model je přesto užitečným a může vést k objevu nových jevů nebo i experimentů, které by přispěly k vyvrácení hypotézy a ke konstrukci dokonalejších modelů, které by správně popisovaly širší oblast zkoumaného jevu.

K vyjadřování se používá matematických vyjadřovacích prostředků. Dá-li se jev popsat matematickými prostředky, pak vnitřní podobnost jevů se projeví právě v tom, že se dají popsat stejnými matematickými prostředky. To k použití matematického modelování vede.

## 8.1 Vazba tkaniny

Způsob vzájemného provázání obou soustav nití ve tkanině udává vazba. Správná volba vazby ve tkanině je důležitá nejen pro vlastní stavbu tkaniny, ale udává i další nezbytné mechanické i užité vlastnosti. Velikost vazby ve tkanině lze vyjádřit na základě velikosti střídy. Typ vazby může být tvořen kombinací níže uvedených čtyř typů buněk [28].



Obr. 2 – Typy buněk ve tkanině

Celý proces tkaní je procesem vytváření vazných bodů pro provázání dvou na sebe kolmých soustav nití. Od místa zrodu až po ustálený stav uvnitř tkaniny se vazné body mění. A to jak z hlediska rozměrových, tak i silových a deformačních poměrů.

### 8.1.1 Střída vazby tkaniny

Střída vazby tkaniny je taková část vazby, která se v celé ploše s výjimkou krajů tkaniny, pravidelně opakuje. Velikost střídy lze charakterizovat počtem osnovních a útkových nití, okolím jednoho zakřížení osnovní a útkové nitě, tedy vazným bodem a roztečí osnovních a útkových nití. Obecně se střída vazby skládá jak ve směru po útku, tak ve směru po osnově z určitého počtu vazných vln, jejichž počet je dán velikostí vazby.

U většiny vazeb je tvar vazných vln ve střídě shodný, vazné vlny jsou pouze posunuty jak ve směru osnovy, tak ve směru útku. Posun vazných vln je pak dán efektem, neboli vzorem, příslušné vazby. Záleží také na velikosti střídy vazby, velikosti přechodových úseků, složitosti vazby a výšce provázání. Každý z těchto parametrů do jisté míry ovlivňuje rozměrové změny způsobené působením vlhkosti na tkaninu.

Uspořádání a počet jednotlivých strukturálních prvků ve střídě vazby má značný vliv. Velmi důležitou a neoddělitelnou součástí při hodnocení struktury tkaniny z hlediska vnitřního uspořádání je soubor parametrů určující tak zvanou prostorovou geometrii tkaniny.

Mezi základní vstupní údaje, které ovlivňují jak silové, tak i deformační poměry mezi osnovou a útkem ve vazné buňce vzniklé ve tkanině během i po vlastním procesu tkaní se řadí úhel provázání nití ve tkanině, délka nitě v provázání, ale i výška provázání nebo výška vazné vlny v provázání, což je dané parametry zaplnění příze, jemnosti příze a zákrutu příze. To jsou parametry, které vycházejí z průměru příze a podílí se na tloušťce tkaniny. Napětí vazných nití pak ovlivňuje zvlnění nití ve vazné vlně. Všechny tyto parametry jsou získané z popisu vazné vlny a hodnotí prostorovou geometrii tkaniny.

## **8.2 Setkání**

Setkání vyjadřuje zkrácení osnovní či útkové nitě vlivem provázání nití ve tkanině po zatkání. Setkání je definováno zvlášť pro osnovu a zvlášť pro útek. Setkání je ovlivněno mnoha parametry např. mírou zvlnění jednotlivých nití ve tkanin, vazbou a tak podobně.

## **8.3 Délka nitě ve vazné vlně**

Vazná vlna je vyjádření jednoho provázání osnovy s útkem. Délka nitě ve vazné vlně ovlivňuje spotřebu materiálu během tkaní a setkání nití ve tkanině.

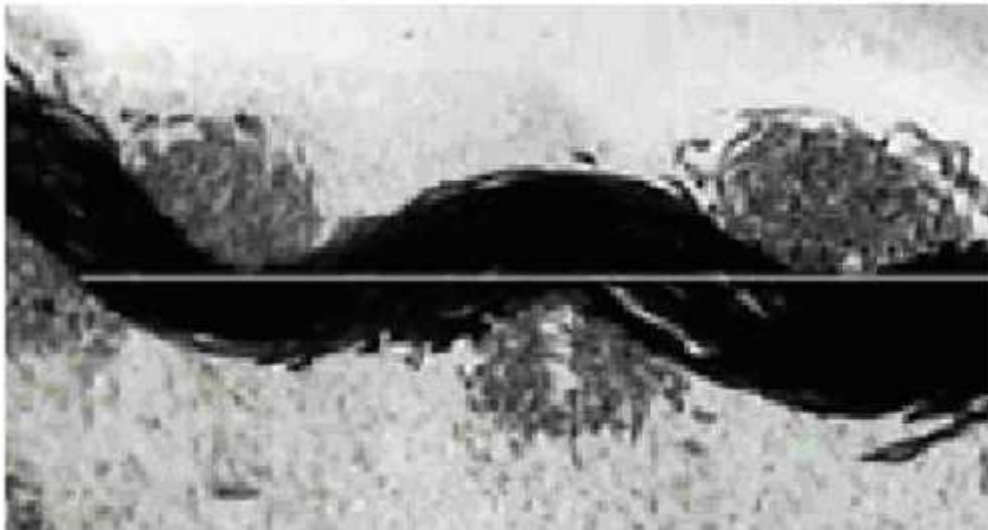
## **8.4 Úhel provázání**

Vyjadřuje sklon nitě vzhledem ke střední rovině tkaniny. Základním parametrem ovlivňujícím sklon nitě vzhledem k ose tkaniny je zvlnění. Úhel provázání nití ve tkanině jak v osnově, tak i v útku se mění se změnou základních parametrů tkaniny.

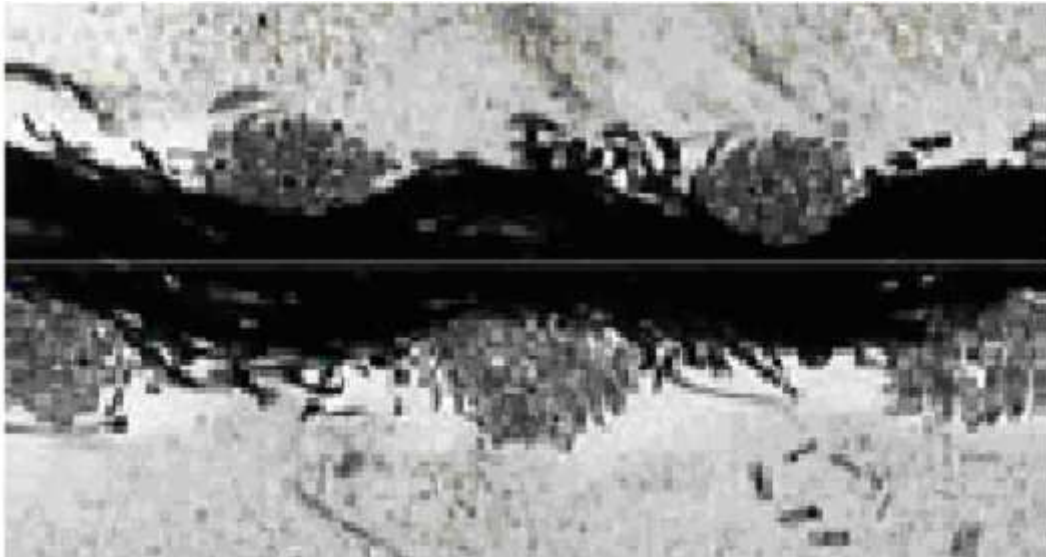
Z tkaniny obecně vynikají vazné body jedné nebo druhé soustavy nití. Jejich poloha závisí na použitém přírazném systému, na napětí osnovy a útku, na dostavě nití, na použitém materiálu v přízích a podobně.

Velikost úhlu provázání je jedním z hlavních parametrů ovlivňujících silové i deformační poměry nití ve tkanině.

Při dodržení konstantních podmínek během celého procesu tkaní lze předpokládat, že výška ve vazné vlně je shodná ve všech útkových a osnovních nitech ve tkanině. Lze však také předpokládat, že během procesu tkaní dochází na jednotlivých úsecích ve tkanině k deformacím, z nichž plyne, že vazná vlna a její výška mohou vykazovat v podélném i příčném směru v některých případech určité rozdíly. Prostorová geometrie tkaniny je nejvíce ovlivněna typem a seřízením stroje.



Obr. 3 - Zobrazení zvlnění osnovy a útku v příčném řezu plátka



Obr. 4 - Zobrazení změny výšky vazné vlny vlivem napětí útku v příčném řezu plátka

### **8.5 *Matematické modelování vazby tkaniny***

Ve skutečné tkanině při provázání dochází k vychýlení vazných bodů nad lícni a pod rubovou rovinu tkaniny. Podrobnější údaje o vystupování vazných bodů z lícni a rubní roviny poskytuje prostorová geometrie. Na vazný bod by mělo být, v rámci prostorové geometrie, nahlíženo komplexně, jako na společné působení parametrů účinkujících v příčném i v podélném směru.

### **8.6 *Plošná geometrie tkaniny***

Posuzování tkaniny z hlediska plošné geometrie předpokládá převedení znázornění tkaniny z trojrozměrné soustavy do soustavy dvojrozměrné. Potom bude plošnou geometrii tkaniny představovat příčný řez tkaninou v celé délce střídy vazby této tkaniny.

Všechny potřebné zákonitosti ve tkanině lze vyvodit z popisu vzájemných vazeb mezi napjatostí a geometrickými změnami vazné buňky. Pro zachycení a popis vnitřního uspořádání nití ve tkanině je popis oblasti v okolí jednoho zakřížení útku s osnovou nepostačující, protože u neplátnových vazeb dochází ke zkreslení informací o uspořádání nití ve tkanině.

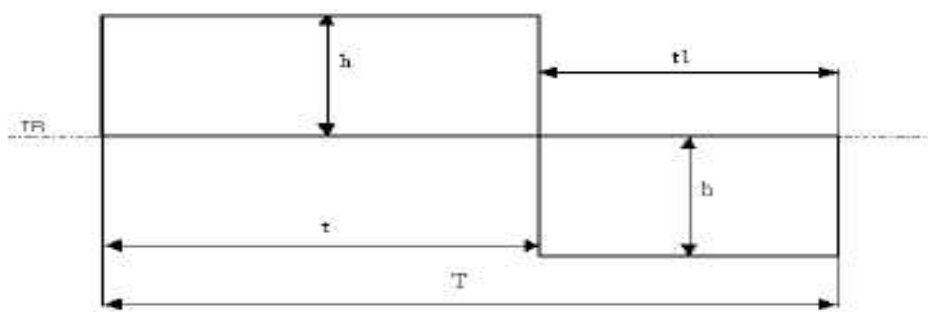


Byla proto vytvořena celá řada pokusů nalézt vhodný model popisující provázání osnovy s útkem, jak v plátnovém, tak i v jiném než plátnovém provázání.

Matematické vyjádření některých modelů, které se vztahují pouze na plátnovou vazbu, se však ukazují, že teoreticky neodpovídají skutečnému provázání, neboť při náhradě jednoduché vazby vazbou složitější bude odpovídající modifikace modelu málo přesná. Jiné modely jsou málo operativní pro stanovení sil, deformací a podobně.

Problematika matematických vyjádření provázání nití ve tkanině je velmi dobře popsána ve skriptech [19]. Všechny uvedené modely využívají pro popis jedné vazné vlny různé typy funkcí. Základní geometrické charakteristiky struktury tkaniny pro vaznou buňku, které jsou potřebné pro popis vzájemných vazeb ve tkanině, lze shrnout do vektorů geometrických parametrů struktury. Jedná se především o parametry tkaniny, které jsou změřitelné a lze je pokládat za parametry vstupní, tedy o průměr nití, rozstup nití a výšku vazných vln. Na základě těchto parametrů je možné vytvořit systém pro popis struktury tkaniny a vyjádřit tento systém soustavou rovnic.

V nejjednodušším případě lze vyjádřit provázání nití bez ohledu na skutečný tvar vazné vlny ve tkanině pomocí popisu sestávajícího ze dvou obdélníků (obr. 6, 7).



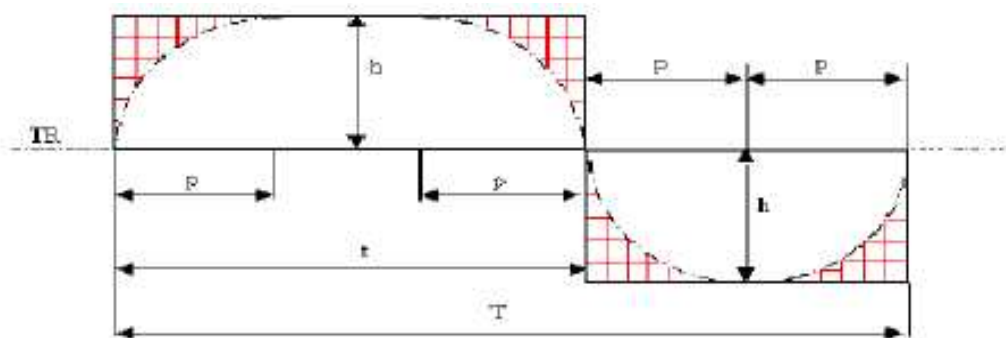
Obr. 6 – Zobecněné provázání nití ve tkanině na základě obdélníkových úseků

T...perioda průběhu vazné vlny

t, t1...úseky periody vazné vlny

h, b...výška vazné vlny

TR...tkací rovina



Obr. 7 – Zobecněné provázání nití ve tkanině včetně přechodových úseků

T...perioda průběhu vazné vlny  
t, t1...úseky periody vazné vlny  
h, b...výška vazné vlny  
TR...tkací rovina  
P, p...přechodové úseky

Popis je definovaný na dílčích intervalech  $(0, t)$  a  $(t, t_1)$ , z celkového intervalu  $T$ , daného střídou vazby. Příslušné obdélníky charakterizují zjednodušený průběh jednoho zdvihu nití nad a pod tkací rovinu jak v případě plátnové, tak i neplátnové vazby [19].

Velikost a délka dílčích intervalů závisí na počtu nití v těchto intervalech a na jejich základních parametrech. Charakteristika daného obdélníkového popisu, je určena vzájemnou polohou nití vzhledem ke tkací rovině.

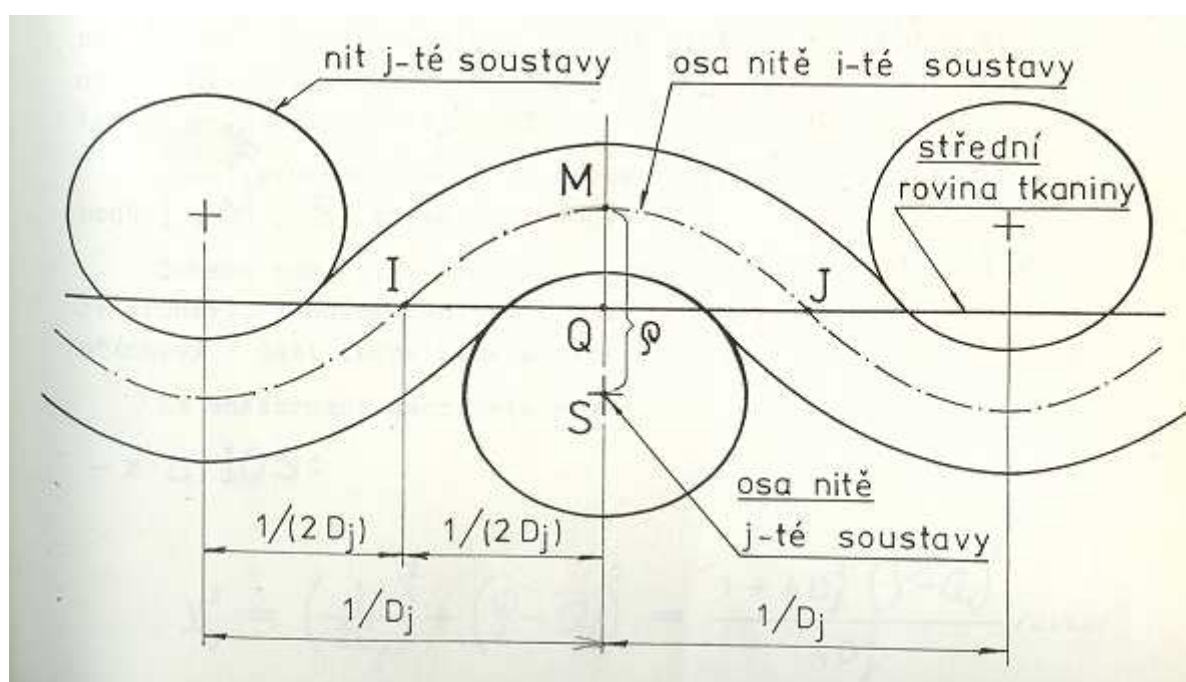
Z důvodu vlastností nití a jejich schopností měnit a přizpůsobovat svůj tvar podle toho, za jakých podmínek došlo k jejich provázání a z důvodu nutnosti brát tedy v úvahu parametry ovlivňující silové i deformační poměry nití ve tkanině, by byl popis na základě dvou obdélníků pro reálnou vazbu nevyhovující.

#### 8.6.1 Matematický model sráživosti podle F. Ch. Bagryho

Z hlediska plošné geometrie řešil problematiku i F. Ch. Bagry [6] ve své disertační práci. V jeho práci byly stanoveny strukturální souvislosti tkanin v plátnové vazbě.

Pomocí schématu (obr. 8), které znázorňuje příčný řez tkaninou plátnové vazby, byl proveden geometrický rozbor parametrů struktury. Na základě geometrického rozboru struktury byla stanovena soustava vztahů, které popisují strukturu tkaniny v plátnové vazbě.

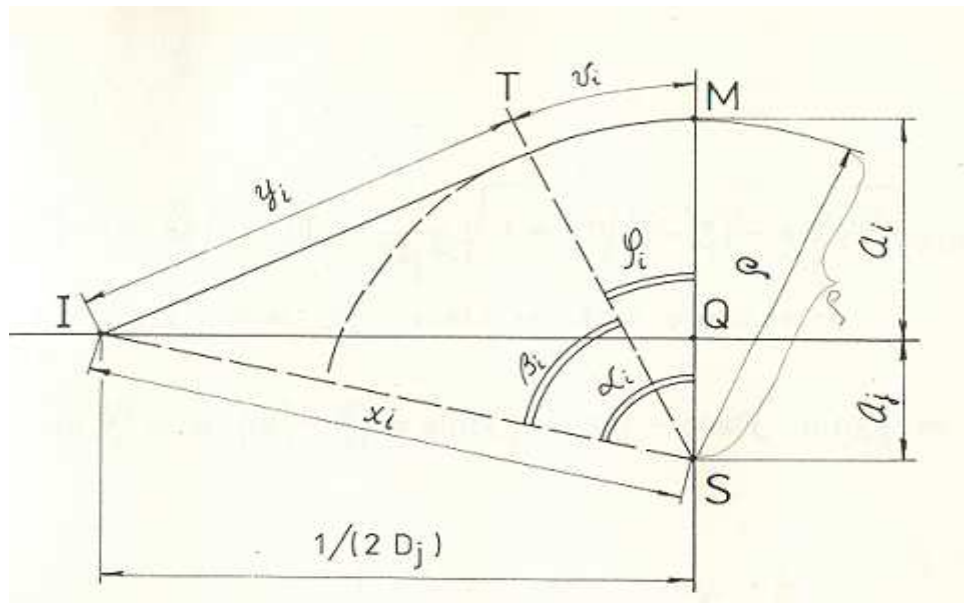
V další části výše uvedené studie je proveden matematický rozbor rozměrových změn a geometrie vysrážené tkaniny. Byla uvažována rezná tkanina, kde sledovaným úsekem je úsek rezné příže, který po opakovaném praní změnil svoji délku. Současně jsou uvažovány bobtnací procesy, které ovlivňují vzájemnou vzdálenost přízí, respektive os útkové a osnovní příže. Struktura tkaniny je popsána graficky na geometrickém obrazu řezu tkaniny (obr. 9).



Obr. 8 – Schematický řez tkaninou plátnové vazby

nit j-té soustavy ...	útek
nit i-té soustavy ...	osnova
$D_j$ ...	dostava j-té soustavy
S ...	osa j-té soustavy
M ...	nejvyšší bod osy i-té soustavy
I, J...	body osy nitě i-té soustavy
Q ...	bod střední roviny tkaniny
$\rho$ ...	vzdálenost os nití i-té a j-té soustavy

Pokud je schematická představa o geometrii řezu tkaninou plátnové vazby idealizovaná, je dosaženo, podle Bagryho, předpokladu, že osa nitě  $i$ -té soustavy je periodická křivka probíhající kolem střední roviny tkaniny, jejíž oblouky jsou kruhové o průměru právě  $\rho$ . Potom je možné vytvořit schéma popisující pouze jeden charakteristický úsek řezu tkaniny plátnové vazby. Tento úsek je analyzován a popsán pomocí matematických rovnic.



Obr. 9 – Schéma části geometrie tkaniny plátnové vazby

$D_j$ ...	dostava $j$ -té soustavy
$Q$ ...	bod střední roviny tkaniny
$S$ ...	osa $j$ -té soustavy
$M$ ...	nejvyšší bod osy $i$ -té soustavy
$I T$ ...	přímkový úsek část tečny ke kružnici
$\alpha_i, \beta_i, \varphi_i$ ...	svírané úhly
$a_i, a_j, x_i, y_i, v_i$ ...	označení jednotlivých úseků
$\rho$ ...	vzdálenost os nití $i$ -té a $j$ -té soustavy

Odvozená matematická soustava rovnic pak slouží jako základ k popisování geometrie a rozměrových změn vysrážené tkaniny. Je-li uvažováno, že popisovaná tkanina je tkanina v režném stavu, potom je úsek  $(y_i + v_i)$  úsekem režné příze, na kterém se při opakovaném praní projeví rozměrová změna, tedy sražení.

Současně se vlivem bobtnání změní i délka úseku  $\rho$ . Výsledným efektem bude změna polohy bodů I a Q, což se promítne do dostavy nití j-té soustavy.

Je-li nahrazen pojem úsek režné příze  $(y_i + v_i)$  pojmem úsek osnovní nití a současně řečeno, že dojde ke změně vzdáleností os nití i-té a j-té soustavy vlivem bobtnání, lze říci, že dojde i k rozměrové změně v celé dostavě osnovy.

Analogicky lze předpokládat, že podobně jako se bude rozměrově měnit dostava osnovy tkaniny, bude se měnit i dostava útku.

Na základě celého analytického rozboru byly stanoveny vztahy, pomocí kterých lze při znalosti sráživosti přízí a rozměrových změn tkaniny stanovit setkání a dostavy vysrážené tkaniny. Indexy i, j jsou pro potřebu matematického vyjádření vzorcem nahrazeny indexy „o“ pro osnovu a „u“ pro útek.

$$D_o^* = \frac{D_o}{(1 - \phi_u)} \quad (3)$$

$D_o^*$  ...dostava osnovy tkaniny po praní

$D_o$  ...dostava osnovy tkaniny před praním

$\phi_u$  ...sráživost příze v útku

$$D_u^* = \frac{D_u}{(1 - \phi_o)} \quad (4)$$

$D_u^*$  ...dostava útku tkaniny po praní

$D_u$  ...dostava útku tkaniny před praním

$\phi_o$  ...sráživost příze v osnově

$$s_o^* = \frac{(1 + s_o) * (1 - \phi_{p_o})}{1 - \phi_o} \quad (5)$$

$s_o^*$  ...setkání osnovy po praní

$s_o$  ...setkání osnovy před praním

$\phi_o$  ...sráživost tkaniny po osnově

$\phi_{p_o}$  ...sráživost příze v osnově

$$s_u^* = \frac{(1 + s_u) * (1 - \phi_{p_u})}{1 - \phi_u} \quad (6)$$

$s_u^*$  ...setkání útku po praní

$s_u$  ...setkání útku před praním

$\phi_u$  ...sráživost tkaniny po útku

$\phi_{p_u}$  ...sráživost příze v útku

Dalšími úpravami vztahů pro výpočet dostavy (3), (4) lze získat rovnice (7), (8), vyjadřující matematickou závislost dostavy a celkové sráživosti tkaniny po útku i po osnově.

$$\phi_u = 1 - \frac{D_o}{D_o^*} \quad (7)$$

$\phi_u$  - sráživost tkaniny po útku

$D_o$  - dostava osnovy před praním

$D_o^*$  - dostava osnovy po praní

$$\phi_o = 1 - \frac{D_u}{D_u^*} \quad (8)$$

$\phi_o$  - sráživost tkaniny po osnově

$D_u$  - dostava útku před praním

$D_u^*$  - dostava útku po praní

Dostavy tkaniny  $D_u$ ,  $D_o$  lze stanovit vhodným výpočtem. Dostavu tkaniny lze stanovit podle vztahu (9).

$$D = \frac{n}{l} \quad (9)$$

$n$  ...počet nití na měřenou délku (např. 10 mm pod tkalcovskou lupou)

$l$  ...je měřená délka

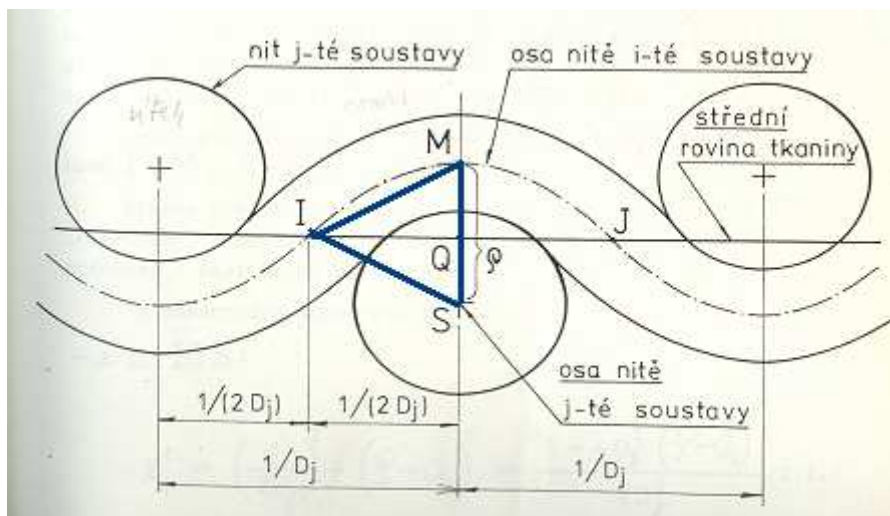
Dostavu je pak třeba přepočítat na počet nití na 100 mm. Dostava se měří buď počítáním nití na vyznačenou délku, nebo přesnějším postupem stanovení dostavy, spočítáním vypáraných nití osnovy a útku ze vzorku 100 x 100 mm ustřiženého přesně po nití.

Řešení sráživosti v práci F. Ch. Bagry je poměrně obsáhlé a velmi komplexní. Jsou zde brány v úvahu mnohé souvislosti ve struktuře tkaniny, včetně periodických úseků vazné vlny nití  $i$ -té soustavy a úhlů, které tyto úseky svírají s tečnami k nití  $j$ -té soustavy.

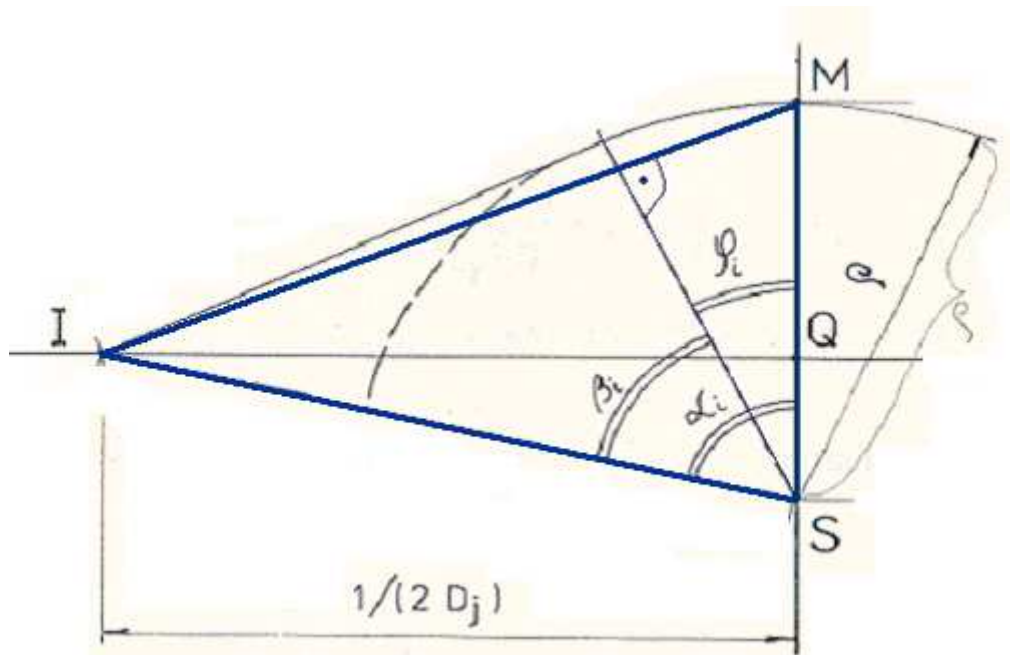
#### 8.6.2 Zjednodušený matematický model sráživosti

Pro potřeby této diplomové práce je studie [6] stěžejním východiskem, avšak vzhledem ke složitosti celé problematiky sráživosti bavlněných tkanin a s ohledem na omezené možnosti získávání materiálů pro experimentální ověřování položených hypotéz je nutné se omezit na nejzákladnější souvislosti mechanismů rozměrových změn, které mají vliv na konečné rozměrové změny bavlněné tkaniny v důsledku působení vlhkosti, respektive v důsledku praní.

Aby bylo možné popsat základní princip srážení bavlněné tkaniny, je možné se omezit pouze na nejdůležitější aspekty, které tuto sráživost způsobují. Zjednodušení matematického modelu řezu tkaniny v plátnové vazbě lze dosáhnout zjednodušením a následným analyzováním pouze části provázání přízí ve tkanině. Základem je trojúhelníkový výsek, ve kterém se sledují přímkové úseky a současně dochází k zanedbání obloukovitého přechodového úseku vazné vlny.



Obr. 10 – Zobrazení oblasti ve schématickém řezu tkaninou plátnové vazby



Obr. 11 – Detail oblasti ve schématickém řezu tkaninou plátnové vazby

$SM = \rho$  ... vzdálenost os osnovní a útkové příže

Vzdálenost bodů SM představuje úsek  $\rho$ . Současně je tento úsek vzdáleností osy osnovní příže od osy příže v útku.



Vyslovíme-li předpoklad, že obloukovité přechodové úseky budou zanedbávány, potom body úsečky SM a SI vytyčí trojúhelník, jehož strany, respektive délky stran, budou geometricky znázorňovat skutečné vzdálenosti přízí v příčném řezu tkaniny.

### *8.6.3 Hypotéza o závislosti konečných rozměrových změn tkaniny na rozměrových změnách ve struktuře tkaniny vlivem působení vlhkosti*

Lze vytvořit jednoduchý matematický model pro definování souvislostí mechanismů rozměrových změn ve tkanině, které ovlivňují konečné rozměrové změny bavlněné tkaniny v důsledku působení vlhkosti, respektive v důsledku praní.

V principu ke srážení dochází tak, že se zvětší průměr příze v útku a průměr příze v osnově v důsledku bobtnání vláken v přízi a tím dojde k posunu vzájemné polohy os osnovní a útkové příze. Protože k nabobtnání dochází více v příčném směru než v podélném, délka sledovaného úseku osnovní příze se zkrátí. Potřeba vyrovnání této délky v celé vazné vlně vede ke srážení tkaniny. Útkové vazné body mají tendenci se přiblížit a tkanina se srazí.

K vytvoření jednoduchého obecného modelu tkaniny, na kterém bude možné základní princip srážení graficky popsat, je nutné definovat podmínky, za kterých bude tento model fungovat. Uvažovaná příze je homogenní a je kruhového průřezu, tkanina je vyrovnaná a platí, že vzdálenost bodů SM představuje úsek  $\rho$ . Současně je tento úsek vzdáleností osy osnovní příze od osy příze útkové. Předpoklad, že vzdálenost bodů SM a vzdálenost bodů SI je totožná a současně rovná  $\rho$  by platil pro vyrovnanou tkaninu v případě mezní dostavy tkaniny.

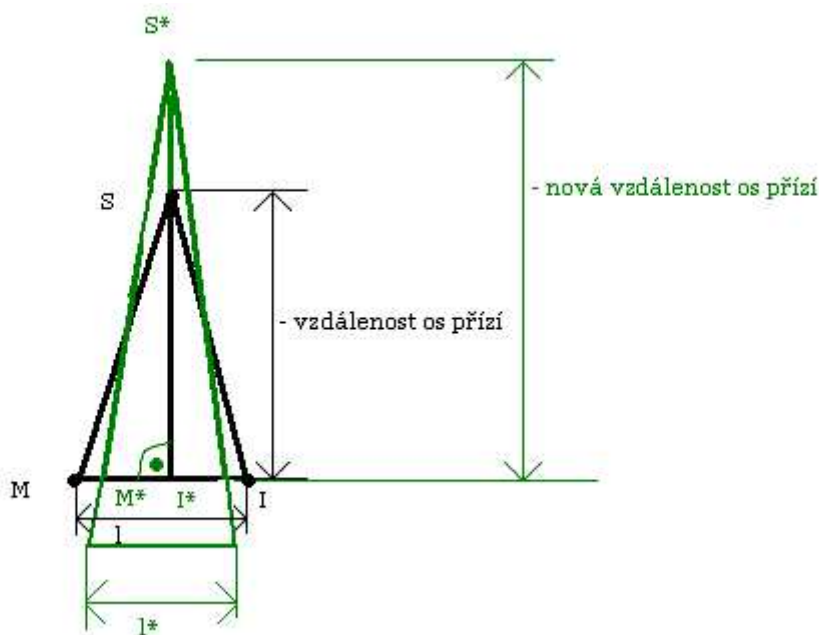
U běžných bavlněných tkanin se zpravidla jemnosti příze použité v osnově a v útku příliš neliší svými parametry a současně se relaxovaná tkanina bude blížit vyrovnané tkanině. Lze tedy předpokládat, že při běžných dostavách běžných tkanin mohou všechny podmínky nastat a budou téměř platit.



Bude-li se úsek  $\rho$ , představující vzdálenost os přízí útkové a osnovní soustavy ve tkanině měnit v závislosti na příčné změně rozměrů příze v důsledku bobtnání vláken a současně, bude-li úsek IM představovat podélný úsek příze ve tkanině  $l$ , na kterém se projeví rozměrová změna v důsledku praní, potom lze předpokládat, že dojde-li ke změně délky úseku  $\rho$  na  $\rho^*$ , projeví se tato změna rovněž změnou délky úseku  $l$  na  $l^*$ .

Na základě teoretických poznatků o rozměrových změnách vláken i přízí, ke kterým dochází v důsledku působení vlhkosti je očekávaná změna délky úseku  $l$  na  $l^*$  taková, že bude platit nerovnost  $l > l^*$ , dojde ke zkrácení příze.

Důvodem tohoto zkrácení úseku  $l$  na  $l^*$  je prokázaný rozdíl [20] v procentuelní změně rozměrů příze ve směru podélném a ve směru příčném. Příčný úsek příze  $\rho$  se změní na hodnotu  $\rho^*$  tak, že hodnota rozměrové změny se bude pohybovat okolo 20 %. Pak se musí nutně změnit i velikost podélného úseku  $l$  na  $l^*$ , přičemž hodnota rozměrové změny v podélném směru je menší než rozměrová změna ve směru příčném. V podélném směru se hodnota bude pohybovat okolo 3 %. Úsek se zkrátí. Graficky je tato skutečnost znázorněna na obrázku 12, detailně na obrázku 13.



Obr. 13 – Detail grafického znázornění změn geometrie sledovaného úseku

Jestliže se zkrátí úsek délky příze jedné soustavy vlivem změny průměru příze soustavy druhé, změní se z hlediska rozměrových změn i celá tkanina.

Vzhledem k tomu, že byl matematický model vytvořen na základě geometrických a strukturálních parametrů tkaniny v plátnové vazbě, je třeba vyslovit myšlenku, že ve tkaninách v jiných vazbách než v plátnové, se projeví změny délky příze jinak, vzhledem k rozdílnému provázání soustav osnovních a útkových nití.

Důležitý vliv na konkrétní hodnotu rozměrové změny bude mít dostava tkaniny a jemnost příze, ze které je tkanina vyrobena. Obecně by mělo platit, že dojde k většímu sražení u tkaniny, kde je příze vyrobena z hrubších vláknů. U tkaniny, kde je příze vyrobena z vláken jemnějších bude hodnota sráživosti menší. Tkaniny s hustou dostavou se srazí více než tkaniny s řídkou dostavou. Dále lze předpokládat, že tkaniny ve volnější vazbě, tedy takové, kde se vyskytují flotáže, se srazí méně, než tkaniny s vazbou, ve které jsou příze postaveny těsněji.

## **9 Experimentální zjišťování sráživosti bavlněných tkanin.**

Aby bylo možné provést experimentální měření, byl vydefinován soubor vzorků a zvolena experimentální metoda zkoušení. Získané výsledky měření byly statisticky a graficky vyhodnocovány.

Upravování, značení a zkoušení vybraného souboru vzorků tkanin probíhalo v souladu s normami upravujícími zkoušení textilních materiálů. Pro potřeby této diplomové práce byly vzorky zkoušeny z hlediska jejich rozměrových změn ve vzájemné interakci s vodou, sráživosti.

Aby byly výsledky provedených měření srovnatelné, byly zvoleny podmínky vzdušné vlhkosti, teploty a klimatizační podmínky pro zkoušení sráživosti.

Výběr vzorků se řídil zejména tím, k jakému účelu a jaké parametry byly na vzorcích měřeny. Volba velikosti souboru vzorků byla značně omezená jejich nesnadnou dostupností, neboť rozměry textilního vzorku kladly vysoký nárok na množství a parametry tkaniny.

## 9.1 Soubor vzorků

Pro vlastní experimentální měření byl použit soubor vzorků, které byly zhotoveny v textilním závodě Perla.

Akciová společnost Perla byla založena na základě privatizačního projektu státního podniku založeného v roce 1989. Perla je pokračovatelem tradice Ústecké textilní výroby, jejíž začátky sahají až do šestnáctého století.

K dispozici byly rezné vzorky tkanin ze 100 % bavlny. Jemnost útku je 20 tex, jemnost osnovy je 20 tex. Technologie použitá k výrobě příze byla u všech typů stejná, jednalo se o rotorovou přízi.

<i>Vzorek č.:</i>	<i>Vazba</i>	<i>Dostava / 10 cm osnova</i>	<i>Dostava / 10 cm útek</i>
1.	Atlas 2/4	388	350
2.	Atlas 5/1	388	350
3.	Kepr 2/4	388	350
4.	Kepr 2/1	388	350
5.	Ryps 3/3	388	350
6.	Panama 3/3	388	350
7.	Plátno	388	350

### 9.1.1 Příprava a označování vzorků

Vzorky byly odebrány přes celou šířku tkaniny v délce 600 mm po osnově a byly odstříženy tak, že minimálně jedna strana byla rovnoběžná s osnovou a nebo útkem. Zkušební vzorek byl odstřížen 50 mm od pevného okraje tkaniny. Z každé ze sedmi tkanin v různých vazbách byly odebrány čtyři vzorky. Velikost zkušební vzorku je 600 × 600 mm, protože se jednalo o tkaninu v hotové šíři.

Okraje vzorků byly zajištěny ne příliš těsným obšitím tak, aby jednotlivé nitě nevyklouzávaly z vazných bodů.

Vzorek byl položen na rovnou plochu tak, aby se netvořily záhyby a na vzorcích bylo vyznačeno číslo vzorku, směr osnovy, směr útku a typ tkaniny. Dále byly na každém vzorku označeny tři úseky ve směru osnovy a tři úseky ve směru útku. Vzdálenosti značení měly rozpětí 500 mm, jejich počátek byl 50 mm od kraje a mezery mezi jednotlivými vzdálenostmi byly přibližně 230 mm. Značení bylo provedeno nevypratelným fixem na textil.

### *9.1.2 Zkoušení vzorků*

Aby byly simulovány podmínky spotřebitelského praní, byla pro zkoušení vzorků zvolena experimentální metoda praní v automatické pračce, ve vodní lázni s příměsí běžného pracího prostředku na bílé prádlo. Množství přidaného detergentu se řídilo doporučeným dávkováním výrobce. U zvoleného pracího prostředku bylo doporučeno přidat 140 g prášku na standardní náplň pračky, která činila 5 kg suchých textilií. Pro dodržení standardní náplně pračky a tak i předepsaného poměru lázně ke vzorkům, byl soubor vzorků doplněn při praní o zbytkové kusy tkaniny. Bavlněné tkaniny se zkoušejí blízko bodu varu, proto byla zvolena teplota 90 °C. K vyjmutí vzorků se přistoupilo těsně před odstředěním, aby nedošlo k jejich namáhání, nebo poškození a daly se sušit ve vodorovné poloze na filtračním papíru. Tím bylo zajištěno dostatečné proudění vzduchu nad i pod vzorkem a zamezeno deformaci vzorků.

Poté byly vyžehleny žehličkou bez přítlaku a bez použití napařování. Teplota při žehlení byla  $(150 \pm 15)$  °C. Tím se vyrovnaly záhyby vzniklé praním a sušením a vzorek tak byl připraven k měření.

Počet praní byl stanoven na celkový počet 5 praní, neboť podle získaných poznatků vyplývajících ze sráživosti přízí [20] dochází po pátém praní ke stabilizaci rozměrů tkaniny a tkanina se dále nesráží.

Klimatizační podmínky pro všechny stupně zkoušení byly stejné. Za normální zkušební ovzduší se považovalo ovzduší s relativní vlhkostí vzduchu  $(65\pm 2)\%$  a s teplotou  $(20\pm 2)\text{ }^\circ\text{C}$ .

K měření délky úseků vyznačených na vzorcích bylo použito délkové měřidlo. Na vzorcích tkanin bylo provedeno celkem 12 měření u každého typu vazby. Měření bylo provedeno s přesností na 1 mm a naměřené hodnoty byly zaznamenávány do tabulek uvedených v příloze 1.

## 9.2 Diskuse

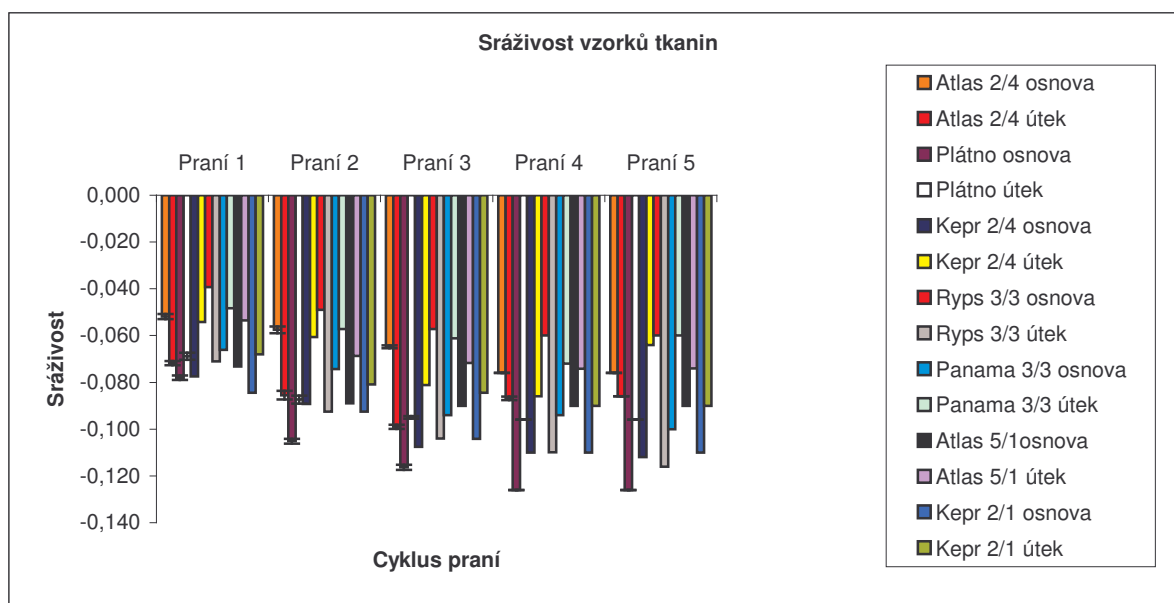
Byly zjišťovány hodnoty sráživosti vzorků bavlněných tkanin v různých vazbách. Tyto sráživosti byly měřeny a zaznamenávány do tabulek po každém z pěti cyklů praní. Výsledkem bylo 12 hodnot ve směru útku a 12 hodnot ve směru osnova pro celkem 7 vzorků režných bavlněných tkanin. Statistickými metodami byla otestována normalita na základě analýzy malých výběrů a dopočítány hodnoty průměrné sráživosti. Hodnoty sráživosti po pátém cyklu praní byly nejprve vztaženy vzhledem k počáteční hodnotě, tedy k rozměru vyznačenému před praním. Sráživost byla vyjádřena v délkových jednotkách a pro srovnání i v procentech. Tyto hodnoty sráživosti jsou uvedeny v tabulce 2, komplexně pak v příloze 1, měření sráživosti vzorků tkanin.

Tab. 2 – Sráživost vzorků tkanin vzhledem k počáteční hodnotě rozměrů $l_0$							
Vzorek	Atlas 2/4 osnova	Plátno osnova	Kepr 2/4 osnova	Ryps 3/3 osnova	Panama 3/3 osnova	Atlas 5/1 osnova	Kepr 2/1 osnova
Sráživost k $l_0$ [cm]	3,8	6,3	5,6	3	5	4,5	5,5
Sráživost k $l_0$ [%]	7,6	12,6	11,2	6	10	9	11
Vzorek	Atlas 2/4 útek	Plátno osnova	Kepr 2/4 útek	Ryps 3/3 útek	Panama 3/3 útek	Atlas 5/1 útek	Kepr 2/1 útek
Sráživost k $l_0$ [cm]	4,3	4,8	3,2	5,8	3	3,7	4,5
Sráživost k $l_0$ [%]	8,6	9,6	6,4	11,6	6	7,4	9

Hodnoty sráživosti vzorků bavlněných tkanin byly vyneseny do grafu 1, sráživost vzorků tkanin. Z něj je pak jasně patrné, jak se tkaniny srážely oproti původní délce v jednotlivých cyklech praní.

Všechny tkaniny s výjimkou tkaniny ve vazbě atlas 2/4 a tkaniny ve vazbě ryps 3/3 se srážely ve směru osnova více než ve směru útku, což je dáno tím, že tkaniny s vyšší dostavou se obecně srazí víc, než tkaniny s dostavou nižší. Tkanina ve vazbě atlas 2/4 a tkanina ve vazbě ryps 3/3 vykazovaly ve směru osnova sráživost nižší než ve směru útku.

Graf 1 – Sráživost vzorků tkanin



Pro podrobnější porovnání sráživosti tkanin v různých vazbách je vhodné sledovat sráživost vždy v jednom směru, tedy buď ve směru osnova, nebo ve směru útku. Grafy vzájemného srovnání pouze hodnot, které vykazovala tkanina ve směru útku nebo ve směru osnova jsou uvedeny v příloze 2, sráživost vzorků tkanin v osnově a příloze 3, sráživost vzorků tkanin v útku.

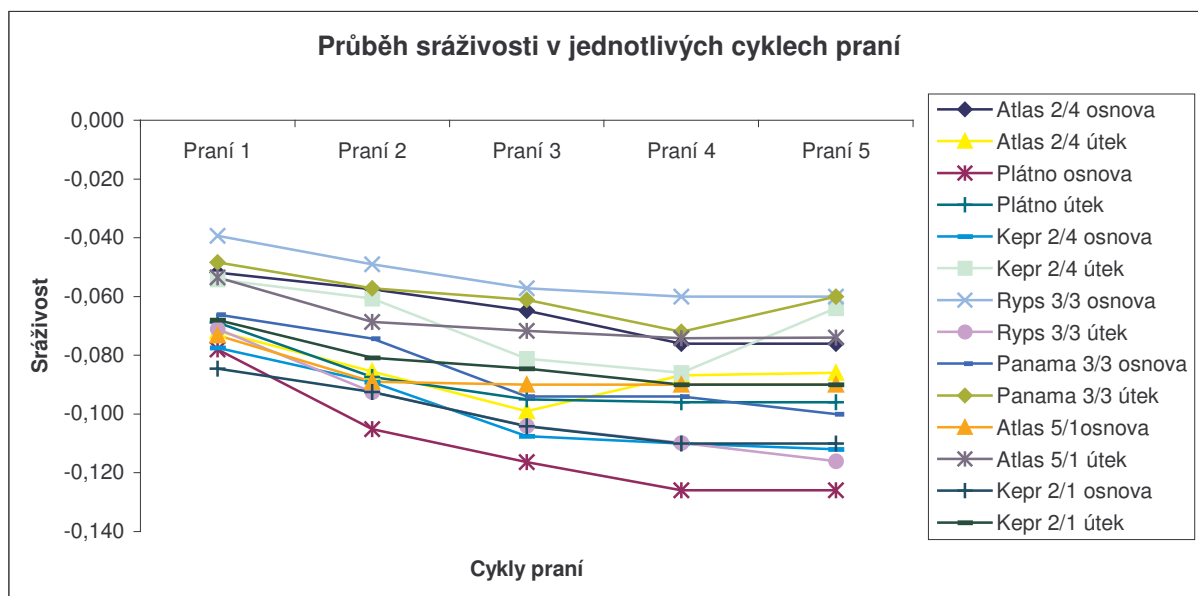


Zajímavým se jeví ustalování sráživosti vzorků tkanin znázorněné v grafu 2, průběh sráživosti během cyklů praní. Průběh sráživosti byl sledován ve vztahu k počátečním hodnotám rozměrů tkaniny a v průběhu všech pěti cyklů praní podle hodnot uvedených v příloze 4, průměrné hodnoty sráživosti tkanin vzhledem k počátečním hodnotám rozměrů tkaniny.

K největšímu sražení tkanin dochází po prvním cyklu praní. Předpokládá se, že po dokončení výroby ještě není tkanina plně relaxovaná. Během prvního cyklu praní dojde k uvolnění vnitřního pnutí ve tkanině, což vede k relativně velkému sražení tkaniny už během prvního cyklu praní. V dalších cyklech praní jsou již hodnoty sražení závislé především na samotném bobtnání přízí. Ke stabilizaci sráživosti dochází u většiny tkanin ve čtvrtém cyklu praní a hodnoty sráživosti se pak ve čtvrtém a pátém cyklu praní z pravidla neliší.

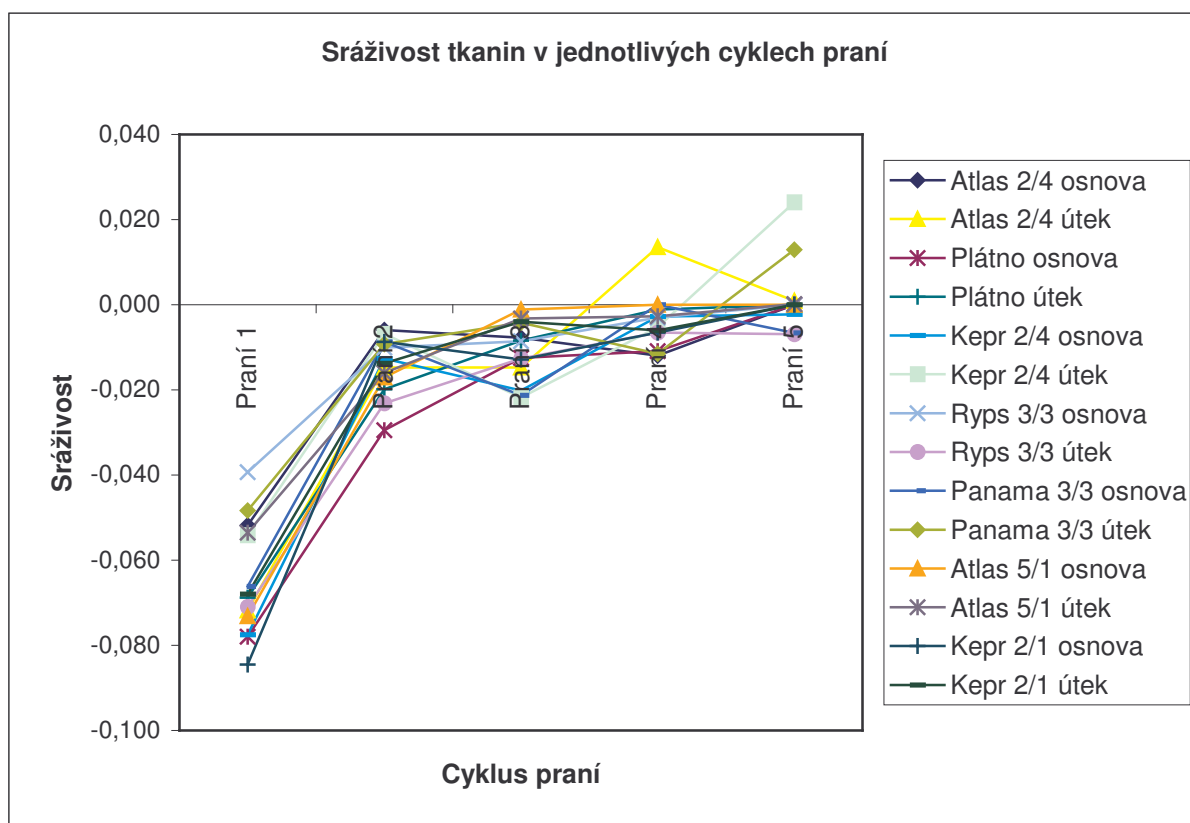
Výjimku tvoří tkanina ve vazbě atlas 2/4, kepr 2/4 a tkanina ve vazbě panama 3/3. U těchto tkanin došlo po třetím nebo čtvrtém praní k opětovnému roztažení vzorku.

Graf 2 – Průběh sráživosti během cyklů praní



Pro srovnání sráživosti se hodí i posuzování velikosti změn mezi jednotlivými cykly praní podle grafu 3, sráživost tkanin v jednotlivých cyklech praní. Tyto změny jsou vztaženy vždy k předešlému pracímu cyklu tak, že výsledkem jsou rozdíly sráživosti v jednotlivých cyklech. Komplexní hodnoty jsou uvedeny v příloze v příloze 5, průměrné hodnoty sráživosti tkanin v jednotlivých cyklech praní.

Graf 3 – Sráživost tkanin v jednotlivých cyklech praní



Z grafu 3 vyplývá, že po prvním cyklu praní je sráživost bavlněné tkaniny největší. Logicky se znova projeví jistá odlišnost u vzorků tkanin ve vazbách panama 3/3, atlas 2/4 a kepr 2/4.

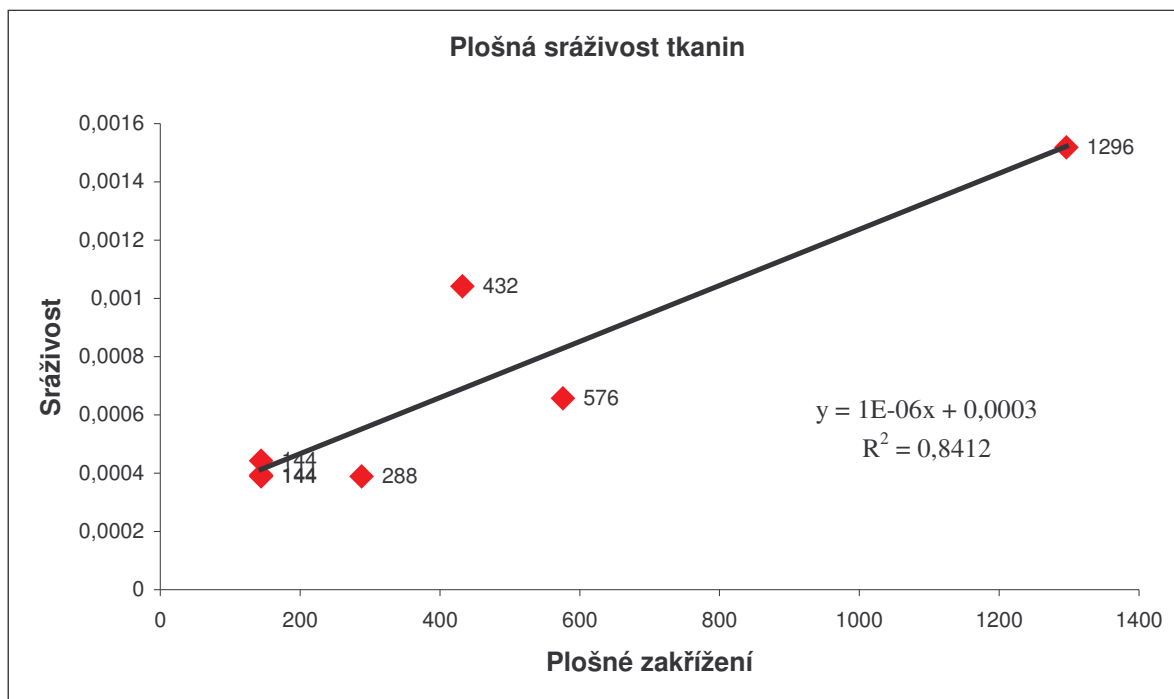
Pro podrobnější analýzu byla uvažována závislost sráživosti bavlněných tkanin na počtu zakřížení přízí v osnově a útku. Byly spočteny body zakřížení v obou soustavách přízí podle nákresu vazby jednotlivých tkanin. Nákresy vazeb jsou uvedeny v příloze 6, zobrazení vazeb tkanin.

Při zpracovávání hodnot bylo zanedbán první cyklus praní, ve kterém se, jak už bylo řečeno, projevuje relaxace tkaniny. Posuzována byla změna sráživosti mezi prvním a pátým cyklem praní. Z grafického srovnání sráživosti v cyklech praní 2-5 v závislosti na počtu zakřížení v osnově a útku, uvedeného v příloze 7, sráživost v cyklech praní 2-5 v závislosti na počtu zakřížení v osnově a útku, však nevyplývala očekávaná souvislost. Hodnoty nevykázaly linearitu. To poukázalo na skutečnost, že zakřížení osnovy nemá rozhodující vliv na sráživost tkanin a současně ani zakřížení útku na sráživost tkanin nepůsobí nijak významně.

Výše uvedené poznatky o vlivu počtu zakřížení na sráživost tkaniny však vedly na myšlenku posuzovat data z plošného hlediska. Vypočetlo se tedy plošné zakřížení vzájemným vynásobením hodnot zakřížení v osnově a v útku a bylo vztaheno vzhledem k plošné sráživosti tkanin. Plošná sráživost tkanin byla získána obdobným způsobem, pronásobením hodnot sráživosti v osnově a v útku. Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v příloze 8, průměrné plošné zakřížení a průměrná plošná sráživost tkaniny. Vypočtené hodnoty byly vyobrazeny do grafu 4, plošná sráživost v závislosti na plošném zakřížení tkanin.

Z grafu 4 je patrné, že plošné zakřížení je trendem. Z tohoto trendu vyplývá, že sráživost tkaniny závisí na interakci osnovy a útku.

Graf. 4 – Plošná sráživost v závislosti na plošném zakřivení tkanin



<i>Vzorek tkaniny</i>	<i>Plošné zakřivení</i>
Atlas 2/4	288
Plátno	1296
Kepr 2/4	144
Ryps 3/3	432
Panama 3/3	144
Atlas 5/1	144
Kepr 2/1	576

## **10 Závěr**

Cílem této diplomové práce byla analýza závislosti konečných rozměrových změn bavlněné tkaniny na rozměrových změnách v jednotlivých stupních struktury tkaniny v důsledku působení vlhkosti.

V bavlněné tkanině se projevují změny rozměrů v jednotlivých stupních struktury tkaniny zkrácením délky tkaniny. Toto zkrácení délky se projevuje jak ve směru osnovy, tak ve směru útku. Konkrétní výsledky byly podrobně popsány v předcházejících kapitolách.

Souhrnně je možné říci, že podstatou mechanismu rozměrových změn v důsledku působení vlhkosti je bobtnání vláken na bázi celulózy. U bavlněných tkanin dochází vlivem bobtnání vláken k oddalování os osnovních a útkových přízí. Důsledkem této skutečnosti je sražení tkaniny. Projev rozměrové změny v důsledku působení vlhkosti se ukázal jako zcela přirozený fyzikálně-mechanický jev, který nelze jednoduše odstranit, nebo v podstatné míře omezit.

Současně bylo dokázáno tvrzení, že důležitý vliv na konkrétní hodnotu rozměrové změny bude mít dostava tkaniny a jemnost příze, ze které je tkanina vyrobena. U většiny tkanin došlo k většímu sražení ve směru osnovy, neboť dostava osnovy byla v tomto směru vyšší, než dostava ve směru útku.

Nelze však říci, že závislost rozměrových změn na dostavě tkaniny bude spolu s jemností příze jediným parametrem, který rozměrové změny ovlivňuje. U vzorků tkanin s volněji uspořádanými nitěmi ve vazbě tkaniny toto tvrzení neplatí jednoznačně, což vedlo na myšlenku, že se projevuje jistý vliv plošného zakřížení přízí osnovy a útku na celkovou plošnou sráživost tkaniny.

Potlačit sráživost bavlněné tkaniny je částečně možné pouze v průběhu technologických procesů, což se provádí pomocí různých úprav v jednotlivých stupních zpracování.

Zamezení sráživosti lze dosáhnout pouze zamezením bobtnání bavlněných vláken, což se z hlediska textilní technologie jeví jako nereálné. Provedením opakovaného vysrážení tkaniny v takovém stupni technologie, kde tento jev není komplikací, lze dosáhnout velkému omezení projevů rozměrových změn bavlněné tkaniny. Je však nutné brát v úvahu skutečnost, že bavlněná tkanina reaguje v interakci s vlhkostí po celou dobu své životnosti.

Při projektování vlastností bavlněných tkanin je užitečné znát parametry tkaniny ve vysráženém stavu, neboť je pak možné odhadnout sráživost této bavlněné tkaniny a tím přizpůsobit i podmínky v průběhu celého výrobního procesu.

Hlavním výsledkem této práce je poznatek, že bobtnací procesy v bavlněných vláknech způsobují oddálení os osnovní a útkové příze. V důsledku tohoto oddálení dochází ke zkrácení délky i šířky tkaniny. Změna rozměrů bavlněné tkaniny závisí na plošném provázání osnovních a útkových přízí ve tkanině. Výsledky této diplomové práce potvrzují a posilují již dříve publikované hypotézy. Hlubší a dokonalejší pochopení zákonitostí tvorby textilií by mělo být námětem dalšího studia.

## Seznam použité literatury

- [1] Militký, J.: Textilní vlákna, skripta TU Liberec, 1995
- [2] Staněk, J.: Textilní zbožíznalství – Vlákenné suroviny, příze a nitě, skripta TU Liberec, 2001
- [3] Staněk, J.: Hynčincová, J., Kovačič, V., Nauka o textilních materiálech, skripta TU Liberec, 1986
- [4] Pospíšil, Z.: Příručka textilního odborníka, SNTL Praha, 1981
- [5] Krebsová, M., Kvapil, M.: Zušlechťování textilií, skripta, VŠST v Liberci, 1989
- [6] Bagry, Ch. J.: Příspěvek ke stovení sráživosti bavlněných přízí a tkanin
- [7] Česká norma ČSN EN 20139 ( 80 0056) Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení, 1994
- [8] Česká norma ČSN EN 25077 ( 80 0822) Zjišťování změn rozměrů po praní a sušení, 1996
- [9] Česká norma ČSN EN 26330 ( 800821) Postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií, 1996
- [10] Kovář, R.: Teorie pletení, skripta, Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1986
- [11] Česká norma ČSN EN ISO 3759 (800825) Příprava, označování a měření vzorků plošných textilií a oblečení při zkouškách pro zjišťování změny rozměrů, 1994
- [12] Meloun, M., Militký, J.: Statistické zpracování experimentálních dat, Univerzita Pardubice, 1996
- [13] Hladík, V.: Textilní vlákna, SNTL, 1970
- [14] <http://www.dtest.cz/>, Občanské sdružení spotřebitelů Test
- [15] Křivánková, M., Dostálová, M.: Základy textilní a oděvní výroby, skripta TU Liberec, 2001
- [16] Neckář, B.: Příze, SNTL, 1990
- [17] Sommer, H, Winkler, F.: Prüfung der Gebrauchseigenschaften, str. 1198
- [18] Česká oborová norma ON 80 0301 Zpracování výsledků měření při zkouškách měření textilií, 1974
- [19] Sirková, B.: Vybrané partie ze struktury tkaniny, skripta TU Liberec, 2004
- [20] Uherová, M.: Sráživost rotorových přízí, diplomová práce, 2006
- [21] Goijer, H.: Flow resistance of textile materials. Thesis UT Enschede 1998, ISBN 90 36 511 240
- [22] Havrdová, M.: Příspěvek k hodnocení prodyšnosti oděvních tkanin. Disertační práce, TU Liberec 2004

## 11 Přílohy

### Příloha 1 – Měření vzorků tkanin

Tab. 2 – Měření vzorku tkaniny atlas 2/4																	
<i>Osnova:</i>	<i>Měření:</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$\bar{x}$ [cm]	s [cm]	v [%]	$\pm\delta$ [cm]
<i>Vzorek:</i>																	
<b><i>Atlas 2/4</i></b>	<i>Praní 1</i>	47,5	47,5	47,3	47,2	47,4	47,5	47,4	47,5	47,4	47,3	47,4	47,5	47,408	0,099	0,21	0,063
	<i>Praní 2</i>	47,2	47,3	47	46,9	47,1	47,3	47,2	47,2	47,1	47	47	47,2	47,125	0,128	0,273	0,081
	<i>Praní 3</i>	46,8	46,8	46,7	46,8	46,7	46,8	46,8	46,8	46,7	46,7	46,7	46,8	46,758	0,051	0,11	0,032
	<i>Praní 4</i>	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	0	0	0
	<i>Praní 5</i>	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [cm]		3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [%]		7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	0	0	0
<i>Útek:</i>	<i>Měření:</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$\bar{x}$ [cm]	s [cm]	v [%]	$\pm\delta$ [cm]
<i>Vzorek:</i>																	
<b><i>Atlas 2/4</i></b>	<i>Praní 1</i>	46,4	46,3	46,4	46,5	46,5	46,4	46,5	46,3	46,5	46,4	46,4	46,3	46,408	0,079	0,171	0,05
	<i>Praní 2</i>	45,8	45,5	45,6	45,9	45,9	45,6	46	45,5	45,8	45,7	45,6	45,8	45,725	0,166	0,362	0,105
	<i>Praní 3</i>	45	45	45	45	45,1	45	45,2	45	45,1	45,2	45	45	45,05	0,079	0,177	0,05
	<i>Praní 4</i>	45,7	45,6	45,7	45,7	45,7	45,6	45,7	45,5	45,7	45,7	45,6	45,7	45,658	0,067	0,146	0,042
	<i>Praní 5</i>	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [cm]		4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [%]		8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	0	0	0



Tab. 3 – Měření vzorku tkaniny plátno

<i>Osnova:</i>	<i>Měření:</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$\bar{x}$ [cm]	s [cm]	v [%]	$\pm\delta$ [cm]
<i>Vzorek:</i>																	
<b><i>Plátno</i></b>	<i>Praní 1</i>	46	46,2	46,1	46	46	46,2	46,1	46,1	46	46,2	46,2	46,1	46,1	0,085	0,185	0,054
	<i>Praní 2</i>	44,8	44,7	44,6	44,8	44,8	44,7	44,9	44,8	44,8	44,7	44,7	44,6	44,742	0,09	0,201	0,057
	<i>Praní 3</i>	44,2	44,3	44,1	44,2	44,2	44,1	44,3	44,2	44,3	44,1	44,2	44	44,183	0,094	0,212	0,056
	<i>Praní 4</i>	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	0	0	0
	<i>Praní 5</i>	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [cm]		6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [%]		12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	0	0	0
<i>útek:</i>	<i>Měření:</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$\bar{x}$ [cm]	s [cm]	v [%]	$\pm\delta$ [cm]
<i>Vzorek:</i>																	
<b><i>Plátno</i></b>	<i>Praní 1</i>	46,7	46,5	46,5	46,4	46,7	46,4	46,5	46,7	46,7	46,4	46,5	46,7	46,558	0,131	0,282	0,083
	<i>Praní 2</i>	45,8	45,6	45,4	45,4	45,8	45,5	45,6	45,7	45,8	45,6	45,6	45,8	45,633	0,149	0,328	0,095
	<i>Praní 3</i>	45,3	45,2	45,3	45,2	45,3	45,2	45,2	45,2	45,3	45,3	45,3	45,2	45,25	0,052	0,115	0,033
	<i>Praní 4</i>	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	0	0	0
	<i>Praní 5</i>	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [cm]		4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [%]		9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	0	0	0

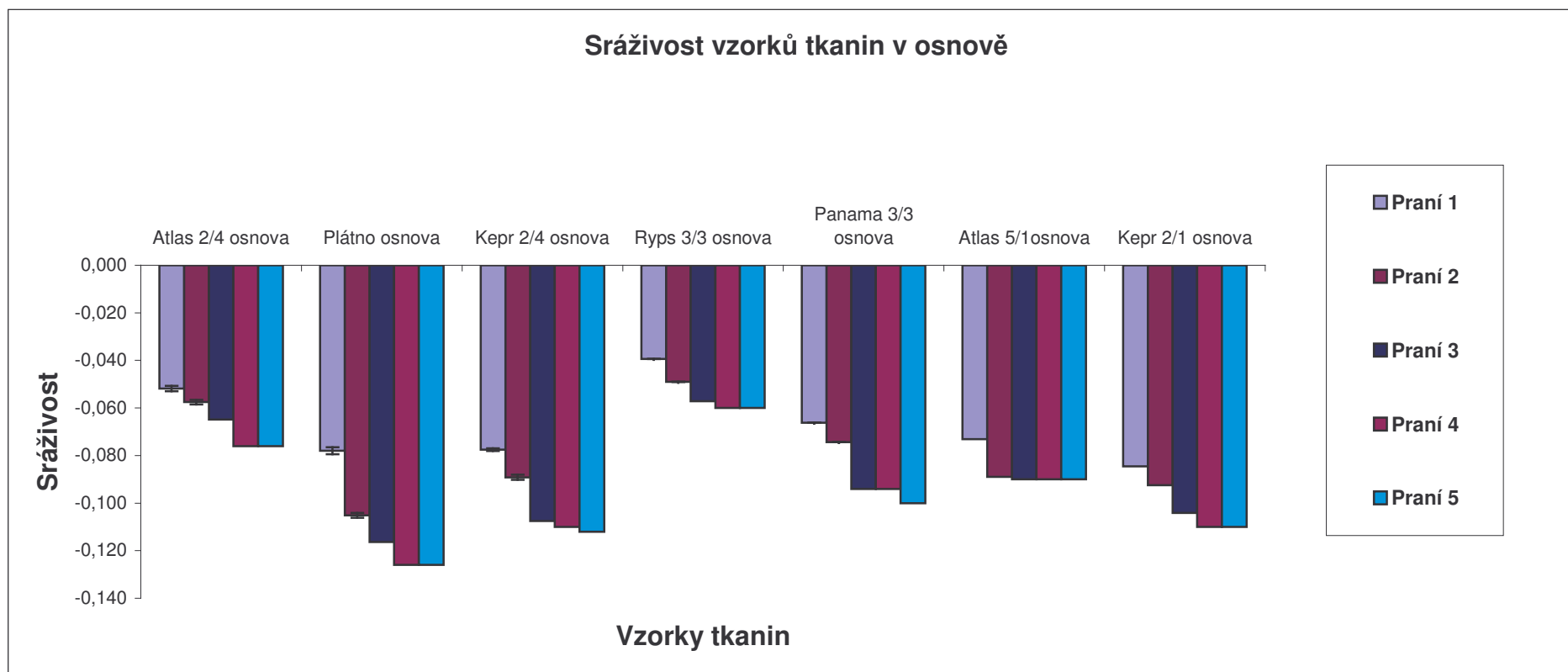
Tab. 4 – Měření vzorku tkaniny kepr 2/4																	
<i>Osnova</i>	<i>Měření:</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$\bar{x}$ [cm]	s [cm]	v [%]	$\pm\delta$ [cm]
<i>Vzorek:</i>																	
<b>Kepr 2/4</b>	<i>Praní 1</i>	45,9	46	46,1	46,3	46,2	46	46,2	46,3	46,2	46	46,1	46,2	46,125	0,129	0,279	0,082
	<i>Praní 2</i>	45,1	45,5	45,6	45,7	45,4	45,5	45,4	45,6	45,7	45,5	45,7	45,8	45,542	0,188	0,413	0,119
	<i>Praní 3</i>	44,7	44,5	44,7	44,5	44,5	44,7	44,6	44,7	44,6	44,6	44,7	44,7	44,625	0,087	0,194	0,055
	<i>Praní 4</i>	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	0	0	0
	<i>Praní 5</i>	44,4	44,4	44,4	44,4	44,4	44,4	44,4	44,4	44,4	44,4	44,4	44,4	44,4	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [cm]		5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [%]		11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	0	0	0
<i>útek:</i>	<i>Měření:</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$\bar{x}$ [cm]	s [cm]	v [%]	$\pm\delta$ [cm]
<i>Vzorek:</i>																	
<b>Kepr 2/4</b>	<i>Praní 1</i>	47,2	47,2	47,4	47,2	47,3	47,5	47,3	47,4	47,2	47,2	47,2	47,4	47,292	0,108	0,229	0,069
	<i>Praní 2</i>	46,8	46,9	47,1	46,9	47	47,2	47	47,1	46,9	46,8	46,8	47,1	47,008	0,183	0,389	0,116
	<i>Praní 3</i>	45,8	45,9	45,9	45,9	46	46,1	46	46	45,9	45,9	45,9	46	45,942	0,079	0,173	0,05
	<i>Praní 4</i>	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	0	0	0
	<i>Praní 5</i>	46,8	46,8	46,8	46,8	46,8	46,8	46,8	46,8	46,8	46,8	46,8	46,8	46,8	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [cm]		3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [%]		6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	0	0	0

Tab. 5 – Měření vzorku tkaniny ryps 3/3																	
<i>Osnova</i>	<i>Měření:</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$\bar{x}$ [cm]	s [cm]	v [%]	$\pm\delta$ [cm]
<i>Vzorek:</i>																	
<b>Ryps 3/3</b>	<i>Praní 1</i>	48	48,1	47,9	48	48	48,1	48	48	47,9	48	48,2	48,2	48,033	0,098	0,205	0,063
	<i>Praní 2</i>	47,6	47,4	47,4	47,5	47,6	47,6	47,5	47,5	47,4	47,5	47,8	47,8	47,55	0,138	0,291	0,088
	<i>Praní 3</i>	47,3	47,1	47,1	47,2	47,1	47,1	47,1	47	47,1	47,1	47,3	47,2	47,142	0,09	0,191	0,057
	<i>Praní 4</i>	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	0	0	0
	<i>Praní 5</i>	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [cm]		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [%]		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	0
<i>útek:</i>	<i>Měření:</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$\bar{x}$ [cm]	s [cm]	v [%]	$\pm\delta$ [cm]
<i>Vzorek:</i>																	
<b>Ryps 3/3</b>	<i>Praní 1</i>	46,3	46,4	46,3	46,3	46,5	46,4	46,5	46,7	46,4	46,5	46,7	46,4	46,45	0,138	0,297	0,088
	<i>Praní 2</i>	44,9	44,9	45,1	45,2	45,6	45,3	45,4	45,7	45,6	45,6	45,6	45,6	45,4	0,322	0,709	0,205
	<i>Praní 3</i>	44,8	44,8	44,8	44,8	44,8	44,8	44,8	44,8	44,8	44,8	44,8	44,8	44,8	0	0	0
	<i>Praní 4</i>	44,5	44,5	44,5	44,6	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	0	0	0
	<i>Praní 5</i>	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [cm]		5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [%]		11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	0	0	0

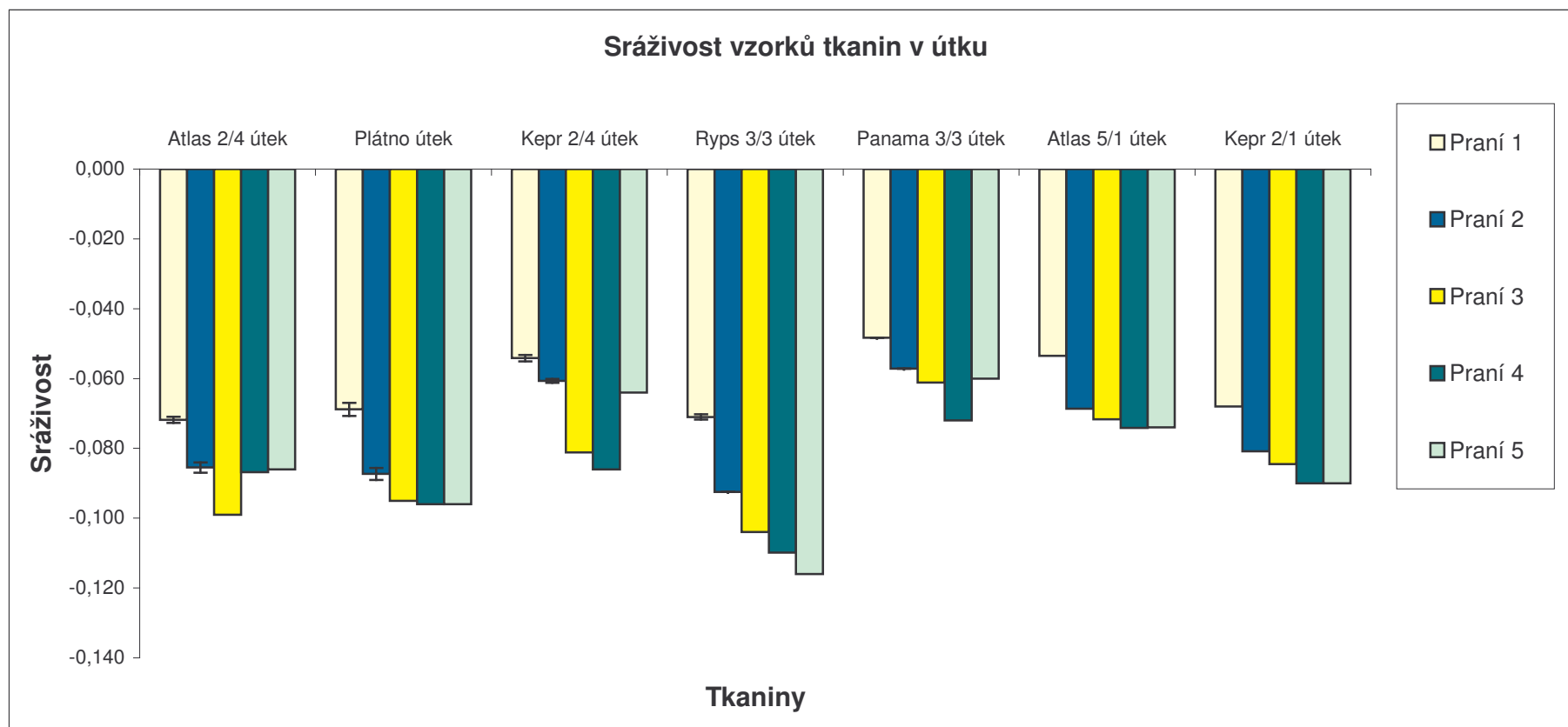
Tab. 6 – Měření vzorku tkaniny panama 3/3																	
Osnova:	Měření:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$\bar{x}$ [cm]	s [cm]	v [%]	$\pm\delta$ [cm]
Vzorek:																	
<b>Panama 3/3</b>	Praní 1	46,7	46,8	46,7	46,7	46,7	46,8	46,8	46,7	46,5	46,7	46,5	46,7	46,692	0,099	0,213	0,063
	Praní 2	46,3	46,4	46,3	46,3	46,2	46,4	46,3	46,3	46,1	46,4	46,1	46,3	46,283	0,103	0,223	0,665
	Praní 3	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	0	0	0
	Praní 4	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	0	0	0
	Praní 5	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [cm]		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [%]		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0
útek:																	
Vzorek:																	
<b>Panama 3/3</b>	Praní 1	47,2	47,1	47,5	47,8	47,8	47,9	48	48	47,5	47,5	47,2	47,5	47,583	0,316	0,663	0,201
	Praní 2	46,8	46,8	47,1	47,4	47,4	47,2	47,2	47,2	47	47	47,4	47,142	0,211	0,447	0,134	
	Praní 3	46,7	46,7	46,8	47,2	47,1	47	47	47	47,1	46,8	46,8	47,1	46,941	0,173	0,369	0,109
	Praní 4	46,4	46,4	46,4	46,4	46,4	46,4	46,4	46,4	46,4	46,4	46,4	46,4	46,4	0	0	0
	Praní 5	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [cm]		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [%]		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	0

Tab. 7 – Měření vzorku tkaniny atlas 5/1																	
Osnova:	Měření:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$\bar{x}$ [cm]	s [cm]	v [%]	$\pm\delta$ [cm]
Vzorek:																	
<b>Atlas 5/1</b>	Praní 1	46,2	46,4	46,4	46,5	46,2	46,4	46,5	46,2	46,3	46,2	46,4	46,4	46,342	0,116	0,251	0,074
	Praní 2	45,6	45,6	45,6	45,7	45,3	45,6	45,6	45,3	45,5	45,6	45,6	45,6	45,55	0,124	0,273	0,079
	Praní 3	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	0	0	0
	Praní 4	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	0	0	0
	Praní 5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	46,3	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [cm]		4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [%]		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	0	0	0
útek:																	
Vzorek:																	
<b>Atlas 5/1</b>	Praní 1	47,4	47,2	47,5	47,3	47,3	47,5	47,3	47,2	47,4	47,3	47,2	47,3	47,325	0,106	0,223	0,067
	Praní 2	46,5	46,7	46,4	46,7	46,8	46,4	46,7	46,5	46,5	46,5	46,3	46,8	46,567	0,167	0,358	0,106
	Praní 3	46,5	46,4	46,3	46,5	46,5	46,3	46,5	46,4	46,3	46,5	46,3	46,5	46,417	0,094	0,202	0,059
	Praní 4	46,3	46,2	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	0	0	0
	Praní 5	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [cm]		3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	0	0	0
Sráživost k $l_0$ [%]		7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	0	0	0

## Příloha 2 – Sráživost vzorků tkanin v osnově



### Příloha 3 – Sráživost vzorků tkanin v útku



**Příloha 4** - Průměrné hodnoty sráživosti tkanin vzhledem k počátečním hodnotám rozměrů tkaniny

	<b>Atlas 2/4 osnova</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Atlas 2/4 útek</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Plátno osnova</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Plátno útek</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Kepr 2/4 osnova</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Kepr 2/4 útek</b>	$\pm\delta$ [cm]
<i>Praní 1</i>	-0,052	0,0011272 9	-0,072	0,0009	-0,078	0,00097	-0,069	0,00148	-0,078	0,0014575 45	-0,054	0,00123
<i>Praní 2</i>	-0,058	0,0014575 45	-0,086	0,00188	-0,105	0,00102	-0,087	0,00169	-0,089	0,0021284 25	-0,061	0,00155
<i>Praní 3</i>	-0,065	0,0005826 85	-0,099	0,0009	-0,116	0,00106	-0,095	0,00059	-0,108	0,0009799 81	-0,081	0,0009
<i>Praní 4</i>	-0,076	0	-0,087	0,00076	-0,126	2,4E-09	-0,096	0	-0,110	0	-0,086	0
<i>Praní 5</i>	-0,076	0	-0,086	0	-0,126	2,4E-09	-0,096	0	-0,112	0	-0,064	7,8E-10

	<b>Ryps 3/3 osnova</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Ryps 3/3 útek</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Panama 3/3 osnova</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Panama 3/3 útek</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Atlas 5/1osnova</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Atlas 5/1 útek</b>	$\pm\delta$ [cm]
<i>Praní 1</i>	-0,039	0,00111	-0,071	0,00156	-0,066	0,00113	-0,048	0,00357	-0,073	0,00132	-0,054	0,00119
<i>Praní 2</i>	-0,049	0,00156	-0,093	0,00328	-0,074	0,00117	-0,057	0,00239	-0,089	0,00141	-0,069	0,00189
<i>Praní 3</i>	-0,057	0,00102	-0,104	0	-0,094	0	-0,061	0,00196	-0,090	0	-0,072	0,00106
<i>Praní 4</i>	-0,060	0	-0,110	0,00033	-0,094	0	-0,072	0	-0,090	0	-0,074	0,00033
<i>Praní 5</i>	-0,060	0	-0,116	1,8E-09	-0,100	1,3E-09	-0,060	0	-0,090	0	-0,074	0

	<b>Kepr 2/1 osnova</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Kepr 2/1 útek</b>	$\pm\delta$ [cm]
<i>Praní 1</i>	-0,085	0,001375362	-0,068	0,00097
<i>Praní 2</i>	-0,093	0,000703372	-0,081	0,00102
<i>Praní 3</i>	-0,104	0,001483928	-0,085	0,00098
<i>Praní 4</i>	-0,110	0	-0,090	0
<i>Praní 5</i>	-0,110	0	-0,090	0



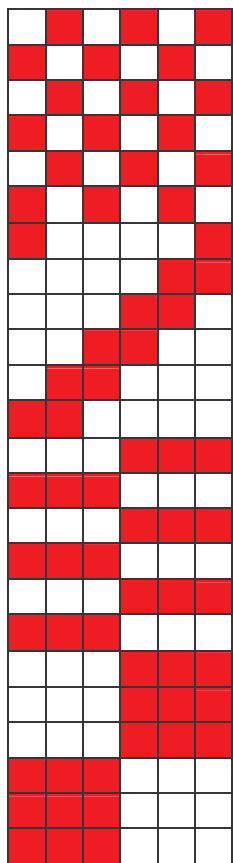
**Příloha 5** - Průměrné hodnoty sráživosti tkanin v jednotlivých cyklech praní

	<b>Atlas 2/4 osnova</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Atlas 2/4 útek</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Plátno osnova</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Plátno útek</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Kepr 2/4 osnova</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Kepr 2/4 útek</b>	$\pm\delta$ [cm]
<i>Praní 1</i>	-0,052	0,00113	-0,072	0,0009	-0,078	0,00097	-0,069	0,00148	-0,078	0,00146	-0,054	0,00123
<i>Praní 2</i>	-0,006	0,00069	-0,015	0,00146	-0,029	0,00182	-0,020	0,00092	-0,013	0,00187	-0,007	0,00055
<i>Praní 3</i>	-0,008	0,00128	-0,015	0,00173	-0,012	0,00084	-0,008	0,00181	-0,020	0,0025	-0,022	0,00101
<i>Praní 4</i>	-0,012	0,00062	0,014	0,001	-0,011	0,00119	-0,001	0,00065	-0,003	0,0011	-0,005	0,00097
<i>Praní 5</i>	0,000	0	0,001	0,00083	0,000	0	0,000	0	-0,002	0	0,024	0

	<b>Ryps 3/3 osnova</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Ryps 3/3 útek</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Panama 3/3 osnova</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Panama 3/3 útek</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Atlas 5/1 osnova</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Atlas 5/1 útek</b>	$\pm\delta$ [cm]
<i>Praní 1</i>	-0,039	0,00111	-0,071	0,00156	-0,066	0,00113	-0,048	0,00357	-0,073	0,00132	-0,054	0,00119
<i>Praní 2</i>	-0,010	0,00098	-0,023	0,00267	-0,009	0,00062	-0,009	0,00262	-0,017	0,00121	-0,016	0,00265
<i>Praní 3</i>	-0,009	0,00128	-0,013	0,00358	-0,021	0,00123	-0,004	0,00088	-0,001	0,00155	-0,003	0,00141
<i>Praní 4</i>	-0,003	0,00108	-0,007	0,00036	0,000	0	-0,012	0,00206	0,000	0	-0,003	0,00117
<i>Praní 5</i>	0,000	0	-0,007	0,00036	-0,007	0	0,013	0	0,000	0	0,000	0,00035

	<b>Kepr 2/1 osnova</b>	$\pm\delta$ [cm]	<b>Kepr 2/1 útek</b>	$\pm\delta$ [cm]
<i>Praní 1</i>	-0,085	0,00138	-0,068	0,00097
<i>Praní 2</i>	-0,009	0,00104	-0,014	0,00131
<i>Praní 3</i>	-0,013	0,00117	-0,004	0,00071
<i>Praní 4</i>	-0,007	0,00165	-0,006	0,00106
<i>Praní 5</i>	0,000	0	0,000	0

## Příloha 6 - Zobrazení vazeb tkanin

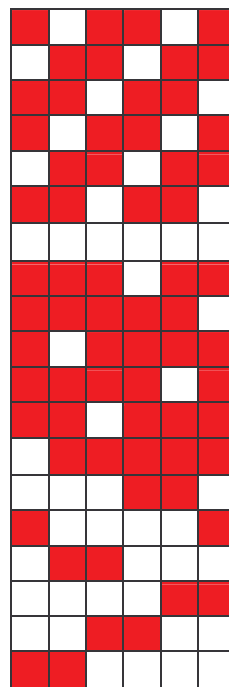


o	36	plátno
u	36	

o	12	kepr 2/4
u	12	

o	12	ryps 3/3
u	36	

o	12	panama 3/3
u	12	



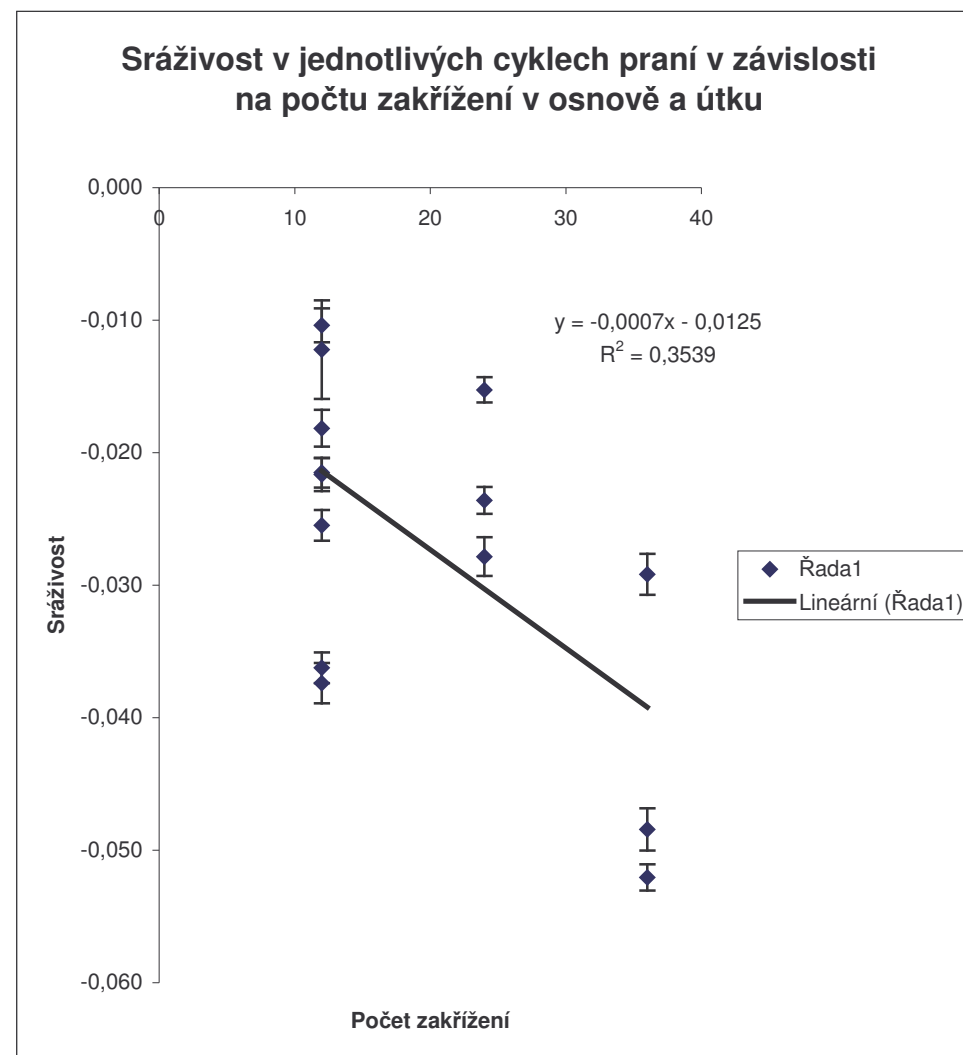
o	24	kepr 2/1
u	24	

o	12	atlas 5/1
u	12	

o	12	atlas 2/4
u	24	

**Příloha 7 – Sráživost v jednotlivých cyklech praní v závislosti na počtu zakřížení v osnově a útku**

<i>Vzorek tkaniny</i>	<i>Zakřížení</i>	<i>Praní 1-5</i>	$\pm\delta$ [cm]
<b>Atlas 2/4 osnova</b>	<b>12</b>	-0,025	0,001160358
<b>Atlas 2/4 útek</b>	<b>24</b>	-0,015	0,000952215
<b>Plátno osnova</b>	<b>36</b>	-0,052	0,000992173
<b>Plátno útek</b>	<b>36</b>	-0,029	0,001546879
<b>Kepr 2/4 osnova</b>	<b>12</b>	-0,037	0,001521811
<b>Kepr 2/4 útek</b>	<b>12</b>	-0,010	0,001281242
<b>Ryps 3/3 osnova</b>	<b>12</b>	-0,022	0,001133907
<b>Ryps 3/3 útek</b>	<b>36</b>	-0,048	0,00159807
<b>Panama 3/3 osnova</b>	<b>12</b>	-0,036	0,001165788
<b>Panama 3/3 útek</b>	<b>12</b>	-0,012	0,003710917
<b>Atlas 5/1 osnova</b>	<b>12</b>	-0,018	0,001396455
<b>Atlas 5/1 útek</b>	<b>12</b>	-0,022	0,001233138
<b>Kepr 2/1 osnova</b>	<b>24</b>	-0,028	0,001459827
<b>Kepr 2/1 útek</b>	<b>24</b>	-0,024	0,001010991



**Příloha 8** - průměrné plošné zakřížení a průměrná plošná sráživost tkaniny

Vzorek tkaniny	Zakřížení	<i>Praní 1-5</i>	±δ [cm]
<b>Atlas 2/4 osnova</b>	<b>12</b>	-0,025	0,001160358
<b>Atlas 2/4 útek</b>	<b>24</b>	-0,015	0,000952215
<b>Plátno osnova</b>	<b>36</b>	-0,052	0,000992173
<b>Plátno útek</b>	<b>36</b>	-0,029	0,001546879
<b>Kepr 2/4 osnova</b>	<b>12</b>	-0,037	0,001521811
<b>Kepr 2/4 útek</b>	<b>12</b>	-0,010	0,001281242
<b>Ryps 3/3 osnova</b>	<b>12</b>	-0,022	0,001133907
<b>Ryps 3/3 útek</b>	<b>36</b>	-0,048	0,00159807
<b>Panama 3/3 osnova</b>	<b>12</b>	-0,036	0,001165788
<b>Panama 3/3 útek</b>	<b>12</b>	-0,012	0,003710917
<b>Atlas 5/1 osnova</b>	<b>12</b>	-0,018	0,001396455
<b>Atlas 5/1 útek</b>	<b>12</b>	-0,022	0,001233138
<b>Kepr 2/1 osnova</b>	<b>24</b>	-0,028	0,001459827
<b>Kepr 2/1 útek</b>	<b>24</b>	-0,024	0,001010991

	<i>Plošné zakřížení</i>	<i>Plošná sráživost</i>
<b>Atlas 2/4</b>	288	0,000388894
<b>Plátno</b>	1296	0,001518411
<b>Kepr 2/4</b>	144	0,000388562
<b>Ryps 3/3</b>	432	0,001041716
<b>Panama 3/3</b>	144	0,000442663
<b>Atlas 5/1</b>	144	0,000393166
<b>Kepr 2/1</b>	576	0,000657257