

Studentská vědecká a odborná činnost 2016

Textil

30. květen 2016

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



Recenzent: Maroš Tunák

Editor: Veronika Tunáková

© Technická univerzita v Liberci – 2016

ISBN 978-80-7494-280-8

Obsah

TEXTIL – bakalářský a navazující studijní program

Simona BOOROVÁ		
	Vliv vlhkosti na ohybovou tuhost textilií	6
Radek JIRKOVEC		
	Využití buněčného tisku k přípravě biologického kompozitního materiálu	16
Nikola KLOUDOVÁ		
	Porovnání pevnosti šitých a ultrazvukových spojů pro automobilové sedačky	26
Patrik LUH		
	Vliv stlačení na tažnost polyuretanové pěny pro odhlučnění	36
Michal MARTINKA		
	Možnosti monitorování zdravotního stavu nositele oděvů pomocí nositelné elektroniky	46
Karolína MAYEROVÁ		
	Využití nanovlákněné membrány pro ochranu dřevostaveb proti vlhkosti	54
Michaela ORLÍKOVÁ		
	Propagace textilních věd v dětských hrách	64
Michal RICHTR		
	Zhodnocení vlivu typu použité vývodky na kvalitu BD přízí	74
Klára ŠŤASTNÁ		
	Parametrická konstrukce sportovní podprsenky	84

TEXTIL

bakalářský a navazující studijní program

VLIV VLHKOSTI NA OHYBOVOU TUHOST TEXTILÍ

Simona Boorová

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

Abstrakt: Tato práce je zaměřená na zkoumání vlivu vlhkosti na ohybovou tuhost. V teoretické části jsou představeny pojmy ohybová tuhost, přístroj, na kterém se ohybová tuhost měří, klimatické podmínky za jakých se měří a dosavadní výzkum. V praktické části byla zkoumána ohybová tuhost na tkaninách, které poskytla společnost SINTEX a.s. Měření čtvercových vzorků bylo provedeno na přístroji TH-7 a pomocí klimatické komory byly vzorky klimatizovány na předem určenou vlhkost a teplotu. Data z přístroje byly exportovány do programu EXCEL a z něho vyhodnocovány pomocí grafů a jedno-faktorové analýzy. Dále bylo zkoumáno zakrytí textilií pomocí obrazové analýzy. Na základě výsledků měření ohybové síly při různé vlhkosti byla nalezena funkční závislost pro vliv vlhkosti na ohybovou tuhost.

Klíčová slova: ohybová síla, vlhkost, tkanina

Úvod

Při výběru textilie je pro zákazníka velmi důležitý komfort. I když by se mohlo zdát, že v dnešní době je největším rozhodovacím hlediskem cena, tak komfort vždy bude hrát hlavní roli. Zákazník si vždy raději vybere produkt, který bude pro nošení příjemný a komfortní. Mezi nejdůležitější vlastnosti při výběru patří splývavost, mačkovatost a ohybová tuhost. Ohybová tuhost má na splývavost největší vliv. Tyto dvě vlastnosti provází mnoho měření a výzkumů, avšak jsou velmi důležité pro vytvoření takové textilie, která přesně uspokojí potřeby a přání zákazníka. Ohybovou tuhost si při výběru zákazník nezjistí, ale určitě podle omaku pozná, zda je materiál příjemný a poddajný, nebo zda je materiál tuhý a pro nošení nepohodlný, to bude rozhodovací kritérium.

Cílem této práce je zjistit podíl vlhkosti na ohybové tuhosti textilií z dvou různých materiálů v plátňové vazbě. Tedy zjistit na klimaticky upraveném vzorku, zda má vlhkost podíl na jeho ohybové tuhosti. U vzorků bude upravena vlhkost pomocí klimatické komory na 4 různé stupně vlhkosti a teplotu simulující přibližnou teplotu lidského těla, tj. 35°C. Vlhkosti simulují různé situace, při kterých se mění vlhkost na těle člověka. Vzorky budou postupně proměřovány na přístroji, který měří ohybovou sílu. Pro zjištění příbytku, nebo úbytku hmotnosti vlivem vlhkosti budou vzorky před a po každém měření váženy. Data budou zadávána do programu příslušného k přístroji a pomocí grafů budou vyhodnoceny výsledky. Výsledky poslouží k porovnání všech stupňů vlhkosti oproti ohybové síle. V první kapitole této práce bude blíže představena ohybová tuhost a metody měření použité v experimentu, klimatické podmínky a dosavadní výzkum měření ohybové tuhosti. V druhé kapitole budou představeny materiály, na kterých se ohybová tuhost zkoušela. V další části práce bude vyhodnocen nevypraný vzorek, jeho hmotnostní úbytky a příbytky vlivem klimatizování a měření ohybové síly. Vzorek se klimatizoval pouze na 20% a 80% vlhkost, pro zjištění chování v krajních bodech zvolené vlhkosti. Dále bude již měřen vzorek vypraný. Pro zjištění objemu vlhkosti ve vzorcích se vzorky opět před a po každém měření vzorky budou vážit. Tím bude zjištěno, jaké procento je tkanina schopná nasát při daných klimatických podmínkách. V další části práce se bude měření opakovat a reprodukovat, pro zjištění, zda je možné měření na vzorcích provádět opakovaně. Dalším bodem výzkumu bude zjištění zakrytí

pomocí obrazové analýzy. Vzorky budou foceny při různých vlhkostech a z toho bude počítáno zakrytí. Cílem tohoto výzkumu bude zjistit, zda nám vlákna při změně vlhkosti bobtnají. A v poslední závěrečné kapitole budou data vyhodnocena pomocí jedno-faktorové analýzy a pomocí regresní rovnice bude zjištěna závislost mezi ohybovou tuhostí a vlhkostí.

1 Teoretická část

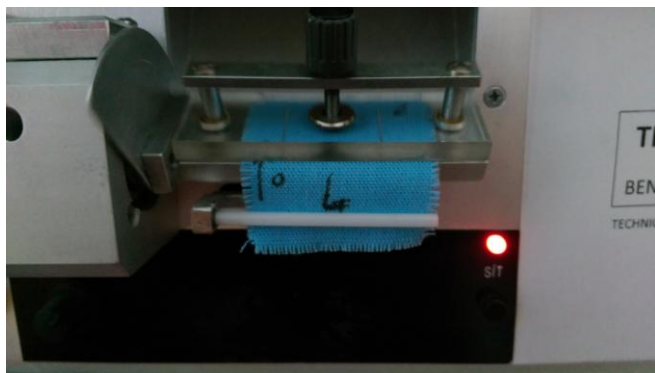
V této části bude popsána ohybová tuhost, přístroj pro měření experimentu a dosavadní výzkum.

1.2 Tuhost v ohybu

„Tuhost v ohybu je fyzikální veličina, která vzniká v plošné textilií jako silový odpor při jejím ohýbání, vlastní vahou i působením vnější síly. Tento odpor je součtem všech třecích a soudržných sil, které vznikají při ohybu mezi vlákny a mezi přízemi ve vazných bodech. Tuhost v ohybu tkaniny je závislá na ohybové tuhosti příze a způsobu provázání příze ve tkanině. Z toho vyplývá, že tkaniny s vyšší dostavou a pleteniny s vyšší hustotou budou vykazovat vyšší hodnoty tuhosti.“ [1] Podle normy definice zní: „Tuhost – odolnost plošné textilie vůči ohýbání je to schopnost materiálu reagovat momentem vnitřních sil soudržnosti proti namáhání momentem vnějších sil způsobujících deformaci. Vyjadřuje se jako ohybový moment (M_o) v mN.cm.“ [2] Pro měření ohybové tuhosti je velmi důležitý úhel ohybu textilie. V minulosti bylo měření prováděno na vzorcích obdélníkového tvaru. To ale neumožňovalo proměřit vzorky v obou směrech, tedy jak po směru osnovy, tak ve směru útku. Proto se měření začalo provádět na vzorcích čtvercového tvaru, který umožňuje měření v obou směrech na jednom vzorku. V současnosti lze měřit i kruhové vzorky, které umožňují měření vzorku pod jakýmkoliv úhlem a výrazně šetří spotřebu materiálu. Existuje více metod pro měření tuhosti v ohybu. Tato práce se zabývá metodou měření ohybového momentu, respektive měření ohybové síly na přístroji TH-7.

1.3 Metody měření ohybového momentu, respektive ohybové síly

Tato kapitola popíše metodu měření na přístroji TH-7. Přístroj TH-7 (obrázek 1) vznikl inovací přístroje TH-5, na kterém bylo možné měřit pouze obdélníkové vzorky o velikosti 2.5 x 5 cm.



Obrázek č. 1 : Čelisti přístroje TH-7

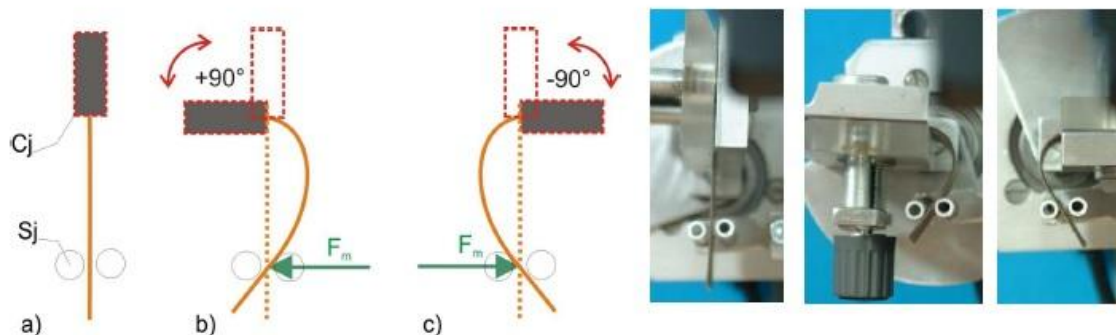
Přístroj TH-7 byl navržen tak, aby na něm bylo možné proměřovat především kruhové vzorky o průměru 5 cm. Přístroj však lze využít i pro měření vzorků čtvercových a obdélníkových, ale i další tvary. Čtvercové vzorky o rozměru 5x5 cm a obdélníkové s rozměrem 2,5x5 cm.

Přístroj také umožňuje proměření netextilních vzorků, jako jsou například papír, folie, membrány, avšak byl konstruován především pro měření textilií plošných i délkových. Přístroj disponuje třemi rozsahy měření. [3]

Postup měření na přístroji TH-7

Vzorky se upnou do upínací čelisti, jelikož je upínací čelist otočná, otáčí se do obou směrů a umožňuje tak vykreslit celou hysterzní smyčku ohybu. Snímací čelist snímá ohybovou sílu v obou směrech: líc-líc, rub-rub. Snímací čelist má tvar písmene U. Čelist je opatřena teflonovými trubičkami, aby byl snížen koeficient tření při ohýbání vzorku. Pro měření na přístroji TH-7 byl vyvinut nový software, kterým je možné ovládat přístroj a zaznamenávat naměřená data. Výstupem z měření je hysterzní smyčka. Data jsou ukládána do datového souboru (csv) a zároveň do souboru grafického (png).

Rozsah měření ohybové tuhosti činí 40 mN až 4000 mN. Výstupem z přístroje je hodnota ohybové síly F_m [mN]. Tuto hodnotu lze měřit pro různou šířku vzorku, maximálně však 50 mm, minimální šířka není omezena. Délka měřeného vzorku je doporučena 50 mm, lze však měřit i textilie s minimální délkou 25 mm. Ohýbat lze materiály, které nepřesáhnou tloušťku 1,5 mm. Vzdálenost mezi upínací a snímací čelistí je rovna hodnotě 14 mm. Na obrázku 2 je předloženo schéma a fotografie ohybu textilie na přístroji TH-7.



Obrázek č. 2: Schéma a fotografie ohýbání vzorku na přístroji TH-7. Cj-upínací čelist. Sj-snímací čelist, snímá ohybovou sílu F_m . a) vzorek v nulové poloze b) vzorek otočený do polohy +90° líc-líc c) vzorek otočený do polohy -90° rub-rub [3]

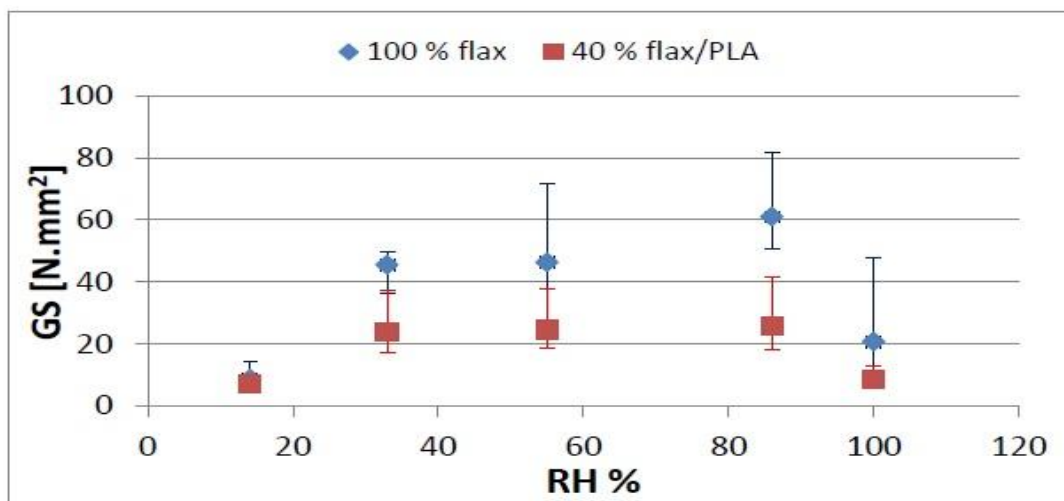
1.4 Dosavadní výzkum

Velmi podobný experiment tomu mému prováděl tým vědců A.BASSOUMI, P.OUAGNE, J. GILLIBERT A G. HIVET ve Francii na univerzitě Orleans. Prováděli studii na analýzu ohybové tuhosti lnu. Vědecká skupina zkoumala chování tkaniny tkané ze lnu. Studie měla ukázat, že s vlhkostí roste ohybová síla. Nicméně zvýšení vlhkosti, například 100% vedlo k opačné situaci. Ohybová tuhost klesala. Celý experiment byl prováděn, aby byly pochopeny vady vzniklé v průběhu ohýbání. Pro experiment byly použity tkaniny s vazbou hopsak 4x4. První vzorek byl z čistého lnu s plošnou hmotností 494 g/m² a tloušťce 1,29 mm.

Druhý vzorek byl 40% len a 60% polylactid (PLA) též s vazbou hopsak na, s plošnou hmotností 518 g/m^2 a tloušťkou 1,38 mm.

Tkaniny byly sušeny po dobu 24h v sušárně na 110°C . Ještě před sušením byl zjištěna relativní vlhkost ve vzorcích 14%. Materiál byl testován s různou vlhkostí: 14%, 33%, 55%, 86% a 99,9% v klimatické komoře s teplotou 20°C . Teplota v laboratoři byla $21\text{-}23^\circ\text{C}$.

Vzhledem k hydrofilní povaze lněného vlákna byl vyšetřován vývoj ohybu při různých vlhkostech, jak bylo vypořádováno, tuhost byla téměř konstantní v délce $L=100 \text{ mm}$ a 160 mm . Proto se tým dále soustředil na fixní délku ohybu $L=130\text{mm}$. Dále bylo přezkoumáno 5 relativních vlhkostí.



Obrázek č. 3: Graf ohybové tuhosti (modrá znázorňuje 100% len, červená směs lnu a polylactidu) [4]

Graf znázorňuje, že tuhost na ose y je rostoucí jako lineární funkce až k vlhkosti na ose x 86% a pak náhle klesá. Více vlhkosti vede k opačnému efektu. Tato skutečnost byla vysvětlena tím, že vlákna vyrobená z rostlinných materiálů dokážou vázat vodu dvěma způsoby. Mohou ji vázat ve volné formě, kde voda proniká do celulózy sítě a je umístěna v kapilárách a mezerách mezi vlákénky a druhá forma je vázaná, kde je voda připojená k celulózy molekule pomocí chemických vazeb. Polysacharidy jsou velmi hydrofilní, díky jejich hydroxilové skupině mohou vázat molekuly vody Van der Waalsovými a vodíkovými vazbami. Proniknutí molekul vody do celulózy sítě způsobuje otok struktury – tedy bobtnání a to může snížit mechanické vlastnosti materiálu vytvořením mikro-trhliny. Ta může být potvrzena optickým sledováním vzorků stabilizovaných na 100% vlhkosti. Nižší ohybová tuhost u vzorků klimatizovaných na 14% nebo 33% je způsobena pravděpodobně důsledkem křehnutí vlákněných vrstev. Kromě toho odstranění vlhkosti z vláken může způsobit mechanické namáhání vlákna v důsledku změny chování ve vlákněných složkách (celulóza, pektin, hemicelulóza). Kromě toho, účinek sušení lze vysvětlit tvorbou vodíkových vazeb na povrchu celulózy tedy omezení interakce mezi vlákny. Tato studie jasně ukazuje, že ohybová tuhost roste s vlhkostí, nicméně studie poukazuje na to, že tuhost klesne po přidání vyšší vlhkosti. To je pravděpodobně způsobeno poškozením vláken po nadměrném příjmu vody. A na druhou stranu vlivem sušení, vlákna křehnou a ohybová tuhost je nižší. [4]

2 Experimentální část

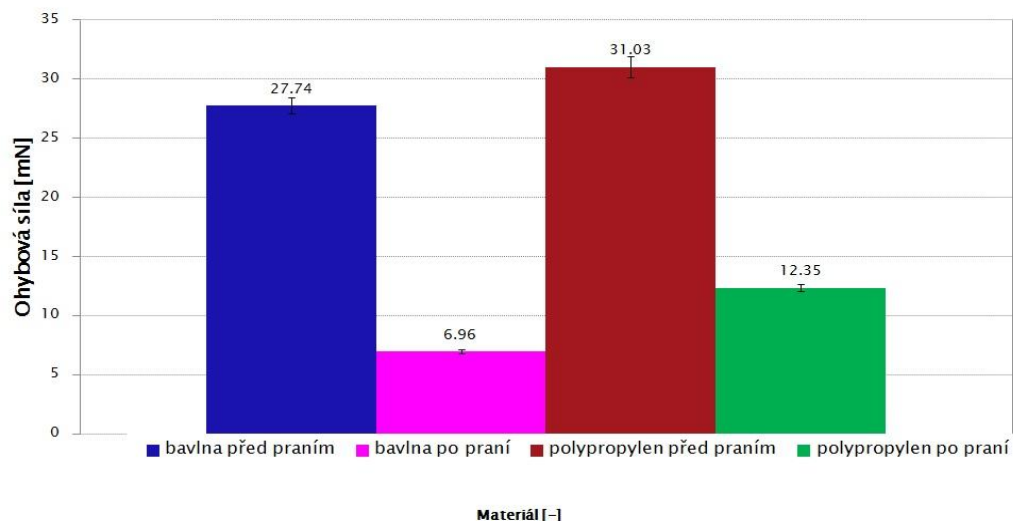
Experiment je prováděn na tkaninách v plátnové vazbě ze dvou různých materiálů, bavlna velmi savá, a polypropylen nenasákavý. Materiály dodala firma SYNTEX, s.r.o. Tkaniny jsou tkány kompaktní technologií. Kompaktní technologie byla vybrána jako lepší oproti prstencové. Díky kompaktní technologii jsou vlákna v přízi urovnanější, mají lepší orientaci, vyšší zaplnění díky většímu stěsnání vláken, nižší chlupatost, vyšší pevnost. Tkaniny jsou směšovány v různých poměrech, jak je uvedeno v tabulce č. 1 s jejich základní charakteristikou. Jemnost příze je $T = 45\text{tex}$.

Tabulka č.1 : Základní charakteristiky použitých tkanin

Typ příze	Plošná hmotnost vzorku	n [10 cm]		Z	T	ρ	Průměr příze Uster [mm]	
		Do	Dú	[1/m]	[tex]	[kg.m ³]	o	ú
100% bavlna	154,78 g/m ²	180	108	466,92	45,84	1520	0,389	0,407
65% bavlna 35% polypropylen	163,97 g/m ²	180	108	478,48	44,96	1231	0,371	0,379
50% bavlna 50%polypropylen	162,40 g/m ²	180	108	469,84	44,8	1138	0,379	0,389
35% bavlna 65% polypropylen	163,01 g/m ²	180	108	469,56	44,9	1059	0,370	0,374
100%polypropylen	174,42 g/m ²	180	108	487,02	45,1	910	0,392	0,396

Příprava vzorků

Pro experiment bylo vybráno 5 tkanin v plátnové vazbě, různě směšované. Před samotnou přípravou vzorků, byly tkaniny rozděleny na část nevypranou a vypranou. Vzorky byly vyprány na 85°C, usušeny a vyžehleny na mandlu. Pro ověření správnosti experimentu byly vybrány tkaniny se 100% podílem bavlny a vzorky se 100% podílem polypropylenu. Bylo nastříháno 5 vzorků o velikosti 5x5 cm pro každou tkaninu viz obrázek 18 (+ jeden vzorek náhradní) a jeden vzorek 10x10 cm pro ověření plošné měrné hmotnosti vzorku. U vzorků byl označen směr osnovy a všechny vzorky řádně očíslovány. Po této přípravě byly všechny vzorky po jedno zváženy v laboratoři na digitální váze při klimatických podmínkách 18°C a vlhkosti 31%. První výsledky měření ohybové tuhosti vypraného a nevypraného vzorku na jsou obrázku č. 4. Z grafu je vidět, že vypráním se ohybová síla značně snížila. U bavlny se ohybová síla snížila přibližně o 74% a u polypropylenu o 60%.



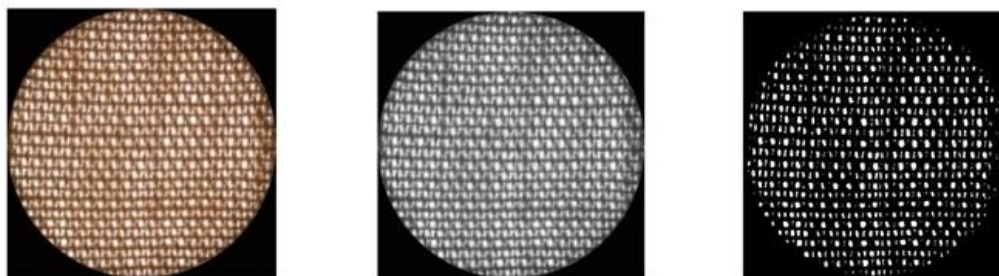
Obrázek č. 4: Rozdíl ohybové síly vzorků 100% bavlny a polypropylenu před a po vyprání

2.2 Výpočet a měření zakrytí tkaniny vzorku

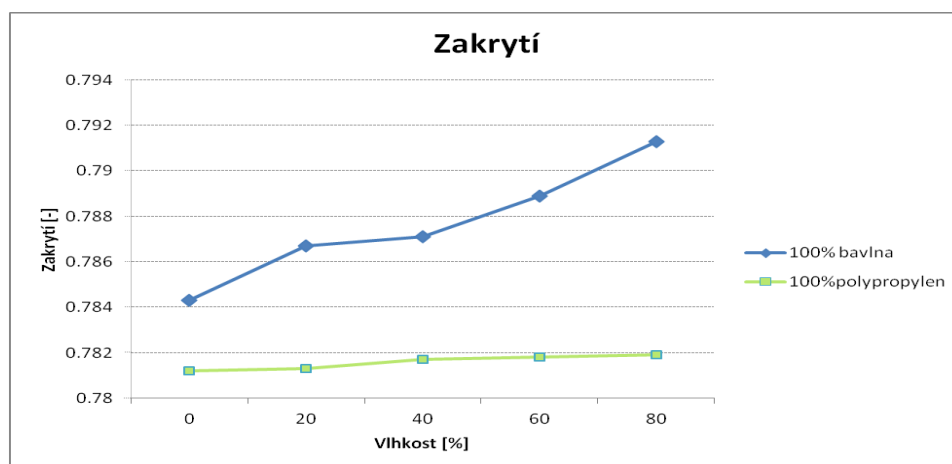
Vzorky byly foceny fotoaparátem Nikon D750, s použitým makro objektivem Tamron 90mm 1:1. Pro focení byla sestavena fotokomora, pro získání nejlepších podmínek. Osvícení vzorků pomocí světla značky FOMEL, stínění proti vniku okolního světla a fotoaparát připevněný pevně na stativu viz obrázek č. 5. Podmínky v laboratoři 21,7°C a 31% vlhkost. Vzorky byly uchyceny do nerezových kroužků. Na vzorcích vně kroužků byl vyznačen směr osnovy. První focení proběhlo na neklimatizovaných vzorcích při laboratorních podmínkách. Následně byly vzorky vloženy do sušárny a vysoušeny po dobu 1 hodiny. Po době vysoušení byly vzorky opět vyfoceny. Následně byly vzorky umístěny do klimatické komory nastavené na teplotu 35°C a 20% vlhkost. Vzorky byly klimatizovány 21 hodin. Po vyndání byly vzorky opět foceny. Tento proces se opakoval pro vlhkost 40%, 60% i 80%. Pro vyhodnocení dat z tohoto experimentu byl použit program MATLAB. Za pomoci pana docenta Tunáka byl vytvořen příkaz pro převod obrazu do binární podoby a následné vypočítání plošného zakrytí tkaniny. Po převedení do binárního obrazu byly stanoveny póry v textilií jako 1 (bílé plochy) a ty následně odečteny od nití 0 (černé plochy), pomocí průměru plochy kruhu, ve kterém byly vzorky uchyceny. Příklad převedení obrázků do binárního obrazu, obrázek č. 6.



Obrázek č. 5: a) fotografování textilie, b) uchycení fotoaparátu



Obrázek č. 6: a) barevný RGB obraz, b) monochromatický obraz (stupně šedi), c) binární obraz (0 černá, 1 bílá)



Obrázek č. 7: Graf zakrytí 100% bavlny a 100% polypropylenu

Z grafu lze vypočítat, že zakrytí vlivem vlhkosti rostlo u bavlny pouze o jeden procentní bod a u polypropylenu byl růst téměř nulový.

Data zakrytí byly spočítány i teoreticky podle vztahu :

$$Z_o = D_o * d_o \text{ [%]}$$

$$Z_u = D_u * d_u \text{ [%]}$$

$$Z_c = Z_o + Z_u - Z_o * Z_u \text{ [%]}$$

Kde

Z_o ... zakrytí osnovy [%]

Z_u ... zakrytí útku [%]

D_o, D_u ... dostava/ počet nití [m]

d_o, d_u ... průměr osnovních/útkových nití měřeny na [m]

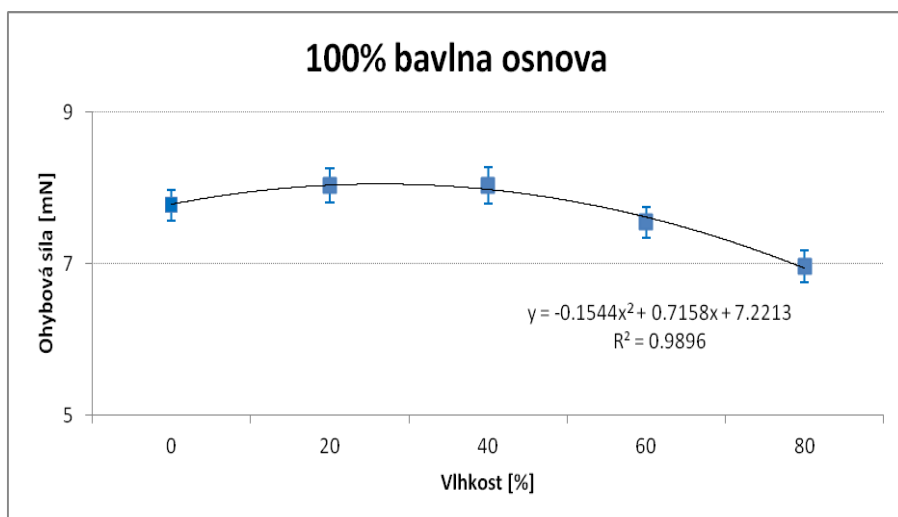
Z_c ... zakrytí celkové [%]

Tabulka č. 2: Teoretický výpočet zakrytí

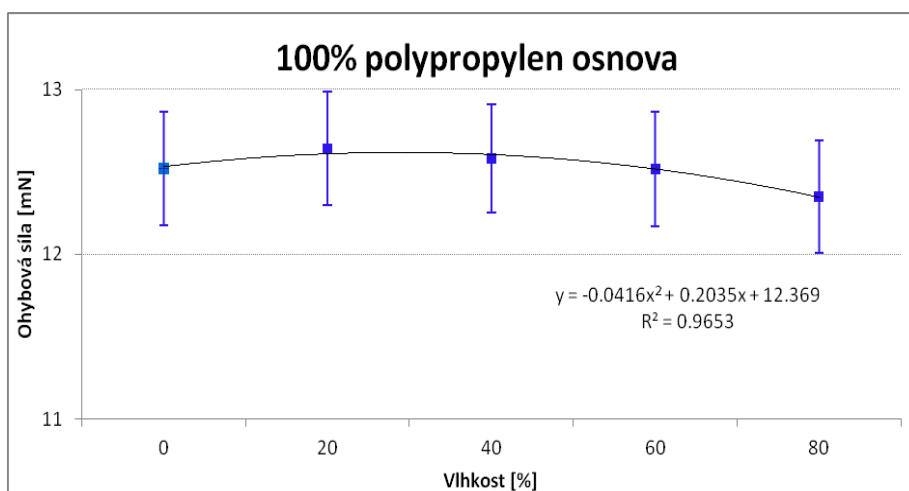
Materiál	Zakrytí [%]
100% bavlna	83,19
65% bavlna – 35% polypropylen	80,38
50% bavlna – 50% polypropylen	81,57
35% bavlna – 65% polypropylen	80,09
100% polypropylen	83,15

2.3 Statistická analýza výsledků ohybové síly

Výsledky měření na přístroji TH-7 jsou vyhodnoceny pomocí jedno-faktorové analýzy a pomocí regresní analýzy v programu EXCEL. Dále pak Post-Hoc porovnáváním – Tukey-ho testem v programu STATISTICA. Jedno-faktorová analýza – ANOVA byla vyhodnocena z 5 úrovní faktoru. Zvolená nulová hypotéza H_0 : s rostoucí vlhkostí klesá ohybová síla. Na základě výsledků se prokázalo, že vlhkost má vliv na ohybovou tuhost. U vzorků 100% bavlna útek, 100% polypropylen osnova i útek vychází analýza dat nevýznamná, ale je to z důvodu velké variability – celkem 60 měření pro každou úroveň – data ale lze modelovat, proto významná jsou. Regresní analýzou bylo zjištěno, že data mají polynomický průběh v řádu druhého stupně. Rovnice prokazuje míru těsnosti proložení a koeficient determinace R^2 se blíží k 1, model tedy lépe popisuje daná data. Koeficient determinace je procento vysvětlené variability. Z vyhodnocení ANOVY pro 100% bavlnu je hodnota F pro zvolenou hladinu významnosti $\alpha = 0,05$ vyšší než tabelovaná hodnota F krit, znamená to tedy, že data mezi úrovněmi jsou statisticky významné a potvrzují tím nulovou hypotézu H_0 .



Obrázek č. 8: Proložení polynomickou spojnici v řádu druhého stupně 100% bavlna



Obrázek č. 9 : Proložení polynomickou spojnici v řádu druhého stupně 100% polypropylen

Pro 100% polypropylen je hodnota F pro zvolenou hladinu významnosti $\alpha=0,05$ nižší než tabelovaná hodnota F- krit, znamená to tedy, že data mezi úrovněmi jsou statisticky nevýznamné a nepotvrzují tím nulovou hypotézu H_0 . Avšak právě z důvodu velké variability byla přidána regresní analýza, viz obrázek č. 9, kde je viditelné, že hodnota pro 80% vlhkost je nižší než pro 0% vlhkost, lze tedy modelovat opět spojnicí s trendem polynomického průběhu v řádu druhého stupně, kterou potvrdil i korelační koeficient, který je vyšší než 0,98.

3 Závěr

V teoretické části diplomové práce byla provedena rešerše a byl zmapován dosavadní výzkum měření ohybové tuhosti. Byla popsána metodika měření, přístroje a klimatické podmínky pro měření. Bylo zjištěno, že podobný experiment prováděli francouzští vědci na univerzitě Orleans. Zkoumali vliv vlhkosti na ohybovou sílu lnu. Jejich výsledky pak byly inspirací pro porovnání s výsledky této práce. Praktická část diplomové práce byla zaměřena na zjišťování vlivu vlhkosti na ohybovou sílu pomocí přístroje TH-7 na materiálech bavlna a polypropylen a jejich směsi. Byly vytvořeny vzorky velikosti 5x5cm a ty byly proměřovány na přístroji ve směru útku i osnovy. V klimatické komoře byla nastavena konstantní teplota 35°C simulující teplotu lidského těla. Měnila se pouze vlhkost, která měla za úkol simulovat různé klimatické podmínky. Při měření tkanin na TH-7 bylo zjištěno, že 100% polypropylen má přibližně o 45% vyšší ohybovou sílu než 100% bavlna. Rozdíl v ohybové síle mezi osnovou a útkem u tkanin byl v řádu přibližně o 1mN. Největší rozdíl v osnově a útku byl u směsi 50% bavlna a 50% polypropylen. Pro statistické vyhodnocení dat byl použit program EXCEL, vzorky byly vždy váženy po vytažení z klimatické komory, aby byl zjištěn podíl vlhkosti. Úkolem bylo zjistit, kolik tkanina nasaje při daných klimatických podmínkách. Nejvíce nasáková byla 100% bavlna a nejméně 100% polypropylen. Například u bavlny vlivem vysušení vzorku váha klesla o 4,5% a vlivem klimatizování na 80% vlhkost váha bavlny stoupla o 6% vůči vysušenému vzorku. Dále bylo provedeno teoretické i experimentální měření zakrytí. Experimentální měření bylo zjišťováno pomocí obrazové analýzy a vyhodnoceno programem MATLAB. Vzorky byly fotografovány a převáděny do binárního obrazu. Z toho pak bylo vypočteno procento zakrytí. To vlivem změny vlhkosti stouvalo velmi mírně, zakrytí například u 100% bavlny vzrostlo o přibližně jeden procentní bod a růst zakrytí 100% polypropylenu byl téměř nulový.

V poslední části této práce byla provedena statistická analýza pomocí jedno-faktorové analýzy dat a proložení rovnicí regresní analýzy. Byla vyřčena nulová hypotéza H_0 , že s rostoucí vlhkostí klesá ohybová síla. Tato hypotéza byla testována na hladině významnosti alfa 0,05. Výsledkem bylo, že u většiny vzorků se hypotéza potvrdila a rozdíly mezi úrovněmi byly statisticky významné. Pouze u polypropylenu vyšla data jako statisticky nevýznamná, z důvodu, že není navlhavý a jeho ohybová síla se vlivem vlhkosti téměř neměnila. Pro data se nejvíce hodil polynomický průběh v řádu druhého stupně. To bylo ověřeno Tukey-ho testem - metodou porovnávání. Byla tím tedy vytvořena závislost mezi ohybovou tuhostí a vlhkostí. Výsledky této práce korespondují s výsledky vědecké práce francouzských vědců: *Analysis of the bending behaviour of flax based reinforcements used in shape forming*. V grafu z článku (obrázek č. 3) lze vypořozovat, že data mají velmi podobný trend jako výsledky mé práce. Od 40 % vlhkosti došlo k postupnému klesání ohybové síly a u 80% se ohybová síla lišila nejvíce. Touto částí práce byl splněn cíl, pro vytvoření funkční závislosti mezi ohybovou tuhostí a vlhkostí. Pro další výzkum bych doporučila zvolit více bodů vlhkosti a tím si potvrdit vzniklou závislost.

Literatura

- [1] STANĚK, J. *Nauka o textilních materiálech: díl I, část 4, Vlastnosti délkových a plošných textilií*. Liberec: VŠST, 1988.
- [2] ČSN 80 0858. *Zkoušení tuhosti a pružnosti plošných textilií*. 1974.
- [3] FRIDRICHOVÁ, L. *A new method of measuring the bending rigidity of fabrics and its application to the determination of their anisotropy*. Textile Research Journal, February 2013, Vol. 2013 83: 883
- [4] BASSOUMI, A., OUAGNE P., GILLIBERT J., HIVET G. *Analysis of the bending behaviour of flax based reinforcements used in shape forming*. PRISME Laboratory, F2ME Research Team, University of Orleans, France. Textile Research Journal.

VYUŽITÍ BUNĚČNÉHO TISKU K PŘÍPRAVĚ BIOLOGICKÉHO KOMPOZITNÍHO MATERIÁLU

Radek Jirkovec

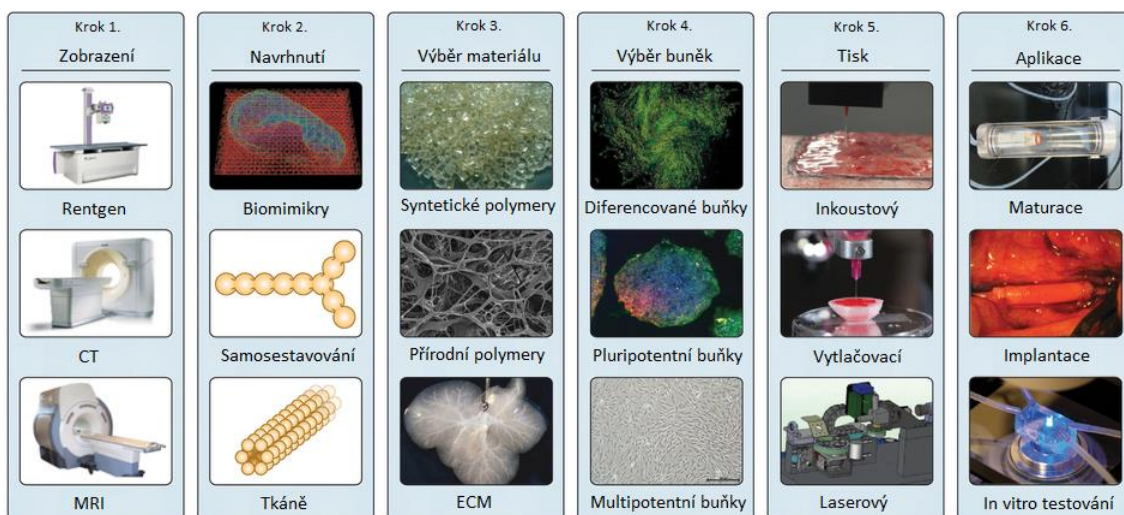
Sekce - TEXTIL,
Fakulta textilní, 2. ročník
Navazující studijní program – TEXTILNÍ INŽENÝRSTVÍ

Abstrakt: Práce se zabývá využitím buněčného tisku k tvorbě biologických kompozitních materiálů. Experiment byl zaměřen na hledání vhodného materiálu, který by bylo možné tisknout a zároveň by umožnil buněčnou adhezi, proliferaci a migraci buněk. Jako vhodný materiál k tisku bylo využito želatiny, agarózy, agaru a hydrogelu. Při samotném tisku bylo zjištěno, že všechny materiály lze bez větších potíží tisknout, avšak při následném in-vitro testování bylo zjištěno, že pouze hydrogel umožňuje buňkám proliferaci a migraci dále do vláknitého materiálu.

Klíčová slova: Buněčný tisk, želatina, agaróza, agar, hydrogel

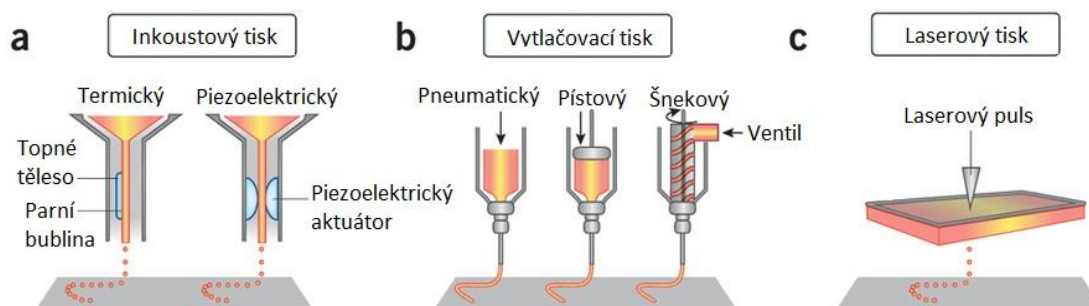
1 Buněčný tisk

Buněčný tisk lze definovat jako formování jednotlivých vrstev do trojrozměrných struktur pro výrobu tkání nebo orgánů za použití buněk jako stavebních kamenů. Buňky jsou základní strukturální, funkční, a biologické jednotky všech známých živých organismů, kterými lze měřit, vyvíjet a potenciálně kontrolovat, materiálové a biologické vlastnosti výsledných tkání nebo orgánů. Konečným cílem buněčného tisku je navrhnout a vyrobit funkční lidské tkáně a orgány vhodné pro regeneraci, opravy a nahrazení poškozených lidských orgánů. [1, 2] Na obrázku 1 je znázorněn celkový postup při výrobě tkání a jejich aplikace.



Obr. 1. Postup při výrobě tkání. [3]

V současné době existují tři odlišné technologie buněčného tisku. Všechny tyto technologie jsou znázorněny na obrázku 2.



Obr. 2. Technologie buněčného tisku. A) Inkoustový tisk, B) Vytlačovací tisk, C) Laserový tisk. [3]

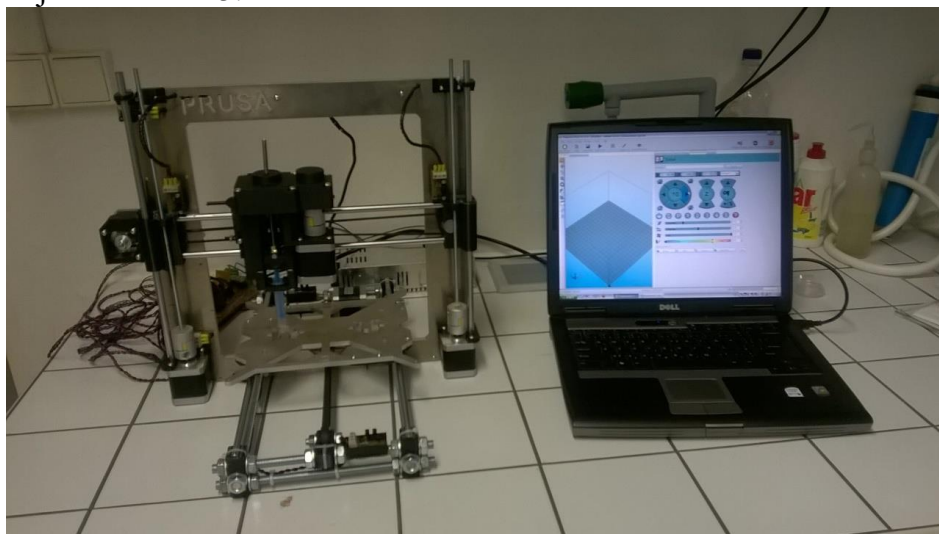
Buněčný tisk má v současné době velké využití. Vědci se pomocí této technologie snaží vytvořit produkty od jednoduchých tkáňových nosičů až po složité systémy – orgány.

2 Experiment

Experiment je zaměřen na popis tiskárny a její funkční možnosti. Dále na testování tisku jednotlivých materiálů a jejich in-vitro testování.

2.1 Popis tiskárny

K tisku byla využita 3D tiskárna systému Prusa, která byla upravena na vytlačovací buněčnou tiskárnu, jež je na obrázku 3.



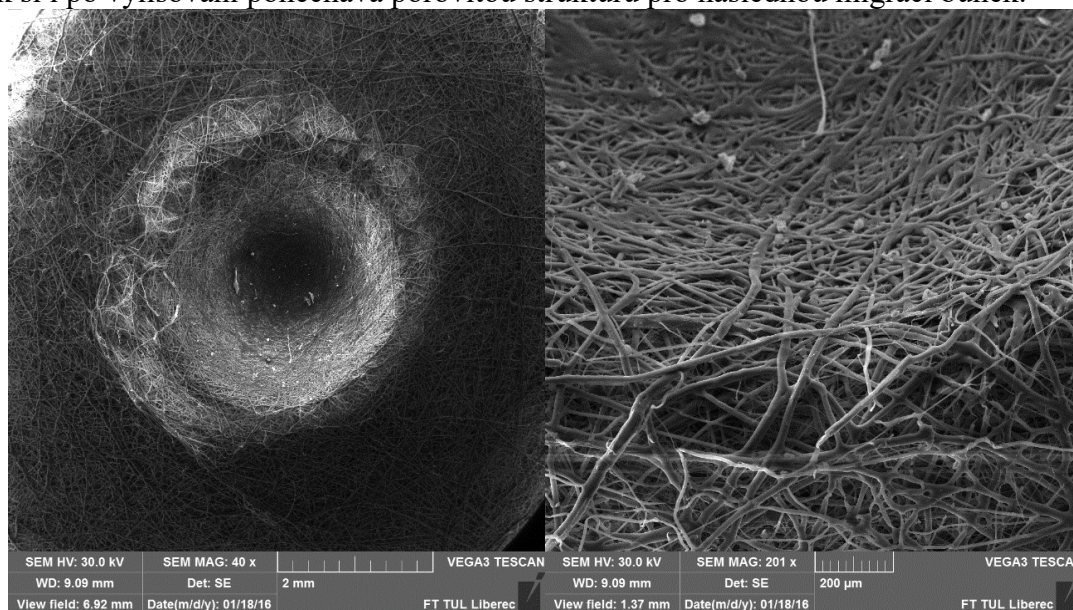
Obr. 3. Buněčná tiskárna systému Prusa.

Celé zařízení se skládá z 3D tiskárny a osobního počítače, který slouží k monitorování a ovládání systému. Tiskárna umožňuje ovládání pohybu řídicího modulu injekční stříkačky ve třech osách. Polohovací zařízení os x a y umožňuje jejich nejmenší posun o 0,1 mm, u osy z je nejmenší možný posun o 0,01 mm. K tisku byla využita odnímatelná 2 ml injekční stříkačka o průměru vstřikovací trysky 2 mm.

2.2 Charakterizace vláknenného materiálu

Jako podkladový materiál pro nanášení jednotlivých materiálů byl použit vláknenný materiál typu MeltBlown (MB), který byl vyroben z polykaprolaktonu (PCL) o molekulové hmotnosti 45.000 od společnosti Sigma-Aldrich. Průměr vláken u použité MB vrstvy byl stanoven na $16,22 \pm 9,12 \mu\text{m}$.

Do použité podkladové vlákně vrstvy byly následně vylisovány důlky o průměru 3 mm. Na obrázku 4 je zachycen vylisovaný důlek a detail jeho sklonu. Jak lze z obrázku pozorovat, důlek si i po vylisování ponechává pórovitou strukturu pro následnou migraci buněk.

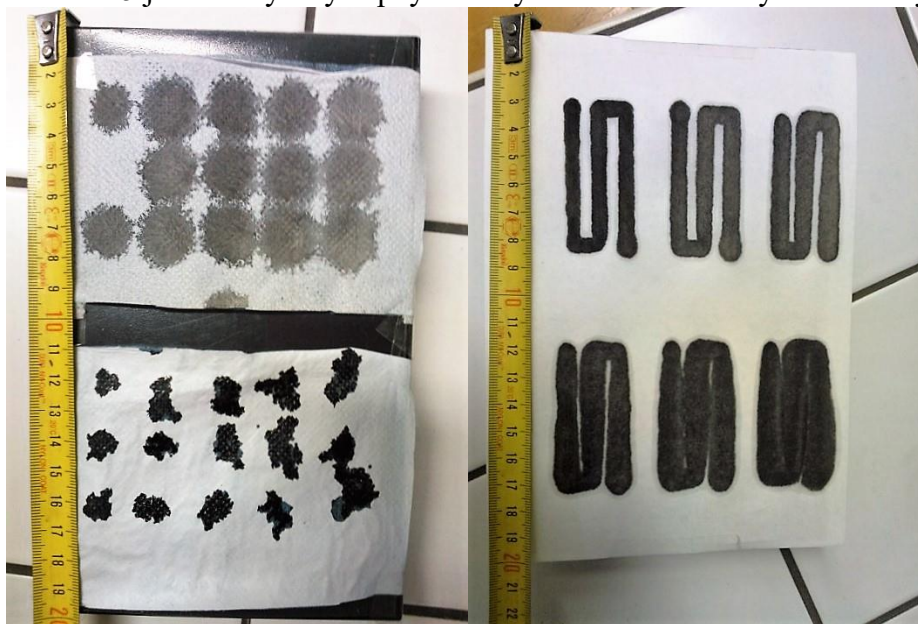


Obr. 4. Snímky MB vrstvy s vylisovaným důlkem.

2.3 Testování s destilovanou vodou

K samotnému tisku byla využita injekční stříkačka o objemu 2 ml s nasazenými injekčními jehlami o průměrech 0,4 mm, 0,6 mm, 0,8 mm a 1,2 mm. Během prvotního testování s destilovanou vodou byly zkoumány možnosti tiskárny, a pro lepší přehlednost vytištěných kapek byla destilovaná voda obarvena pomocí černé tuže.

Během testování bylo zjištěno, že pomocí jehly o průměru 0,4 mm bylo možné vytlačit nejmenší možnou kapku o objemu 1,252 μ l, a s jehlou o průměru 1,2 mm bylo možné vytvořit kapku 5 μ l. Dále bylo provedeno testování k ověření, zda lze tiskárnou udělat souvislou linku, pro zajištění spojení mezi jednotlivými buňkami a zajištění přenosu důležitých molekulárních signálů, na obrázku 5 jsou zachyceny kapky o různých velikostech a vytištěné linky.



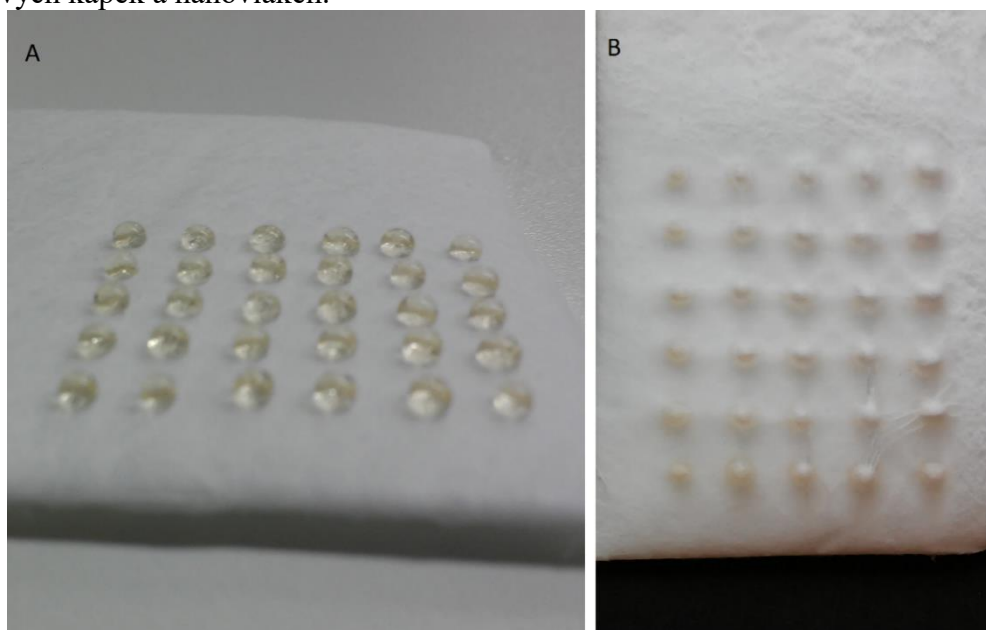
Obr. 5. Testování tiskárny pomocí vody. A) Různé velikosti kapek, B) Linky o různých objemech.

2.4 Testování s želatinou

Po otestování tisku s destilovanou vodou, byl jako možný materiál k zapouzdření buněk zvolena hovězí želatina od společnosti Sigma-Aldrich s katalogovým číslem G9382.

Během testování tisku želatinou s jehlou o průměru 1,2 mm byla stanovena nejmenší možná vytisknutelná kapka na 5 μ l. Testování bylo provedeno se třemi koncentracemi želatinou, a to s 15%, 20% a 25%. Nejlépe se z těchto koncentrací pracovalo s 20%, která měla ideální viskozitu vzhledem k tisku a době zatuhnutí.

Během experimentu byla želatina tištěna na mikrovláknennou meltblownovou vrstvu a následně převlákněna vrstvou PCL nanovláken pomocí elektrostatického zvlákňování. Na obrázku 6 jsou zachyceny želatinové kapky před a po převláknění. Na každou kapku bylo použito 5 μ l želatinou. Převlákněním vznikl kompozitní materiál složený z mikrovláken, želatinových kapek a nanovláken.



Obr. 6. Kompozitní materiál. A) Natištěné želatinové kapky o objemu 5 μ l na meltblownové vrstvě z PCL, B) Želatinové kapky převlákněné PCL.

Pro použití želatinou k zapouzdření buněk byl proveden biologický experiment, který byl proveden v laboratoři tkáňového inženýrství. Tento experiment byl proveden s nevysterylizovanou želatinou, z důvodu její nemožné sterilizace pomocí autoklávy, při které by želatina denaturovala.

Biologický experiment s nevysterylizovanou želatinou vedl ke zjištění, že takováto želatina je k použití nevhodná, protože při samotném testování nevysterylizované želatinou se v testovaných vzorcích objevila kontaminace a z toho důvodu bylo nutné testování přerušit.

Kvůli problémům spojených se sterilizací želatinou byl zvolen přechod na agarózu, kterou je možné sterilizovat pomocí autoklávy.

2.5 Testování s agarózou a agarem

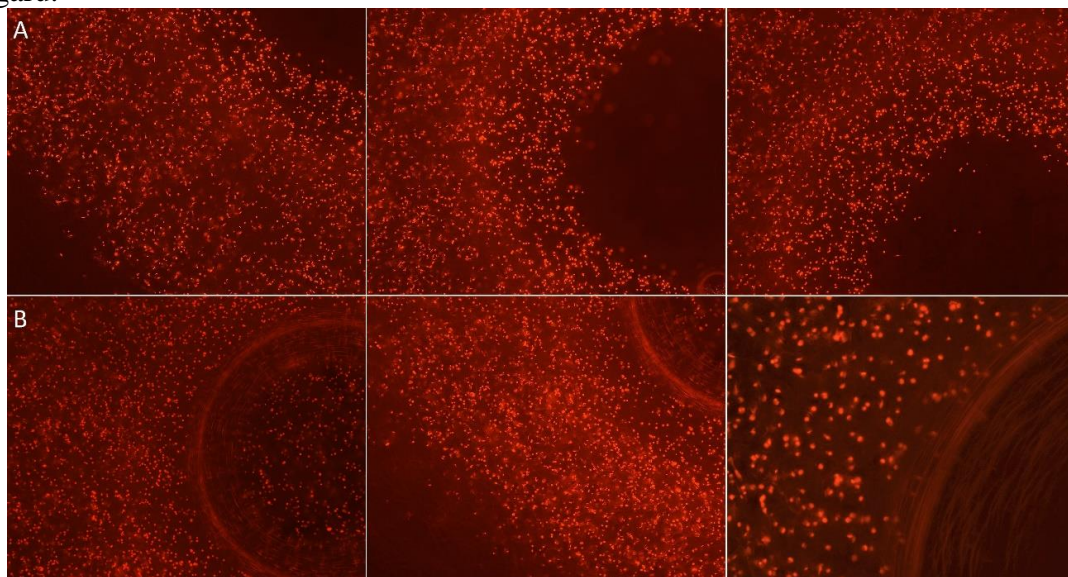
Pro experiment byl znovu použit vláknenný materiál typu Meltblown uvedený v kapitole 2.2 a kostní buňky MG-63, a byla použita jejich 12. pasáž. Pro testování bylo použito 48 scaffoldů, pro každý materiál a testovací den byly použity 4 vzorky pro MTT test, 1 vzorek pro fluorescenční mikroskopii a 1 vzorek pro negativní kontrolu. Pro vytvoření 0,35% agarózy a 0,35% agaru, byla připravena buněčná suspenze s médiem v zastoupení 2 ml buněčné suspenze a 3 ml média. Při tomto experimentu bylo v 1 ml buněčné suspenze $8 \cdot 10^5$ buněk.

Připravená agaróza i agar byla dále ředěna 1:1 buněčnou suspenzí s médiem, čímž vznikly 10 ml roztoky 0,35% agarózy a 0,35% agaru, s koncentrací buněk $4 \cdot 10^5$. Takto připravené roztoky byly následně dávkovány do vylisovaných důlků, při tomto experimentu bylo do důlků pipetováno 50 μ l, a do jednoho důlku tím bylo nadávkováno $2 \cdot 10^4$ buněk.

Nanesené buňky v agaróze a agaru byly zality 1 ml média a vloženy do inkubátoru, kde byly kultivovány při teplotě 37°C a 5% CO₂.

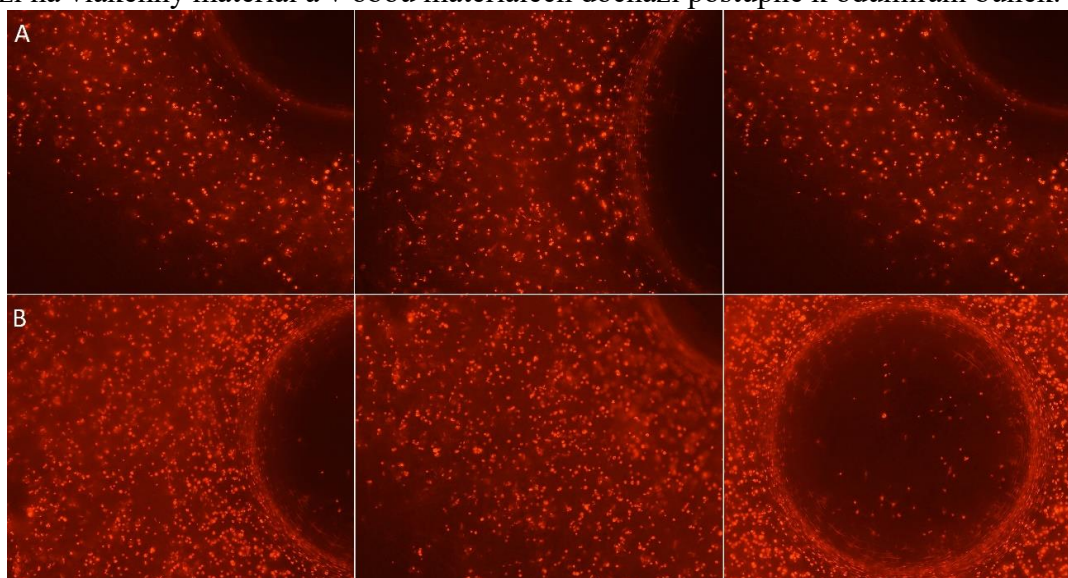
2.5.1 Výsledky fluorescenční mikroskopie

Výsledky z fluorescenční mikroskopie po 1. testovacím dnu jsou zachyceny na obrázku 7. Jak lze z obrázku pozorovat, buňky po 1. testovacím dnu dokázaly přežít jak v agaróze tak i v agaru.



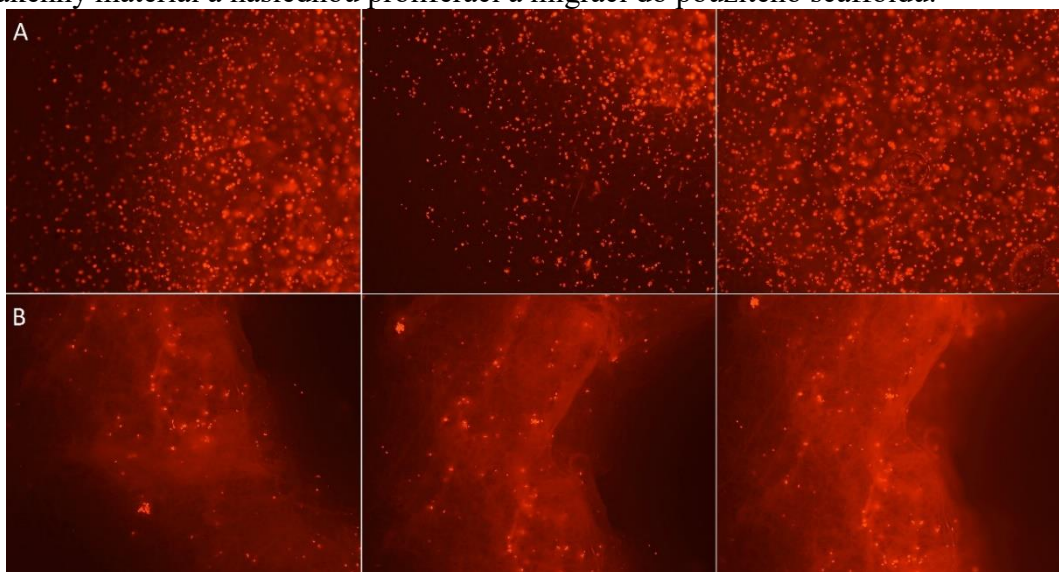
Obr. 7. Snímky agarózy a agaru z FM po 1. testovacím dnu. A) Buňky v agaróze, B) Buňky v agaru.

Po 4. testovacím dnu jsou výsledky z fluorescenční mikroskopie zachyceny na obrázku 8. Z obrázku je patrné, že v testovaných materiálech nedošlo ani po 4. testovacím dnu k buněčné adhezi na vláknitý materiál a v obou materiálech dochází postupně k odumírání buněk.



Obr. 8. Snímky agarózy a agaru z FM po 4. testovacím dnu. A) Buňky v agaróze, B) Buňky v agaru.

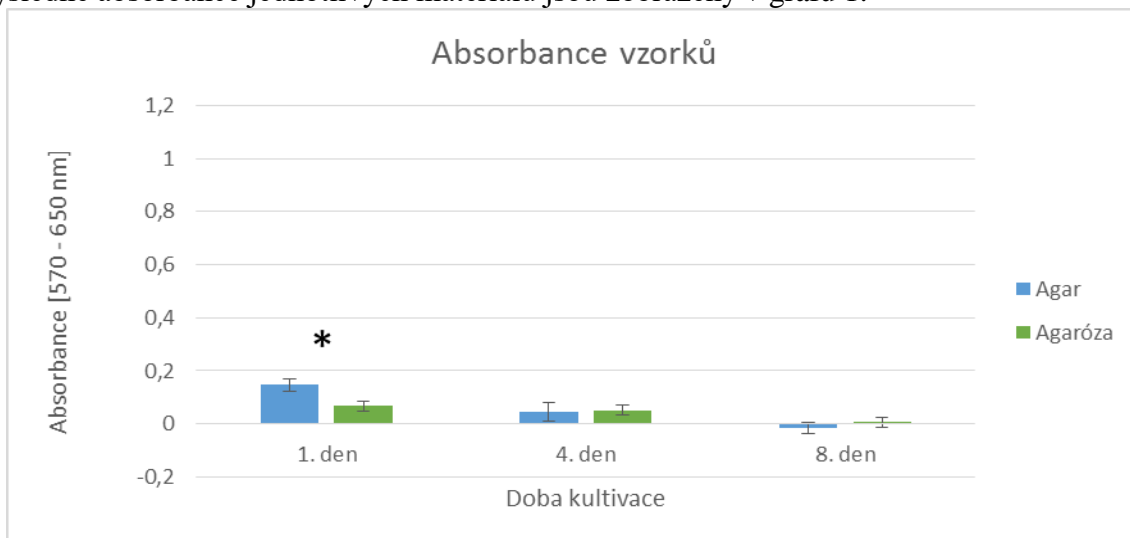
Konečné výsledky z fluorescenční mikroskopie po 8. testovacím dnu jsou na obrázku 9. Jak lze z obrázku pozorovat ani jeden testovaný materiál nedokázal umožnit buněčnou adhezi na vlákněný materiál a následnou proliferaci a migraci do použitého scaffoldu.



Obr. 9. Snímky agarózy a agaru z FM po 8. testovacím dnu. A) Buňky v agaróze, B) Buňky v agaru.

2.5.2 Výsledky MTT testu

Výsledné absorbance jednotlivých materiálů jsou zobrazeny v grafu 1.



Graf 1. Výsledná absorbance pro agar, agarózu. (* značí statisticky významný rozdíl na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ mezi agarem a agarózou)

Graf výsledků MTT testu, zobrazuje absorbance vzorků pro 1, 4 a 8 den a koresponduje s výsledky z fluorescenční mikroskopie. Modře jsou znázorněny absorbance pro agar, oranžově pak pro agarózu. Výsledné hodnoty absorbance se pro agar v 1. testovacím dnu pohybují pod mezí stanovitelnosti, pro další testovací dny se absorbance snížila a pohybovala se pod mezí detekce, pro agarózu se absorbance během všech testovacích dnů pohybovala pod mezí detekce.

Vlivem výsledků z fluorescenční mikroskopie a MTT testu byl zvolen experiment s dalším materiálem, tentokrát s hydrogelem.

2.6 Testování s hydrogelem

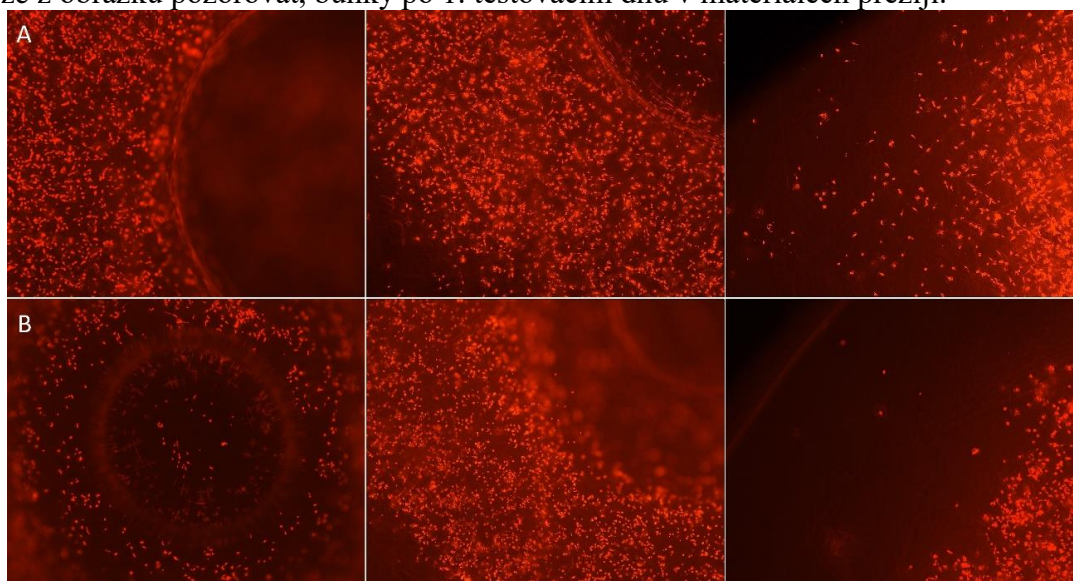
Jako konečný testovací materiál byl zvolen hydrogel HyStem[®] Hydrogel Kit od společnosti Esi-Bio. Testovací sada obsahovala 2x 50 mg Glycosilu (thiol-modifikovaná kyselina hyaluronová), Extralink[®]-Lite (polyetylen glykol diakrylát) a 10 ml DG Water (odplyněná, deionizovaná voda).

Pro přípravu hydrogelu bylo za sterilních podmínek přidáno 5 ml DG vody do lahvičky Glycosilu. Takto připravená směs byla následně pomocí vortexu částečně promísená a dále byla vložena na 20 minut na třepačku. Po tomto promísení vznikl mírně viskózní roztok. Dále byl připraven roztok Extralink-Lite, ke kterému bylo nutné za sterilních podmínek přidat 2,5 ml DG vody a několikrát roztok promíchat. Pro samotný vznik hydrogelu bylo nutné složky Extralink-Lite a Glycosilu smíchat v poměru 1:4. Tímto způsobem vznikl roztok hydrogelu o koncentraci 0,5% s dobou gelace zhruba 30 minut.

Pro biologické testování bylo nutné nejdříve připravit roztok Glycosilu, ke kterému byla následně přidána peletka buněk, která vznikla centrifugací buněčné suspenze a následné odsátí samotného média. Pro test byly znovu použity kostní buňky MG-63 a použita byla jejich 17. pasáž. Vzniklá peletka obsahovala celkem $9,6 \cdot 10^5$ buněk a byla smíchána s roztokem Glycosilu do kterého byl následně přidán roztok Extralink-Lite. Vzniklý hydrogel s buňkami byl následně po 46 μ l dávkován opět do jednotlivých důlků v meltblownové vrstvě, do jednoho důlku bylo tak nadávkováno $1,5 \cdot 10^4$ buněk. Pro test bylo použito celkem 24 scaffoldů, opět meltblownové vrstvy uvedené v kapitole 2.2, pro každý testovací den byly připraveny 4 vzorky pro MTT test, 1 vzorek pro fluorescenční mikroskopii a 1 vzorek pro negativní kontrolu. Dále bylo k testu s hydrogelem přidán i test se samotným vlákněným materiálem bez jakéhokoli gelu. Pro tento test bylo stejně jako pro test s hydrogelem připraveno 24 scaffoldů, na každý testovací den připadly 4 vzorky pro MTT test, 1 vzorek pro fluorescenční mikroskopii a 1 vzorek pro negativní kontrolu. Pro test se samotnými buňkami byla do jednotlivých důlků dávkována buněčná suspenze, s obsahem $1,5 \cdot 10^4$ buněk na důlek. Buňkami osazené materiály byly následně zality 1,5 ml média a vloženy do inkubátoru, kde byly kultivovány při teplotě 37°C a 5% CO₂.

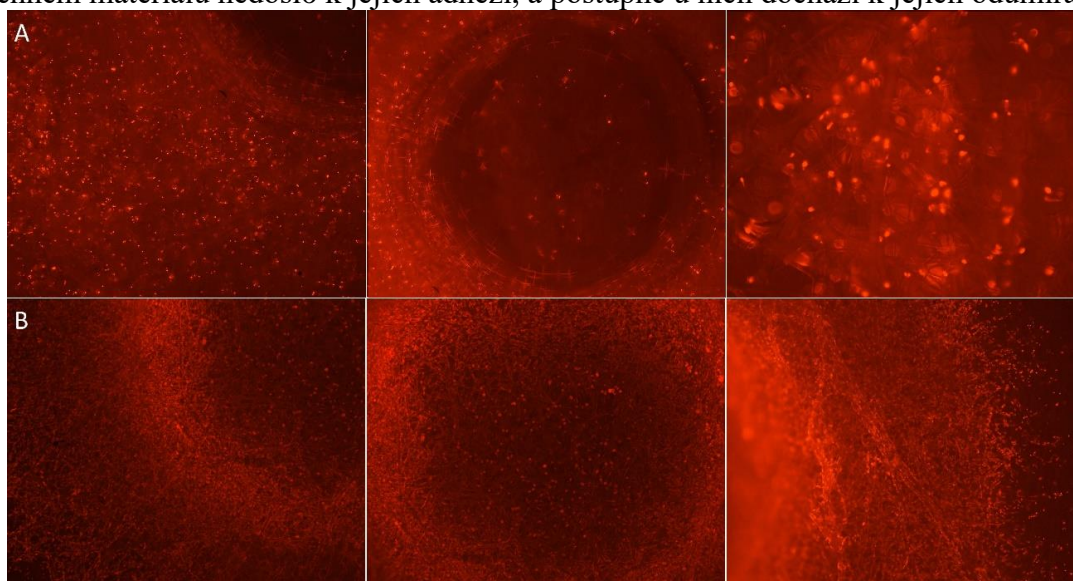
2.6.1 Výsledky fluorescenční mikroskopie

Výsledky z fluorescenční mikroskopie po 1. testovacím dnu jsou zachyceny na obrázku 10. Jak lze z obrázku pozorovat, buňky po 1. testovacím dnu v materiálech přežijí.



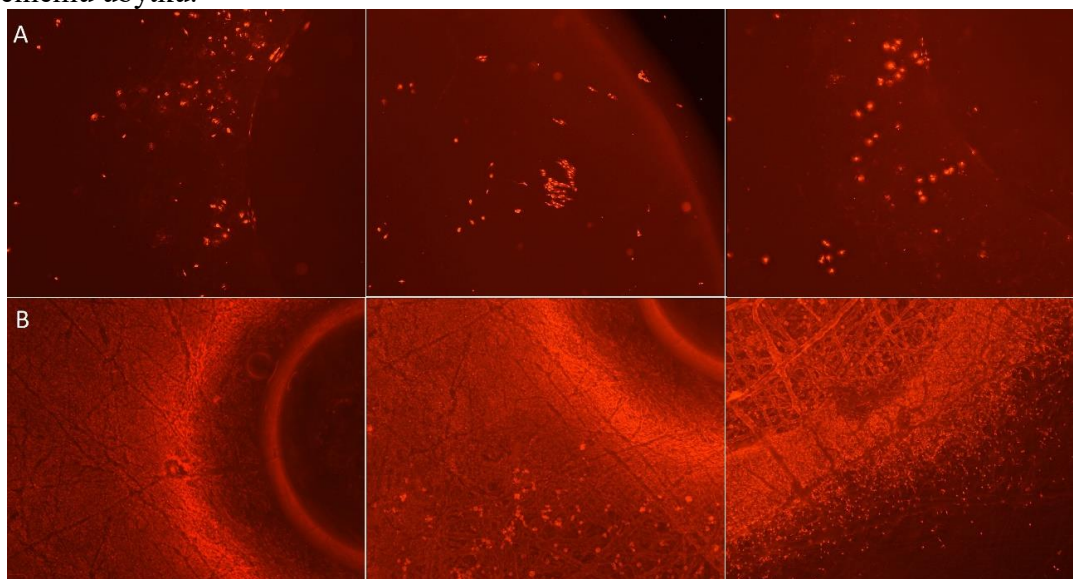
Obr. 10. Snímky samotných buněk a buněk v hydrogelu z FM po 1. testovacím dnu. A) Samotné buňky na vlákněném materiálu, B) Buňky v hydrogelu.

Po 4. testovacím dnu jsou výsledky z fluorescenční mikroskopie zachyceny na obrázku 11. Z obrázku je patrný rozdíl oproti 1. testovacímu dnu, v hydrogelu po 4. testovacím dnu došlo k adhezi buněk na vláknitý materiál a k postupné proliferaci, u samotných buněk na vláknitém materiálu nedošlo k jejich adhezi, a postupně u nich dochází k jejich odumírání.



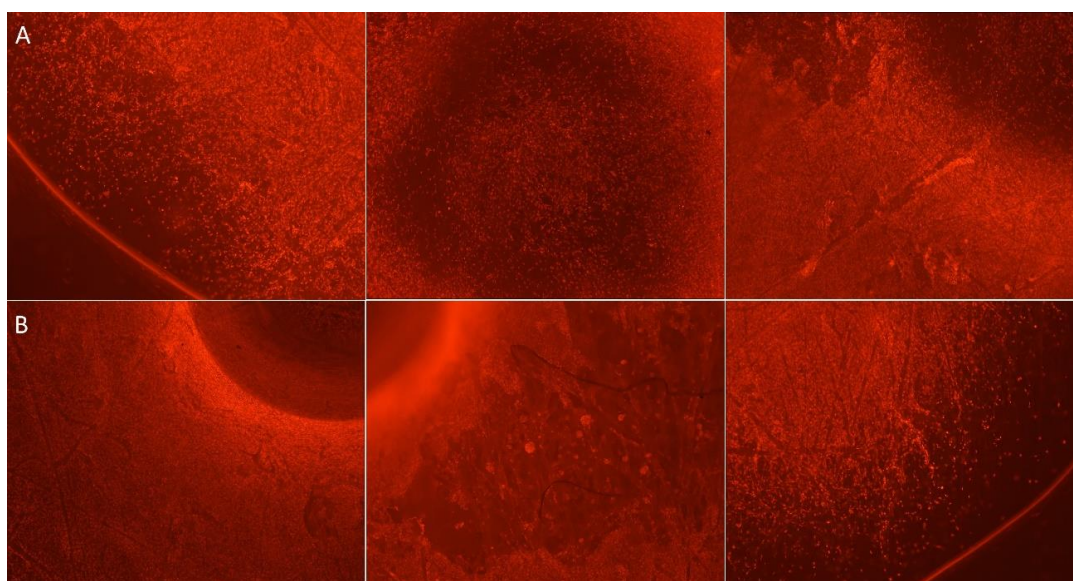
Obr. 11. Snímky samotných buněk a buněk v hydrogelu z FM po 4. testovacím dnu. A) Samotné buňky, B) Buňky v hydrogely.

Výsledky z fluorescenční mikroskopie po 8. testovacím dnu jsou na obrázku 12. Jak lze z obrázku pozorovat, po 8. testovacím dnu došlo u hydrogelu k výrazné proliferaci buněk a k migraci do okolního vláknitého materiálu. U samotných buněk však došlo k jejich viditelnému úbytku.



Obr. 12. Snímky samotných buněk a buněk v hydrogelu z FM po 8. testovacím dnu. A) Samotné buňky, B) Buňky v hydrogely.

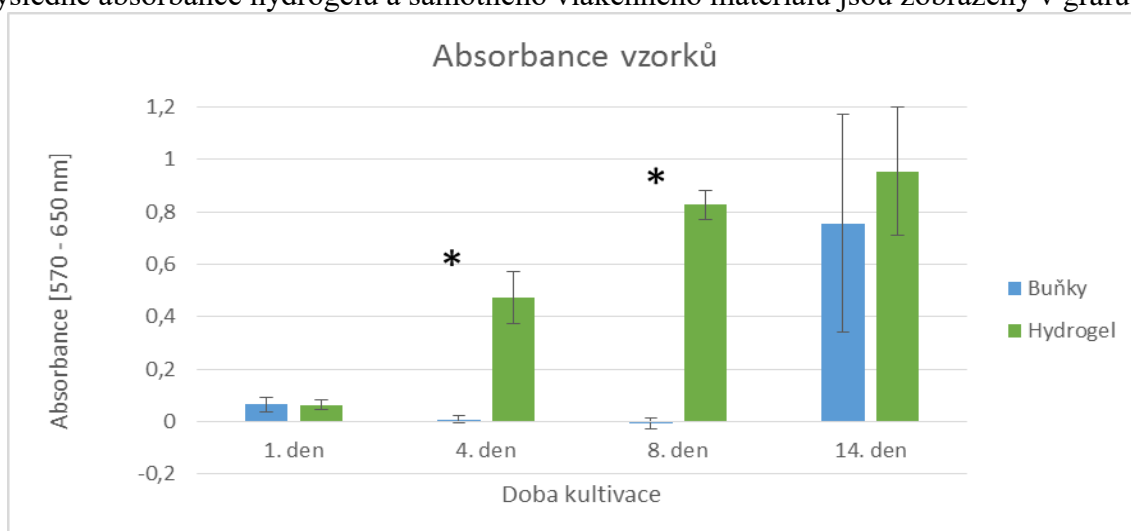
Konečné výsledky z fluorescenční mikroskopie po 14. testovacím dnu jsou zachyceny na obrázku 13. Z obrázku je patrné, že u samotných buněk došlo během posledního testovacího dne v porovnání s předchozími testovacími dny k adhezi a významné proliferaci a migraci do vláknitého materiálu, buňky v hydrogelu vykazovaly stejnou tendenci k proliferaci jako během předchozích testovacích dnů.



Obr. 13. Snímky samotných buněk a buněk v hydrogelu z FM po 14. testovacím dnu. A) Samotné buňky, B) Buňky v hydrogely.

2.6.2 Výsledky MTT testu

Výsledné absorbance hydrogelu a samotného vlákenného materiálu jsou zobrazeny v grafu 2.



Graf 2. Výsledná absorbance pro hydrogel, samotné buňky a pozitivní kontroly (* značí statisticky významný rozdíl na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ mezi hydrogelem a samotnými buňkami).

Graf výsledků z MTT testu vzorků, zobrazuje absorbance pro 1, 4, 8 a 14 den. Výsledky z MTT testu odpovídají fluorescenční mikroskopii. V grafu jsou modře znázorněny absorbance samotných buněk na vlákenném materiálu a oranžově je zachycena výsledná absorbance buněk v hydrogelu. Výsledné hodnoty absorbance se po 1. testovacím dnu pohybovali pod mezí detekce, u dalších testovacích dnů se však absorbance u hydrogelu postupně zvyšuje až do 14. testovacího dne. U samotných buněk na vlákenném materiálu se během 1., 4. a 8. testovacího dne pohybovala absorbance pod mezí detekce, avšak během posledního testovacího dne došlo k významné změně v naměřené absorbanci.

Z výsledků fluorescenční mikroskopie a MTT testu je patrné, že vlivem hydrogelu dochází k urychlení buněčné adheze, proliferace a migrace do vlákenného materiálu.

3 Závěr

Experiment lze rozdělit na dvě části. Její první část byla zaměřena na kalibraci a funkčnost tiskárny. Při testování základních možností tiskárny byly zjištěny její různé nedodělky a chyby, které bylo nutné eliminovat.

Druhá část experimentu byla zaměřena na výběr vhodného materiálu, který by šel tisknout a zároveň by podpořil buněčnou adhezi a proliferaci. Pro otestování byly vybrány čtyři materiály, a to: želatina, agaróza, agar a hydrogel, které byly aplikovány na meltblownovou vrstvu z polykaprolaktonu.

Při testování tisku se želatinou byla udělána koncentrační řada pro zvolení vhodné koncentrace, která by nezpůsobila problémy při tisku. Se želatinou o zvolené vhodné koncentraci byl proveden tisk na vlákenný materiál, díky kterému vznikl kompozitní materiál. Biologický experiment však ukázal, že testovaná želatina nelze v podmínkách biologické laboratoře sterilizovat a pro použití v tkáňovém inženýrství je tedy nevhodná.

Dále bylo provedeno testování agarózy a agaru. Stejně jako u testování se želatinou, byla nejdříve udělána koncentrační řada pro zjištění vhodné koncentrace k tisku. Po zvolení vhodných koncentrací u obou materiálů bylo provedeno in-vitro testování, které vedlo k neuspokojivým výsledkům. Oba materiály, i přestože je lze sterilizovat, neumožnily buněčnou adhezi a proliferaci.

Poslední testovaný materiál: hydrogel byl vlivem předepsané přípravy postupu od výrobce připraven jen o jedné koncentraci. In-vitro testování s hydrogelem vedlo ke zjištění, že hydrogel umožňuje a zároveň i urychluje buněčnou adhezi a proliferaci.

Literatura

[1] Mironov, V. Organ printing: Tissue spheroids as building blocks. *Biomaterials*, 2009, č. 30, s. 2164-2174.

[2] What Is a Cell - Learn Science at Scitable [online]. c2014, last revision 15th of April 2015 [cit. 2015-04-24]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.nature.com/scitable/topicpage/what-is-a-cell-14023083>>.

[3] Murphy, V. S., Atala, A. 3D bioprinting of tissues and organs. *Nature Biotechnology*, 2014, č. 32, s. 773–785.

Porovnání pevnosti šitých a ultrazvukových spojů pro automobilové sedačky

Nikola Kloudová

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

Abstrakt: Tato práce se zabývá zkoumáním a porovnáním pevnosti šitých spojů a spojů získaných nekonvenčním způsobem ultrazvukem se zaměřením na automobilové sedačky. Klíčovým parametrem pro spojování technické konfekce je pevnost. Práce popisuje základní informace o mechanicko-fyzikálních vlastnostech a ultrazvukovém svařování. Zkoumány byly materiály běžně používané v průmyslu na výrobu autosedaček, přičemž materiály byly v rámci experimentu různě spojeny a za pomoci přístrojů podrobeny několika typům zátěžových zkoušek. Praktická část byla dále zaměřena na zjišťování vhodných parametrů pro spojování technické konfekce a zjišťování pevnosti pěti typů odlišných nití namáhaných klasicky v tahu a ve smyčce. V neposlední řadě je část práce věnována dvěma typům namáhání a to statickému a dynamickému, které bylo zaznamenáno pomocí rychlokamery. V závěrečné části práce byly vyhodnoceny všechny metody z hlediska pevnosti a tažnosti.

Klíčová slova: nekonvenční, spojování, svařování ultrazvukem, technické textilie, pevnost spoje, autosedačky

1 Mechanicko- fyzikální vlastnosti

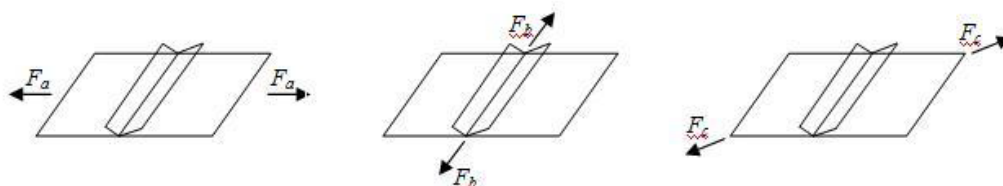
Mechanicko-fyzikální vlastnosti plošných textilií jsou způsobené jejich odezvou na působení okolních sil. Do této kategorie spadá namáhání v tahu, ohybu, krutu, smyčce a v rázu. Tyto vlastnosti jsou odvíjeny především z vlastností vláken, třecími silami, tvarem profilu, interakcí, velikostí stykových ploch a konstrukcí. U hotových výrobků, hlavně v oděvních výrobcích, se odehrávají malé deformace oděvu. V praxi k takovým namáháním dojde jen málokdy, jelikož by to znamenalo porušení plošné textilie. Mezi deformační vlastnosti řadíme pevnost a tažnost. Při mechanických vlastnostech je pevnost spoje závislá na směru namáhání, což je zobrazeno na obrázku č. 1

Všeobecně řečeno - mechanické vlastnosti jsou schopnosti odolávat působení vnějších sil, které lze zkoumat ze dvou směrů:

- působení vnější tahovou silou ve směru jejich plochy
- působení vnější silou kolmo na tuto plochu (protržení)

Při působení vnějších sil lze hodnotit namáhání textilií z pohledu:

- namáhání na tah, tlak, ohyb, krut, smyk,
- namáhání statické, dynamické
- namáhání jednorázové, cyklické
- namáhání do přetrhu, bez přetrhu [20], [11], [12], [13], [7]



Obrázek 1 Grafické vyjádření tahového namáhání [9]

1.1 Faktory ovlivňující pevnost

Při zjišťování pevnosti vycházíme z vlastností daných materiálů. U méně roztažných materiálů, jako jsou tkaniny a občas i pleteniny, je příčná pevnost velmi důležitým parametrem, díky kterému se charakterizuje odolnost spoje proti vnějšímu namáhání.

Způsob namáhání: Namáhání je během užívání výrobku ovlivněno spoustou okolních vlivů, např. povětrnostními. Vlastnosti jsou ovlivněny: velikostí působící síly, směrem působící síly, délkou a způsobem působící síly, rychlostí změny velikosti síly, tvarem švu [3], [10], [21]

2 Nekonvenční způsoby spojování

Variant způsobů spojování textilních materiálů pro oděvní a technické aplikace je spousta, tento typ spojování se neustále rozvíjí a čím dál více se používá, tudíž se lehce upouští od klasického spojování strojním šitím. Spojování např. lepením, horkým vzduchem, tepelným klínem, podlepování a spojování ultrazvukem patří mezi netradiční metody spojování a to bez použití šicí techniky a šicích nití. [8], [7], [20]

2.1 Ultrazvukové svařování

„Absorpci ultrazvukové energie, pohybem a třením molekul vzniká v místě sváru teplo, které roztaví termoplastický materiál tak, že proteče mezi spojované součásti“. (Dle webových stránek <http://www.kod.tul.cz/smazat/laboratore/Spojovani/index.html>) [5]

Po vychladnutí se docílí spojení materiálu. Hlavní podmínka pro svařování je ta, že materiál musí obsahovat alespoň 60% termoplastických vláken.

Pevnost a kvalita spoje závisí na více faktorech. Záleží na tom, jak dlouho se na materiál bude působit:

- ultrazvukovými vibracemi
- frekvencí
- přitlačnou silou
- amplitudou kmitání

Svařování ultrazvukem je zjednodušeně spojení dvou materiálů, které vznikne ve svařovacím místě pomocí ultrazvukové energie. Během několika posledních let se spojování ultrazvukem rozšířilo. Sám o sobě ultrazvuk je velmi univerzální proces, který lze použít v širokém rozsahu aplikací od laminace/lepení, perforace, řezání, spojování a další. [4], [5], [6]

2.1.1 Základy ultrazvukového svařování

Ultrazvukové svařování je způsob spojování, který se využívá za pomoci vysokofrekvenční mechanické zvukové vlny, viz obr. č. 5, která vytváří molekulární vazby mezi termoplastickými materiály, jako jsou například netkané textilie, filmy nebo vstříkované plastové díly. Během ultrazvukového svařování jsou mechanické vibrace zavedeny do materiálu při vysoké frekvenci 20,000 Hz nebo i více cyklů za sekundu. Ultrazvukové vibrace tzv. cestují ve tvaru vlny, podobně jako se pohybuje světlo. Nicméně, na rozdíl od světelné vlny, která se může pohybovat ve vakuu; ultrazvuk vyžaduje pružné médium, například plyn, kapalinu nebo pevnou látku. [1], [19], [21]

3 Mechanické namáhání technických textilií

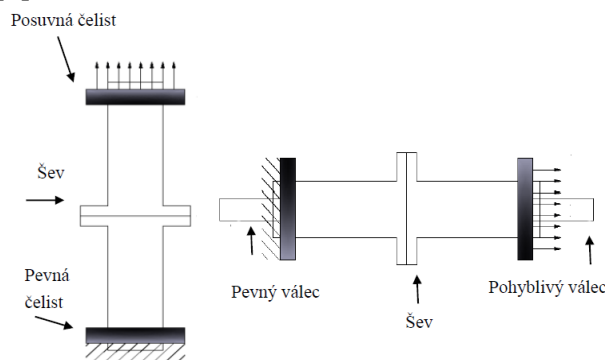
Hlavní problém těchto speciálních textilií při zkoušení je jejich tloušťka, která se pohybuje okolo 2,5-15 um. Díky silnější tloušťce vlákna jsou pro zkoušení vyhraněné omezené metody. [2], [22]

3.1 Statické a dynamické namáhání

Zkoušky rozdělujeme podle povahy působících sil na statické a dynamické. Uchycení vzorků viz obrázek č. 2 a 3. Podle rychlosti působení sil je materiál namáhán staticky nebo dynamicky. Základní rozdíl těchto dvou typů namáhání:

Statického namáhání: jedná se o pozvolné namáhání spoje, které může trvat několik sekund, minut a v extrémních případech i dnů. Materiál necháváme pozvolna dojít až do přetrhu. Vnější síly jsou při tomto typu namáhání neproměnné.

Dynamické namáhání: k vzrůstu napětí dochází velice rychle během několika málo vteřin a materiál se velmi rychle přetrhává. Běžné je využití tohoto principu u airbagů a bezpečnostních pásů. Hraje zde velice důležitou roli, aby působící síly vznikající při velké síle výrobek nepoškodily. [2]



Obrázek 2,3 Šev při napětí v příčném tahu (A – statická zkouška, b - dynamická zkouška)

4 Experimentální část

4.1 Charakteristika zkoušených materiálů

Materiál a šicí nitě byly poskytnuty firmou Johnson Controls Česká Lípa, jedná se tedy o materiály, které se skutečně používají ve výrobě přímo určené pro automobilový průmysl, podrobněji autosedačky. V tabulce č. 1,2 jsou podrobněji popsány materiály, které byly použity v experimentu, a na obrázku č. 2, 3 je možné vidět materiály vyfocené.

Materiály:

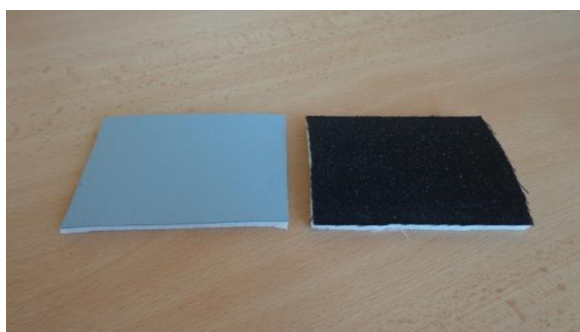
Tabulka 1 Vlastnosti materiálů

Vlastnosti:	Typ č. 1	Typ č. 2
Materiál	Koženka	Tkanina
Plošná hmotnost	9,485 g/m ²	4,793 g/m ²
Vrchní tkanina:	Polypropylen	Polyester
Výplň:	Polyuretanová pěna	Polyuretanová pěna
Podšívka:	Pletenina- PES	Úpletová pletenina- PES
Tloušťka:	0,39 mm	0,59 mm

Charakteristika šicích nití:

Tabulka 2 Charakteristika šicích nití

Vlastnosti	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E
Obchodní název:	AMI 40-4000 A925	FILAN 40 AS	FILAN 30 AS	AMIFIL 30- 6000 1137	FILAN 21 AS
Materiálové složení:	PA 6.6 multifil	100 % PES, multifil	100 % PES, multifil	PA 6.6 , multifil	100 % PES, multifil
Jemnost:	80 tex	77,6 tex	93,66 tex	104 tex	159 tex
Konstrukce:	Trojmo skaná	Trojmo skaná	Trojmo skaná	Trojmo skaná	Trojmo skaná
Směr zákrutu:	Z- pravý zářkut	Z- pravý zářkut	Z- pravý zářkut	Z- pravý zářkut	S- levý zářkut



Obrázek 2 typy použitých materiálů



Obrázek 3 seřazené nitě

4.2 Svařování ultrazvukem

Svařování bylo prováděno pomocí ultrazvukového svařovacího stroje PFAFF 8310. Pro porovnání byly zvoleny 3 odlišné výkony přístroje, ostatní hodnoty se ponechaly stejné a zjišťovalo se, zda má výkon vliv na pevnost spoje materiálu. V práci byly použity dva typy koleček: vroubkované a kolečko na imitaci šitého stehu viz obrázek č. 4

Pro experiment byly zvoleny následující parametry :

- Výkon: 25 %, 27 %, 29 %. Při nižším výkonu se svařovaný materiál počal ihned od sebe odlepovat i pouhou lidskou silou, což nemělo smysl dále v experimentu pokračovat. U vyšších hodnot nebylo možné materiál vůbec svařit, taval se ihned v místě svařování a přístroj svařoval a taval materiál na místě.
- Rychlost svařování: 1,2 m/min. Při nižší rychlosti se materiál ihned začal tavit a nebylo možné vzorek tzv. dosvařit, při vyšší hodnotě se materiál téměř vůbec nesvařil.
- Vzdálenost mezi sonotrodou a kolečkem 0,3 mm. Tato hodnota se nastavovala z hlediska tloušťky materiálu a pro všechny vzorky byla stejná.
- Tlak 2,5 bar. Tato hodnota byla pro všechny vzorky stejná

Tabulka 3 Svařovací hodnoty a vyhodnocení metod

Nastavení svařovacích parametrů					
	Výkon [%]	Rychlost podávání materiálu [m/min]	Tlak vrchního svar.kolečka [N]	Tlak spodního svar.kolečka [N]	Kvalita spoje
Klasické kolečko					
Výsledné par.	25	1,2	0,4	2,5	Nekvalitní spoj
	27	1,2	0,4	2,5	Kvalitní spoj
	29	1,2	0,4	2,5	Začíná docházet k tavení materiálu
Kolečko na imitaci šitého spoje					
Výsledné par.	25	1,2	0,4	2,5	Kvalitní spoj
	27	1,2	0,4	2,5	Tavení materiálu
	29	1,2	0,4	2,5	Tavení materiálu



Obrázek 4 Svařovací kolečka

4.3 Pevnosti a tažnost nití uchycených v tahu a ve smyčce

Vyhodnocovala se u nich především jejich pevnost a tažnost na trhacím přístroji Testometric M350-5CT. Zkoušky jsou rozděleny na dvě části. V první části je vyhodnoceno klasické uchycení nití do čelistí a vyhodnocuje se jejich pevnost a tažnost. Další část se věnuje uchycení nití ve smyčce, kde se vyhodnocují ty samé vlastnosti jako u klasického uchycení.

Tabulka 4 Pevnost šicích nití v tahu a ve smyčce

	Klasicky uchyceno		Uchyceno ve smyčce	
	Nejvyšší hodnota	Nejnižší hodnota	Nejvyšší hodnota	Nejnižší hodnota
Pevnost (N)	Typ E -90,37	Typ C- 47,36	Typ E -236,24	Typ C- 123,91
Tažnost (%)	Typ B- 25,85	Typ C-16,18	Typ B- 37,217	Typ C-20,714

4.3.1 Celkové vyhodnocení obou metod navzájem

Ze získaných výsledků, které jsme získali vždy po dokončení každé zkoušky z trhacího přístroje, jsme zjišťovali rozdílnou pevnost a tažnost u 5 typů nití uchycených ve smyčce nebo klasicky v čelistech trhacího přístroje.

Z tabulky č. 4 lze vidět, že na pevnost nitě nemá vliv způsob, jakým je uchycena, jelikož u obou typů vychází nejvyšší a nejnižší hodnota u téhož typu nitě. Např. pevnost je u smyčky i klasického upnutí nejvyšší u nitě typu E a nejnižší u nitě typu C. Ale pokud shlédneme hodnoty v tabulce č. 4, tak smyčka má vyšší pevnost oproti klasickému uchycení, jelikož ve smyčce jsou dvě nitě a v klasickém přetrhu pouze jedna.

4.4 Statická a dynamická zkouška

Základní rozdíl mezi jednotlivými typy zkoušek: u dynamické zkoušky dochází k porušení materiálu při mešním napětí než při statickém namáhání. Statické namáhání je pozvolné namáhání, kdy materiál necháváme pomalu dojít k přetrhu. Potřebné parametry pro statickou a dynamickou zkoušku jsou uvedeny v tabulce č. 5.

Tabulka 5 Parametry pro statickou a dynamickou zkoušku

Parametry	Statická zkouška	Dynamická zkouška
Rychlost posuvu čelistí	100 mm/min	500 mm/sec
Vzdálenost mezi upevňovacími čelistmi	200 mm	200 mm

Statické namáhání: Nejvyšší pevnost u všech typů nití vykazuje řetízkový steh, který se jeví výrazně pevnější než vázaný steh. Nejvyšší pevnost u vázaného i řetízkového stehu dokazuje typ nitě E, která vykazuje nejvyšší jemnost 159 tex oproti ostatním nitím.

Dynamické namáhání: Problém je u vázaného stehu typu E, řetízkového stehu typu: A, E. U těchto typů nití nedošlo k přetrhu materiálu, ale pouze k natažení z důvodu malého rozpětí čelistí, proto tyto výsledky nejsou optimální pro vyhodnocení experimentu. Obdobně jako u vázaného stehu, i u dynamického namáhání vykazuje řetízek největší pevnost u všech typů nití. Ultrazvukový spoj vykazuje velmi malé hodnoty pevnosti téměř zanedbatelné a potřebné pro automobilový průmysl. Dynamická zkouška byla měřena pomocí přístroje na dynamické namáhání a hodnocena kamerovým záznamem OLYMPUS I-Speed 3. Vysokorychlostní kamera slouží ke zpracování obrazu ve vysoké kvalitě. Byla nastavena snímací rychlost 1000 snímků /s, při rostoucí snímkové frekvenci se zmenšuje rozlišení obrazového záznamu.

4.4.1 Vyhodnocení statického a dynamického namáhání

Tabulka 6 Průměrné hodnoty pevnosti vzorků při statickém a dynamickém namáhání

Průměrné hodnoty pevnosti vzorků [N]						
Druh stehu	Typ namáhání	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E
Vázaný steh	Statické nam.[N]	904,920	1099,94	856,080	951,920	1316,06
	Dynamické nam.[N]	997,133	736,677	873,455	1002,091	555,710
Řetízkový steh	Statické nam. [N]	1379,994	1303,486	1299,134	1078,905	1245,66
	Dynamické nam.[N]	1138,368	873,919	1179,994	1099,905	1245,66

Tabulka 1 Průměrné hodnoty pevnosti vzorků pomocí ultrazvukového svařování

Průměrné hodnoty pevnosti vzorků [N]				
Typ namáhání	Parametry	Výkon: 25 %	Výkon: 27 %	Výkon: 29 %
Ultr. spoj s klas. kolečkem	Statické nam. [N]	48,350	105,470	119,720
	Dynamické nam. [N]	41,820	103,325	25,486
Ultr. spoj s vroub. kolečkem	Statické nam.[N]	66,880	85,458	86,210
	Dynamické nam. [N]	64,935	98,960	69,769

4.4.2 Vyhodnocení:

Z tabulky lze vidět, že při dynamickém namáhání jsou hodnoty řádově výrazně nižší. U této zkoušky byl problém, že se čelisti přístroje roztáhly jen do určité hodnoty svého maxima, což pro některé materiály nebylo dostačující. Bylo by tedy zapotřebí větší rozpětí k roztržení, což přístroj neumožňoval, proto se některé zkoušené materiály pouze natáhly, ale neroztrhly.

Všeobecně namáhání statickým způsobem vykazuje vyšší pevnost způsobenou postupným zvyšováním síly, než dojde k přetrhu, pouze u dvou typů nití byla hodnota u dynamického namáhání o pár hodnot vyšší, což mohlo zapříčinit také to, že se zkoušel pouze jeden typ materiálu a nebylo možné vytvořit průměrnou hodnotu z pěti vzorků jako u statického namáhání.

U všech 3 typů různých spojení materiálu vykazuje nejvyšší pevnost řetízkový steh s nejvyšší hodnotou 1379,994 N u typu nitě A. Druhý v pořadí s nejvyšší pevností je vázaný steh s nejvyšší hodnotou 1316,06 N u typu nitě E. Nejméně pevný se u všech metod jevil vždy ultrazvukový svařovaný spoj, který s hodnotou 98,960 N při výkonu 27 % vykazoval „nejvyšší“ pevnost u dynamického namáhání, ale v porovnání s pevností u řetízkového nebo vázaného stehu to je opravdu velmi malá, snad až zanedbatelná síla. Z průměrných hodnot v tabulce č. 16, kde byl zkoušen materiál č. 1, je pevnost svařování ultrazvukem 138,873 N. Tento materiál vykazoval lepší pevnost ve svařeném spoji o 39,91 N než u materiálu č. 2. Naopak ale u řetízkového a vázaného stehu se síla pohybovala okolo 650 N, což u materiálu typu 2 se pohybovala řádově okolo 1200 N.

Takže z hlediska pevnosti a tažnosti záleží nejvíce na zkoušeném materiálu, jelikož každý materiál vykazuje rozdílné vlastnosti a pevnost. A každý typ spojení má při vyhodnocování na zatěžovacích zkouškách rozdílné pevnosti. Pokud by bylo potřeba získat u materiálů vyšší pevnost, bylo by zapotřebí zkoušet více typů materiálů.

5 Závěr

Jak už je patrné z názvu práce, cílem bylo zjistit pevnost materiálů určených pro automobilové sedačky. V dnešní době patří automobilový průmysl mezi velmi vyspělý sektor, který má budoucnost, proto je v tomto odvětví neustále potřeba věci inovovat, modernizovat a zlepšovat.

Řada firem a jejich odborní pracovníci se snaží ve svých vývojových střediscích vyvinout pro zákazníka co nejkomfortnější a neoptimálnější výrobek z hlediska jeho stále rostoucích požadavků. Při užívání autosedaček dochází nevědomky k velkým tlakům na materiál, ať už se jedná o sílu, která na materiál působí běžným užíváním např. při dosedání, opírání, ale i sílu, která může působit při nenadále kolizi (dopravní nehoda). S touto silou by mělo být počítáno a měla by být zohledněna při výrobě s dopadem na správnou volbu pevnosti materiálu i samotných šicích nití tak, aby autosedačka vydržela všechny nepříznivé vlivy způsobené užíváním.

Práce má rozkrýt možné metody a zkoušky, kterými lze zjistit pevnost samotné šicí nitě a dále pevnost materiálu. Pro práci byly vybrány 3 hlavní principy spojení materiálu a to klasickým vázaným a řetízkovým stehem a pro tuto sféru neobvyklým spojením pomocí svařování ultrazvukem. Nejdůležitější částí bylo naměřené výsledky porovnat mezi sebou a to z hlediska pevnosti a tažnosti jednotlivých materiálů a metod namáhání na ně.

V první části byly čtenáři blíže objasněny základní informace o mechanických vlastnostech a hlavně informace o ultrazvukovém svařování, jeho principu, výhodách, nevýhodách a jaké lze použít materiály pro tento způsob spojení.

Další část byla zaměřena na zkoušení materiálů a nití, jejich pevnost a tažnost z hlediska kvality spoje. Byly testovány dva druhy materiálů a pět typů nití získaných od firmy Johnson Controls Česká Lípa. První část experimentu se zaměřila na samotné typy nití, hodnotila se jejich pevnosti a tažnost při uchycení v tahu a ve smyčce. V této části autorka dospěla k názoru, že smyčka je zkoušena ze dvou vzájemně propojených nití, proto se získané hodnoty z přístroje vynásobily dvěma. V další části se u smyčky vyhodnocovala teoretická pevnost ze vzorců uvedených v rešeršní části, zda odpovídají realitě. Merit experimentu byl zaměřen na 3 odlišné typy spojení materiálu pomocí jednoduchého hřbetového švu. Na přístroji Pfaff 8310-043 bylo zkoumáno ultrazvukové spojení, pro hodnocení byla zvolena dvě různá kolečka lišící se svou stopou. Ke spojení řetízkového a vázaného stehu byly použity šicí stroje jednojehlové dvounitné značky Sunstar a Brother. Výsledné vzorky byly hodnoceny dvěma typy namáhání a to při statickém a dynamickém namáhání, které bylo navíc zpracováno záznamem z rychlokamery.

U zjišťování pevnosti jednotlivých nití hrálo velmi důležitou roli uchycení vzorků, které byly uchyceny buď klasicky v čelistech, nebo ve smyčce. Z předešlých výsledků zkoušek a grafů získaných měřeními jsme zjistili, že uchycení u těchto typů nití nemá vliv na pevnost a tažnost. Ale při bližším rozboru vykazuje smyčka vyšší pevnosti, jelikož ji v přetrhu brání spojené dvě nitě. Z hlediska pevnosti je nejpevnější nit typu E, kde se jedná o 100% PES jemností 159 tex, jako nejvíce tažná se jeví nit typu B, kde se jedná také o 100% PES ale s jemností 77,6 tex.

U svařování za pomoci ultrazvuku bylo obtížné najít ke svaření optimální hodnoty, nakonec byly vybrány 3 hodnoty, kde byl zvolen primární a měnitelnou hodnotou výkon stroje, a ostatní hodnoty se ponechaly stejné.

S každým typem kolečka se svařovalo odlišně, pro tento experiment bylo směrodatné klasické kolečko, se kterým se lépe manipulovalo a dle vybraných parametrů šlo materiál dobře svařovat. Pouze u výkonu 29 % se už začínal pomalu ve spoji tavit.

Druhý typ kolečka byl zvolen díky vzoru imitace šitého spoje, s kolečkem se špatně manipulovalo, jelikož se zarýval do materiálu a vytvářel při svaření viditelné otvory, od hodnot 27 % a výše už nebylo možné s tímto typem svařovat, jelikož se taval a zastavoval v místě sváru.

Jednotlivé vzorky byly dále namáhány dvěma typy zatěžování, které se lišily směrem namáhání vzorků a rychlostí přetrhu. U statického typu namáhání se dobře manipulovalo s přístrojem a čelistmi přístroje. U dynamického typu namáhání byl problém s přístrojem, jeho dostupností, manipulací, časovou náročností experimentu a získanými hodnoty z přístroje, které se musely celé převádět a přepočítávat. Bohužel k experimentu bylo možné použít pouze tento typ přístroje pro dynamické namáhání, jiný typ přístroje tohoto typu k použití pro experiment nebyl. U dynamického namáhání vycházela menší síla potřebná k přetrhu materiálu.

Z celkových výsledků vyplynulo, že měření se vzorky spojených s řetízkovým stehem vykazuje prokazatelně nejlepší hodnoty, co se týče pevnosti. Problémem u tohoto stehu je obtížné zajištění konce stehové řady, což by v automobilovém průmyslu mohlo dělat komplikace se zvýšenou paralelností při poškození stehu. Každý zkoušený materiál se jeví jinak díky svým odlišným vlastnostem, tzv. koženka materiál č. 1 vykazoval větší hodnotu pevnosti u svařeného spoje než materiál č. 2 ze 100% PES. Ale u řetízkového a vázaného stehu opět vykazoval materiál č. 1 podstatně nižší pevnost oproti materiálu č. 2.

Vyhodnotit optimální hodnotu a říci, zda je kvalitnější konvenční nebo nekonvenční způsob spojení, je diskutabilní. Zde záleží na zkoušeném materiálu, použitých šicích nití a výrobcem požadovaných parametrů na výrobek. Autorka by nedoporučovala pro spojování materiálů určených pro výrobu autosedaček využívat ultrazvukový spoj, jelikož nalézt vhodné svařovací parametry bylo zdlouhavé a ve výrobních závodech se každou chvíli používají jiné typy materiálů. Ne všechny zkoušené materiály, které byly hodnoceny, bylo možné svařit, ty, které bylo možné svařit, nebyly vhodné z estetické stránky, jelikož spoj nevypadal vzhledově hezky a pro výrobek by jej autorka nedoporučila. Další nevýhodou je cena za zařízení ultrazvuku, investice je velice nákladná pro spojování těchto typů materiálů se nevyplatí. V průběhu experimentu nebylo dosaženo u spoje odpovídající kvality. Takto nekvalitní spoj by nesnesl namáhání, které by na něj bylo běžným užíváním vyvíjeno. Pro tuto sféru by autorka doporučila používat klasické konvenční metody, nejlépe řetízkový steh při zajištění konce stehových řad.

Literatura

[1] KREBSOVÁ, Milada. Technologie. sv. 2., Oděvnictví. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1990.

[2] LIZÁK, Pavol a Jiří MILITKÝ. Technické textilie: publikácia určená pre textilných odborníkov, vysokoškolských pedagógov a poslucháčov textilných VŠ, odborníkov z praxe .. 1. vyd. Ružomberok: Nadácia pre rozvoj textilného vysokošk. vzdelania, 2002. ISBN 80-968674-0-7.

[3] Sindel, R. Nähgarne für extrem belasteten Nähte. AMANN, 1998.

- [4] Textile learner. Application of Ultrasonic in Textile Wet Processing (Part-1). [online]. 2016 [cit. 2016-03-12]. Ultrazvuková technologie. Dostupné z WWW:<http://textilelearner.blogspot.cz/2013/08/application-of-ultrasonic-in-textile_28.html>.
- [5] kod.tul.cz. [online]. 2016 [cit. 2016-03-28]. Ultrazvukový svařovací stroj. Dostupné z WWW:<<http://www.kod.tul.cz/smazat/laboratore/Spojovani/index.html>>.
- [6] Průmyslové spektrum. [online]. 2016 [cit. 2016-01-12]. Spojování a řezání ultrazvukem. Dostupné z WWW:<<http://www.mmspektrum.com/clanek/spojovani-a-rezani-ultrazvukem.html>>.
- [7] MILITKÝ, Jiří. Textilní vlákna: klasická a speciální. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002. ISBN 80-7083-644-X.
- [8] ZOUHAROVÁ, J.: Výroba oděvů II. díl. Skripta FT TUL 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004, ISBN 80-7083-782-9
- [9] DOSEDĚLOVÁ, Ivana. Analýza vlastností spojů technických konfekcí s ohledem na způsob zatěžování: Analysis of the properties of the seam of technical readymade products with respect to the method of straining [CD-ROM]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2011.
- [10] KUNZ, O. Speciální technologie výroby ochranných oděvů. Ochranné oděvy II. KKV Prostějov, 2002.
- [11] STANĚK, Jaroslav. Nauka o textilních materiálech. sv. 1., Část 4. Vlastnosti délkových a plošných textilií. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1988.
- [12] KOVAČIČ, Vladimír. Textilní zkušebnictví. Díl 2. 1. vydání. Liberec: TU v Liberci, 2004. 69 s. ISBN 80-7083-825-6 69
- [13] KOVAČIČ, Vladimír. Textilní zkušebnictví. Díl I. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004. ISBN 80-7083-824-8.
- [19] homen.vsb.cz. [online]. 2016 [cit. 2016-04-12]. Ultrazvukové svařování-41. Dostupné z WWW:<<http://homen.vsb.cz/~hla80/2009Svarovani/2-06-41.pdf>>.
- c DUKANE [online]. 2016 [cit. 2016-03-19]. Ultrazvukové svařování. Dostupné z WWW:<<http://www.dukane.eu/cz/sva%C5%99ov%C3%A1n%C3%AD-ultrazvukem>>.
- [20] ODE_8_Šicí stroje_OPTIS.pdf [online]. 2016 [cit. 2016-05-1]. Výroba oděvů. http://www.kod.tul.cz/predmety/ODE/prednasky/ODE_8_%C5%A0ic%C3%AD%20stroje_OPTIS.pdf >.
- [21] Om_prednaska_4_A_2013 [online]. 2016 [cit. 2016-04-30]. Zpracovatelské a užité vlastnosti od vlastnosti oděvních materiálů. Dostupné z WWW:<http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/prednasky/OM_prednaska4_A_2013.pdf>.
- [22] DOSEDĚLOVÁ, I.: Zpracování technických textilií, výukové materiály pro kurz specialistů z JAR, TUL Liberec, KKV Prostějov, červenec 2009.

Vliv stlačení na tažnost polyuretanové pěny pro odhlučnění

Patrik Luh

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

Abstrakt: Záměrem této práce bylo zjistit vliv stlačení polyuretanové pěny používanou na výrobu zvukově izolačních dílů v automotive na tažnost při maximální síle a případné doporučení přidání stlačovacího, například kaladrovacího, stroje do výrobního procesu. V teoretické části jsou popsány typy syntetických pěn a rozdíly mezi nimi. Součástí je i popis výroby, hlavních složek, druhy a možnosti použití polyuretanových pěn. V praktické části je samotné řešení, jestli při zvyšování stlačení a následné relaxaci dochází k narůstání tažnosti při maximální síle a zkoumání krátkodobé a dlouhodobé relaxace pěny po stlačení.

Klíčová slova: Tažnost při maximální síle/pevnosti, prodloužení, vliv stlačení na tažnost polyuretanové pěny, syntetické pěny, relaxace PUR pěny

1 Úvod

V dnešní době, kdy skoro každému výrobcí automobilu jde o snižování emisí výfukových plynů a s tím spojené snižování hmotnosti vozu, je i na jejich dodavatele kladen velký důraz na snižování hmotnosti dodávaných dílů. A proto se neustále vyvíjejí nové materiály, které mají mít nižší hmotnost při zachování nebo zlepšení svých funkčních vlastností. Jinak to není ani u výrobců textilních autodílů. A proto se dnes používají v automobilech textilní materiály, které bychom dříve v automobilech hledali jen těžko. Stále častěji dochází k přechodu z vlákněných surovin na jiné formy, jako například na polyuretanové pěny. Pro jejich velice dobré izolační vlastnosti, ať už tepelné nebo protihlukové, se využívají v automotive jako výplně pro absorpci hluku od motoru, od kol atp. Tyto ve většině případech nežádoucí zvuky se snažíme co nejvíce eliminovat. Snižováním dochází ke zvyšování komfortu automobilu. Ten vůz, který je lépe odhlučňovaný, je více komfortní. Polyuretanové pěny mají spoustu výhod, které budou popsány v této práci, ale také jsou náchylnější na okolní vlivy a parametry při výrobě (nebo v krátkém čase po výrobě). Tato pěna se používá na výrobu výplní sedaček a všude tam, kde je potřeba vyplnit prázdný prostor mezi plechovými částmi vozu, které by jinak mohly šířit hluk. Další využití je také na sendvičové typy dílů, kde na spodní i vrchní straně je tenký krycí materiál z netkané textilie a uprostřed je silnější vrstva z polyuretanové pěny (většinou 10 až 30 milimetrů). Tyto tři vrstvy se působením vysoké teploty a tlaku spojí v lisovacím stroji a vytvoří tak jeden díl. Jeden z důležitých vlastností, které je potřeba sledovat u této pěny je tažnost, což znamená, o kolik procent se zvýší při tahu materiálu od sebe délka oproti původní, než dojde k dosažení maximální síly. Čím je tažnější, tím je pěna více poddajná a nedochází ve výrobní fázi lisování ke vzniku trhlin pěny. Pokud vzniknou, výrobek, který by byl z velké části hotový, se může vyhodit a musí se recyklovat. Tato bakalářská práce bude zaměřena právě na tažnost polyuretanové pěny, používaná na výrobu sendvičových textilních autodílů. Cílem bude zjistit, zda existuje nějaká závislost neboli vliv stlačení této pěny o určitou délku oproti původní tloušťce na tažnost. Pokud by tu byla závislost, mohl by se do výrobního procesu implantovat krok stlačení pěny, například na kalandru, a tím by se zamezilo velké zmetkovosti u náročnějších dílů s velkými ohyby a natahováním, kde největší příčina vzniku špatných kusů je právě prasknutí pěny. Sice by bylo potřeba investovat do nákupu nového kaladrovacího stroje, ale v delším časovém horizontu

by se investice vrátila jak na efektivnějším využití lisovacích strojů, obsluhy, tak i na sníženém množství odpadů vznikající ze zmetků, které se musí recyklovat.

2 Teoretická část

2.1 Syntetické pěny

Syntetické pěny můžeme rozdělit podle druhu výroby (extrudací taveniny a následné přidání zpěňovadel, výroba běžného polystyrenu EPS, vzájemnou reakcí chemických látek za vzniku plynu), podle tepelné vratnosti (termoplastické, pěny z termosetů) nebo podle buněčné struktury (pěny s otevřenou, uzavřenou strukturou).

- **Podle druhu výroby**

Extrudací taveniny a následné přidání zpěňovadel - látky podporující vznik plynu jsou rozmíchány v polymeru a jejich uvolňování plynu je ovládáno buď snižováním tlaku nebo zvyšováním teploty. Do tohoto druhu výroby patří výroba pěny z polyetyleny (PE), polypropylenu (PP), polyvinylchloridu (PVC) nebo extrudovaného polystyrenu (XPS). [1][2]

Běžný polystyren (EPS) je vyrobený z malých kuliček, které zvýší svůj objem 40krát, díky přidání malého množství pentanu (nadouvadla) za současného foukání teplého vzduchu, který začne vařit nadouvadlo a vytvoří uzavřenou strukturu. Poté je materiál ochlazen tekutým pentanem, čímž vznikne částečný vakuum uvnitř kuliček. Následuje proces zrání, kdy se materiál stabilizuje po dobu přibližně dvaceti hodin. A nakonec jsou stabilizované kuličky znovu ohřáty ve formě, kde vzniká finální tvar materiálu (většinou velké kvádry). Výsledný produkt obsahuje 98% vzduchu. [3]

Vzájemnou reakcí chemických látek za účelem vzniku plynu, které vytváří svým uvolňováním vzduchové mezery a tím i porézní strukturu. Do tohoto druhu výroby patří polyuretanové pěna (PUR), polyisokyanurátová pěna (PIR) a fenolická pěna. [4][5]

- **Podle tepelné vratnosti**

Termoplastické pěny jsou takové, které se po dosažení vyšších teplot stávají tvárné, viskoelastické. Příkladem těchto pěn je polyethylen (PE), polypropylen (PP), polyester (PES), polystyren (PS), polymethylmethanakrylát (PMMA), polyvinylchlorid (PVC) nebo polyamid (PA). Jsou to polymery, které obsahují lineární makromolekuly s dlouhým řetězcem. Tyto řetězce drží pospolu pouze mezimolekulárními silami, které při zahřátí slábnou a dochází k měknutí materiálu. Využití těchto pěn je mnoho. Polyethylenové pěny se používají jako balicí materiál pro elektroniku, sklo, porcelán, automobilových dílů, jako výplň chráničů pro sportovní vybavení nebo jsou často využívány jako izolace trubek topení. Pěna z polypropylenu má vysokou odolnost proti opotřebení. Cena výroby polyethylenových a polypropylenových pěn je nižší než výroba polyesterových. [6]

Pěny z termosetů (reaktoplastů) se při zvyšování teploty nestávají tvárné, viskoelastické. Vytváří se zesíťováním vlivem tepla a tlaku. Mezi termosety používané pro výrobu pěny patří polyisokyanurát (PIR) a polyuretan (PUR). Polyisokyanurátová pěna (PIR) je více ohnivzdorná a proto se používá tam, kde jsou kladeny vysoké nároky na odolávání proti vysokým teplotám nebo tam, kde by mohlo dojít k požáru. PIR můžeme najít jako hlavní izolační vrstvu v bojlerech. PUR má své specifické použití jako izolační vrstva v ledničkách a

mrazácích. PUR pěna se prodává i ve formě spreje. Po nastříkání tenkého filmu začne bobtnat a vytvoří rovnoměrnou vrstvu. Tento typ užití je vhodný na špatně dostupná místa, která by jiným způsobem nemohla být izolována. Obecně se tyto materiály používají v mnoha odvětvích jako výborný izolant. Z chemického hlediska je rozdíl mezi PIR a PUR pěnou takový: "Materiál PIR je tvořen kombinací uretanových a isokyanátových vazeb, zatímco PUR obsahuje především uretanové vazby. Na rozdíl od materiálu PUR se při výrobě PIR uplatňují kromě přebytečného izokyanátu také polyesterové polyoly, které zapadají do jeho prstencové struktury." [4] A proto mají PIR pěny lepší izolační vlastnosti, stabilitu rozměrů a pevnost v tlaku. Kvůli své podobnosti se často tyto 2 typy pěn slučují do jednoho pojmenování PUR/PIR pěny. [7]

- **Podle buněčné struktury**

Pěny s otevřenou strukturou - buněčné stěny jsou neúplné a vzduch může proudit skrz materiál. Mají menší pevnost v tahu, protože je zde méně buněčných spojení. Využívají se spíše na pohlcení nárazů, vibrací a nebo tam kde je zapotřebí porézní materiál pro propustnost vody (závisí na velikosti pórů a povrchovém napětí), páry nebo vzduchu

Pěny s uzavřenou strukturou - buněčné stěny nejsou narušeny a vzduch v těchto buňkách je v podstatě ten, který vznikl při použití látky podporující tvorbu plynu (nadouvadla). Větší množství spojení, neboli více propojených buněčných stěn, dodává materiálu větší pevnost a snižuje tepelnou vodivost. Nevýhoda může být vyšší spotřeba surovin a tím pádem i vyšší cena a vyšší hustota. [8][9]

2.2 Polyuretanová pěna

2.2.1 Suroviny PUR pěny

Polyol

Je směs vícesytných alkoholů, aktivátorů, katalyzátorů, retardérů hoření a vody. Může obsahovat také povrchově aktivní látky (tenzidy), barvicí látky (pigmenty, barviva), nebo nadouvadla. Hlavní složka polyolové směsi je polyol nebo směs několika polyolů. V této směsi se mohou vyskytovat polyoly s odlišnou molekulární hmotností. Jsou to molekuly alkoholů s rozsáhlými strukturami. Polyolová složka tvoří alespoň 70% hmotnosti polyolové směsi. Je založen na polyetherech získané reakcí mezi iniciátorem a propylenoxidem, oba získané z petrochemických zdrojů. Ale kvůli obavám z životního prostředí a nestabilní ceně ropy se pracuje na hledání alternativních zdrojů. Nyní je možné vyrobit polyol z řepkového, palmového, sójového nebo ricínového oleje. [14]

Isokyanát

Jsou látky, které obsahují alespoň jednu isokyanátovou funkční skupinu $R-N=C=O$. Tato funkční skupina se tedy skládá z jednoho dusíku, uhlíku a kyslíku. Vyznačují se vysokou reaktivitou s látkami obsahující aktivní vodík (například voda, aminy nebo látky obsahující hydroxylovou skupinu). Mohou obsahovat jak aromatické uhlovodíky, které se vyznačují rychlejší reakcí s polyolem, ale vlivem UV záření žloutne nebo alifatické uhlovodíky, u kterých je reakce pomalejší s nutností použití katalyzátorů, ale jsou stabilnější vůči UV záření. Příklady isokyanátu jsou: methylenedifenyl diisokyanát, difenylmethan diisokyanát, methylen bifenyl isokyanát (označované jako MDI), toluen diisokyanát (TDI), hexamethylen

diisokyanát (HDI). Další používané jsou naftalen diisokyanát (NDI), methylen cyklohexyl isokyanát (HMDI) a isoforon diisokyanát.[13]

2.2.2 Reakce

Polyuretan je komplexní polymer obsahující uretanovou skupinu $R-NH-(C=O)-O-R'$. Tato vazba vznikne exotermní reakcí dvou hlavních složek. Složka A - Polyol a složka B - Isokyanát. U isokyanátu je důležitá reaktivita s iniciátorem. U polyolu počet poskytnutých funkčních hydroxylových (OH) skupin.

Polyol reaguje s isokyanátem za vzniku polyuretanového polymeru. Reakcí isokyanátu s vodou vzniká amin a oxid uhličitý, který působí jako nadouvadlo a zapříčiní vznik vzduchových bublin uvnitř materiálu, formování buněčné struktury a růst pěny. Mezi vedlejší produkt vzniku polyuretanové pěny je derivát močoviny.

2.2.3 Druhy polyuretanových pěn

Polyuretanové pěny patří mezi pěny z termosetů. Tak jako syntetické pěny můžeme i polyuretanové dělit na pěny s otevřenou a uzavřenou strukturou. Avšak důležitějším aspektem je tuhost. Proto je dělíme na:

Měkké pěny

Známé jako molitan. Při výrobě těchto pěn je důležité, aby měl výsledný polymer dlouhé a elastické řetězce. Proto mají polyoly poměrně malé hydroxylové číslo. [10]

Polotvrdé

Nejsou přesně určené hranice, kdy do které skupiny jaká pěna patří podle tvrdosti. Tento aspekt závisí nejvíce na poměru a typu dvou hlavních složek. [11]

Tvrdé pěny

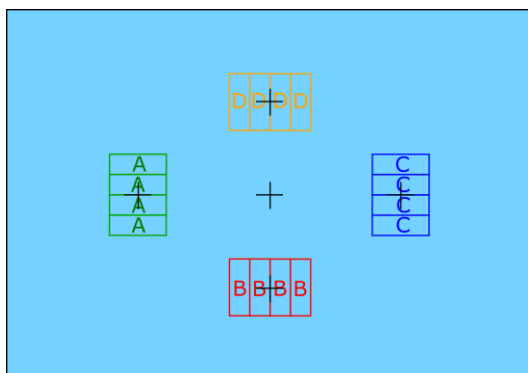
Jsou specifické nízkou tepelnou vodivostí (druhý nejlepší izolant po vakuu), trvanlivostí, odolností proti okolní vlivům (kromě UV záření - při dlouhodobé vystavení slunečnímu svitu žloutnou), vysokou pevností v tlaku a nízkou objemovou hmotností. Typická hustota se pohybuje okolo 30 kg/m^3 a obsahuje více než 97% vzduchu a pouze 3% polyuretanového polymeru. [12]

3 Praktická část

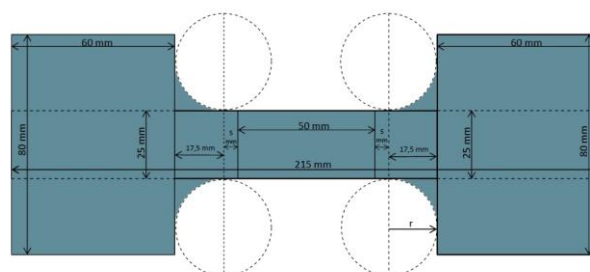
Test bude probíhat vždy na čtyřech vzorcích z jednoho přířezu pěny. Přířez pěny znamená rozříznutí bloku PUR pěny na určitou tloušťku. Vzorky budou z přířezu odebrány ve stejné vzdálenosti od středu i krajů přířezu, aby měly co možná nejmenší odchylku ve vlastnostech. Je známo, že například hustota středu pěny přířezu je o něco vyšší jak na okrajích. První typ vzorků bude ponechán beze změny, druhý bude stlačen na 25% své původní tloušťky, třetí na 50% své původní tloušťky a čtvrtý na 75% své původní tloušťky. Bude nás zajímat, jestli s rostoucím stlačením pěny se bude zvyšovat (nebo snižovat) tažnost a dále kritická minimální hodnota tažnosti, pod kterou by používaná polyuretanová pěna neměla být, jinak by mohlo dojít ke vzniku praskliny na díle v inkriminované části s největšími požadavky na tažnost. U první části vzorků bude pozorován vliv stlačení na tažnost po krátkém čase, tj. po jedné hodině od stlačení, a druhá část vzorků bude měřena po delším čase, tj. po 24 hodinách od stlačení. Dále bude měřena návratnost (relaxace) pěny po jedné hodině a 24 hodinách po stlačení.

3.1 Odběr a výroba zkušebních vzorků

Kvůli dosažení nejmenšího rozptylu vlastností byly odebírány vzorky ze střední části vypěněného bloku. Tyto přířezy jsou vyrobené vodorovným řezáním na určitou tloušťku, v našem případě na 27 mm a nazývají se plachty.



Obrázek 1 – Ilustrační obrázek odběru vzorků z plachty



Obrázek 2 – Technický výkres vzorku

Tyto plachty, které by jinak pokračovaly ve výrobním procesu ke svislému řezání a lisování dílu, byly odebrány pro tento experiment. Bylo vybráno šest plachet, každá z jiného vypěněného bloku stejných rozměrů, ze střední části.

Při pohledu z vrchu na plachtu můžeme vidět, jak byly odebírány jednotlivé vzorky, zobrazené na obrázku 1. Na plachtě byl vyznačen střed a na každou stranu nakreslen bod, který vyznačuje vždy čtvrtinu celkové délky. Okolí nakreslených bodů ve čtvrtině plachty bylo popsáno jako okolí A, B, C D. Kdy vzorky A leží na delší straně, vzorky B na kratší straně atd. Tyto oblasti byly vybrány z důvodu rozdílných vlastností polyuretanové pěny ve středu a na krajích plachty. Tímto způsobem se zajistila velká podobnost všech vzorků ve vlastnostech.

Tvar vzorku, zobrazen na obrázku 2, byl zkonstruován tak, aby tažnost i pevnost v tahu byly měřeny na šířku 25 mm. Počáteční měřicí část tažnosti je dlouhá 50 mm (označená reflexní páskou). Důvod, proč vzorek má tento tvar je, že kdyby byl bez rozšířených postranních částí, při vložení vzorku do kleští trhacího stroje by muselo být stlačení vzorku daleko větší a docházelo by buď k vytvoření prasklin ještě dříve, než by byl program spuštěn nebo při malém stlačení vzorku k vyklouznutí z kleští trhacího stroje. Oba tyto jevy jsou nežádoucí a proto jsou postranní části vzorku rozšířeny. Síla stlačení se poté rozloží na větší plochu a nemusí být tolik stlačen, aby nedocházelo k vysmekávání z kleští. Kleště působí na vzorek plochou obdélníkového tvaru o rozměrech 40 x 60 mm. Vzorek je dlouhý 215 mm, rozpětí mezi spodními a vrchními kleštěmi na trhacím stroji je nastaven na 115 mm. Přechod mezi uchyvací částí a měřicí částí vzorku je kruhového tvaru o poloměru 17,5 mm. Bylo zjištěno, že ideální stlačení v kleštích při použití tohoto tvaru vzorku a materiálu je 1/4 původní tloušťky.

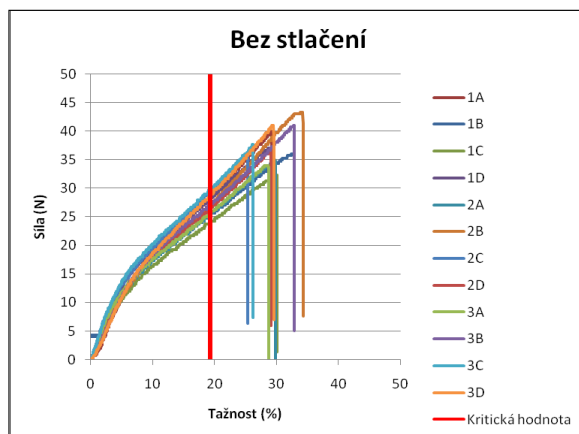
3.2 Testování

Vzorky byly podle potřeby stlačeny na 25%, 50% a 75% své původní tloušťky na trhacím stroji za pomoci dvou vodorovných, plochých desek čtvercového tvaru o délce strany 120 mm. Rychlost stlačení byla 100 mm/min a po dosažení požadovaného stlačení se stroj vracel ihned do své výchozí pozice. Polovina vzorků se nechala relaxovat 1 hodinu a druhá polovina 24 hodin.

Následovalo samotné měření tažnosti na trhacím stroji. Při testu muselo být použito přídavné laserové průtahomě, protože kdyby byly brány hodnoty prodloužení ze samotného trhacího

přístroje, data by mohly být zavádějící, protože by ve výsledku tažnosti byly zaznamenány jak tažnost zužené části vzorku, tak i přechod do rozšířené části (kde s narůstající tahovou silou je tažnost menší než ve zužené části).

Data byla zaznamenávána tak, aby byl možný export do tabulkového softwaru, který vytvoří křivky do grafu, podle několika zaznamenaných bodů složený z X souřadnice - tažnosti a Y souřadnice - síly. Rychlost tahu byla nastavena na 100 mm/min a předpětí 1,2 N. Předpětí znamená, že po dosažení síly v tahu 1,2 N se hodnoty tažnosti i síly vynulují a začnou měřit od nuly jako by to byla počáteční pozice vzorku. Po dosažení hodnoty předpětí se v programu spustí další segment se záznamem dat. Každá křivka testovaného vzorku se skládá z 1004 bodů. V grafu 1 jsou zobrazeny pouze křivky tažnosti a sil vzorků bez stlačení.



Graf 1 – Tažnost vs. síla vzorků bez stlačení

Do grafů je doplněna hraniční hodnota, pod kterou tažnost nesmí být, jinak by mohlo dojít k prasknutí pěny při výrobě dílu.

Tabulka 1 - Maximální tažnosti po 1 hodině po stlačení

Vzorek	Bez stlačení		25% stlačení		50% stlačení		75% stlačení	
	Tažnost(%)	Síla (N)	Tažnost(%)	Síla (N)	Tažnost(%)	Síla (N)	Tažnost(%)	Síla (N)
1A	29,20	40,00	27,30	33,70	28,50	33,00	28,30	39,40
1B	32,90	36,00	30,50	33,30	34,00	36,30	31,00	33,30
1C	30,10	32,30	28,10	36,70	26,70	35,70	31,50	29,30
1D	29,30	37,00	26,60	35,30	30,10	41,00	28,60	33,70
2A	29,80	35,00	29,70	33,00	30,20	34,70	29,80	29,70
2B	34,20	43,30	29,00	38,30	28,10	38,30	30,80	39,30
2C	25,30	36,00	26,20	36,70	25,30	32,50	29,80	36,70
2D	29,10	36,70	34,60	41,30	31,30	36,30	30,40	34,30
3A	28,60	34,00	30,80	37,00	26,20	30,70	30,10	33,00
3B	32,90	41,00	34,70	38,30	30,90	34,90	35,40	36,70
3C	26,20	37,70	26,80	36,70	30,50	37,70	27,10	34,00
3D	29,50	41,00	31,70	43,70	30,30	41,00	28,80	38,30
Průměr	29,76	37,50	29,67	37,00	29,34	36,01	30,13	34,81
Odchylka	2,49	3,10	2,80	3,03	2,36	3,04	2,00	3,22
Min	25,30	32,30	26,20	33,00	25,30	30,70	27,10	29,30
Max	34,20	43,30	34,70	43,70	34,00	41,00	35,40	39,40
Rozpětí	8,90	11,00	8,50	10,70	8,70	10,30	8,30	10,10

Tabulka 2 - Maximální tažnosti po 24 hodinách po stlačení

Vzorek	Bez stlačení		25% stlačení		50% stlačení		75% stlačení	
	Tažnost(%)	Síla (N)	Tažnost(%)	Síla (N)	Tažnost(%)	Síla (N)	Tažnost(%)	Síla (N)
4A	26,90	36,70	29,10	38,30	30,10	37,30	25,90	34,70
4B	32,30	44,00	30,60	41,70	27,90	38,00	27,30	36,70
4C	33,10	36,30	28,90	34,70	31,70	31,80	28,00	29,30
4D	30,30	38,30	34,20	41,30	30,50	36,30	33,00	36,70
5A	29,80	40,30	27,20	38,30	27,30	36,70	26,80	33,30
5B	29,90	45,30	27,00	41,70	26,20	39,90	28,20	41,70
5C	27,50	35,00	30,60	39,00	27,10	32,70	30,90	35,30
5D	34,20	42,30	31,50	39,30	30,20	38,30	32,40	36,30
6A	25,60	35,30	25,20	34,70	28,50	37,30	24,20	33,00
6B	30,60	43,00	30,00	41,30	29,60	41,70	29,80	38,70
6C	28,10	34,30	29,10	36,00	29,90	33,00	28,10	30,70
6D	23,40	32,30	28,30	37,70	28,10	36,00	29,40	35,70
Průměr	29,31	38,59	29,31	38,67	28,93	36,58	28,67	35,18
Odchylka	3,02	4,09	2,24	2,46	1,58	2,80	2,47	3,22
Min	23,40	32,30	25,20	34,70	26,20	31,80	24,20	29,30
Max	34,20	45,30	34,20	41,70	31,70	41,70	33,00	41,70
Rozpětí	10,80	13,00	9,00	7,00	5,50	9,90	8,80	12,40

3.3 Vyhodnocení výsledků

Už z tabulek výše je patrné velké rozpětí naměřených hodnot tažnosti při maximální síle u každého typu. Není zřetelný ani výrazný nárůst tažnosti po stlačení na 25%, 50% ani 75% původní tloušťky. Nyní nás bude zajímat míra závislosti stlačení na tažnost.

Celková míra závislosti stlačení (X) na tažnost (Y)

Korelační koeficient = -0,034 → žádná závislost

kovariance (S_{xy}) = -2,35677

výběrový rozptyl (S_x) = 789,4737

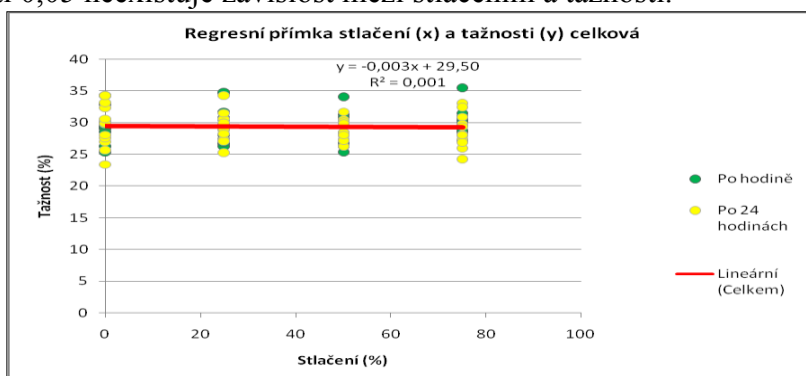
výběrový rozptyl (S_y) = 6,051973

Pearsonův výběrový korelační koeficient $r = -0,00049$

$$T = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} * \sqrt{(n-2)}$$

$$T = -0,00478$$

Rovnice $|T| \geq t_{n-2}(1-\alpha/2)$ neplatí a proto zamítáme hypotézu závislosti veličin, tudíž na hladině významnosti 0,05 neexistuje závislost mezi stlačěním a tažností.



Graf 2 – Celková regresní přímka stlačení a tažnosti

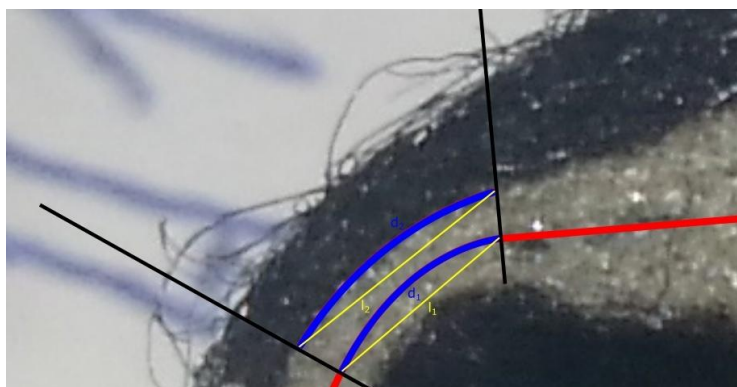
Porovnání relaxace pěny

Dále je vhodné vyhodnotit návratnost pěny po stlačení. Při stlačení o 25% a následné hodinové relaxaci se materiálu v průměru snížila tloušťka oproti původní o 0,58%. Při stlačení o 50% se při stejné době relaxace materiálu snížila tloušťka o 1,56% a při stlačení o 75% se tloušťka materiálu snížila o 3,84%.

V případě dlouhodobé relaxace byly výsledky velice podobné a to při stlačení o 25% pěna snížila svou tloušťku oproti původní o 0,52%, při stlačení o 50% se snížila o 1,48% a při 75% stlačení o 3,99%. Z každého typu měření úbytku tloušťky bylo 12 vzorků.

Zjištění kritické hodnoty tažnosti

K tomuto pokusu bylo potřeba hotový díl s neporušenou pěnovou výplní v místě, kde je jinak častý výskyt praskliny. Díl se v inkriminovaném místě rozříznul, aby se mohl zjistit rozdíl délky střední linie pěny vůči povrchové linii. Je známo, že vnitřní část materiálu se při ohybu stlačuje a vnější část protahuje. Nás bude zajímat prodloužení. O kolik se prodlouží materiál při ohybu zjistíme, když se udělají dvě kolmice na střední linii k povrchu. Vybereme takové kolmice, u kterých se můžeme domnívat, že bude největší rozdíl délky úsečky střední linie mezi těmito kolmicemi oproti délce úsečky linie na povrchu materiálu mezi těmito kolmicemi.



Obrázek 3 – Znázornění místa na díle s největším požadavkem na tažnost

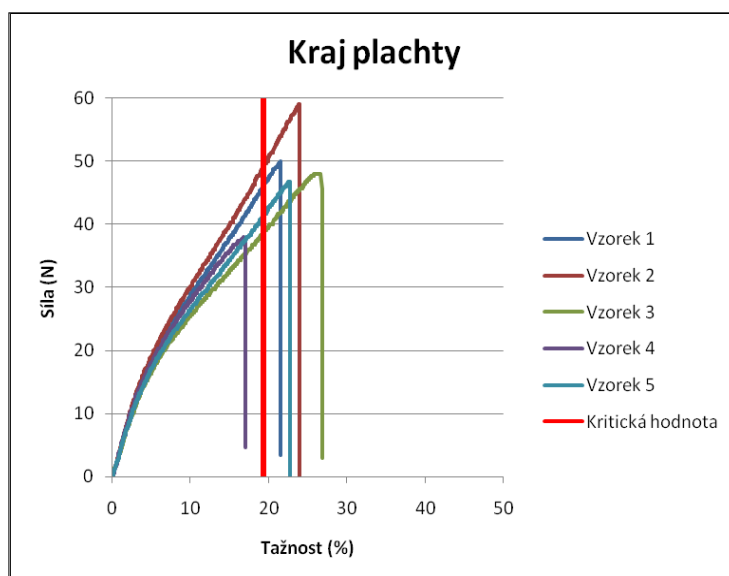
Tabulka 3 – Maximální tažnosti vzorků z kraje plachty

Vzorek	Kraj plachty	
	Tažnost(%)	Síla (N)
1	21,5	50,0
2	23,9	59,0
3	26,6	48,0
4	17,0	37,7
5	22,7	46,7

Průměr	22,34	48,28
Odchylka	3,16	6,82
Min	17,00	37,70
Max	26,60	59,00
Rozpětí	9,60	21,30

Zajímají nás délky modrých úseček, označené na obrázku 3 jako d_1 - délka střední linie a d_2 – délka vrchní linie. Bylo zjištěno, že rozdíl délek je 19,28%, což je kritická hodnota tažnosti tohoto dílu. Pokud bude tažnost polyuretanové pěny nižší jak 19,28%, můžeme s velkou pravděpodobností očekávat vznik trhliny pěny na jinak hotovém díle.

Z důvodu naměřených hodnot blížící se kritického hodnotě, bylo odebráno dalších 5 vzorků z části, o které se domníváme, že by mohla mít nejmenší tažnost, abychom zjistili, jestli existuje ve vypěněném bloku této polyuretanové pěny místo, kde má pěna nižší tažnost, než je kritická hodnota. Pokud ano, je zde velká pravděpodobnost vysoké zmetkovitosti při použití této části pěny. Odebrané vzorky pocházely z plachty použité v experimentu výše (tudíž ze střední části pěny vertikálního směru) avšak z kraje plachty, přesněji 2 cm od rohu.



Graf 3 – Tažnost vs. síla vzorků z kraje plachty

Z těchto výsledků je patrné, že jeden vzorek měl tažnost 17 %, což je menší než kritická hodnota. A proto by se s velkou pravděpodobností při výrobě tato krajní část pěny přetrhla, pokud by byla použita na místo na dílu s největšími požadavky na tažnost. Celkově má v průměru krajní část plachty menší tažnost - 22,34%, oproti vzorkům bez stlačení ze čtvrtiny délky plachty, které měly tažnost 29,53%.

4 Závěr

Na 95% intervalu spolehlivosti můžeme tvrdit, že vliv stlačení na tažnost této pěny neexistuje. Avšak musíme zohlednit skutečnost, že testované vzorky nepocházely z celého souboru bloku této pěny. Jelikož byly odebrány ze střední části bloku ve vertikální rovině a vždy ve čtvrtině délky od plachty. Jedná se tedy od podmnožinu množiny bloku polyuretanové pěny používanou na výrobu problematických dílů. Ale s velkou pravděpodobností se můžeme domnívat, že neexistuje vliv stlačení na tažnost ani v jiné části bloku pěny.

Použití kalandrovacího stroje by bylo tedy v tomto případě naprosto zbytečné bez žádného efektu na zlepšení výroby. Z grafů je vidět, že některé vzorky měly tažnost blízkou se tažnosti 20%, což není mnoho a při použití spodní části bloku nebo krajní části může být i pod kritickou hodnotu 19,28%, jelikož je vyzorovaný trend, že kraje a spodek vypěněného bloku jsou křehčí, tudíž mají menší tažnost. Nyní tedy víme, že pokud bude mít pěna menší tažnost než 19,28% je nepoužitelná k výrobě těchto dílů.

Jako další krok bych doporučil zaměřením se na optimalizaci výrobního procesu pění a nalezení jiného řešení než je stlačení, jak zvýšit tažnost této polyuretanové pěny, s minimálním snížením pevnosti v tlaku. Další, ne moc efektivní řešení, je používat pouze tu část vypěněného bloku, která má velkou tažnost. Avšak zjištění, kde a jaká část bloku má danou tažnost podložené statistickými výsledky není možné vyřešit v této práci z důvodu obsáhlosti a náročnosti experimentu.

Literatura

- [1] WARNER JAN NAUTA. *Stabilisation of low density, closed cell polyethylene foam*. [S.l.: s.n.], 2000. ISBN 90-365-1463-0.
- [2] Polystyren. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, 12.3.2016 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Polystyren>
- [3] Moulding Expanded Polystyrene (EPS). *BPF* [online]. London: British Plastics Federation, c2016 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: http://www.bpf.co.uk/plastipedia/processes/Moulding_EPS.aspx
- [4] Co je to PIR? *Puren* [online]. Jihlava: Puren gmbh, c2010-2016 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.puren.cz/cz/co-je-to-pir>
- [5] SCHOER, Dan, Michelle HUDACK, Mark SODERQUIST a Inken BEULICH. Rigid polymeric foam boardstock technical assessment. *Dow* [online]. Midland (USA): The Dow Chemical Company, c1995-2016 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: http://c.ymcdn.com/sites/www.polyiso.org/resource/resmgr/cptg_2013/dow_paper_on_phenolic_Pdf
- [6] Termoplast. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, 27.6.2015 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Termoplast>
- [7] Polyurethanes Insulation solutions. *Huntsman* [online]. Everberg: Huntsman Corporation, c2012 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: http://www.huntsman.com/polyurethanes/Media%20Library/a_MC1CD1F5AB7BB1738E040EBCD2B6B01F1/Products_MC1CD1F5AB8081738E040EBCD2B6B01F1/Insulation_ME4E93A022E848990E040EBCD2C6B1951/files/Insulation%20Solutions.pdf
- [8] BARTLO, John. Open vs. Closed Cell Foam. *Energsmart: High efficiency foam insulation* [online]. Grand Island (USA): Energsmart, c2009-2014 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.energsmart.com/spray-foam-insulation/open-vs-closed-cell-foam.html>
- [9] Closed- and Open-Cell Spray Polyurethane (PU) Foam. *Polyurethanes: sustainable solutions for low energy buildings* [online]. Brussels: PU Europe, 2014 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: http://www.excellence-in-insulation.eu/site/fileadmin/user_upload/PDF/library/facts/Factsheet_22_Differences_between_closed-cell_and_open-cell_spray_polyurethane__PU__foam.pdf
- [10] LUBERDOVÁ, Petra. *Inteligentní matrace pro prevenci proleženin*. Liberec, 2011. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní. Vedoucí práce Ing. Ondřej Novák.
- [11] Automotive Cushioning Through The Ages. BLAIR, Ron, John REYNOLDS a Mark WEIRSTALL. *Molded Polyurethane Foam Industry Panel* [online]. Molded Polyurethane Foam Industry Panel, 2008 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.moldedfoam-ip.com/linkedpdf/Technical%20Info%20-%20Automotive%20Cushioning%20Through%20the%20Ages.pdf>
- [12] Polyurethanes Insulation for construction. *Huntsman* [online]. Everberg: Huntsman Corporation, c2007 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: http://www.huntsman.com/polyurethanes/Media%20Library/a_MC1CD1F5AB7BB1738E040EBCD2B6B01F1/Products_MC1CD1F5AB8081738E040EBCD2B6B01F1/Insulation_ME4E93A022E848990E040EBCD2C6B1951/files/broch_insulation_for_construction_021007.pdf
- [13] Dow Polyurethanes - TDI Role in Foam Formulation. *Dow* [online]. Midland (USA): The Dow Chemical Company, 2014 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: http://dowac.custhelp.com/app/answers/detail/a_id/5697
- [14] Natural oil polyols. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, 24.8.2015 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Natural_oil_polyols

Možnosti monitorování zdravotního stavu nositele oděvů pomocí nositelné elektroniky

Bc. Michal Martinka

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

Abstrakt: Obsahem této práce je seznámení s problematikou nositelné elektroniky, následků dnešní doby na lidský organizmus a návrh monitorovacího systému pro měření životně důležitých funkcí jako je tepová frekvence a tlak s možností bezdrátové komunikace a jeho následného odzkoušení.

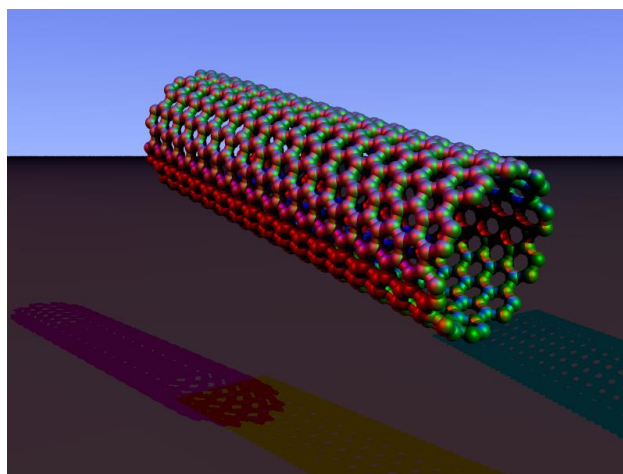
Klíčová slova: Smart textilie, Krevní tlak, Pulz

1 Smart textilie

Smart neboli inteligentní textilie přinášejí určitou přidanou hodnotu.

Buď aktivním, nebo pasivním způsobem reagují na podmínky ze svého okolí, za použití MENS (mikro-elektromechanické systémy) [1] implementované do samotné struktury oděvu. Základem je, aby systémy MENS nezhoršovaly fyziologické vlastnosti oděvu a nebránily nositeli v pohybu. Po vyjmutí zdroje napájení je možné oděv osazený systémem MENS udržovat standardním způsobem jako je praní a žehlení ovšem s ohledem na použitou elektroniku.

Použijeme-li textilie s inteligentními textilními vlákny, můžeme všechny omezení údržby vzniklé použitím MENS zanedbat. Výzkum nanomateriálů umožňuje nahrazení konvenčních pevných částí. Použitím uhlíkových nanotrubic (obr. 1) lze dosáhnout pevné a přesto velmi pružné dráhy vykazující výbornou tepelnou a elektrickou vodivost.



Obr. 1: Uhlíková nanotrubička

1.1 Rozdělení smart textilií

Smart textilie se dělí do tří skupin v závislosti na své „inteligenci“:

- Pasivní smart textilie - patří do první generace inteligentních textilií. Tyto textilie obsahují detekční jednotku (senzory), která je napojena na externí řídicí systém, který vyhodnocuje data a posílá je monitorovací jednotce. Jako příklad pasivní nositelné elektroniky lze uvést cyklistickou bundu se světelnou signalizací změny směry jízdy.
- Aktivní smart textilie - patří do druhé generace inteligentních textilií. Textilie je osazena senzory, ale i řídicí jednotkou a akumulátorem. Přímo pak reagují na daný podmět. Jsou schopny změnit barvu, uchovat teplo nebo regulovat prodyšnost. Osadíme-li oděv senzory na měření UV záření, oděv nás pak může upozornit, pokud je intenzita záření příliš vysoká a to buď změnou barvy oděvu, nebo světelnou či akustickou signalizací. Stejný princip lze uplatnit i na měření radiačního záření. [2]
- Super inteligentní textilie - Vyvíjená třetí generace. Tyto textilie jsou schopné se učit, reagují na podněty z okolního prostředí a přizpůsobují svojí funkci. Textilie se postupně učí reagovat na nové podmínky, reakci na tyto podmínky si uloží do paměti, což umožní rychlejší reakci při jejich opakování.

1.2 Základní komponenty smart textilií

Každý systém použitý ve smart textilií obsahuje čtyři základní části:

- Sensorové pole – snímače, které přijímají impulzy z okolního prostředí, se dělí se podle požadované funkce na: [3]

tepelné senzory,
senzory na měření vlhkosti,
snímače UV záření,
monitorování životních funkcí,
GPS lokátory,
senzory elektromagnetického pole,
pohybové senzory.

Senzory jsou prvním vstupním bodem a základní částí v celém systému. Bez dat, které poskytnou, by řídicí jednotka neměla co vyhodnocovat. Na kvalitu senzorů se proto klade velký důraz a jejich poškození může vyřadit z provozu celý systém.

- Zdroj napájení – Napájení je jedna z nejdůležitějších komponent v celém systému a můžeme ji označit jako srdce systému. Kvůli údržbě musí být zdroj napájení snadno odpojitelný, musí mít takové rozměry, aby se dal snadno implementovat do oděvu, musí mít dostatečnou kapacitu, ale zároveň nesmí nikterak narušovat komfort.
- Řídicí jednotka – Řídicí jednotka je mozek celého systému, vyhodnocuje data přijata ze sensorového pole a dle nastavení na ně reaguje. Dle účelu použití může řídicí

jednotka obsahovat LCD monitor či jiné přídavné jednotky jako je modul pro bezdrátovou komunikaci.

- Vodivé dráhy – Vodivé dráhy by se daly přirovnat k tepnám systému. Spojují všechny jednotky a vytváří tak ucelený systém. Jejich úkolem je přenášet jak energetické, tak datové impulsy mezi sensorovým polem, akumulátorem a řídicí jednotkou. Na jejich tvorbu můžeme použít hned několik metod a materiálů: [4]

2 Monitorování životně důležitých funkcí

V dnešní uspěchané době se vyskytuje čím dál více zdravotních problémů způsobených špatnou životosprávou, nedostatkem pohybu a přemírou stresu. Proto je čím dál více potřeba monitorovat základní životní údaje jako je tlak a tep, které jsou přímým ukazatelem stavu lidského srdce a cév. [5] Zdravotní problémy způsobené vysokým nebo nízkým krevním tlakem mohou přijít nečekaně, a proto systém včasného varování a přivolání pomoci může sehrát zásadní roli v záchraně života.

Monitoring životně důležitých funkcí se zaměřuje především na krevní tlak, pulz a teplotu organismu. Včasné odhalení extrémních výkyvů umožňuje rychlé řešení zdravotních poruch a předejití komplikací až srdečních, cévních nebo mozkových.

Lékařský monitoring životních funkcí se provádí na interním oddělení nemocnice tzv. Holterovým přístrojem (Obr. 2). Nevýhodou tohoto systému je nízká dostupnost, vysoká pořizovací cena (cca 1mil. Kč) a nemožnost častějšího opakování monitorizace.



Obr. 2: Holterův měřicí aparát

2.1 Krevní tlak

Krevní tlak je jedna z nejdůležitějších životních funkcí, měří se v hodnotách milimetrů rtuťového sloupce (mm Hg) a skládá se ze dvou hodnot:

- Systolický tlak – tlak v artériích v momentě systoly (smrštění) srdce. Vyjadřuje sílu, kterou je krev pumpována do krevního oběhu.
- Diastolický tlak – tlak v artériích v diastole (relaxace) srdce. Vyjadřuje sílu, která zůstává v artériích.

Rozdíl mezi systolickým krevním tlakem a diastolickým krevním tlakem se nazývá pulsový tlak. Abnormálně nízký rozdíl mezi těmito dvěma hodnoty (nižší než 25mm Hg) je projevem šokových stavů.

Hodnoty normálního krevního tlaku jsou u systolického TK méně než 140 mm Hg a u diastolického TK méně než 90 mm Hg. Hranice mezi normálním a zvýšením tlakem je definována jako hodnota, nad níž vzniká riziko zdravotního poškození.

Celkem existují tři stavy poruch vysokého krevního tlaku:

- Mírná hypertenze
 - Systolický krevní tlak je v hodnotách 140 – 180 mm Hg
 - Diastolický krevní tlak je v hodnotách 90 – 105 mm Hg
- Závažná hypertenze
 - Systolický krevní tlak je větší jak 180 mm Hg
 - Diastolický krevní tlak je větší než 105 mm Hg
- Maligní hypertenze
 - Systolický krevní tlak je i 250 mm Hg
 - Diastolický krevní tlak překročí 130 mm Hg

Tento náhlý stav může trvat i několik dní a vyžaduje okamžitou léčbu.

U tohoto stavu může dojít k poškození cév v ledvinách, očích nebo v mozku. Rychlé odhalení je u tohoto stavu zásadní.

U nízkého krevního tlaku můžou hodnoty systolického tlaku klesnout pod 90 mm Hg a diastolického tlaku pod 60 mm Hg, což může vést ke kolapsu organismu.

2.2 Pulz (tep)

Pulz je vyjádření frekvence stahu srdce za jednu minutu. Průměrná tepová frekvence u zdravého jedince je mezi 70 – 80 úderů za minutu.

- Bradykardie – Tepová frekvence klesá pod 60 úderů za minutu. Fyziologicky nastává u sportovců a ve spánku. Patologicky může nastat:
 - při akutním infarktu myokardu,
 - zánětu srdečního svalu,
 - zánět v dutině břišní (slinivka),
 - podchlazení,
 - infekce,
 - otrava nebo předávkování léků (digitális).

U tohoto stavu může dojít ke komatu a k smrti.

- Tachykardie – Tepová frekvence větší jak 100 úderů za minutu. Fyziologicky nastává při tělesné námaze, emoční nebo vegetativní labilitě. Patologicky může nastat:
 - akutní infarkt myokardu,
 - akutní nebo chronická srdeční nedostatečnost,
 - zánět srdečního svalu nebo srdečníku,
 - horečka,
 - anémie,
 - šok (hypovolémie – krvácení),
 - otrava nebo předávkování léků a návykových látek (kofein, alkohol).

Tento stav může vést k fibrilaci srdečních komor a smrti organismu. [6][7][8] [9]

3 Návrh snímačů pro monitorování životních funkcí

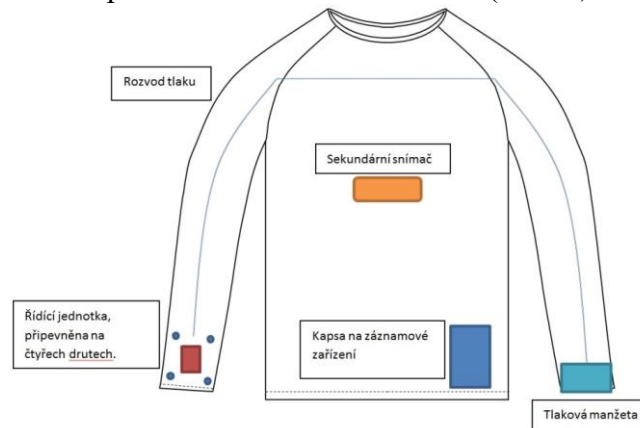
Systém monitorování životních funkcí integrovaný do textilního oděvu, lze využívat opakovaně a za jakékoliv situace.

- Během spánku
- Během odpočinku
- Při fyzické zátěži
- Sportu
- Turistice

Takto získaná data lze rychle zpracovat a odeslat na monitorovací zařízení pomocí bezdrátové komunikace, což umožňuje včasné odhalení patologických stavů a možnost okamžité lékařské pomoci.

3.1 Měřicí oděv

Návrh počítá s umístěním řídicí jednotky a pravý rukáv trika, čímž se zlepšila viditelnost LCD panelu a celkového ovládání. (Obr. 3)



Obr. 3: Návrh monitorovacího zařízení

Pneumatický systém je veden z pravého rukávu přes zadní díl trika do levého rukávu k tlakové manžetě.

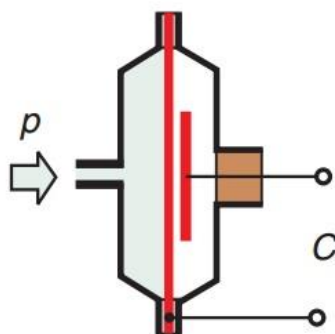
Na vytvoření dráhy pro pneumatický systém byl použit ozdobný šev třídy 5 (Obr. 4)



Obr. 4: Ozdobný šev třídy 5

Do dolního kraje předního dílu je umístěna kapsa pro záznamové zařízení. Jako záznamové zařízení je použit SMART telefon Samsung Galaxy S6 s kapacitou paměti 37Gb.

Aby bylo možné převést data získaná z pneumatického systému, je řídicí jednotka osazena kapacitním elektrickým převodníkem tlaku (Obr. 5) a modulem pro bezdrátovou komunikaci.



Obr. 5: Kapacitní čidlo

Kde P je přiváděný tlak ze systému a je udáván v pascálech [Pa].

C pak znázorňuje výstup z čidla. Aby se data mohla použít v mohla použít pro medicínské účely, musí se hodnota udávaná v pascálech [Pa] převést na velikost rtuťového sloupce [mm Hg]. Obecně platí, že 1mm rtuťového sloupce [mm Hg] je rovno 133.32 pascalů [Pa].

4 Závěr

Navržený systém monitorování životně důležitých funkcí jako je tepová frekvence a tlak, splňuje normy české lékařské komory ČSN EN 1060-1 pro neinvazivní tonometry. Naměřené hodnoty byly porovnány se standardně používanými tonometry. Navržený monitorovací systém v sobě skrývá velký potenciál a mohl by ve velké míře přispět k záchraně lidských životů.

Literatura

- [1] *umel* [online]. © 2016 (cit.18,4,2016)
URL:< http://www.umel.feec.vutbr.cz/absn/filesp/skripta_mikrosenzory_hubalek.pdf>
- [2] *tuni* [online]. © 2016 (cit.20,4,2016)
URL:< <http://tuni.tul.cz/rubriky/univerzita/id:66341>>
- [3] *maxihome*[online].© 2011 (cit.22,4,2016)
URL:< <https://www.maxihome.cz/topeni/teplotni-senzor-1-wire-ds18b20/>>
- [4] *happymaterials*[online].© 2011 (cit.20,4,2016)
URL:<http://www.happymaterials.com/imgs/articles/192-1_Smart_materiUoly_vUlce_info.pdf>
- [5] *ac24* [online]. © 2016 (cit.18,4,2016)
URL:<<http://www.ac24.cz/zpravy-ze-sveta/7836-je-to-tady-teslaforeza-tesluv-transformator-vyvolava-samocinne-smontovani-uhlikovych-nano-trubicek>>
- [6] PLANTA, M.; MARTINA, B.; HARTMANN, G. *Differix – Vnitřní lékařství*. Praha: SCIENTIA MEDICA, 1997. 224 s. ISBN 80-85526-09-3.
- [7] CHROBÁK, L.. *Propedeutika vnitřního lékařství*. Praha: GRADA, 2007. 244 s. ISBN 978-80-247-1309-0.
- [8] KOMÁREK, L.; ŠOLTYSOVÁ, T.; RÁŽOVÁ, J.; KEBZA, V. *Podpora zdraví a prevence v primární péči*. Praha: SZU, 1997. 66 s. ISBN 80-7071-071-3.
- [9] LEHAROVÁ, D.; JÁNOVÁ, H. *Domácí lékař*. Praha: Parson/Walton/Press, 2002. 656 s. ISBN 80-86196-50-X.

VYUŽITÍ NANOVLÁKENNÉ MEMBRÁNY PRO OCHRANU DŘEVOSTAVEB PROTI VLHKOSTI

Mayerová Karolína

Sekce - TEXTIL,

Fakulta textilní, 2. ročník

Navazující magisterský studijní program – PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Abstrakt: Práce se zabývá využitím membrány z nanovláknenného materiálu ve stavebnictví za účelem ochrany dřevostaveb před pronikáním vlhkosti. Z tohoto důvodu byl navržen experiment, který simuloval dlouhodobé působení vlhkosti na stavbu. Byla sledována propustnost vody u samostatné membrány i u membrány aplikované na stavební podklad. Připravené vzorky byly vystaveny dlouhodobému účinku působení vody. Statistické zhodnocení prokázalo signifikantní zlepšení bariérových vlastností stavebního materiálu při použití membrány. Zjištěna byla logaritmická závislost propustnosti vody na čase. Současně byla sledována paropropustnost a prodyšnost membrány, aby při aplikaci membrány nedošlo ke zhoršení difúze vodních par a proudění suchého vzduchu stěnou. Na paropropustnost a prodyšnost byly otestovány i dva další materiály, které se ve stavebnictví využívají jako bariéra proti vlhkosti. Při porovnání všech materiálů vykazovala nanovláknenná membrána statisticky významně nejvyšší hodnoty z hlediska paropropustnosti i prodyšnosti.

Klíčová slova: nanovláknenná membrána, stavebnictví, vlhkost, paropropustnost, prodyšnost, propustnost vody

Úvod

Většinu dřevostaveb tvoří dřevěná rámová konstrukce, z čehož vzniká obava z biologické degradace dřeva v důsledku nadměrného hromadění vlhkosti. Z tohoto důvodu je snahou zabránit vlhkosti, aby vnikala do konstrukce. Současná řešení jako například vložení polyethylenové fólie jako parozábrany však vytvářejí neprodyšný interiér, a tak paradoxně dochází k poškození stavebních vrstev vlivem vodní páry, která se snaží dostat ven. Negativním důsledkem je tak degradace materiálů, vznik plísní či zdravotní problémy obyvatelů domů. Z tohoto důvodu bylo cílem práce navrhnout takovou ochranu povrchu dřevostaveb, která konstrukci ochrání před průnikem vlhkosti zvenčí a zároveň, která umožní difúzi vodních par z interiéru. V průběhu řešení práce byl stanoven ještě další cíl, a to navržení vhodné metodiky měření průniku vlhkosti. Označení dřevostavba je širší pojem, nicméně práce se zabývala především tzv. sendvičovými konstrukcemi, na jejichž fasádu se používá kontaktní zateplovací systém s omítkou jako u zděných staveb.

1 Charakteristika testovaného materiálu

Jako možné řešení ochrany proti vlhkosti staveb bylo navrženo použití nanovláknenné membrány. U tohoto materiálu byla předpokládána nejen vysoká hydrostatická odolnost, ale i velmi dobré hodnoty z hlediska paropropustnosti a prodyšnosti. Tyto vlastnosti jsou při řešení vhodné ochrany dřevostaveb důležité vzhledem k problematice difúze vodních par z interiéru budovy. Pro experimentální měření byla použita nanovláknenná membrána *Nanomembrane* vyráběná stejnojmennou českou společností. Testovaná membrána je původně určena pro oděvní použití. Membrána *Nanomembrane* je vysoce hydrofobní, což zajišťuje vysokou hydrostatickou odolnost. Firma deklaruje hydrostatickou odolnost materiálů s touto

membránou až 30 m vodního sloupce. Zároveň nabízí i vynikající paropropustné schopnosti převyšující jiné konkurenční výrobky. Od jiných komerčně dostupných membrán se liší použitým materiálem. Je vyrobena z polyamidu 6. Tento materiál má vysokou tepelnou stálost a to i při extrémně nízkých a vysokých teplotách. Na rozdíl od polyuretanů a polytetrafluorethylenů jsou polyamidy šetrnější k životnímu prostředí. Nemísí se s rozpouštědly a nezůstává po nich nebezpečný odpad. Z toho důvodu jsou i membrány vyrobené z tohoto materiálu ekologičtější.

1.1 Paropropustnost a prodyšnost

Nejprve byla v laboratorních podmínkách ověřena paropropustnost a prodyšnost sledované membrány. Využito bylo přístroje Permetest, který měří relativní paropropustnost textilií a zařízení FX 3300 pro zjištění prodyšnosti. Testována byla nanovláknenná membrána *Nanomebrane* (dále zkráceně označována NV membr.) Jelikož je membrána z výroby dodávána na nosné netkané textilii, byly provedeny zkoušky i na dvouvrstevném materiálu – nanovláknenná membrána s netkanou textilií (dále NV membr. + NT). Pro porovnání byly stejným způsobem otestovány i dva další materiály – pojistné hydroizolace, které se ve stavebnictví využívají jako bariéra proti vlhkosti a zároveň u nich výrobce deklaruje dobré paropropustní schopnosti. Konkrétně se jedná o mikroperforovanou fólii (dále MP fólie) a difúzní membránu (dále Dif. membr.) U nanovláknenné membrány a u NV membrány s netkanou textilií bylo provedeno patnáct měření. V případě pojistných hydroizolací bylo vzhledem k omezenému množství materiálu provedeno pět měření od každého materiálu.

Paropropustnost

U testovaných materiálů zjištěna relativní paropropustnost textilií p [%] a výparný odpor Ret [$Pa \cdot m^2 \cdot W^{-1}$]. Z naměřených dat z hlediska relativní paropropustnosti byly provedeny základní statistické výpočty (tabulka 1).

Tabulka 1: Základní statistiky – relativní paropropustnost p [%]

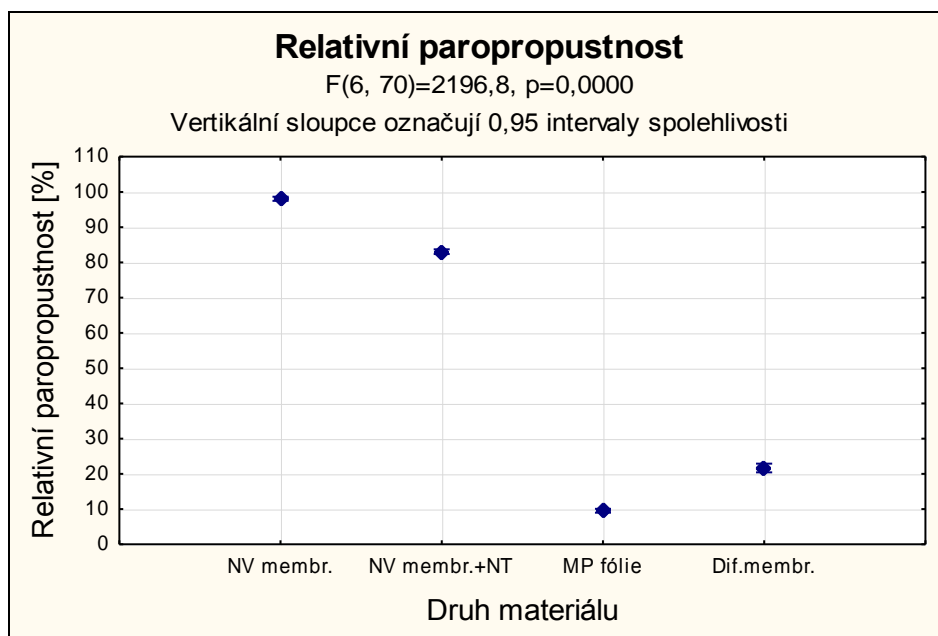
<i>Materiál</i>	<i>Průměr</i>	<i>Medián</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Rozptyl</i>	<i>Směrodatná odchylka</i>	<i>Variační koeficient</i>
NV membr.	98,05	98,20	96,20	99,60	1,10	1,05	1,07
NV membr.+NT	83,06	83,10	80,40	85,00	1,45	1,20	1,45
MP fólie	9,52	9,70	8,80	9,90	0,20	0,44	4,66
Dif. membr.	21,68	21,90	20,40	22,70	1,00	1,00	4,62

Vliv použitého materiálu na relativní paropropustnost byl zhodnocen jednofaktorovou analýzou rozptylu. Pomocí Scheffeho testu byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi všemi materiály (tabulka 2, obrázek 1).

Tabulka 2: Vliv materiálu na relativní paropropustnost (průměr \pm směrodatná chyba). Jednofaktorová ANOVA, Scheffého test, rozdílná písmena značí statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

<i>Materiál</i>	<i>Relativní paropropustnost [%]</i>	
MP fólie	9,52 \pm 0,20	a
Dif. membr.	21,68 \pm 0,45	b
NV membr. +NT	83,06 \pm 0,31	c
NV membr.	98,05 \pm 0,27	d

Nejnižších hodnot dosahovala dle očekávání MP fólie, která propustila necelých 10 % vodní páry. Ani difúzní membrána nezajišťovala dostatečnou paropropustnost. Naopak z hlediska paropropustnosti vykazovala nejlepších (nejvyšších) výsledků NV membrána. Její hodnoty se blíží k 100% paropropustnosti, což představuje tepelný tok, ke kterému by došlo odparem z volné vodní hladiny nezakryté zkoušeným vzorkem. Kombinace s netkanou textilií vykazovala statisticky průkazné zhoršení vlastností NV membrány.



Obrázek 1 Graf průměrů s odchylkami: vliv materiálu na relativní paropropustnost (ANOVA)

Pokud je paropropustnost hodnocena z pohledu klasifikace hodnot výparného odporu (R_{et}), je paropropustnost NP fólie a difúzní membrány neuspokojivá ($R_{et} > 20$), což není v souladu s deklarovanými vlastnostmi materiálů výrobcem. Naopak NV membrána samostatná i v kombinaci s netkanou textilií dosahují velmi dobré paropropustnosti ($R_{et} < 6$). Průměrné hodnoty výparného odporu u sledovaných materiálů jsou uvedeny v tabulce 3, ze které jsou patrné statisticky významné rozdíly mezi materiály. Klasifikace byla provedena v souladu s ISO normou 11092.

Tabulka 3 : Vliv materiálu na výparný odpor (průměr ± směrodatná chyba). Jednofaktorová ANOVA, Scheffého test, rozdílná písmena značí statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

<i>Materiál</i>	<i>Výparný odpor [Pa.m².W-1]</i>	
NV membr.	0,09 ± 0,02	a
NV membr. +NT	1,29 ± 0,03	b
Dif. membr.	21,70 ± 0,47	c
MP fólie	57,22 ± 1,35	d

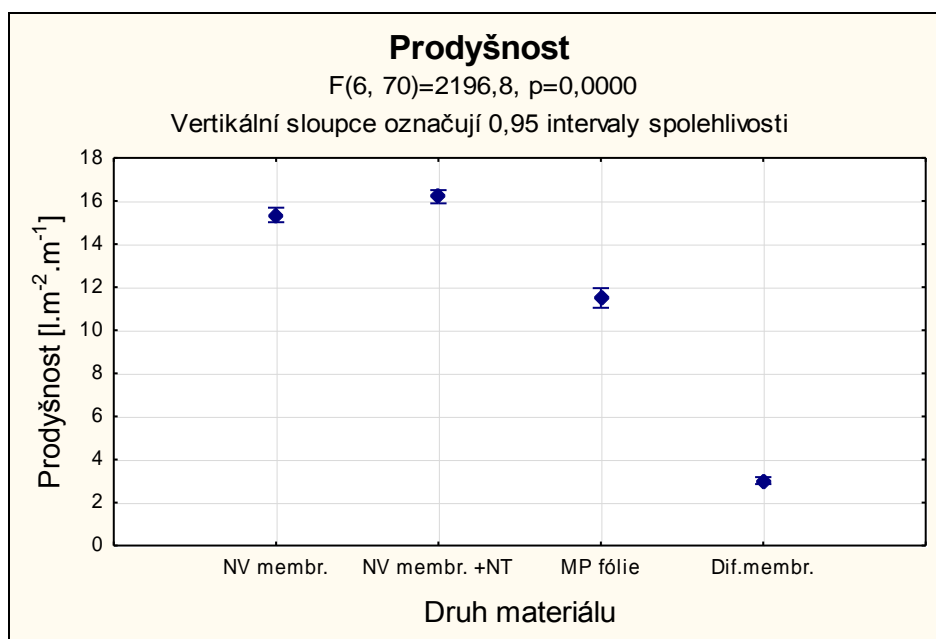
Prodyšnost

Byly naměřeny výsledky z hlediska prodyšnosti [$l.m^{-2}.s^{-1}$]. Tlakový spád byl nastaven na 200 Pa a měřená plocha byla o velikosti 20 cm². U naměřených dat byly provedeny základní statistické výpočty (tabulka 4).

Tabulka 4 : Základní statistiky - prodyšnost

<i>Materiál</i>	<i>Průměr</i>	<i>Medián</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Rozptyl</i>	<i>Směrodatná odchylka</i>	<i>Variační koeficient</i>
NV membr.	15,35	15,50	14,30	16,30	0,37	0,61	3,98
NV membr.+NT	16,20	16,20	15,30	17,40	0,31	0,56	3,44
MP fólie	11,50	11,50	11,10	12,00	0,14	0,37	3,19
Dif.membr.	3,02	3,00	2,90	3,20	0,02	0,13	4,32

Jednofaktorovou analýzou rozptylu byl zhodnocen vliv použitého materiálu na prodyšnost. Pomocí Scheffého testu byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi všemi materiály. Nejnižších hodnot dosahovala difúzní membrána, která prokázala minimální prodyšnost, což může být způsobeno jejím ochranným hydroizolačním filmem. Nejlepších hodnot prodyšnosti dosahovaly oba materiály s NV membránou. Na rozdíl od paropropustnosti došlo při kombinaci s netkanou textilií ke statisticky průkaznému zlepšení této vlastnosti. (tabulka 5, obrázek 2). To je principiálně podobné jako synergický efekt u kompozitních materiálů, kde jednotlivé složky kompozitu spolupracují a alespoň jedna jejich vlastnost je lepší než průměr vlastností jednotlivých složek. V našem případě netkaná textilie s prokázanou vysokou prodyšností zlepšila celkové vlastnosti tohoto dvouvrstvého materiálu s NV membránou.



Obrázek 2 Graf průměrů s odchylkami: vliv materiálu na prodyšnost (ANOVA)

Tabulka 5: Vliv materiálu na prodyšnost (průměr ± směrodatná chyba). Jednofaktorová ANOVA, Scheffého test, rozdílná písmena značí statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

<i>Materiál</i>	<i>Prodyšnost [l.m⁻².s⁻¹]</i>	
Dif. membr.	3,02 ± 0,16	a
MP fólie	11,50 ± 0,16	b
NV membr.	15,35 ± 0,06	c
NV membr.+NT	16,20 ± 0,14	d

1.2 Hydrostatická odolnost

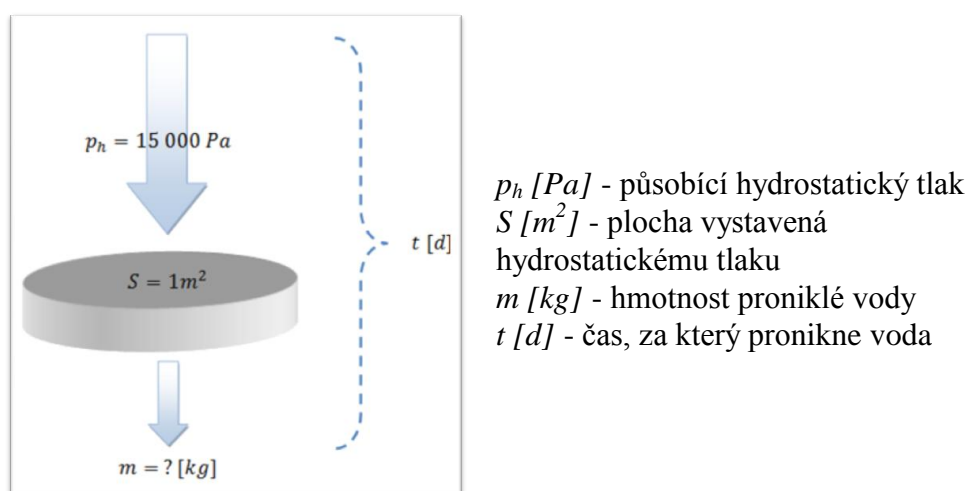
Dalším testovaným parametrem byla hydrostatická odolnost nanovlákněné membrány aplikované na vnější stěny dřevostavby. Bylo potřeba zjistit, zda díky aplikované membráně došlo ke zlepšení bariérových vlastností fasády proti pronikání vody. Bylo nutné experimentálně prověřit chování textilního materiálu (nanovlákněné membrány) v kombinaci s materiálem stavebním. Samostatná membrána byla nejprve otestována zkouškou tlakem vody, která se běžně používá u textilních materiálů. Membrána byla testována na přístroji Hydrostatic Head Tester M018. Během zkoušení došlo ve všech případech k předčasnému ukončení testu kvůli protržení materiálu, který nemá sám o sobě dostatečné mechanické vlastnosti. Testovaná membrána je původně určena pro oděvní použití, kde se membrány laminují na určitý textilní nosič. Díky vícevrstvému laminátu je zajištěná pevnost výsledného materiálu. Naměřená data (vodní sloupec průměrně 0,55 m) jsou proto nevyhovující, neodpovídají skutečné hydrostatické odolnosti NV membrány. Pro účely stavebnictví bude NV membrána použita s dalším nosným materiálem, který jí zajistí dostatečnou pevnost. Proto je tato metoda měření hydrostatické odolnosti pro tyto účely nevyhovující.

2 Metodika měření propustnosti vody

Jelikož se standardní metoda měření hydrostatické odolnosti ukázala jako nevhodná (viz podkapitola 1.2) bylo potřeba navrhnout alternativní metodiku měření průniku vlhkosti. Sledováno bylo dlouhodobé působení vlhkosti na stavbu jako například při povodních. Z tohoto důvodu byl navržen experiment, který simuloval dlouhodobé působení vlhkosti na stavbu. Byla sledována propustnost vody u samostatné membrány i u membrány aplikované na stavební podklad. Proto byl vytvořen i návrh metodiky přípravy zkušebních vzorků membrány se stavebním materiálem. Připravené vzorky byly následně vystaveny dlouhodobému účinku působení vody. Otázkou bylo, zda navržené propojení se stavebním podkladem narušuje hydroizolační schopnosti testované membrány či nikoliv. Byla sledována hypotéza, zda lze tento materiál jako bariéru proti vlhkosti použít.

2.1 Princip zkoušky

Principem zkoušky je určit, jaké množství kapaliny pronikne vrstvou vzorku o známé ploše za určitý čas při působení daného hydrostatického tlaku. Stručný nákres principu je uveden na obrázku 3.



Obrázek 3 Schéma metodiky měření

Jako jednotky času byly použity dny (d), které odpovídají 24 hodinám. Hydrostatický tlak zde působil ve válcové trubce o výšce 1,5 m. Působící kapalinou byla voda s přibližnou hustotou $1\,000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Hmotnostní přírůstek [kg] tak přibližně odpovídal objemu proniklé kapaliny [l]. Testované vzorky byly vystaveny zatížení hydrostatickým tlakem o velikosti vypočtené dle následujícího vzorce:

$$p_h = h\rho g = 1,5 \times 1\,000 \times 9,81 = 14\,715\text{ Pa} \quad (1)$$

Sledovaným parametrem je hmotnost vody, která pronikne vzorkem do testovací sklenice. Byly zaznamenávány hmotnostní přírůstky Δm zkušební sestavy, resp. sorbentu. Předpokladem je, že hmotnostní přírůstek je způsobený množstvím vody proniklé vzorkem. Pro každý vzorek byla vypočítána změna hmotnosti dle vztahu:

$$\Delta m = m_2 - m_1 \quad (2)$$

kde Δm je změna hmotnosti (hmotnostní přírůstek) v g;

m_1 hmotnost sestavy, resp. sorbentu v g;

m_2 hmotnost sestavy, resp. sorbentu v g před vystavením hydrostatickému tlaku.

Zkoušené vzorky byly vystaveny působení tlaku vody na kruhové ploše S o průměru d 6 cm. Velikost testované plochy je tedy následující:

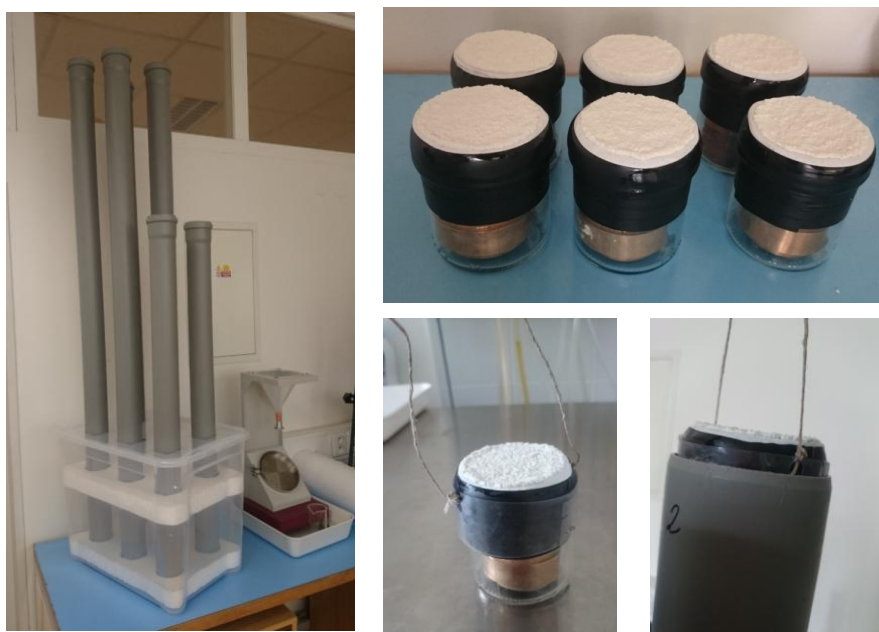
$$S = \frac{\pi d^2}{4} \doteq 28,27\text{ [cm}^2\text{]} \quad (3)$$

Naměřené hmotnostní přírůstky způsobené průnikem vody skrz vzorek o ploše $28,27\text{ cm}^2$ byly přepočítány na plochu 1 m^2 . Pro výpočet propustnosti vody [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$] byl zvolen přepočet z naměřených výsledků:

$$\text{Propustnost vody [kg}\cdot\text{m}^{-2}\text{]} = \frac{\Delta m\text{ [kg]}}{S\text{ [m}^2\text{]}} \quad (4)$$

2.2 Založení experimentu

Myšlenkou experimentu bylo upevnění testovaného vzorku k reálnému vodnímu sloupci, aby bylo možné sledovat množství proniklé kapaliny skrz daný vzorek v závislosti na čase.

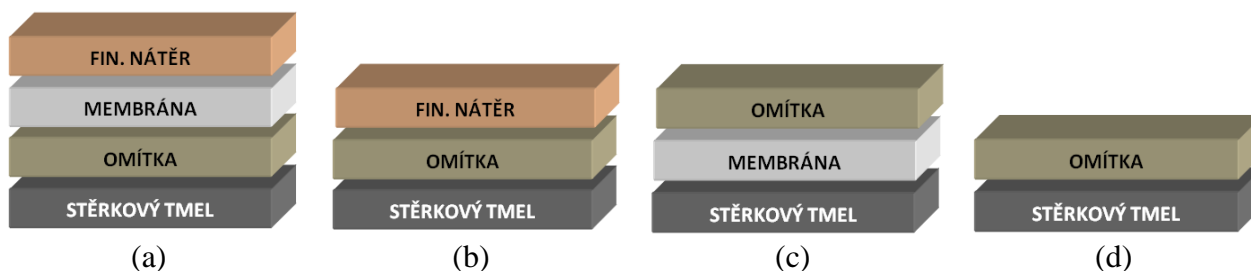


Obrázek 4 Příprava experimentu

Využito bylo polypropylenové HT trubky, která je na jednom jejím konci osazená zátkou, která vytváří dno. Takto připravené trubky byly umístěny do podélné pozice kolmo k zemi. Stabilitu jim zajišťoval vytvořený stojan, který měl kapacitu šesti zařízení. Pro samotné měření byla určena testovací sestava, která se skládala ze skleněné nádoby opatřené měděným závažím a aranžérské hmoty sloužící jako absorbent. Na hrdlo nádoby se upevil připravený vzorek pomocí silikonu v kombinaci s hydroizolační páskou. Pomocí mechanismu pak byla připravená sestava spouštěna na dno vodou naplněné trubky. Pro zkušební účely této práce byl výsuvný koš vyroben z kancelářských desek. Díky výsuvnému koši lze probíhající experiment dle potřeby v průběhu kontrolovat. Příprava popsaného experimentu je zobrazena na obrázku 4. Navržená metodika slouží jako principiální návrh pro konstrukci přístroje, který by bylo potřeba ještě zdokonalit.

2.3 Příprava vzorků

Navrhovaným propojením nanovlákněné membrány s fasádou dřevostavby je integrace do ještě vlhkého stavebního materiálu. Uvažovaným materiálem je stěrkový tmel využíváný pro vyrovnání nerovností povrchu. Představou je aplikace membrány (umístěné na nosné netkané textilií) na vlhký tmel po jeho vyrovnání. V okamžiku zaschnutí se nanovlákněná struktura propojí s materiálem a nosnou textilií lze odejmout. Následně jsou aplikovány další vrstvy fasády dle standardního postupu. Další možností je propojení s jednou z vrstev fasádní omítky na obdobném principu jako v případě tmele. Byly připraveny dvě série vzorků s rozdílným umístěním membrány mezi stavební vrstvy fasády. V každé sérii byly taktéž pro porovnání vzorky ve stejné skladbě, ale bez membrány.



Obrázek 5 Skladba vzorků - Série I. a) včetně a b) bez membrány ; Série II. c) včetně a d) bez membrány

V první sérii byla membrána (spolu s nosnou textilií) aplikována na čerstvou omítku. Po zaschnutí byla nosná textilie sejmuta a kompozit byl ještě opatřen finálním nátěrem. Druhá série byla vyhotovena v jednodušším provedení a to bez finálního nátěru, který není nutné použít. Nanovlákněná membrána byla v tomto případě aplikována rovnou na stěrkový tmel a dále opatřena tenkovrstvou omítkou. Ilustrace jednotlivých vrstev vzorků z obou sérií je uvedena na obrázku 5.

2.4 Propustnost vody

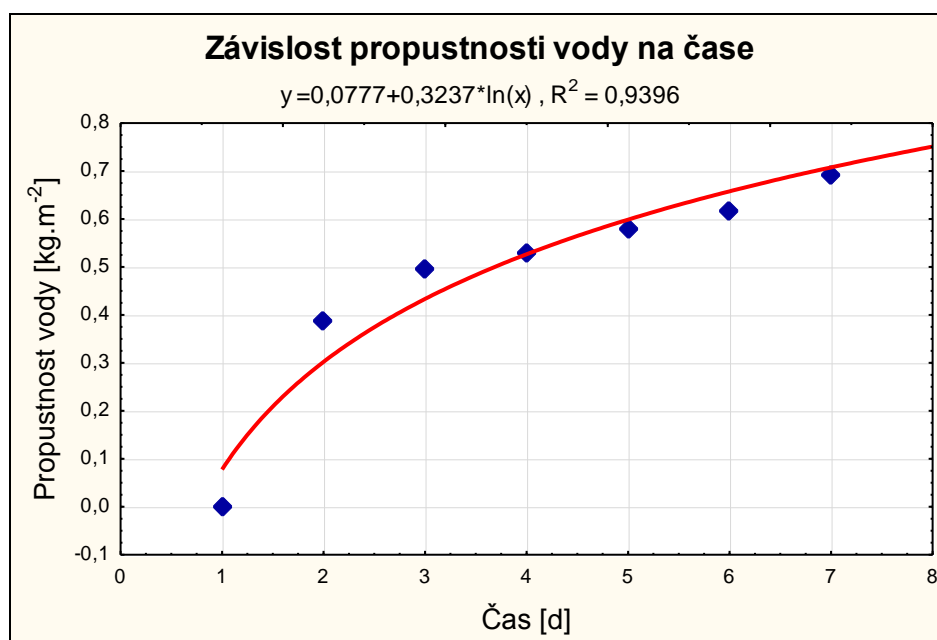
Propustnost samostatné membrány

Prvotní měření bylo zaměřeno na zjištění propustnosti pro vodu u samostatné membrány a závislost této propustnosti na čase. Získanými daty byly naměřené hmotnosti m [g] celé testovací sestavy skládající se ze skleničky, závaží, sorbentu, membrány a materiálu na přichycení v průběhu sedmi dnů. Zaznamenány byly počáteční hmotnosti zkušebních sestav před vystavením hydrostatickému tlaku. Po následujících šest dnů byla sestava v pravidelný čas denně z vody vytažena a zaznamenána její aktuální hmotnost. Z těchto získaných dat byly vypočteny hmotnostní přírůstky Δm [g] dle vztahu (2). Vypočtená propustnost vody [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$]

odpovídající hmotnosti proniklé kapaliny [kg] plochou 1 m^2 dle vztahu (4) je pak zaznamenána v tabulce 6.

Tabulka 6: Vypočtená propustnost membrány vodu

vzorek	Propustnost vody [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$]					
	za 1 den	za 2 dny	za 3 dny	za 4 dny	za 5 dní	za 6 dní
1	0,50	0,61	0,64	0,67	0,68	0,77
2	0,57	0,67	0,71	0,76	0,81	0,87
3	0,37	0,48	0,51	0,62	0,65	0,78
4	0,36	0,46	0,50	0,56	0,62	0,63
5	0,25	0,36	0,39	0,45	0,50	0,62
6	0,29	0,39	0,43	0,44	0,45	0,47
průměr	0,39	0,50	0,53	0,58	0,62	0,69



Obrázek 6 Graf: Propustnost membrány pro vodu v závislosti na čase

Při regresní analýze bylo využito grafické analýzy pomocí bodového grafu. Graf na obrázku 6 ukazuje průměrnou propustnost kapaliny [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$] v průběhu šesti dní. Jako počátek je zvolen bod se souřadnicemi (1; 0) vyjadřující nulový přírůstek v době před zahájením pokusu. Jako nejvhodnější regresní funkce pro průběh hodnocené závislosti byla vybrána logaritmická funkce. Body byly proloženy logaritmickou křivkou. Vzhledem k vysoké hodnotě korelačního koeficientu determinace R^2 lze hovořit o velmi silné závislosti.

Propustnost membrány se stavebním podkladem

Na propustnost pro vodu byly kromě samostatné membrány proměřeny také vzorky se stavebním podkladem. Skladba vzorků odpovídala vyhotovení popsáném v kapitole 1.5. Vzorky byly vyhotoveny po šesti kusech od každého druhu. Kapacita měřicího zařízení byla omezena právě na šest současně probíhajících měření, tudíž byly provedeny čtyři po sobě jdoucí experimenty.

Naměřeny byly hmotnosti sorbentu šesti vzorků před m_1 [g] a po m_2 [g] vystavení hydrostatickému tlaku po dobu šesti dní a vypočtený hmotnostní přírůstek Δm [g] za tuto

dobu dle vztahu (2). Dále byla vypočítána propustnost vody [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$] odpovídající hmotnosti proniklé kapaliny [kg] plochou 1 m^2 dle vztahu (4), která je uvedena v tabulce 7. Pro zjištěné hodnoty propustnosti vody byly vypočteny základní statistické charakteristiky (tabulka 8).

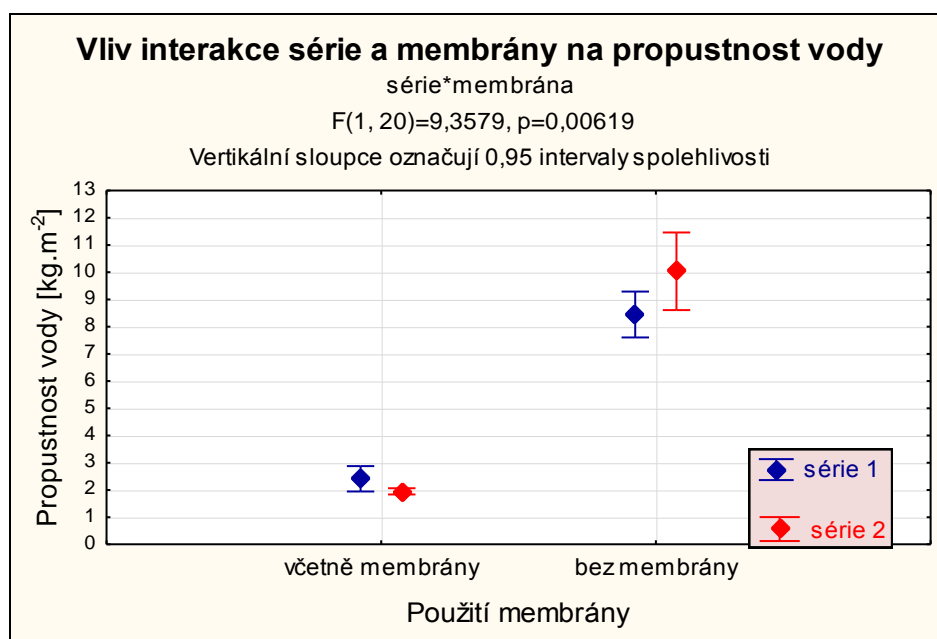
Tabulka 7: Vypočtená propustnost membrány se stavebním podkladem

vzorek	Propustnost vody [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$]			
	Série I.		Série II.	
	včetně membrány	bez membrány	včetně membrány	bez membrány
1	2,49	7,62	1,95	9,41
2	2,77	7,97	1,97	9,79
3	1,66	7,76	1,74	8,29
4	2,48	8,54	1,99	12,07
5	2,89	9,43	2,02	9,48
6	2,19	9,37	2,02	11,15
průměr	2,41	8,45	1,95	10,03

Tabulka 8 : Základní statistiky – propustnost [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$]

Série	Použití membr.	Průměr	Medián	Min.	Max.	Rozptyl	Směrodat. odchylka	Variační koef.
1	NE	8,45	8,25	7,62	9,43	0,64	0,80	9,49
2	NE	10,03	9,63	8,92	12,07	1,84	1,36	13,53
1	ANO	2,41	2,48	1,66	2,89	0,20	0,44	18,41
2	ANO	1,95	1,98	1,74	2,02	0,01	0,11	5,53

Jelikož je v experimentu hodnocen vliv dvou faktorů (1 - použití membrány, 2 – série) ovlivňující výsledný znak – propustnost vody, bylo nutné pro vyhodnocení použít analýzu rozptylu dvojnásobného třídění, ve které je současně hodnocen vliv použití membrány na propustnost vody i vliv série na propustnost vody. Vliv interakce série a membrány je graficky znázorněn na obrázku 8.



Obrázek 8 Graf průměrů s odchylkami: vliv interakce série a membrány na propustnost

V obou sériích byl prokázán statisticky významný vliv použití membrány na propustnost. Při použití membrány došlo k významnému snížení propustnosti vody stavebního materiálu, a to u série I. o $6,04 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ a u série II. dokonce o $8,08 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$. Z podrobnějšího vyhodnocení analýzy rozptylu Tukeyho metodou (tabulka 9) byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi sériemi u varianty bez membrány – statisticky významně lepší vlastnosti vykazovalo uspořádání v sérii 1 v porovnání s 2. sérií. Naopak nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi sériemi u varianty s membránou. To znamená, že u varianty bez membrány finální nátěr zlepšil vlastnosti, ale na vlastnosti varianty s membránou neměl významný vliv. Ačkoli se jednotlivé série s membránou lišily způsobem začlenění membrány mezi jednotlivé fasádní vrstvy, nebyl mezi nimi potvrzen významný rozdíl.

Tabulka 9 :2 Vliv interakce série a membrány na propustnost (průměr \pm směrodatná chyba), rozdílná písmena značí statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (Tukey HSD test)

<i>Série</i>	<i>Použití membrány</i>	<i>Propustnost vody [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$]</i>	
2	ANO	$1,95 \pm 0,04$	a
1	ANO	$2,41 \pm 0,18$	a
1	NE	$8,45 \pm 0,33$	b
2	NE	$10,03 \pm 0,55$	c

Na závěr bylo vyhodnoceno srovnání hydroizolačních vlastností samostatné membrány a membrány se stavebním podkladem v obou sériích. Na základě jednofaktorové analýzy rozptylu byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi všemi variantami (tabulka 10). Vlivem aplikace membrány na stavební podklad došlo k významnému zhoršení (zvýšení) propustnosti membrány pro vodu, a to u série I. o $1,72 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ a u série II. o $1,26 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$. Přestože propojení se stavebním podkladem narušilo hydroizolační schopnosti testované membrány, tak významně zlepšilo vlastnosti stavebního materiálu (viz obrázek 8).

Tabulka 10 : Vliv materiálu (samostatná membrána a její aplikace na stavební podklad) na propustnost (průměr \pm směrodatná chyba), rozdílná písmena značí statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (Tukey HSD test)

<i>Materiál</i>	<i>Propustnost vody [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$]</i>	
Samostatná membrána	$0,69 \pm 0,06$	a
Membr. + aplikace série II.	$1,95 \pm 0,04$	b
Membr. + aplikace série I.	$2,41 \pm 0,18$	c

Závěr

Navrženým řešením ochrany dřevostaveb proti vlhkosti je aplikace nanovlákněné membrány. U tohoto materiálu byly shledány velmi dobré parametry z hlediska paropropustnosti a prodyšnosti, resp. v porovnání se dvěma stavebními materiály membrána vykazovala statisticky významně vyšších hodnot. Provedenými experimenty bylo zjištěno, že díky aplikaci nanovlákněné membrány mezi jednotlivé fasádní vrstvy dochází ke statisticky významnému snížení vodní propustnosti fasády. To vede k závěru, že membrána jako bariéra proti vlhkosti působí a lze tedy uvažovat o jejím použití ve stavebnictví za tímto účelem.

Literatura

- [1] KRŇANSKÝ, Jan. *Perspektivy využití nanotextilií na bázi polymerů ve stavebnictví*. V Praze: České vysoké učení technické, 2009, 26 s. ISBN 978-80-01-04273-1.
- [2] DEMO, Pavel, Alexej SVESHNIKOV a Zdeněk KOŽÍŠEK. Nucleation on Polymer Nanotextile: Preliminary Study. *16th International Conference on Composite Structures*.

PROPAGACE TEXTILNÍCH VĚD V DĚTSKÝCH HRÁCH

Orlíková Michaela

Sekce - TEXTIL

Fakulta textilní, 3. ročník

Bakalářský studijní program – TEXTILNÍ MARKETING

Abstrakt: Propagace textilu u dětí. Charakteristika současného stavu textilního odvětví a školství v ČR. Průzkum současné situace výběru středních škol u dětí z dětských domovů. Návrh způsobů jak zvýšit zájem o textilní obor u dětí. Návrh interaktivní edukativní hry s cílem zaujmout děti k textilnímu vzdělávání. Vlastní pozorování a vyvození závěru.

Klíčová slova: Textilní průmysl, děti z dětských domovů, motivace, kreativní dílny, textilní kvarteto.

1 Úvod

Tato práce řeší dva vzájemně se protínající problémy. Konkrétně, textilní průmysl obecně označovaný za upadající, který se však ve skutečnosti potýká s nedostatkem uchazečů o zaměstnání z řad odborníků. Na straně druhé stojí děti z dětských domovů, které řeší ztíženou možnost uplatnění na trhu práce, ať již z důvodu předsudků, či nevhodně zvoleného oboru studia.

Nejprve byl tedy proveden průzkum v dětských domovech středočeského kraje, na ministerstvu školství a ministerstvu práce a sociálních věcí, který charakterizuje současný stav textilního odvětví a školství v ČR, včetně zjištění jaké obory jsou dětmi nejčastěji studovány a proč. Na základě tohoto průzkumu bylo zjištěno, že děti často mají o textilním průmyslu a jeho možnostech minimální, či dokonce žádnou představu. Nemají ponětí, kolik rozmanitých a lukrativních specializací je v tomto oboru možné studovat. Do zkoumané skupiny byly vybrány děti z domovů ve středočeském kraji proto, že autorka této práce s těmito dětskými domovy dlouhodobě spolupracuje a jsou zde již navázány přátelské vztahy mezi ní a dětmi, což značně usnadňuje celý průběh průzkumu, dotazování a aplikaci her.

Aby školní mládež nějakou představu získala a projevila zájem o textilní vědy, bylo nutné ji nejdříve s těmito vědami nenásilnou formou seznámit a namotivovat ji. Způsoby, jak u dětí vzbudit zájem o textilní obor, jsou spolu s návrhem konkrétní interaktivní hry zvané: „Textilní kvarteto“, která dětem textilní základy hravou formou přiblíží v této práci uvedeny. Aby si děti mohly materiály ze zmíněné hry osahat i naživo, byly pro ně v dětských domovech zorganizovány kreativní dílny s malováním na hedvábí, plstěním šperků i postaviček z vlny a v neposlední řadě oblíbená výroba náramků přátelství z příze.

Pro možnost vyvodit závěry, zda tyto hravé aktivity děti o znalosti z textilního oboru obohatily a upoutaly jejich pozornost, byl připraven zábavný test, který děti vyplnily před i po hraní zmíněných her. O tom, že díky této aktivitě děti skutečně požadované informace vstřebaly, svědčí srovnání odpovědí před hrou a po hře.

Cíle práce

Tato práce si klade za cíl:

- Zjistit jaké obory jsou dětmi z dětských domovů studované nejčastěji a proč. Najít způsob, jak dětem z ústavní péče textilní průmysl přiblížit, pro tento obor je nadchnout a seznámit je se studijními možnostmi v této oblasti.
- Charakterizovat současný stav textilního odvětví a školství v ČR.
- Navrhnout způsob, jak zvýšit zájem o textilní vědy u školní mládeže.
- Sestavit přehled středoškolských institucí s textilním zaměřením ve Středočeském kraji.
- Navrhnout interaktivní hry pro děti ze základních škol.
- Nalézt možnosti propojení obou těchto problematik tak, aby bylo dětem nabídnuto vhodnější vzdělání a byla zvýšena jejich možnost uplatnění, čímž by se zároveň zvýšil zájem o pozice v textilním průmyslu, v důsledku čehož by mohl být alespoň částečně vyřešen úbytek pracovníků v tomto odvětví.
- Vyhodnocení závěrů vlastního pozorování.

Hypotézy

H1: Textilní průmysl v České republice je obecně prezentován jako upadající, neperspektivní a postupně zanikající.

H2: Děti se hrou naučí základní pojmy z textilního oboru.

2 Základní problematika

Teoretická část prozkoumává situaci v textilním průmyslu s ohledem na uplatnitelnost a počet volných pracovních příležitostí i s přihlédnutím k nabídce studia textilních oborů. Je zde uvedena problematika nedostatku a úbytku pracovníků v textilním průmyslu a zvyšující se nabídka pracovních míst v tomto oboru, v porovnání s problematikou vzdělávání a nejčastěji studovanými obory dětmi z dětských domovů, jejichž absolvovaný obor je často nevhodně volen v odvětví, jehož absolventů je naopak nadbytek. Tím je uplatnitelnost dětí z dětských domovů značně ztížena, přestože v oboru textilním je pracovníků nedostatek.

Děti v dětských domovech žijí v rodinných skupinách po osmi dětech a jejich vychovatelé jim ani při maximální snaze nemohou věnovat individuální přístup a podporu při vzdělávání a výběru budoucího povolání, jakou mají děti v běžně fungující rodině. Navíc při tomto počtu „rodinných“ příslušníků, jen těžko naleznou soukromí, což přirozeně znesnadní možnost soustředění se na učení, čímž se ztěžuje jejich vzdělavatelnost. Také je nutné pomoci dětem zjistit, co je opravdu baví a zajímá a seznámit je s možnostmi vzdělání v jejich okruhu zájmu.

Navíc postoj většiny dětí v ústavní péči je, že vzdělání je zbytečné, i lidé s maturitou jsou bez práce, natož aby vysoká škola k lepšímu uplatnění pomohla. Dále též kvůli nedostatku soukromí, chtějí děti dětský domov opustit co nejdříve po dosažení plnoletosti s přesvědčením, že budou zaměstnatelní i s pouze základním vzděláním a užijí se pouhou brigádou.

Proto je děti nutné zaujmout, nadchnout, motivovat, oslovit a přiblížit jim vzdělání hravou formou a probudit tak v dětech zájem o vzdělání jako takové, ale i o studium jiných oborů, než které studují jejich kamarádi z domova, nebo navštěvování školských zařízení, která jsou nejbližší. Právě z důvodu lepší dostupnosti škol v okolí dětských domovů děti nejčastěji studují obory číšník kuchař, cukrářka, nebo kadeřnice, jejichž studium je často nebaví a mnohdy jej ani nedokončí. Nejsnazší formou jak děti nenásilnou a přirozenou cestou namotivovat a vzdělávat je tedy hra, a proto přistupuje tato práce k přiblížení Textilního průmyslu dětem právě formou hry.

Kromě již zmíněné nevhodné volby studovaného oboru je další překážkou potřeba nalezení takového zaměstnání, se kterým bude spojena i možnost bydlení. Mladí dospělí opouštějící ústavní péči často nemají ze svých původních rodin zažité pracovní návyky. Tím, že děti z domovů mají ztíženou možnost brigád, nemohou si obor ani vyzkoušet. Překážkou je rovněž neznalost jejich možností, jakož i nevědomost o tom, co který obor obnáší. Velkým problémem pro děti z domovů je i dojíždění do školy, a to ať již z finančních důvodů či z důvodu náročnosti zorganizování dopravy. (Do určitého věku nesmějí děti dojíždět bez doprovodu)

3 Metodika průzkumu

Pro zjištění situace ve zkoumané oblasti, byla v zájmu získání co nejlepšího přehledu a objektivního popisu současného stavu textilního odvětví a školství v ČR kontaktována následující pracoviště: Ministerstvo školství, Ministerstvo práce a sociálních věcí, dětské domovy středočeského kraje, či Asociace textilního-oděvního-kožedělného průmyslu. Na základě dat získaných telefonickým či písemným dotazováním a odkazem daných institucí na jejich internetové stránky, v průběhu listopadu 2015 až dubna 2016, lze navrhnout způsoby, jak zvýšit zájem o textilní vědy u školní mládeže a oslovit konkrétní pozorované skupiny.

3.1 Zjištění situace ve sledované oblasti

Kontaktovaná pracoviště a požadované výstupy:

- Ministerstvo práce a sociálních věcí
Na ministerstvu práce a sociálních věcí byl získán přehled o pracovních příležitostech v textilním průmyslu v porovnání s možností uplatnění se i v jiných oborech. Zprostředkováno bylo i porovnání hrubé mzdy ve vybraných oborech.
- Ministerstvo školství
Na internetových stránkách Ministerstva školství byl vyhledán přehled středních škol či učilišť, které mají cokoliv společného s textilním průmyslem. Také zde byl k nalezení přehled dětských domovů ve středočeském kraji.

- **Asociace textilního-oděvního-kožedělného průmyslu**
Na informačním portálu Asociace textilního-oděvního-kožedělného průmyslu, byly v tiskových zprávách vyhledány informace vypovídající o tom, v jakém stavu je textilní průmysl v české republice, kam směřuje, jak se vyvíjí a jaký je předpoklad dalšího vývoje v budoucnosti.
- **Dětské domovy středočeského kraje**
Během osobních návštěv vybraných domovů středočeského kraje, vyplynul během rozhovorů přehled nejvíce studovaných středoškolských oborů, byly objasněny nejčastější důvody horší uplatnitelnosti dětí z dětských domovů v pracovním procesu a v neposlední řadě byla domluvena možnost realizace kreativních dílen, testování hry a znalostí s dětmi.

3.2 Získané soubory, jejich podrobná analýza a vyhodnocení

Po shrnutí poznatků kontaktovaných pracovišť je patrné, že textilní průmysl je za upadající označován mylně a práce v tomto odvětví je naopak perspektivní, s dobrou uplatnitelností, se zvyšující se tendencí finančního ohodnocení v tomto oboru a zároveň relativně stabilním počtem pracovních míst. Naopak rozvoj tohoto odvětví potvrdila reportáž televize Nova z 12. dubna 2016, o vývoji nanovláknenných technologií, kde uvádí Českou republiku a její odborníky jako světovou špičku v nanotechnologiích.

Hypotéza označená jako H1, uvedená v úvodu práce, že textilní průmysl v České republice je obecně prezentován jako upadající neperspektivní a postupně zanikající, byla vyvrácena.

Na základě rozhovorů s dětskými domovy byl domluven motivačně edukativní program pro jejich svěřence. Tento akční plán je realizován dobrovolníky spolku Dobré víly dětem tak, aby byl u dětí vzbuzen zájem o vzdělání jako takové. Formou hry, která je pro děti nejefektivnější, bude dětem textilní průmysl přiblížen. Zároveň budou děti formou rozhovorů namotivovány k výběru studia v tomto oboru s vysvětlením, proč je pro ně textilní obor perspektivnější než obory osobních služeb, gastronomie a hotelnictví.

4 Návrhy jak zvýšit zájem o textilní vědy

Možností, jak zvýšit zájem o textilní vědy je, mnoho. Lze toho docílit předložením odborné literatury, přednáškami, besedami či školeními. Chceme-li ovšem probudit zájem efektivně a poutavě, usnadní to, především pak u dětí a mládeže, zábavná forma. Mezi nejoblíbenější zábavné formy vzdělání patří film nebo pohádkový příběh, jako je například pohádka o krtečkovi a modrých kalhotkách s velkými kapsami od Zdeňka Millera. Dalším řešením je hra s edukativním podtextem.

4.1 Návrh řešení formou her

Jelikož se osvědčila motivace k prohloubení znalostí formou her, přistoupilo se k propagaci textilního odvětví dětem hravou formou. Z toho důvodu byla navržena realizace dílen plstění vlny, malování na hedvábí, tvorba náramků přátelství z bavlnek a návrh netradičního edukativního textilního kvarteta. Jak je známo, děti se nejvíce učí praxí a zkušeností. Mají-li možnost si nové poznatky osahat a vyzkoušet v praxi, ztrácí ostych před neznámým a jsou motivovány k dalšímu bádání a zjišťování. Navíc co je baví, to se jim i lépe učí a pamatuje a

při výběru oboru studia se pak rozhodnou raději pro ten obor, který je pro ně snazší, méně riskantní a komplikovaný, se kterým se již seznámily a vyzkoušely si jej.

4.2 Plstění vlny

Aby se děti seznámily s vlnou, jejími vlastnostmi a lépe si tak zapamatovaly jak se s ní pracuje, jak vypadá a co vše z ní lze tvořit, byly pro ně připraveny kurzy plstění. Plstít lze dvěma způsoby:

- Mokrá technika

Tento typ plstění lze uplatnit pouze s vlákny živočišného původu, především pak s ovčí vlnou. Zplstění tedy není nemožné dosáhnout s jinými materiály, jako je bavlna, len, hedvábí nebo syntetická vlákna, které mají jinou strukturu bez šupin. Princip plstění teplou mýdlovou, nebo octovou vodou je jednoduchý: Vlivem vlhkosti vzduch ve vlněných vláknech uniká a šupiny uspořádané na vláknech se rozevřou. Tento proces je umocněn použitím mýdla či octu. Materiál se poté tře, aby se šupiny na vláknech propletly a ulpěly k sobě navzájem. Čím více jsou vlákna zkadeřená/obloučkovitá, tím více vlákna zhutní, což má za následek smršťování. Kvalitní plst' je ta, ve které již nejsou patrná jakákoliv vlákna, a vlna byla proměněna v jakousi homogenní textilii, jak je vidět na obrázku č. 1. Smrštění během plstění, závisí na jemnosti a množství vrstev, ale také druhu vlny. Obecně platí, že smrštění se pohybuje v rozmezí od 60% (2 tenké vrstvy) a 30% (8 tenkých vrstev). Před zahájením projektu, je vhodné na vzorku smrštivost vlny otestovat.



Obrázek. č.1. Výsledek plstění mokrou technikou, [1].

Vzniklá netkaná textilie třením vlny s horkou vodou, plst', je ohromující surový materiál, který poskytuje velmi rozdílné výsledky v závislosti na tom, s jakou technikou pracujeme

- Suchá technika

Jak již název napovídá, při této technice se nepracuje s žádným roztokem, ale princip je podobný. Vlákna vlny jsou plstěna soustavným propichováním vrstvy materiálu speciální plstící jehlou, jako je na obrázku č. 2. Třením šupin na vláknech tak dochází k větší a pevnější soudržnosti jednotlivých vláken. Propichováním vrstvy materiálu v různých směrech lze vytvarovat kuličky, čtverečky, ale i různé postavičky, z nichž lze dále tvarovat a vyrábět šperky, přívěšky a podobné ozdoby.



Obrázek č. 2 Plstící vpichovací jehla



Obrázek. č.3 Výsledek plstění suchou technikou, [1].

Pro svou jednoduchost je tato technika oblíbená především u dětí. Vzhledem k tomu, že se k výrobě používá ostrá jehla, je doporučeno zvážit dozor dospělé osoby. Aby se zamezilo úrazu a píchnutí do prstu, je ideální k propichování použít podložku. Jako podložka může skvěle posloužit vystřižená polyuretanová (PUR) pěna o rozměrech minimálně 10x15 cm.

Tato velmi oblíbená výtvarná technika je inspirována výrobou netkaných textilií vpichovacími technologiemi, která je na velmi podobném principu. Po vytvoření vlákně pavučiny, dochází ke zpevnění vlákně vrstev mechanickým způsobem, technologií vpichování. Ta spočívá v tom, že k provázání vlákně vrstvy dojde účinkem vpichu jehel s ostny. Během tohoto procesu dochází k redukci objemu. S počtem vpichů souvisí jak míra „zmenšení“ tak míra zpevnění.

4.3 Malování na hedvábí

Aby se děti seznámily i s tímto základním textilním materiálem a byly schopny jej na první omak rozeznat, byl pro ně připraven seminář malování na hedvábí.

Technik malování na hedvábí je mnoho. Kreslit lze na tkaninou upevněnou v rámu, a to jak odnímatelném či fixním, ve kterém je možné ji zakoupit. Při tvoření v rámu, se pracuje většinou s konturou, což obnáší vytvoření konkrétních tvarů speciální konturovací barvou, kterou se docílí, aby konečný design měl zamýšlené tvary a barvy se do sebe navzájem nevpíjely. Po zaschnutí jsou do těchto kontur vnášeny barvy, tak jako na obrázku číslo 5. K práci s konturou lze využít suché či mokré formy tvoření. Uvnitř kontury již vzájemné vpíjení barev může být žádoucí a často je úmyslně ještě umocněno právě mokrou technikou, kde zvlhčení hedvábné tkaniny vodou, prolínání barev usnadňuje.



Obrázek č. 4 Mačkaná batika



Obrázek č. 5 Suchá technika s konturou

Pokud se pracuje s textilií bez rámu, bývá to většinou batikovací technika, kterých je nepřehledné množství. Mezi nejoblíbenější patří batika mačkaná, sypaná a vyvazovaná.

Mačkaná batika je vhodná zejména pro přírodní hedvábí. Pomocí této techniky vzniká takzvaný mramorový efekt, který ukazuje obrázek číslo 4. Barvený materiál se libovolně zmačká a převáže. Požadované obarvení lze regulovat utažením nitě.

U Sypané batiky se práškové barvivo nasype přímo na navlhčenou textilií.

Při vyvazované batice je místo na kterém je žádoucí zachovat původní barvu, vyvázáno pomocí příze.

Pro veškeré batikování je nezbytná správná fixace barviv. U batikování se nejčastěji provádí pomocí octa (1 díl octa na 9 dílů vody) v lázni, případně pomocí tepla v páře, horkovzdušné či mikrovlnné troubě. K batikování se používá suchý i mokrý způsob, stejně tak jako kombinace všech technik tohoto způsobu barvení. Výrobci barviv na hedvábí je mnoho, pro domácí barvení hedvábí jsou doporučena barviva kyselá.

Práce s hedvábím je opravdu rozličná a velmi kreativní, víceméně nám dovoluje neomezené kombinace všech zmíněných technik.

4.4 Drhání z příze – náramky přátelství

Drhání z příze bylo vybráno proto, že bavlněná příze je nejobvyklejší materiál, se kterým přijdou děti do kontaktu s jako prvním. Navíc výroba náramků přátelství je velice oblíbená u dětí po celém světě. Její původ ale nalezneme u Jihoamerických indiánů již v době Křištofa Kolumba. Nicméně význam těchto náramků zůstal stejný, symbolizuje totiž svazek přátelství a říká se, že pokud je náramek příteli uvázan na ruku, ze které odpadne samovolně až po rozpadu materiálu či povolení uzlíku, potrvá takové přátelství navždy. Je-li sejmut obdarovaným, přátelství se rozpadne.



Obrázek č. 6 Náramky přátelství vytvořené dětmi v rámci vzdělávacího programu

Náramky se mohou pyšnit rozmanitostí barev a různorodostí vzorů. Nejsnadnější způsob ruční výroby je ze tří až pěti přízí, pomocí jejichž uzlování v postupném, či důmyslně změněném pořadí, je vytvořen jednoduchý, nebo pestře vzorovaný pásek. Zvolením konkrétního druhu příze se celkový vzhled, rozeznatelnost uzlíků ale i barevnost náramku ještě umocní.

4.5 Textilní kvarteto

Pro účely této bakalářské práce byla navržena karetní hra s názvem Textilní kvarteto. Děti si pomocí této hry osvojí základní teoretické znalosti o textilu: textilních vláknech, vlastnostech a výrobcích. Cílem této hry je seznámit děti hravou formou se základními textilními materiály a jejich zpracováním. Hra má celkem 32 karet, které tvoří 8 setů po čtyřech kartách. Každá čtveřice má něco společného a hráč se snaží výměnou karet s ostatními hráči získat největší množství setů – kvartet. Pro zjištění, která kvarteta k sobě patří a které karty hráči chybí, je nutné zjistit-naučit se, který z „materiálů“ či „způsobů“ zpracování do daného setu hledá. Hráč se tak tedy nenásilnou formou naučí základy z textilního oboru, například, jak vypadá průřez jednotlivých vláken, odkud tato vlákna pocházejí, jak se zpracovávají a co se z nich vyrábí. Pro začátek byla zvolena vlákna přírodní, konkrétně vlna, bavlna, len a hedvábí. Jako další sety byly zvoleny způsoby zpracování, konkrétně ve čtyřech bodech: předení, tkaní, pletení a výroba netkaných textilií.

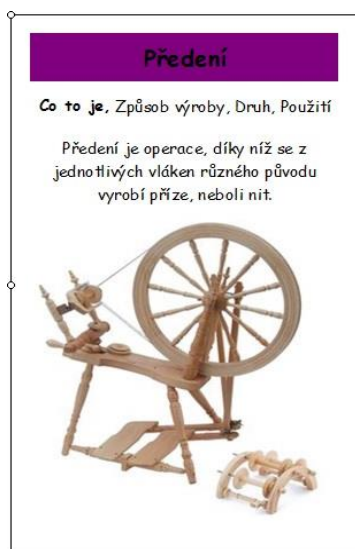
Návrh zpracování karet: Text na kartách je stručný a heslovitý, aby se na karty vešel v dostatečně velkém, čitelném fontu, a aby dětské čtenáře neodradil svou délkou. Pro příklad je zde uveden set bavlny.



Obr. č. 7 Druhé kvarteto hry - Bavlna

Set karet znázorňuje náčrt průřezu bavlněného vlákna a tobolku květu bavlníku. Jako ukázka vlastnosti savosti a odolnosti potu a kyselinám, je zobrazená propocená košile. Povlečení na posteli znázorňuje použití.

Vzdělávací hra textilní kvarteto, je pro tuto práci stěžejní. Reakce dětí na hru byla pozitivní, hra je pohltila i potěšila. Je ale otázkou, zda k zájmu o hru došlo s ohledem na její zaměření, či spíše z důvodu, že se dětem někdo individuálně věnoval, hrál si s nimi a povídal. Velký zájem o hru byl i mezi žáky 1. stupně základní školy, pro které ale bylo nutné pravidla výrazně zjednodušit, čímž došlo ke ztrátě vzdělávacího efektu v textilním oboru. Děti se však alespoň procvičily ve čtení a zdokonalily v pojmenování barev v anglickém jazyce. Cílovou skupinou ovšem byly žáci 2. stupně základních škol. I u těchto dětí hra vzbudila zvědavost. Pro tuto věkovou skupinu byla hra aplikována takto:



Obr. č. 8 Detailní popis karty

Fialovou barvou označené „Předení“ je název setu, neboli kvarteta, těch je ve hře 8 a každé má 4 kusy karet.

U setů popisujících technologii zpracování jsou kvarteta rozdělena na: CO TO JE, ZPŮSOB VÝROBY, DRUH a POUŽITÍ. Tučný font označuje kartu, kterou má hráč v ruce a normální font napovídá, které karty do setu ještě patří a po kterých se má hráč ptát.

Textové pole pod „rozdělením“ kvartet obsahuje podrobnější popis této karty, v našem případě tedy, CO JE PŘEDENÍ.

Poslední částí karty je obrázek, který s popisem souvisí a usnadňuje memorování informace z karty.

Hra je určena pro minimálně 3 hráče, kterým jsou rovnoměrně rozdány všechny karty. Začínající hráč požádá kteréhokoliv dalšího hráče, aby mu vydal kartu, kterou popíše názvem setu – například „Předení“ a druhem, například „Co to je“. Sám musí mít alespoň jednu kartu z kvarteta, po které se ptá. Pokud vyzvaný hráč požadovanou kartu má, musí ji tazateli předat. Pokud byl tázající hráč úspěšný, může se ptát po další kartě. Pokud ne, pokračuje v tázání další hráč. Když hráč nashromáždí celé kvarteto, pokládá ho na stůl. Vítězí hráč, který získal nejvíce kvartet.

5 Závěr

Nalezený problém byl formulován jako špatná informovanost o stavu textilního průmyslu, možnostech uplatnění se, stabilitě zaměstnání a výše možného výdělku v tomto oboru. Na straně dětí je možné jej definovat jako nedostatečné povědomí o možných studijních oborech, nízkou motivaci k dalšímu vzdělávání jako takovému, obavu z předsudků a nalezení kamarádů na škole, kam nikdo z jejich dětského domova nechodí, nedostatek finančních prostředků těchto institucí na úhradu cestovního, ubytování na internátech, financování výukového materiálu, či nemožnosti zajistit dítěti doprovod. Z toho plyne i nepřipravenost dětí pro pracovní proces, která je důsledkem ztížené možnosti brigád, na kterých by děti získaly zkušenosti.

Shrnutím poznatků vyplynulo, že textilní průmysl je za upadající označován mylně a práce v tomto odvětví je naopak perspektivní, s vysokou pravděpodobností uplatnění a růstem finančního ohodnocení. Počet pracovních pozic je za posledních 6 let spíše stabilní. Reportáž televize Nova ze dne 12. dubna 2016, naopak rozvoj tohoto odvětví potvrdila, především pak v oblasti vývoje nanovláknových technologií. Hypotéza 1, že textilní průmysl v České republice je obecně prezentován jako upadající, neperspektivní a postupně zanikající, byla vyvrácena. Jako řešení zvýšení zájmu o textilní odvětví u školní mládeže byl navržen plán interaktivních, kreativních dílen, kde byly děti hravou formou seznámeny se základními textilními surovinami a pro umocnění těchto nově nabytých vědomostí byla vytvořena edukativní hra s textilním zaměřením na principu karetního kvarteta. Během hraní ovšem vyplynulo, že po uchopení karet v ruce ve tvaru vějíře, dochází k překrytí obrázků, které měly mít pro získání přehledu největší přínos. Proto byla změněna pravidla a hra se hrála na způsob

pexesa, kdy se na stůl položily karty obrázkem dolů a děti musely hledat se sebou navzájem související dvojice a vysvětlit, co tyto dvojice mají společného a proč.

Dříve než byly tvořivé kroužky zahájeny a proběhlo první hraní vzdělávacích karet, byl dětem k vyplnění předložen hravý kvíz na textilní témata uvedená na kartách, aby se ověřil a posoudil vzdělávací efekt. Dle vyhodnocení a porovnání kvízu před a po zahájení tohoto edukativního programu a z pozorování kreativních kroužků vyplynulo, že tyto aktivity měly pozitivní efekt a osvojení základních faktů z textilního odvětví bylo umocněno možností pracovat přímo s materiálem a hravě s ním tvořit. To se u dětí projevilo rozeznáváním jednotlivých materiálů od sebe, dle vzhledu omaku a uživatelských vlastností. Dosažení vzdělávacího efektu se tak potvrdilo. Před hrou se bodové rozhraní u skupiny 30 testovaných dětí pohybovalo v rozmezí 1-3 bodů, po několika hrách a zefektivnění způsobu hraní, děti dosahovaly až průměrného hodnocení 6 bodů.

Byla potvrzena hypotéza označená jako H2, uvedena v úvodu práce, že děti se hrou naučí základní pojmy z textilního oboru.

Literatura

- [1] BAILLOEUL, Odile, BANOS, Nathalie, DUPUIS, Camille, FRIESE, Maria a SROKA Mariane. *Laine feutrée: Premières leçons*. 1. Paris: LE TEMPS APPRIVOISÉ, 2014. ISBN 978-2-299-00224-8.
- [2] HOPPING, Lucy. *Friendship bracelets: 35 gorgeous projects to make and give*. 2014. ISBN 9781782491071.
- [3] PROŠKOVÁ, Iva. *Malované hedvábí*. 2., dopl. vyd. Praha: Paličkování, 2000, 46 s. ISBN 80-86455-00-9.
- [4] ŠILAROVÁ, Jana. *Plstění ovčí vlny*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013, 64 s. Šikovní ruce (Grada). ISBN 978-80-247-4478-0.
- [5] DROZDOVÁ, Marta a Marie KIELBUSOVÁ. *Textilní šperky a doplňky*. První vydání. Praha: Grada, 2015, 64 stran. Šikovní ruce (Grada). ISBN 978-80-247-5302-7.
- [6] STANĚK, Jaroslav. *Textilní zbožíznalství: vláknenné suroviny, příze, nitě*. Vyd. 2. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2006, 114 s. ISBN 80-7372-147-3.
- [7] SIMOVÁ, J. *Marketingový výzkum*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010. 138 s. ISBN 978-80-7372-662-1.

Zhodnocení vlivu typu použité vývodky na kvalitu BD přízí

Richtr Michal

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

Abstrakt: Diplomová práce se zabývá vlivem typu použité odtahové vývodky na kvalitu rotorových přízí. Je sledována změna hmotné nestejnomyšlosti, vad příze, chlupatosti, pevnosti a tažnosti příze vlivem typu použité vývodky a zákrutového koeficientu. Rešeršní část obsahuje poznatky o rotorové technologii, zkoumaných vlastnostech příze, definice typů vývodek a souhrn znalostí o tom jak odtahové vývodky působí na přízi.

V experimentální části je popsán postup při zvolení parametrů výpředu přízí, jsou definovány podmínky měření a analyzovány výsledky. Výsledky jsou graficky prezentovány a nalezené poznatky diskutovány. Ze získaných výsledků lze konstatovat, že na strukturní vlastnosti nejvýznamněji působí zářezové vývodky a naopak vliv vývodky na mechanicko-fyzikální vlastnosti je nevýznamný.

Klíčová slova: chlupatost příze, IPI příze, hmotná nestejnomyšlost příze, pevnost příze, rotorové dopřádání, tažnost příze, Uster, vývodka

1 Úvod

Cílem diplomové práce je lepší porozumění vlivu odtahových vývodek na kvalitu rotorových přízí. Určení pravděpodobných příčin těchto vlivů a na základě literární rešerše stanovit hypotézy a předpoklady, jak základní vlastnosti příze ovlivňuje typ použité vývodky. Na základě teoretických předpokladů navrhnout experiment a realizovat samotný výpřed. Poté statisticky analyzovat, prezentovat a diskutovat získané poznatky.

Rešeršní část práce na začátku obecně popisuje technologii rotorového předení. Konkrétně se zmiňuje o použitém dopřádacím stroji BT 923 a definuje základní hodnocené vlastnosti použité pro popis kvality příze. Závěrem prezentuje použité typy odtahových vývodek a stanovuje teoretický předpoklad jejich vlivu na kvalitu rotorové příze.

Součástí experimentální části je popis navrhovaného experimentu, kde jsou jako faktory stanoveny typ použité vývodky a použití příze, tj. zda bude následně použita pro výrobu tkaniny nebo pleteniny. Tkalcovské a pletařské příze byly odlišeny pouze použitou mírou zákrutů, která odpovídá běžnému standardu zákrutového koeficientu používanému při výrobě přízí zákazníky firmy Rieter CZ s.r.o. Pro výpřed byla zvolena příze 100% bavlna mykaná, jemnost příze 29,5 tex, se zákrutovým koeficientem pro pletařskou přízi $am = 65 \text{ ktex}^{2/3} \text{ m}^{-1}$ a pro tkalcovskou přízi $am = 80 \text{ ktex}^{2/3} \text{ m}^{-1}$. Dále jsou definovány podmínky předení a specifikovány metody statistického vyhodnocení dat. Cílem experimentu je porovnat vliv typu použité vývodky na jednotlivé vlastnosti příze, porovnat tyto výsledky s poznatky ostatních autorů a dále na základě stanovených hypotéz diskutovat příčiny. Získaná data jsou zpracována pomocí základních statistických funkcí a též jsou podrobena testování pomocí analýzy rozptylu ANOVA 2.

V závěru jsou stručně shrnuty cíle práce, popsán provedený experiment a prezentovány dílčí výsledky. Výsledky jsou komentovány a zdůvodněny představenými hypotézami. Dále je zhodnoceno, jak může volba odtahové vývodky (pro danou surovinu a nastavení) ovlivnit další zpracování příze a výslednou textilii.

2 Předpoklad vlivu odtahové vývodky na kvalitu příze

Odtahová vývodka je jedním ze základních technologických dílců v technologii rotorového předení. Slouží k odvádění příze z rotoru a jako element nepravého zákrutu zvyšuje stabilitu předení. Též je možno různým designem odtahové vývodky ovlivnit strukturu vypřádané příze. Vývodka je schopna široce měnit objemnost a chlupatost příze bez negativního efektu na důležité zpracovatelské vlastnosti jako pevnost a tažnost.

Na základě provedené rešerše základních srovnávacích studií [1] až [2], [3] a [4], propagačních materiálů obsahujících doporučení výrobců [5], [6], [7], [8], [9] a mechanicko-dynamického modelu uvedeného v [10] a [11] jsou v následujícím textu shrnuty základní předpoklady související s očekávanými výsledky experimentu. Podrobné mechanicko-dynamické modely řešící situaci na různých typech vývodek z hlediska jejich geometrie nejsou dostupné, a zároveň z důvodů patentové ochrany není dostupná přesná výkresová dokumentace všech odtahových vývodek použitých při realizaci experimentálního výpředu přízí. Je tedy možné uvést pouze orientační hypotézy, které budou s experimentálními výsledky porovnány.

Model prezentovaný pro hladkou vývodku v práci [32] mezi hlavní faktory zahrnuje úhel opásání α , velikost kontaktní plochy r_0 / r_m a torzní faktor ζ . Úhel opásání a velikost kontaktní plochy mají největší vliv na napětí v přízi, naopak torzní faktor ζ nejvíce ovlivňuje zadržování zákrutu.

Pro zvolené typy vývodek byly vyhledány dostupné základní parametry tak, aby je bylo možné porovnat na základě tvaru jejich povrchu. Úhel opásání hladké srovnávací vývodky s označením CR7R je srovnatelný se všemi spirálovými vývodkami (CR7R, CR7RS, CR7CS, CKSNX) a zářezovou vývodkou (CK4K), liší se pouze úhel opásání vývodky se 6 zářezy (CK6KF), který je mírně nižší. Hladká vývodka je ve své geometrii z hlediska r_0 / r_m srovnatelná se všemi typy použitých odtahových vývodek. Jelikož [10] a [11] jsou simulace na hladké vývodce a torzní faktor ζ v nich není definován, jsou pouze prezentovány hodnoty ζ pro které bylo modelováno, lze pouze odhadnout, jak velký torzní faktor mají jednotlivé vývodky. Na základě logické úvahy by největší míru ζ měli mít spirálové a zářezové vývodky. Spirálová vývodka má pouze bodový kontakt s přízí, tj. nižší třecí odpor proti zakrucování a samotný tvar spirály podporuje zkrutný efekt vývodky. Naproti tomu zářezové vývodky umožňují přízi na malý okamžik opustit povrch příze (kmitání) a tím usnadnit šíření zákrutu.

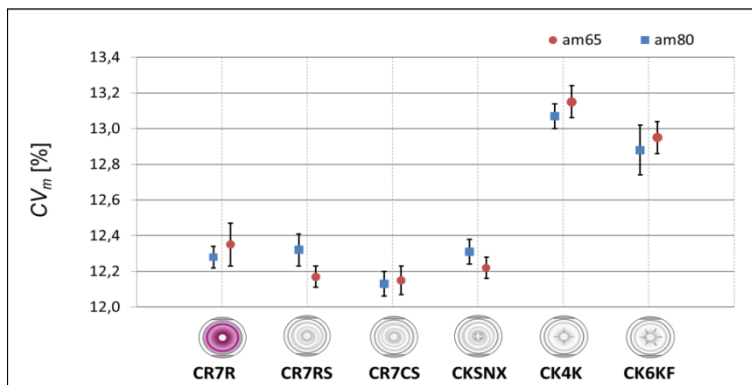
Z dřívějších analýz a srovnávacích studií vyplývá, že pokud jsou použity vývodky se spirálou, je možné očekávat, že nedojde k výrazné změně strukturních a mechanicko – fyzikálních vlastností příze. Vývodka s označením CR7RS má na rozdíl od vývodky s označením CR7CS menší poloměr zakřivení dané spirály. Délka úseku – kontaktní plochy je díky vložené spirále v porovnání s hladkou vývodkou menší a tedy i vliv na zadržování zákrutu bude s největší pravděpodobností při shodném způsobu opracování povrchu vývodky menší. Lze tedy předpokládat, že pro zvolené nastavení rotorového stroje a přízí střední jemnosti 29,5tex ze 100% bavlny se výsledky související se základními ukazateli kvality příze (CV_m , IPI_{small} , IPI_{big} , H , S_{12} , S_3 , R , ϵ_p) nebudou příliš lišit nebo tyto odlišnosti budou velice malé a to pro obě zvolené zákrutové míry. Je možné, že kvalita příze z hlediska hmotné nestejnomyšlnosti příze CV_m vypředené se spirálovou vývodkou bude mírně nižší shodně jako míra chlupatosti vyjádřená pomocí H , S_{12} , S_3 . V případě pevnosti a tažnosti by významné rozdíly nejen mezi přízemi vypředenými s hladkou ale i s oběma spirálovými vývodkami být neměly, protože napětí v přízi $T_{(s)}$ významně ovlivněno není, způsob uložení vláken v jádru příze také ne a pokud dochází pouze k mírné změně velikosti zákrutu nebo efektu nepravého zákrutu, pak by tyto kvalitativní ukazatele (R a ϵ_p) měly být srovnatelné s ohledem na typ použité vývodky (vývodka hladká s označením CR7R, spirálové vývodky s označením CR7CS a CR7RS).

Jako nejvýznačnější geometrický prvek mající vliv na kvalitu příze se jeví zářezy na povrchu odtahové vývodky. Je možné, že vysokofrekvenční vibrace příze způsobené zářezy mohou zapříčinit změnu úhlu opásání. Vlivem variace α , by mohlo docházet ke změně napětí příze v průběhu předení a nestejnomyšernému vložení zákrutů do příze (různou úroveň zadržování zákrutu). S přihlédnutím k mechanickému poškození příze procesem, kdy příze naráží na zářez na povrchu vývodky a je vymrštěna a dopadá zpět na povrch vývodky - to vše za vysoké frekvence, lze předpokládat, že povrch příze bude narušen nebo dojde ke změně povrchové struktury příze z hlediska charakteru uložení vláken. Vlastnosti příze spojené s jejím povrchem (*IPI small*, *IPI big*, *H*, *S₁₂*, *S₃*) vypředené za použití zářezových vývodek (CK4K a CK6KF) by poté měli vykazovat zhoršení vlastností proti přízi vypředené na hladké a spirálových vývodkách. Jedině vývodka CK6KF se vyznačuje menším úhlem opásání, tj. má malý rádius zakřivení. Tento design spolu se 6 zářezy by mohl vést ještě k výraznější změně vlastností než by tomu mohlo být v případě 4 zářezové vývodky CK4K.

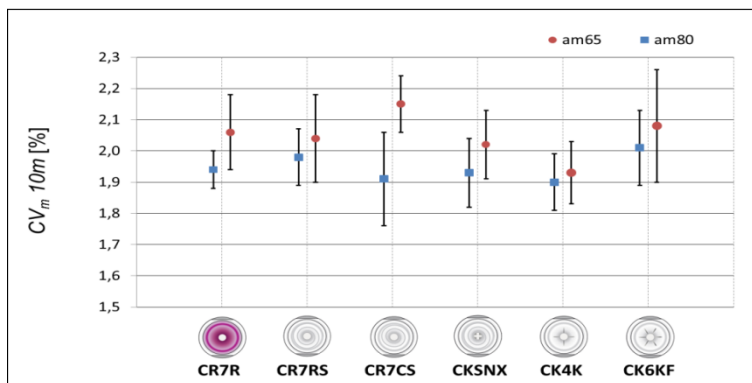
Spirálová vývodka s vloženou křížovou vložkou působí na přízi obdobným způsobem jako zářezové vývodky. Ke kmitání příze však nedochází na povrchu vývodky, ale v odtahovém hrdle. Příze je opět vystavena mechanickým rázům, avšak pravděpodobně nedochází ke změně úhlu opásání. Je možné, že kmitáním příze v hrdle vývodky dochází k periodické změně napětí příze. Lze tedy předpokládat významný vliv vývodky CKSNX na strukturní vlastnosti příze.

3 Experimentální výsledky

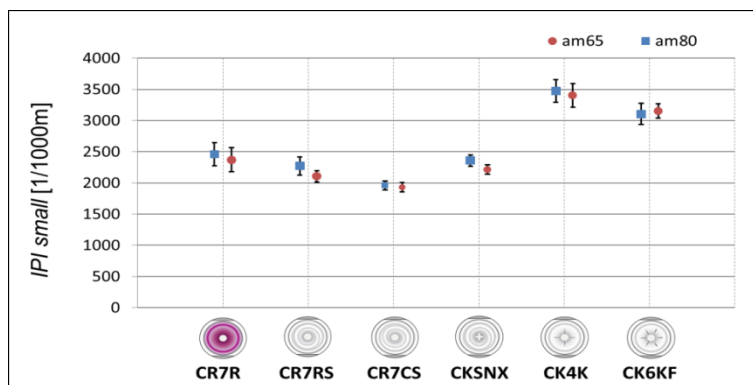
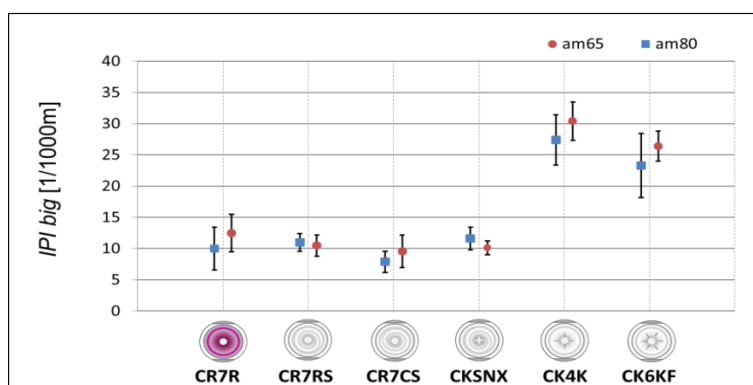
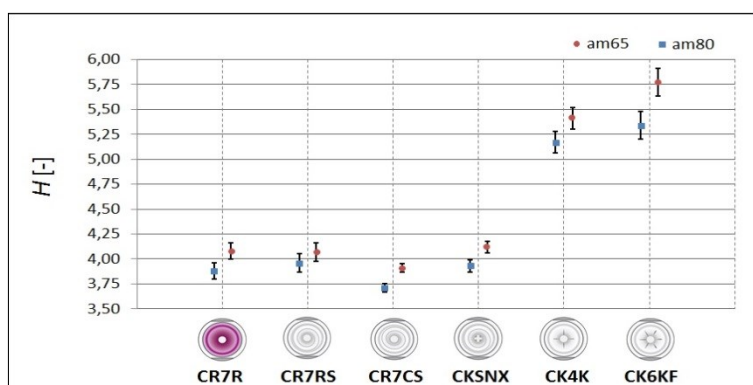
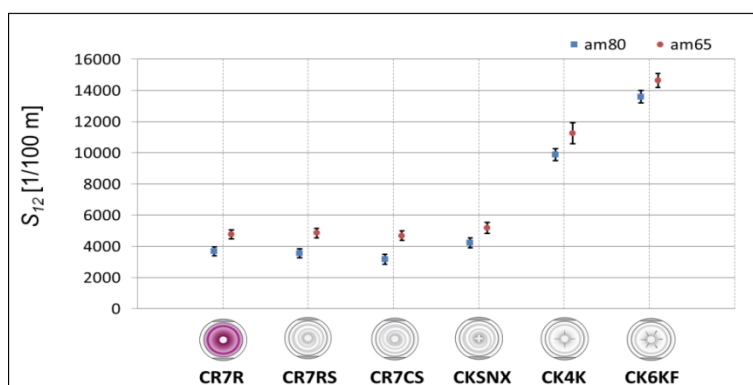
V grafickém vyjádření výsledků jsou vyneseny střední hodnoty hmotné nestejnomyšernosti (CV_m , CV_{m10m}), vad v přízi IPI (*IPI small*, *IPI big*), chlupatosti (*H*, *S₁₂*, *S₃*), pevnosti (*R*) a tažnosti (ϵ_p) s odpovídajícími intervaly spolehlivosti pro daný typ odtahových vývodek a zákrutového koeficientu am , viz obr. 1 - 9.

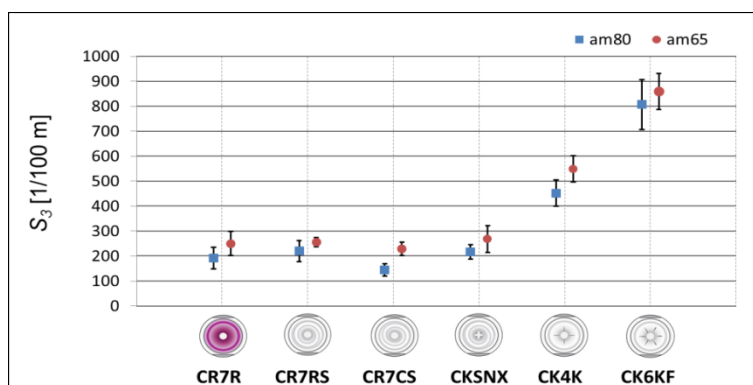
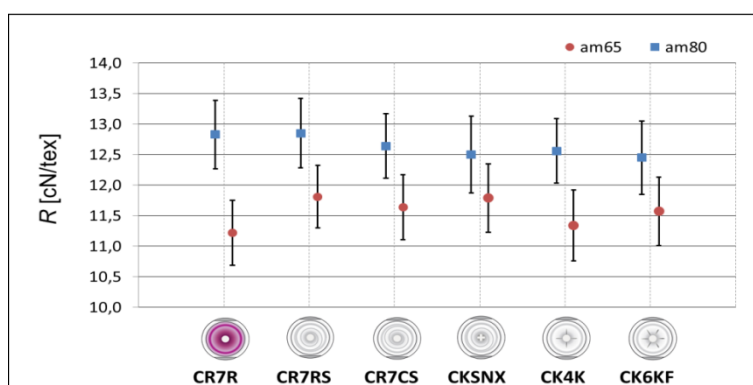
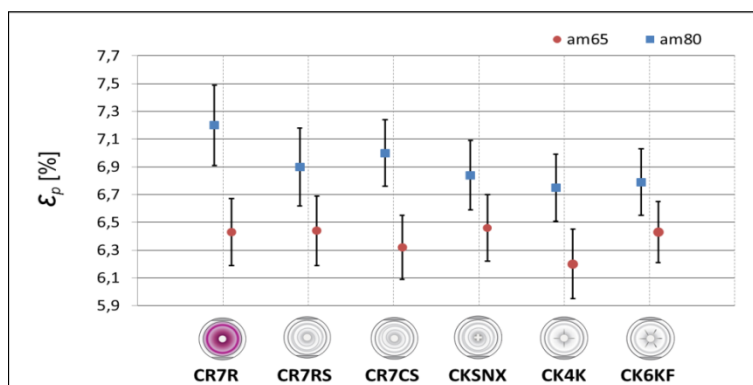


Obr. 1: Srovnávací graf CV_m , typu použité vývodky a am , 100% CO, $T = 29,5$ tex



Obr. 2: Srovnávací graf CV_{m10m} , typu použité vývodky a am , 100% CO, $T = 29,5$ tex

Obr. 3: Srovnávací graf IPI_{small} , typu použité vývodky a am , 100% CO, $T = 29,5$ texObr. 4: Srovnávací graf IPI_{big} , typu použité vývodky a am , 100% CO, $T = 29,5$ texObr. 5: Srovnávací graf H , typu použité vývodky a am , 100% CO, $T = 29,5$ texObr. 6: Srovnávací graf S_{12} , typu použité vývodky a am , 100% CO, $T = 29,5$ tex

Obr. 7: Srovnávací graf S_3 , typu použité vývodky a am , 100% CO, $T = 29,5$ texObr. 8: Srovnávací graf R , typu použité vývodky a am , 100% CO, $T = 29,5$ texObr. 9: Srovnávací graf ϵ_p , typu použité vývodky a am , 100% CO, $T = 29,5$ tex

4 Diskuze výsledků

Hmotná nestejnomyěrnost příze CV_m a CV_m10m

Toto měření potvrzuje předpoklad studií [12] a [13] stanovený v rešeršní části práce. Při porovnání se studií [4], kde byla vypřádána pletářská příze 100% CO, $T=29,5$ tex s vývodkou CK4K, je v práci naměřena hmotná nestejnomyěrnost o 1% nižší než v [3]. V práci [4] je zkoumán vliv spirálové a zářezové vývodky na vlastnosti tkalcovské příze 100% CO, $T=20$ tex příze. Přímé porovnání hodnot není v tomto případě vhodné vzhledem k rozdílným jemnostem příze. Při vzájemném porovnání výsledků hodnot spirálové a zářezové vývodky [4] je hodnota CV_m spirálové vývodky statisticky nevýznamně vyšší od zářezové vývodky, proti experimentu, kde zářezové vývodky vykazují významně vyšší hmotnou nestejnomyěrnost než spirálové vývodky. Zhodnocení změny vlastností příze z bavlněného odpadu o jemnosti 49 tex, způsobenou hladkou, spirálovou, zářezovou a vývodkou s vloženou křížovou vložkou se zabývá studie [12], kde nejnižší CV_m vykazuje hladká vývodka. Nejvyšší hmotná nestejnomyěrnost, je naměřena u vývodek CK4K a CKSNX. CV_m spirálové vývodky se nachází uprostřed intervalu mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou hodnotou.

Hladké a spirálové vývodky se chovají dle stanoveného předpokladu, kde nedochází k narušení povrchu a naopak vzniká sevřenější/ hladší struktura příze. Kříž vložený, do hrdla vývodky by měl působit obdobně jako zářezy na povrchu vývodky, ale z výsledků je patrné, že hmotná nestejnomyěrnost není vložkou ovlivněna. Příze nejprve prochází přes zónu se spirálou a poté do hrdla, kde kříž způsobuje její kmitání. Je možné, že spirála „utáhne“ přízi a je pak náročnější poškodit povrch příze a zvýšit hmotnou nestejnomyěrnost. Zářezové vývodky by z technologického hlediska neměly mít vliv na celkovou hmotnou nestejnomyěrnost příze. Z výsledků je však patrný opak. Pozorované zvýšení hodnoty CV_m by mohlo mít příčinu v podstatě analýzy a vyhodnocení na aparatuře USTER® TESTER 5. Uster měří hmotnou nestejnomyěrnost na krátkých úsečkách – změny CV_m způsobené zářezovými vývodkami jsou významné, ale hmotná nestejnomyěrnost CV_m10m na dlouhých úsečkách není ovlivněna, viz obr. 2.

Vady příze *IPI small* a *IPI big*

U vad v přízi vykazuje typ použité vývodky stejný trend jako u hmotné nestejnomyěrnosti příze, viz obr. 3 a 4, tj. zářezové významně zvyšují *IPI* a ostatní 4 vývodky jsou na stejné hladině. Příčiny toho trendu jsou obdobné. Zářezové vývodky významně narušují povrch příze a spirálové vývodky naopak činí povrchovou strukturu – charakter uspořádání vláken v povrchových vrstvách příze kompaktnější.

Chlupatost příze H , S_{12} , S_3

Ve studii [3] je, na pletářské přízi 100% CO, $T=29,5$ tex, naměřena významně nižší hodnota indexu chlupatosti H , při použití vývodky CK4K, než v práci. Trend výsledků pro H je stejný jako ve studii [4], kde je zkoumán vliv spirálové a zářezové vývodky na tkalcovskou přízi 100% CO, $T=20$ tex – zářezová vývodka vykazuje značně zvýšenou chlupatost proti spirálové vývodce. Naopak tento trend nelze potvrdit při vypřádání bavlněného odpadu. Z výsledků studie [12], lze konstatovat, že nevýznamnější vliv na index chlupatosti H příze o jemnosti 49 tex z bavlněného odpadu má vývodka CKSNX, kde pravděpodobně dochází k porušení povrchu příze díky vložené křížové vložce.

Trend pro hladkou a spirálové vývodky je nadále stejný. Pro zářezové vývodky stále platí, že významněji ovlivňují chlupatost příze, ale je zde již patrný nárůst rozdílu mezi 4 zářezovou vývodkou CK4K a 6 zářezovou vývodkou CK6KF. Tento rozdíl by mohl být způsoben rozdílným úhlem opásání α těchto vývodek. Dle studie [10] při snížení α dochází

těž k poklesu napětí v přízi a snížení faktoru zadržování zákrutu. Snížením těchto dvou faktorů by mohlo mít vliv na chlupatost příze především na vnější chlupatost příze.

Pevnost a tažnost příze R a ε_p

Závěr, že typ použité vývodky je statisticky nevýznamný faktor ovlivňující poměrnou pevnost příze R a tažnost příze ε_p , podporují též studie [13] o přízi 100% CV, $T=20$ tex studie [14]. Pouze u práce [15] vykazuje vývodka CK6KF významně vyšší pevnost než vývodky CK4K a CKSNX.

Konstatování, že typ použité vývodky je faktor nevýznamně ovlivňující pevnost a tažnost příze, je v souladu se získanými výsledky i předpoklady stanovenými v rešeršní části práce a na začátku této kapitoly. Potvrdilo se, že odtahová vývodka jako technologická část procesu výroby rotorové příze neovlivňuje jádro příze pouze její povrch a vlastnosti s tím spojené.

Analýza rozptylu ANOVA 2

Dvoufaktorová analýza rozptylu ANOVA 2 s pevnými efekty pro hladinu významnosti 0,05 byla použita pro posouzení významnosti vlivu vybraných faktorů (typ vývodky a zákrutový koeficient) na sledované vlastnosti přízi (H , S_{12} , S_3 , CV_m , IPI small, IPI big, R , ε_p). Testován byl vliv všech kombinací dvojic faktorů (typ vývodky - 6 úrovní a zákrutový koeficient - 2 úrovně) na vybrané vlastnosti přízi (H , S_{12} , S_3 , CV_m , IPI small, IPI big, R , ε_p).

Získané výsledky jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1: Výsledky hodnocení analýzy rozptylu ANOVA 2

ANOVA 2			
Vlastnost	Faktor 1 - Typ vývodky	Faktor 2 - Míra zákrutu	Kombinace
S_3 [1/100 m]	Významný	Významný	Nevýznamný
S_{12} [1/100 m]	Významný	Významný	Nevýznamný
H [-]	Významný	Významný	Nevýznamný
CV_m [%]	Významný	Nevýznamný	Nevýznamný
IPI small [1/1000 m]	Významný	Nevýznamný	Nevýznamný
IPI big [1/1000 m]	Významný	Nevýznamný	Nevýznamný
R [cN/tex]	Nevýznamný	Významný	Nevýznamný
ε_p [%]	Nevýznamný	Významný	Nevýznamný

Typ použité odtahové vývodky se ukazuje jako významný faktor ovlivňující strukturální vlastnosti příze, tj. hmotnou nestejnomy, chlupatost a vady příze. Naopak mechanické vlastnosti (pevnost a tažnost) jsou v této studii a za použitých vstupních surovin nezávislé na použité vývodce.

Z výsledků v tabulce 1, lze konstatovat, že počet zákrutů vložených do příze významně ovlivňuje chlupatost příze, její pevnost a tažnost. Střední hodnoty hmotné nestejnomy a vady příze se vlivem zákrutové míry významně nemění.

Kombinace obou faktorů je nevýznamná.

Ze závěru učiněných v této kapitole, lze konstatovat, že odtahová vývodka jako technologický dílec rotorového dopřádání může sloužit ke změně povrchových vlastností příze bez toho, aby byly ovlivněny další důležité zpracovatelské vlastnosti jako poměrná pevnost příze R nebo tažnost příze ε_p . Lze tedy volit typ „řízení“ povrchu příze. Skutečnost, že lze pomocí odtahové vývodky manipulovat s vlastnostmi příze může mít velký význam pro zákazníky firmy Rieter CZ s.r.o.. Zákazník si může podle finálního účelu příze zvolit typ použité vývodky. Např. při použití příze v oděvním průmyslu bude zákazník volit hladké či spirálové vývodky, pro snížení hmotné nestejnomyšnosti a vad v přízi, kdežto pro technické či dekorační/ bytové textilie, které je často nutno ještě dále upravovat (např.: impregnovat) může zákazník volit zářezové vývodky, kdy i za cenu zvýšení hmotné nestejnomyšnosti a vad příze IPI je požadována vyšší nebo výstižněji řečeno charakteristická chlupatost příze například pro lepší afinitu impregnace apod..

Nelze tedy tvrdit, že jeden typ odtahových vývodek dosahuje lepších či horších výsledků, ale vše závisí na zamýšleném finálním účelu vypřádané příze.

5 Závěr

Odtahová vývodka je jedním ze základních technologických dílců v technologii rotorového předení. Slouží k odvádění příze z rotoru a jako element nepravého zákrutu zvyšuje stabilitu předení. Též je možno různým designem odtahové vývodky ovlivnit strukturu vypřádané příze. Vývodka je schopna široce měnit objemnost a chlupatost příze bez negativního efektu na důležité zpracovatelské vlastnosti jako pevnost a tažnost. Cílem diplomové práce je lepší porozumění vlivu odtahových vývodek na kvalitu rotorových přízi. Určení pravděpodobných příčin těchto vlivů a na základě literární rešerše stanovit hypotézy a předpoklady, jak základní vlastnosti příze ovlivňuje typ použité vývodky. Na základě teoretických předpokladů navrhnout experiment a realizovat samotný výpřed. Poté statisticky analyzovat, prezentovat a diskutovat získané poznatky.

Rešeršní část práce na začátku obecně popisuje technologii rotorového předení. Konkrétně se zmiňuje o použitém dopřádacím stroji BT 923 a definuje základní hodnocené vlastnosti použité pro popis kvality příze. Závěrem prezentuje použité typy odtahových vývodek a stanovuje teoretický předpoklad jejich vlivu na kvalitu rotorové příze.

Součástí experimentální části je popis navrhovaného experimentu, kde jsou jako faktory stanoveny typ použité vývodky a použití příze, tj. zda bude následně použita pro výrobu tkaniny nebo pleteniny. Tkalcovské a pletařské příze byly odlišeny pouze použitou mírou zákrutů, která odpovídá běžnému standardu zákrutového koeficientu používanému při výrobě přízi zákazníky firmy Rieter CZ s.r.o.. Pro výpřed byla zvolena příze 100% bavlna mykaná, jemnost příze 29,5 tex, se zákrutovým koeficientem pro pletařskou přízi $am = 65 \text{ ktex}^{2/3} \text{ m}^{-1}$ a pro tkalcovskou přízi $am = 80 \text{ ktex}^{2/3} \text{ m}^{-1}$. Dále jsou definovány podmínky předení a specifikovány metody statistického vyhodnocení dat. Získaná data jsou zpracována pomocí základních statistických funkcí a též jsou podrobena testování pomocí analýzy rozptylu ANOVA 2. Na základě získaných experimentálních výsledků lze konstatovat:

- Hmotná nestejnomyšnost příze, vady příze IPI a chlupatost příze sdílejí stejný trend, kde hladká vývodka, spirálové vývodky a vývodka s vloženou křížovou vložkou jsou na stejné hladině hodnot bez statisticky významných výkyvů a zářezové vývodky poskytují významně vyšší hodnotu CV_m , IPI_{small} , IPI_{big} , H , S_{12} a S_3 .
- Pevnost a tažnost příze (R , ε_p) nejsou ovlivněny typem použité odtahové vývodky.
- Míra použitých zákrutů je významná pro chlupatost příze (H , S_{12} a S_3) a pro pevnost a tažnost příze (R , ε_p). Hmotná nestejnomyšnost příze a vady příze jsou zákrutovou mírou ovlivněny nevýznamně.

Přímé porovnání s pracemi ostatních autorů ve většině případů není možné, protože experimenty nesdílí stejné výchozí podmínky, tj. jemnost příze, použitý materiál, typ vývodky, technologické nastavení a dílce a v neposlední řadě i typ dopřádacího stroje nebo tyto detailní informace nejsou v článcích vůbec obsaženy. Přes všechny rozdíly je patrný, společný trend. Většina srovnávacích studií se shoduje, že nejvýznamnější vlastnosti příze ovlivňují zářezové vývodky a že typ použité vývodky nemá vliv na mechanicko-fyzikální vlastnosti příze.

Na základě stanovených předpokladů, lze konstatovat, že hladké a spirálové vývodky se chovají dle stanoveného předpokladu, kde nedochází k narušení povrchu a naopak vzniká sevřenější struktura. U vývodky s vloženou křížovou vložkou příze nejprve prochází přes zónu se spirálou a poté do hrdla, kde kříž způsobuje její kmitání. Kříž vložený, do hrdla vývodky by měl působit obdobně jako zářezy na povrchu vývodky, ale z výsledků je patrné, že strukturní vlastnosti nejsou vložením ovlivněny. Je možné, že spirála v kontaktní zóně odtahové vývodky „utáhne“ přízi a je pak náročnější narušit povrch příze. Jako nejvýznačnější geometrický prvek mající vliv na povrchovou strukturu příze se jeví zářezy na povrchu odtahové vývodky. Je možné, že vysokofrekvenční vibrace příze způsobené zářezy mohou zapříčinit změnu úhlu opásání α . Vlivem variace α , by mohlo docházet ke změně napětí příze v průběhu předení a nestejnomyšlnému vložení zákrutů do příze (různá úroveň zadržování zákrutu). Pokud příze narazí na zářez na povrchu vývodky a je vymrštěna a dopadá zpět na povrch vývodky - to vše za vysoké frekvence, může to vést k mechanickému poškození povrchu příze nebo ke změně způsobu uložení vláken v povrchových vrstvách.

Pro ověření a získání širšího pochopení vlivu typu použité vývodky na kvalitu rotorových přízí by bylo vhodné rozšířit experiment o další materiály a zvýšit spektrum jemností vyřádaných přízí.

Lze konstatovat, že odtahová vývodka jako technologický dílec rotorového dopřádacího stroje může sloužit ke změně povrchových vlastností příze bez toho, aby byly ovlivněny další důležité zpracovatelské vlastnosti jako poměrná pevnost příze R nebo tažnost příze ϵ_p . V praxi bude typ použité vývodky záviset především na finálním účelu vypředené příze. Nelze tedy tvrdit, že jeden typ odtahových vývodek dosahuje lepších či horších výsledků.

Na základě provedených experimentů a analýzy získaných dat je možné konstatovat, že předpokládané výsledky byly experimentálně ověřeny. Závěry korespondují s dřívějšími zkušenostmi a rozšiřují dosavadní empirické znalosti. Cíle diplomové práce se podařilo naplnit.

6 Literatura

- [1] **Balasubramanian, N.** Rotor Spinning: Effect of rotor, navel parameters, winding tension. *Bombay Textile Research Association (BTRA)*. 2013.
- [2] **Hasani, H. a Tabatabaei, S. A.** Optimizing Spinning Variables to Reduce the Hairiness of Rotor Yarns Produced from Waste Fibres Collected from the Ginning. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*. 2011, Sv. Vol. 19, No. 3 (86).
- [3] **Farooq, A. A., a další, a další.** Multiple Response Optimization of Rotor Yarn for Strength, Unevenness, Hairiness and Imperfections. *Fibers and Polymers*. 2012, Sv. Vol.13, No.1.
- [4] **Moghassem, A. R.** Application of TOPSIS Approach on Parameters Selection Problem for Rotor Spinning Machine. *Fibers and Polymers*. 2010, Sv. Vol.11, No.4.
- [5] **Heinz, E.** *The Rieter Manual of Spinning*. Winterthur : Rieter Machine Works Ltd., 2014.
- [6] *Návod k obsluze BT/R 923*. Ústí nad Orlicí : Rieter CZ s.r.o., 2010.
- [7] R 923 Rotor Spinning Machine. *Trendsetting concept for new benchmarks*. Ústí nad Orlicí : Rieter CZ s.r.o., 2010.
- [8] Design of a navel and its influence on yarn structure. Dornbirn : Bröll Textile Systems, 2011.
- [9] Customer Support Belcoro Navels. Übach-Palenberg : W. Schlafhorst AG & Co., 2010.
- [10] **Baoping, G., Xiaoming, T. a Tinyee, L.** A Mechanical Model of Yarn Twist Blockage in Rotor Spinning. *Textile Research Journal*. 2000.
- [11] **Bin, G. X. a Xiao, M. T.** Integrated Approach to Dynamic Analysis of Yarn Twist Distribution in Rotor Spinning. *Textile Research Journal*. 2003.
- [12] **Ebru, Ç. a Çelik, N.** Influence of Nozzle Type on Yarn Quality in Open-End Rotor Spinning. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*. 2013, Sv. Vol. 21, No. 2(98).
- [13] **Esfahani, R. T. a Shanbeh, M.** Effect of Navel and Rotor Type on Physical. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*. 2014, Sv. Vol. 22, 3(105).
- [14] **Kaplan, S. a Göktepe, Ö.** Investigation into Navel Selection for Rotor Spinning Machine Using Cotton Waste. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*. 2006, Sv. Vol. 14, No. 3 (57).
- [15] **Tyagi, K. G., Gupta, A. a Singh, A.** Influence of draw-off nozzle profile on bulk and related properties of acrylic-cotton OE rotor-spun yarns. *Indian Journal of FIBRES & TEXTILES Research*. 2003, Sv. Vol. 28.

PARAMETRICKÁ KONSTRUKCE SPORTOVNÍ PODPRSENKY

Šťastná Klára

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

Abstrakt: Tato práce je zaměřena na parametrickou konstrukci sportovní podprsenky. Podprsenka bude navržena a zkonstruována pro bezešvou technologii výroby. Dále bude v této práci navrženo provedení zkoušky pro určení požadovaných mechanických parametrů textilního kontinua vybraného druhu pleteniny, která bude uplatněna v košíčkové oblasti podprsenky, a to zejména míry deformace ve více směrech. Budou provedeny reálné zkoušky pomocí zařízení Testometric model M350-5CT, které budou následně simulovány a teoreticky ověřovány pomocí metody konečných prvků v programu ANSYS. Na závěr budou experimentální výsledky zhodnoceny a bude provedena diskuze z hlediska praktického využití v parametrické konstrukci sportovní podprsenky vyrobené bezešvou technologií.

Klíčová slova: Sportovní podprsenka, poprsí, kontinuum, komprese, metoda konečných prvků, ANSYS

1 Sportovní podprsenka

Sportovní podprsenka se stala součástí šatníku každé moderní ženy ve 21. století, protože tvoří ideální oporu pro poprsí při každodenních aktivitách, zejména při sportu. Tato podprsenka by měla kromě optimálního zpevnění svým nositelkám přinést i další užité vlastnosti. Například otázka komfortu sportovního oděvu není zanedbatelná. Tento oděv by měl být příjemný na dotek, nedráždit pokožku, měl by odvádět pot od těla do další vrstvy oděvu, případně rovnou do okolního prostředí. Komfort ženského zpevňovacího prádla [7] byl již studován v mé bakalářské práci a následně byl vydán patent [6]. V této práci byl měřen kapacitními snímači tlak konfekčně vyráběné módní podprsenky, který byl změřen v rozmezí 0,23 kPa – 0,625 kPa.

1.1 Konstrukce sportovní podprsenky

Na základě nastudování jednotlivých dostupných konstrukčních metodik Müller a Sohn [1], Vrba [3], Burgo [2], Shin [4] a jejich zhodnocení vzhledem k určení pro konstrukci bezešvé sportovní podprsenky byla vybrána kombinace 2 metodik a to Müller a Sohn [1] a Vrba [3]. Müller a Sohn se zabývá konstrukcí body a je zde tedy vykreslena i konstrukce ZD, která je potřebná i pro sportovní podprsenku. Metodika Vrby [3] je osvědčená z hlediska konstrukce podprsenkového koše. Vzhledem k tomu, že konstrukce podprsenkového koše u Vrby [3] vychází pouze ze dvou rozměrů a to podprsni obvod hrudníku a obvod hrudníky, byly použity pro tvorbu konstrukce podprsenkového koše rozměry zjištěné v práci Musilové [5].

Konstrukční metodika byla sestavena na konfekční velikost 75 A.

Tabulka 1.: Hlavní konstrukční rozměry

vp	oh	op	os	zhp	dz
168 cm	88 cm	70 cm	94,5 cm	20,2 cm	41,2 cm

Tabulka 2.: Konstrukční rozměry pro tvorbu podprsenkového koše, pro velikost 75 A. [5]

Košíček	T17	T16	T46	T46a	T35b
A	75 cm	88 cm	18,2 cm	21,2 cm	7,6 cm

Kde:

T17- podprsni obvod hrudníku

T16- obvod hrudníku

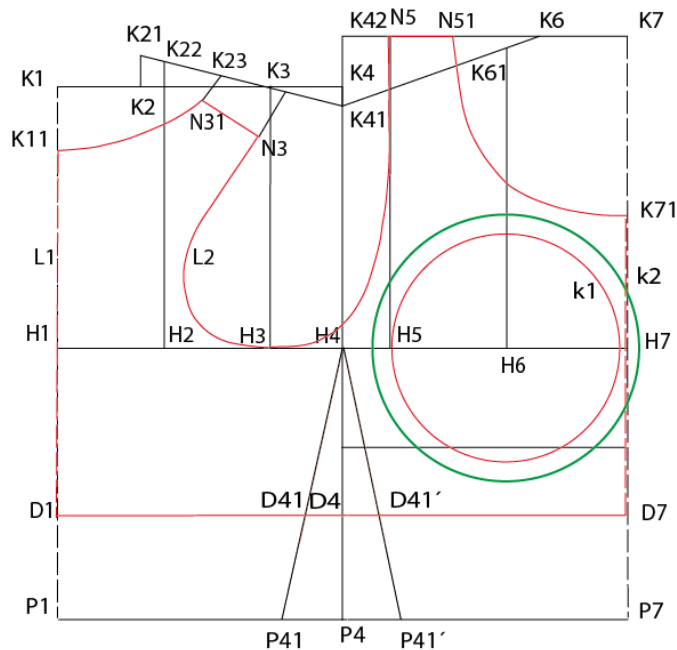
T46- mezipsni širka I, měří se jako přímá vzdálenost mezi prsními body.

T46a- mezipsni širka II, měří se mezi prsními body s dotykem měřicí pásky na hrudní kost

T35b- délka od prsního bodu po podprsni bod.

Tabulka 3.: Výpočet pomocných konstrukčních rozměrů

Rozměr	Výpočet	Hodnota
Špk	$0,05 \text{ oh} + 2$	6,4 cm
Zvpd	$0,05 \text{ oh}$	3,9 cm
Hs	$\text{dz} + \text{zhp}$	61,2 cm

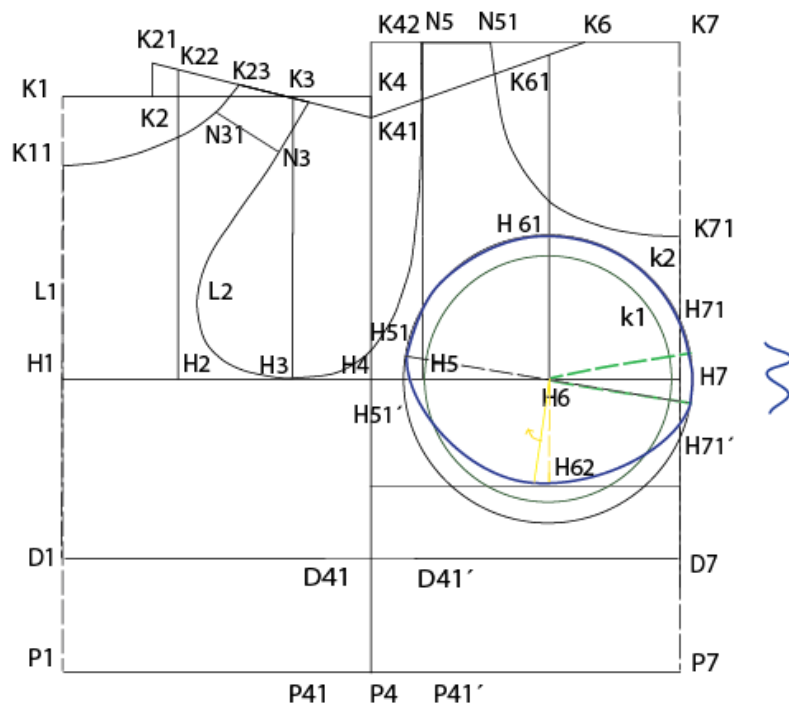


Obrázek 1.: Modelová úprava sportovní podprsenky v měřítku 1:5

Obvod kružnice $k_1 = 55,3\text{cm}$.

Obvod kružnice $k_2 = 64,72\text{ cm}$.

Obrys navržené podprsenky je vyznačen červeně.

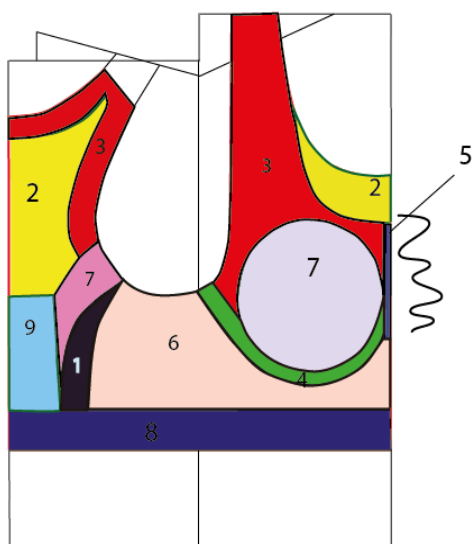


Obrázek 2.: Modelová úprava podprsenkového koše 1:5

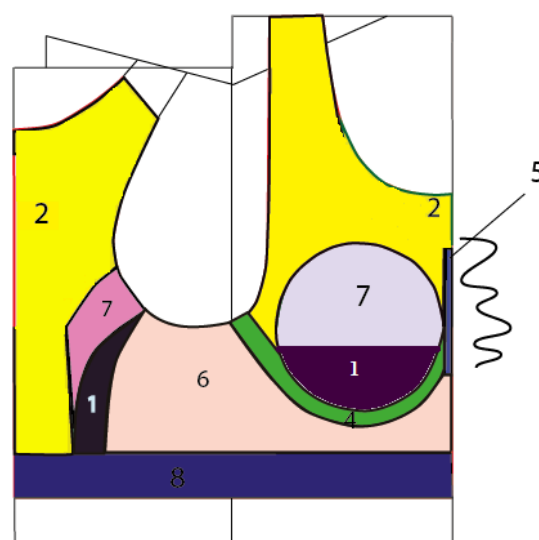
Rozdíl obvodu kružnic je 14,56 % → modrou kružnice k_2 je nutné zpracovat na místo vnitřní kružnice k_1 , čímž dojde k tvarování pro prsní vystuplost. Přenést vybrání na jednu stranu,

v místě vybrání vytvořit řasení v šířce 1cm. Spodní část koše má zmenšenou výšku podle rozměru Musilové, [5] upravená vzdálenost odpovídá vzdálenosti prsního bodu a podprsního bodu což je 7,6 cm. Tvarové řešení střihu sportovní podprsenky je vyrobené bezešvou technologií. Předpokládaná redukce vstupních konstrukčních parametrů v příčném směru je 34 %, v podélném směru 10 %. [8] Použité vazby pro podprsenku byly vybrány na základě poskytnutých vzorků výrobní firmou Pumax. Vzorky byly poskytnuty z aktuální kolekce, kterou měla podprsenka doplnit.

Po vzorcích podprsenky bylo změřeno skutečné vysrážení materiálu a to 37, 05% v příčném směru, v podélném směru se vazby sráží různě, viz *tabulka 4*, tyto srážky materiálu byly po konzultaci s odborníky z firmy Pumax přidány do konstrukce, tak aby po zhotovení výrobku měla podprsenka odpovídající rozměry a dobře seděla na těle. Na základě vzorků došlo k úpravě konstrukce podprsenky a to zvýšení šířky lemu podprsenky, prodloužení ramínek PD, zúžení ZD v mezilopatkové oblasti, rozdělení podprsenkového koše horizontálním směrem na 2 vazby, přičemž spodní část podprsenkového koše byla nahrazena vazbou 1 a zóna č. 4 byla rozšířena směrem k bočnímu kraji. Vazba 1 a 7 na ZD byly v poslední fázi vývoje zjednodušeny do podoby svislých pruhů, jak je patrné z technického nákresu na *obrázku 4*. Tyto změny byly zaznamenány do konstrukce a podprsenka byla uvedena firmou Pumax do výroby.



Obrázek 3.: Původní návrh rozložení vazeb



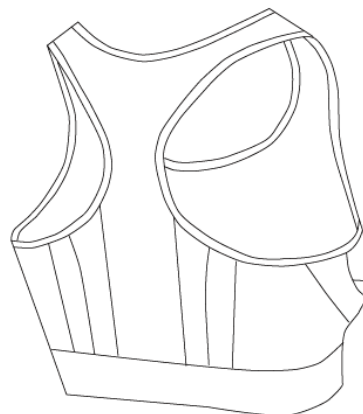
Obrázek 4.: Upravený návrh vazeb

Tabulka 4.: Srážení vazeb

vazba	Srážka materiálu [%]
2	48,4
7	43
6 +8	28,56



Obrázek 3.: Technický náčrtes PD



Obrázek 4.: Technický náčrtes ZD

2. Testování košíčkové oblasti

Materiálové složení podprsenky bylo použito podle návrhu zpracovatelské firmy Pumax a to tak, aby materiálové složení podprsenky odpovídalo materiálovému složení aktuální kolekce. Složení je: PA66 78 dtex/68 filamentů/1 jednoduchá příze S zákrut.

PA66 78dtex/68 filamentů/1 jednoduchá příze Z zákrut.

Spandex: 17dtex+PA6 20/7/1 SCY jednoduše ovíjená (elastomerní jádro je obtočeno jednou přízí, 1000 obtočení na 1 metr). Tento materiál v navržené košíčkové vazbě byl poskytnut k dalšímu testování v rámci této práce.

Experiment testování košíčkové oblasti byl kvůli simulaci navržen na základní jednoduché tvary těles jako je koule.

Nejprve byla měřena tloušťka materiálu na digitálním tloušťkoměru SDL M034A.

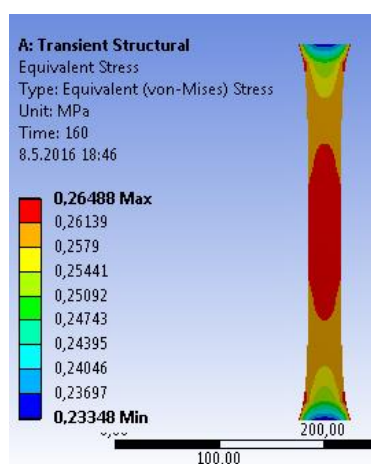
Měření bylo provedeno 10 krát a byla změřena průměrná tloušťka 1,24 mm. Dále byla měřena hmotnost na laboratorní váhy EG 300. Hmotnost vzorku 10 x 10 cm vážila

2,72 g. Následně byl materiál testován na tah metodou Strip ve směru řádku, sloupku, a diagonálně. Byla zjištěna tažnost materiálu (sloupek 409 %, řádek 408 %, diagonální směr

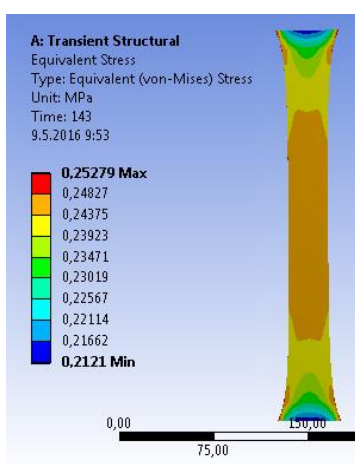
538%), která je příliš velká. Na závět došlo k cyklickému multiaxiálnímu namáhání textilie pomocí ocelové polokoule, která byla protlačována do textilie. Ocelová polokoule byla vybrána se stejným obvodem (21,2 cm), jako mezizprsní šířka s dotykem na hrudní kosti což odpovídá obvodu prsa. Polokoule byla protlačena do hloubky 68,5 mm, což odpovídá poloměru polokoule. Ze získaných dat byl vypočítán tlak na plochu 0,561 kPa. Při tomto testování byla změřena elasticita materiálu, která činí pouze 62,893 %. Na základě těchto zjištění (velká tažnost a nízká elasticita materiálu) byla doporučena změna materiálového složení.

2.1 Teoretické ověření experimentu

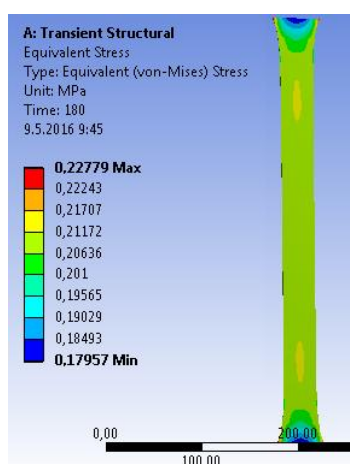
Teoretické ověření reálného experimentu proběhlo v programu ANSYS Workbench pomocí metody konečných prvků. Jako vstupní data do programu posloužila jednotlivá data z tahových zkoušek, z nichž bylo vypočítáno napětí, deformace, Poissonovo číslo, Yongův modul pružnosti, smykový modul, které definují vlastnosti daného materiálu. Nejprve proběhla simulace tahových zkoušek.



Obrázek 5.: Simulace tahové zkoušky v podélném směru

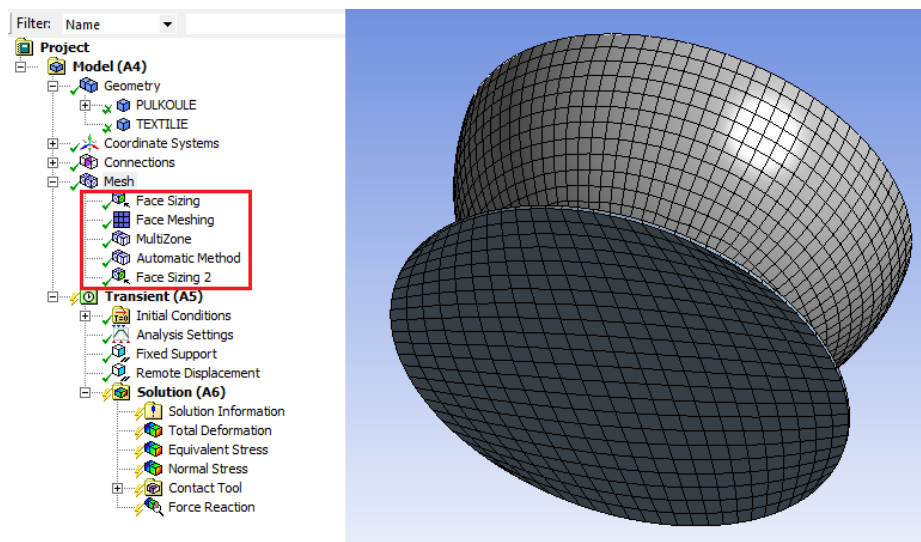


Obrázek 6.: Simulace tahové zkoušky v příčném směru



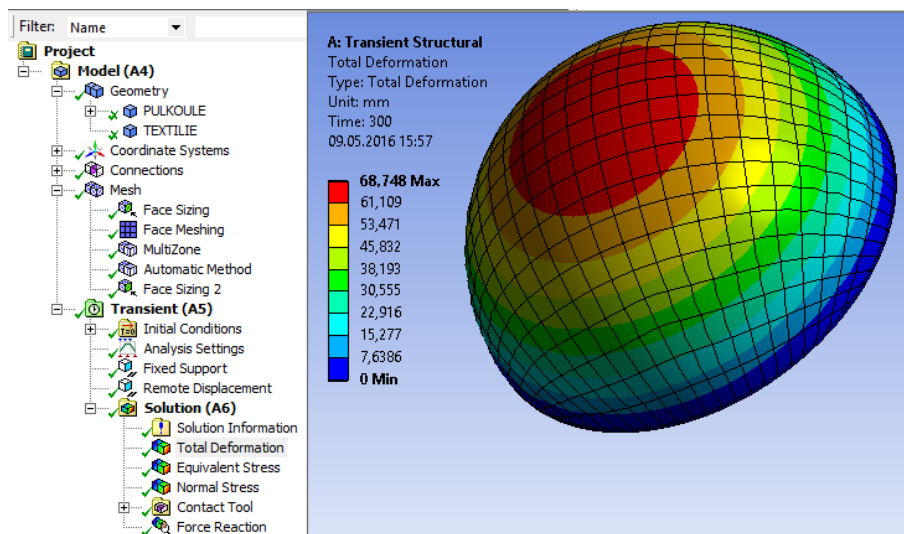
Obrázek 7.: Simulace tahové zkoušky v diagonálním směru

Po ověření správnosti simulace byl proveden výsledný model, který odpovídá multiaxiálnímu namáhání textilie. Geometrie pro výsledný model byla vytvořena v programu Solidworks a byla do ANSYSU Workbench importována. Simulace byl definována 5 parametřovým Mooney-Rivlinovým modelem. Byla vytvořena optimální síť, která zajistí správnost výpočtu.



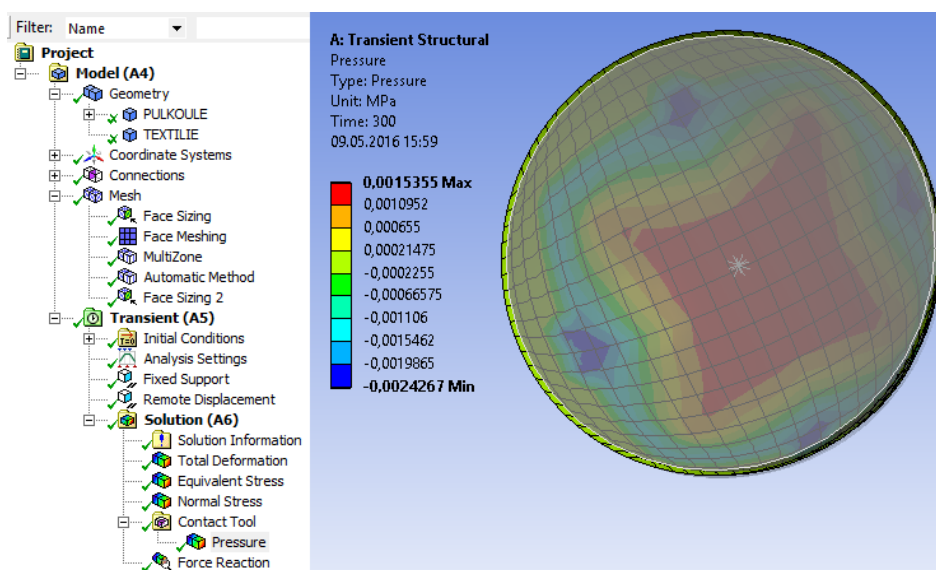
Obrázek 8.: Vysíťování geometrie

Pro vytvoření materiálového modelu textilie byly použity zprůměrované hodnoty napětí a deformace ze všech testovaných směrů. Posuv geometrie byl nastaven na stejnou hodnotu jako reálný experiment, pouze musí být dodržen souřadnicový systém.



Obrázek 9.: Protlačení ocelové polokoule do textilie

Kontaktní tlak je barevně odstupňován a pohybuje se v největší ploše v rozmezí 0,214 – 0,655 kPa, ve vrcholu polokoule se nachází nejvyšší tlak 1,535 kPa. Je nevýhodou, že program nedokáže vypočítat průměrný tlak polokoule na celou plochu textilie, jelikož některé barevné plochy jsou dokonce v záporných hodnotách, a to by znamenalo, že textilie stlačuje ocelovou polokouli.



Obrázek 10.: Kontaktní tlak polokoule na textílii

Po porovnání reálného experimentu kde tlak dosáhl hodnoty 0,56 kPa a jeho teoretického zkoumání lze říci, že experiment byl navržen dobře a teoretická část odpovídá reálnému experimentu.

3 Závěr

Po provedení studie konstrukčních metodik podprsenek a korzetových výrobků byla vytvořena konstrukční metodika pro tvorbu střihu sportovní podprsenky bezešvou technologií. Byla vytvořena v kombinaci dvou metodik Müller a Sohn [1] a Vrba. [3] Protože Vrba používá pro konstrukci podprsenkového koše pouze rozměry obvod hrudníku a podprsní obvod hrudníku, byly pro tvorbu podprsenkového koše použity rozměry z výzkumu Musilové [5]. Tyto rozměry vhodně doplnily konstrukční metodiku. Tato metodika se osvědčila jako správná a po úpravách vazby na základě prvních prototypů podprsenky, zanesení srážení vazeb do konstrukce a změně materiálového složení, byla tato podprsenka uvedena do výroby.

Na základě cyklického namáhání testovaného vzorku protlačováním ocelovou polokoulí o stejném obvodu jako prso 21,2 cm byl zjištěn výpočtem tlak 0,56 kPa. Při simulaci se hodnoty kontaktních tlaků pohybují v největší ploše v rozmezí 0,214 kPa – 0,655 kPa, ve vrcholu polokoule pak 1,5 kPa. Vzhledem k tomu, že některé plochy ukazují i nulovou hodnotu komprese nebo mírně zápornou lze uvažovat, že simulace odpovídá reálnému měření, lze tedy

predikovat chování pletenin pomocí simulačních programů a teoretické zpracování experimentu ověřilo správnost reálného experimentu.

Při porovnání dat z výzkumu Šťastné, která provedla na Technické univerzitě v Liberci experiment, kde měřila tlak běžně vyráběné konfekční podprsenky za pomoci kapacitních snímačů umístěných v různých částech podprsenkového koše. Hodnoty tlaku se pohybovaly v rozmezí 0,23 – 0,625 kPa.

Ito [9] provedl výzkum, kde měřil tlak na těle pomocí tlakových návléků. Jako komfortní tlak na měkkou tkáň přední strany břicha, kterou lze připodobnit k poprsí uvádí tlak 7,83 gf/cm² (0,767 kPa)

Nakahashi a kolektiv [10] uvádí komfortní tlak na přední straně břicha 8,1 gf/cm² (0,794 kPa).

Na základě provedeného experimentálního měření i teoretického ověření lze říci, že podprsenka nezpůsobuje zdraví škodlivý tlak a konstrukce sportovní podprsenky je navrhována správným způsobem. Podprsenka dle návrhu konstrukce v této práci je nyní uvedena do výroby. Zároveň byla ověřena možnost simulace textilních materiálů pomocí metody konečných prvků, avšak je velmi náročná z důvodu nelineárního chování textilních materiálů.

Literatura

- [1] časopis **Rundschau** Sammelband Schnittkonstruktionen für Damenbekleidung nach Müller&Sohn, 5/2002 str. 60-62
- [2] **Burgo F.** *TECHNICA del MODELLO Sartoriale ALTA MODA e INDUSTRIALE DONNA – UOMO – BAMBINO.* Milano 2005 Str. 14-15, 228-229. **ISBN:** 8890010150
- [3] **Vrba V.** *Střihy prádla konstrukce a stupňování.* Nakladatelství technické literatury. Praha 1987. str. 96-107. L21-B2-IV-31/82 378
- [4] **Shin K.** *Patternmaking fir underwear design.* CreateSpace Independent Publishing Platform, 2010. ISBN 1451511590. str. 95, 102
- [5] **Musilová B.** *Predikce konstrukčních parametrů střihů korzetových výrobků:* disertační práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní 2012
- [6] **Technická univerzita v Liberci.** *Způsob měření svěrných účinků oblečení na měkký povrch lidského těla v místě vzájemných kontaktů a zařízení k provádění tohoto způsobu.* Číslo patentového spisu: 305877. Dostupné z: https://isdv.upv.cz/webapp/webapp.pts.det?xprim=2096387&lan=cs&s_majs=&s_puvo=&s_naze=&s_anot=
- [7] **Št'astná K.** *Hodnocení komfortu ženského zpevňovacího prádla:* diplomová práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní 2014.
- [8] **Richardson, K.,** *Designing and Pattern Making for Stretch Fabrics.* Oxford: Blackwell Publishing 2008, ISBN-13: 9781563674792
- [9] **Ito N.,** *Pressure Sensation (Clothing Pressure) – For the Design of Ideal Clothing.* Journal of Japan Research Association for Textile End-Uses. 1995. str 38-43.
- [10] **Nakahashi M., Morooka H., Morooka H., Hiraga S., and Deguchi J.** *Effect of Clothing Pressure on Front and Back of Lower Leg on Compressive Feeling.* Journal of Japan Research Association for Textile End-Uses. 1999. str: 661-667

Název	Studentská vědecká a odborná činnost 2016 - Textil
Autor	kolektiv autorů
Vydavatel	Technická univerzita v Liberci
Určeno pro	studenty
Schváleno	Rektorátem TUL dne 23.5.2016, čj. RE 15/16
Vyšlo	v květnu 2016
Vydání	1.
Počet stran	93
Tiskárna	Vysokoškolský podnik Liberec, spol. s r.o., Studentská 1402/2, Liberec
Číslo publikace	55-015-16

ISBN 978-80-7494-280-8